Manual teórico-práctico
Schneider
Instalaciones en Baja Tensión

Volumen 2

Eunea
Merlín Gerín
Square D
Telemecanique

Schneider Electric
Construir un nuevo mundo eléctrico

Manual teórico-práctico
Schneider

Contenido de la obra

		vol.
A	Presentación	1
B	Generalidades	
D	La acometida en BT	
E	La compensación de la energía reactiva	
F	La distribución en BT	
G	La protección contra los choques eléctricos	2
H1	Los circuitos y su dimensionado	
H2	La aparamenta de protección	
J	La aparamenta y sus aplicaciones particulares	
K	El control energético de los edificios domésticos e industriales	
L	Las instalaciones domésticas e industriales	
M	La seguridad en las máquinas	
N	Las instalaciones de BT de gran intensidad: 1500 a 6000 A	

■ En preparación

1. Metodología

El estudio de una instalación eléctrica de BT, implica el total de los apartados de este manual, prácticamente en el mismo orden de su publicación.

A Presentación

B Generalidades

Para estudiar una instalación eléctrica, el conocimiento de la reglamentación y la normativa vigente es un paso previo imprescindible.

La forma de trabajo de los receptores (en régimen normal, al arranque, los factores de simultaneidad, etc.), su localización en las plantas del edificio y sus valores, permiten realizar un balance de las potencias instaladas, de la potencia total necesaria, de la potencia de contratación y analizar el tipo de contratación más adecuado.

D La acometida en BT

El tipo de acometida estará de acuerdo con el reglamento de BT, de las normas UNE y de las normas particulares de la empresa suministradora, que deberá informar del tipo de enganche y de las características técnicas de la energía en el punto de enganche, tensión nominal, fluctuación, intensidad de cortocircuito, previsión de paros por mantenimiento o por explotación, el tipo de red, etc.

E La compensación de la energía reactiva

La compensación de la energía reactiva se realizará o no, localmente, globalmente o de forma mixta en función de los resultados del estudio técnico económico correspondiente.

F La distribución en BT

La red de distribución se estudia en función de la situación de las cargas y sus prioridades. Así, el número y las características de las fuentes de seguridad y de las alimentaciones de emergencia se pueden definir.

El esquema de unión a tierra o régimen de neutro se elige en función de la reglamentación vigente, de las necesidades propias de la explotación y la naturaleza de los receptores.

La distribución, cuadros y canalizaciones, se determinan a partir de los planos del edificio, de la situación de las cargas y de su necesidad de agrupamiento.

La naturaleza de los locales y de su actividad condicionan el nivel de protección a los agentes externos.

G La protección contra los choques eléctricos

Según el tipo de régimen de neutro escogido, se determinará el tipo de protección contra los contactos directos e indirectos a instalar en la red, que pueden ser el TT, el TN o el IT.

Deberemos tener en cuenta las particularidades eventuales de los receptores, del ambiente (en el entorno y en el local) y del circuito de alimentación para cada caso.

H1 Los circuitos y su dimensionado

Es el momento de realizar el estudio detallado de los circuitos.

A partir de la intensidad de empleo de las cargas, de las corrientes de cortocircuito y del tipo de dispositivo de protección, podemos determinar la sección de una canalización teniendo en cuenta la influencia de su propia naturaleza y de su entorno inmediato.

Antes de considerar la sección calculada como definitiva, debemos comprobar que la caída de tensión es conforme a las normas, tanto en el régimen normal como en el transitorio (arranque de motores), y que las protecciones contra los choques eléctricos están aseguradas.

En esta posición podemos definir la corriente de cortocircuito en cada punto y verificar la capacidad térmica y electrodinámica de las conducciones.

Estas verificaciones pueden determinar modificaciones a los valores de las secciones de las conducciones definidas anteriormente.

H2 La aparamenta de protección

Una vez definas las canalizaciones y sus propiedades, podemos determinar las características de la aparamenta, en correspondencia a las cargas y las corrientes de cortocircuito, bajo conceptos de filiación y selectividad.

J La aparamenta y sus aplicaciones particulares

Estudiamos los siguientes elementos particulares:

Los que actúan sobre fuentes específicas, tales como los alternadores u onduladores.

Los que actúan sobre receptores específicos, tales como los condensadores, las cargas resistivas, el alumbrado o los transformadores de BT/BT.

Los que actúan sobre redes especiales, tales como la corriente continua.

K El control energético de los edificios domésticos e industriales

Para una racionalización de los consumos, las tarifas eléctricas y los términos de potencia.

L Las instalaciones domésticas e industriales

Los niveles de seguridad, referenciados en el reglamento, y las soluciones Schneider con software de cálculo.

M La seguridad en las máquinas

La normativa específica de la CEE, los circuitos de potencia, los circuitos de maniobra, los microprocesadores y los fundamentos de la programación.

N Las instalaciones de BT de gran intensidad: 1500 a 6000 A

La problemática de la conducción en las grandes intensidades, las pérdidas peliculares y de proximidad, los esfuerzos electrodinámicos.

Las recomendaciones de la CEI y las soluciones Schneider.

Indice volumen 2

G La protección contra los choques eléctricos

Generalidades **G/31**

Protección contra los choques directos **G/41**

Protección contra los contactos indirectos **G/53**

Instalación régimen TT **G/81**

Instalación régimen TN **G/140**

Instalación régimen IT **G/149**

Características de los interruptores diferenciales DDR **G/213**

Las protecciones contra los contactos indirectos en las instalaciones domésticas **G/227**

Reglamento electrotécnico para BT e Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC-BT) **G/313**

H1 Los circuitos y su dimensionado

Las medidas de protección contra los choques eléctricos **H1/25**

Las medidas de protección contra los efectos térmicos **H1/27**

El dimensionado de las conducciones y sus protecciones a los efectos de las sobreintensidades **H1/61**

Las medidas de protección a los efectos de las sobretensiones transitorias **H1/157**

Medidas de protección contra las influencias electromagnéticas (CEM) **H1/197**

Medidas de protección a los efectos de las bajadas de tensión **H1/205**

Medidas para la seguridad en el seccionamiento y mando **H1/207**

Reglamento electrotécnico para BT e Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC-BT) **H1/211**

H2 La aparamenta de protección. Los materiales para los circuitos y su dimensionado

Los materiales para las medidas de protección contra los choques eléctricos **H2/37**

Los materiales para las medidas de protección contra los efectos térmicos **H2/39**

La aparamenta de protección contra las sobreintensidades **H2/41**

Los materiales para las protecciones contra las sobretensiones **H2/249**

Los materiales para las medidas de protección contra las influencias electromagnéticas (IEM) en los edificios **H2/305**

Los materiales para las medidas de protección contra las bajadas de tensión **H2/307**

La aparamenta para las medidas de seguridad en el seccionamiento y mando **H2/309**

Reglamento electrotécnico para BT e Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC-BT) **G/377**

Metodología volumen 2

En este volumen se exponen las instalaciones eléctricas desde el punto de vista de las protecciones necesarias para su seguridad, para la de los manipuladores y para la eficiencia de su explotación, así como los procesos de cálculo de las mismas y los materiales adecuados.

Las CEI y UNE nos definen las medidas de protección en siete grupos:
1. Las medidas de protección contra los choques eléctricos.
2. Las medidas de protección contra los efectos térmicos.
3. Las medidas de protección a los efectos de las sobreintensidades.
4. Las medidas de protección contra las sobretensiones transitorias.
5. Las medidas de protección contra las influencias electromagnéticas (IEM) en los edificios.
6. Las medidas de protección a los efectos de las bajadas de tensión.
7. Medidas para la seguridad al seccionamiento y mando.

Estas medidas las ubicaremos en tres capítulos:

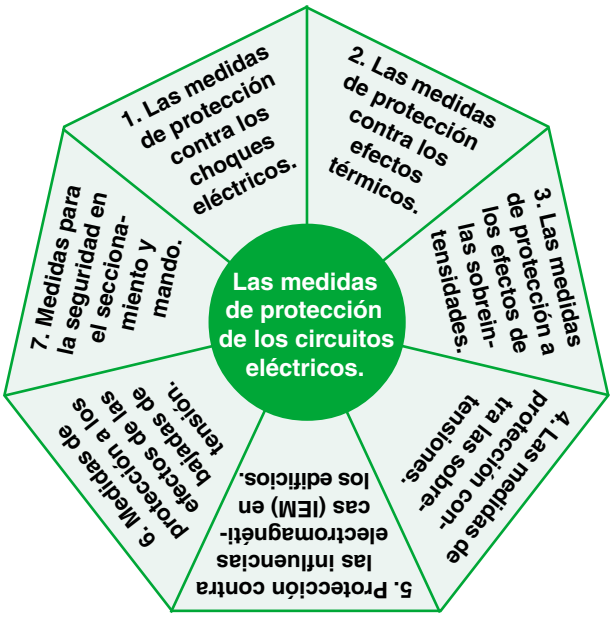
G. La protección contra los choques eléctricos
En este capítulo expondremos, por su importancia, todas las medidas de protección contra los choques eléctricos para los usuarios, los animales domésticos y los materiales.
En él ubicaremos todas las prescripciones, los cálculos y la determinación de los materiales.
Tiene importancia y contenido propio para conformar un capítulo por sí mismo.

H1: Los circuitos y su dimensionado
En este capítulo expondremos las prescripciones generales y los cálculos referentes a los apartados de las CEI y UNE:
1. Las medidas de protección contra los choques eléctricos (en el capítulo G).
2. Las medidas de protección contra los efectos térmicos.
3. Las medidas de protección a los efectos de las sobreintensidades.
4. Las medidas de protección contra las sobretensiones transitorias.
5. Las medidas de protección contra las influencias electromagnéticas (IEM) en los edificios.
6. Las medidas de protección a los efectos de las bajadas de tensión.
7. Medidas para la seguridad al seccionamiento y mando.

H2: La aparamenta de protección
En este capítulo mostraremos las prescripciones generales de los materiales, los materiales y la forma de dimensionarlos para los apartados de la CEI y UNE:
1. Los materiales para las medidas de protección contra los choques eléctricos (en el capítulo G).
2. Los materiales para las medidas de protección contra los efectos térmicos.
3. Los materiales para las medidas de protección a los efectos de las sobreintensidades.
4. Las medidas de protección contra las sobretensiones transitorias.
5. Las medidas de protección contra las influencias electromagnéticas (IEM) en los edificios.
6. Los materiales para las medidas de protección a los efectos de las bajadas de tensión.
7. Los materiales para cumplimentar medidas para la seguridad al seccionamiento y mando.

Debemos efectuar dos observaciones:
■ Los cálculos, prescripciones y materiales destinados a los choques eléctricos los tratamos en el capítulo G “La protección contra los choques eléctricos”; con la finalidad de mantener toda su identidad en un capítulo propio.
■ Los cálculos, prescripciones y materiales destinados a motores y máquinas los trataremos en el capítulo M “La seguridad en las máquinas”; con la finalidad de mantener toda su identidad en un capítulo propio.

Metodología y definiciones
Las protecciones de los circuitos se han de determinar de forma que cubran la protección de todas las solicitaciones que el circuito es capaz de atender.



El programa informático de cálculo de circuitos de Schneider Electric, ECOdial, nos permite determinar el dimensionado de las líneas y sus protecciones en función de la alimentación y las cargas.
El estudio de una instalación consiste en determinar las cargas, su situación geográfica, la determinación de los circuitos y sus protecciones, desde el origen hasta el último ramal.
Cada línea se constituye con la conjunción de la canalización y sus protecciones, debiendo atender las condiciones propias del circuito para asegurar su perfecto funcionamiento con seguridad:
■ Permitiendo su utilización sin riesgos para las personas, los animales domésticos, los materiales propios de la red y los de su entorno.
■ Permitiendo la circulación de la corriente permanente y sus puntas de empleo, propias de las cargas.
■ No debe generar caídas de tensión que perjudiquen a la alimentación de las cargas.
Por ejemplo, las caídas de tensión producidas por las corrientes de arranque de motores.

Las protecciones (interruptores automáticos o fusibles) deben:
■ Proteger las canalizaciones de todas las sobreintensidades e incluso las corrientes de cortocircuito.
■ Asegurar la protección de las personas contra contactos indirectos en regímenes TN e IT.

La sección de los conductores se define por el método general descrito en el apartado 3.2 del capítulo H1 "Determinación práctica de la sección mínima de una conducción", página H1/74.
El método define la sección mínima necesaria para poder atender las necesidades de las cargas. Pero el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión impone, para algunos casos, dimensiones mínimas, las cuales podremos observar en cada caso en el transcurso de la obra.
Algunos tipos de receptores especiales necesitan un sobredimensionamiento de la sección de los conductores de alimentación y de sus protecciones (lo especificaremos en el capítulo J del tercer volumen).
El dimensionado debe asegurar que los receptores recibirán su tensión nominal de funcionamiento, o como máximo una reducción dentro de los límites propios que le permiten un funcionamiento normal.
En las instalaciones deben preverse las formas de eliminar o reducir, a valores no peligrosos para las personas y los materiales, las sobretensiones transitorias; tanto de origen atmosférico como las producidas como consecuencia de maniobras.
Debemos prever el seccionamiento de los circuitos, los enclavamientos y los cortes de emergencia, para mantener la seguridad en su funcionamiento y mantenimiento, tanto para las personas como para los materiales.
En todas las instalaciones debemos eliminar o reducir al máximo posible las interferencias electromagnéticas hasta límites que no dificulten el normal funcionamiento con seguridad para las personas y los materiales. Esta función la exponemos, de una forma concreta, a lo largo de todos los capítulos de la obra.
Se ha de mantener el equilibrio térmico de toda la instalación, en función de las perturbaciones térmicas propias de la misma y de las ambientales. Esto afecta al tipo de instalación y al dimensionamiento de la misma, por parte interna, y a los ambientales por parte externa.

La Normativa
El Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión se refiere constantemente a las normas de instalación UNE, las cuales derivan de las normas internacionales CEI y de las europeas EN.
Es la primera vez que nuestro reglamento electrotécnico se refiere a las normas UNE para realizar las instalaciones, por tanto representa una novedad y una falta de hábito.
Manejar toda la normativa y saber qué debemos aplicar en cada punto o situación de una instalación es casi un arte, debido a la cantidad de referencias, situaciones y puntos de una instalación y a la combinatoria de todos los parámetros posibles.
Destacaremos los siguientes grupos:
■ Las medidas de protección contra los choque eléctricos. Basadas en el espíritu de la norma CEI 60364-4-41. 1996-04, CEI 61140. Segunda edición 1997-11 y la UNE 20460-4-41 de 1998.
Aplicación de las medidas de protección para garantizar la seguridad. Basadas en el espíritu de la norma CEI 60364-4-47. 1981 + A1: 1993, y la UNE 20460-4-47 de 1996.
Elección de las medidas de protección en función de las influencias externas. Basadas en el espíritu de la norma CEI 60364-4-481. Primera edición 1990-07.

■ Las medidas de protección contra los efectos térmicos. Basadas en el espíritu del documento CEI HD 60384-4-42 S1. 1996-04 y la UNE 20460-4-42 de 1990-09.
Elección de las medidas de protección contra incendios en función de las influencias externas. Basadas en el espíritu del documento CEI HD 60384-4-482 S1 y la UNE 20460-4-482 de 1990.

■ Las medidas de protección a los efectos de las sobreintensidades. Basadas en el espíritu del documento CEI HD 60384-4-43 S1 y la UNE 20460-4-43 de 1990.
Aplicación de las medidas de protección contra las sobreintensidades. Basadas en el espíritu de la norma CEI 60364-4-473. 1977 + A1: 1988-11, y la UNE 20460-4-473 de 1990.

■ Las medidas de protección contra las sobretensiones. Basadas en el espíritu de la norma CEI 60364-4-442. Primera edición 1993-02 y la UNE 20460-4-442 de 1999.
Las medidas de protección contra las sobretensiones de origen atmosférico. Basadas en el espíritu de la norma CEI 60364-4-443. Segunda edición 1995-04.

■ Las medidas de protección contra las interferencias electromagnéticas (IEM) en los edificios. Basadas en el espíritu de la norma CEI 60364-4-44. Primera edición 1996-04.

■ Las medidas de protección a los efectos de las bajadas de tensión. Basadas en el espíritu de la norma CEI 60364-4-45. 1984 y la UNE 20460-4-45 de 1990.

■ Las medidas de protección para la seguridad en el seccionamiento y mando. Basadas en el espíritu del documento CEI HD 60384-4-46 S1 y la UNE 20460-4-46 de 1990.

Capítulo G
La protección contra los choques eléctricos

La protección contra los choques eléctricos

Según el tipo de régimen de neutro escogido, se determinará el tipo de protección contra los contactos directos e indirectos a instalar en la red, que pueden ser el TT, el TN o el IT.

Deberemos tener en cuenta las particularidades eventuales de los receptores, del ambiente (entorno y en el local) y del circuito de alimentación para cada caso.

Es imprescindible definir claramente la situación en que se puede encontrar el cuerpo humano con respecto a los choques eléctricos:
- Situación BB1 tensión de contacto 50 V CA.
- Situación BB2 tensión de contacto 25 V CA.
- Situación BB3 tensión de contacto 12 V CA.

Metodología del capítulo G

En este capítulo realizamos una exposición previa de estudio del comportamiento del cuerpo humano a los efectos de los choques eléctricos.
No podemos olvidar que los choques eléctricos, en función de sus características, permiten:
- La rehabilitación de la función vital.
- La destrucción de la función vital.

Consecuentemente la CEI no se ha pronunciado hasta que ensayos reales con cuerpos humanos han permitido obtener experiencias de las medidas a tomar para proteger al cuerpo humano del segundo efecto.
Es obvio que aún estamos en los inicios de estas medidas, pero la eficiencia de las mismas hoy es una realidad y en ellas se basan las prescripciones de la CEI.

Iniciamos este capítulo G con una introducción a los efectos del paso de la corriente eléctrica a través del cuerpo humano.
Es sabido que a través de impulsos eléctricos logramos reactivar o regular el funcionamiento del corazón humano o bien con impulsos de trenes de hondas podemos tratar algunas lesiones.
Pero en este apartado solamente trataremos en las circunstancias que el contacto del cuerpo humano con la energía eléctrica es perjudicial para el mismo.
La CEI ha realizado estudios y experiencias sobre el cuerpo humano y los ha publicado en Informe Técnico CEI 60479-1 de 1994 que UNE ha recogido como Norma Española UNE 20572-1 de 1997 y el Informe Técnico de la CEI 60479-2 de 1987 que la UNE ha recogido en la Norma Española UNE 20572-93/2.

Todo el capítulo G podría estar comprendido en los capítulos H1 y H2, pero su importancia ha hecho considerar su presentación en un capítulo propio.

Indice

La protección contra los choques eléctricos

1. Generalidades

1.1. Choques eléctricos G/31
Choque eléctrico G/31
El corazón humano G/31
Las células del corazón G/31
Las neuronas G/32
Carga de las neuronas G/32
El comportamiento eléctrico del corazón G/32
Secuencia G/32
El comportamiento mecánico G/32
Ciclo cardíaco G/32
El tiempo del ciclo G/33
Conclusiones G/33
La impedancia de cuerpo humano (Z_T) G/34
Efectos de la corriente eléctrica G/36
Umbral de percepción G/36
Umbral de no soltar G/36
Umbral de fibrilación ventricular G/36
Otros efectos de la corriente G/37
Aplicación del factor de corrección para la corriente derivada al corazón. G/39
Protección contra los contactos indirectos G/39

1.2. Contactos directos e indirectos G/40
Contactos directos G/40
Contactos indirectos G/40

2. Protección contra los contactos directos

La protección contra los contactos directos e indirectos G/41
La protección contra los contactos directos G/41
La protección contra los contactos indirectos G/41

2.1. Medidas de protección contra los contactos directos e indirectos G/41
Distinguiremos tres niveles de circuitos G/41
MBTS G/41
MBTP G/41
MBTF G/41
Las fuentes pueden ser G/42
Condiciones de instalación de los circuitos G/44
Los conductores G/44
Las tomas de corriente G/45
Requisitos para los circuitos MBTS (SELV) G/46
Requisitos para circuitos MBTP (PELV) G/46

2.2. Medidas de protección contra los contactos directos G/47
Protección por aislamiento de las partes activas G/47
La protección principal G/47
Aislamiento principal G/47
Protección por medio de obstáculos G/48
Protección por medio de barreras o envolventes G/48
Protección por puesta fuera del alcance por alejamiento G/49
Protección complementaria por dispositivos de protección a corriente diferencial-residual G/50

2.3. Medidas de protección contra situaciones de defecto G/51
Condiciones de simple defecto G/51

3. Protección contra los contactos indirectos

Disposiciones de protección contra los defectos G/53

3.1. Medidas de protección contra los contactos indirectos sin corte automático de la alimentación G/53
Protección empleando materiales de la clase II o mediante aislamiento equivalente G/53
Protección en los locales (o emplazamientos) no conductores .. G/55
Protección mediante enlaces equipotenciales locales no conectados a tierra G/56
Protección mediante separación eléctrica G/57

3.2. Protección por corte automático de la alimentación G/59
Interrupción de la alimentación G/59
Puestas a tierra y conductores de protección G/59
Conexiones equipotenciales G/59
Conexión equipotencial principal G/60
Conexión equipotencial complementaria G/60
Influencia del régimen de neutro G/61

3.2.1. Corte automático con esquema TT G/62
Conceptos básicos G/62
La desconexión automática en esquema TT G/62
La intensidad de fuga G/62
La tensión de contacto Uc G/62
Ejemplo G/62
¿Cuál ha de ser el valor de la puesta a tierra para una instalación de clasificación BB3? G/64

3.2.2. Corte automático en sistema TN G/65
Conceptos básicos G/65
El corte automático en esquema TN G/66
Ejemplo G/66
¿Por qué consideramos que la tensión de contacto es el 50% de la tensión nominal? G/67
Tiempo de corte específico G/68
Protección con interruptor automático G/69

Protección por fusible G/69
Ejemplo G/70

3.2.3. Corte automático al segundo defecto en redes IT G/70
Primer defecto G/71
Caso de sistema sin reactancia de puesta a tierra G/71
Caso de sistema con reactancia de puesta a tierra G/72
Ejemplo G/72
Segundo defecto G/72
Podemos distinguir dos casos diferentes G/72
1.er Caso G/73
2.º Caso G/74
Ejemplo G/75

3.3. Coordinación de los materiales eléctricos y de las medidas de protección con la instalación eléctrica G/76
Material de clase 0 ..... G/76
Aislamiento G/76
Material de clase I G/76
Aislamiento G/76
Uniones equipotenciales de protección G/76
Superficies accesibles de partes de material aislante G/76
Conexiones de un conductor de protección G/77
Material de clase II G/77
Aislamiento G/77
Equipotencialidad de protección G/78
Marcaje G/78
Material de clase III G/78
Tensiones G/78
Equipotencialidad de protección G/78
Marcaje G/78
Condiciones particulares de funcionamiento G/79
Dispositivos de maniobra manual y componentes previstos para ser sustituidos manualmente G/79
Valores eléctricos después del seccionamiento de las partes activas G/80

4. Instalación régimen TT

4.1. Medidas de protección G/81
Protección contra los contactos indirectos G/81
Los circuitos de distribución G/81
Circuitos con grupos de masas unidos a tomas de tierra separadas G/82
Dispositivos diferenciales de alta sensibilidad (AS) G/82
Prevención en los locales con riesgo de incendios G/83
Protección cuando una masa no está unida a tierra G/83

4.2. Tipos de DDR G/83
Los DDR se encuentran incorporados en los siguientes materiales G/83

Los interruptores automáticos diferenciales adaptables G/83

4.3. Descripción de una gama de interruptores diferenciales G/84

4.3.1. Interruptores diferenciales ID G/84
Características generales G/84
Inmunidad a disparos intempestivos G/84
Vida eléctrica G/84
Tropicalización G/84
Conexionado G/84
Mando manual G/84
Tensión de empleo G/84
Corriente de empleo G/84
Seccionamiento G/84
Disparo instantáneo o selectivo G/84
Peso (g) G/84
Conforme a norma G/84
Características particulares G/84
a) ID instantáneo clase AC G/84
b) ID selectivo Ⓢ clase AC G/85
c) ID instantáneo clase A G/85
d) ID “si” clase A superinmunizados G/86

4.3.2. Bloques diferenciales Vigi para automáticos C60 ..... G/86
Características generales G/86
Los bloques adaptables Vigi C60 se presentan en 3 versiones G/86
Número de polos G/86
La inviolabilidad de la asociación G/86
El interruptor diferencial G/87
Visualización del defecto de fuga G/87
Está protegido G/87
Tensiones de empleo G/87
Poder de corte G/87
Peso (g) G/87
Ancho de los interruptores automáticos diferenciales G/87
Permite G/87
Señalización G/87
Conexionado G/88
Accesorios G/88
La asociación C60 + bloque Vigi G/88
Características particulares G/88
a) Bloques Vigi instantáneos clase AC G/88
Calibres G/88
2 sensibilidades fijas G/88
Inmunidad a disparos intempestivos G/88
b) Bloques Vigi selectivos Ⓢ clase AC G/88
Calibres G/88
2 sensibilidades fijas G/88
Inmunidad a disparos intempestivos G/88
c) Bloques Vigi instantáneos clase A G/88
Calibres G/89

2 sensibilidades fijas G/89
Inmunidad a disparos intempestivos G/89
d) Bloques Vigi selectivos Ⓢ clase A G/89
Calibres G/89
1 sensibilidad fija G/89
Inmunidad a disparos intempestivos G/89
e) Bloques Vigi “si” clase A superinmunizados G/89
La gama “si” G/89
Para uso en sector terciario e industrial G/89
Tipo instantáneo y selectivo G/89
Clase A G/89
Calibres G/89
Sensibilidad fija G/89
Inmunidad para disparos intempestivos G/89
f) Bloques diferenciales Vigi *i*DPN G/89
Tipo instantáneo G/89
Clases A, AC y A “si” G/89
Calibres G/89
Sensibilidad G/89
Polos G/89

4.3.3. Interruptor automático diferencial DPN Vigi G/90
Características generales G/90
Calibre G/90
Tensión de empleo G/90
Curva de disparo G/90
Visualización del defecto diferencial G/90
Cierre brusco G/90
Seccionamiento G/90
Conexionado G/90
Tropicalización G/90
Homologación G/90
Peso G/90
Auxiliares de señalización G/90
Auxiliares de disparo G/90
Accesorios mecánicos G/90
Pueden ser alimentados G/90
Intensidad admisible a 40 °C G/90
Características particulares G/90
a) DPN Vigi clase AC G/90
Poder de corte G/90
Inmunidad a disparos intempestivos G/90
Sensibilidad fija G/90
Intensidad asignada G/90
b) DPN Vigi “si” clase A superinmunizados G/90
La gama “si” G/90
Campo de aplicación G/91
Tipo G/91
Clase A G/91
Poder de corte G/91
Inmunidad a disparos intempestivos G/91
Sensibilidad fija G/91

Intensidad asignada G/91
c) *i*DPN Vigi clase AC G/91
La gama *i*DPN Vigi G/91
Campo de aplicación G/91
Tipo G/91
Clase AC G/91
Poder de corte G/91
Inmunidad a disparos intempestivos G/91
Sensibilidad fija G/91
Intensidad asignada G/91
d) Compact NS G/94
e) Compact CM de 1250 a 3200 A G/97

4.4. Coordinación de las protecciones diferenciales G/97
Selectividad entre los interruptores diferenciales G/97
Selectividad total a 2 niveles G/98
Selectividad total a 3 o 4 niveles G/98

4.5. Interruptores diferenciales de uso industrial G/99
Relés diferenciales con núcleo toroidal separado G/99
Vigirex G/99
Función G/99
Relé de protección diferencial G/99
Relés de señalización G/100
Utilización G/100
Conformidad con las normas G/100
Dispositivos de elección de defectos a tierra y de actuación UL 1053 ..... G/101
Resistencia al entorno climático G/102
Grado de contaminación G/102
Temperatura ambiente G/102
Aislamiento reforzado con la red aguas arriba G/102
Grado de protección G/102
Resistencia a las vibraciones G/102
Etiquetados y marcados G/102
Reciclaje G/103
Máxima seguridad G/103
Características de desconexión G/104
Relés RH10, RH12 y RH99 ..... G/104
Relés RHUs, RHU G/105
Filtrado de frecuencia G/105
La medida rms de las corrientes de fuga a tierra G/106
Autovigilancia permanente de los Vigirex G/107
Dos tipos de cableado de los relés de protección G/107
Conexión RH10M, RH21M, RH99M con bobina de mínima tensión MN G/107
Conexión RH10P, RH21P, RH99P con bobina de mínima tensión MN G/108
Conexión de la alimentación de los relés RH10, RH21, RH99, RHU y RHUs G/108
Conexión RHUs y RHU con bobina de mínima tensión G/108
Conexión RH10M, RH21M, RH99M con bobina de emisión de corriente MX G/109
Conexión RH10P, RH21P, RH99P con bobina de emisión de corriente MX G/109

Conexión RHUs y RHU con bobina de emisión de corriente MX ... G/110
Rearme automático mediante relé de reconexión ATm ... G/110
Utilización del multiplexor RM12T ... G/111
Conexión entre Vigirex RHU o RMH y bus de comunicación ... G/113
Conexión del test y rearme a distancia ... G/113
Conexionado ... G/114
Conexionado de los toroidales rectangulares y paso de los conductores ... G/115
Paso de los cables ... G/115
Conexión entre Virigex y toroidal ... G/117
Test y rearme ... G/118
Relés RH10M, RH21M, RH99M ... G/118
Relés RH10P, RH21P, RH99P ... G/120
Relés RHUs y RHU ... G/121
Relé RMH y multiplexor RM12T ... G/122
Comunicación de los relés RHU y RMH ... G/124
Panorama de las funciones ... G/125
Certificación de cuadro facilitada ... G/125
Formatos adaptados a todos los sistemas de instalación ... G/126
Tapas ... G/127
Selectividad de las protecciones con relés Vigirex ... G/127
Perturbaciones electromagnéticas. ... G/128
Toroidales diferenciales ... G/129
Compatibilidad de los toroidales ... G/129
Adaptación a las instalaciones ... G/129
Compatibilidad con los toroidales diferenciales rectangulares ... G/129
Resistencia a fuertes corrientes diferenciales de defecto ... G/129
Resistencia a la temperatura ... G/129
Características relés Vigirex ... G/130
Características relés Vigirex de señalización ... G/134
Características toroidales ... G/138

5. Instalación régimen TN

5.1. Condiciones previsibles ... G/140
Condiciones a cumplir ... G/140
Los aparatos de protección deben ser ... G/140

5.2. Protección contra los contactos indirectos ... G/140
Método de determinación de la protección ... G/141
Método de las impedancias ... G/141
Método de composición ... G/141
Método convencional ... G/141
Ejemplo ... G/142
Tablas ... G/142
Factor de corrección ... G/143
Ejemplo ... G/145
Caso particular, donde una masa o un grupo de masas están unidas a una toma de tierra individual ... G/145
Utilización de interruptores diferenciales DDR de alta sensibilidad ... G/145

Prevención en los locales con riesgo de incendio G/146
Casos donde la impedancia del bucle es particularmente elevada G/146

6. Instalación régimen IT

6.1. Condiciones previas G/149

6.2. Protección contra los contactos indirectos G/150
Caso del primer defecto G/150
Principios físicos G/150
Ejemplos de materiales G/150
Búsqueda móvil manual G/150
Búsqueda fija automática G/151
Búsqueda y explotación automática G/151
Puesta en servicio de los CPA G/151
Acometida G/151
Alimentación G/151
Impedancia CPA G/151
Reglaje G/152
Segundo defecto en esquema IT G/152
Método de determinación de la protección G/152
Método de las impedancias G/153
Método de composición G/153
Método convencional G/153
Tablas G/154
El factor de corrección G/154
Ejemplo G/155

6.3. Utilización de interruptores diferenciales DDR de alta sensibilidad G/155

6.4. Prevención en los locales con riesgo de incendio G/156

6.5. Casos donde la impedancia del bucle es particularmente elevada G/156

6.6. Materiales para el control permanente del aislamiento "sistema Vigilohm" G/158
Control de aislamiento y las funciones asociadas G/158
Principio G/158
Comunicación de las medidas G/158
Prevención de los defectos de aislamiento G/158
Comunicación sobre impresora y supervisor G/159
La búsqueda de defectos G/159
Sistema Vigilohm G/161
Facilitar la explotación de redes de neutro aislado IT G/161
Con sistema Vigilohm G/161
Principio, funciones G/161
Insensible a las perturbaciones eléctricas de las redes ... G/167

Las dos arquitecturas del sistema Vigilohm, con o sin bus de comunicación ... G/167
Sistema Vigilohm sin bus de comunicación ... G/167
Sistema Vigilohm con bus de comunicación ... G/167
Elección de la arquitectura del sistema ... G/168
¿Qué aparatos forman el sistema? ... G/168
¿Cómo elegir su sistema? ... G/169
a) El nivel de prestación en búsqueda y medida ... G/169
b) Selección de aparatos de búsqueda ... G/169
c) Selección de los CPI ... G/169
d) Necesidad de un interface ... G/169
Elección del sistema de búsqueda ... G/170
1.er nivel ... G/170
2.º nivel ... G/171
3.er nivel ... G/171
4.° nivel ... G/171
Elección del interface ... G/172
La potencia de un sistema con comunicación ... G/172
Cuatro interfaces ... G/172
Capacidad ... G/174
Ejemplos de instalaciones del sistema Vigilohm ... G/174
Componentes del sistema Vigilohm ... G/175
Controlador XM200 ... G/175
Detectores automáticos XD301, XD312 ... G/179
Receptor móvil de búsqueda XRM y pinzas ... G/180
Controlador XM300c ... G/182
Controlador localizador XML308, XML316 ... G/185
Localizador XL308, XL316 ... G/189
Detector automático comunicante XD308c ... G/192
Interfaces de comunicación XLI200, XLI300, XTU300, XAS ... G/194
Conexionados sistema Vigilohm ... G/196
Controlador XM200 ... G/196
Controlador XM300c ... G/197
Controlador localizador XML308, XML316 ... G/198
Localizador XL308, XL316 ... G/199
Detector automático comunicante XD308c ... G/200
Detectores automáticos XD301 ... G/200
Detectores automáticos XD312 ... G/201
XLI200-XLI300-XTU300-XAS ... G/202
XLI300 Sub D9 puntos ... G/202
XLU300 Sub D9 puntos ... G/202
Conexionado productos Vigilohm ... G/203
Acoplamiento de dos redes ... G/203
Controladores EM9/EM9B/EM9T ... G/205
Controlador TR5A ... G/206
Controlador SM21 ... G/207
Generador móvil XGR ... G/207
Elementos auxiliares para las soluciones Vigilohm y sistema Vigilohm ... G/208
Elección de los elementos auxiliares ... G/208
Características de los auxiliares ... G/208

7. Características de los interruptores diferenciales DDR

Fundamentos G/213

7.1. Particularidades en la puesta en servicio de interruptores diferenciales DDR G/214
Corrientes de fuga permanentes G/214
Elementos que originan habitualmente desconexiones de los interruptores diferenciales G/214
Limitación de las corrientes de fuga G/215
Consejos prácticos G/215
Corrientes de fuga transitorias G/215
Influencia de la tensión nominal G/215
Influencia de las sobretensiones G/216
Compatibilidad electromagnética G/216
Puesta en servicio G/217
Comportamiento de los interruptores diferenciales frente a las componentes continuas G/217
La calidad de servicio G/218
En función de la actividad la continuidad de servicio de la energía puede ser vital G/219
Principales instalaciones que necesitan una protección tipo A “si” G/219
Tecnología superinmunizada “si” G/221
Recomendaciones de instalación de los interruptores diferenciales con núcleo toroidal separado G/222

7.2. Elección de las características de un interruptor diferencial .. G/223
Corriente asignada G/223
Umbral electrodinámico G/224

7.3. Redes de corriente continua aisladas de la tierra G/225
Control global de una instalación a corriente continua G/225

8. Las protecciones contra los contactos indirectos en las instalaciones domésticas

8.1. Ejemplos de cálculo G/227
Cálculo de las protecciones contra los contactos indirectos de viviendas unifamiliares pareadas G/227
Zonas de la vivienda en función de la humedad G/227
Protecciones contra contactos indirectos G/229
Puesta a tierra G/229
¿Qué estructura debe tener la puesta a tierra si las mediciones del terreno nos dan una resistividad de 300 Ω/m? G/230
Observaciones G/231
Cálculo de la protección en Zona BB3 ..... G/231
Cálculo de la protección en Zona BB2 ..... G/232
Cálculo de la protección en Zona BB1 ..... G/233

Consideraciones G/234
Cálculo de la protección en Zona BB3 con una resistencia de puesta a tierra doblada G/234
Cálculo de la protección en Zona BB3 con la resistencia de puesta a tierra cortada G/235
Conclusiones G/235
Resoluciones G/235
Característica de la tensión de contacto y el tiempo de permanencia G/236
Comprobación del efecto de la corriente en el caso de corte de la conexión a tierra G/236
La alternativa Schneider Electric G/237
El esquema G/237
Comprobación del efecto de la corriente en el caso de contacto directo G/238
Cálculo de las protecciones contra los contactos indirectos de viviendas unifamiliares en urbanización rural G/238
Zonas de la vivienda en función de la situación del cuerpo humano G/239
Protecciones contra contactos indirectos G/240
Puesta a tierra G/240
¿Qué estructura debe tener la puesta a tierra si las mediciones del terreno nos dan una resistividad de 150 Ω/m? G/241
Cálculo de la protección en Zona BB2 ..... G/242
Cálculo de la protección en Zona BB1 ..... G/243
Resoluciones G/244
Cálculo de las protecciones contra los choques eléctricos de la red de alumbrado público G/244
Cálculo de la protección en Zona BB2 ..... G/244
Zona de la vía pública en función de la humedad G/245
¿Qué estructura debe tener la puesta a tierra si las mediciones del terreno nos dan una resistividad de 100 Ω/m? G/245
Las pérdidas permanentes G/246
Esquema G/247
Resoluciones G/248
Cálculo de las protecciones contra los choques eléctricos de un bloque de viviendas y locales comerciales G/248
Zonas del edificio en función de la humedad G/248
Protecciones contra contactos indirectos G/251
Puesta a tierra G/252
¿Qué estructura debe tener la puesta a tierra si las mediciones del terreno nos dan una resistividad de 150 Ω/m? G/253
¿Qué estructura debe tener la puesta a tierra si las mediciones del terreno nos dan una resistividad de 250 Ω/m? G/254
Cálculo de la protección en Zona BB2 ..... G/256
Cálculo de la protección en Zona BB1 ..... G/257
Resoluciones G/258

Cálculo de la protección de los locales comerciales G/258
Cálculo de la protección en Zona BB2 ..... G/258
Cálculo de la protección en Zona BB1 ..... G/259
Resoluciones G/260
Cálculo de la protección de los servicios generales G/260
Cálculo de la protección en Zona BB2 ..... G/260
Cálculo de la protección en Zona BB1 ..... G/261
Resoluciones G/262
Cálculo de las protecciones contra los choques eléctricos de un bloque de oficinas y locales comerciales, con tres plantas de sótanos para aparcamientos y servicios generales G/262
Zonas del edificio en función de la situación del cuerpo humano G/262
Exposición G/266
Toma de tierra para el conjunto de abonados que disponen de una sola fuente de alimentación, alimentados por la compañía A G/267
¿Qué estructura debe tener la puesta a tierra si las mediciones del terreno nos dan una resistividad de 150 Ω/m? G/267
Cálculo de la protección en Zona BB1 ..... G/269
Resoluciones G/270
Pautas para la regulación G/271
Tomas de tierra para el conjunto de abonados que disponen de dos fuentes de alimentación, alimentados por la compañía A y la compañía B G/275
Toma de tierra para el abonado de las plantas 1.ª, 2.ª y 3.ª G/276
¿Qué estructura debe tener la puesta a tierra si las mediciones del terreno nos dan una resistividad de 150 Ω/m? G/276
Cálculo de la protección en Zona BB1 ..... G/278
Resoluciones G/278
Pautas para la regulación G/280
La alimentación de los equipos informáticos G/280
Toma de tierra para el abonado de la planta 7.ª G/281
¿Qué estructura debe tener la puesta a tierra si las mediciones del terreno nos dan una resistividad de 150 Ω/m? G/283
Cálculo de la protección en Zona BB1 ..... G/285
Resoluciones G/286
Pautas para la regulación G/286
Toma de tierra para los servicios generales G/288
¿Qué estructura debe tener la puesta a tierra si las mediciones del terreno nos dan una resistividad de 150 Ω/m? G/288
Cálculo de la protección en Zona BB1 ..... G/290
Resoluciones. G/291
Pautas para la regulación G/292
Situación de las puestas a tierra del edificio G/293
Generalidades G/293
Puestas a tierra que intervienen G/293
Distancias entre las puestas a tierra G/293

Régimen IT para el abonado de las plantas 1.ª, 2.ª y 3.ª G/296
La actividad G/296
El régimen IT G/296
Situación planta 1.ª G/297
Situación planta 2.ª G/298
Situación planta 3.ª G/298
Esquema circuito de alimentación, aislamiento cambio de régimen TT a IT, con sistemas ininterrumpidos de alimentación G/299
Esquema circuito IT G/300
Circuito del sistema Vigilohm G/302
Cálculo de las protecciones contra los contactos indirectos en una industria G/304
Zonas de la industria en función de la humedad G/304
Protecciones contra contactos indirectos G/305
Puesta a tierra G/305
¿Qué estructura debe tener la puesta a tierra si las mediciones del terreno nos dan una resistividad de 500 Ω/m? G/306
Cálculo de la protección en la zona de situación BB3 ..... G/306
Cálculo de la protección en la zona de situación BB2 ..... G/308
Cálculo de la protección en la zona de situación BB1 ..... G/309
Resoluciones G/310
Pautas para la regulación G/311
La alimentación de los equipos informáticos G/311

Tablas

1. Generalidades
G1-009: tabla de las impedancias totales del cuerpo humano bajo diversas tensiones G/35
G1-010: tabla de descripción de las zonas de los efectos fisiológicos en ca G/37
G1-012: tabla de descripción de las zonas de los efectos fisiológicos en cc G/38
G1-014: tabla de los factores de corriente de corazón para diferentes trayectos de la corriente G/39

2. Protección contra los contactos directos
G2-001: tiempos máximos de permanencia de tensiones peligrosas G/44

3. Protección contra los contactos indirectos
G3-006: tabla de las categorías y tiempos de desconexión de los DDR G/64
G3-007: tabla de los tiempos de desconexión en función de la corriente de fuga G/64
G3-008: tensiones nominales y tiempos de interrupción máximos en el esquema TN G/65
G3-011: tabla de valores de tensión y tiempos de corte para la protección contra contactos indirectos en régimen TN G/68

G3-016: tiempos máximos de interrupción de las protecciones al segundo defecto en esquema IT G/73
G3-019: tabla de los tiempos de corte específicos máximos en esquema IT G/74
G3-021: coordinación de materiales G/79

G

4. Instalación régimen TT

G4-001: tabla de los límites superiores de la resistencia de la toma de tierra de las masas y que no se debe superar en función del ambiente (U_L) y la sensibilidad del interruptor diferencial ($I_{\Delta n}$) G/81
G4-007: tabla de pesos de los aparatos con bloque Vigi G/87
G4-008: tabla de los elementos modulares de 18 mm que ocupan los interruptores automáticos con bloques Vigi G/87
G4-033: elección de los toroidales en función del circuito de potencia G/116
G4-034: elección de los toroidales rectangulares en función del circuito de potencia G/117
G4-035: elección de los toroidales en función del circuito de potencia con chapa de acero G/117
G4-037: posibilidades de test y rearme G/118
G4-038: características del conexionado de los relés y los toroidales G/119
G4-042: características preceptivas para una buena selectividad .. G/128
G4-043: características de los relés de protección con contacto de salidas con rearme manual local después de defecto ... G/132
G4-044: relés de señalización con contactos de salida con rearme después de la desaparición del defecto G/136
G4-045: características de los toroidales diferenciales G/138

5. Instalación régimen TN

G5-003: tabla del factor de corrección a aplicar a las longitudes de las tablas G5-004 y G5-005 ..... G/143
G5-004: tabla de las longitudes máximas de las canalizaciones, en función de la sección del conductor de fase y de la corriente de desconexión instantánea, para interruptores automáticos de uso general G/143
G5-005: tabla de las longitudes máximas de las redes en función de la sección del conductor de fase y de la corriente asignada a los interruptores automáticos del tipo multi 9 y Compact, con características de desconexión B, C, D y MA G/144
G5-012: tabla de valores de la resistencia en las conexiones equipotenciales suplementarias en los sistemas TN G/148

6. Instalación régimen IT

G6-001: tabla de las funciones a realizar en un esquema IT G/149
G6-007: tabla de los factores de corrección a aplicar a los valores de las longitudes de los bucles de defecto expresados en las tablas G5-004 y G5-005 ..... G/154
G6-013: tabla de valores de la resistencia en las conexiones equipotenciales suplementarias en los sistemas IT G/157

G6-022: tabla de elección del controlador de aislamiento y de las funciones asociadas G/162
G6-023: tabla de elección del controlador de aislamiento en función del tipo de red G/164
G6-027: tabla de eleccción de los aparatos adecuados para la arquitectura del sistema Vigilohm G/170
G6-033: tabla de elección de los interfaces G/173
G6-038: tabla de las características y aplicaciones del controlador XM200 ..... G/176
G6-041: tabla de las características de los detectores automáticos XD301 y XD312 ..... G/179
G6-046: tabla de las características del controlador XM300c G/184
G6-050: tabla de las características del controlador localización XML308, XML316 ..... G/188
G6-051: tabla de las características de los localizadores XL308, XL316 ..... G/190
G6-056: tabla de las características del detector automático comunicante XD308c G/194
G6-057: características de los interfaces de comunicación XLI200, XLI300, XTU300 y XAS G/195
G6-090: tabla de elección de los auxiliares G/208

7. Características de los interruptores diferenciales DDR
G7-002: tabla del tanto por ciento de participación de los materiales en las desconexiones habituales de los interruptores diferenciales G/214
G7-003: tabla de corrientes de fuga permanente de algunos materiales G/214
G7-007: tabla de los umbrales de los ensayos a la CEM solicitados a los interruptores diferenciales DDR G/217
G7-009: tabla de la importancia de la continuidad de servicio en diferentes estamentos y perturbaciones habituales G/219
G7-012: tabla de los medios para disminuir la relación $I_{\Delta n}/I_{fmáx.}$ G/223
G7-015: tabla de elementos y valores de filiación, entre interruptores automáticos y diferenciales G/224
G7-016: tabla de elementos y valores de filiación, entre fusibles e interruptores diferenciales G/224

Figuras, esquemas y diagramas

1. Generalidades
G1-001: distribución de iones en una célula G/31
G1-002: corazón humano G/32
G1-003: electrocardiograma de un ciclo completo de los movimientos del corazón G/33
G1-004: electrocardiograma con fibrilación ventricular G/33
G1-005: reparto de las impedancias en el cuerpo humano G/34
G1-006: impedancia interna del cuerpo humano en función del trayecto de la corriente G/34
G1-007: valores estadísticos de la impedancia total del cuerpo humano válidos para seres vivos, para un trayecto de la corriente mano a mano o mano a pie, con tensiones de contacto hasta 5.000 V G/35

G1-008: valores estadísticos de la impedancia total del cuerpo humano válidos para seres vivos, para un trayecto de la corriente mano a mano o mano a pie, con tensiones de contacto hasta 7.000 V G/35
G1-011: zonas tiempo corriente de los efectos de la corriente alterna (15 a 100 Hz) sobre las personas G/38
G1-013: zonas tiempo corriente de los efectos de la corriente continua (15 a 100 Hz) sobre las personas G/38
G1-015: curva de la tensión de contacto máxima en función del tiempo de contacto, de acuerdo a UNE 20460-90/4-41 ..... G/40
G1-016: contacto directo G/40
G1-017: contacto indirecto G/40

2. Protección contra los contactos directos
G2-002: conductores para MBTS, MBTP y MBTF G/45
G2-003: toma de corriente para circuitos MBTS en corriente alterna según CEI 60906-3 ..... G/45
G2-004: toma de corriente para circuitos MBTS en corriente continua según CEI 60906-3 ..... G/45
G2-005: ejemplos de medidas de protección por aislamiento G/48
G2-006: ejemplos de protección por obstáculos G/48
G2-007: protección por la colocación de barreras o envolventes ... G/49
G2-008: protección por alargamiento o interposición de obstáculos . G/50
G2-009: volumen de accesibilidad G/50
G2-010: volumen de accesibilidad en circunstancias especiales ... G/50

3. Protección contra los contactos indirectos
G3-001: principio del material de Clase II G/54
G3-002: protección por alargamiento o interposición de obstáculos G/55
G3-003: conexiones equipotenciales de todas las masas y elementos conductores simultáneamente accesibles G/56
G3-004: protección por separación eléctrica G/57
G3-005: desconexión automática de un circuito con fuga, esquema TT G/63
G3-009: corte automático en esquema TN G/66
G3-010: reparto de las intensidades de fuga G/67
G3-012: protección por corte con interruptor automático de esquema TN G/69
G3-013: protección con fusible, característica tiempo corriente G/70
G3-014: controlador permanente de aislamiento (CPI) obligatorio ... G/71
G3-015: consecuencia de un primer defecto de aislamiento en esquema IT G/71
G3:017: protecciones con puestas a tierra en grupos G/73
G3:018: protecciones con puestas a tierra individuales G/74
G3-020: instalación de desconexión instantánea con dos interruptores automáticos en el caso de masas interconectadas G/75

4. Instalación régimen TT
G4-002: circuitos de distribución G/82
G4-003: tomas de tierra separadas G/82
G4-004: circuito de tomas de corriente G/82

G4-005: local con riesgo de incendios G/83
G4-006: circuito con una masa no unida a tierra G/83
G4-009: ejemplo clásico de realización de una instalación con selectividad a tres niveles G/93
G4-010: selectividad entre DDR G/98
G4-011: selectividad total a dos niveles G/98
G4-012: selectividad total a tres niveles G/99
G4-013: relé Vigirex G/99
G4-014: característica de inmunidad a los disparos intempestivos de los Vigirex G/103
G4-015: curva de disparo a tiempo inverso de los relés Vigirex G/104
G4-016: variación del umbral de fibrilación ventricular por frecuencias comprendidas entre 50/60 Hz 1.000 Hz G/105
G4-017: diagrama de participación en el disparo de los relés Vigirex G/106
G4-018: esquema de conexión con bobina de mínima tensión MN .. G/107
G4-019: esquema de conexión con bobina de emisión de corriente MX G/108
G4-020: esquema de conexión de la alimentación de los relés G/108
G4-021: esquema de conexión con bobina de mínima tensión MN .. G/108
G4-022: esquema de conexión con bobina de emisión de corriente MX G/109
G4-023: esquema de conexión con bobina de emisión de corriente MX G/109
G4-024: esquema de conexión con bobina de emisión de corriente MX G/110
G4-025: esquema de rearme automático calibres multi 9 ..... G/110
G4-026: esquema de rearme automático Compact NS G/111
G4-027: esquema de conexionado con multiplexor RM12T G/112
G4-028: esquema de conexionado del bus de comunicación, del test y rearme a distancia de los relés G/113
G4-029: conexionado de los aparatos G/114
G4-030: conexionado de los toroidales G/114
G4-031: conexionado de los toroidales rectangulares G/115
G4-032: paso de los conductores por los toroidales G/116
G4-033: elección de los toroidales en función del circuito de potencia G/116
G4-034: elección de los toroidales rectangulares en función del circuito de potencia G/116
G4-035: elección de los toroidales en función del circuito de potencia con chapa de acero G/117
G4-036: conexiones entre Vigirex y toroidal G/118
G4-039: comunicación de los relés RHU y RMH G/124
G4-040: conexión de la alimentación con formato de carril DIN y empotrada G/126
G4-041: diagrama de selectividad de los relés con toroidal separado G/127

5. Instalación régimen TN

G5-001: instalación de un esquema TN G/140
G5-002: cálculo de longitud (L) máxima en esquema TN por el método convencional G/142
G5-006: tomas de tierra separadas G/145

G5-007: circuitos de tomas de corriente G/146
G5-008: locales con riesgo de incendios G/146
G5-009: interruptor automático con bajo valor de desconexión magnética G/147
G5-010: protección en sistemas TN con gran impedancia de bucle de defecto G/147
G5-011: uniones equipotenciales suplementarias G/148

G

6. Instalación régimen IT

G6-002: instalación de un esquema IT G/150
G6-003: búsqueda móvil manual G/150
G6-004: búsqueda fija y automática G/151
G6-005: búsqueda y explotación automática G/151
G6-006: cálculo de la longitud máxima del bucle de defecto en régimen IT, trayecto de la corriente en caso de doble defecto en esquema IT G/154
G6-008: circuitos de tomas de corriente G/155
G6-009: locales con riesgo de incendios G/156
G6-010: interruptor automático con bajo valor de desconexión magnética G/156
G6-011: protección diferencial G/157
G6-012: uniones equipotenciales suplementarias G/157
G6-014: principio de funcionamiento de los CPI G/158
G6-015: pirámide de tratamiento de la información G/158
G6-016: situación de umbrales G/158
G6-017: comunicación sobre impresora y supervisor G/159
G6-018: esquema de principio de la búsqueda de fugas G/159
G6-019: esquema de principio de la búsqueda automática de fugas G/160
G6-020: esquema de principio de la búsqueda manual de fugas .. G/160
G6-021: localización automática de defecto con señalización local .. G/161
G6-024: localización automática de defecto con estructura de control a medida, repartida y visualización centralizada ... G/166
G6-025: elementos y niveles de la búsqueda automática de un defecto G/167
G6-026: elementos y niveles de la búsqueda automática de un defecto, con bus G/168
G6-028: 1.er nivel: detección y localización automática de los defectos G/170
G6-029: 2.º nivel: detección y localización automática del defecto, con transmisión de datos a un supervisor G/171
G6-030: 3.er nivel: detección, localización y medida automática del defecto G/171
G6-031: 4.º nivel: detección, localización y medida automática del defecto, con transmisión de datos a un supervisor G/172
G6-032: un solo juego de barras sin supervisores G/172
G6-034: solución con un juego de barras con supervisor G/173
G6-035: solución con varios juegos de barras con o sin supervisor G/173
G6-036: ejemplo 1, localización automática con señalización G/174
G6-037: ejemplo 2, localización y medida automática con visualización local y central G/175
G6-039: sistema Vigilohm sin bus de comunicación G/178

G6-040: carátula del controlador XM200 ..... G/178
G6-042: carátula de los detectores automáticos XD301 y XD312 . G/180
G6-043: sistema Vigilohm con bus de comunicación G/181
G6-044: sistema Vigilohm sin bus de comunicación G/181
G6-045: sistema Vigilohm con bus de comunicación G/183
G6-047: carátula controlador XM300c G/185
G6-048: sistema Vigilohm con bus de comunicación G/187
G6-049: carátula controlador localizador XML308, XML316 ..... G/187
G6-052: sistema Vigilohm con bus de comunicación G/191
G6-053: carátula del controlador localizador XL308, XL316 ..... G/191
G6-054: carátula detector automático comunicante XD308c G/193
G6-055: sistema Vigilohm con bus de comunicación G/193
G6-058: controlador XM200 ..... G/196
G6-059: placa de conexiones XM200 ..... G/196
G6-060: controlador XM300c G/197
G6-061: placa de conexiones XM300c G/197
G6-062: controlador XML308-XML316 ..... G/198
G6-063: placa de conexiones XML08-XML316 ..... G/198
G6-064: localizador XL308, XL316 ..... G/199
G6-065: placa de conexiones XL08-XL316 ..... G/199
G6-066: detector automático comunicante XD308c G/200
G6-067: placa de conexiones XD308-XD316 ..... G/200
G6-068: detector automático XD301 ..... G/200
G6-069: placa de conexiones XD301 ..... G/201
G6-070: detector automático XD312 ..... G/201
G6-071: placa de conexiones XD312 ..... G/201
G6-072: interfaces de comunicación XLI200, XLI300, XTU300 y XAS G/202
G6-073: placa de conexiones XLI200 y XLI300 ..... G/202
G6-074: placa de conexiones XAS G/202
G6-075: placa de conexiones XTU300 ..... G/202
G6-076: ejemplo de conexionado en línea G/203
G6-077: esquema de doble alimentación G/203
G6-078: controladores TR22A, TR22AH G/205
G6-079: controladores EM9, EM9B G/205
G6-080: placa de conexiones EM9 y EM9B G/205
G6-081: placa de conexiones EM9BV G/205
G6-082: controladores EM9T G/206
G6-083: placa de conexiones EM9T G/206
G6-084: controlador TR5A G/206
G6-085: placa de conexiones TR5A G/206
G6-086: controlador SM21 ..... G/207
G6-087: placa de conexiones SM21 ..... G/207
G6-088: controlador móvil XGR G/207
G6-089: placa de conexiones controlador móvil XGR G/207
G6-109: esquema de instalación G/209

7. Características de los interruptores diferenciales DDR

G7-001: ilustración del principio de funcionamiento de un interruptor diferencial G/213
G7-004: onda de corriente normalizada 10 µs (f = 100 kHz) G/215
G7-005: sobretensiones normalizadas 1,2/50 µs G/216
G7-006: onda de corriente normalizada 8/20 µs G/216

G7-008: esquemas de rectificadores y sus ondas G/218
G7-010: diagrama de las tecnologías de los interruptores diferenciales G/221
G7-011: medios para disminuir la relación entre la intensidad nominal de fuga del aparato con la intensidad máxima de fase G/222
G7-013: interruptores diferenciales aguas abajo de un interruptor automático G/223
G7-014: interruptores diferenciales aguas arriba de un grupo de interruptores automáticos G/224
G7-017: control de aislamiento a una red a cc fija G/225
G7-018: control de aislamiento a una red a cc variable o fija G/225

8. Las protecciones contra contactos indirectos en las instalaciones domésticas

G8-001: zonas en función de la humedad en la planta 1.ª que afectan al cuerpo humano G/227
G8-002: zonas en función de la humedad en la planta que afectan al cuerpo humano G/228
G8-003: esquema de protecciones diferenciales G/229
G8-004: red de puesta a tierra R_A de una vivienda G/230
G8-005: presentación sobre el diagrama de tensión de contacto tiempo de corte de los cálculos de protección de una vivienda unifamiliar pareada, en las zonas de humedad BB1, BB2 y BB3 ..... G/236
G8-006: comprobación del efecto de la corriente en el caso de corte de la conexión a toma de tierra y con protecciones de interruptores diferenciales de 10 y 30 mA, en zona BB3 ..... G/236
G8-007: esquema de protección contra contactos indirectos y refuerzo de los directos en usos domésticos G/237
G8-008: comprobación de la corriente de fuga que atraviesa el cuerpo humano, en caso de contacto directo y con actuación del interruptor diferencial de reaseguramiento .. G/238
G8-009: zonas en función de la humedad en la planta baja, que afectan al cuerpo humano G/239
G8-010: zonas en función de la humedad en el piso y la buhardilla, que afectan al cuerpo humano G/239
G8-011: esquema de protecciones diferenciales de una casa unifamiliar en urbanización rural G/240
G8-012: situación de la puesta a tierra G/241
G8-013: zonas de la vía pública de la urbanización, en función de la humedad BB3 ..... G/245
G8-014: red de tomas de tierra del alumbrado público G/247
G8-015: esquema de protección contra los choques eléctricos del alumbrado público G/247
G8-016: zonas en función de la humedad en los locales comerciales G/248
G8-017: zonas en función de la humedad en los pisos (viviendas) G/249
G8-018: zonas en función de la humedad en los servicios generales de la planta baja G/249
G8-019: zonas en función de la humedad en los servicios generales de las plantas G/250

G8-020: zonas en función de la humedad en los servicios generales de las plantas, vista vertical G/250
G8-021: esquema de protecciones diferenciales de un local comercial G/251
G8-022: esquema de protecciones diferenciales de una vivienda en un bloque de pisos G/251
G8-023: esquema de protecciones diferenciales de los servicios generales G/252
G8-024: situación de la puesta a tierra G/255
G8-025: vista vertical de la toma de tierra del edificio G/256
G8-026: zonas en función de la humedad en el local comercial ... G/262
G8-027: zonas en función de la humedad en el local para oficinas (plantas 4.ª y 5.ª) G/262
G8-028: zonas en función de la humedad en el local para oficinas de la planta 6.º, 1.ª G/263
G8-029: zonas en función de la humedad en el local para oficinas de la planta 6.°, 2.ª G/263
G8-030: zonas en función de la humedad en el local para oficinas de la planta 6.º, 3.ª G/263
G8-031: zonas en función de la humedad en el local para oficinas de la planta 1.ª G/264
G8-032: zonas en función de la humedad en el local para oficinas de la planta 7.ª G/264
G8-033: zonas en función de la humedad en la planta sótanos G/264
G8-034: zonas en función de la humedad en los servicios generales de la planta baja G/265
G8-035: zonas en función de la humedad en los servicios generales de las plantas 1.ª, 2.ª, 3.ª, 4.ª, 5.ª y 7.ª G/265
G8-036: zonas en función de la humedad en los servicios generales de la planta 6.ª G/265
G8-037: zonas en función de la humedad en los servicios generales, vista vertical G/266
G8-038: esquema protecciones contra los choques eléctricos, local comercial G/271
G8-039: esquema protecciones contra los choques eléctricos, abonado plantas 4.ª y 5.ª G/272
G8-040: esquema protecciones contra los choques eléctricos, abonado planta 6.°, 1.ª G/273
G8-041: esquema protecciones contra los choques eléctricos, abonado planta 6.°, 2.ª G/274
G8-042: esquema protecciones contra los choques eléctricos, abonado planta 6.°, 3.ª G/275
G8-043: esquema protecciones contra los choques eléctricos, abonado plantas 1.ª, 2.ª y 3.ª G/282
G8-044: esquema protecciones contra los choques eléctricos, abonado planta 7.ª G/287
G8-045: esquema protecciones contra los choques eléctricos, servicios generales G/292
G8-046: situación en planta de las diferentes tomas de tierra del edificio G/294
G8-047: situación en alzado de las diferentes tomas de tierra del edificio G/295
G8-048: situación de los elementos del circuito del régimen IT, en la planta 1.ª G/297

G8-049: situación de los elementos del circuito del régimen IT, en la planta 2.ª G/298
G8-050: situación de los elementos del circuito del régimen IT, en la planta 3.ª G/298
G8-051: esquema del sistema de alimentación hasta el cuadro general, situado en la 1.ª planta G/299
G8-052: circuito de distribución y control en esquema IT G/300
G8-053: esquema del sistema Vigilohm G/303
G8-054: zonas en función de la humedad en el altillo que afectan al cuerpo humano G/304
G8-055: zonas en función de la humedad en la planta que afectan al cuerpo humano G/304
G8-056: esquema de protecciones diferenciales G/305
G8-057: situación en planta de la toma de tierra del edificio G/312

Reglamento electrotécnico para BT e Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC-BT)

Instalaciones interiores o receptoras. Protección contra contactos directos e indirectos. ITC-BT-24

1. Introducción G/313
2. Protección contra contactos directos e indirectos G/313
3. Protección contra contactos directos G/313
3.1. Protección por aislamiento de las partes activas G/313
3.2. Protección por medio de barreras o envolventes G/313
3.3. Protección por medio de obstáculos G/314
3.4. Protección por puesta fuera de alcance por alejamiento G/314
3.5. Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial residual G/315
4. Protección contra los contactos indirectos G/316
4.1. Protección por corte automático de la alimentación G/316
4.1.1. Esquemas TN, características y prescripciones de los dispositivos de protección G/316
4.1.2. Esquemas TT, características y prescripciones de los dispositivos de protección G/318
4.1.3. Esquemas IT. Características y prescripciones de los dispositivos de protección G/319
4.2. Protección por empleo de equipos de la clase II o por aislamiento equivalente G/323
4.3. Protección en los locales o emplazamientos no conductores G/323
4.4. Protección mediante conexiones equipotenciales locales no conectadas a tierra G/325
4.5. Protección por separación eléctrica G/325

Instalaciones a muy baja tensión. ITC-BT-36

1. Generalidades G/327
2. Requisitos generales para instalaciones a muy baja tensión de seguridad (MBTS) y muy baja tensión de protección (MBTP) G/327
2.1. Fuentes de alimentación G/327
2.2. Condiciones de instalación de los circuitos G/328

3. Requisitos particulares para instalaciones a muy baja tensión de seguridad (MBTS) G/329
4. Requisitos particulares para instalaciones a muy baja tensión de protección (MBTP) G/329

Instalaciones de receptores. Prescripciones generales. ITC-BT-43
1. Introducción G/331
2. Generalidades G/331
2.1. Condiciones generales de instalación G/331
2.2. Clasificación de los receptores G/331
2.3. Condiciones de utilización G/332

Instalaciones de puesta a tierra. ITC-BT-18
4. Puesta a tierra por razones de protección G/333
4.1. Tomas de tierra y conductores de protección para dispositivos de control de tensión de defecto G/333
5. Puesta a tierra por razones funcionales. G/333
6. Puesta a tierra por razones combinadas de protección y funcionales G/333

Instalaciones interiores en viviendas. Locales que contienen una bañera o ducha. ITC-BT-27
2.2. Protección para garantizar la seguridad G/334

Instalaciones con fines especiales. Piscinas y fuentes. ITC-BT-31
3.2. Conexión equipotencial suplementaria G/335
4. Prescripciones particulares de equipos eléctricos de baja tensión instalados en el volumen 1 de las piscinas y otros baños G/335

Instalaciones con fines especiales. Requisitos particulares para la instalación eléctrica en quirófanos y salas de intervención. ITC-BT-38
2. Condiciones generales de seguridad e instalación G/336
2.1. Medidas de protección G/336
2.1.1. Puestas a tierra de protección G/336
2.1.2. Conexión de equipotencialidad G/336
2.1.3. Suministro a través de un transformador de aislamiento . G/336
2.1.4. Protección diferencial y contra sobreintensidades G/337
2.1.5. Empleo de muy baja tensión de seguridad G/337

Instalaciones eléctricas en puertos y marinas para barcos de recreo. ITC-BT-42
3. Protecciones de seguridad G/338
3.1. Protección por muy baja tensión de seguridad (MBTS) G/338
3.2. Protección por corte automático de la alimentación G/338
3.3. Aplicación de las medidas de protección contra los choques eléctricos G/338
3.3.1. Protección por obstáculos G/338
3.3.2. Protección contra contactos indirectos G/338

Instalaciones en locales de características especiales. ITC-BT-30
1. Instalaciones en locales húmedos G/339
1.1. Canalizaciones eléctricas G/339

1.1.1. Instalación de conductores y cables aislados en el interior de tubos G/339
1.1.2. Instalación de cables aislados con cubierta en el interior de canales aislantes G/339
1.1.3. Instalación de cables aislados y armados con alambres galvanizados sin tubo protector G/339
1.2. Aparamenta G/339
1.3. Receptores de alumbrado y aparatos portátiles de alumbrado ... G/340
2. Instalaciones en locales mojados G/340
2.1. Canalizaciones G/340
2.1.1. Instalaciones de conductores y cables aislados en el interior de tubos G/340
2.1.2. Instalación de cables aislados con cubierta en el interior de canales aislantes G/340
2.2. Aparamenta G/340
2.3. Dispositivos de protección G/341
2.4. Aparatos móviles portátiles G/341
2.5. Receptores de alumbrado G/341

1. Generalidades

1.1. Choques eléctricos

En el momento que una corriente, superior a 30 mA, transcurre por un cuerpo humano, la persona en cuestión puede sufrir lesiones irreparables si no se desconecta a tiempo esta corriente.

La protección de las personas contra los choques eléctricos, en una instalación de BT, debe realizarse bajo las prescripciones de:
■ El reglamento de BT, Instrucción 021.
INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS. Protecciones contra los contactos directos e indirectos.
■ La norma UNE 20460-90, parte 4-41. Instalaciones eléctricas en edificios:
□ Protección para garantizar la seguridad.
□ Protección contra los choques eléctricos.

Choque eléctrico

Es el efecto fisicopatológico resultante del paso de una corriente eléctrica a través del cuerpo humano.
El paso de una corriente eléctrica por un cuerpo humano afecta esencialmente las funciones circulatoria y respiratoria, y produce muchas veces quemaduras.
La gravedad de las lesiones está en función de la intensidad y el tiempo de circulación de la corriente y de su trayecto por el cuerpo humano.
La CEI distingue tres niveles de efectos producidos sobre el cuerpo humano en función de la intensidad y el tiempo de circulación de la corriente eléctrica.
Toda persona que entra en contacto con un cuerpo metálico bajo tensión contrae el riesgo de un choque eléctrico.
La CEI 60479-1 o la UNE 20572-92, parte 1, precisan los límites de exposición a los contactos eléctricos.

El corazón humano

Las células del corazón

La membrana de una célula define un espacio interno con cargas mayoritariamente negativas, comportándose como una carga negativa en su interior y por correspondencia positiva en su entorno.

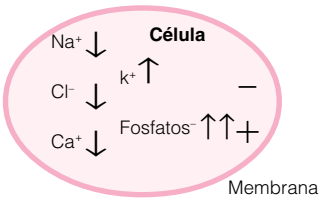


Fig. G1-001: *distribución de iones en una célula.*

Las células del corazón forman una estructura que les permite mantener la misma polarización a todas ellas.

Las neuronas

Las neuronas del corazón se cargan y descargan por estímulos propios polarizando a las células de los tejidos.

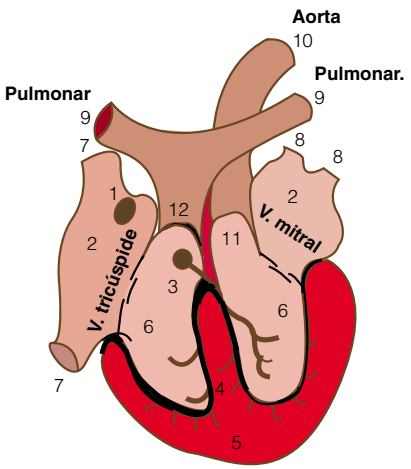
Carga de las neuronas:

- En reposo, 95 mV.
- En excitación, a partir de –40 mV y hasta pueden llegar a valores +... mV.

El comportamiento eléctrico del corazón

Secuencia:

1. El nódulo sinus auricular (1) genera impulsos rítmicos propios.
2. Las aurículas (2) se despolarizan.
3. El nódulo auriculoventricular (3) se excita con la despolarización de las aurículas.
4. El nódulo auriculoventricular (3) transmite a través del eje de Hiss (4) la excitación a la musculatura cardíaca (5 miocardio) de los ventrículos (6).



Leyenda:

1. Nódulo sinus auricular
2. Aurículas
3. Nódulo auriculoventricular
4. Eje de Hiss
5. Músculo exterior “miocardio”
6. Ventrículos
7. Entrada de sangre de...
8. Entrada de sangre de...
9. Salida arterial de sangre al pulmón
10. Salida arterial de sangre
11. Válvula aórtica
12. Válvula pulmonar

Fig. G1-002: *corazón humano.*

El comportamiento mecánico

Ciclo cardíaco:

1. Las aurículas al cambiar de polaridad se contraen y expulsan la sangre estacionada en ellas a los ventrículos.
En el electrocardiograma corresponde al espacio entre 1 y 3.
2. Se cierran las válvulas tricúspide y mitral (3).
3. Los ventrículos cambian de polaridad, se contraen y expulsan la sangre recibida de las aurículas a las arterias pulmonar y aorta.
En el electrocardiograma de 3 a 5.
4. Los ventrículos se repolarizan, relajan la musculatura y cierran las válvulas aórtica y pulmonar.

En el electrocardiograma corresponde al espacio entre 5 y 1.

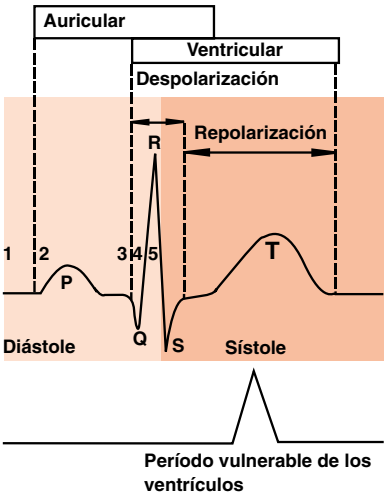


Fig. G1-003: *electrocardiograma de un ciclo completo de los movimientos del corazón.*

El tiempo del ciclo

El tiempo del ciclo del corazón no es siempre el mismo. En función del esfuerzo realizado y del estado psíquico, el número de ciclos por minuto varía. Un estado medio normal se considera de 800 ms, que equivale a 75 pulsaciones por minuto.

Conclusiones

No pretendemos desarrollar un tratado del corazón puesto que no es la finalidad de este manual, pero sí una pequeña introducción para poder comprender que: en este funcionamiento, con polarizaciones y despolarizaciones, la presencia de una corriente eléctrica debe tener alguna influencia, sobre todo en los campos eléctricos de las propias polarizaciones.

El electrocardiograma de la fig. G1-004 nos presenta, en la segunda pulsación, la intervención de una corriente eléctrica que perturba el funcionamiento normal “fibrilación ventricular”, disminuyendo la presión arterial y por tanto el riego sanguíneo.

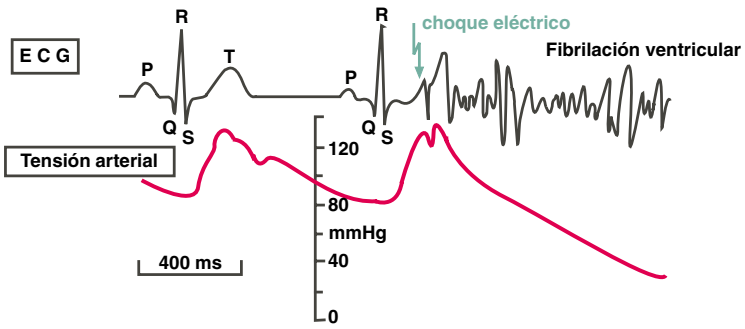
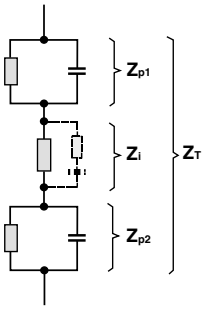


Fig. G1-004: *electrocardiograma con fibrilación ventricular.*

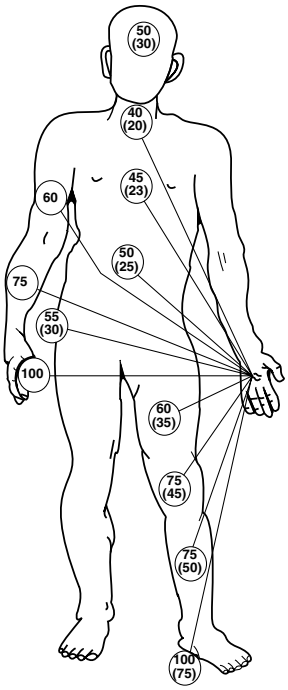
La impedancia de cuerpo humano (Z_T)



Z_i = impedancia interna
Z_{p1}, Z_{p2} = impedancia de la piel
Z_T = impedancia total

Fig. G1-005: *reparto de las impedancias en el cuerpo humano.*

Los valores de la impedancia total del cuerpo humano, indicados en la tabla G1-009 de la página siguiente, son válidos para los seres vivos, para trayectos de mano a mano y mano a pie, con dos superficies de contacto de (50 mm^2 a 100 mm^2) y en condiciones secas.
Para las tensiones de contacto hasta 50 V, los valores medios con superficies de contacto mojadas por agua son inferiores, del 10 al 25 %, con relación a las condiciones secas.
Para tensiones superiores a 150 V aproximadamente, la impedancia total del cuerpo humano depende poco de la humedad y de la superficie de contacto.
Las medidas han sido efectuadas sobre adultos de los dos sexos.
El campo de valores de la impedancia total del cuerpo humano, para tensiones de contacto de hasta 5.000 V, está representado en la fig. G1-007, y para tensiones de contacto hasta 7.000 V en la fig. G1-008 (ver página siguiente).



Nota: las cifras indican el porcentaje de la impedancia del cuerpo humano, para el trayecto correspondiente, con relación a la del trayecto mano a mano.
Las cifras sin paréntesis corresponden al trayecto de una mano a la parte considerada del cuerpo.
Las cifras entre paréntesis corresponden al trayecto entre las dos manos y la parte correspondiente del cuerpo humano.
La impedancia entre una mano y los dos pies es igual al 75%, y la impedancia entre las dos manos y los dos pies es igual al 50% de la impedancia entre las dos manos.
En primera aproximación, estos valores son igualmente válidos para la impedancia total del cuerpo humano.

Fig. G1-006: *impedancia interna del cuerpo humano en función del trayecto de la corriente.*

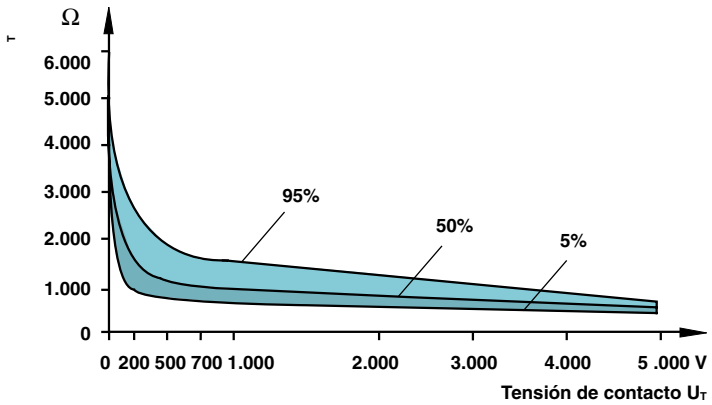


Fig. G1-007: *valores estadísticos de la impedancia total del cuerpo humano válidos para seres vivos, para un trayecto de la corriente mano a mano o mano a pie, con tensiones de contacto hasta 5.000 V.*

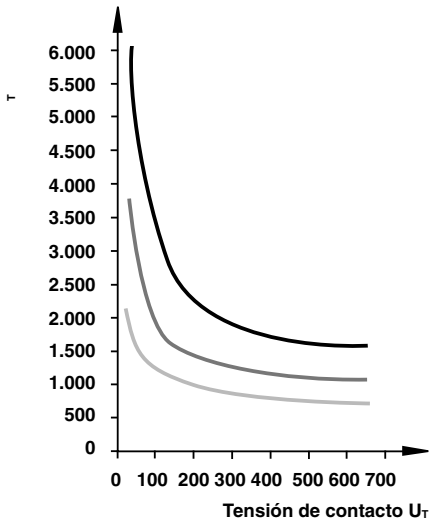


Fig. G1-008: *valores estadísticos de la impedancia total del cuerpo humano válidos para seres vivos, para un trayecto de la corriente mano a mano o mano a pie, con tensiones de contacto hasta 7.000 V.*

Impedancia total del cuerpo humano (Z_T)			
Tensión de contacto (V)	Valores de la impedancia total (Ω) del cuerpo humano, que no son sobrepasados por un % de la población		
	5%	50%	95%
25	1.750	3.250	6.100
50	1.450	2.625	4.375
75	1.250	2.200	3.500
100	1.200	1.875	3.200
125	1.125	1.625	2.875
220	1.000	1.350	2.125
700	750	1.100	1.550
1.000	700	1.050	1.500
asintótico	650	750	850

Nota: los valores para las personas sumergidas en agua están en estudio.

Tabla. G1-009: *tabla de las impedancias totales del cuerpo humano bajo diversas tensiones.*

Efectos de la corriente eléctrica

Los efectos de la corriente sobre el cuerpo humano dependen de varios parámetros:

- La zona del cuerpo en que se produce el contacto.
- La superficie de contacto.
- Las condiciones en el contacto: humedad, presión y temperatura.
- Las condiciones fisiológicas, en el momento, del individuo.

Umbral de percepción:

- Corriente alterna de 15 a 100 Hz.

Se toma en consideración un umbral de 0,5 mA, sin limitación de tiempo.

- Corriente continua.

En condiciones parecidas para las definidas en corriente alterna el umbral de percepción es de 2 mA.

Umbral de no soltar:

- En corriente alterna de 15 a 100 Hz.

Se toma en consideración un valor de unos 10 mA.

- En corriente continua.

Es difícil especificar un valor de no soltar con corrientes inferiores a 300 mA. Unicamente al contacto y a la interrupción producen dolores y contracciones musculares.
Para corrientes superiores a 300 mA, la posibilidad de soltar puede aparecer después de algunos segundos o minutos del contacto, o no aparecer.

Umbral de fibrilación ventricular:

- En corriente alterna (50 Hz o 60 Hz).

El umbral de fibrilación decrece considerablemente si la duración del paso de la corriente se prolonga más allá de un ciclo cardíaco. Este efecto resulta del aumento de la heterogeneidad del estado de excitación del corazón, debido a las extrasístoles producidas por la corriente.
Para duraciones de choque inferiores a 0,1 s, la fibrilación ventricular puede producirse para corrientes de intensidad superior a 500 mA, y se produce frecuentemente para corrientes de intensidad del orden de algún amperio, si el choque se produce durante el período vulnerable.
Para choques de la misma intensidad y de duración superior a un ciclo cardíaco, puede producirse una parada cardíaca reversible.
El umbral elevado, para cortos períodos de exposición entre 10 ms y 100 ms, se sitúa sobre una recta que va de 500 mA a 400 mA.
Sobre la base de informaciones de accidentes eléctricos, el umbral inferior para duraciones superiores a 1 s se sitúa sobre una recta que va de 50 mA para un segundo, a 40 mA para duraciones superiores a 3 s. Los dos umbrales están unidos por una curva continua deducida de resultados experimentales.
Adecuando los resultados de las experiencias efectuadas sobre animales a los seres humanos, se ha establecido una curva por debajo de la cual la fibrilación no es susceptible que se produzca.
El umbral elevado para cortos períodos de exposición, entre 10 ms y 100 ms, se sitúa sobre una recta que va de 500 mA a 400 mA. Sobre la base de informaciones de accidentes eléctricos, el umbral inferior para tiempos superiores a 1 s se sitúa sobre una recta de 50 mA para 1 s y 40 mA para tiempos superiores a 3 s. Los dos umbrales están unidos por una curva continua deducida de resultados experimentales.

- En corriente continua.

Experiencias efectuadas sobre animales e informaciones que provienen de accidentes eléctricos muestran que el umbral de fibrilación ventricular, para

una corriente descendente, es aproximadamente 2 veces mayor que para una corriente ascendente.
La fibrilación ventricular no es susceptible de producirse para el paso de la corriente mano a mano.
Para tiempos de choque superiores a la duración de un ciclo cardíaco, el umbral de fibrilación con corriente continua es varias veces mayor que con corriente alterna.
Para tiempos de choque inferiores a 200 minutos, el umbral de fibrilación es aproximadamente el mismo que en ca, expresada en corriente eficaz.
En analogía a la ca, el gráfico de la fig. G1-013 de la página G/38 expresa los valores de los umbrales en cc, longitudinalmente ascendente. Para las corrientes longitudinalmente descendentes, aplicar un factor de corrección de 2 de desplazamiento hacia las corrientes más elevadas.

Otros efectos de la corriente:

■ En corriente alterna.

La fibrilación ventricular está considerada como la causa principal de muerte por choque eléctrico. Existen además los casos de muerte por asfixia o parada cardíaca.
Efectos patofisiológicos tales como contracciones musculares, dificultades de respiración, aumento de la presión sanguínea, perturbaciones en la formación y la propagación de los impulsos en el corazón, incluida la fibrilación auricular y la parada provisional del corazón, pueden producirse sin fibrilación ventricular. Tales efectos no son mortales y son normalmente reversibles, pero pueden producirse marcas propias de la corriente.
Para corrientes de varios amperios pueden producirse quemaduras graves capaces de provocar incluso la muerte.

■ En corriente continua.

Para corrientes inferiores a 300 mA aproximadamente, una sensación de calor es sentida en las extremidades durante el paso de la corriente.
Las corrientes transversales de intensidad como máximo igual a 300 mA, que pasan a través del cuerpo humano durante varios minutos, pueden provocar arritmias cardíacas reversibles, marcas de corriente, quemaduras, vértigos y a veces inconsciencia. Por encima de 300 mA, la inconsciencia se produce frecuentemente.

Zonas	Efectos fisiológicos con ca
Zona 1	Habitualmente ninguna reacción
Zona 2	Habitualmente ningún efecto fisiológico peligroso
Zona 3	Habitualmente ningún daño orgánico. Probabilidad de contracciones musculares y de dificultades de respiración, de perturbaciones reversibles en la formación y la propagación de los impulsos en el corazón, incluida la fibrilación auricular y las paradas temporales del corazón sin fibrilación ventricular, aumentando con la intensidad de la corriente y el tiempo
Zona 4	Además de los efectos de la zona 3, la probabilidad de la fibrilación ventricular aumenta hasta aproximadamente el 5% (curva C_2), hasta aproximadamente el 50% (curva C_3) y más del 50% más allá de la curva C_3. Con la intensidad y el tiempo aumentarán los efectos patofisiológicos tales como parada cardíaca, parada de la respiración y quemaduras graves que pueden producirse

Tabla G1-010: *tabla de descripción de las zonas de los efectos fisiológicos en ca.*

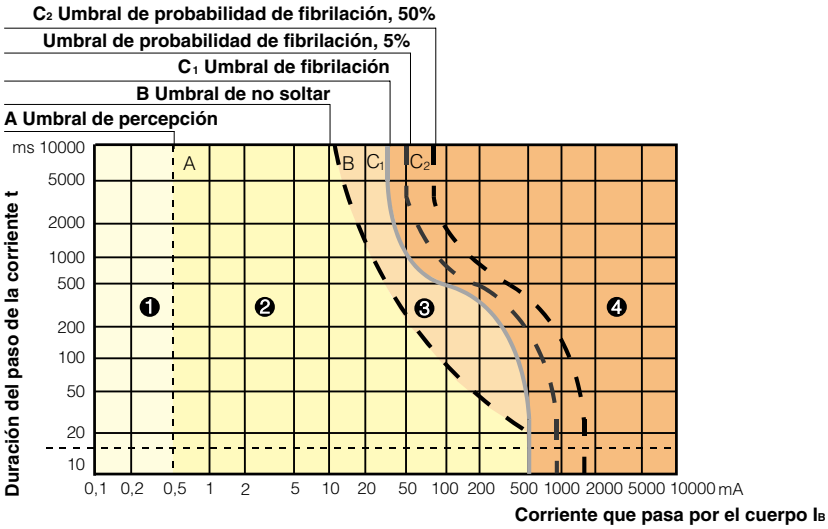
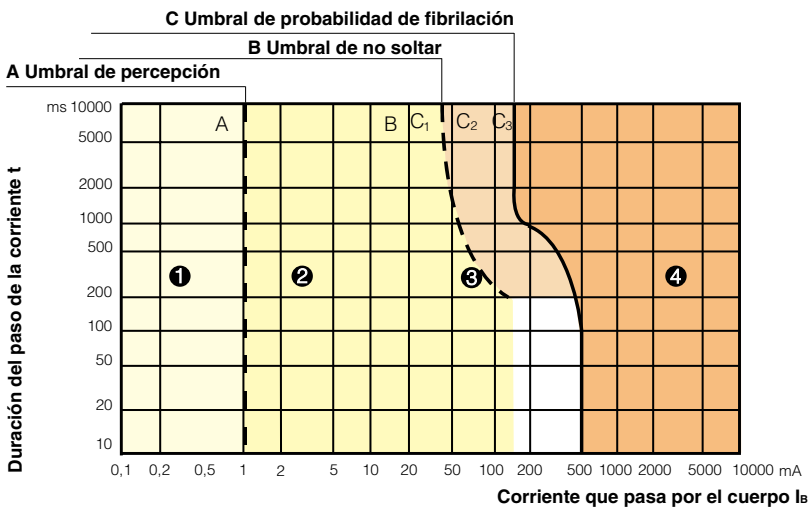


Fig. G1-011: *zonas tiempo corriente de los efectos de la corriente alterna (15 a 100 Hz) sobre las personas.*

Zonas	Efectos fisiológicos con cc
Zona 1	Habitualmente ninguna reacción
Zona 2	Habitualmente ningún efecto fisiológico peligroso
Zona 3	Normalmente ningún daño orgánico. Perturbaciones reversibles en la formación y la propagación de los impulsos en el corazón que aumentan con la intensidad de la corriente y el tiempo
Zona 4	Fibrilación ventricular probable. Otros efectos patofisiológicos, tales como quemaduras graves, se prevén en la mayoría de los efectos de la zona 3, que aumentan con la intensidad de la corriente y el tiempo

Tabla G1-012: *tabla de descripción de las zonas de los efectos fisiológicos en cc.*



Notas:

– En lo que se refiere a la fibrilación ventricular, esta figura refleja los efectos de la corriente que circula de la mano izquierda a los pies y para una corriente ascendente.

– Para tiempos inferiores a 500 ms, el límite entre las zonas 2 y 3 no es conocido.

Fig. G1-013: *zonas tiempo corriente de los efectos de la corriente continua (15 a 100 Hz) sobre las personas.*

Aplicación del factor de corrección para la corriente derivada al corazón

El factor de corriente de corazón permite calcular las corrientes In para recorridos diferentes del de la mano izquierda a los pies, que representen el mismo peligro de fibrilación ventricular que aquellas que corresponden a la corriente de referencia I_{ref} entre la mano izquierda y los pies, dado sobre la fig. G1-006 de la pág. G/34.

$$I_h = \frac{I_{ref}}{F}$$

donde:
I_{ref} = a la corriente "mano izquierda a los pies" dada en la fig. G1-006.
I_h = a la corriente que pasa por el cuerpo para los trayectos indicados en la tabla G1-014.
F = al factor de corrección de la corriente de corazón.

Nota: el factor de corriente de corazón se considera como una estimación aproximada de los peligros que corresponden a los diferentes trayectos de la corriente bajo el punto de vista de la fibrilación ventricular.

Para los diferentes trayectos de la corriente, el factor de corriente de corazón tiene el valor indicado en la tabla G1-014.
Por ejemplo, una corriente de 200 mA mano a mano tiene el mismo efecto que una corriente de 80 mA mano izquierda a los dos pies.

Factores de corriente de corazón para diferentes trayectos de la corriente	
Trayecto de la corriente	Factor de corriente de corazón
Mano izquierda a pie izquierdo, a pie derecho o a los dos pies	1,0
Dos manos a los dos pies	1,0
Mano izquierda a mano derecha	0,4
Mano derecha a pie izquierdo, a pie derecho o a los dos pies	0,8
Espalda a la mano derecha	0,3
Espalda a la mano izquierda	0,7
Pecho a la mano derecha	1,3
Pecho a la mano izquierda	1,5
Glúteos a la mano izquierda, a la mano derecha o a las dos manos	0,7

Tabla G1-014: *tabla de los factores de corriente de corazón para diferentes trayectos de la corriente.*

Protección contra los contactos indirectos

La normativa (UNE 20460-90, parte 4-41) prevé la solución de la protección contra los contactos indirectos por corte automático de la alimentación.
Las curvas de la figura relacionan la tensión eficaz de contacto indirecto con el tiempo máximo de corte de la protección, para ca y cc, en lugares secos (BB3), húmedos (BB2) o mojados (BB1).

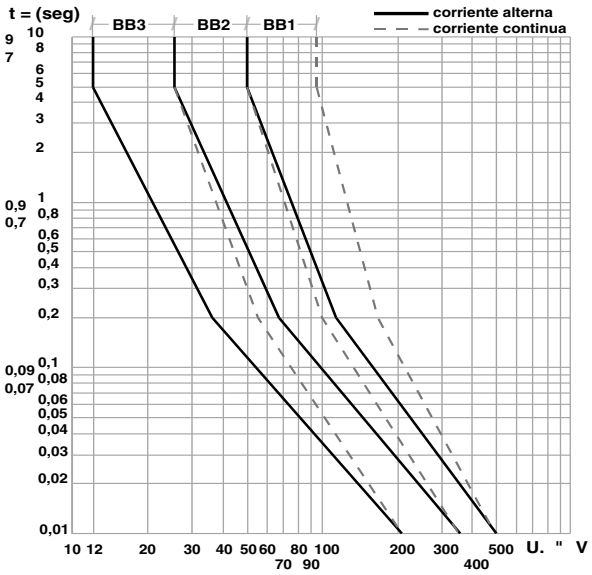


Fig. G1-015: *curva de la tensión de contacto máxima en función del tiempo de contacto, de acuerdo a UNE 20460-90, parte 4-41.*

1.2. Contactos directos e indirectos

Las normas y los reglamentos distinguen dos tipos de contactos peligrosos, así como las medidas de protección correspondientes:
- ***Los contactos directos.***
- ***Los contactos indirectos.***

Contactos directos

Se refiere a los contactos de las personas con los conductores activos (fase o neutro) o las piezas metálicas normalmente en tensión.

Contactos indirectos

Se refiere a los contactos de las personas con carcasas que accidentalmente están bajo tensión.
Esta puesta accidental bajo tensión es consecuencia de un defecto de aislamiento.
La corriente de fuga pone bajo una tensión, que puede ser peligrosa, a la masa susceptible de ser tocada por una persona, y por tanto exponerla a un peligro.

Fig. G1-016: *contacto directo.*

Fig. G1-017: *contacto indirecto.*

2. Protección contra los contactos directos

Las partes activas peligrosas no deben ser accesibles y las partes conductoras accesibles no deben ser peligrosas.

La Directiva de BT, la de protección a los trabajadores y el Reglamento de BT ITC-BT-24, regulan las condiciones de seguridad distinguiendo:

■ **La protección contra contactos directos e indirectos,** que se basa en la filosofía de que las partes conductoras accesibles no deben ser peligrosas, utilizando Muy Bajas Tensiones de Seguridad (MBTS). De conformidad a la ITC-BT-36.

■ **La protección contra los contactos directos,** que actúa en la prevención de la posibilidad de establecer contactos peligrosos con partes activas bajo tensión, utilizando técnicas de:

□ Protección por aislamiento de partes activas.
□ Protección por medio de barreras o envolventes.
□ Protección por medio de obstáculos.
□ Protección por alejamiento, fuera del alcance de las personas y animales.
□ Protección complementaria por dispositivos a corriente diferencial residual.

■ **La protección contra los contactos indirectos,** por medio de técnicas útiles en condiciones de defecto:

□ Corte automático de la alimentación por medio de fusibles, interruptores automáticos o interruptores a corriente diferencial residual.
□ Por el empleo de materiales de Clase II o medidas de aislamiento equivalentes.
□ Por la utilización de locales o emplazamientos no conductores.
□ Por la utilización de enlaces equipotenciales locales sin conexión a tierra.
□ Por separación eléctrica.

2.1. Medidas de protección contra los contactos directos e indirectos

Basada en la utilización de Muy Bajas Tensiones, las cuales no son capaces de llegar a poder establecer un circuito a través del cuerpo humano.

Distinguiremos tres niveles de circuitos:

■ **MBTS.** Muy Bajas Tensiones de Seguridad: nos referimos a circuitos alimentados a través de un transformador de seguridad (aislamiento y separación de bobinados) de conformidad a la normas de construcción UNE-EN 60742 o UNE-EN 61558-2-4 o fuentes equivalentes. Cuya tensión de salida no sea superior a 50 V en corriente alterna o 75 V en corriente continua alisada y **las masas no están conectadas a un circuito de protección**.

■ **MBTP.** Muy Bajas Tensiones de Protección: nos referimos a circuitos alimentados a través de un transformador de seguridad (aislamiento y separación de bobinados) de conformidad a la normas de construcción UNE-EN 60742 o UNE-EN 61558-2-4 o fuentes equivalentes. Cuya tensión de salida no sea superior a 50 V en corriente alterna o 75 V en corriente continua alisada y **las masas están conectadas a un circuito de protección (tierra)** y esta conexión puede ser realizada a través del conductor de protección del circuito del primario.

■ **MBTF.** Muy Bajas Tensiones Funcionales: nos referimos a circuitos alimentados a través de un transformador o fuente que no son de seguridad o sus circuitos no disponen de aislamiento de protección frente a otros circuitos. Cuya tensión de salida no sea superior a 50 V en corriente alterna o 75 V en corriente continua alisada.

Para estos circuitos deberemos aplicar técnicas de protección contra contactos indirectos.

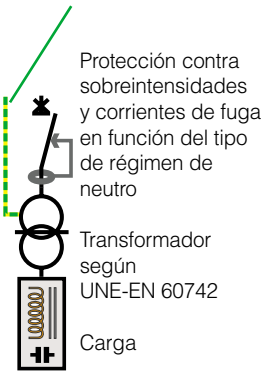
Las fuentes pueden ser:

Un transformador de seguridad conforme a la norma UNE-EN 60742.

MBTS

Sin conexión de puesta a tierra en el circuito del secundario, pero con la protección propia al régimen de neutro del circuito del primario.

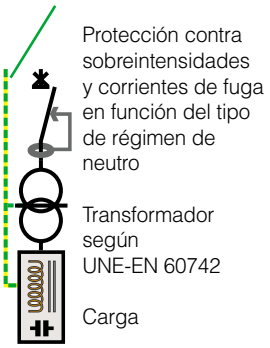
Conductor de protección circuito primario



MBTP

Con conexión de puesta a tierra o de equipotencialidad en el circuito secundario y con la protección propia al régimen de neutro del circuito del primario, que permite una conexión con el circuito de protección del secundario.

Conductor de protección circuito primario y secundario

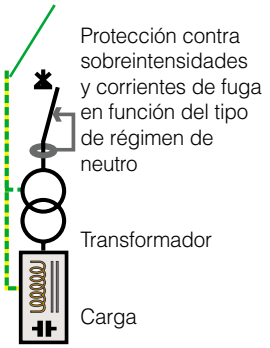


Un transformador sin apantallamiento de seguridad.

MBTF

Con conexión de puesta a tierra o de equipotencialidad en el circuito secundario y con la protección propia al régimen de neutro del circuito del primario, que permite una conexión con el circuito de protección del secundario.

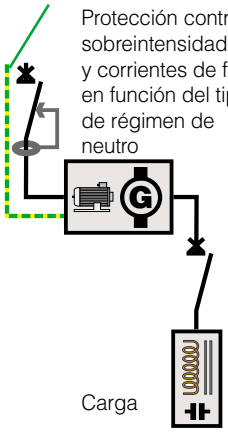
Conductor de protección circuito primario y secundario



■ Una fuente de energía que asegure un grado de seguridad equivalente al de un transformador de seguridad, segun UNE-EN 60742 (por ejemplo un motor-generador con devanados que presenten una separación equivalente).
■ Otras fuentes que no dependan de los circuitos TBTF (FELV) o circuitos de tensión más elevada (por ejemplo, un grupo térmico-generador).

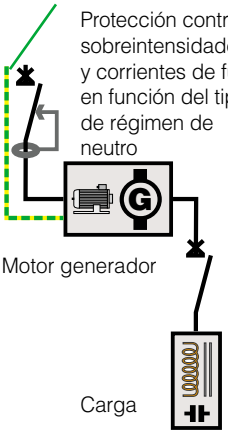
Conductor de protección circuito primario

Conductor de protección circuito primario y secundario

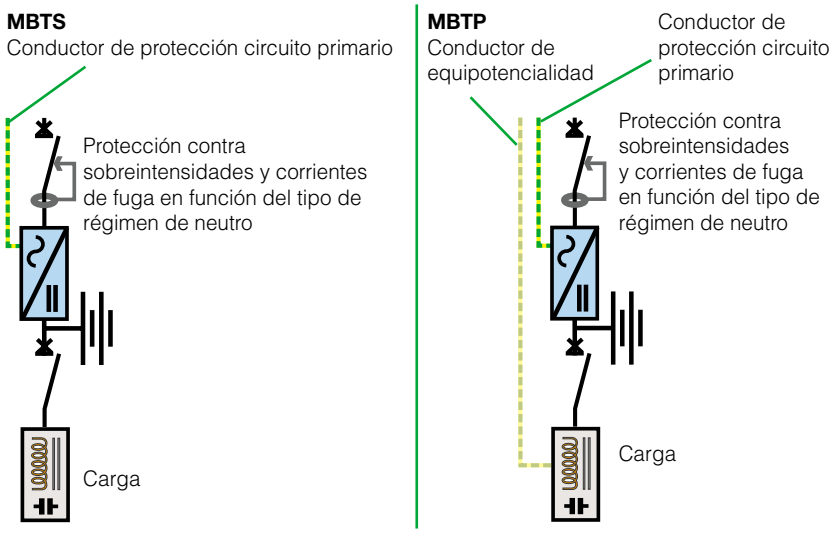


■ Una fuente de energía equivalente pero que no asegure el mismo grado de seguridad en el aislamiento.

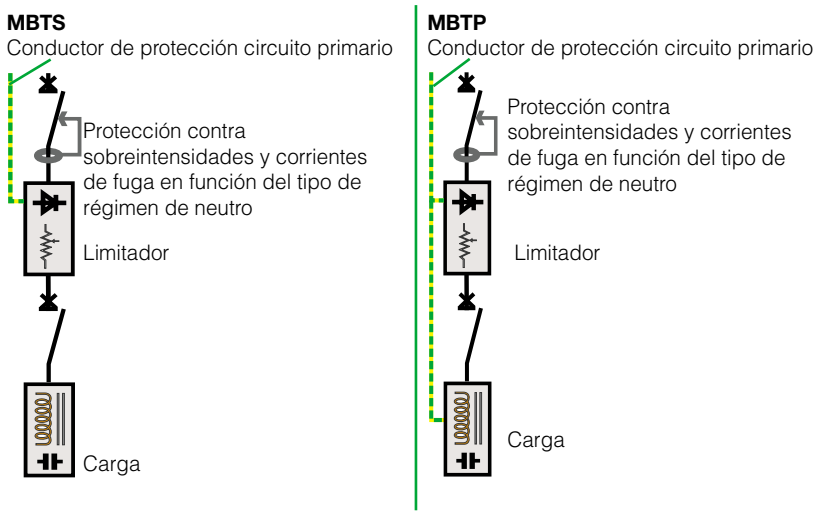
Conductor de protección circuito primario y secundario



■ Una fuente electroquímica (pilas o acumuladores), que no depende o que está provista de una protección por separación de circuitos de tensión más elevada o circuitos MBTF (FELV).



■ Determinados dispositivos electrónicos conformes a las correspondientes normas, en los cuales se han adoptado medidas para que, aun en caso de un defecto interno de este dispositivo, la tensión en las bornas de salida no pueda superar las MBTS o MBTP.



■ Pueden suministrarse valores más elevados con instalaciones en MBTP (PELV), si cuando se producen contactos directos o indirectos, la tensión en las bornas de salida se reduce a valores de MBTP, en un tiempo máximo correspondiente a los valores de la Tabla.

Tensión nominal en la instalación U_0 / U (V)	Tiempo de interrupción en (s)	
	Neutro no distribuido	Neutro distribuido
250 / 400	0,4	0,8
400 / 690	0,2	0,4
580 /1.000	0,1	0,2

Estos valores son los máximos para una situación ambiental BB1 del cuerpo humano.

Tabla G2-001: *tiempos máximos de permanencia de tensiones peligrosas.*

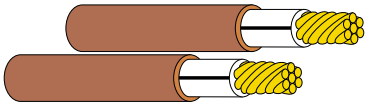
Nota: la tensión se debe medir con un voltímetro de resistencia interna de 3.000 Ω como mínimo. Los materiales de ensayo de aislamiento, conformes a los requisitos de las normativas correspondientes, son ejemplos de tales dispositivos.

Condiciones de instalación de los circuitos

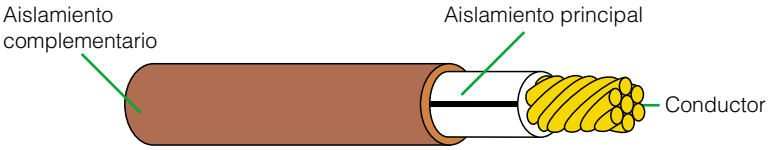
Los conductores

Las partes activas de los circuitos MBTS (SELV) Y MBTP (PELV) deben ir provistas de una separación de protección entre ellas, y por una separación de protección con respecto a los circuitos MBTF (FELV) y de circuitos de tensión más elevada, de acuerdo con:

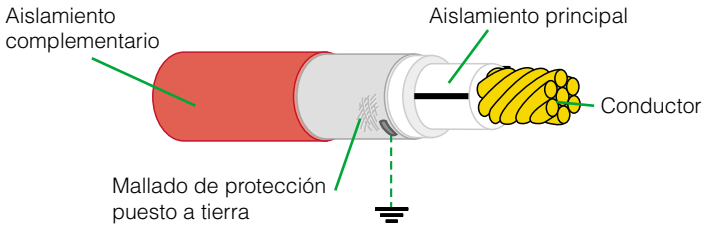
■ La separación física de los conductores.



■ Los conductores de los circuitos MBTS (SELV) y MBTP (PELV) deben ir provistos, además de su aislamiento principal, de una funda aislante.



■ Los conductores de los circuitos con tensiones diferentes, deben ir aislados por una pantalla metálica unida a tierra o por una funda metálica unida a tierra.



Nota: en los tres casos indicados, un aislamiento principal adecuado, de cada uno de los conductores, sólo puede corresponder a la tensión del circuito considerado.

■ Un cable multiconductor o una agrupación de conductores, puede contener circuitos con tensiones diferentes, con tal de que los conductores de los circuitos MBTS (SELV) y MBTP (PELV) estén aislados, bien individual o colectivamente, para la tensión más elevada que tengan que soportar.

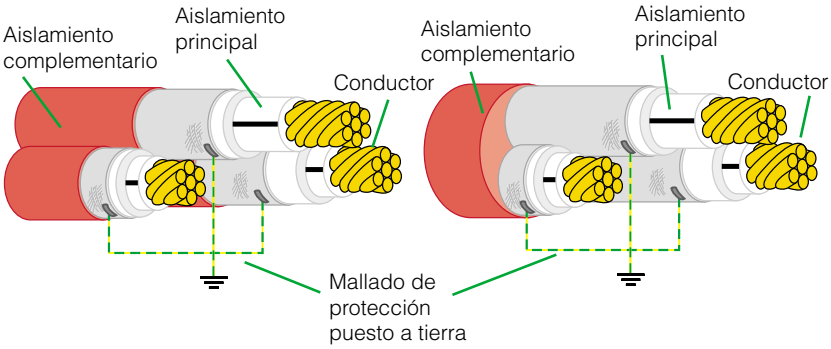


Fig. G2-002: *conductores para MBTS, MBTP y MBTF.*

Las tomas de corriente

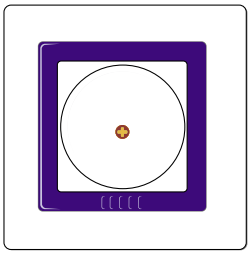
Las tomas de corriente para los circuitos MBTS (SELV) y MBTP (PELV) deben satisfacer los requisitos siguientes:

■ Los conectores no deben poder entrar en las bases de las tomas de corriente alimentadas con tensiones distintas.

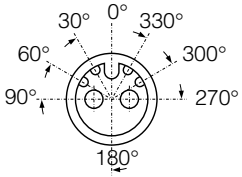
Nota: un esquema MBTF se considera que es una tensión distinta.

■ Las bases de tomas de corriente no deben admitir clavijas de tensiones distintas.
■ Las bases de toma de corriente de los circuitos MBTS (SELV) no deben ir provistas de contacto de protección.
■ Los conectores MBTS (SELV) no deben poder entrar en las bases para tomas de corriente MBTP (PELV).
■ Los conectores MBTP (PELV) no deben poder entrar en las bases de enchufe MBTS (SELV).

Nota: las tomas de corriente de los circuitos MBTP (PELV) pueden ir provistas de un contacto de protección.



Clavijas
30° = 6 V CA
60° = 12 V CA
300° = 24 V CA
330° = 48 V CA



Bases
30° = 6 V CA
60° = 12 V CA
300° = 24 V CA
330° = 48 V CA

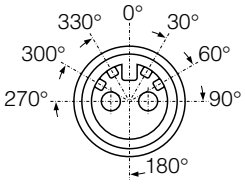
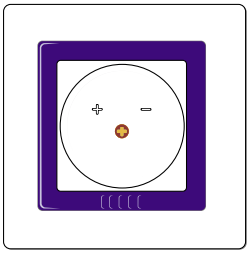
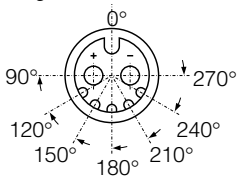


Fig. G2-003: *toma de corriente para circuitos MBTS en corriente alterna según CEI 60906-3.*



Clavijas
120° = 6 V CC
150° = 12 V CC
210° = 24 V CC
240° = 48 V CC



Bases
120° = 6 V CC
150° = 12 V CC
210° = 24 V CC
240° = 48 V CC

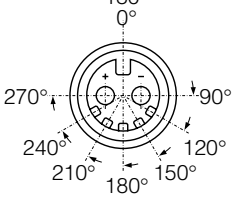


Fig. G2-004: *toma de corriente para circuitos MBTS en corriente continua según CEI 60906-3.*

En el momento de realizar esta exposición solamente están normalizadas las tomas de corriente para MBTS (SELV), según CEI 60906-3 de 1994-07.

Requisitos para los circuitos MBTS (SELV):

■ Las partes activas de los circuitos MBTS (SELV) no deben ir conectadas eléctricamente a tierra, ni a partes activas, ni a conductores de protección que pertenezcan a circuitos distintos.

■ Las masas no deben conectarse intencionadamente:

□ Ni a tierra.

□ Ni a conductores de protección o masas de circuitos distintos.

□ Ni a elementos conductores; no obstante, para los materiales que, por su disposición están fuertemente conectados a elementos conductores, la presente medida sigue siendo válida, si puede asegurarse que estas partes no pueden conectarse a un potencial superior a la tensión nominal definida en la CEI 60449.

Nota: si hay masas de circuitos MBTS (SELV) que son susceptibles de encontrarse en contacto con masas de otros circuitos, la protección contra los choques eléctricos ya no se basa en la medida exclusiva de protección para MBTS (SELV), sino en las medidas de protección correspondientes a estas últimas masas.

■ Cuando la tensión nominal del circuito es superior a 25 V de valor eficaz en ca, o 60 V en corriente continua sin ondulación, debe asegurarse la protección contra los contactos directos bien:

□ Mediante barreras o envolventes que presenten por lo menos un grado de protección IP2X o IPXXB.

□ Por un aislamiento que pueda soportar una tensión alterna con un valor eficaz de 500 V durante 1 minuto.

Por lo general, cuando la tensión nominal no es superior a 25 V de valor eficaz en ca, o 60 V en cc, sin ondulación, no se requiere ninguna protección contra los contactos directos; no obstante, puede ser necesaria para determinadas condiciones de influencias externas.

Nota: la corriente continua sin ondulación está definida convencionalmente por un porcentaje no superior al 10% del valor eficaz; el valor máximo de cresta no será superior a 140 V para una tensión nominal de 120 V en corriente continua sin ondulación, y de 70 V para una tensión nominal de 60 V en c.c., sin ondulación.

Requisitos para circuitos MBTP (PELV)

Cuando los circuitos estén conectados a tierra y no se requiera la MBTS (SELV), es conveniente satisfacer las condiciones siguientes:

■ La protección contra los contactos directos debe quedar garantizada bien:

□ Mediante envolventes que presten un grado de protección, al menos de IP2X o IPXXB.

□ Mediante un aislamiento que pueda soportar una tensión alternativa con un valor eficaz de 500 V durante 1 minuto.

■ A pesar de lo especificado, no se requiere una protección contra los contactos directos para los materiales situados en el interior de un edificio, en el cual las masas y los elementos conductores, simultáneamente accesibles, estén conectados a la misma toma de tierra y si la tensión nominal no es superior a:

□ 25 V eff. ca, o 60 V CC, sin ondulación, si el material normalmente se utiliza únicamente en emplazamientos secos y si se prevén contactos importantes de partes activas con el cuerpo humano o de un animal.

□ 6 V eff. ca, o 15 V CC, sin ondulación, en los demás casos.

Nota: los locales secos son definidos por ADI, tabla. F8-001, pág. F/336, del primer volumen.

2.2. Medidas de protección contra los contactos directos

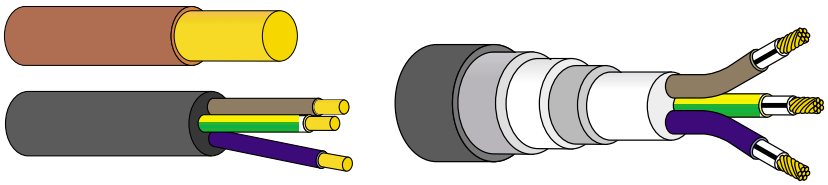
El Reglamento de BT prevé tres actuaciones de prevención a los contactos directos:
■ Protección por aislamiento de las partes activas.
■ Protección por medio de obstáculos.
■ Protección por medio de barreras o envolventes.
■ Protección por puesta fuera del alcance por alejamiento.
Y una disposición complementaria:
■ Protección complementaria por dispositivos a corriente diferencial residual.

A fin de satisfacer la regla fundamental de protección contra los choques eléctricos en las condiciones normales, una protección principal (contra los contactos directos) es necesaria.

Protección por aislamiento de las partes activas

La protección principal
La protección principal debe ubicar una o varias disposiciones que, en las condiciones normales, deben evitar todo contacto con las partes activas (las pinturas, barnices, lacas y productos análogos, no son generalmente considerados productos suficientemente aislantes para proteger de los choques eléctricos, en condiciones normales de funcionamiento).

Aislamiento principal:
■ Aislamiento sólido.
Si se utiliza un aislamiento principal sólido, éste debe evitar todo contacto con las partes activas peligrosas.
Protección por aislamiento de las partes activas:
□ Las partes activas deben estar completamente cubiertas por un aislamiento que sólo pueda quitarse por destrucción.
□ Para los materiales producidos en fábrica, el aislamiento debe cumplir los requisitos correspondientes relativos a estos materiales (sus normas de construcción).



□ Para los demás materiales, la protección debe garantizarse mediante un aislamiento que pueda soportar, de forma duradera, las inclemencias a las cuales puede estar sujeto, tales como influencias mecánicas, químicas, eléctricas y térmicas.

Nota: si el aislamiento se realiza en la instalación, la calidad de este aislamiento debe ser confirmada mediante ensayos análogos a los realizados para verificar el aislamiento de los materiales producidos en fábrica.

■ Aislamiento fluido.
Si se utiliza el aire como aislamiento principal:
□ Podemos colocar obstáculos, barreras o envolventes que impidan el contacto con partes activas peligrosas.

□ Podemos situar los conductores activos peligrosos fuera del entorno volumétrico de ser tocados.

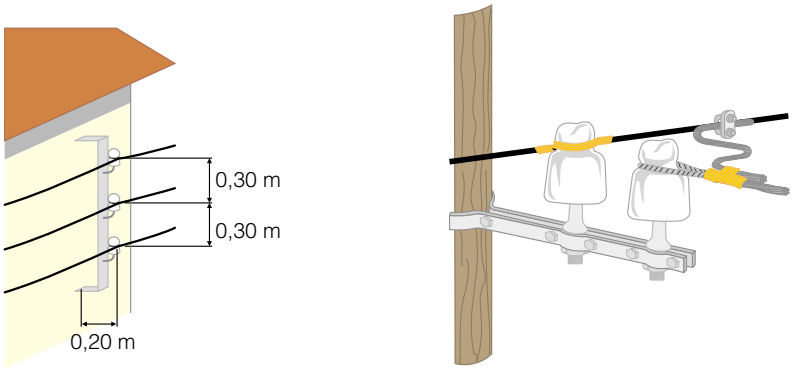


Fig. G2-005: *ejemplos de medidas de protección por aislamiento.*

Protección por medio de obstáculos

Los obstáculos están destinados a proteger a personas cualificadas, pero no a personas no cualificadas.
Los obstáculos deben impedir:
■ Todo contacto no intencionado de las partes activas peligrosas en BT (1.000 V CA y 1.500 V CC), durante el funcionamiento normal o en casos especiales de mantenimiento o inspección.
■ Toda aproximación física no deseada a las partes activas peligrosas en BT.
Los obstáculos pueden ser desmontables sin la necesidad de una llave o útil, pero deben ser fijados de forma que no se puedan retirar involuntariamente.
Si los obstáculos son conductores y no tienen otra separación de las partes activas que el aislamiento principal, debe considerarse como una masa y estar sujeto a las condiciones de protección correspondientes a los casos de defecto.

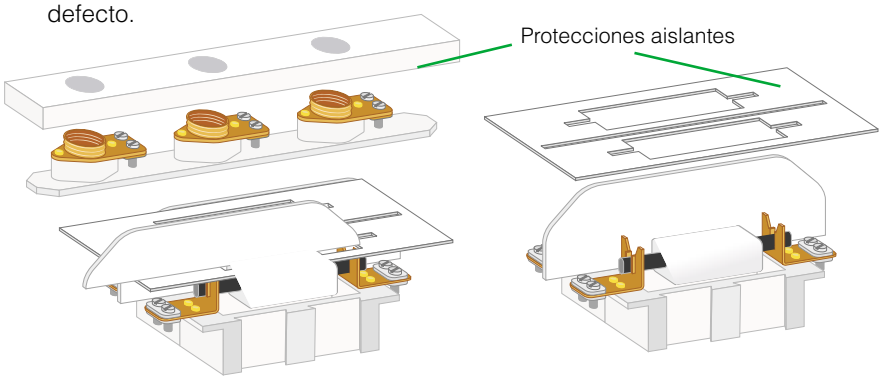


Fig. G2-006: *ejemplos de protección por obstáculos.*

Protección por medio de barreras o envolventes

Las barreras o envolventes deben impedir el acceso a las partes activas peligrosas, asegurando un grado de protección contra los choques eléctricos al menos de IP2X (según Tabla F8-003, pág. F/341, del primer volumen).
No obstante, si se producen aperturas durante la sustitución de partes, tales como determinados casquillos, tomas de corriente o fusibles, o si se requieren aberturas mayores para permitir el buen funcionamiento de los materiales, de conformidad a sus normas de utilización:

■ Deben adoptarse las oportunas precauciones para impedir que las personas o animales de cría toquen accidentalmente las partes activas.
■ Debe garantizarse que, en la medida de lo posible, las personas sean conscientes del hecho de que las partes accesibles por las aberturas o aperturas son partes activas y no deben tocarse voluntariamente.
Las superficies superiores de las barreras o de las envolventes horizontales, que quedan fácilmente accesibles, deben cumplir por lo menos el grado de protección IP4X o IPXXD.
Las barreras y las envolventes deben tener una robustez mecánica suficiente, en función de la actividad del entorno, y deben estar debidamente fijadas (con solidez).
Si la concepción de las barreras permite su desplazamiento o la apertura de las envolventes, el acceso a las partes activas peligrosas no debe ser posible más que:
■ Con el uso de una llave o un útil.
■ Con la previa desconexión de las partes activas peligrosas, y no debe poderse colocar bajo tensión hasta que las barreras estén fijadas en su lugar y las puertas de la envolvente cerradas.
Si disponemos de una barrera intermediaria para mantener el grado de protección, ésta no se debe poder mover sin la necesidad de un útil o de una llave.

Fig. G2-007: *protección por la colocación de barreras o envolventes.*

Protección por puesta fuera del alcance por alejamiento

Si no es posible la aplicación de las soluciones con obstáculos, barreras o envolventes sobre los conductores activos peligrosos, puede ser suficiente la separación de los mismos de forma que no puedan ser tocados de forma accidental o simultáneamente.
Partes simultáneamente accesibles a potenciales diferentes no deben encontrarse dentro de los límites de accesibilidad de una persona.

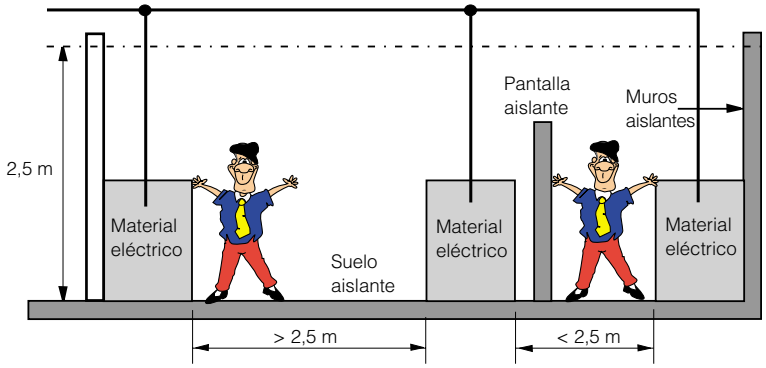


Fig. G2-008: *protección por alargamiento o interposición de obstáculos.*

Nota: dos partes se consideran simultáneamente accesibles si no distan más de 2,5 m.

Cuando el espacio en el cual se encuentran y circulan habitualmente las personas esté limitado en una dirección horizontal por un obstáculo (por ejemplo listón de protección, barandilla, panel enrejado), con un grado de protección inferior a IP2X o IPXXB, el volumen de accesibilidad empieza a partir de este obstáculo. En dirección vertical, el volumen de accesibilidad está limitado a 2,5 m a partir de la superficie de tránsito (S), sin tener en cuenta los obstáculos intermedios que presentan un grado de protección inferior a IP2X o IPXXB. Si en el entorno de los conductores activos peligrosos una persona puede acceder con útiles o escaleras, las distancias de separación deben aumentarse y ser objeto de un estudio con los entes de inspección.

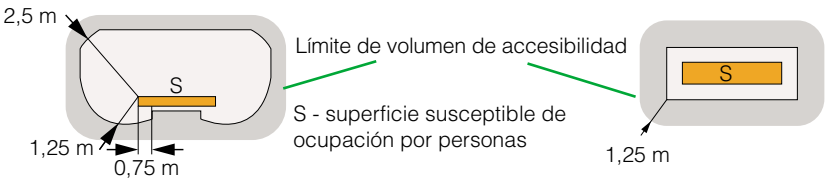


Fig. G2-009: *volumen de accesibilidad.*

Nota: las distancias del volumen de accesibilidad suponen un contacto directamente con las manos desnudas sin intermediario (por ejemplo una herramienta o escalera).

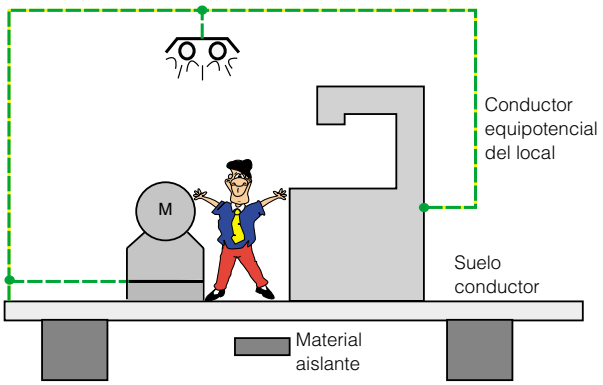
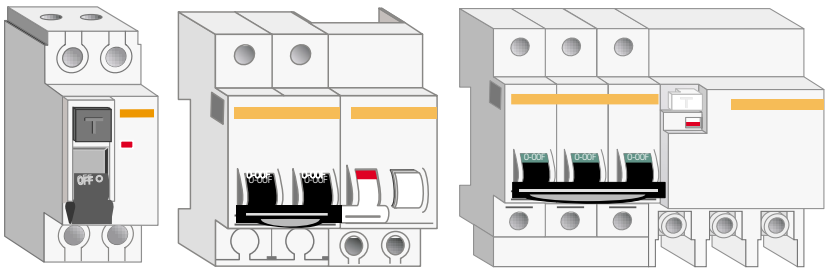


Fig. G2-010: *volumen de accesibilidad en circunstancias especiales.*

Protección complementaria por dispositivos de protección de corriente diferencial-residual

El empleo de dispositivos de corriente diferencial-residual, cuya corriente diferencial asignada de funcionamiento es inferior o igual a 30 mA, está recono-

cido como medida de protección complementaria en servicio normal, en caso de fallo de otras medidas de protección contra los contactos directos o en caso de imprudencia por parte de usuarios.
La utilización de tales dispositivos no está reconocida como que constituya por sí misma una medida de protección completa y no exime en absoluto del empleo de una de las medidas de protección enunciadas como aislamiento principal.

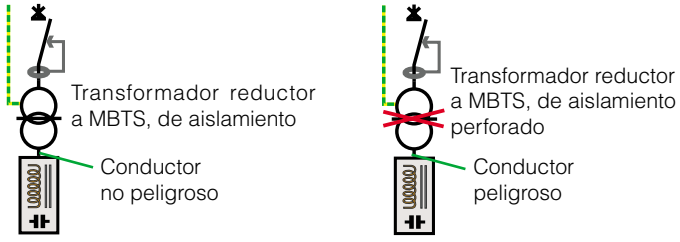


Nota: la utilización de dispositivos de corriente diferencial-residual sólo sirve para reforzar otras medidas de protección contra los choque eléctricos en servicio normal.

2.3. Medidas de protección contra situaciones de defecto

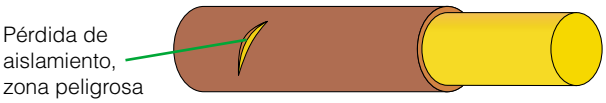
Condiciones de simple defecto

Podemos considerar condiciones de simple defecto, cuando:
■ Una parte activa no peligrosa se convierte en una parte activa peligrosa (ejemplo: por no mantener la limitación de la corriente de contacto en régimen normal y la de la carga eléctrica).



■ Una parte conductora accesible, que no está bajo tensión en régimen normal, se convierte en activa (ejemplo: un defecto de aislamiento entre un elemento conductor y una masa).

■ Una parte activa peligrosa no accesible, se convierte en accesible a causa de una erosión de la envolvente de protección.



Para satisfacer la regla fundamental en las condiciones de sin defecto, se necesita una protección para el caso de defecto. Esta protección puede realizarse con una medida de protección complementaria, independiente de la medida de protección principal.

3. Protección contra los contactos indirectos

Disposiciones de protección contra los defectos

El término protección contra los defectos corresponde generalmente a la protección contra las posibles pérdidas de aislamiento, para evitar los contactos directos e indirectos, desarrollado en este capítulo según la UNE 20464-4-41.

3.1. Medidas de protección contra los contactos indirectos sin corte automático de la alimentación

Protección empleando materiales de la clase II o mediante aislamiento equivalente

Nota: esta medida se ha previsto para impedir la aparición de tensiones peligrosas en las partes accesibles de materiales eléctricos cuando se produce un defecto del aislamiento principal.

La protección debe asegurarse empleando:
■ Materiales eléctricos de los siguientes tipos, que hayan sido sometidos a los ensayos de tipo y que hayan sido identificados según las normas aplicables a los mismos:
□ Materiales con un aislamiento doble o reforzado (materiales de Clase II).
□ Conjuntos de aparamenta montados en fábrica que posean un aislamiento total (véase la Norma UNE-EN 60439-1).

Nota: estos materiales vienen marcados por el símbolo ⧈.

■ Un aislamiento complementario que recubra los materiales eléctricos que posean sólo un aislamiento principal y montado en el transcurso de la instalación eléctrica; este aislamiento debe garantizar una seguridad equivalente a la de los materiales conformes al párrafo anterior.

Nota: el símbolo ⧈ debe colocarse de forma visible en el exterior e interior de la envolvente.

■ Un aislamiento reforzado (principal + reforzado) que recubra las partes activas descubiertas y montado en el curso de la instalación eléctrica; éste debe garantizar una seguridad equivalente a la de los materiales eléctricos conformes a los dos párrafos anteriores. Tal aislamiento es admisible únicamente cuando, por motivos de construcción, no sea posible la realización del doble aislamiento.

Nota: el símbolo ⧈ debe colocarse de forma visible en el exterior e interior de la envolvente.

■ Material eléctrico en situación de trabajo (tensión):
□ Cuando el material eléctrico está en tensión, todas las partes conductoras separadas de las partes activas por sólo un aislamiento principal, deben encerrarse en una envolvente aislante que posea por lo menos el grado de protección IP2X o IPXXB.
□ Las envolventes aislantes deben poder soportar las limitaciones mecánicas, eléctricas o térmicas susceptibles de producirse.
□ Por lo general, no se considera que los revestimientos de pintura, de barniz y de productos similares cumplan estos requisitos. No obstante, no se excluye la utilización de envolventes que hayan sido sometidas a los ensayos de este tipo y que estén recubiertas con tales revestimientos, si su empleo es admisible en las normas de producto correspondientes y si tales revestimientos aislantes han sido ensayados en las condiciones de ensayo correspondientes.

□ Si la envolvente aislante no ha sido previamente ensayada y persisten dudas sobre su eficacia, debe llevarse a cabo un ensayo dieléctrico según las condiciones especificadas en el capítulo “Verificaciones” del 5.º Volumen.
□ La envolvente aislante no debe estar atravesada por partes conductoras susceptibles de propagar un potencial. La envolvente no debe ir provista de tornillos de material aislante cuya sustitución por un tornillo metálico pudiera suponer un compromiso para el aislamiento obtenido por la envolvente.

Nota: cuando sea inevitable que la envolvente aislante sea atravesada por uniones mecánicas (por ejemplo actuadores de aparatos incorporados), éstas deben estar dispuestas de tal forma que la protección contra choques eléctricos no se vea comprometida.

□ Cuando la envolvente esté provista de puertas o tapas que puedan ser abiertas sin ayuda de una herramienta o una llave, todas las partes conductoras que sean accesibles cuando estén abiertas la puerta o la tapa deben ser protegidas por una barrera aislante que posea por lo menos el grado de protección IP2X o IPXXB, con el fin de impedir a las personas tocar accidentalmente estas partes.
Esta barrera aislante sólo debe poder quitarse con ayuda de una llave o de una herramienta.
■ Las partes conductoras encerradas en una envolvente aislante no deben estar conectadas a un conductor de protección. No obstante, pueden adoptarse disposiciones para la conexión de conductores de protección que pasen necesariamente a través de la envolvente.
En el interior de la envolvente tales conductores deben estar aislados como partes activas y los bornes deben estar identificados de forma adecuada:
□ Las partes conductoras accesibles y las partes intermedias no deben estar conectadas a un conductor de protección, excepto si está previsto por las normas del material de construcción correspondiente.
□ La envolvente no debe perjudicar las condiciones de funcionamiento del material protegido de esta forma.
□ La fijación, conexión de los conductores, etc., debe efectuarse de forma que no perjudique a la protección, así asegurada conforme a las normas de construcción de estos materiales.
■ La mayor parte de los receptores portátiles o semimóviles, ciertas lámparas, transformadores, etc., están provistos de un doble aislamiento. Es conveniente y muy importante mantener un cuidado especial en la utilización permanente de los elementos con doble aislamiento, y un control permanente del mantenimiento de las condiciones de doble aislamiento Clase II.
Los aparatos de radio y televisión presentan un nivel de seguridad equivalente, pero no son fundamentalmente elementos de Clase II.
■ Los elementos que presentan un aislamiento de o equivalente a Clase II se denominan de aislamiento total.
■ Las cajas de doble aislamiento de Himel y el sistema Kaedra de Merlin Gerin permiten realizar instalaciones de doble aislamiento utilizándolas como aislamiento suplementario.

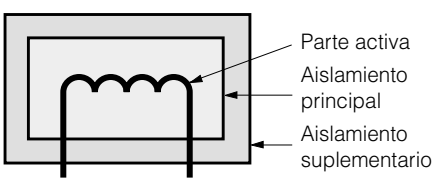


Fig. G3-001: *principio del material de Clase II.*

Protección en los locales (o emplazamientos) no conductores

Por principio, el alejamiento o la colocación de pantallas necesita un suelo aislante y por consiguiente poco utilizado.

Esta medida de protección está destinada a impedir todo contacto simultáneo con partes que puedan estar a potenciales diferentes, debido a un defecto del aislamiento principal de partes activas.
El empleo de materiales de Clase 0 está permitido si se cumplen todas las condiciones siguientes:
■ Las masas deben estar dispuestas de forma que, en condiciones normales, las personas no puedan ponerse en contacto simultáneo:
□ Bien con dos masas.
□ Bien con una masa y cualquier elemento conductor.
■ Si tales elementos son susceptibles de estar a potenciales diferentes en caso de defectos del aislamiento principal de las partes activas.
En tales locales (o emplazamientos), no debe haberse previsto ningún conductor de protección.

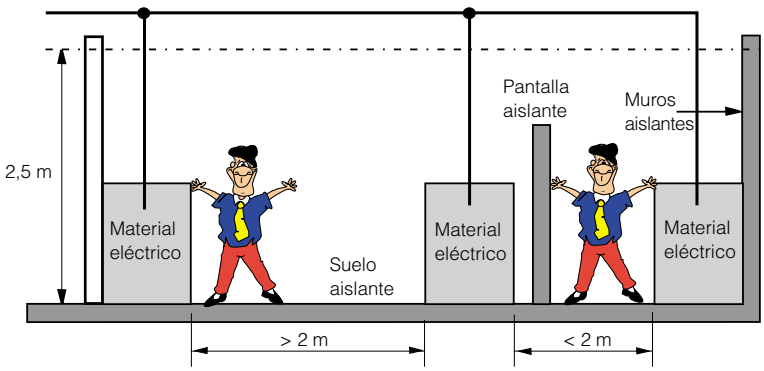


Fig. G3-002: *protección por alargamiento o interposición de obstáculos.*

Se considera que cumplen los requisitos del primer párrafo, si el emplazamiento posee paredes y un suelo aislantes y si cumple una o varias de las condiciones a continuación señaladas:
a) Alejamiento respectivo de las masas y de los elementos conductores así como de las masas entre ellas. Este alejamiento se considera suficiente si la distancia entre dos elementos es de por lo menos 2 m, pudiendo reducirse esta distancia a 1,25 m por fuera del volumen de accesibilidad.
b) Interposición de obstáculos eficaces entre las masas y los elementos conductores. Tales obstáculos están considerados suficientemente eficaces si mantienen la distancia a salvar, dentro de los valores indicados en el punto a) anterior. Tales obstáculos no deben conectarse ni a tierra ni a masas en la medida de lo posible; deben ser de material aislante.
c) Aislamiento o disposición aislada de los conductores. El aislamiento debe poseer una rigidez mecánica suficiente y poder soportar una tensión de ensayo de por lo menos 2.000 V. La corriente de fuga no debe ser superior a 1 mA en las condiciones normales de empleo.
Las paredes y suelos aislantes deben presentar una resistencia no inferior a:
■ 50 kΩ, si la tensión de la instalación no es superior a 500 V.
■ 100 kΩ, si la tensión de la instalación es superior a 500 V.
Mediciones realizadas según el apartado “Medición de la resistencia entre las paredes y los suelos y el conductor de protección (tierra)”, pág. B/31 del primer volumen).

Nota: si la resistencia es inferior, en todo punto, al valor prescrito, estas paredes y estos suelos están considerados elementos conductores desde el punto de vista de la protección contra los choques eléctricos.

Las disposiciones adoptadas deben ser duraderas y no deben poder eliminarse. Asimismo, deben garantizar la protección de los materiales móviles cuando se considere la utilización de éstos.

Notas:
– se llama la atención sobre el riesgo de introducción posterior, en instalaciones eléctricas no estrictamente vigiladas, de otras partes (por ejemplo, materiales móviles de Clase I) o elementos conductores (tales como canalizaciones metálicas de agua) susceptibles de anular la conformidad con el párrafo.
– es importante vigilar que la humedad no pueda comprometer el aislamiento de paredes y suelos.

Deben adoptarse disposiciones para evitar que elementos conductores puedan propagar potenciales fuera del emplazamiento considerado.

Protección mediante enlaces equipotenciales locales no conectados a tierra

La unión equipotencial de locales está limitada a casos muy particulares y difíciles de tratar con otros procesos.
En realidad, esta medida sólo se toma para definir un puesto de trabajo fijo y teniendo en cuenta el tener que evitar toda posible tensión peligrosa en el acceso al puesto de trabajo.

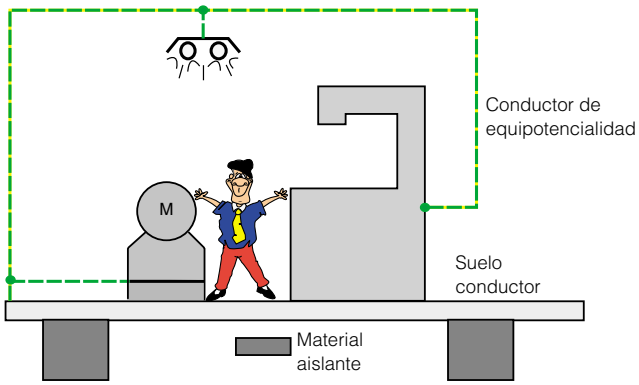


Fig. G3-003: *conexiones equipotenciales de todas las masas y elementos conductores simultáneamente accesibles*.

Nota: una conexión equipotencial local no conectada a tierra está destinada a impedir la aparición de una tensión de contacto peligrosa.

Conductores de equipotencialidad deben conectar todas las masas y todos los elementos conductores simultáneamente accesibles.
La conexión equipotencial local de este modo realizada no debe estar en conexión con la tierra ni directamente ni a través de masas o de elementos conductores.

Nota: si no puede cumplirse este requisito, es aplicable la protección mediante interrupción automática de la alimentación.

Deben adoptarse disposiciones para asegurar el acceso de personas al emplazamiento considerado, sin que éstas puedan ser sometidas a una diferen-

cia de potencial peligrosa. Esto se aplica concretamente en el caso en que un suelo conductor, aunque aislado del terreno, esté conectado a la conexión equipotencial local.

Protección mediante separación eléctrica

Nota: la separación eléctrica, para un circuito individual, está destinada a impedir los choques eléctricos debidos a un contacto con las masas que puedan ponerse en tensión en el caso de defecto del aislamiento principal del circuito.

La protección por seccionamiento eléctrico debe asegurarse respetando el conjunto de requisitos siguientes:
■ Cuando el circuito seccionado no alimente más que un solo aparato, las masas del circuito no deben estar conectadas ni a un conductor de protección ni a masas de otros circuitos.

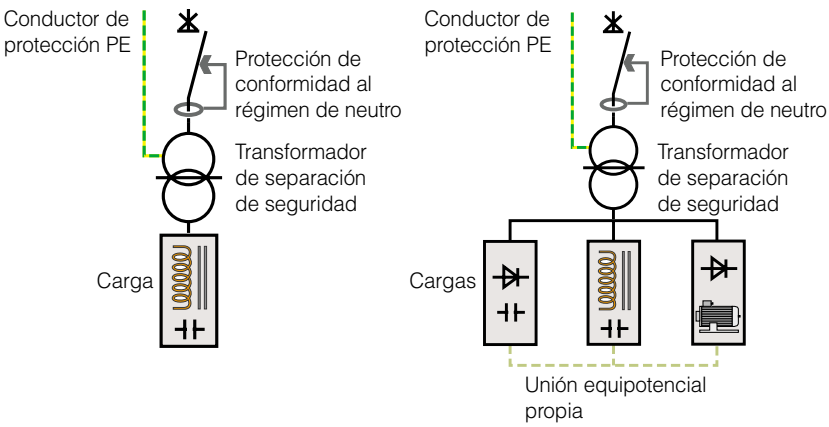


Fig. G3-004: *protección por separación eléctrica.*

Nota: si las masas de los circuitos separados son susceptibles de estar en contacto, bien de hecho o bien fortuitamente con masas de otros circuitos, la protección contra los choques eléctricos ya no está basada en la sola medida de protección por separación eléctrica, sino en las medidas de protección correspondientes a dichas masas.

■ Si se adoptan precauciones para proteger el circuito secundario contra todo tipo de daños y fallo de aislamiento, una fuente de separación conforme a lo descrito puede alimentar a varios aparatos, siempre que se cumplan todas las prescripciones del apartado:
□ Las masas del circuito separado deben estar conectadas entre ellas mediante conductores de equipotencialidad aislados no conectados a tierra.
Tales conductores no deben estar conectados ni a conductores de equipotencialidad aislados no conectados a tierra, ni a conductores de protección, ni a masas de otros circuitos ni a elementos conductores.
□ Todas las bases de tomas de corriente deben estar provistas de un contacto de tierra que debe conectarse a un conductor de equipotencialidad previsto en el párrafo anterior
□ A excepción de los cables que alimentan materiales de Clase II, todos los cables flexibles deben ir provistos de un conductor de protección utilizado como conductor de equipotencialidad.
□ En el caso de dos defectos francos que abarquen a masas y estén alimentados por dos conductores de polaridad distinta, un dispositivo de protección debe asegurar la interrupción en un tiempo máximo igual al fijado en la Tabla G3-008 de la pág. G/65.

Nota: se recomienda que el producto de la tensión nominal del circuito, en voltios, por la longitud de la canalización, en metros, no sea superior a 100.000 y que la longitud de la canalización no sea superior a 500 m.

■ El circuito debe alimentarse a través de una fuente de separación, es decir:
□ Un transformador de aislamiento.
□ Una fuente que asegure un grado de seguridad equivalente al transformador de aislamiento antes especificado, por ejemplo un grupo motor-generador que posea devanados que proporcionen un seccionamiento equivalente.
■ Las fuentes de separación móviles conectadas a una red de alimentación deben elegirse o instalarse conforme a los requisitos del apartado "Protección empleando materiales de clase II o mediante aislamiento equivalente", pág. G/53.
■ Las fuentes de separación fijas deben:
□ Elegirse o instalarse de conformidad al apartado "Protección empleando materiales de clase II o mediante aislamiento equivalente", pág. G/53.
□ O bien deben ser tales que el circuito secundario quede separado del circuito primario y de la envolvente por un aislamiento que cumpla las condiciones del apartado "Protección empleando materiales de clase II o mediante aislamiento equivalente", pág. G/53; si tal fuente alimenta a varios aparatos, las masas de éstos no deben conectarse a la envolvente metálica de la fuente.
■ La tensión nominal del circuito separado no debe ser superior a 500 V.
■ Las partes activas del circuito separado no deben tener un punto común con otro circuito ni ningún punto conectado a tierra.
■ Con el fin de evitar los riesgos de los defectos a tierra, debe prestarse una especial atención al aislamiento de las partes respecto a tierra, concretamente en lo que respecta a los cables flexibles.
Las disposiciones adoptadas deben garantizar una separación por lo menos equivalente a la que existe entre los circuitos secundario y primario de un transformador de aislamiento de seguridad entre los circuitos.

Nota: en concreto, es necesaria una separación eléctrica entre las partes activas de los materiales eléctricos tales como relés, contactores, elementos auxiliares de mando y toda otra parte de un circuito activo.

■ Los cables flexibles, susceptibles de sufrir algún daño, deben ser visibles en toda su longitud.
■ Para los circuitos separados se recomienda utilizar canalizaciones distintas. Si no puede evitarse el empleo de los conductores de una misma canalización para circuitos separados y otros circuitos, deben emplearse cables muticonductores sin ningún tipo de revestimiento metálico o conductores aislados colocados en canaletas o conductos aislantes, con la reserva de que estos cables y conductores sean especificados para una tensión por lo menos igual a la tensión más elevada que interviene y que cada circuito esté protegido contra sobreintensidades.

En este capítulo G se pretende dar gran información didáctica para poder evidenciar la necesidad de tener en cuenta que las protecciones contra los choques eléctricos se han de destinar básicamente a la protección de las personas, y que las personas ni todas son iguales ni siempre están en las mismas circunstancias. Dichas circuntancias la CEI las clasifica en tres niveles de situaciones del cuerpo humano: la BB1, la BB2 y la BB3.
Es en función de estas posibles circunstancias que se deben definir las técnicas de protección.
Esta técnica de separación de circuitos se aplicará en el 5.º Volumen, capítulo L, como una técnica que permitirá economizar inversiones elevadas en las puestas a tierra en viviendas.

3.2. Protección por corte automático de la alimentación

Notas:
– el corte automático de la alimentación está prescrito cuando puede producirse un riesgo con efecto fisiológico peligroso en una persona, en caso de defecto, debido al valor y la duración de la tensión de contacto (ver Figuras G1-011 y G1-013, pág. G/38 o CEI 60479, 2.ª edición).
– esta medida de protección requiere la coordinación entre los esquemas de las conexiones a tierra y las características de los conductores de protección y de los dispositivos de protección.
– se han establecido requisitos relativos a esta medida de protección y a los tiempos de interrupción teniendo en cuenta la Norma CEI 60479 en el diagrama G1-015, pág. G/40.
– se están estudiando requisitos complementarios para la corriente continua.

Interrupción de la alimentación

Un dispositivo de protección, contra los contactos indirectos, debe separar la alimentación del circuito o del material protegido de tal forma que, tras un defecto entre una parte activa y masa en el circuito o el material, no se pueda mantener una tensión de contacto supuesta, superior a los valores de las tensiones límite convencionales U_L, durante un tiempo suficiente para crear un riesgo de defecto fisiológico peligroso para una persona, en contacto con partes conductoras simultáneamente accesibles.
Sin tener en cuenta el valor de la tensión de contacto, en determinadas circunstancias se admite un tiempo de interrupción no superior a 5 segundos según el esquema de las conexiones a tierra.

Notas:
– los valores de las tensiones límite convencionales U_L son de 50 Veff., en ca, y de 120 V en cc, sin ondulación.

Deben entenderse estos valores máximos para situaciones del cuerpo humano de un BB1 (seco).

– pueden prescribirse valores de tiempo de corte y de tensión (incluido U_L) inferiores para instalaciones o locales concretos conforme a las instrucciones contiguas.
– los requisitos establecidos son para instalaciones alimentadas en frecuencias comprendidas entre 15 Hz y 100 Hz y para una corriente continua sin ondulación.
– en el esquema IT el corte automático, por regla general sólo se prescribe cuando se trata de un primer defecto.
– en instalaciones de producción y distribución de energía eléctrica pueden admitirse tiempos de interrupción y de tensión superiores a los requisitos del párrafo.

Puestas a tierra y conductores de protección

Las masas deben conectarse a conductores de protección en condiciones específicas para cada esquema de conexiones a tierra.
Las masas accesibles simultáneamente deben conectarse al mismo sistema de puesta a tierra.

Conexiones equipotenciales

Las partes conductoras accesibles que puedan presentar una tensión de contacto peligrosa en caso de fallo de la protección principal, por ejemplo las masas y las pantallas de protección, deben estar unidos a la red equipotencial de protección.
Una parte conductora de un material eléctrico que no puede colocarse bajo tensión o puede colocarse bajo tensión a través de una masa, no se considera masa.
Los elementos de unión equipotencial de protección deben ser dimensionados para soportar los valores térmicos y dinámicos, que puedan aparecer en caso de corriente de defecto, de forma que no puedan degradar las características del circuito de protección, a causa de un fallo del aislamiento principal.
Los elementos de unión equipotencial de protección deben resistir todas las influencias internas y externas, mecánicas, térmicas, corrosivas.

Las conexiones conductoras móviles, por ejemplo bisagras y correderas, no deben ser consideradas como parte del circuito equipotencial de protección.
Si un componente de una instalación, de un sistema o de unos materiales es eliminado, las uniones equipotenciales de protección para todas las partes restantes de la instalación, del sistema o de los materiales, no debe ser cortada.
Las uniones equipotenciales de protección no deben poderse seccionar de su continuidad eléctrica del circuito o introducir una impedancia significativa en el circuito, a excepción de que en el mismo movimiento primero se desconecten los conductores activos del circuito que forma parte la unión equipotencial de protección y en sentido contrario, si volvemos a conectar el circuito activo, en el mismo movimiento se debe conectar primero el circuito de unión equipotencial, antes de la conexión que los circuitos activos.

¡Atención a las tomas de corriente que no cumplan esta condición!

Estas condiciones no son aplicables si solamente se pueden ejecutar la operación sin tensión.
Los conductores de unión equipotencial de protección aislados o desnudos, deben ser identificables por su forma, emplazamiento, marcado o color, a excepción de los conductores que no pueden ser desconectados sin destrucción.
Si se utiliza la distinción por color esta debe ser el bicolor verde amarillo.

Conexión equipotencial principal
En cada edificio, el conductor principal de protección, el conductor principal de tierra, la borna principal de tierra y los elementos conductores siguientes deben conectarse a la conexión equipotencial principal:
■ Las canalizaciones metálicas de los servicios que penetran en el edificio, por ejemplo agua, gas.
■ Las partes metálicas de la estructura, red de calefacción central o de acondicionamiento por aire.
■ Todos los blindajes metálicos de los conductores de telecomunicación, si los propietarios y los utilizadores de los cables lo permiten.
Cuando tales elementos conductores provengan del exterior del edificio, deben conectarse lo más cerca posible a su punto de entrada al edificio.

Conexión equipotencial complementaria
Si las condiciones de protección definidas en el párrafo anterior “conexión equipotencial principal”, no puede cumplirse en una instalación o partes de la instalación, se ha de realizar una conexión local denominada conexión equipotencial complementaria.

Notas:
– la utilización de conexiones equipotenciales complementarias no exime de la obligación de interrupción de la alimentación por otros motivos, tales como protección contra incendios, limitaciones térmicas de los materiales, etc.
– esta conexión equipotencial complementaria puede abarcar toda la instalación, una parte de ésta, un aparato o un emplazamiento.
– pueden ser necesarias prescripciones adicionales para emplazamientos especiales o por otros motivos.

La conexión equipotencial complementaria debe comprender todos los elementos conductores simultáneamente accesibles, ya se trate de masas de materiales fijos o de elementos conductores, incluidos, en la medida de lo posible, las armaduras principales de hormigón armado utilizadas en la construcción de edificios.
En este sistema equipotencial debe conectarse los conductores de protección de todos los materiales, incluidos los de las tomas de corriente.

Nota: la conexión equipotencial complementaria antes señalada no es adecuada si el suelo no es aislante y no puede incluirse en la conexión equipotencial complementaria.

En caso de dudas sobre la eficacia de conexión equipotencial complementaria, debe verificarse asegurándose de que la resistencia R entre todas las masas consideradas y todo elemento conductor simultáneamente accesible cumple la siguiente condición:

■ Zonas donde el cuerpo humano tiene una resistencia eléctrica BB1 (secas) $R \leqslant \frac{50\ V}{I_a}$

■ Zonas donde el cuerpo humano tiene una resistencia eléctrica BB2 (húmedo) $R \leqslant \frac{25\ V}{I_a}$

■ Zonas donde el cuerpo humano tiene una resistencia eléctrica BB3 (mojado) $R \leqslant \frac{12\ V}{I_a}$

donde:
I_a: es la corriente de funcionamiento del dispositivo de protección.
I_N: para los dispositivos de protección de corriente diferencial-residual.
I_a: corriente de funcionamiento en un tiempo de 5 s para los dispositivos de protección para sobre intensidades.

¡Atención! El valor de 5 segundos, definido por la CEI, no es un valor común cuando se efectúan los cálculos correspondientes a las posibles corrientes de fuga, que puedan circular a través del cuerpo humano, no produzcan ninguna lesión, de conformidad a las figuras G1-011 y G1-013 (pág. G\|38). El valor es indicativo si las tensiones de contacto Uc no superan los 50V en una situación del cuerpo humano BB1 o los 25 en BB2 o los 12V en un BB3.

Las uniones equipotenciales de protección deben presentar una impedancia suficientemente baja, para impedir toda diferencia de potencial peligrosa entre las partes, en caso de fallo del aislamiento.
Si no es posible lograr esta condición deben utilizarse dispositivos de corte automático de la alimentación. La diferencia máxima de potencial y su duración se exponen en el diagrama de la fig. G1-015, pág. G/40, de conformidad a la CEI 60479-1
Normalmente se necesita un estudio de los valores relativos de la impedancia del circuito equipotencial de protección de la red.
La diferencia de potencial no se toma en consideración cuando la impedancia del circuito limita la corriente de contacto, en régimen normal, en caso de defecto simple a valores de 3,5 mA eficaces en c.a., de hasta 100 Hz y 10 mA en c.c., según CEI 60990.
Para ciertos entornos y ciertas situaciones, por ejemplo emplazamientos médicos (ver los valores límites en la CEI 60601-1), emplazamientos muy conductores, zonas húmedas y emplazamientos análogos, los valores límites necesitan ser disminuidos.

Influencia del régimen de neutro

El Reglamento de BT y las normas UNE 20460 precisan las condiciones a aplicar a diferentes regímenes de neutro TT, TN e IT. Implican las puestas a tierra del circuito y de las masas, el dimensionamiento de los conductores y la elección de las características de desconexión de los dispositivos de protección. (Ver apartado F4 “Los regímenes de neutro”, pág. F/71 del primer volumen.)

3.2.1. Corte automático con esquema TT

El corte automático en esquema TT se obtiene por medio de interruptores diferenciales residuales (DDR) de sensibilidad:

$$I_{\Delta n} \leqslant \frac{U_L}{R_A + R_B}$$

Conceptos básicos

En este tipo de esquema todas las masas destinadas a ser protegidas por un mismo dispositivo deben estar unidas a una misma puesta a tierra. Si se instalan en serie varios dispositivos de protección, este requisito se aplica por separado a todas las masas protegidas por idéntico dispositivo.
El punto neutro de cada fuente de alimentación generalmente está unido a una toma de tierra distinta a la de las masas, pero puede ser la misma.
La impedancia del bucle de defecto comprende muy a menudo la resistencia de dos tomas de tierra (la de la instalación R_A y la de toma de tierra del punto neutro del centro de transformación R_B). La intensidad de defecto, la mayoría de las veces, es pequeña, del orden de mA, para poder activar la desconexión de un elemento protector de sobreintensidades (fusible o interruptor automático), por tanto la utilización de interruptores automáticos diferenciales se impone como solución.
Este principio es igualmente válido si la toma de tierra es única.
La definición de las protecciones no obliga a un conocimiento exhaustivo de todas las impedancias del bucle de defecto.

La desconexión automática en esquema TT

Se obtiene con un interruptor automático diferencial residual (DDR) de sensibilidad:

$$I_{\Delta n} \leqslant \frac{U_L}{R_A + R_B}$$

$I_{\Delta n}$ = Intensidad de desconexión del DDR.
R_A = Resistencia de las tomas de tierra de las masas consideradas.
R_B= Resistencia de puesta a tierra del punto neutro del transformador.
U_L = A la máxima tensión de contacto permitida en el lugar a considerar.
La tensión de 50 V corresponde a los lugares de ambiente BB1.

$$I_{\Delta n} \leqslant \frac{50\ V}{R_A + R_B}$$

La tensión de 25 V corresponde a los lugares de ambiente BB2.

$$I_{\Delta n} \leqslant \frac{25\ V}{R_A + R_B}$$

La tensión de 12 V corresponde a los lugares de ambiente BB3.

$$I_{\Delta n} \leqslant \frac{12\ V}{R_A + R_B}$$

Nota: nuestro Reglamento BT de 2002, en la ITC-BT-30, solamente prevé dos tipos de lugares especiales, los húmedos y los mojados, dando por entendido la existencia del seco como normal.

La intensidad de fuga

Dependerá de la resistencia del propio defecto (R_d), de la resistencia de la puesta a tierra de la masa (R_A) y de la resistencia de puesta a tierra del neutro del transformador (R_B)

$$I_d = \frac{U_0}{R_A + R_B + R_d}$$

El caso más desfavorable será cuando el contacto de un conductor activo (fase o neutro) con la carcasa sea franco (sin resistencia, $R_d = 0$), por tanto:

$$I_d = \frac{U_0}{R_A + R_B}$$

La tensión de contacto Uc

Es la que puede contactar el ser humano al tocar la carcasa de la máquina y el suelo, por tanto corresponde a la diferencia de potencial entre la masa de la máquina y el suelo (su puesta a tierra), despreciando la resistencia de contacto (a masa y tierra) del ser humano:

$$U_c = I_d \cdot R_A$$

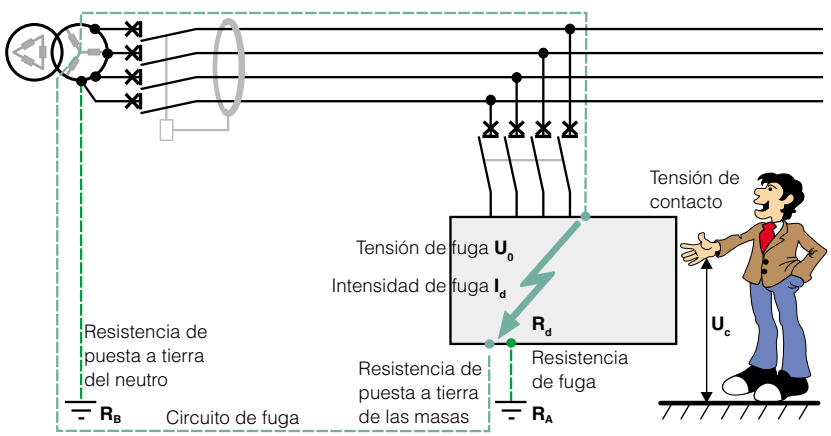


Fig. G3-005: *desconexión automática de un circuito con fuga, esquema TT.*

Ejemplo:
La resistencia de la toma de tierra del neutro es de:

$$R_B = 10\ \Omega$$

La resistencia de la toma de tierra de las masas es de:

$$R_A = 20\ \Omega$$
$$R_d = 0 \text{ (contacto franco)}$$

La intensidad de defecto de aislamiento del motor es de:

$$I_d = \frac{U_0}{R_A + R_B} = \frac{230\ V}{10\ \Omega + 20\ \Omega} = 7{,}66\ A$$

La tensión de contacto será:

$$U_c = I_d \cdot R_A = 20\ \Omega \cdot 7{,}7\ A = 154\ V$$

Tensión de contacto peligrosa para el cuerpo humano.
En la figura G1-015, de la pág. G/40, se indica que el tiempo máximo que el

cuerpo humano puede soportar esta tensión sin peligro de fibrilación ventricular es de:
BB1 (U_c= 154 V); 0,1 s
BB2 (U_c= 154 V); 0,045 s
Un interruptor automático a corriente diferencial residual de alta sensibilidad, para una intensidad de fuga de 7,66 A (unas 255 veces su intensidad nominal de desconexión) desconecta prácticamente en 0,04 s, por tanto serviría para esta protección.
Si la instalación debe realizarse en un local, donde el cuerpo humano puede estar mojado BB3, los 154 V deberían desconectarse en 0,017 s, tiempo imposible de garantizar con un interruptor diferencial.
La única alternativa posible es mejorar la puesta a tierra.

¿Cuál ha de ser el valor de la puesta a tierra para una instalación de clasificación BB3?
El tiempo mínimo de desconexión (aceptable) de un interruptor diferencial de 30 mA es de 40 ms (la normativa acepta un tiempo máximo de desconexión de 100 ms); la figura G1-015, de la pág. G/40, permite una tensión máxima de contacto para una duración de 40 ms de 94 V:

$$U_C = R_A \cdot I_d = R_A \cdot \frac{U_0}{R_A + R_B} = U_0 = \frac{1}{1 + \frac{R_B}{R_A}}$$

De donde:

$$R_A = \frac{R_B}{\frac{U_0}{U_c} - 1} = \frac{10\ \Omega}{\frac{230\ V}{95\ V} - 1} = 7{,}04\ \Omega$$

Los tiempos de desconexión de los DDR son inferiores a los tiempos máximos prescritos en la norma UNE 20460, y además en función de la corriente de fuga reducen el tiempo de desconexión.
Esta cualidad permite organizar la selectividad de las desconexiones de las protecciones contra los choques eléctricos.
Las normas UNE 61008 y la 61009 sobre la fabricación de los interruptores a corriente diferencial residual y los interruptores automáticos acoplados a interruptores a corriente diferencial residual especifica que:

Tiempos de desconexión en segundos en función de la intensidad de fuga					
Tipo	Intensidad nominal In	Intensidad de fuga			
		$I_{\Delta n}$	$I_{\Delta n}$	2 $I_{\Delta n}$	5 $I_{\Delta n}$
General		Todos	0,3	0,15	0,04
S	≥ 25 A	> 0,03	0,5	0,2	0,15
	≤ 25 A		0,13	0,06	0,04

Tabla G3-006: *tabla de las categorías y tiempos de desconexión de los DDR.*

A título de ejemplo, los interruptores Vigicompact disponen de retardos seleccionables:
Escalón I 60 ms
Escalón II 200 ms

Tiempos (en ms) de desconexión de los interruptores diferenciales, en función de la relación entre la corriente de fuga (I_d) con respecto a la intensidad nominal de desconexión ($I_{\Delta n}$)			
Tipo	$I_{\Delta n}$	2 · $I_{\Delta n}$	5 · $I_{\Delta n}$
Instantáneo	300	150	40
Doméstico tipo S	500	200	150
Industrial, escalón I	150	150	150

Tabla G3-007: *tabla de los tiempos de desconexión en función de la corriente de fuga.*

3.2.2. Corte automático en sistema TN

El principio de protección en el esquema TN consiste en asegurar que la intensidad de defecto de aislamiento U_0/Z_S es suficiente para activar la desconexión de las protecciones de sobrecarga (interruptores automáticos o fusibles), en el tiempo adecuado.

Conceptos básicos

En este tipo de esquema todas las masas están conectadas al conductor de protección (PE), generalmente el neutro (PEN), y éste conectado a tierra en el origen (en la fuente de alimentación).
El punto de alimentación puesto a tierra, por lo general, es el punto neutro. Si no existe punto neutro, o no está accesible, debe ponerse a tierra un conductor de fase. En ningún caso el conductor de fase debe servir de conductor PEN.
Esta conexión directa, transforma a los defectos de aislamiento de los conductores activos con respecto a masa, en cortocircuitos fase neutro.
Este cortocircuito activa las protecciones de sobreintensidad (interruptores automáticos o fusibles).
Las altas corrientes de cortocircuito provocan una caída de tensión del orden del 20% y pueden dejar a las masas susceptibles de ser tocadas por las personas con tensiones del orden del 80% de la tensión simple, y por tanto peligrosas.
Para evitar las caídas de tensión del conductor de protección, es conveniente efectuar sobre él conexiones a tierra a la entrada de cada edificio.
Si el edificio es muy alto, efectuar conexiones suplementarias para cada planta.
En las instalaciones fijas puede emplearse un solo conductor que actúa al mismo tiempo de conductor de protección y conductor de neutro (PEN), con la reserva de que cumplan... (HD 384.5.54, artículo 546.2).
Las características de los dispositivos de protección y las impedancias de los circuitos deben ser tales que, si en un punto cualquiera se produce un defecto de impedancia despreciable, entre un conductor de fase y el conductor de protección o una masa, la interrupción automática se produzca en un tiempo como máximo igual al valor especificado.
La condición de que $Z_s \cdot I_a \leq U_0$ cumple el requisito.
donde:

Z_s: es la impedancia del bucle de defecto, incluida la fuente, el conductor activo hasta el punto de defecto y el conductor de protección entre el punto de defecto y la fuente.

I_a: es la corriente que asegura el funcionamiento del dispositivo de interrupción automático en el tiempo definido en la Tabla G3-008, en las condiciones definidas, o en un tiempo convencional no superior a 5 s. En caso de utilización de un dispositivo de corriente diferencial residual, I_a es la corriente de funcionamiento asignada ($I_{\Delta n}$).

U_0: es la tensión nominal entre fase y tierra, valor eficaz en corriente alterna.

Tensiones nominales y tiempos de interrupción máximos en el esquema TN.
Estos valores son los máximos para una situación ambiental del cuerpo humano de BB1. No obstante para los cálculos utilizar la fig. G1-015 de la pág. G/40.

U_0* (V)	Tiempos de interrupción (s)
230	0,4
400	0,2
> 400	0,1

Tabla G3-008: *tensiones nominales y tiempos de interrupción máximos en el esquema TN.*

El corte automático en esquema TN

Se obtiene al asegurar que la intensidad de defecto es suficiente para provocar la desconexión de los interruptores automáticos o fusibles por sobreintensidad, o sea:

$$I_a \geq \frac{U_0}{Z_s} \qquad \text{o} \qquad \frac{^*0{,}8 \cdot U_0}{Z_s}$$

donde:
U_0 = Tensión simple.
(*) La CEI admite que en el momento de un cortocircuito la caída de tensión puede ser del 20%, por tanto de 0,8 U_0.
Z_s = Impedancia del bucle de defecto, implica a la fuente, a conductores activos y conductor de protección, hasta el punto de defecto.
I_d = Intensidad de defecto:
I_a = Intensidad que asegura la desconexión del dispositivo de protección en el tiempo especificado.

Ejemplo:
■ La tensión de contacto se considera del entorno del 50%:

$$U_c \approx 0{,}5\ U_0 = 0{,}5 \cdot 230\ V = 115\ V$$

115 V tensión peligrosa.
■ La impedancia del bucle Z_s es la suma de:

$$Z_s = \Sigma\ (Z_{AB} + Z_{BC} + Z_{DE} + Z_{EN} + Z_{NA})$$

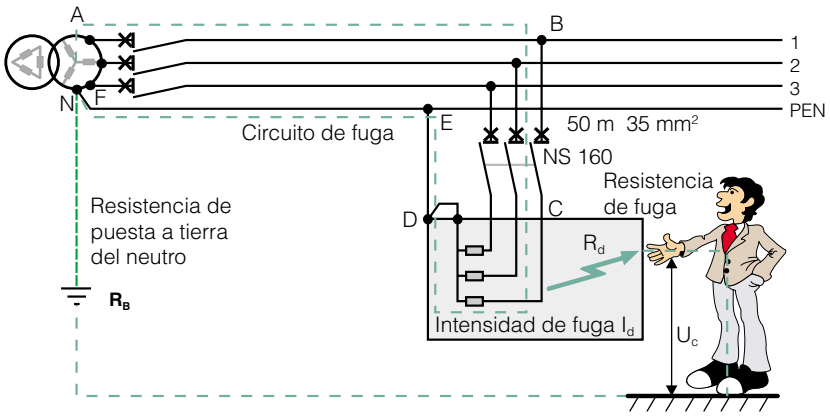


Fig. G3-009: *corte automático en esquema TN.*

□ Si Z_{BC} y Z_{DE} son los términos más preponderantes, podemos considerar:

$$Z_s \cong \Sigma\ (Z_{BC} + Z_{DE}) = 1{,}25\rho\left(\frac{L_{BC}}{S_{BC}} + \frac{L_{DE}}{S_{DE}}\right) = 1{,}25\frac{1}{56}\left(\frac{50\ m}{35\ mm^2} + \frac{50\ m}{35\ mm^2}\right) = 63{,}76\ m\Omega$$

Nota: como factor corrector de temperatura de la resistividad, para el cálculo de impedancias en corrientes de fuga en esquemas TN e IT es de 1,25ρ_0.

□ La corriente de defecto I_d puede valer:

$$I_d \cong \frac{0{,}8\ U_0}{Z_s} = \frac{0{,}8 \cdot 230\ V}{0{,}06376\ \Omega} \approx 2.886\ A$$

□ Si el interruptor automático es un NS 160:

$$\frac{I_a}{I_m} = \frac{2.886\ A}{160\ A} = 18{,}03\ I_m$$

El tiempo de desconexión de un NS160 a 18,03 I_m, siendo I_m el valor base de regulación del relé de tiempo corto, es de 20 ms y muy próximo del valor de la desconexión por reflejo (t ⩽ 10 ms).
Los 115 V considerados de la tensión de contacto U_c corresponden en la característica tensión tiempo de la fig. G1-015, de la pág. G/40, a:
BB1 - 195 ms
BB2 - 75 ms
BB3 - 27 ms
Esta protección, con tiempo de desconexión de 20 ms, es válida para cualquier tipo de ambiente.

¿Por qué consideramos que la tensión de contacto es el 50% de la tensión nominal?
La tensión de contacto U_c será:

$$U_c = I_{dRh} \cdot R_h$$

La intensidad que circula por el cuerpo humano dependerá de la resistencia del cuerpo, de la resistencia de contacto de la persona con la masa, de la resistencia de contacto de la persona a tierra y de la resistencia de puesta a tierra del neutro.
Si consideramos el caso más desfavorable (que el contacto es franco y el contacto con tierra es despreciable), podemos considerar R_h = 1.000 Ω.

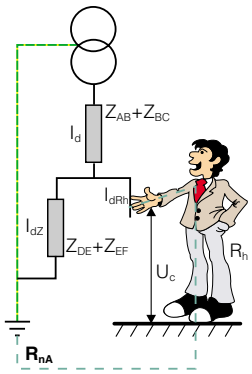


Fig. G3-010: *reparto de las intensidades de fuga.*

La intensidad de fuga se reparte inversamente proporcional a la impedancia del cuerpo humano (R_h) y a la impedancia de retorno del bucle (Z_{DE}+Z_{EF}).
Intensidad de fuga:

$$I_d = I_{dRh} + I_{dZ}$$

Reparto inversamente proporcional:

$$\frac{I_{dRh}}{I_{dZ}} = \frac{Z_{DE} + Z_{EF}}{R_h + R_{nA}}$$

Si consideramos, en el ejemplo que hemos expuesto, que:

■ La impedancia del bucle de retorno es la mitad de la impedancia del bucle, tendremos:

$$Z_{DE} + Z_{EF} = \frac{Z_s}{2} = \frac{0{,}06376\ \Omega}{2} = 0{,}03188\ \Omega$$

■ La resistencia del cuerpo humano para una tensión de contacto de 220 V, tendremos que R_h = 1.000 Ω son superados por el 95% de la población.
■ La resistencia de puesta a tierra del neutro es de R_{nA} = 10 Ω.
■ La intensidad de fuga calculada en el ejemplo es de I_d = 2.886 A.
Tendremos:

$$I_{dRh} = \frac{I_d}{1 + \dfrac{R_h + R_{nA}}{Z_{DE} + Z_{EF}}} = \frac{2.886\ A}{1 + \dfrac{(1.000 + 10)\ \Omega}{0{,}03188\ \Omega}} \cong 0{,}091\ A$$

Si apreciamos en el dibujo el circuito de la corriente por el cuerpo humano, que es de mano derecha a pies, según la tabla G1-014, de la pág. G/39, debemos considerar para los efectos de fibrilación como una corriente de:

$$I_{corazón} = 0{,}8\ I_{dRh} = 0{,}8 \cdot 0{,}091\ A = 0{,}072\ A$$

La tensión de contacto será:

$$U_c = R_h \cdot I_{dRh} = 1.000\ \Omega \cdot 0{,}091\ A = 91\ V$$

En la fig. G1-015, de la pág. G/40, para una tensión de 91 V los tiempos de desconexión máximos son:
BB3, < 0,042 s
BB2, < 0,12 s
BB1, < 0,5 s
Como podemos comprobar la tensión de contacto (U_c = 91 V) es menor de la consideración inicial del 50% de la tensión simple.
En términos generales, debido a que la impedancia del circuito es muy inferior a la del cuerpo humano se acepta la consideración.

Tiempo de corte específico

El tiempo de corte depende de la tensión de la red.

El tiempo de corte se expresa en el gráfico de la fig. G1-015 de la pág. G/40, realmente es función de la tensión simple (fase neutro) U_0, y en términos generales podemos referenciar los tiempos en función de la tensión de la red, evitando así todo el proceso de cálculo.

Relación de la tensión de la red con los tiempos de desconexión para la protección de los choques indirectos

Tensión Red U_0	Tiempo de corte en (s) BB1 U_L= 50 V	BB2 U_L= 25 V
230 V	0,4	0,20
400 V	0,2	0,05
> 400 V	0,1	

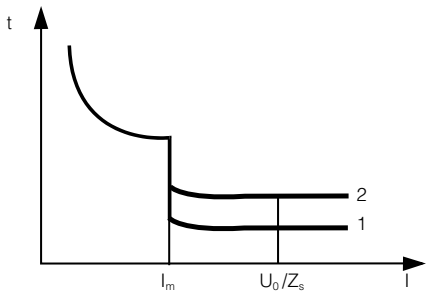
Tabla G3-011: *tabla de valores de tensión y tiempos de corte para la protección contra contactos indirectos en régimen TN.*

Nota 1: sin embargo, un tiempo superior a los de la tabla pero inferior a 5'' se admite en ciertas condiciones en los circuitos generales de distribución y también en algunos circuitos terminales que alimentan a un material fijo, siempre y cuando no se pueda presentar una tensión peligrosa en ninguna parte.
La normativa prescribe que en presencia de una toma de corriente, susceptible de poder conectarse un material móvil o portátil, se realice una conexión equipotencial, a nivel de cuadro de distribución, que abarque todas las masas y los elementos conductores (metálicos) accesibles.
Nota 2: si se debe proteger la parte terminal de una instalación y con las protecciones convencionales del sistema TN no es posible asegurar la protección contra los choques indirectos, se puede recurrir a la utilización de interruptores diferenciales DDR.
Nota 3: la utilización de interruptores diferenciales DDR es posible en circuitos TNS, aguas arriba del DDR, donde el neutro y el conductor de protección están separados (son dos conductores distintos). En este caso el cálculo de los interruptores diferenciales DDR se realiza igual que en los esquemas TT.

Protección con interruptor automático

Si la protección se efectúa por medio de un interruptor automático, es suficiente comprobar que la intensidad de fuga I_d sobrepasa el valor de la intensidad de desconexión instantánea o la del valor de tiempo corto (I_m).

La desconexión instantánea de un interruptor automático asegura la eliminación de la corriente en menos de 0,1 s.
Por tanto el uso de interruptores automáticos con características de desconexión por relé instantáneo o por relé de tiempo corto (I_m) ha de ser inferior a la intensidad de fuga I_d.



1) Desconexión instantánea
2) Desconexión con relé de tiempo corto

Fig. G3-012: *protección por corte con interruptor automático de esquema TN.*

Protección por fusible

Es la característica de fusión del fusible que permite determinar I_a. En todos los casos, la protección no es asegurada más allá de un cierto valor de la impedancia de bucle.

La corriente (I_a) que asegura la fusión en el tiempo máximo específico se determina a partir de la característica corriente tiempo.
Debemos asegurar que la intensidad de fuga (I_d) es superior a la intensidad de fusión (I_a) del fusible en el tiempo específico:

$$I_d = \frac{U_0}{Z_s}\ ; \quad I_a < \frac{U_0}{Z_s}$$

Ejemplo:
Si la tensión nominal fase/neutro de una red es de 230 V, el tiempo de corte específico indicado por la fig. G3-015 de la página siguiente es de 0,4 s.
La curva de fusión del fusible empleado (fig. G3-015), permite definir el valor correspondiente de la intensidad de fusión (I_a).
Este valor de la intensidad (I_a) permite definir la impedancia máxima del bucle de fuga que no se debe sobrepasar, para que la protección sea eficaz:

$$Z_s = \frac{U_0}{I_a}$$

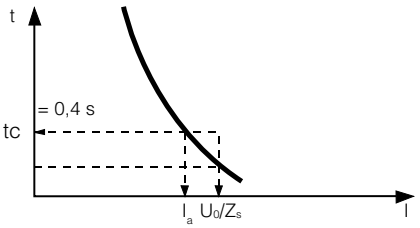


Fig. G3-013: *protección con fusible, característica tiempo corriente.*

3.2.3. Corte automático al segundo defecto en redes IT

En este tipo de esquema:
■ El neutro es aislado de tierra o es conectado a tierra a través de una impedancia elevada.
■ Las masas son conectadas a la tierra. Las masas deben conectarse a tierra, bien individualmente, por grupos o en conjunto.

Nota: en los grandes edificios, tales como los inmuebles de gran altura, las puestas a tierra de los conductores de protección no son posibles por motivos prácticos. La puesta a tierra de masas pueden realizarse mediante enlaces entre los conductores de protección, las masas y los elementos conductores.

■ Deben cumplir la condición siguiente:
□ Zonas donde el cuerpo humano tiene una resistencia eléctrica BB1 (secas) $R_A \cdot I_d \leqslant 50$ V.
□ Zonas donde el cuerpo humano tiene una resistencia eléctrica BB2 (húmedo) $R_A \cdot I_d \leqslant 25$ V.
□ Zonas donde el cuerpo humano tiene una resistencia eléctrica BB3 (mojado) $R_A \cdot I_d \leqslant 12$ V.
donde:
R_A: es la suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas
I_d: es la corriente de defecto en caso del primer defecto franco de baja impedancia entre un conductor de fase y la masa. El valor de I_d tiene en cuenta corrientes de fuga y la impedancia global de puesta a tierra de la instalación eléctrica.
Si se ha previsto un controlador permanente de aislamiento para indicar la aparición de un primer defecto de una parte activa a masa o tierra, debe activar una señal acústica y/o una señal visual.

Notas:
– se recomienda eliminar el primer defecto en un tiempo lo más corto posible.
– tal vez sea necesario un controlador permanente de aislamiento por motivos distintos a la protección para contactos directos.

Primer defecto

En el esquema IT no existe desconexión instantánea en el primer defecto.

En presencia de un solo defecto de aislamiento a masa o a tierra, se llama "primer defecto", la corriente de fuga I_d es muy baja y no llega a colocar a la masa a tensiones de contacto peligrosas:

$$R_A \cdot I_d \leqslant 50\ V$$

En estas condiciones no es necesario un corte de alimentación.
Pero en este tipo de esquema:
■ Se exige la instalación de un controlador permanente de aislamiento, con la misión de mandar una señal sonora o luminosa a la aparición del primer defecto.
■ La búsqueda y reparación rápida del primer defecto es esencial para asegurar la continuidad de servicio, que es la propiedad principal del sistema IT.

Fig. G3-014: *controlador permanente de aislamiento (CPI) obligatorio.*

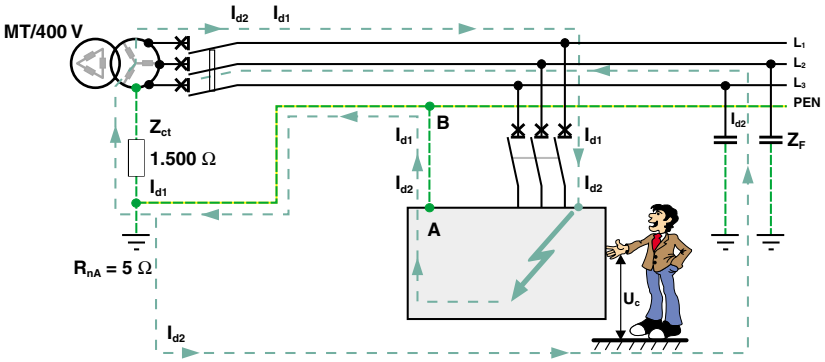


Fig. G3-015: *consecuencia de un primer defecto de aislamiento en esquema IT.*

El circuito de fuga se cierra por la perforación de la capacitancia propia de la red con tierra o en los casos que exista por la impedancia de puesta a tierra.

Caso de sistema sin reactancia de puesta a tierra
La impedancia a tierra de un cable de BT es del orden de 0,3 µF/km por fase.
La capacitancia:

$$C_T = 3 \cdot 0{,}3\ \mu F/km = 0{,}9\ \mu F/km$$

La impedancia:

$$Z_F = \frac{1}{C_T \cdot \omega} = \frac{1}{(0{,}9 \cdot 10^{-6})\ F/km \cdot 314} = 3.538{,}57\ \Omega \approx 3.500\ \Omega$$

La intensidad de fuga (I_d):

$$I_d = \frac{U_0}{Z_F} = \frac{230\ V}{3.500\ \Omega} = 0{,}066\ A$$

La tensión de contacto (U_c):
Si la resistencia de puesta a tierra de las masas es R_{nA}:

$$U_c = I_d \cdot R_{nA}$$

Caso de sistema con reactancia de puesta a tierra
La intensidad de fuga será:

$$I_d = \frac{U_0}{Z_{ct} + R_{nA}}$$

La tensión de contacto (U_c):

$$U_c = I_d \cdot R_{nA}$$

Ejemplo:
Para una red de 1 km:
La impedancia es de 3.538 Ω.
La intensidad de fuga (I_{d2}):

$$I_{d2} = \frac{U_0}{Z_F} = \frac{230\ V}{3.538\ \Omega} = 0{,}065\ A$$

La tensión de contacto (U_c):

$$U_c = I_{d2} \cdot R_{nA} = 0{,}065\ A \cdot 5\ \Omega = 0{,}325\ V$$

Valores de tensión no peligrosos.

Nota: el ejemplo ilustra un caso, pero siempre si la tensión a tocar no es peligrosa.

Segundo defecto

La presencia simultánea de un segundo defecto es peligroso y el corte automático de la alimentación debe producirse de inmediato. En el circuito interviene la interconexión de las masas y su puesta a tierra.

A la aparición de un segundo defecto el corte de la alimentación debe ser obligatoriamente de inmediato.

Podemos distinguir dos casos diferentes
Después de la aparición de un primer defecto, las condiciones de interrupción de la alimentación en el segundo defecto son las siguientes:
■ 1.er caso: Cuando se ponga a tierra masas por grupo o individualmente, las condiciones de protección son equivalentes a las del esquema TT, para dispositivos de protección de corriente diferencial-residual.
■ 2.º caso: Cuando las masas sean interconectadas mediante un conductor de protección, puestas colectivamente a tierra, se aplican las condiciones del esquema TN.

Deben cumplir la siguiente condición:

■ Cuando el neutro no está distribuido:

$$Z_s \leqslant \frac{U}{2I_a}$$

■ Cuando el neutro está distribuido:

$$Z'_s \leqslant \frac{U_0}{2I_a}$$

donde:

U_0: es la tensión nominal entre fase y neutro, valor eficaz en corriente alterna.

U : es la corriente entre fases, valor eficaz en corriente alterna.

Z_s: es la impedancia del bucle de defecto, constituido por el conductor de fase y el conductor de protección del circuito.

Z'_s: es la impedancia del bucle de defecto, constituido por el conductor neutro y el conductor de protección del circuito.

I_a: es la corriente que garantiza el funcionamiento del dispositivo de protección en el tiempo t prescrito en la tabla, según el caso o en un margen de como máximo 5 s, en todos los demás circuitos cuando sea admisible ese tiempo.

■ Tiempos máximos de interrupción en el esquema IT (segundo defecto). Estos valores son los máximos para una situación ambiental BB1 del cuerpo humano.

Tensión nominal en la instalación U_0 / U (V)	Tiempo de interrupción en (s)	
	Neutro no distribuido	Neutro distribuido
250 / 400	0,4	0,8
400 / 690	0,2	0,4
580 /1.000	0,1	0,2

Tabla G3-016: *tiempos máximos de interrupción de las protecciones al segundo defecto en esquema IT.*

1.er caso

Masas puestas a tierra en conjuntos o individualmente.

En el caso de que las masas estén puestas a tierra en diversos grupos o individualmente, se debe proteger cada grupo o cada una con un interruptor diferencial DDR.

Si todas las masas no son conectadas a la misma toma de tierra o si las masas están puestas a tierra en grupos o individualmente, los dos defectos pueden producirse en grupos diferentes. La protección a prever será:

■ En instalaciones con puesta a tierra en grupo, colocar un diferencial en cabecera para todo el grupo.

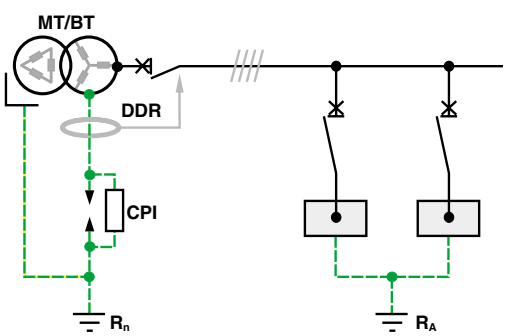


Fig. G3-017: *protecciones con puestas a tierra en grupos.*

■ En instalaciones con puestas a tierra individuales, colocar un diferencial en cabecera de cada derivación.

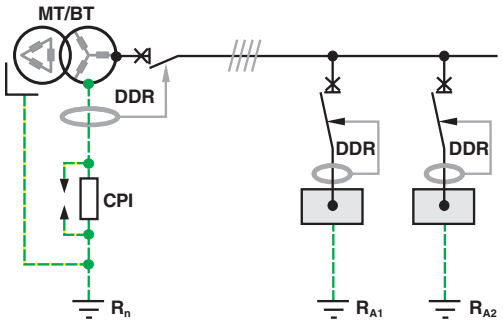


Fig. G3-018: *protecciones con puestas a tierra individuales*.

Nota: un DDR con núcleo toroidal separado, instalado sobre el neutro y actuando en cabecera, permite detectar las fugas del transformador.

2.º caso

En el interior de un grupo de masas interconectadas.

2.º caso: en el interior de un grupo de masas interconectadas se aplican las condiciones de un TN con un sistema de cálculo y unos tiempos de corte propios.

El esquema del circuito es equivalente a un régimen TN.
La protección se realiza como un régimen TN, teniendo en cuenta la tensión conveniente y una impedancia de bucle convencional igual al doble de la del circuito estudiado, que corresponde a la configuración más desfavorable.
Si el neutro es distribuido, la tensión de defecto es en general la tensión simple y se debe verificar:

$$I_a \leqslant \frac{U_0}{2 \cdot Z_s}$$

U_0 = Tensión simple.
Z_s = Impedancia del bucle.
Tiempo de corte específico.
Los tiempos de corte específicos no coinciden con los del esquema TN y corresponden a los de la tabla siguiente:

Tiempos máximos de duración de la tensión de contacto				
Tensiones	**Tiempo de corte (en s)**			
	BB1, U_L= 50 V		**BB2,U_L= 25 V**	
	Neutro distribuido			
	Sí	**No**	**Sí**	**No**
230/ 400	0,8	0,4	0,5	0,20
400/ 690	0,4	0,2	0,2	0,06
580/1.000	0,2	0,1	–	–

Tabla G3-019: *tabla de los tiempos de corte específicos máximos en esquema IT.*

Si el neutro no es distribuido, la tensión de defecto es la tensión compuesta y debemos verificar:

$$I_a \leqslant \frac{U}{2 \cdot Z_s} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_0}{2 \cdot Z_s}$$

Ejemplo:

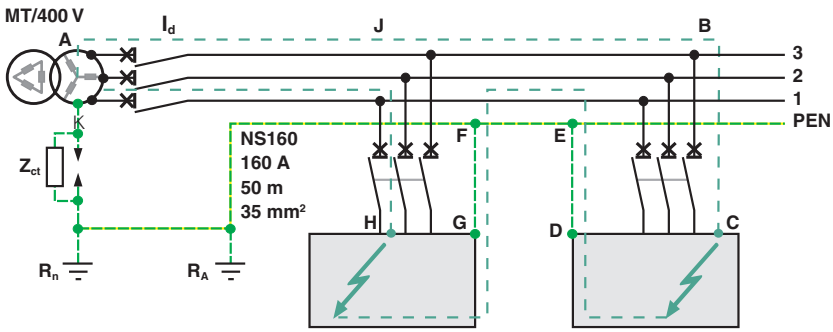


Fig. G3-020: *instalación de desconexión instantánea con dos interruptores automáticos en el caso de masas interconectadas.*

Los valores de la corriente (I_a) dependen de la aparamenta implicada.

■ Interruptores automáticos.

En el caso de la fig. G3-020, la puesta en servicio consiste en determinar los valores de regulación de la corriente de desconexión instantánea o la del relé de tiempo corto.

Si respetamos los valores de la tabla G3-019 de la página anterior, la regulación no tiene dificultad.

En el ejemplo de la fig. G3-020 tendremos el circuito protegido por el NS160:

□ Impedancia:

$$Z_{s1} = 2 \cdot R_{HJ} = 2 \cdot (1{,}25 \cdot \rho_{20}) \frac{L}{S} = 2\,(1{,}25 \frac{1}{56}) \cdot \frac{50\ m}{35\ mm^2} = 0{,}06377\ \Omega$$

□ La corriente de fuga I_d:

$$I_d = \frac{U}{2 \cdot Z_{s1}} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_0}{2 \cdot Z_{s1}} = \frac{1{,}73 \cdot 230\ V}{2 \cdot 0{,}06377\ \Omega} = 3.136\ A$$

□ La intensidad de regulación del relé de tiempo corto I_m:

$$I_m \leqslant 3.136\ A$$

■ Si la protección es un interruptor automático.

Deberemos comprobar en las características de desconexión del interruptor automático intensidad tiempo, si el tiempo de desconexión a 3.136 A es inferior al definido en la tabla G3-019 de la pág. G/74, para redes de 230/400 V con el neutro no distribuido:

– En BB1, 0,4 s.

– En BB2, 0,2 s.

Si el interruptor automático es un NS 160:

$$\frac{I_a}{I_m} = \frac{3.136\ A}{160\ A} = 19{,}06\ I_m$$

El tiempo de desconexión de un NS160 a 19,036 I_m, siendo Im el valor base de regulación del relé de tiempo corto, es de 20 ms y muy próximo del valor de la desconexión por reflejo (t ⩽ 10 ms).

■ Si la protección es un fusible.

En las características de fusión del fusible deberemos buscar un cartucho que con 3.136 A funda antes de:

0,4 s en BB1.

0,2 s en BB2.

3.3. Coordinación de los materiales eléctricos y de las medidas de protección con la instalación eléctrica

La protección es asegurada por una combinación entre las disposiciones constructivas de los materiales, sus dispositivos y la puesta en servicio. Es recomendable que los prescriptores técnicos y los instaladores utilicen las medidas de protección descritas en el apartado 2.1. "Medidas de protección contra los contactos directos e indirectos", pág. G/41 y 2.2. "Medidas de protección contra los contactos directos", pág. G/47.
Los materiales son clasificados en función de su aislamiento y de las posibilidades de su utilización de conformidad a las disposiciones de protección que ofrecen.
Las diversas clases de materiales las exponemos en este apartado (ver también la Tabla G3-021 de la pág. G/79).

Material de clase 0

Material en donde el aislamiento principal es la disposición de protección principal y no presenta disposiciones de protección en caso de defecto.

Aislamiento
Las partes conductoras que no son separadas de partes activas peligrosas, por lo menos, por un aislamiento principal, deben ser consideradas como partes activas peligrosas.

Material de clase I

Material donde el aislamiento genérico es la disposición de protección principal y donde la equipontencialidad de protección asegura la protección contra los defectos.

Aislamiento
Las partes conductoras que no son separadas de las partes activas peligrosas, por lo menos, por un aislamiento principal, deben ser consideradas como partes activas peligrosas.
Es también aplicable a partes conductoras separadas por un aislamiento principal y que son unidas a partes activas peligrosas por componentes no conocidos, por estar sometidos a los mismos parámetros que el aislamiento principal.

Uniones equipotenciales de protección
Las masas de los materiales deben ser conectadas al borne de equipotencialidad de protección.
Las partes recubiertas de pintura, barnices, lacas y productos análogos son considerados masas.
Las partes conductoras que pueden ser tocadas no son masas, si ellas están separadas de partes activas peligrosas por una separación de protección.

Superficies accesibles de partes de material aislante
Si en un material las partes accesibles no son todas de material conductor, las prescripciones siguientes son aplicables a las partes accesibles de material aislante.
■ Las superficies accesibles de material aislante que:
□ Son concebidas para ser cogidas.
□ Son susceptibles de situarse en contacto con superficies conductoras capaces de transmitir un potencial peligroso.
□ Superficies (superiores a 50 mm · 50 mm) que pueden devenirse en un contacto significativo para el cuerpo humano.

■ Estos materiales si son utilizados en zonas de alta polución muy conductora, deben ser separadas de partes activas peligrosas por:
□ Un aislamiento doble o mixto.
□ Un aislamiento principal y una protección por pantalla.
□ Una combinación de disposiciones.
■ Las demás superficies de partes accesibles en material aislante deben ser separadas de la partes activas peligrosas, por lo menos por un aislamiento principal.
Para los materiales concebidos como parte fija de la instalación, el aislamiento principal debe ser instalado por el constructor o el instalador, bajo las prescripciones del constructor o del prescriptor responsable de las instrucciones.

Conexión de un conductor de protección
Las conexiones del conductor de protección, a excepción de las bases y clavijas, deben ser claramente identificables, sea por el símbolo n.º 5019 de la CEI 60417-2, sea por las letras PE, o por la combinación bicolor verde amarillo. La identificación no debe ser situada o fijada por tornillo, en arandelas o otras partes que puedan ser aflojadas en la conexión de los conductores.
Para los materiales conectados con conductores flexibles, se deben tomar disposiciones para que el conductor de protección del cable, en caso de defecto del dispositivo de fijación, sea el último en ser desconectado.

Material de clase II

Material donde:
■ El aislamiento principal es la medida de protección principal.
■ El aislamiento suplementario es la medida de protección en caso de defecto.
o donde;
■ La protección principal y la protección en caso de defecto son aseguradas por un doble aislamiento o mixto.

Aislamiento
Las partes conductoras accesibles y las superficies accesibles de partes en material aislante deben ser:
■ Separadas de las partes activas peligrosas por un doble aislamiento o mixta.
■ Concebidas por construcción para asegurar una protección equivalente, por ejemplo impedancia de protección.
Para los materiales concebidos como una parte fija de la instalación, esta prescripción debe cumplirse si el material es instalado convenientemente. Esto significa que el aislamiento (principal, suplementario o mixto) y la impedancia de protección, si es necesaria, sean instaladas por el constructor o el instalador, segun las instrucciones del constructor o del prescriptor responsable.
Las disposiciones que aseguran una protección equivalente en caso de defecto pueden ser definidas por los comités de inspección en función de las prescripciones de la naturaleza y aplicación de los materiales.
Las partes conductoras que son separadas de las partes activas peligrosas por un aislamiento principal, o por una protección equivalente con disposiciones propias del constructor, deben ser separadas de las superficies accesibles por un aislamiento suplementario, o por un aislamiento equivalente definido por las disposiciones constructivas del propio constructor.
Las partes conductoras que no son separadas de las partes activas peligrosas por lo menos con un aislamiento principal, deben ser consideradas como partes activas peligrosas, es decir que deben ser separadas de superficies accesibles.
La tornillería de las envolventes, susceptible de ser desmontada en la instalación, debe ser de material aislante y no se debe poder sustituir por materiales no aislantes.

Equipotencialidad de protección
Los elementos conductores susceptibles de ser tocados y las partes intermedias, no deben ser unidas intencionadamente a cualquier dispositivo de conexión o conductor de protección.
Si el material está provisto de dispositivos que mantienen la continuidad de las uniones equipotenciales de protección, y si este material satisface todas las demás condiciones de la clase II, estos dispositivos deben ser:
■ Aislados de las partes activas y de las partes conductoras accesibles por un aislamiento principal.
■ Marcado como material de clase I.
El material no debe ser marcado con el símbolo n.º 5172.
Los materiales de clase II no pueden estar dotados de medios de conexión a tierra funcional (distinta a la tierra de protección) esta necesidad es recogida en la norma CEI de referencia. Estos medios deben estar aislados de partes activas por una doble aislamiento o mixto.

Marcaje
Los materiales de clase II deben estar marcados por el símbolo gráfico n.º 5172 de la CEI 60417-2, situado con la marca de alimentación, por ejemplo sobre la placa de identificación, de forma que el símbolo sea una información técnica evidente y que en cualquier caso no puede existir confusión con el nombre del constructor u otras indicaciones.

Material de clase III

Material donde la fiabilidad se apoya sobre una limitación de la tensión MBT como medida de protección principal y sin medidas para la protección en caso de defecto.

Tensiones
El material debe estar concebido para estar conectado bajo una tensión nominal no superior a 50 V en corriente alterna o 120 V en corriente continua (llana).
La corriente continua llana se define como una corriente con una ondulación inferior al 10% de la componente continua. Los valores máximos por tensiones no sinusoidales en corriente alterna están en estudio.
En conformidad al apartado 2.1. “Medidas de protección contra los contactos directos e indirectos”, pág. G/41, un material de clase III solo puede conectarse a fuentes MBTS o MBTP.
Los circuitos internos pueden funcionar bajo cualquier tensión nominal que no sobrepase los límites prescritos en el párrafo anterior.
En el caso de un defecto simple en el material, cualquier tensión de contacto permanente que pueda aparecer o generarse, no debe superar los límites de 50 V en ca, o de 120 V en cc (lisa).

Equipotencialidad de protección
Los materiales de clase III no deben ser ensayados con conexiones al conductor de protección. Pero estos materiales pueden ser ensayados con una conexión funcional a tierra (esta tierra no es la misma que la de protección), si la normativa de construcción del material lo define. En todos los casos, cualquier disposición para las conexiones de partes activas a tierra debe ensayarse en el material.

Marcaje
El material debe estar marcado por el símbolo gráfico n.º 5180 de la CEI 60417-2.
Esta prescripción no es aplicable si los medios de conexión a la alimentación son previstos para una sola alimentación con MBTS o MBTP.
■ Puesta en servicio de materiales en una instalación.

Clase de materiales	Marcas del material o instrucciones	Condiciones de conexión de los materiales a instalaciones
Clase 0	Utilización en un entorno no conductor. Utilización con protección por separación eléctrica	Entorno no conductor
		Separación eléctrica asegurada individualmente por cada material
Clase I	Marcaje del borne de equipotencialidad de protección con el símbolo n.º 5019 de la CEI 60417-2 o las letras PE o la doble coloración verde-amarillo	Unir este borne a la unión equipotencial y de puesta a la tierra existente
Clase II	Marcaje con el símbolo n.º 5172 de la CEI 60417-2 (doble cuadro)	No es necesario considerarlas en las disposiciones relativas a la instalación
Clase III	Marcaje con el símbolo n.º 5180 de la CEI 60417-2 (cifra romana III dentro un diamante)	Sólo para esquemas MBTS o MBTP

Tabla G3-021: *coordinación de materiales.*

Condiciones particulares de funcionamiento

Dispositivos de maniobra manual y componentes previstos para ser sustituidos manualmente

Dispositivos con necesidad de rearme (interruptores automáticos, dispositivos contra las sobreintensidades, sobretensiones y las bajadas de tensión).
Componentes intercambiables (lámparas, fusibles...).
Por el restablecimiento de la función de la instalación, por la red o los materiales (el párrafo siguiente "Dispositivos a maniobra manual o componentes destinados a ser sustituidos por personas ordinarias"), es también aplicable para el mantenimiento de la instalación por el utilizador.

Nota: para toda la presente norma, "manualmente" significa "a mano, con o sin la ayuda de un útil".

■ **Dispositivos a maniobra manual o componentes destinados a ser sustituidos por personas ordinarias.**

La protección contra todo contacto con las partes activas peligrosas debe ser mantenida durante la manipulación de los dispositivos o la sustitución de los componentes.
Es conocido que ciertos casquillos de lámparas o portafusibles, conformes a normas existentes, no satisfacen esta condición de reemplazamiento de componentes.
Si una instalación, red o material conlleva dispositivos manuales o componentes de sustitución manual, estos dispositivos y componentes deben ser emplazados en un lugar en el que no se pueda acceder a partes activas peligrosas.
Si no podemos garantizar el cumplimiento del párrafo anterior, debemos situar seccionadores de tensión de las partes activas peligrosas, antes del acceso a las partes.

■ **Dispositivos a maniobra manual o componentes destinados a ser reemplazados por personas cualificadas o advertidas.**

La protección contra todo acceso fortuito a partes activas peligrosas debe ser asegurado por conformidad a los párrafos contiguos ("Emplazamiento de los dispositivos y de los componentes" y "Accesibilidad y maniobra").
□ Si no hay ni barreras ni envolventes.
□ Si las barreras o envolventes no son abiertas por personas cualificadas o advertidas para acceder a dispositivos de maniobra o a componentes reemplazables manualmente.

Nota: los entes de inspección pueden limitar la aplicación de este párrafo o imponer prescripciones complementarias y especificar el tipo de maniobra manual para la cual esta protección es permitida.

■ Emplazamiento de los dispositivos y de los componentes.
El material debe ser concebido y montado de forma que los dispositivos y los componentes sean accesibles y visibles por una persona en situación de manipulador.
Si la posición de montaje de un material dificulta la visibilidad o el acceso a los dispositivos o a los componentes y conlleva un peligro, entonces la posición de montaje prescrita debe ser controlada.
■ Accesibilidad y maniobra.
El camino de accesibilidad a los dispositivos y el espacio necesario de maniobra deben ser tales que: la protección contra los contactos fortuitos con las partes activas peligrosas sea asegurada por una distancia apropiada. La distancia debe ser especificada por los entes de inspección.
En el caso que las distancia de separación a las partes activas peligrosas no puedan ser suficientes, debemos prever obstáculos. Estos obstáculos deben asegurar la protección contra los choques fortuitos. El grado de protección no debe ser inferior a IP2X de la CEI 60529 para todas las direcciones del entorno al dispositivo a manipular o a los componentes recambiables y no inferior a IP1X de la CEI 60529 en todas las direcciones apropiadas.

Valores eléctricos después del seccionamiento de las partes activas
Si la protección se basa en el aislamiento por seccionamiento de las partes activas, a la apertura de las envolventes o al desplazamiento de los obstáculos. Debemos tener en consideración que las capacidades se han de descargar automáticamente con el seccionamiento, de forma que 5 segundos después del corte, los valores limite de la tensión sean los especificados en el 6.5 de la CEI 61201 no sea sobrepasados. Debe indicarse en un cartel muy visible el tiempo de descarga hasta llegar a los valores límite que no deben ser sobrepasados.

4. Instalación régimen TT

4.1. Medidas de protección

La aplicación de la protección diferencial en las viviendas se tratará en el capítulo L, apartado 1.

Protección contra los contactos indirectos

En general

La protección contra los contactos indirectos se realiza con interruptores diferenciales, manteniendo la condición de:

En ambientes BB1

$$I_{\Delta n} = \frac{50\ V}{R_A}$$

En ambientes BB2

$$I_{\Delta n} = \frac{25\ V}{R_A}$$

En ambientes BB3

$$I_{\Delta n} = \frac{12\ V}{R_A}$$

La elección de la sensibilidad del diferencial es función del ambiente y de la puesta a tierra.

Valores de las resistencias de puestas a tierra en función de la sensibilidad y la tensión máxima de contacto		
$I_{\Delta n}$	Resistencia máxima de la puesta a tierra	
	BB1 (50 V)	BB2 (25 V)
3 A	16 Ω	8 Ω
1 A	50 Ω	25 Ω
500 mA	100 Ω	50 Ω
300 mA	166 Ω	83 Ω
30 mA	1660 Ω	833 Ω

Tabla G4-001: *tabla de los límites superiores de la resistencia de la toma de tierra de las masas y que no se debe superar en función del ambiente (U_L) y la sensibilidad del interruptor diferencial ($I_{\Delta n}$).*

Los circuitos de distribución

En función de la tabla G1-010 de la CEI, pág. G/37, podemos obtener los tiempos máximos de contacto en función de la tensión de contacto Uc y organizar una desconexión escalonada (selectividad por tiempo); y en función de la intensidad de fuga una selectividad amperimétrica.

Si situamos interruptores diferenciales:

- En A) DDR-MS, temporizados.
- En B) DDR-MS, instantáneos.

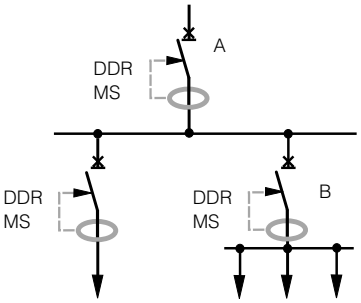


Fig. G4-002: *circuitos de distribución.*

Circuitos con grupos de masas unidos a tomas de tierra separadas

Protección contra los contactos indirectos con DDR en cabecera de cada grupo de masas unidas a una misma tierra.
La sensibilidad debe ser adaptada a la resistencia de la puesta de tierra R_{A2}.

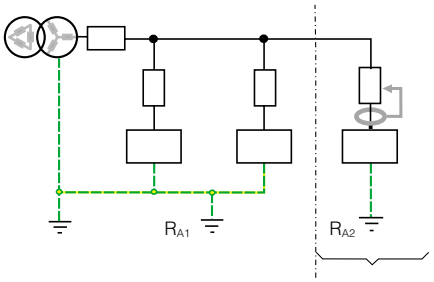


Fig. G4-003: *tomas de tierra separadas.*

Dispositivos diferenciales de alta sensibilidad (AS)

Donde se deben colocar los dispositivos diferenciales de (AS ⩽ 30 mA):
■ Circuitos con tomas de corriente ⩽ 32 A, en cualquier ambiente (1).
■ Circuitos con tomas de corriente en locales mojados BB3 cualquiera que sea la intensidad de la toma (1).
■ Circuitos con tomas de corriente en instalaciones provisionales (1).
■ Circuitos de alimentación de canteras, de carabanas, de barcos de recreo, instalaciones para feriantes y ferias, instalaciones ornamentales, instalaciones de señalización (1).
En estas instalaciones pueden montarse protecciones individuales o por grupos de circuitos.

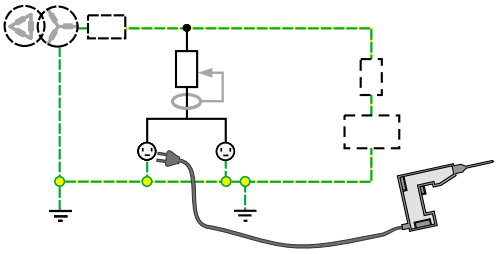


Fig. G4-004: *circuito de tomas de corriente.*

(1) Estos casos serán tratados en detalle en el capítulo L.

Prevención en los locales con riesgo de incendios

Protecciones diferenciales de sensibilidad ⩽ 500 mA.

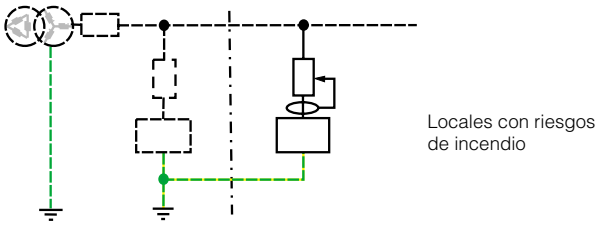


Fig. G4-005: *local con riesgo de incendios.*

Protección cuando una masa no está unida a tierra

(Tolerado sólo con instalaciones existentes, antiguas, y en locales secos cuando no es posible realizar puestas a tierra.)
Protección diferencial complementaria contra los contactos directos a corriente residual de “alta sensibilidad” (⩽ 30 mA) sobre la parte correspondiente.

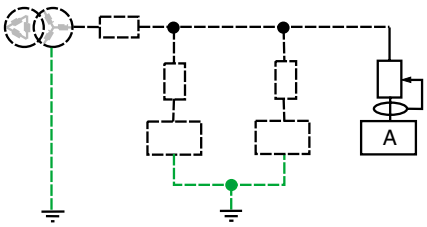


Fig. G4-006: *circuito con una masa no unida a tierra.*

4.2. Tipos de DDR

Los DDR se encuentran incorporados en los siguientes materiales:

■ Interruptores automáticos diferenciales conforme a la CEI 60947-2, UNE-EN 60947 y su anexo B.
■ Interruptores automáticos diferenciales domésticos conforme a la norma CEI 61008 y 9, UNE-EN 61008 y 9.
■ Relés toroidales de conformidad a CEI 60755.

Los interruptores automáticos diferenciales adaptables
Comportan un interruptor automático (Compact o Multi 9) y un módulo auxiliar Vigi. Permiten una gran cantidad de protecciones en un solo material:
■ Protección para sobrecargas relé de tiempo largo.
■ Protección para cortocircuitos, relé de tiempo corto.
■ Protecciones diferenciales.

4.3. Descripción de una gama de interruptores diferenciales

4.3.1. Interruptores diferenciales ID

Características generales

Inmunidad a disparos intempestivos: el dispositivo diferencial está protegido contra disparos intempestivos debidos a sobretensiones pasajeras (tormentas, maniobras en la red, conexión de maquinaria, etc.).
Vida eléctrica: 20.000 maniobras.
Tropicalización: ejecución 2 (95% de humedad a 55 °C).
Conexionado: bornes de caja para cable flexible de hasta 35 mm^2 o rígido de hasta 50 mm^2.
Mando manual: por maneta.
Tensión de empleo: 230/400 Vca (+10, –15%), 50/60 Hz.
Corriente de empleo: 25...100 A.
Seccionamiento: con corte plenamente aparente.
Disparo instantáneo o selectivo: sensibilidades fijas para todos los calibres.
Peso (g):
- Bipolar 230 g.
- Tetrapolar 450 g.

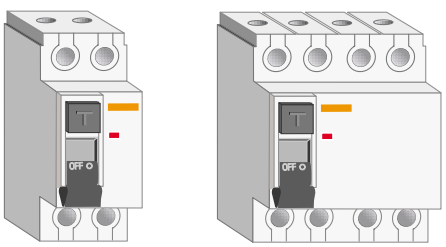
Conforme a norma: UNE-EN 61008.

Características particulares

a) ID instantáneo clase AC:

Campo de aplicación: para uso en el sector doméstico, terciario e industrial.
Calibres: 25, 40, 63, 80 y 100 A.
Tensión de empleo:
- Bipolar 240 Vca (+10%, –20 %).
- Tetrapolar 415 Vca (+10, –20 %)

Sensibilidad: 10, **30**, **300** y **500 mA**.
Inmunidad a disparos intempestivos: nivel de inmunidad: 250 A de cresta según onda periódica 8/20 µs.
Visualización de defecto: en cara anterior por indicador mecánico rojo.
Adaptación de auxiliares y accesorios: permite el acoplamiento manual de los mismos auxiliares eléctricos y accesorios que la gama C60:
- Disparo a distancia, bobina MX.
- Bobina de mínima tensión MN.
- Contactos OF, para señalización a distancia del estado abierto o cerrado.
- Contacto SD, para la señalización a distancia del disparo del ID.
- Cubrebornes.

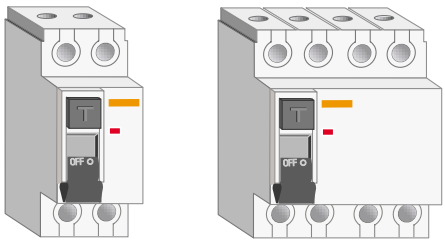


ID instantáneo clase AC

Poder de corte:
■ Poder de cierre y de corte asignado (I_{Dm}) 1.500 A.
■ Poder asignado de cierre y de corte diferencial (I_{Dm}) 2.500 A.

b) ID selectivo Ⓢ clase AC

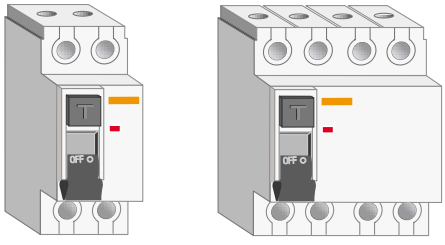
Permite la selectividad vertical con los dispositivos diferenciales instantáneos de 10 y 30 mA situados aguas abajo:
Calibres: 63, 80 y 100 A.
Tensión de empleo:
■ Bipolar 240 Vca (+10%, –20 %).
■ Tetrapolar 415 Vca (+10, –20 %).
Sensibilidad: 10, 30 y 300 mA.
Inmunidad a disparos intempestivos: nivel de inmunidad: 250 A de cresta según onda periódica 8/20 µs.
Otras características: idénticas a los ID instantáneos clase AC.



ID selectivo Ⓢ clase AC

c) ID instantáneo clase A

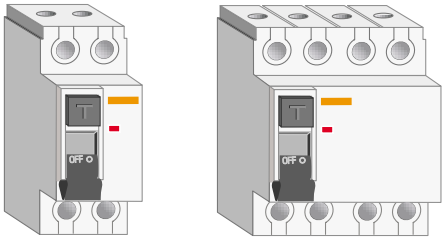
Adecuados para instalar cuando hay receptores con dispositivos rectificadores (diodos, tiristores, triacs, etc.) en los que se pueden generar impulsos de corriente continua cuyas fugas no podrían ser detectadas por los ID de clase AC. Aseguran el disparo en caso de fuga de corriente del valor asignado tanto para corrientes alternas como para corrientes alternas con componentes continuas:
Calibres: 25 A (sólo bipolar), 40 y 63 A.
Tensión de empleo:
■ Bipolar 230 Vca (+10, –20 %):
■ Tetrapolar 400 Vca (+10, –20 %):
Sensibilidad: 30 y 300 mA.
Inmunidad a disparos intempestivos: nivel de inmunidad: 250 A de cresta según onda periódica 8/20 µs.
Otras características: idénticas a los ID instantáneos clase AC.



ID instantáneo clase A

d) ID “si” clase A superinmunizados

La gama “si” ha sido concebida para mantener una seguridad y continuidad de servicio óptima en instalaciones perturbadas:
- Por condiciones atmosféricas extremas.
- Por receptores generadores de armónicos.
- Por corrientes transitorias de maniobras.



ID “si” clase A superinmunizado

Campo de aplicación: para uso en sector terciario e industrial.
Tipo: instantáneo y selectivo.
Clase: A.
Calibres:
- Instantáneos, 25, 40 y 63 A.
- Selectivos, 63 y 80 A.

Tensión de empleo:
- Bipolar 230 Vca (+10, –20 %).
- Tetrapolar 400 Vca (+10, –20 %).

Sensibilidad:
- Instantáneos, 30 mA.
- Selectivos, 300 y 500 mA.

Inmunidad a disparos intempestivos: nivel de inmunidad: instantáneos 3 kA de cresta según onda periódica 8/20 µs, instantáneos 5 kA de cresta según onda periódica 8/20 µs.
Visualización del defecto: en carátula por indicador mecánico color rojo.
Adaptación de auxiliares y accesorios: idénticas características que los ID instantáneos clase AC.
Poder de corte:
- Poder de cierre y de corte asignado (Im) 1.500 A.
- Poder asignado de cierre y de corte diferencial (IDm) 2.500 A.

4.3.2. Bloques diferenciales Vigi para automáticos C60

Características generales

El interruptor automático diferencial C60 se presenta compuesto de un interruptor automático de base a la derecha del cual se adapta el dispositivo diferencial a corriente residual (bloque Vigi).

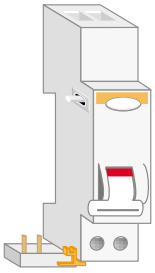
Los bloques adaptables Vigi C60 se presentan en 3 versiones:
- Bloque Vigi para C60 de calibres ⩽ 25 A.
- Bloque Vigi para C60 de calibres ⩽ 40 A.
- Bloque Vigi para C60 de calibres ⩽ 63 A.

Número de polos: 2, 3 y 4.

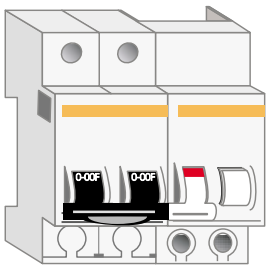
La inviolabilidad de la asociación: está asegurada por el precinto de la tapa-tornillo y del cubrebornes suministrado con el bloque Vigi C60 para calibres < 25 A en los automáticos C60 de grandes calibres (40 y 63).

El interruptor diferencial: es electromecánico, funcionando sin fuente auxiliar. El bloque Vigi C60 integra en su interior el relé y el toro.

Interruptor automático



Bloque Vigi



Interruptor automático diferencial

Visualización del defecto de fuga:
■ Mecánica: en la parte frontal, mediante una banda roja sobre la maneta de rearme.
■ Eléctrica: por auxiliar de señalización SD suministrado separadamente.
Está protegido: contra los disparos intempestivos debidos a las sobretensiones transitorias (rayos, maniobras de la red).
Tensiones de empleo:
■ 230 V (+10, –15 %).
■ 230 V (+10, –15 %).
Poder de corte: igual al del interruptor automático asociado.
Peso (g):

C60 + bloque Vigi		
Tipo	C60 ⩽ 25 A	C60 ⩽ 40 y ⩽ 63 A
2 p.	220 + 120	220 + 150
3 p.	340 + 180	340 + 210
4 p.	450 + 190	450 + 220

Tabla G4-007: *tabla de pesos de los aparatos con bloque Vigi.*

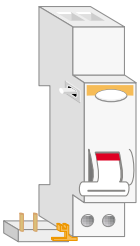
Ancho de los interruptores automáticos diferenciales:

C60 + bloque Vigi (en número de módulos 18 mm)			
Tipo	Sens. (mA)	C60 ⩽ 25 A	C60 ⩽ 40 y ⩽ 63 A
2 p.	30 - 300	3,5	4
3 p.	30 - 300	6	6,5
4 p.	30 - 300	7	7,5

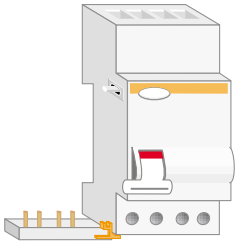
Tabla G4-008: *tabla de los elementos modulares de 18 mm que ocupan los interruptores automáticos con bloques Vigi.*

Permite: con un dispositivo situado en la maneta el rearme después del defecto diferencial independiente o simultáneo con el automático.
Señalización:
■ Mecánica: visualización de defecto diferencial en la carátula, con indicador mecánico de color rojo.
■ Eléctrica: por el auxiliar SD suministrado separadamente.

Conexionado: bornes para conductores de 25 mm² hasta 25 A y de 35 mm² para 32 a 63 A (el bloque Vigi C60 para calibres ⩽ 40 A o ⩽ 63 A puede ser utilizado por los automáticos C60 25 A en lugar del bloque Vigi C60 para calibres ⩽ 25 A con el fin de conexionar cables de 35 mm²).
Accesorios: tapa-precinto tornillo. Permite hacer inaccesibles los bornes de salida del bloque Vigi.



Bloques Vigi selectivos Ⓢ clase AC



Bloques Vigi instantáneos clase A

La asociación C60 + bloque Vigi, constituye un interruptor automático diferencial conforme a la norma UNE-EN 61009.

Características particulares

a) Bloques Vigi instantáneos clase AC

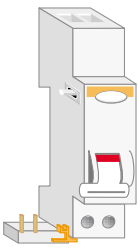
Calibres: ⩽ 25, ⩽ 40, ⩽ 63.
2 sensibilidades fijas: 30 mA para todos los calibres, 300 mA para todos los calibres.
Inmunidad a disparos intempestivos: nivel de inmunidad: 250 A de cresta según onda periódica 8/20 µs.

b) Bloques Vigi selectivos Ⓢ clase AC

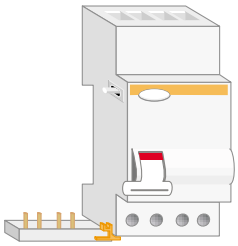
Incorporan un retardo en el tiempo de respuesta permitiendo la selectividad vertical con todos los interruptores diferenciales instantáneos aguas abajo:
300 mA Ⓢ con 30 mA.
1 A Ⓢ con 300 mA.
Calibres: ⩽ 63 A.
2 sensibilidades fijas: 300 mA y 1 A.
Inmunidad a disparos intempestivos: nivel de inmunidad: 5.000 A de cresta según onda periódica 8/20 µs.

c) Bloques Vigi instantáneos clase A

Adecuados para instalar cuando hay receptores con dispositivos rectificadores (diodos, tiristores, triacs, etc.) en los que se pueden generar impulsos de corriente continua cuyas fugas no podrían ser detectadas por dispositivos diferenciales de clase AC.



Bloques Vigi selectivos Ⓢ clase A



Bloques Vigi "si" clase A superinmunizados

Aseguran el disparo en caso de fuga de corriente del valor asignado tanto para corrientes alternas como para corrientes alternas con componentes continuas:
Calibres: ⩽ 25, ⩽ 63 A.
2 sensibilidades fijas: 30 mA y 300 mA.
Inmunidad a disparos intempestivos: nivel de inmunidad: 250 A de cresta según onda periódica 8/20 µs.

d) Bloques Vigi selectivos Ⓢ clase A

Reúnen las características de los bloques Vigi selectivos, más las de los de clase A:
Calibres: ⩽ 63 A.
1 sensibilidad fija: 300 mA.
Inmunidad a disparos intempestivos: nivel de inmunidad: 5.000 A de cresta según onda periódica 8/20 µs.

e) Bloques Vigi "si" clase A superinmunizados

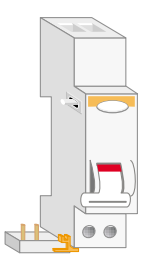
La gama "si" ha sido concebida para mantener una seguridad y continuidad de servicio óptima en instalaciones perturbadas:
- Por condiciones atmosféricas extremas.
- Por receptores generadores de armónicos.
- Por corrientes transitorias de maniobras.

Para uso en sector terciario e industrial.
Tipo instantáneo y selectivo.
Clase A.
Calibres: ⩽ 25, ⩽ 40 y ⩽ 63 A para instantáneos y ⩽ 63 A para selectivos.
Sensibilidad fija: 30 mA para instantáneos y 300 mA para selectivos.
Inmunidad para disparos intempestivos: nivel de inmunidad: 3.000 A y 5.000 A de cresta según onda periódica 8/20 µs para los instantáneos y para los selectivos respectivamente.

f) Bloques diferenciales Vigi *i*DPN

Conforme a la norma UNE-EN 61009.
Añaden la función de protección diferencial a los magnetotérmicos ***i*DPN** e ***i*DPN N** mediante un sencillo clip incorporado.
Tipo instantáneo.
Clases A, AC y A "si"
Calibres: ⩽ 25 y ⩽ 40
Sensibilidad: 30 mA o 300 mA.
Polos: Unipolar + neutro, tripolar y tripolar +neutro.**Cierre brusco.**

Interruptores automáticos ***Clario***



Bloques diferenciales Vigi ***Clario***

4.3.3. Interruptor automático diferencial DPN Vigi

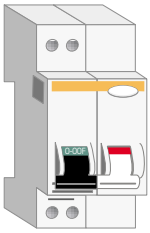
Características generales

Calibre: 6 a 40 A a 30 °C.
Tensión de empleo: 230 Vca.
Curva de disparo: curva C, el disparo magnético se produce entre 5 y 10 In.
Visualización del defecto diferencial: en la carátula del aparato.
Cierre brusco.
Seccionamiento: corte plenamente aparente.
Conexionado: bornes de caja para cables rígidos de hasta 16 mm^2 (conforme con la norma EN 50027).
Tropicalización: ejecución 2 (humedad relativa 95 % a 55 °C).
Homologación: conforme a la norma UNE-EN 60898 y EN 61009.
Peso: 190 g.
El DPN Vigi permite incorporar las mismas funciones auxiliares que el interruptor automático C60.
Auxiliares de señalización:
■ OF posición ON-OFF del DPN N.
■ SD posición de disparo por defecto.
Auxiliares de disparo:
■ MX + OF bobina de disparo a emisión de corriente.
■ MN bobina de disparo a mínima tensión.
Accesorios mecánicos:
■ Etiquetas de identificación.
■ Dispositivo de enclavamiento por candado.
Existen unos peines de conexión especiales para el DPN y DPN Vigi que permiten la alimentación rápida de varios aparatos.
Pueden ser alimentados:
■ Bien conectando el cable directamente en los bornes del DPN con cable de 16 mm^2.
■ O bien mediante conectores de 25 mm^2 sobre el propio peine.
Intensidad admisible a 40 °C:
■ 100 A común conector central.
■ 125 A con dos puntos de alimentación.
Conformes a la norma UNE-EN 61009.

Características particulares

a) DPN Vigi clase AC:

Poder de corte: UNE-EN 60898: 4.500 A.
Inmunidad a disparos intempestivos: nivel de inmunidad: 250 A de cresta según onda periódica 8/20 µs.
Sensibilidad fija: 10 mA.
Intensidad asignada: 10 o 16 A.



DPN Vigi clase AC

b) DPN Vigi "si" clase A superinmunizados:

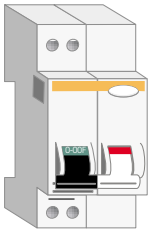
La gama "si" ha sido concebida para mantener una seguridad y continuidad

de servicio óptima en instalaciones perturbadas:
- Por condiciones atmosféricas extremas.
- Por receptores generadores de armónicos.
- Por corrientes transitorias de maniobras.

Campo de aplicación:
- Sector terciario.
- Sector industrial.

Tipo:
- Instantáneo.
- Selectivo.

Clase A: aseguran el disparo en caso de fuga de corriente del valor asignado tanto para corrientes alternas como para corriente alterna con componente continua.
Poder de corte: UNE-EN 60898: 6.000 A.
Inmunidad a disparos intempestivos: nivel de inmunidad: 3.000 A de cresta según onda periódica 8/20 µs.
Sensibilidad fija: 30 o 300 mA.
Intensidad asignada: 6, 10, 16, 20, 25, 32 y 40 A.



DPN Vigi "si" clase A superinmunizados

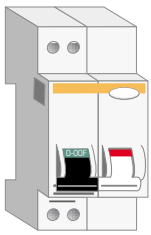
c) *i*DPN Vigi clase AC:

La gama *i*DPN Vigi ha sido concebida para mantener una seguridad y continuidad de servicio óptima en instalaciones perturbadas:
- Por condiciones atmosféricas extremas.
- Por receptores generadores de armónicos.
- Por corrientes transitorias de maniobras.

Campo de aplicación:
- Sector terciario.
- Sector industrial.

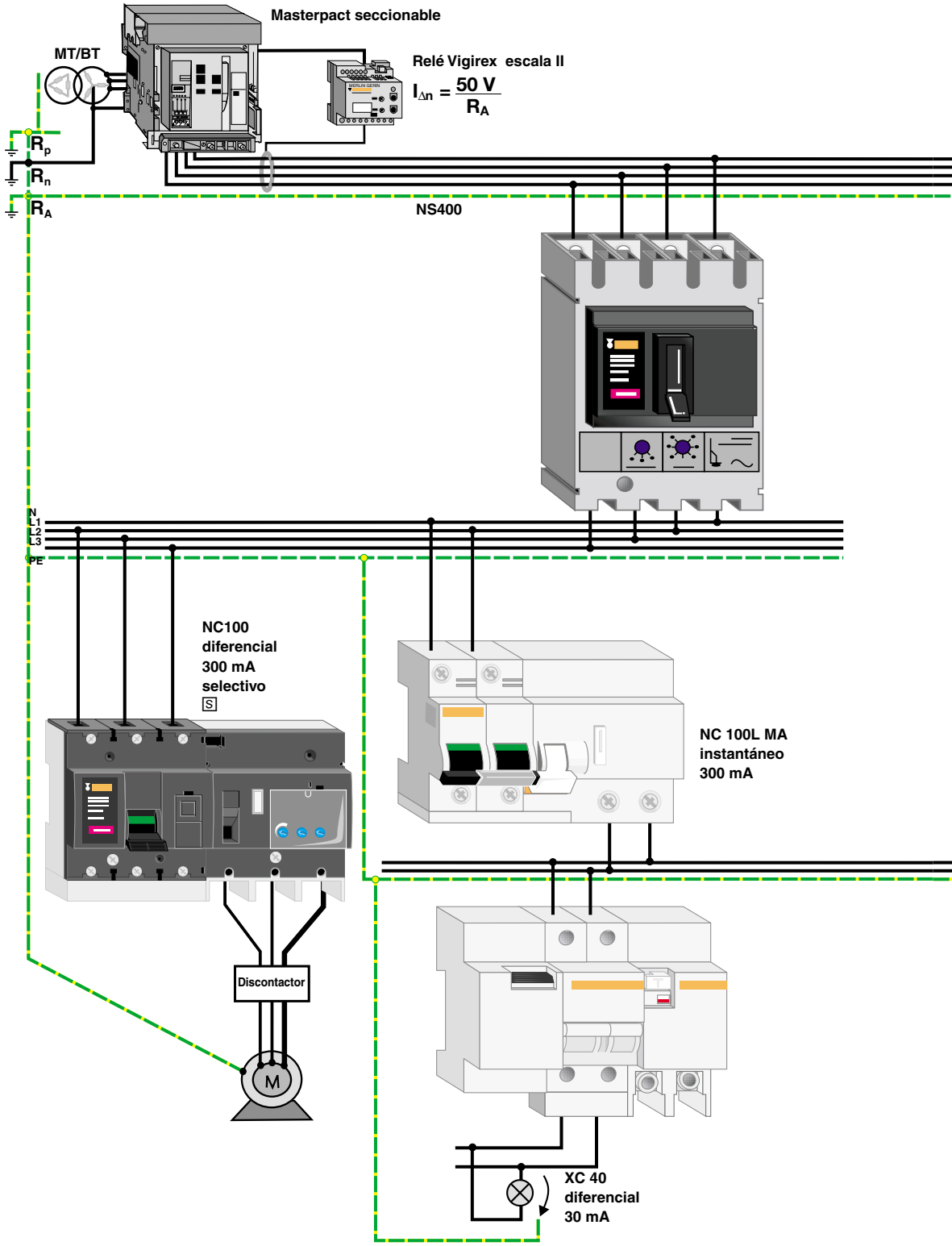
Tipo:
- Instantáneo.

Clase AC: aseguran el disparo en caso de fuga de corriente del valor asignado para corrientes alternas.
Poder de corte: UNE-EN 60898: 4.500 A.
Inmunidad a disparos intempestivos: nivel de inmunidad: 250 A de cresta según onda periódica 8/20 µs.
Sensibilidad fija: 30 o 300 mA.
Intensidad asignada: 10, 16, 20 y 25 A.



*i*DPN Vigi clase AC superinmunizados

Selectividad diferencial vertical a tres niveles:



Nota: este dibujo ilustra la protección de circuitos de distribución de circuitos terminales en esquema TT.

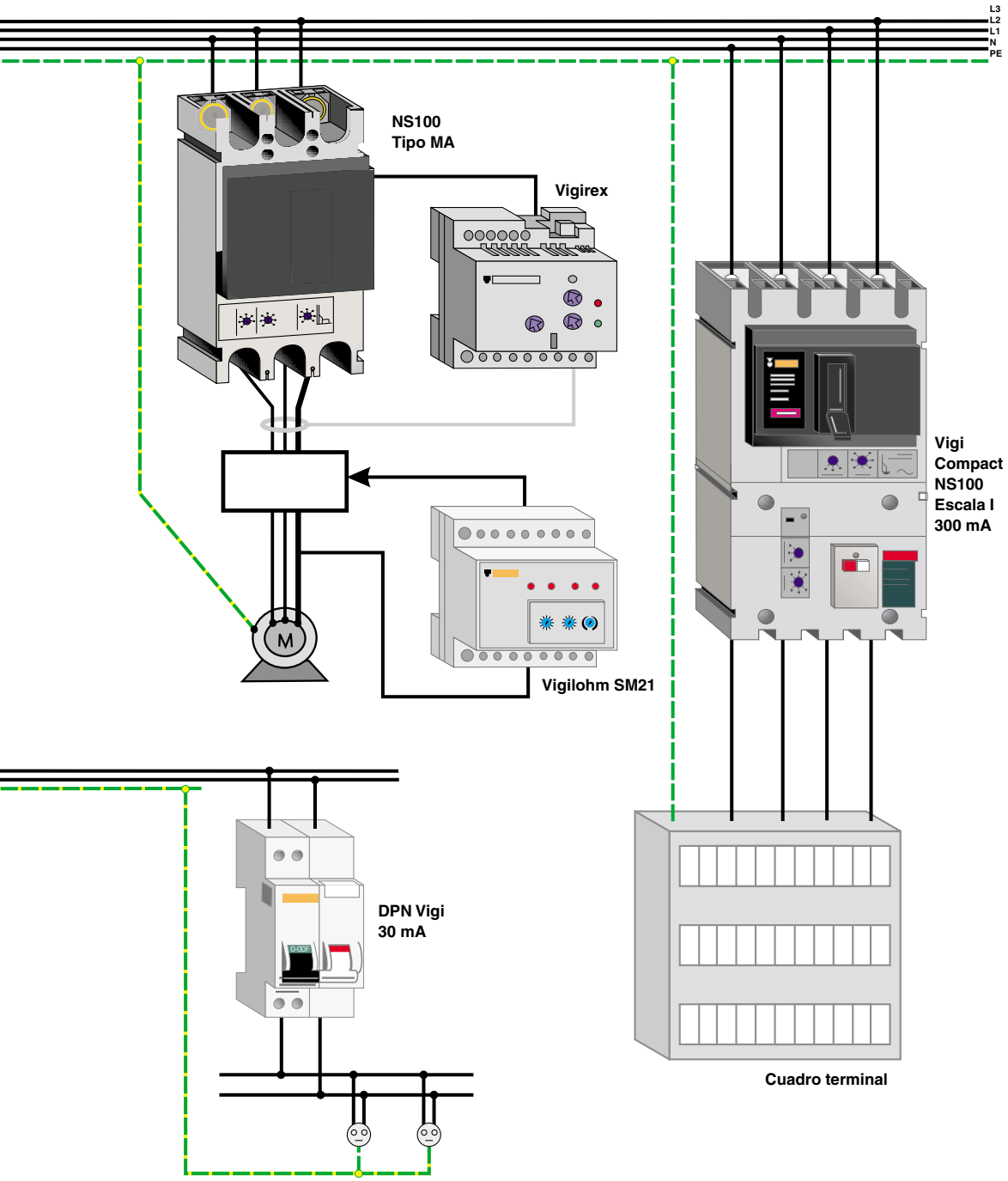
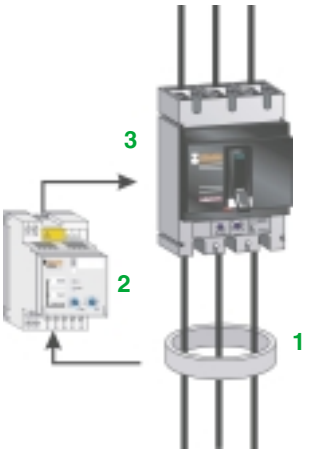


Fig. G4-009: *ejemplo clásico de realización de una instalación con selectividad a tres niveles.*

d) Compact NS

La protección diferencial está realizada:
■ Por la adición de un bloque Vigi al interruptor automático (Compact NS 100 a 630).
■ Por la instalación en el interruptor automático de una unidad de control Micrologic 7.0 A que integra esta función (Compact NS 630b a 3200).
■ Por la utilización de un relé Vigirex y toroidales separados (para todos los interruptores automáticos Compact).



1 Toroidal de medida de intensidad diferencial residual.
2 Relé Vigirex de detección de defectos diferenciales.
3 Bobina auxiliar MN o MX para el disparo de defecto diferencial.

Interruptores automáticos equipados de un bloque Vigi adicional (Vigicompact)

Intensidad nominal (A)		**100…630**
Vigicompact	NSA160 N/E NS100 a 250 N/SX/H/L	NS400 y 630 N/H/L

Características generales de los interruptores automáticos

Los interruptores automáticos Compact NS100 a 630 y NSA160 están presentados en el capítulo “Protección contra las sobreintensidades”.

Bloques Vigi asociados

La protección diferencial se obtiene mediante el montaje de un dispositivo diferencial residual Vigi directamente en bornes del aparato.

Interruptores automáticos equipados de una unidad de control con protección diferencial integrada y de un transformador sumador externo

Intensidad nominal (A)		**630…3200**
Compact	NS630b a 1000 N/H/L NS1250 y 1600 N/H	NS1600b a 3200

Características generales de los interruptores automáticos

Los interruptores automáticos Compact NS630b a 3200 están presentados en la parte “Protección contra las sobreintensidades”.

Bloques de relés asociados

Las unidades de control electrónicas Micrologic 7.0 A integran en estándar la protección diferencial.

Protección diferencial por relé Vigirex

Vigirex	Relé diferencial	Toroidales separados

Asociación de interruptores automáticos Compact + relés Vigirex

Los relés Vigirex permiten asociar a los interruptores automáticos Compact NS una protección diferencial externa. Los interruptores automáticos deben estar equipados con una bobina de disparo MN o MX. Los relés Vigirex disponen de umbrales de regulación y temporización regulables y están particularmente adaptados cuando las necesidades de la instalación son importantes (interruptor automático ya instalado y conectado, espacio disponible limitado…).

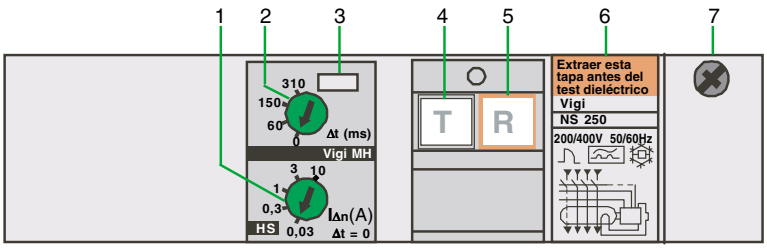
Características de los relés Vigirex:
Ver apartado 4.5. “Interruptores diferenciales de uso industrial”, pág. G/99.

Interruptores automáticos diferenciales Vigicompact NSA160
Ver página G/94.

Interruptores automáticos diferenciales Vigicompact NS100 a 630
Después de la incorporación del bloque Vigi, se conservan todas las características del interruptor automático:

- Conformidad a las normas.
- Grados de protección, aislamiento de clase II en cara delantera.
- Seccionamiento con corte plenamente aparente.
- Características eléctricas.
- Características de los bloques de relés.
- Modos de instalación y conexionado.
- Auxiliares de señalización, medida y mando.
- Accesorios de instalación y conexión.

Vigicompact NS250N



1 Regulación de la sensibilidad.
2 Regulación de la temporización (permite realizar la protección diferencial selectiva).
3 Enclavamiento que impide el acceso a las regulaciones.
4 Botón de test para verificar regularmente el disparo simulando un defecto diferencial.
5 Pulsador de rearme (necesario después del disparo por defecto diferencial).
6 Placa de características.
7 Alojamiento para el contacto auxiliar SDV.

Aparato extraíble

Es posible la instalación de un bloque Vigi en un interruptor automático con zócalo extraíble pero requiere de accesorios de conexión específicos (ver el catálogo del producto 020001 AD1).

Dimensiones y masas	NS100/160	NS250	NS400/630
Dimensiones	3 polos	105×236×86	135×355×110
L×H×P (mm)	4 polos	140×236×86	180×355×110
Peso (kg)	3 polos	2,5	2,8 8,8
	4 polos	3,2	3,4 10,8

Dispositivos diferenciales Vigi

■ Conformidad a las normas:

□ CEI 60947-2 anexo B/EN 60947-2.

□ Decreto del 14 de noviembre 1988.

□ CEI 60255-4 y CEI 60801-2 a 5: protección contra los disparos intempestivos debidos a las sobretensiones transitorias, rayos, maniobra de aparatos en la red, descargas electrostáticas, ondas radioeléctricas.

□ CEI 60755: clase A. Insensibilidad a las componentes continuas hasta 6 mA.

□ Funcionamiento hasta –25 °C según norma VDE 664.

■ Señalización a distancia

Los bloques Vigi pueden incorporar un contacto auxiliar para señalización a distancia del disparo por defecto diferencial.

■ Alimentación

Los bloques Vigi son alimentados por la propia tensión de la red protegida. Por tanto, no necesitan alimentación exterior.

Funcionan, incluso, con únicamente tensión entre dos fases.

Elección de los bloques Vigi			
	Vigi ME	Vigi MH	Vigi MB
Número de polos	3, 4(1)	3, 4(1)	3, 4(1)
NS100 N/H/L	■	■	–
NS160 N/H/L	■	■	–
NS250 N/H/L	–	■	–
NS400 N/H/L	–	–	■
NS630 N/H/L	–	–	■

(1) Los bloques Vigi 3P se adaptan igualmente en los interruptores automáticos de 2P (dimensiones de 3P).

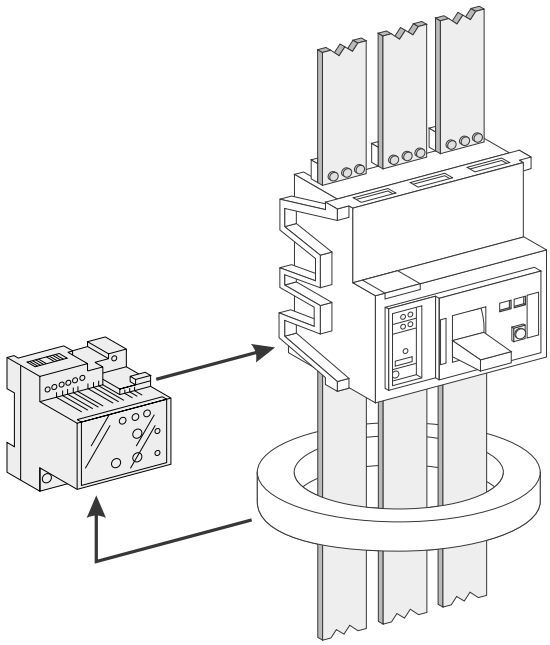
Características de las protecciones									
Sensibilidad	Fija	Regulable				Regulable			
I_n (A)	0,3	0,03 - 0,3 - 1 - 3 - 10				0,3 - 1 - 3 - 10 - 30			
Temporización									
Retardo	Fijo	Regulable				Regulable			
Intencional (ms)	< 40	0	60(1)	150(1)	310(1)	0	60	150	310
Tiempo total	< 40	< 40	< 140	< 300	< 800	< 40	< 140	< 300	< 800
de corte (ms)									
Tensión nominal Vca 50/60 Hz	200...440	200... 440 - 440...550				200...440 - 440...550			

(1) Sea cual sea el escalón de temporización, si la sensibilidad está regulada a 30 mA, no se aplica ningún retardo.

e) Compact CM de 1250 a 3200 A

Interruptor automático Compact CM + relé diferencial Vigirex
Los relés Vigirex con toroidal separado permiten añadir la protección diferencial a los interruptores automáticos Compact CM.

Características de los relés Vigirex
Ver apartado 4.5. “Interruptores diferenciales de uso industrial”, pág. G/99.



4.4. Coordinación de las protecciones diferenciales

Se asegura con la selectividad y la separación de circuitos o con las dos.
La separación consiste en la subdivisión de los circuitos con las protecciones individuales o colectivas.
La selectividad impide la desconexión del interruptor aguas arriba porque el de aguas abajo (más próximo) ha eliminado el defecto.
La selectividad puede realizarse a tres o cuatro niveles puesto que las instalaciones comportan:
- 1.er nivel; cuadro general BT.
- 2.º nivel; los cuadros secundarios de BT.
- 3.er nivel; los cuadros terminales de BT.

Generalmente encontramos, a nivel de los cuadros terminales, la protección contra los contactos indirectos y las protecciones contra los contactos directos.

Selectividad entre los interruptores diferenciales
La selectividad en sensibilidad se obtiene con el escalonamiento de los valores normalizados: 30, 100, 300 mA, 1 A; y temporizando las desconexiones según el diagrama adjunto:

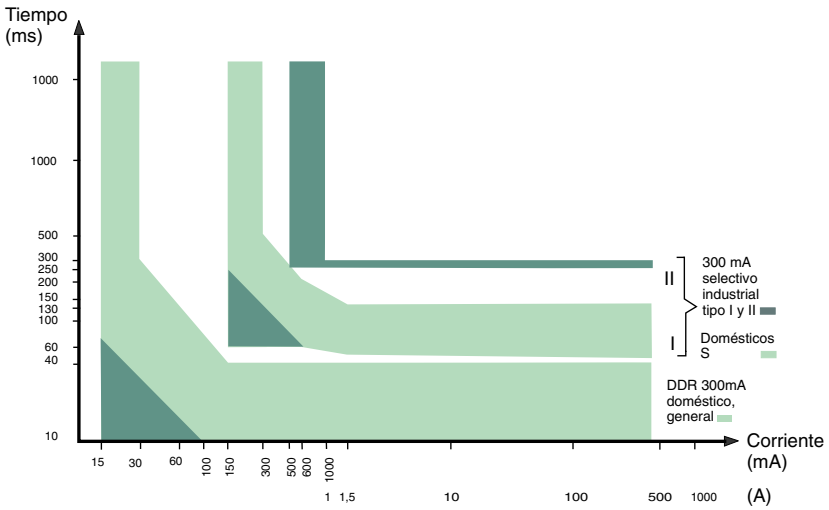


Fig. G4-010: *selectividad entre DDR.*

Selectividad total a 2 niveles:

■ Protección:

□ En A: DDR-MS retardado (escala I) tipo S para la protección contra contactos indirectos.

■ En B: DDR-AS para los circuitos de tomas de corriente o elementos de riesgo.

■ Soluciones Schneider Electric:

□ En A: interruptor automático diferencial Compact o Multi 9 (Vigi NS160 o Vigi NC 100), escala I o tipo S.

□ En B: interruptor automático integrado (DPN Vigi) o adaptable (ej.: Vigi C60 o Vigi NC100) o Vigicompact.

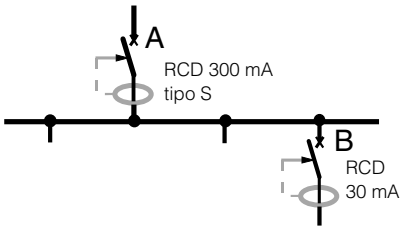


Fig. G4-011: *selectividad total a dos niveles.*

Selectividad total a 3 o 4 niveles:

■ Protección:

□ En A: DDR-MS retardado (escalón III).

□ En B: DDR-MS retardado (escalón II).

□ En C: DDR-MS retardado (escalón I) o tipo S.

□ En D: DDR-AS instantáneo.

■ Soluciones Schneider Electric:

□ En A: DDR con núcleo toroidal separado (Vigirex RH328A).

□ En B: Vigicompact o Vigirex.

□ En C: Vigirex, Vigicompact, Vigi NC100 o Vigi C60.

□ En D: Vigicompact, Vigirex, Multi 9 integrado o adaptable: Vigi C60 o DPN Vigi.

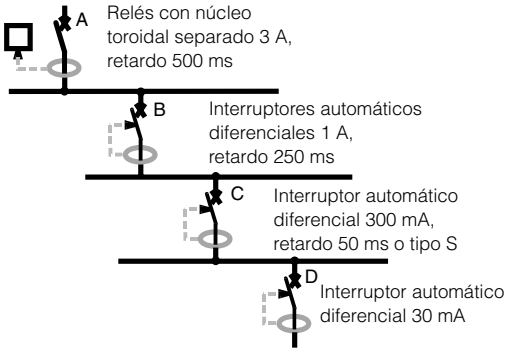


Fig. G4-012: *selectividad total a tres niveles.*

4.5. Interruptores diferenciales de uso industrial

Relés diferenciales con núcleo toroidal separado

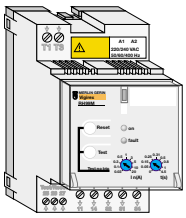


Fig. G4-013: *relé Vigirex.*

Vigirex
La protección diferencial consiste en medir la corriente de fuga a tierra de una instalación eléctrica (o de una parte de la instalación eléctrica), y en provocar el corte de la instalación cuando esta corriente resulta peligrosa para las personas o para los bienes.
Con la gama Virigex se dispone de la flexibilidad y las prestaciones de los relés diferenciales con toroidal separado.

Función
Los relés Vigirex, a través de su toroidal asociado, miden la corriente de fuga a tierra de una instalación eléctrica.
La gama de los relés Vigirex permiten:
- La protección diferencial (RH10, RH21, RH99).
- La señalización (RMH o RH99).
- La protección diferencial y la señalización (RHUs y RHU).

Relé de protección diferencial
Los relés de protección provocan el corte de la alimentación de la red controlada, con la finalidad de proteger:
- A las personas contra los contactos indirectos y, de modo complementario, contra algunos contactos directos.
- Los bienes contra los riesgos de incendio.
- Los motores.

Los relés controlan la apertura del interruptor automático al que están asociados, cuando se supera el umbral de sensibilidad de la corriente de fuga IΔn. Según los relés, el umbral de sensibilidad IΔn puede ser fijo, ajustable o conmutable y la visualización de la superación del umbral se puede realizar por visualización digital del valor de la corriente medida o mediante un LED.
La desconexión puede ser instantánea o temporizada. Algunos aparatos permiten regular esta temporización.
Los relés de protección memorizan el defecto diferencial. Después de eliminar el defecto, el relé vuelve a estar listo para funcionar, tras el rearme manual del contacto de salida.

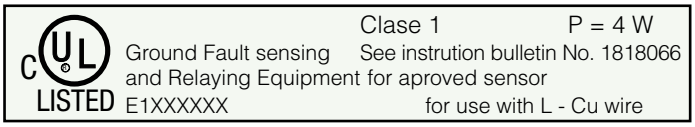
Relés de señalización
Los relés de señalización permiten supervisar un descenso de aislamiento eléctrico debido al envejecimiento de los cables o la extensión de la red.
La medida permanente de la evolución de las corrientes de fuga permite planificar las acciones de mantenimiento preventivo identificando las salidas implicadas. El aumento de estas corrientes de fuga puede conllevar el paro de la explotación.
La señalización se controla mediante la superación de un umbral de la corriente de fuga. Según el relé, el umbral puede regularse o conmutarse y la visualización de la superación del umbral se puede realizar mediante visualización digital del valor de la corriente medida o mediante un LED.
La señalización puede ser instantánea o temporizada. Algunos aparatos permiten regular esta temporización.
Los relés de señalización no memorizan el defecto diferencial, el contacto de salida se rearma automáticamente tras la desaparición del defecto.

Utilización
La gama Vigirex responde a las necesidades de protección y de mantenimiento para todos los niveles de la instalación. En función de los relés, se integran en redes de BT alterna en régimen de neutro TT, IT o TNS con tensiones de hasta 1.000 V y frecuencias comprendidas entre 50/60 Hz y 400 Hz.
Los relés Vigirex de protección están adaptados para funcionar con el conjunto de la aparamenta eléctrica del mercado.

Conformidad con las normas
Los relés de la gama Vigirex están diseñados para cumplir las siguientes normas:
■ CEI-60755: normas generales para los dispositivos de protección de corriente diferencial residual.
■ CEI-EN 60947-2: aparamenta de baja tensión, parte 2 (interruptores automáticos).
■ CEI-EN 60947-5-1: aparamenta para baja tensión, parte 5-1 (aparatos electromecánicos).
■ CEI-EN 61000-4-2: ensayos de inmunidad a las descargas electroestáticas.
■ CEI-EN 61000-4-4: ensayos de inmunidad a los campos electromagnéticos.
■ CEI-EN 61000-4-4: ensayos de inmunidad a los transitorios eléctricos rápidos en ráfagas.
■ CEI-EN 61000-4-5: ensayos de inmunidad a las ondas de choque.
■ CEI-EN 61000-4-6: ensayos de inmunidad a las perturbaciones conducidas inducidas por los campos radioeléctricos.
■ UNE-EN 55011: límites y métodos de medida de las características relativas a las perturbaciones radioeléctricas.
■ Prescripciones obligatorias para el marcado CE:
□ CEI-EN 61000-6-2: inmunidad a los entornos industriales.

□ EN 50081-1: emisión para entornos terciarios y residenciales.
■ CEI 60664-1: coordinación del aislamiento de los materiales en las redes de baja tensión, parte 1.
■ EN 50102: grados de protección proporcionados por las envolventes para materiales eléctricos contra los impactos mecánicos.
■ UL 1053: los relés RH10, RH21 y RH99 hasta 220/240 V inclusive, se han diseñado para cumplir la norma UL 1053.
■ CEI 60364, REBT y UNE-EN 20460: normas de instalación para la distribución eléctrica en baja tensión.

Dispositivos de elección de defectos a tierra y de actuación UL 1053
La norma de referencia para los productos de este tipo es la UL 1053 “Ground-Fault sensing and Relatiying Equipment” (Dispositivos de detección de defectos a a tierra y de actuación).
La etiqueta de los Underwriters Labotatories Inc., aplicada a un producto es el único medio suministrado por UL para identificar los productos fabricados en el marco de sus características de homologación y de seguimiento.
La etiqueta incluye el nombre y/o el logo Underwriters Labotatories Inc, (ver ilustración), con la designación “Listed” (homologado), un número de identificación y la indicación “Grounnd-Fault sensing and Relaying Equipment” (Dispositivos de detección de defectos a tierra y de actuación).



La utilización de la etiqueta combinada indica que el producto responde a las exigencias de seguridad de los Estados Unidos y Canadá.
Esta categoría comprende los dispositivos de detección de defectos a tierra, relés de protección o una combinación de ambos, capaces de accionar un aparato de corte cuando la corriente de defecto a tierra alcanza un umbral determinado, conforme a las exigencias del National Electrical Code, ANSI/NFPA70.
Los relés RH99, RH21 y RH10 (M y P) son dispositivos con alimentación auxiliar concebidos para proteger la instalación eléctrica contra los defectos a tierra. Los relés reciben informaciones del toroidal, la procesan y, si es necesario, cierran un contacto de salida para accionar el aparato de corte asociado.
Estos productos de clase 1 asocian un dispositivo de detección de defecto a tierra y un relé. Están concebidos para accionar un aparato de corte, como un interruptor automático o un interruptor seccionador en carga de caja moldeada, incorporando una bobina de disparo. De esta forma, el aparato de corte interrumpe todos los conductores no puestos a tierra cuando un umbral determinado de corriente de defecto a tierra es alcanzado.
Estos productos están concebidos para proteger circuitos de tensión nominal hasta 600 V CA y de frecuencia 50/60 Hz.
En cada relé debe estar indicadas las características siguientes, para las dos versiones M y P:
■ Versión M: formato DIN (formato multi 9, montaje rápido + montaje con destornillador).
■ Versión P: formato empotrado (en panel, puerta, etc.).
■ Calibres:
□ Umbral IΔn fijo (a elegir entre varias sensibilidades) y temporización instantánea.

□ Umbral IΔn conmutable de 0,03 a 30 A y temporización conmutable de 0 a 4,5 s (ver valores de regulación).
□ Corriente continua: 12 a 48 V CC.
■ Consumo máximo: 4 W.

Resistencia al entorno climático
Los relés Vigirex satisfacen las exigencias climáticas según las normas siguientes:
■ CEI-EN 60068-2-30: ensayos en calor húmedo sin funcionamiento; tasa de humedad relativa del 95% a 55 °C (entorno caliente y húmedo).
■ CEI-EN 60068-2-52: ensayos de bruma salina; ensayos KB gravedad 2.
■ CEI-EN 60068-2-56: ensayo en calor húmedo en funcionamiento; 48 h, categoría de entorno C2.
Esto permite utilizar los relés en todos los climas.

Grado de contaminación
Los relés Vigirex pueden funcionar en los entornos industriales más adversos. Satisfacen el grado de contaminación 3 según la norma CEI 60664-1 y CEI-EN 60947-1 aplicables a los equipos de baja tensión.

Temperatura ambiente
La gama de relés Vigirex está diseñada para utilizarse con temperaturas ambientes entre –25 °C y +70 °C. Los relés con visualización digital están limitados al rango de –25 °C a +55 °C.
La puesta en servicio debe realizarse a la temperatura ambiente indicada anteriormente.
La temperatura de almacenamiento de los relés, en su acondicionamiento de origen, debe estar comprendida entre –55 °C y +85 °C.

Aislamiento reforzado con la red aguas arriba
El aislamiento reforzado de los relés de la gama Vigirex, categoría de sobretensión IV (la más severa) permite, sin aislamiento galvánico adicional:
■ Una conexión directa de la alimentación del relé en la cabeza de la instalación (cableado aguas arriba de un interruptor automático de llegada de BT de tipo Masterpact, por ejemplo).
■ Una conexión directa en un juego de barras aguas arriba.
■ Clase de aislamiento.
Todos los relés Vigirex, con formato DIN o empotrados, son de clase II en la cara delantera según las normas CEI 60664-1.
Las salidas de comunicación de los relés RHU y RMH son igualmente de clase II.

Grado de protección
Según las normas EN 60529 (índice de protección IP) y EN 50102 (protección contra los impactos mecánicos externos IK): IP40 e IK07 para las partes frontales a través de la puerta o en tapa, otras partes IP30 y conectores IP20.

Resistencia a las vibraciones
Los relés Vigirex cumplen las exigencias de las sociedades de certificación Veritas y Lloyd's (ensayo de vibración de 2 a 13,2 Hz +/– 1 mm y de 13,2 a 100 Hz –0,7 g).

Etiquetados y marcados
■ UL, CE y según CEI 60947-2.
■ La tensión de alimentación del relé Vigirex.
■ La referencia del producto.

Reciclaje

Los embalajes son de cartón reciclable.

Los relés Vigirex cumplen la normativa relativa a la protección del medio ambiente:

■ Las partes moldeadas están realizadas con materiales termoplásticos (policarbonato cargado con un 10% de fibra de vidrio - PC-10FV).

■ En las piezas aparece la indicación de la composición (en este caso: PCFV).

■ La eliminación de estos materiales no libera sustancias contaminantes, ni siquiera mediante incineración.

Máxima seguridad

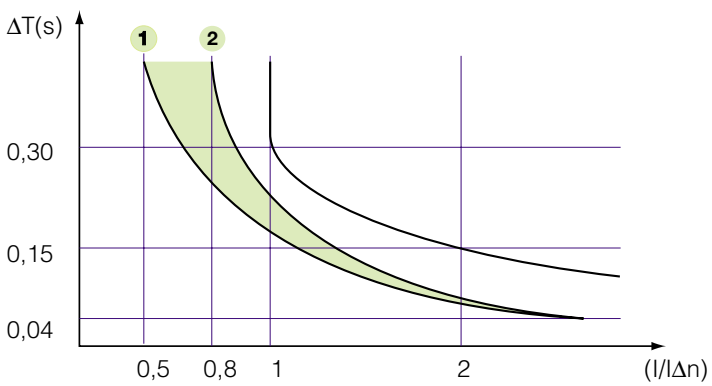
La protección de las personas contra los contactos directos está garantizada mediante un tiempo combinado de interrupción del circuito de defecto de menos de 40 ms.

Los relés diferenciales garantizan la protección de las personas contra los contactos directos al invertir en menos de 40 ms cuando se ajustan con una sensibilidad de 30 mA y se asocian con interruptores automáticos e interruptores Merlin Gerin o Telemecanique de calibre máximo de 630 A.

La protección de personas y de bienes contra los contactos directos se garantiza mediante una media de la corriente de fuga optimizada.

■ La tolerancia de funcionamiento del umbral de protección IΔn se reduce con respecto a la norma de protección diferencial.

Según la norma CEI 60947-2, el disparo instantáneo debe producirse entre 0,5 y 1 · IΔn. Los relés Vigirex se disparan entre 0,8 y 1 · IΔn, aumentando así en un 60% la inmunidad a los disparos intempestivos.



Tolerancia de funcionamiento del umbral de protección IΔn

1 Normativa. 2 Constructiva.

Ganancia de inmunidad a los disparos intempestivos con Vigirex.

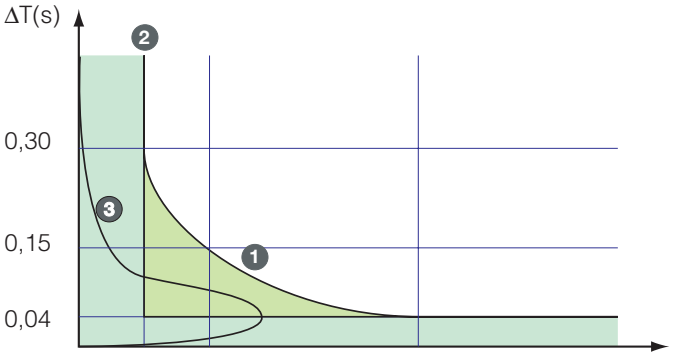
Fig. G4-014: *característica de inmunidad a los disparos intempestivos de los Vigirex.*

■ Característica de desconexión (tiempo inverso).

Durante la puesta en tensión de los circuitos, la curva de disparo en tiempo inverso permite evitar los disparos intempestivos debidos a las corrientes homopolares transitorias cortas, generadas por:

□ Las corrientes transitorias importantes de determinados receptores (por ejemplo motores, transformadores BT/BT...).

□ La carga de las capacidades entre conductores activos y la tierra.

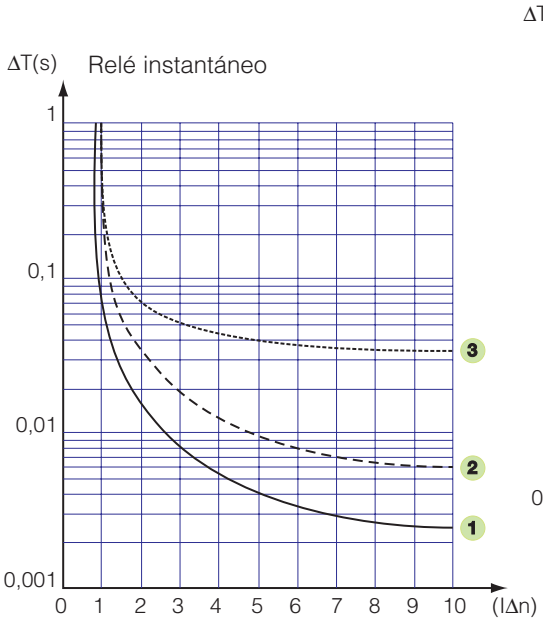


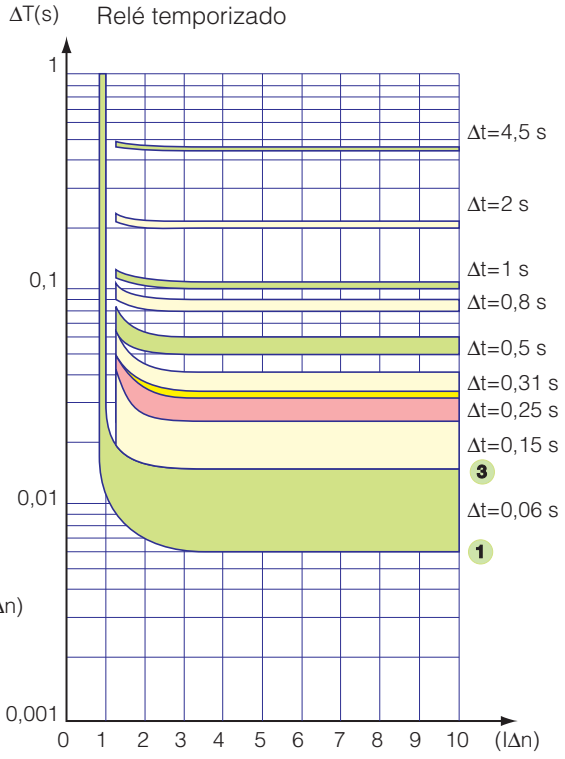
1 Curva 1: curva de disparo en tiempo inverso según la norma CEI 60947-2.
2 Curva 2: curva de disparo con umbral I = IΔn fijo.
3 Curva 3: corriente diferencial transitoria a la puesta en tensión de un receptor.
Zona de continuidad de servicio optimizada mediante la curva de disparo en tiempo inverso.
Zona sin disparo (curva 2).

Fig.G4-015: *curva de disparo a tiempo inverso de los relés Vigirex.*

Características de desconexión

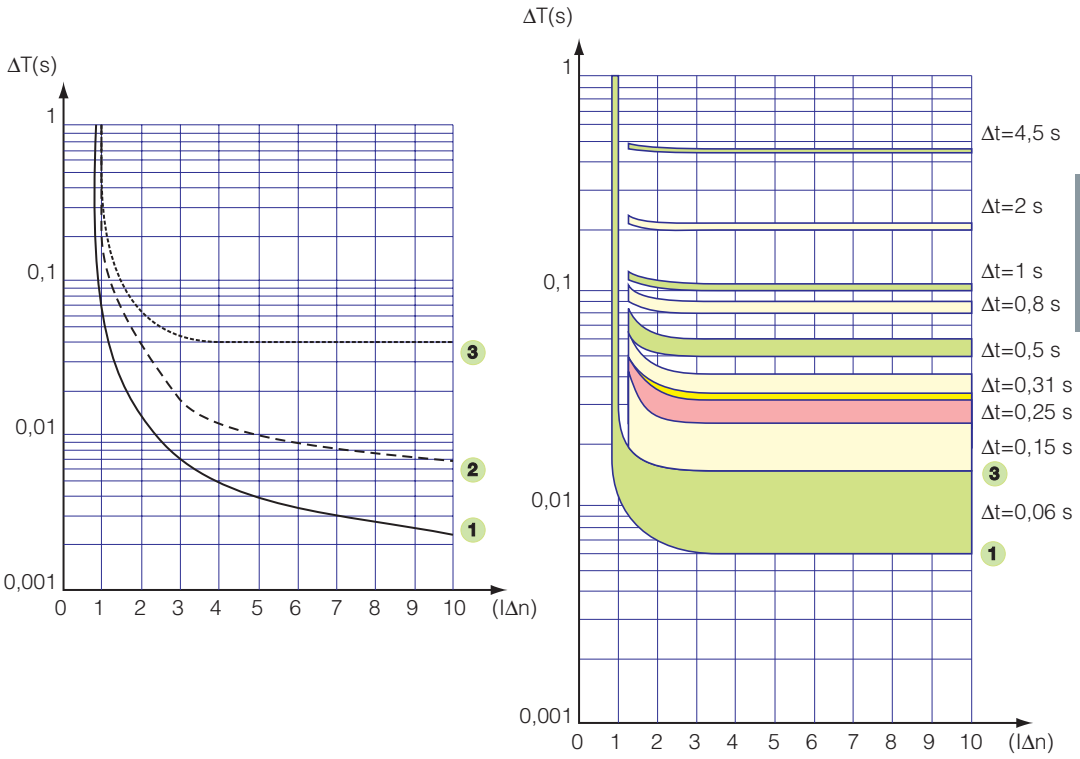
Relés RH10, RH21 y RH99





1 Tiempo de no funcionamiento.
2 Tiempo de funcionamiento.
3 Tiempo combinado.

Relés RHUs, RHU



Filtrado en frecuencia

Los convertidores de frecuencia (por ejemplo: variador de velocidad) diseñados con IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor, Transistor bipolar de puerta aislado) generan corrientes de fuga de alta frecuencia (HF) importantes.
En la utilización normal (sin defecto), estas corrientes de fuga de HF capacitativas que circulan por los conductores de la instalación no presentan peligro para el usuario. En general, los relés de protección diferencial son sensibles a estas corrientes de fuga naturales de HF no presentan los mismos efectos fisiológicos en el cuerpo humano que las corrientes de 50/60 Hz (ver CEI 60479).

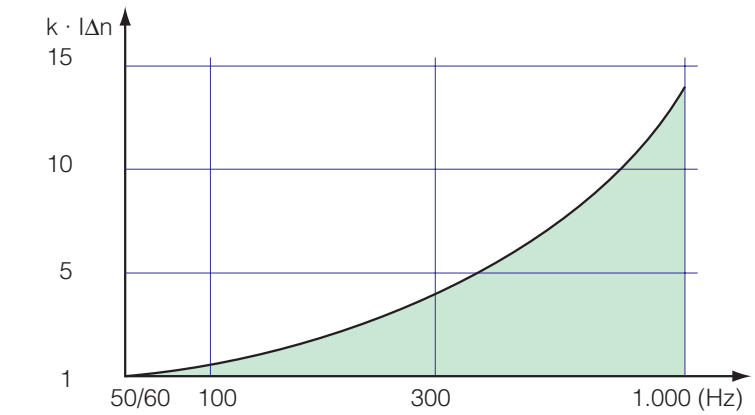
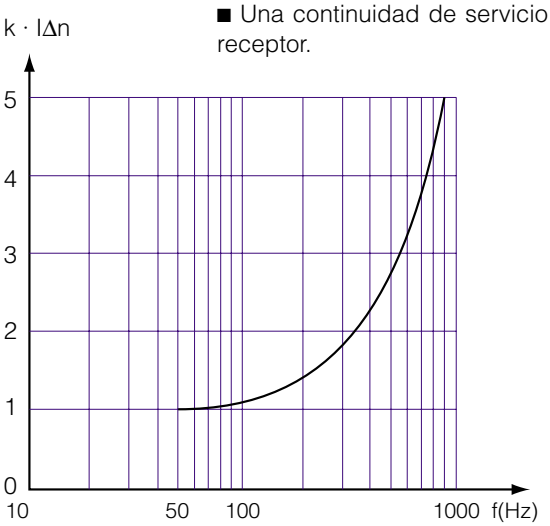


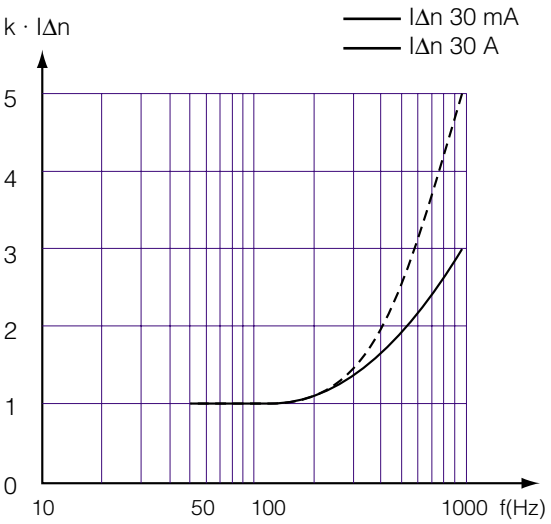
Fig. G4-016: *variación del umbral de fibrilación ventricular por frecuencias comprendidas entre 50/60 Hz 1.000 Hz.*

El filtrado en frecuencia de los relés diferenciales de la gama Vigirex está estudiado para garantizar:

■ Una protección máxima en caso de defecto de aislamiento.

■ Una continuidad de servicio particularmente optimizada con este tipo de receptor.





■ Ejemplo:

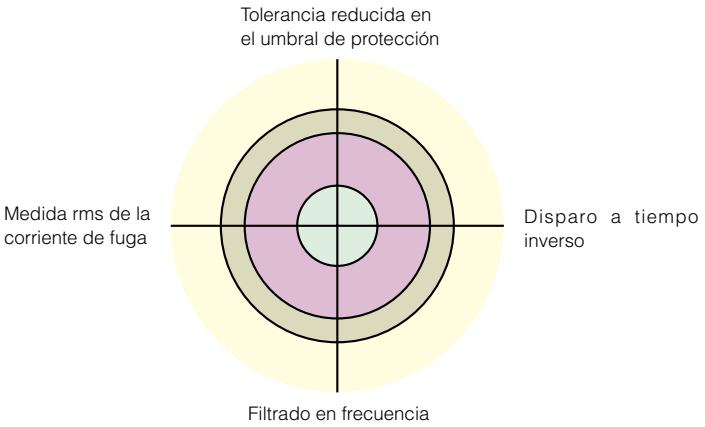
A 50 Hz, el umbral de disparo es IΔn.

A 900 Hz, el umbral de disparo es de k · IΔn (con k = 5).

La medida rms de las corrientes de fuga a tierra

Gracias a la medida rms de las corrientes de defecto, los relés de protección diferencial pueden medir todo tipo de señal y calcular su valor eficaz real y ponderado en función del filtrado de frecuencia.

La medida rms de la corriente de fuga a tierra, el filtrado de frecuencia, la reducción de la tolerancia del umbral de protección y la curva de disparo en tiempo inverso, integrados en los relés Vigirex , optimizan la protección de las personas y de los bienes y la continuidad de servicio.



Zona de no disparo.

Ganancia de inmunidad a los disparos con Vigirex = continuidad de servicio optimizada.

Zona de la tolerancia reducida de la protección.

Zona de protección imperativa.

Fig. G4-017: *diagrama de participación en el disparo de los relés Vigirex.*

Autovigilancia permanente de los relés Vigirex

Los relés Vigirex realizan una auto vigilancia permanente:
- Del alcance del relé/toroidal (RH10, RH21, RH99, RHUs, RHU y RMH).
- Del enlace de relé RMH/multiplexor RM12T.
- De la alimentación.
- De la electrónica interna.

En caso de fallo, el contacto de salida de defecto o de presencia de tensión de los relés de protección (RH10, RH21, RH99, RHUs y RHU) cambia de posición. Es necesario eliminar la causa del fallo.

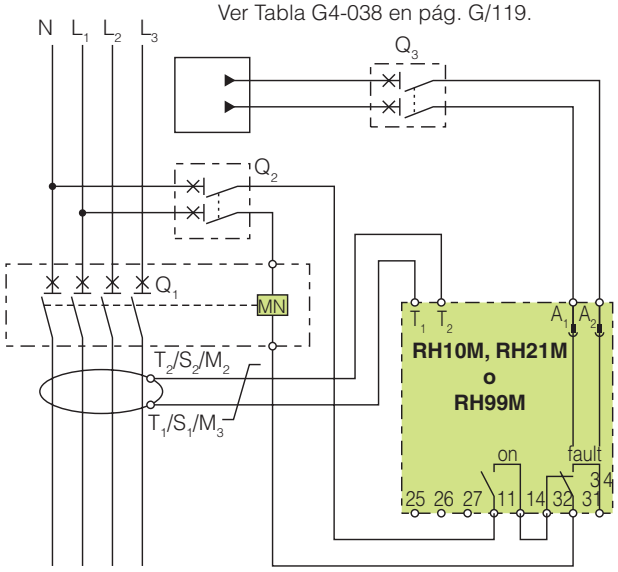
Dos tipos de cableado de los relés de protección

Todos los esquemas están representados como circuitos sin tensión, todos los aparatos en posición de abiertos, y los relés en posición de reposo.

Se recomiendan dos esquemas de cableado:
- El primer esquema de prioridad a la seguridad: el contacto de presencia de tensión del relé Vigirex de protección diferencial (RH10, RH21, RH99 o RHUs y RHU) está cableado en serie con el contacto de defecto. De este modo se garantiza un funcionamiento de seguridad positiva.

Conexión RH10M, RH21M, RH99M con bobina de mínima tensión MN

Ver Tabla G4-038 en pág. G/119.



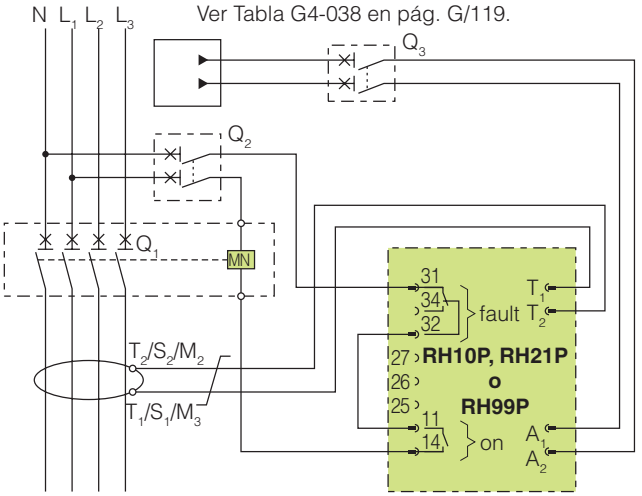
MN: Bobina de mínima tensión.
Q_1: Interruptor automático de protección del circuito principal.
Q_2: Interruptor automático DPN.
Q_3: Interruptor automático 1 A curvas C o D.

RH10M, RH21M y RH99M:
A_1 - A_2: Alimentación auxiliar.
T_1 - T_2: Toroidal tipo A u OA o toroidal cuadrado (si $I\Delta n \geqslant 500$ mA).
11 - 14: Relé de "presencia de tensión de alimentación".
26 - 25: Test del aparato.
27 - 25: Reset estado "defecto".
31 - 32 - 34: Relé inversor de "defecto".

Nota: En caso del relé de señalización RH99, utilizar el contacto "fault" 31, 32, 34.

Fig. G4-018: *esquema de conexión con bobina de mínima tensión MN.*

Conexión RH10P, RH21P, RH99P con bobina de mínima tensión MN



MN: Bobina de mínima tensión.
Q_1: Interruptor automático de protección del circuito principal.
Q_2: Interruptor automático DPN.
Q_3: Interruptor automático 1 A curvas C o D.

RH10P, RH21P y RH99P:
A_1 - A_2: Alimentación auxiliar.
T_1 - T_2: Toroidal tipo A u OA o toroidal rectangular (si $I\Delta n \geqslant 500$ mA).
11 - 14: Relé de "presencia de tensión de alimentación".
26 - 25: Test del aparato.
27 - 25: Reset estado "defecto".
31 - 32 - 34: Relé inversor de "defecto".

Nota: En caso del relé de señalización RH99, utilizar el contacto "fault" 31, 32, 34.

Fig. G4-019: *esquema de conexión con bobina de emisión de corriente MX.*

Conexión de la alimentación de los relés RH10, RH21, RH99, RHU y RHUs

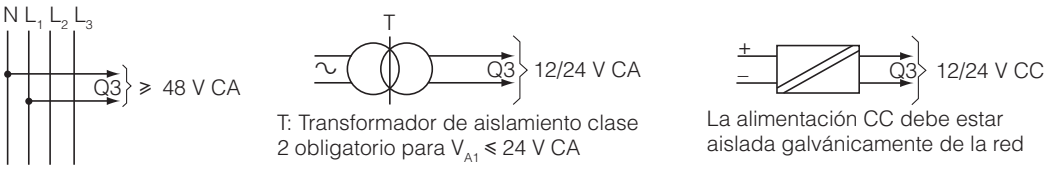
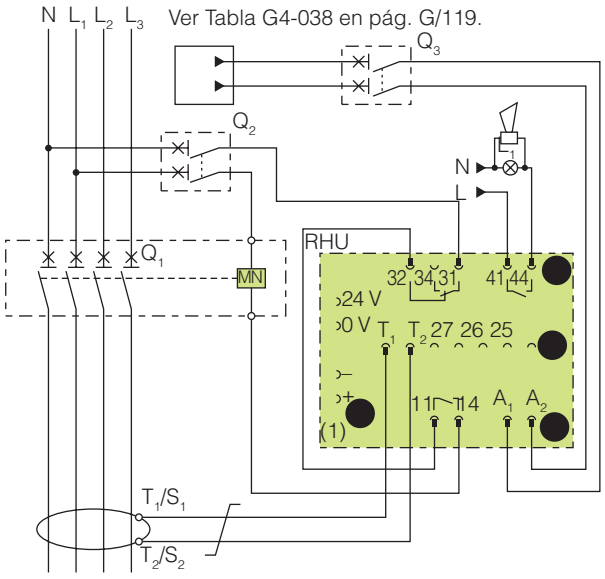


Fig. G4-020: *esquema de conexión de la alimentación de los relés.*

Conexión RHUs y RHU con bobina de mínima tensión



(1) Solamente RHU.

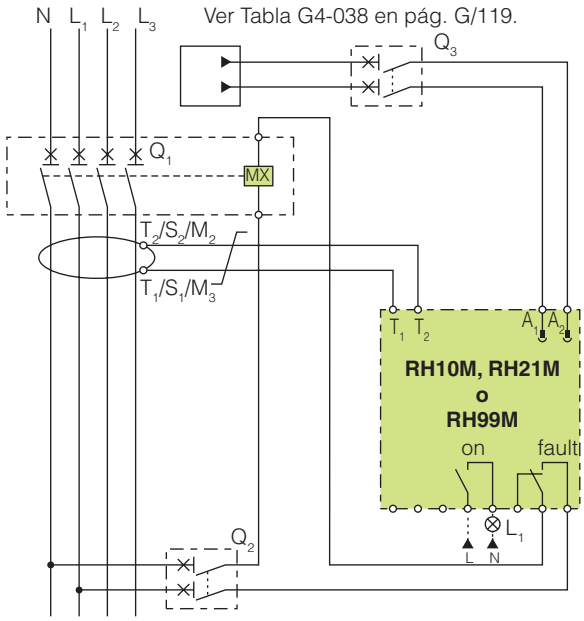
L_1: Lámpara y sirena.
MN: Bobina de mínima tensión.
Q_1: Interruptor automático de protección del circuito principal.
Q_2: Interruptor automático DPN.
Q_3: Interruptor automático 1 A curvas C o D.

RHUs y RHU:
24 V, 0 V, –, +: Bus interno de comunicación de RHU.
A_1 - A_2: Alimentación auxiliar.
T_1 - T_2: Toroidal tipo A u OA.
11 - 14: Relé de "presencia de tensión de alimentación".
26 - 25: Test del aparato.
27 - 25: Reset estado "defecto".
31 - 32 - 34: Relé inversor de "defecto".
41 - 44: Relé de alarma.

Fig. G4-021: *esquema de conexión con bobina de mínima tensión MN.*

El segundo esquema de preferencia a la continuidad de servicio en caso de que el relé diferencial se quede sin alimentación.

Conexión RH10M, RH21M, RH99M con bobina de emisión de corriente MX



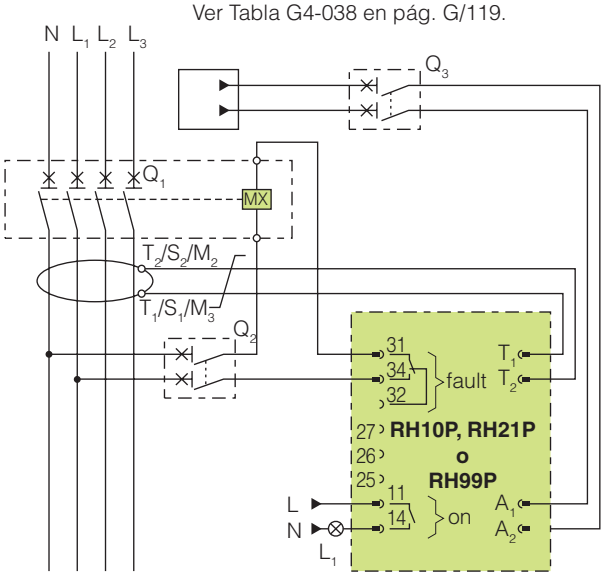
L_1: Piloto.
MX: Bobina de emisión de corriente.
Q_1: Interruptor automático de protección del circuito principal.
Q_2: Interruptor automático DPN.
Q_3: Interruptor automático 1 A curvas C o D.

RH10M, RH21M y RH99M:
A_1 - A_2: Alimentación auxiliar.
T_1 - T_2: Toroidal tipo A u OA o toroidal cuadrado (si $I\Delta n \geqslant 500$ mA).
11 - 14: Relé de "presencia de tensión de alimentación".
26 - 25: Test del aparato.
27 - 25: Reset estado "defecto".
31 - 32 - 34: Relé inversor de "defecto".

Nota: En caso del relé de señalización RH99, utilizar el contacto "fault" 31, 32, 34.

Fig. G4-022: *esquema de conexión con bobina de emisión de corriente MX.*

Conexión RH10P, RH21P, RH99P con bobina de emisión de corriente MX



L_1: Lámpara.
MX: Bobina de emisión de corriente.
Q_1: Interruptor automático de protección del circuito principal.
Q_2: Interruptor automático DPN.
Q_3: Interruptor automático 1 A curvas C o D.

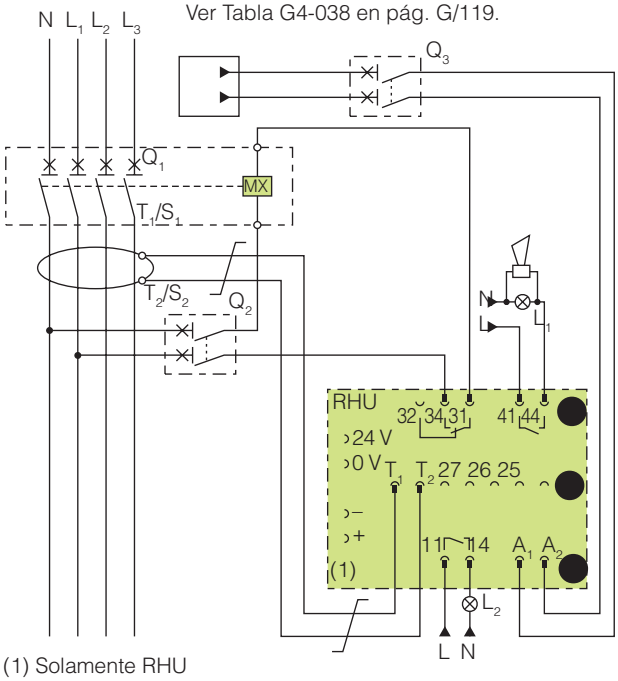
RH10P, RH21P y RH99P:
A_1 - A_2: Alimentación auxiliar.
T_1 - T_2: Toroidal tipo A u OA o toroidal rectangular (si $I\Delta n \geqslant 500$ mA).
11 - 14: Relé de "presencia de tensión de alimentación".
26 - 25: Test del aparato.
27 - 25: Reset estado "defecto".
31 - 32 - 34: Relé inversor de "defecto".

Nota: En caso del relé de señalización RH99, utilizar el contacto "fault" 31, 32, 34.

Fig. G4-023: *esquema de conexión con bobina de emisión de corriente MX.*

Conexión RHUs y RHU con bobina de emisión de corriente MX

Ver Tabla G4-038 en pág. G/119.



(1) Solamente RHU

L_1: Lámpara y sirena.
L_2: Lámpara.
MX: Bobina de emisión de corriente.
Q_1: Interruptor automático de protección del circuito principal.
Q_2: Interruptor automático DPN.
Q_3: Interruptor automático 1 A curvas C o D.

RHUs y RHU:
24 V, 0 V, –, +: Bus interno de comunicación de RHU.
A_1 - A_2: Alimentación auxiliar.
T_1 - T_2: Toroidal tipo A u OA .
11 - 14: Relé de "presencia de tensión de alimentación".
26 - 25: Test del aparato.
27 - 25: Reset estado "defecto".
31 - 32 - 34: Relé inversor de "defecto".
41 - 44: Relé de alarma.

Fig. G4-024: *esquema de conexión con bobina de emisión de corriente MX.*

Rearme automático mediante relé de reconexión ATm

Conexionado con Vigirex + ATm + magnetotérmico multi 9 + TM + MX + SD

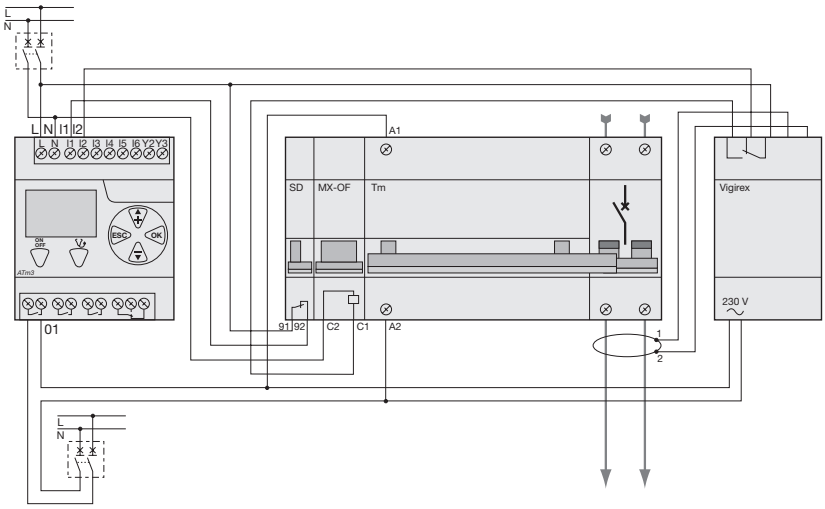


Fig. G4-025: *esquema de rearme automático calibres multi 9.*

Conexionado con Vigirex + ATm + Compact NS + MT + MX + SD

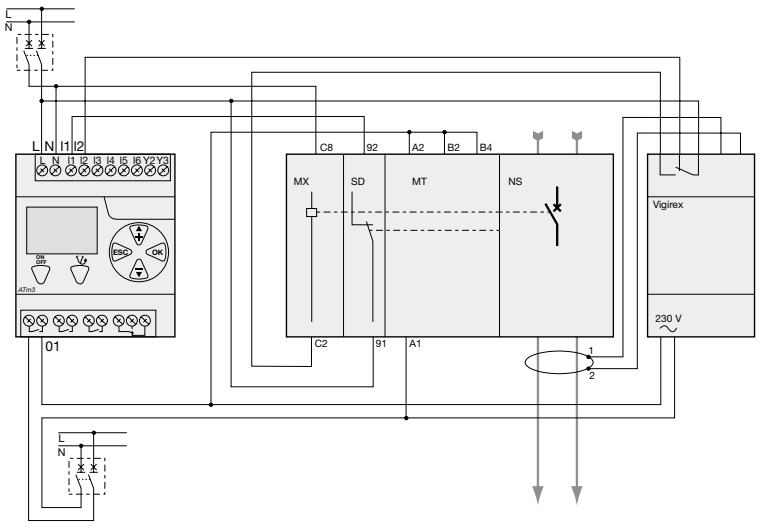


Fig. G4-026: *esquema de rearme automático Compact NS.*

Utilización del multiplexor RM12T

Conexionado RMH con multiplexor RM12T

L_1 y L_2: Lámparas y sirenas.
L_3: Lámpara.
Q_A: Interruptor automático de protección del circuito principal.
Q_B: Interruptor automático de protección del circuito de alimentación del relé RMH o RM12T.
Q_1 a Q_{12}: Interruptor automático de las salidas principales 1 a 12.
T_1 a T_{12}: Toroidales de medida de las corrientes diferenciales de las salidas 1 a 12.

Relés de señalización RMH:
24 V, 0 V, –, +: Bus interno de comunicación.
A_1 - A_2: Alimentación auxiliar.
T: Transformador 220/240 V secundario si es necesario u 4VA.
21 a 24: Conexión al multiplexor RM12T.
11 - 14: Relé de “presencia de tensión de alimentación”.
31 - 32 - 34: Relé inversor de “alarma”.
41 - 44: Relé de prealarma.
Multiplexor RM12T:
Bornas 1 a 12 y 15 a 20: conexión toroidales.
Bornas 21 a 24: conexión a los relés de señalización RM12T.
Bornas 25 y 26: alimentación auxiliar.

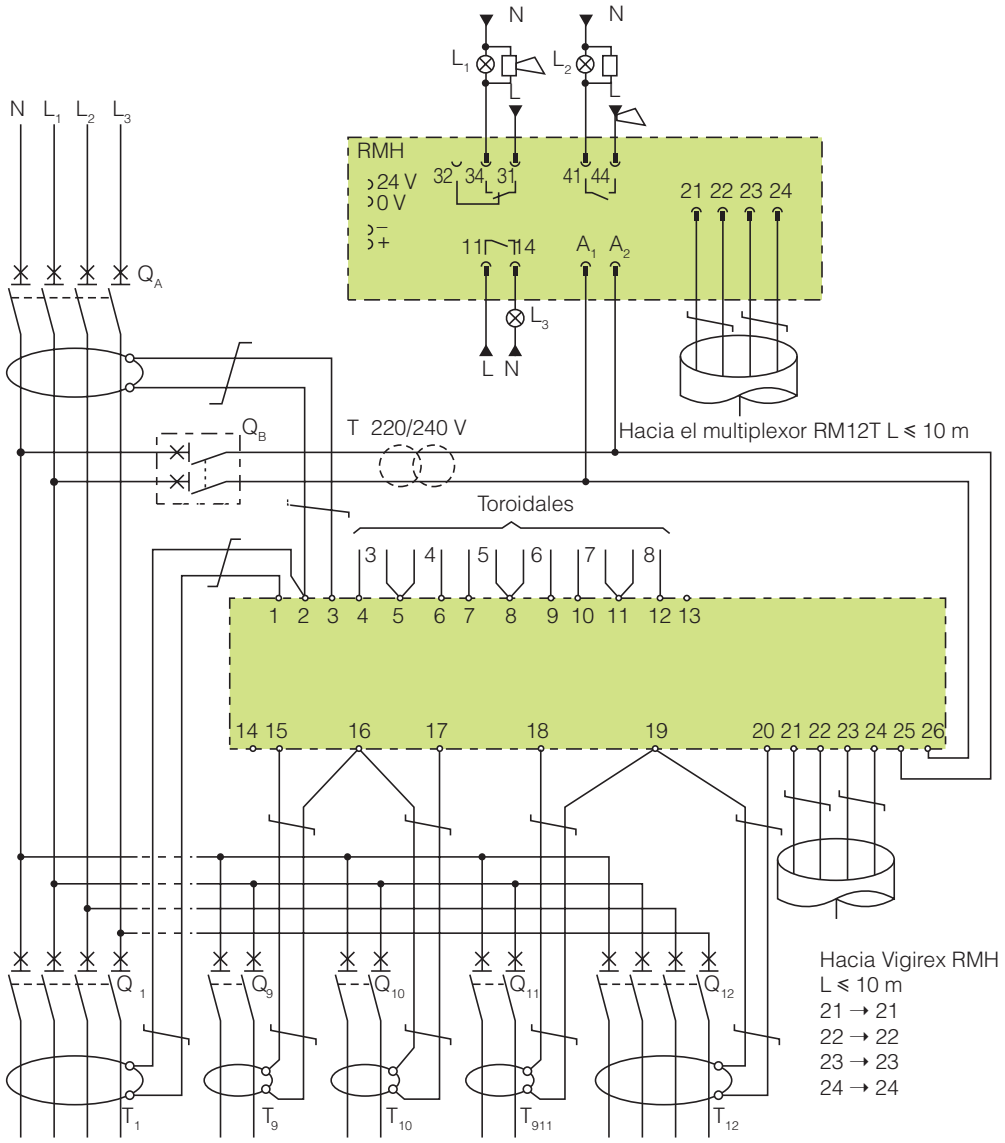
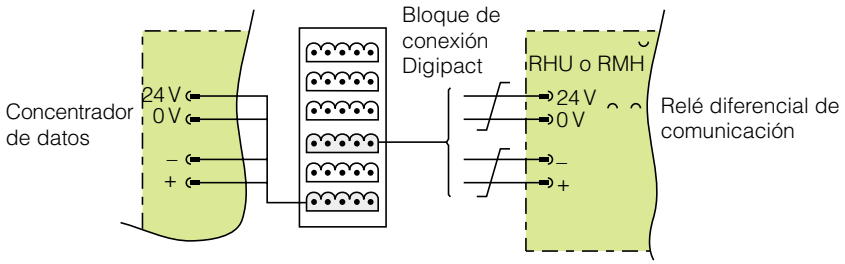


Fig. G4-027: *esquema de conexionado con multiplexor RM12T.*

Conexión entre Vigirex RHU o RMH y bus de comunicación

■ Bus interno.

Cable de color de tipo Digipact o pares trenzados de 0,75 a 2,5 mm² para separarse de los circuitos de potencia.



Conexión del test y rearme a distancia

■ Cable.

La longitud del cable no debe superar los 10 m. Utilizar un cable de 3 hilos trenzados.

■ Contactos.

Utilizar los pulsadores con contactos “de bajo nivel” adaptados a la carga de 1 mA en 4 V.

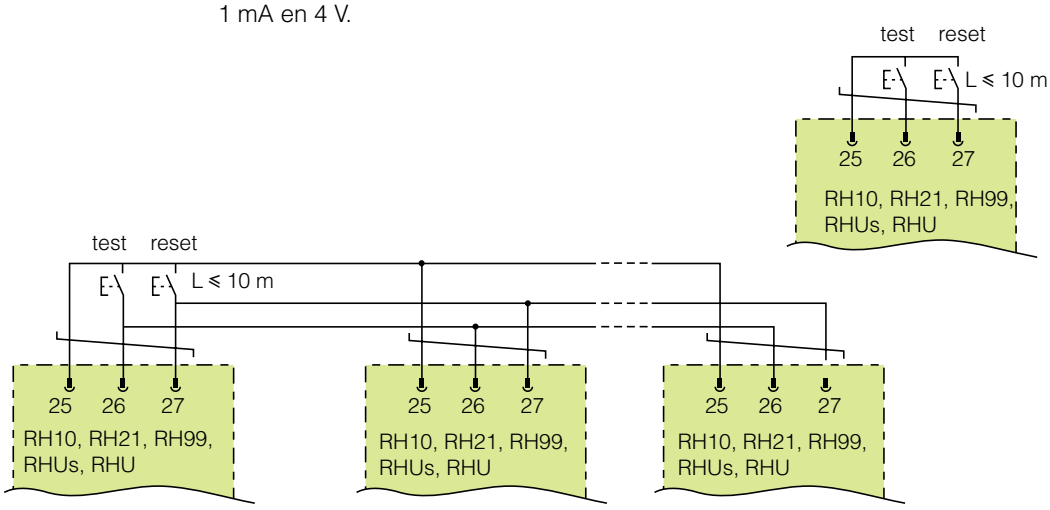
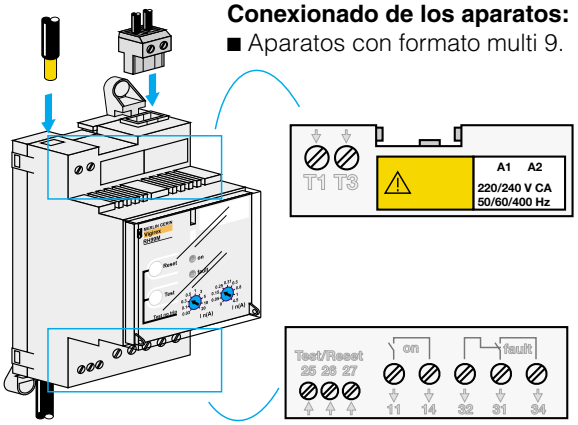


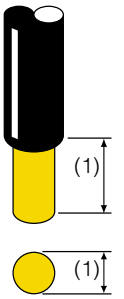
Fig. G4-028: *esquemas de conexionado del bus de comunicación, del test y rearme a distancia de los relés.*

Conexionado

Conexionado de los aparatos:

■ Aparatos con formato multi 9.





(1) Ver tabla G4-038 en pág. G/119.

■ Aparatos para empotrar.

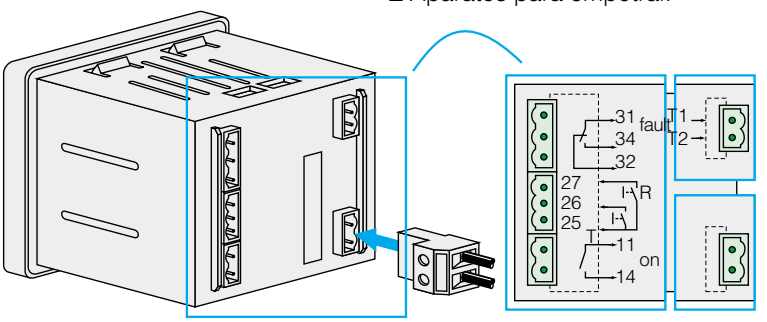
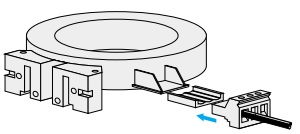
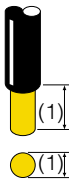


Fig. G4-029: *conexionado de los aparatos.*

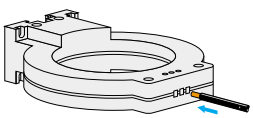
Conexionado de los toroidales:

■ Toroidales cerrados TA30-PA50 (conectores suministrados).

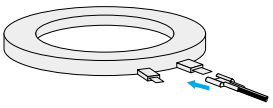


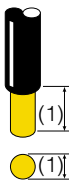


■ Toroidales cerrados IA80-MA120SA200.



■ Toroidales cerrados GA300 (2 term. Faston 6,35 · 0,8 suministrados).





■ Toroidales abiertos POA y GOA (term. redondos Ø = 5 mm no suministrados).

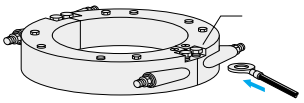
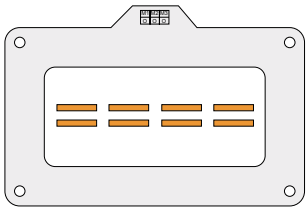


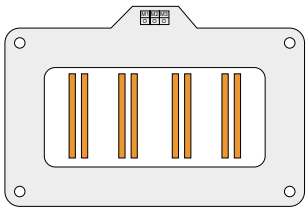
Fig. G4-030: *conexionado de los toroidales.*

Conexionado de los toroidales rectangulares y paso de los conductores:

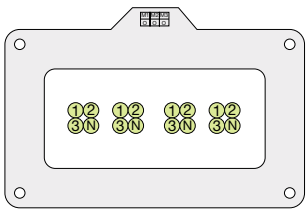
■ Ventana de 280 · 115 mm:
□ Juego de barras con (p) de 70 mm.



□ 2 barras de 50 · 10 mm (1.600 A).

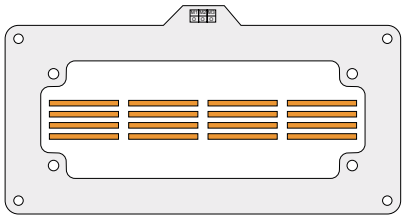


□ 2 barras de 100 · 5 mm (1.600 A).

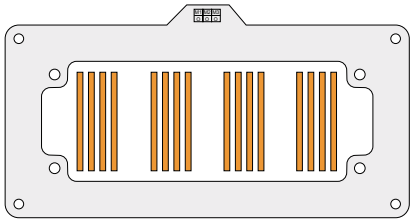


□ 4 cables de 240 mm² (1.600 A).

■ Ventana de 470 · 160 mm:
□ Juego de barras con (p) de 115 mm.



□ 4 barras de 100 · 5 mm (4.000 A).

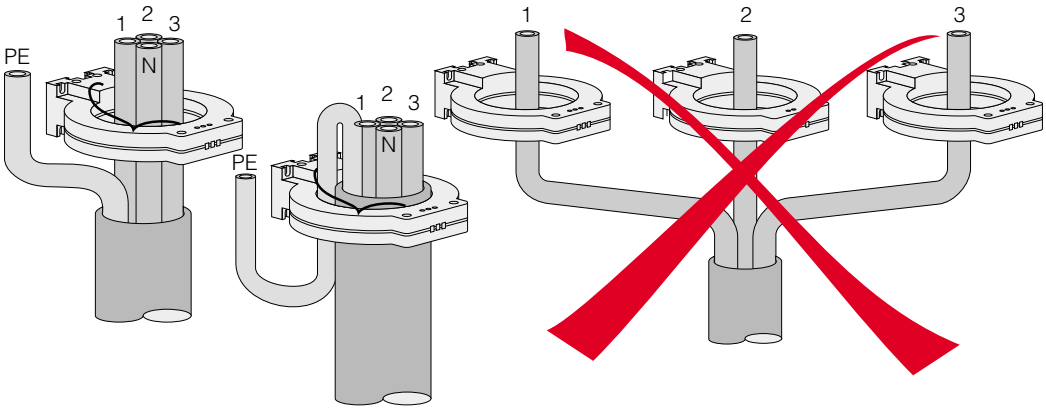


□ 4 barras de 125 · 5 mm (4.000 A).

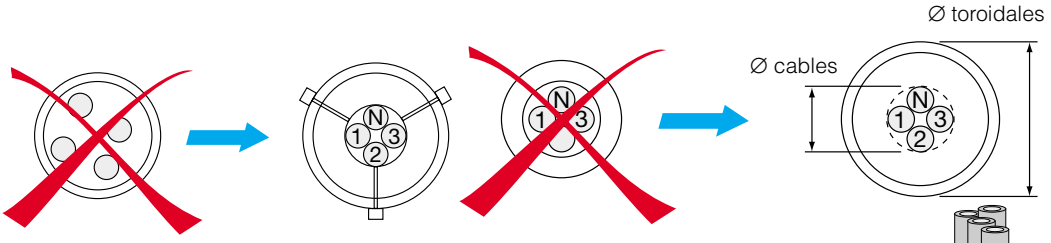
Nota: conectar M2 y M3 con Vigirex.

Fig. G4-031: *conexionado de los toroidales rectangulares.*

Paso de los cables



Centrar los cables en el toroidal. Ø toroidal ≥2 · Ø del conjunto de cables.



No curvar los cables ni las barras cerca de los toroidales.

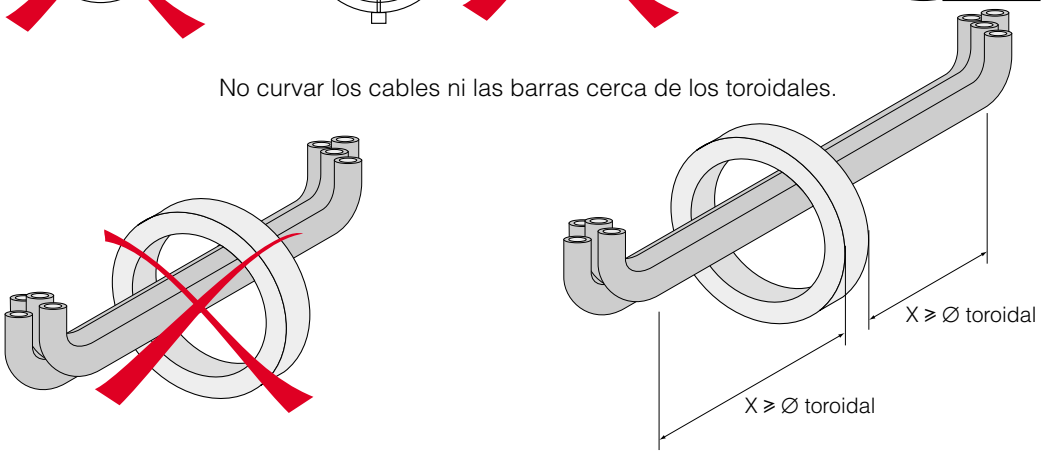
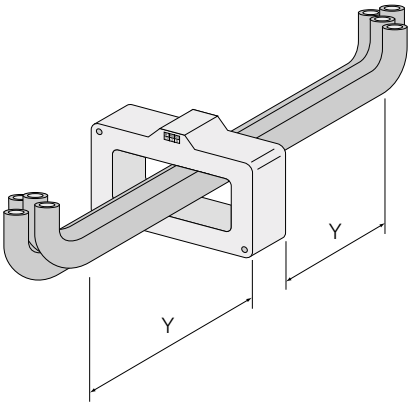


Fig. G4-032: *paso de los conductores por los toroidales.*

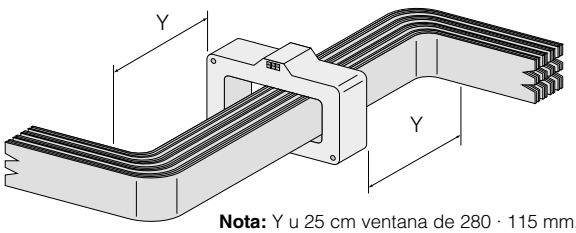
No curvar los cables cerca de los toroidales rectangulares.



Elección de los toroidales en función del circuito de potencia (*)		
Cables de cobre 3P + N		
Corriente asignada de empleo	Sección máx. por fase	Toroidales
65 A	25 mm²	TA30
85 A	50 mm²	PA50 o POA
160 A	95 mm²	IA80
250 A	240 mm²	MA120 o GOA
400 A	2 · 185 mm²	SA200
630 A	2 · 240 mm²	GA300
1.600 A	4 · 240 mm²	280 · 115 mm

Tabla G4-033: *elección de los toroidales en función del circuito de potencia.*

No curvar las barras cerca de los toroidales rectangulares.



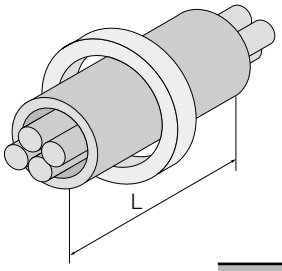
Nota: Y u 25 cm ventana de 280 · 115 mm.
Y u 30 cm ventana de 470 · 160 mm.

Elección de los toroidales rectangulares en función del circuito de potencia		
Barras de cobre 3P + N		
Corriente asignada de empleo	Sección máxima por fase	Toroidales rectangulares
1.600 A	2 barras de 100 · 5 mm²	280 · 115 mm
4.000 A	2 barras de 125 · 10 mm²	470 · 160 mm

Tabla G4-034: *elección de los toroidales rectangulares en función del circuito de potencia.*

Precauciones especiales

La inclusión de una chapa de acero magnética para canalizar el flujo de fuga permite aumentar la intensidad.



Chapa de acero magnética (acero dulce e ⩾ 1 mm)		
L ⩾ Ø toroidal		
L = 80 mm	L = 200 mm	L = 300 mm
TA30	MA120	GA300
PA50	SA200	–
IA80	–	–

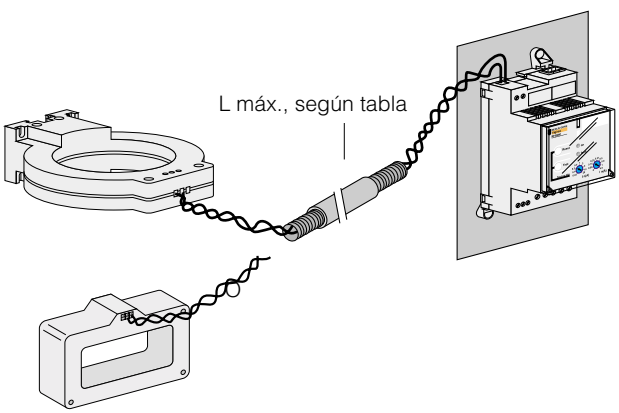
Elección de los toroidales en función del circuito de potencia (*)		
Cables de cobre 3P + N, con chapa de acero		
Corriente asignada de empleo (Ie) con blindaje alrededor de los cables	Sección máx. por fase	Toroidales
85 A	25 mm²	TA30
150 A	50 mm²	PA50 o POA
225 A	95 mm²	IA80
400 A	240 mm²	MA120 o GOA
630 A	2 · 185 mm²	SA200
800 A	2 · 240 mm²	GA300

Tabla G4-035: *elección de los toroidales en función del ciruito de potencia con chapa de acero.*

(*) Tabla orientativa: los valores son orientativos y pueden variar en función de las características de los conductores y sus aislantes.

Conexión entre vigirex y toroidal

■ El enlace Vigirex toroidal debe realizarse según el siguiente esquema:



Sección (cobre)	Longitud máxima
Toroidales	
0,22 mm² (1)	18 m
0,75 mm² (1)	60 m
1 mm² (1)	80 m
1,5 mm² (1)	100 m
Toroidales rectangulares 0,5 mm² mín./2,5 mm² máx.	10 m

(1) Sección de los cables para una resistencia R máxima = 3 Ω.

■ Tipo de cable.

Par trenzado estándar que pasan lejos de los circuitos de potencia.

■ Si el entorno tiene muchas perturbaciones:

□ Cables.

Par trenzado blindado que pasen lejos de los circuitos de potencia.

El blindaje debe conectarse a la tierra por ambos extremos sobre masas homogéneas interconectadas.

Hay que reducir la longitud de cableado entre toroidal y relé lo máximo posible.

Si no es suficiente, utilizar un transformador con pantalla de alta frecuencia (HF).

Alimentación auxiliar por transformador exterior.

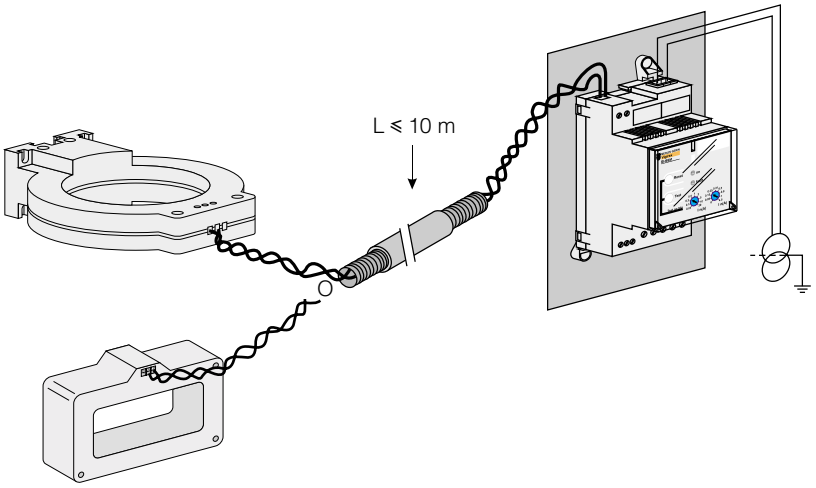


Fig. G4-036: *conexiones entre Vigirex y toroidal.*

Test y rearme (Reset)

Test

Según las normas CEI 60364 y UNE-EN 20460, es necesario realizar un test periódico para garantizar el buen funcionamiento de la cadena de protección diferencial.
El test permite verificar:
■ Los contactos de salida:
□ La cadena de protección completa con conmutación de los contactos de salida (provoca la parada de la instalación).
□ La cadena de protección sin conmutación de los contactos de salida (test "no trip") para preservar el funcionamiento de la instalación.
■ El funcionamiento correcto del visualizador (RHUs, RHU y RMH), de los pilotos y de la electrónica interna.

Rearme/Reset

Independientemente del modo de test, el defecto memorizado se borra y los pilotos y el estado de los relés se reinician.

Modos de test y rearme

4 modos posibles	Conmutación de los contactos de salida	
	Sin	Con
Local mediante los botones de la parte frontal	■	■
A distancia de un relé	■ (1)	■ (1)
de varios relés	■ (1)	■ (1)
A través de la comunicación	■ (RHU/RMH)	■ (RHU/RMH)

(1) Excepto para el RMH.

Tabla G4-037: *posibilidades de test y rearme.*

Relés RH10M, RH21M, RH99M

Marcado de los relés

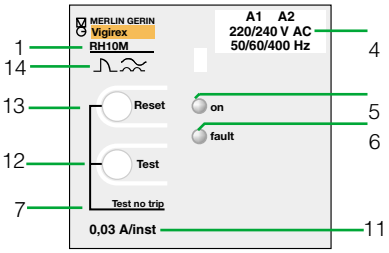
1 Tipo de relés.
4 Zona de marcado usuario (para identificación de las salida).
11 Identificación de la sensibilidad del relé (RH10M).
14 Clasificación.

Conexionado de los aparatos y los toroidales

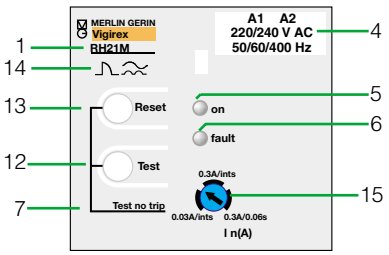
Producto/borna/ tornillo	Tipo de cables	Capacidad de las bornas (mm^2) Rígido		Flexible		Flexible + terminal		Tamaño conduc. AWG	Pelado rígido/ flexible		Par de apriete	
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.		(mm)	(pul)	(Nm)	(In-lbs)
RH10M, RH21M y RH99M												
11, 14		0,2	4	0,2	2,5	0,25	2,5	24-12	8	0,31	0,6	0,0678
31, 32, 34		0,2	4	0,2	2,5	0,25	2,5	24-12	8	0,31	0,6	0,0678
A1, A2		0,2	2,5	0,2	2,5	0,25	2,5	24-12	7	0,27	0,6	0,0678
T1, T2 Par trenzado		0,14	1,5	0,14	1	0,25	2,5	26-16	5	0,19	0,25	0,02825
25, 26, 27	3 cables tren - L<10 m	0,14	1,5	0,14	1	0,25	2,5	26-16	5	0,19	0,25	0,02825
RH10P, RH21P y RH99P												
11, 14		0,2	2,5	0,2	2,5	0,25	2,5	24-12	7	0,27	0,6	0,0678
31, 32, 34		0,2	2,5	0,2	2,5	0,25	2,5	24-12	7	0,27	0,6	0,0678
A1, A2		0,2	2,5	0,2	2,5	0,25	2,5	24-12	7	0,27	0,6	0,0678
T1, T2 Par trenzado		0,2	2,5	0,2	2,5	0,25	2,5	24-12	7	0,27	0,6	0,0678
25, 26, 27	3 cables tren - L<10 m	0,2	2,5	0,2	2,5	0,25	2,5	24-12	7	0,27	0,6	0,0678
RHU												
11, 14		0,2	2,5	0,2	2,5	0,25	2,5	24-12	6	0,23	0,5	0,0565
31, 32, 34		0,2	2,5	0,2	2,5	0,25	2,5	24-12	6	0,23	0,5	0,0565
41, 42		0,2	2,5	0,2	2,5	0,25	2,5	24-12	6	0,23	0,5	0,0565
T1, T2 Par trenzado		0,2	2,5	0,2	2,5	0,25	2,5	24-12	6	0,23	0,5	0,0565
25, 26, 27	3 cables tren - L<10 m	0,2	2,5	0,2	2,5	0,25	2,5	24-12	6	0,23	0,5	0,0565
Bus 24 V, 0 V	Par trenzado	0,2	2,5	0,2	2,5	0,25	2,5	24-12	6	0,23	0,5	0,0565
–, +	Par trenzado	0,2	2,5	0,2	2,5	0,25	2,5	24-12	6	0,23	0,5	0,0565
RMH												
11, 14		0,2	2,5	0,2	2,5	0,25	2,5	24-12	6	0,23	0,5	0,0565
31, 32, 34		0,2	2,5	0,2	2,5	0,25	2,5	24-12	6	0,23	0,5	0,0565
41, 42		0,2	2,5	0,2	2,5	0,25	2,5	24-12	6	0,23	0,5	0,0565
21, 22	Par trenzado - L<10 m	0,2	2,5	0,2	2,5	0,25	2,5	24-12	6	0,23	0,5	0,0565
23, 24	Par trenzado - L<10 m	0,2	2,5	0,2	2,5	0,25	2,5	24-12	6	0,23	0,5	0,0565
Bus 24 V, 0 V	Par trenzado	0,2	2,5	0,2	2,5	0,25	2,5	24-12	6	0,23	0,5	0,0565
–, +	Par trenzado	0,2	2,5	0,2	2,5	0,25	2,5	24-12	6	0,23	0,5	0,0565
RM12T												
Enlaces de 12 toroidales 1 a 12 y 15 a 20	Par trenzado/toroidal L<10 m	0,2	2,5	0,2	2,5	0,25	2,5	22-12	6	0,23	0,5	0,0565
21, 22 Par trenzado	L<10 m	0,2	2,5	0,2	2,5	0,25	2,5	22-12	6	0,23	0,5	0,0565
23, 24 Par trenzado	L<10 m	0,2	2,5	0,2	2,5	0,25	2,5	22-12	6	0,23	0,5	0,0565
25, 26		0,2	2,5	0,2	2,5	0,25	2,5	22-12	6	0,23	0,5	0,0565
Toroidales y toroidales rectangulares												
Ø 30 a 200 mm conectores suministrados de 80 a 200	Cu/AL trenzado	0,2	2,5	0,2	1,5	0,2	1,5	24-16	6	0,23	0,5	0,0565
GA300 2 terminales Faston 6,35 · 0,8 suministrado con el producto POA - GOA terminales redondos Ø 5 mm no suministrados:	Cu/AL trenzado	-	1,5	-	1	-	-	16	7	0,27	-	-
S1, S2	Cu/AL trenzado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	0,339
Shunt		-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	0,339
Apriete de los 2 semitoroidales		-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	0,791
Fijación sobre placa		-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	0,339
Toroidales rectangulares M2, M3	Par trenzado L<10 m	0,5	2,5	0,5	2,5	0,5	2,5	20-14	8 a 9	0,33	-	-

Tabla G4-038: *características del conexionado de los relés y los toroidales.*

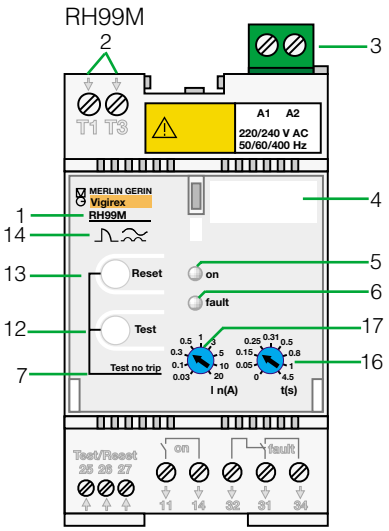
RH10M



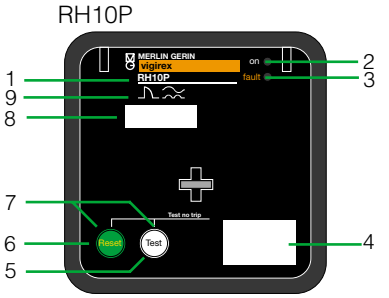
RH21M



RH99M



RH10P



Mandos

7 Mantener pulsados los botones Reset y Test para una orden de test sin basculamiento de los contactos de salida.
12 Botón test.
13 Reset.

Señalización

5 LED verde de presencia de tensión (on).
6 LED rojo de presencia de fallo de aislamiento (fault).

Estado de los LED		Significado
on	fault	
●	●	Funcionamiento normal
●	●	Corriente de defecto detectada
●	● ● ●	Enlace captador/relé con defecto
●	●	Ausencia de tensión o aparato fuera de servicio
●	●	Anomalía detectada

Leyenda:
● Apagado.
● (●) Verde (respectivamente rojo) encendido.
● ● ● Intermitente.

Ajustes

15 Conmutador de umbrales y de temporización (RH21) 3 ajustes posibles:
- Sensibilidad 0,03 A instantánea.
- Sensibilidad 0,3 A instantánea.
- Sensibilidad 0,3 A temporizada 0,06 s.

16 Conmutador de temporizaciones (RH99). 9 Ajustes posibles (instantáneo - 0,06 s - 0,15 s - 0,25 s - 0,31 s - 0,5 s - 0,8 s - 1 s - 4,5 s).
17 Conmutador de umbrales (RH99) 9 regulaciones posibles (0,03 A - 0,1 A - 0,3 A - 0,5 A - 1 A - 3 A - 5 A - 10 A - 30 A).

Conexión

3 Alimentación desenchufable.
2 Toroidal.
10 Test/Reset a distancia.
9 Contacto de presencia de tensión.
8 Contacto de defecto.

Relés RH10P, RH21P, RH99P

Marcado de los relés

1 Tipo de relés.
4 Zona de marcado usuario (para identificación de la salida).
8 Identificación de la sensibilidad del relé (RH10M).
9 Clasificación.

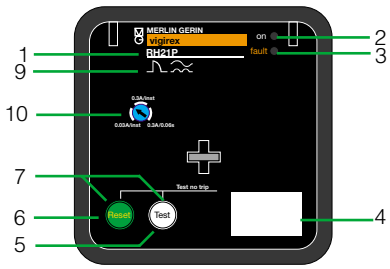
Mandos

5 Botón test.
6 Reset.
7 Mantener pulsados los botones Reset y Test para una orden de test sin basculamiento de los contactos de salida.

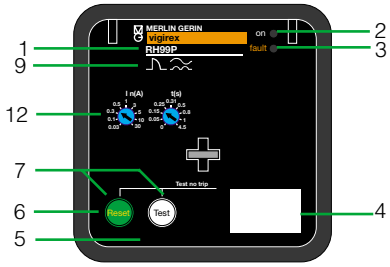
Señalización

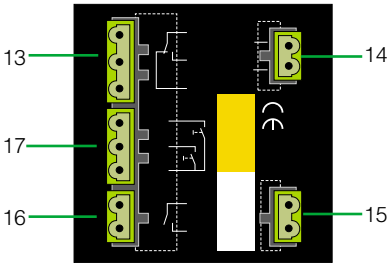
2 LED verde de presencia de tensión (on).
3 LED rojo de presencia de fallo de aislamiento (fault).

RH21P

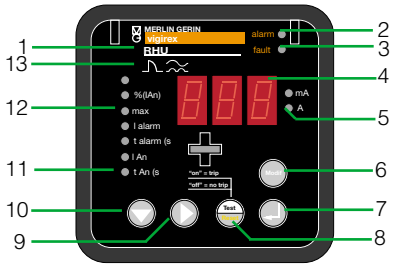


RH99P





RHU



Estado de los LED on	fault	Significado
●	●	Funcionamiento normal
●	●	Corriente de defecto detectada
●	● ● ●	Enlace captador/relé con defecto
●	●	Ausencia de tensión o aparato fuera de servicio
●	●	Anomalía detectada

Leyenda:
- ● Apagado.
- ● (●) Verde (respectivamente rojo) encendido.
- ● ● ● Intermitente.

Ajustes

10 Conmutador de umbrales y de temporización (RH21). 3 ajustes posibles:
- Sensibilidad 0,03 A instantánea.
- Sensibilidad 0,3 A instantánea.
- Sensibilidad 0,3 A temporizada 0,06 s.

11 Conmutador de temporizaciones (RH99). 9 Ajustes posibles (instantáneo - 0,06 s - 0,15 s - 0,25 s - 0,31 s - 0,5 s - 0,8 s - 1 s - 4,5 s).

17 Conmutador de umbrales (RH99). 9 regulaciones posibles (0,03 A - 0,1 A - 0,3 A - 0,5 A - 1 A - 3 A - 5 A - 10 A - 30 A).

Conexión

Todas las conexiones de los relés empotrados se pueden desenchufar.

13 Contacto de defecto.
14 Toroidal.
15 Alimentación desenchufable.
16 Contacto de presencia de tensión.
17 Test/Reset a distancia.

Relés RHUs y RHU

Marcado de los relés

1 Tipo de relés.
13 Clasificación.

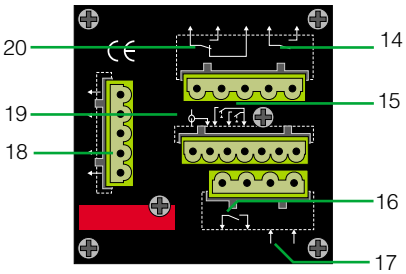
Mandos

6 Botón de modificación de las regulaciones.
7 Botón de validación.
8 Botón test/reset.
9 Botón de desplazamiento hacia la derecha.
10 Botón desplazamiento hacia abajo.

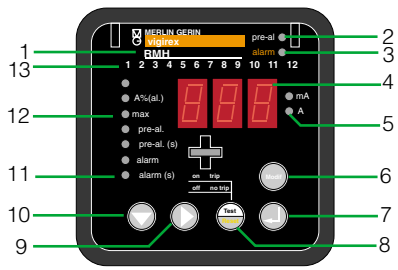
Señalización

2 LED de alarma.
3 LED de defecto.
4 Visualización digital (3 digitos) de las medidas y las regulaciones.
5 LED de unidades de corriente medida o regulada.
11 LED de parámetros de regulación visualizados (corriente de alarma, temporización de alarma, corriente de defecto, temporización de defecto).
12 LED del tipo de medida visualizado (corriente de fuga, porcentaje de corriente de fuga o corriente de fuga máxima medida).

LED alarm	fault	LED de medida I, % (IΔn), máx.	ud	Visualización digital 3 (dígitos)	LED de regulación I alarm, t alarma (s) IΔn, tΔn (s)	Significado
●	●	●	●	30	●	Funcionamiento normal
●	●	●	●		●	Ausencia de tensión o aparato fuera de servicio
● ● ●	●	●	●	80	●	Superación del umbral de alarma
● ● ●	●	●	●	100	●	Superación del umbral de defecto
● ● ●	●	●	●	888	● / ●	En modo test, control del funcionamiento correcto de los LEDs y de la visualización
●	●	●	●	TOR	●	Enlace toroidal/relé defectuoso
●	●	●	●	Er	●	Anomalía detectada
				SAT	●	Corriente de fuga superior a 2 · IΔn
● ● ●	●	●	●	rSt	●	Confirmación del defecto
●	●	●	●	OFF	●	Test sin disparo de los contactos de salida de alarma y defecto
●	●	●	●	ON	●	Test sin disparo de los contactos de salida de alarma y defecto



RMH



Parte posterior para conexión

Leyenda:

● Apagado.
● (●) Verde (respectivamente rojo) encendido.
● ● ● Intermitente.
rSt Visualización intermitente.

Conexión

Todas las conexiones de los relés empotrados se pueden desenchufar.

14 Contacto de alarma.
15 Test/reset.
16 Contacto de presencia de tensión.
17 Alimentación.
18 Bus comunicación.
19 Toroidal.
20 Contacto de corriente de defecto.

Relé RMH y multiplexor RM12T

Marcado de los relés

1 Tipo de relé.

Mandos

6 Botón de modificación de las regulaciones.
7 Botón de validación.
8 Botón Test/Reset.
9 Botón de desplazamiento hacia la derecha.
10 Botón de desplazamiento hacia abajo.

Señalización

2 LED de prealarma.
3 LED de alarma.
4 Visualización digital (3 dígitos) de las medidas y las regulaciones.
5 LED de unidades de corriente medida o regulada.
11 LED de parámetros de ajustes visualizado (corriente de fuga, porcentaje de la corriente de fuga o corriente de fuga máxima medida).
13 Número de circuitos(s) medidos(s) o regulados (s).

LED		Número(s) de circuito(s)	LED de medida		Visualización digital (3 dígitos)	LED de ajuste	Significado
Prealarma	Alarma		I, % (IΔn) máx.	Unidad		I prealar., t prealar. (s) I alarma, t alarma (s)	
●	●	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	●	●	30	●	Funcionamiento normal
●	●	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	●	●		●	Ausencia de tensión o aparato fuera de servicio
● ● ●	●	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	●	●	80	●	Superación del umbral de prealarma en un circuito
● ● ●	●	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	●	●	- -	●	Superación del umbral de prealarma en varios circuitos
● ● ●	●	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	●	●	100	●	Superación del umbral de alarma en un circuito
● ● ●	●	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	●	●	- -	●	Superación del umbral de alarma en varios circuitos
● ● ●	●	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	●	●	888	● / ●	En modo test, control del funcionamiento correcto de los LED y de la visualización
●	●	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	●	●	TOR	●	Conexión(s) toroidal/ relé(s) defectuosa
●	●	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	●	●	Er, Ero, Er1	●	Anomalía detectada
●	●	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	●	●	Er2	●	Conexión RMH/RM12T de fectuosa
		1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	●	●	SAT		Corriente de fuga superior a 60 A
		1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	●	●	Adr		Conexión mediante bus interno: parpadeo del circuito que se va a direccionar. Sin conexión mediante bus interno: desaparición del mensaje tras 30 s
●	●	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	●	●	rSt	●	Confirmación de la memorización de la visualización
●	●	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	●	●	OFF	●	Prueba sin disparo de los contactos de salida de prealarma y alarma
●	●	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	●	●	ON	●	Prueba con disparo de los contactos de salida de prealarma y alarma

Leyenda:

● Apagado.

● (●) Verde (respectivamente rojo) encendido.

● ● ● Intermitente.

rSt Visualización intermitente.

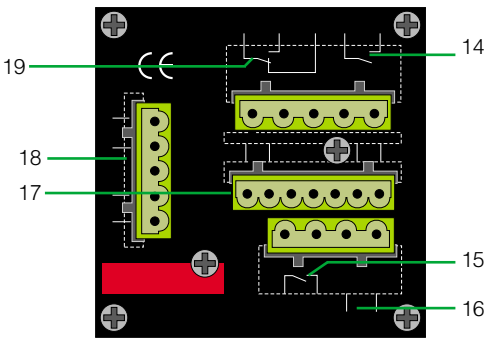
Conexión del RMH

Todas las conexiones de los relés empotrados se pueden desenchufar.

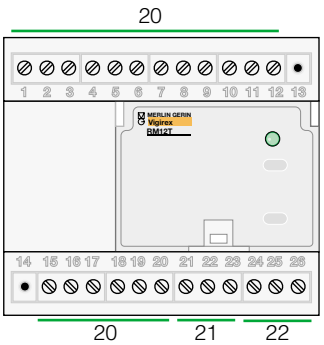
14 Contacto de prealarma.
15 Contacto de presencia de tensión.
16 Alimentación.
17 Multiplexor RM12T.
18 Bus de comunicación.
19 Contacto de alarma.

Conexión del multiplexor RM12T

20 Toroidales (12 circuitos a supervisar).
21 Relés RMH.
22 Alimentación.



Parte posterior para conexión del RMH



Parte frontal del multiplexor RM12T

Comunicación de los relés RHU y RMH

Los relés Vigirex RHU y RMH se integran totalmente en el sistema de gestión de la instalación eléctrica SMS **Power**Logic al comunicarse con los protocolos Bus interno.

Un interface de comunicación permite la comunicación en otras redes:

- Motbus.
- Profibus.
- Ethernet.

Los relés RHU y RMH están equipados con una comunicación mediante bus interno, lo que permite la gestión remota a través del concentrador de datos DC 150.

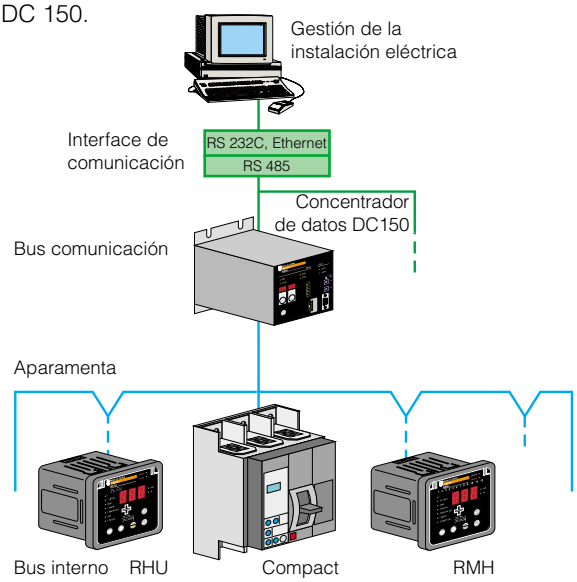


Fig. G4-039: *comunicación de los relés RHU y RMH.*

Panorama de las funciones

■ La comunicación permite:
□ La identificación del aparato.
□ La señalización del estado (lectura).
□ El mando (escritura).
□ El parametraje de las protecciones y alarmas (lecturas y escrituras).
□ El análisis de las corrientes diferenciales instantáneas y máximas para las necesidades de ayuda a la explotación y al mantenimiento (lectura).
Esto se realiza mediante datos (bits o palabras).
■ La información se transfiere:
□ En tiempo real.
□ Periodicamente.
□ Por orden.

Nota: la descripción completa de la comunicación y del protocolo se explican en la documentación relativa al concentrador de datos DC150 (Volumen IV).

Control a distancia		RHU	RMH
Identificación del aparato			
Dirección fijada mediante el DC150		■	■
Tipo de aparato		RHU	
Señalización de estado			
Alarma RHU/prealarma RMH		■	■
Defecto RHU/alarma RMH		■	■
Mandos			
Test con disparo de los contactos de salida		■	■
Prueba sin disparo de los contactos de salida		■	■
Reset del contacto de salida tras defecto		■	-
Reset de la memorización de la visualización de la alarma		-	■
Parametraje de las protecciones			
Umbral y prealarma		-	■
Temporización de la prealarma		-	■
Umbral de alarma		■	-
Temporización de alarma		■	■
Umbral de defecto		■	-
Temporización de defecto		■	-
Ayuda al funcionamiento y al mantenimiento			
Medidas	Corriente de fuga	■	■
	Porcentaje de la corriente de fuga	■	■
	Corriente de fuga máxima	■	■
Lectura de defectos	Anomalía detectada		
	Enlace RMH, RM12T con defecto	-	■
	Saturación de la medida de las corrientes de defecto	■	■
	Enlace toroidal con defecto	■	■

Certificación de cuadro facilitada

En el transcurso de la certificación del cuadro, antes del ensayo dieléctrico, es obligatorio el aislamiento mediante desconexión de la alimentación de los relés diferenciales.
La alimentación de los relés Vigirex se realiza con un conector encliquetable que permite una conexión y desconexión seguras y fáciles.
Las conexiones de los relés empotrados de la gama Vigirex se realizan con ayuda de conectores encliquetables.

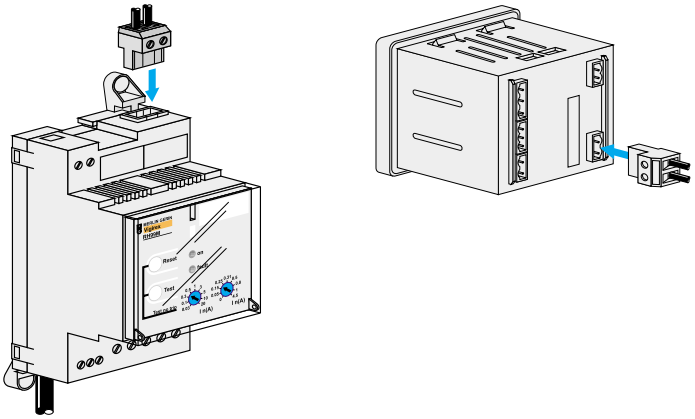


Fig. G4-040: *conexión de la alimentación con formato de carril DIN y empotrada.*

Formatos adaptados a todos los sistemas de instalación

Los relés Vigirex están disponibles en dos formatos:
- Formato empotrado 72 · 72 mm (RH10, RH21, RH99, RHUs, RHU, RMH).
- Formato DIN (RH10, RH21, RH99).

Los relés formato DIN pueden asociarse por filiación directa a:
- Los toroidales Ø 30 mm y Ø 50 mm.
- Tres patas de fijación que permiten instalar el relé en la placa de un armario de control.

Sistema de instalación	Formato adaptado
Cuadro general de BT Empotrado	
Cuadro de distribución de potencia:	
■ Zona de aparatos de medida	Empotrado
■ Zona de aparamenta modular	DIN

Aparato con formato empotrado.

Aparato con formato DIN con toroidal encliquetado.

Aparato en formato DIN con patas de fijación para montaje sobre placa.

Aparato con formato DIN.

Tapa de precinto

Tapas

Todos los relés Vigirex están equipados con tapas precintables para salvaguardar las regulaciones permitiendo al mismo tiempo efectuar el test o el reset del aparato.

Selectividad de las protecciones con relés Vigirex

Es posible repartir la instalación en varios niveles en cascada y cada nivel protegerlo con un Vigirex con protección diferencial adecuada.
La diversidad de los umbrales de las corrientes de defecto, de alarma o de prealarma y de los umbrales de temporización de la gama Vigirex facilita la integración de los relés diferenciales en todos los niveles de una instalación eléctrica.
La coordinación de los dispositivos aguas arriba y aguas abajo de una instalación, permite cortar la alimentación (relé de protección) de la parte en defecto únicamente.

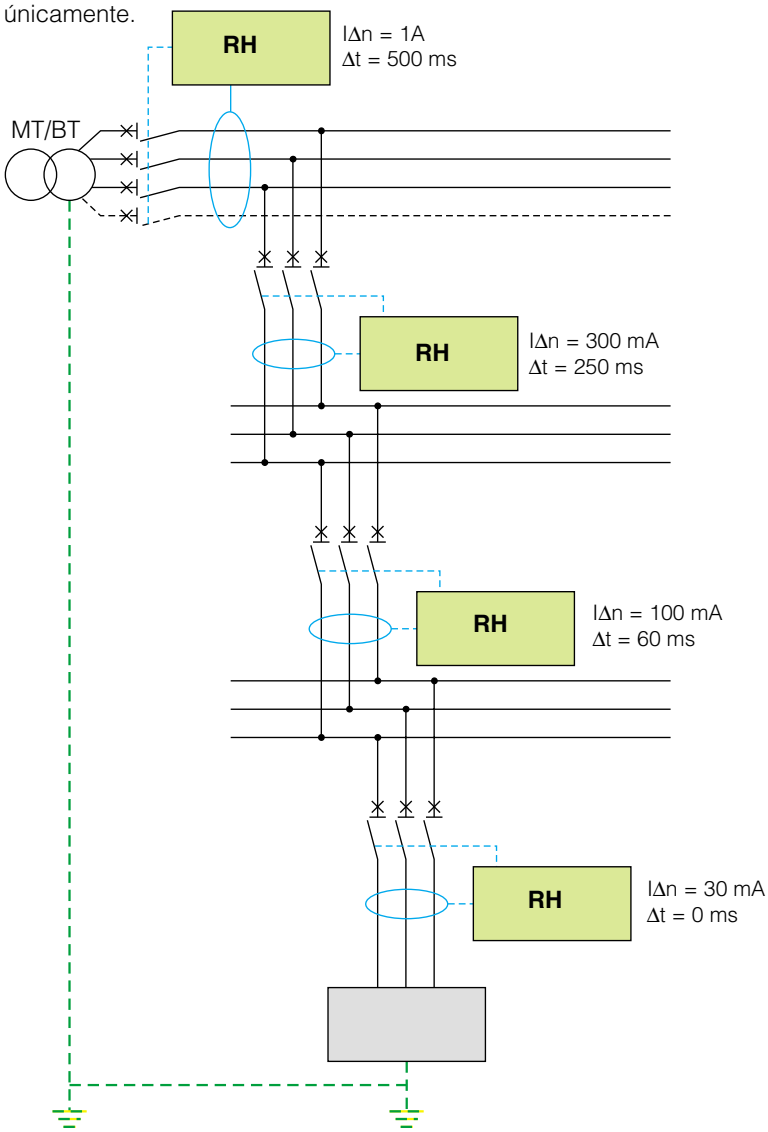


Fig. G4-041: *diagrama de selectividad de los relés con toroidal separado.*

Puesta en servicio de la selectividad

La selectividad entre un DDR (dispositivo diferencial residual) aguas arriba y los DDR situados aguas abajo debe ser de tipo amperimétrico y cronométrico.

■ Se obtiene mediante el escalonado:
□ De los valores de ajuste de las sensibilidades.
□ De los valores de los tiempos combinados y de no funcionamiento.
■ Las normas de selectividad generales siguientes garantizan el escalonado correcto de las regulaciones:
□ En corriente, el ajuste de la sensibilidad del aparato aguas arriba debe ser el doble de la del aparato aguas abajo (según la normativa de corrientes de funcionamiento/no funcionamiento).
□ En tiempo, el tiempo de no funcionamiento (temporización) del aparato aguas arriba debe ser superior al tiempo combinado (el tiempo total de corte incluye el retraso intencionado del DDR y el tiempo de intervención del aparato de corte).
■ A continuación se resumen estas dos condiciones:
□ Umbral IΔn aguas arriba $\geq$ 2 · umbral IΔn aguas abajo.
□ Tiempo de no funcionamiento ΔT aguas arriba $\geq$ tiempo combinado ΔT aguas abajo.

Nota: el DDR no limita la corriente de defecto. Por este motivo, no se puede utilizar una selectividad amperimétrica únicamente.

Las curvas de tiempo/corriente ofrecen valores de corriente de disparo de los Vigirex en función de sus características normalizadas: la superposición de las curvas ofrece directamente los valores de ajuste de las protecciones para garantizar la selectividad total (ver curvas en páginas G/104 y G/105).

Los Vigirex asociados a los dispositivos de corte (interruptores, interruptores automáticos) de las marcas Merlin Gerin y Telemecanique cuentan con ajustes de umbrales y temporizaciones sucesivos que mejoran las normas de selectividad mencionadas anteriormente.

Normas de selectividad

Dispositivo (DDR + dispositivo de corte Schneider Electric)		**Ajuste**	
Aguas arriba	Aguas abajo	Proporción IΔn	Temporización
Vigirex	DDR Merlin Gerin	1,5	1 escalón de diferencia salvo (1)
DDR Schneider	Vigirex	2	1 escalón de diferencia salvo (1)

(1) Tomar 2 escalones de diferencia para el escalón 0,25 s (es decir, escalones 0,25 s y 0,5 s).

Tabla G4-042: *características preceptivas para una buena selectividad.*

Las gamas de protección diferencial Merlin Gerin (función de protección diferencial de la unidad de control del interruptor automático Masterpact, Vigicompact, multi 9 diferencial...) son coherentes y están diseñadas para poder asociarse, garantizando al mismo tiempo la selectividad en caso de fallo de aislamiento.

Perturbaciones electromagnéticas

■ Los relés Vigirex están inmunizados contra:
□ Sobretensiones producidas por el manejo de los dispositivos de corte (por ejemplo:circuitos de alumbrado).
□ Sobretensiones producidas por perturbaciones atmosféricas.

□ Ondas radioeléctricas emitidas por aparatos de telefonía móvil, radio transmisor, Walkies-talkies, radares, etc.
□ Descargas electroestáticas producidas directamente por los usuarios.
■ Para ello, los relés Vigirex se ha probado conforme a las siguientes normas:
□ CEI-EN 60947-2: aparamenta de baja tensión (parte 2: interruptores automáticos).
□ CEI-EN 61000-4-1: vista del conjunto de la serie CEI-EN 61000-4.
□ CEI-EN 61000-4-2: ensayos de inmunidad a las cargas electroestáticas.
□ CEI-EN 61000-4-3: ensayos de inmunidad a los campos electromagnéticos.
□ CEI-EN 61000-4-4: ensayos de inmunidad a los transitorios eléctricos rápidos en ráfagas.
□ CEI-EN 61000-4-5: ensayos de inmunidad a las ondas de choque.
□ CEI-EN 61000-4-6: ensayos de inmunidad a las perturbaciones conducidas inducidas por los campos radioeléctricos.
□ UNE-EN 55011: límites y métodos de medida de las características relativas a las perturbaciones eléctricas.
Los altos niveles de inmunidad de los relés Vigirex garantizan una seguridad óptima sin disparo intempestivo.

Comportamiento en los microcortes de alimentación auxiliar
Los relés Vigirex son insensibles a los microcortes de duración interior a igual a 60 ms.
El tiempo máximo de intervención por microcortes cumple la norma CEI 60947-2.

Toroidales diferenciales

Compatibilidad de los toroidales
Los relés Vigirex RH10, RH21, RH99, RHUs, RHU y RMH pueden estar asociados a los siguientes toroidales:
■ Toroidales cerrados o abiertos (tipo A, OA).

Adaptación a las instalaciones
■ Los toroidales cerrados se ajustan bien a las nuevas instalaciones hasta 630 A.
Algunos se montan en carril DIN, en panel o placa, encliquetados en el relé Vigirex o en cable con abrazaderas (ver página G/114).
■ Los toroidales abiertos facilitan el montaje en las instalaciones existentes hasta 250 A.
■ Los toroidales rectangulares permiten realizar instalaciones en barras para instalaciones cuyas corrientes sean ⩽ 4.000 A.

Compatibilidad con los toroidales diferenciales rectangulares
Los relés RH10, RH21 y RH99 pueden estar asociados a los cuadros sumatorios 280 · 115 mm y 470 · 160 mm. El umbral de sensibilidad del Vigirex debe estar ajustado a un valor ⩾ 500 mA.

Resistencia a fuertes corrientes diferenciales de defecto
Los ensayos garantizan una medida precisa tras una fuerte corriente de defecto que atraviese el toroidal cuando se produce un defecto franco entre fase y conductor de protección PE.

Resistencia a la temperatura
■ La temperatura de funcionamiento de los toroidales debe estar adscrita:
□ Toroidal A y OA: –25 °C/+70 °C.
□ Toroidales rectangulares: –35 °C/+80 °C.
■ La temperatura de almacenamiento de los toroidales es:
□ Toroidal A y OA: –55 °C/+85 °C.
□ Toroidales rectangulares: –55 °C/+100 °C.

Relés Vigirex Con contacto de salida con rearme manual local después de defecto			**RH10**	**RH21**
Características generales				
Tipo de red para supervisar. BT alterna/Tensión de la red			50/60/400 Hz ⩽ 1.000 V	50/60/400 Hz
Esquema de conexión a tierra			TT, TNS, IT	TT, TNS, IT
Clasificación de tipo A, AC según CEI 60947-2			■	■
Temperatura de funcionamiento			–35 °C / +70 °C	–35 °C / +70 °C
de almacenamiento			–55 °C / +85 °C	–55 °C / +85 °C
Características del producto según CEI 60755, CEI 60947-2 y EN 60947-2 y EN 60947-2, UL 1053				
Alimentación: tensión asignada de empleo	de 12 a 24V CA - de 12 a 48 V CC		50/60 Hz/CC	■
	48 V	50/60 Hz	■	■
	de 110 a 130 V CA	50/60 Hz	■	■
	de 220 a 240 V CA	50/60/400 Hz	■	■
	de 380 a 415 V CA	50/60 Hz	■	■
	de 440 a 525 V CA	50/60 Hz	■	■
Rango de funciona. miento en tensión	Ue: de 12 a 24 V CA - 12 a 48 V CC		del 55% al 120% Ue (1)	del 55% al
	48V ⩽ Ue ⩽ 415 V		del 55% al 110% Ue	del 55% al
	Ue > 415 V		del 70% al 110% Ue	del 70% al
Categoría de sobretensión			IV	IV
Tensión asignada soportada al impulso hasta Ue = 525 V CA Uimp (kV)			8	8
Consumo máx.	CA		■ 4 VA	■ 4 VA
	CC		■ 4 W	■ 4 W
Insensible a los microcortes < 60 ms			■	■
Tiempo máx., de intervención por corte de toroidal (según CEI 60947-2)			■	■
Rango de medida de corriente de fuga	Rango de medidas		-	-
	Precisión de la medida		-	-
	Tiempo de refresco de la visualización		-	-
Detección de la corriente de defecto	Umbral IΔn		1 umbral fijo	2 umbra. conmut.
			0,03 A-0,05 A-0,1 A-0,15 A	
			0,25 A-0,3 A-0,5 A-1 A	
	Rango de detección de la corriente de defecto		80% IΔn al 100% IΔn	80% IΔn al
	Temporización Δt		Instantánea	Instant. para
				1 temporización
				Instant. o 0,06 s
	Umbral de regulación Δt		0 s	0 s
	Tiempo máx., de no funcionamiento a 2 IΔn		-	-
	Tiempo máx., de funcionamiento a 5 IΔn (solo relé diferencial)		0,015 s	0,015 s
	Tiempo combinado máx., a 5 IΔn (4)		0,04 s	0,04 s
	Regulación		Sin	Conmutador
	Contacto de salida		Inver. con enclavamiento	Inversor con
Alarma	Umbral I alarma		-	-
	Rango de detección de la corriente de alarma		-	-
	Temporización Δt alarma		-	-
	Umbral de ajuste de Δt alarma		-	-
	Tiempo máx., de no detección con 2 I alarma		-	-
	Tiempo máx., de detección a 5 I alarma		-	-
	Ajuste		-	-
	Contacto de salida		-	-
	Histéresis		-	-
Test con o sin conmutación de los contactos de salida y rearme (Reset) de los contactos de salida tras defecto	Local		■	■
	A distancia mediante cable (10 m máx.)		■	■
	A distancia mediante cable en varios relés (10 m máx.)		■	■
	A distancia a través de la COM		-	-
Vigilancia automática	Del enlace de toroidal/relé		Permanente	Permanente
	De la alimentación		Permanente	Permanente
	De la electrónica		Permanente	Permanente

	RH99	RHUs y RHU
⩽ 1.000 V	50/60/400 Hz ⩽ 1.000 V	50/60/400 Hz ⩽ 1000V
	TT, TNS, IT	TT, TNS, IT
	■	■
	–35 °C / +70 °C	–35 °C / +70 °C
	–55 °C / +85 °C	–55 °C / +85 °C
■	■	-
	■	■
	■	■
	■	■
	■	■
	■	-
120% Ue (1)	del 55% al 120% Ue (1)	-
110% Ue	del 55% al 110% Ue	del 70% al 110% de Ue (2)
110% Ue	del 70% al 110% Ue	-
	IV	IV
	8	8
	■ 4 VA	■ 4 VA
	■ 4 W	-
	■	■
	■	■
	-	del 10% (3) al 200% de IΔn
	-	+/– 10% de IΔn
	-	2 s
0,03 A o 0,3 A	9 umbrales conmutables	1 umbral regulable
	0,03 A - 0,1 A - 0,3 A - 0,5 A - 1 A - 3 A - 5 A - 10 A - 30 A	de 0,03 A a 1A (p) de 0,001 A
		de 0,015 A a 1 A (p) de 0,1 A
100% IΔn	80% IΔn al 100% IΔn	80% IΔn al 100% IΔn
IΔn = 0,03 A	Instantánea para IΔn = 0,03 A	Instant. para IΔn = 0,03 A
regulable	9 temporizaciónes conmutables predefinidas	1 temporización regulable
para IΔn = 0,3 A	Instantánea de 4,5 s	Instant. de 5 s (p) de 10 ms
0,06 s	0 s 0,06 s 0,15 s 0,25 s 0,31 s 0,5 s 0,8 s 1 s 4,5 s	0 s 0,06 s ⩽ Δt
0,06 s	- 0,06 s 0,15 s 0,25 s 0,31 s 0,5 s 0,8 s 1 s 4,5 s	- igual que RH99
0,13 s	0,015 s 0,13 s 0,23 s 0,32 s 0,39 s 0,58 s 0,88 s 1,08 s 4,58 s	0,015 s
0,15 s	0,04 s 0,15 s 0,25 s 0,34 s 0,41 s 0,6 s 0,9 s 1,1 s 4,6 s	0,04 s igual que RH99
	Conmutador	teclado
enclavamiento	Inversor con enclavamiento	Inversor con enclavamiento
	-	1 umbral regulable
		0,015 A a 1 A (p) de 0,001 A
		0,015 A a 1 A (p) de 0,1 A
		con 0,015 A < I alarma < 30 A
	-	80% I alar. al 100% I alar.
	-	1 temporización regulable instantánea a 5 s (p) 10 ms
	-	0 s 0,06 s ⩽ Δt
	-	- ídem que IΔn
	-	0,015 s ídem que IΔn
	-	Teclado o bus interno
	-	Normal. abierto sin enclav.
	-	desac. de la alarma al 70% del umbral I alarma
	■	■
	■	■
	■	■
	-	■ (RHU únicamente)
	Permanente	Permanente
	Permanente	Permanente
	Permanente	Permanente

(1) Del 80% al 120% de Ue si Ue < 20 V.
(2) –15% en la puesta en tensión.
(3) < 10% de IΔn: visualización 0 y > 200% de IΔn: visualización SAT.
(4) Tiempo máximo de desaparición de la corriente de defecto en asociación con un interruptor automático Merlin Gerin de calibre ⩽ 630 A.
(p) Por pasos.

Relés Vigirex		RH10					
Características técnicas del producto según CEI 60755, CEI 60947-2 y EN 60947-2, UL 1053 (continuación)							
Características de los contactos de salida según la norma CEI 60947-5-1	Corriente nominal térmica (A)	8					
	Carga mínima	10 mA a 12 V					
Corriente asignada de empleo (A)	Categoría de empleo	AC12	AC13	AC14	AC15	DC12	DC13
	24 V	6	6	5	5	6	2
	48 V	6	6	5	5	2	-
	110 V	6	6	4	4	0,6	-
	220-240 V	6	6	4	4	-	-
	250 V	-	-	-	-	0,4	-
	380 - 415 V	5	-	-	-	-	-
	440 V	-	-	-	-	-	-
	660 - 690 V	-	-	-	-	-	-
Visualización y señalización	De la presencia de tensión (LED y/o relé) (1)	■					
	De la superación del umbral de defecto (LED)	■					
	de alarma (LED y relé)	-					
	De la corriente de fuga y de las regulaciones (digital)	-					
Precinto de los ajustes: tapa precintable que permite el test y reset local		■					
Comunicación							
Capacidad para supervisión por bus interno		-					
Características mecánicas del producto		Empotrado			DIN		
Dimensiones		72 · 72 mm			6 pasos de 9 mm		
Peso		0,3 kg			0,3 kg		
Clase de aislamiento (CEI 60664-1)	Cara anterior	II			II		
	Salida de comunicación	-			-		
Indice de protección IP (CEI 60529)	Cara anterior	IP40			IP40		
	Otras caras	IP30			IP30		
	Conectores	IP20			IP20		
Choque en parte frontal IK (EN 50102)		IK07 (2 julios)			IK07 (2 julios)		
Vibraciones según Lloyd's y Veritas		de 2 a 13,2 Hz +/–1 mm y de 13,2 a 100 Hz-0,7 g			de 2 a 13,2 Hz +/– 1 mm y de 13,2 a 100 Hz-0,7g		
Resistencia al fuego (CEI 60695-2-1)		■			■		
Entorno							
Calor húmedo sin funcionamiento(CEI 60068-2-30)		28 ciclos +25 °C/+55 °C/HR 95%					
Calor húmedo en funcionamiento (CEI 60068-2-56)		48 h 00 Categoría ambiental C2					
Bruma salina (CEI 60068-2-52)		Ensayo KB gravedad 2					
Grado de polución (CEI 60664-1)		3					
Compatibilidad electromagnética (2)	Descargas electroestáticas (CEI 61000-4-2)	Nivel 4					
	Susceptibilidad irradiada (CEI 61000-4-3)	Nivel 3					
	Susceptibilidad conducida baja energía (CEI 61000-4-4)	Nivel 4					
	Susceptibilidad conducida alta energía (CEI 61000-4-5)	Nivel 4					
	Perturbaciones de radiofrecuencia (CEI 61000-4-6)	Nivel 3					
	Perturbaciones radioeléctricas (UNE-EN 55011)	Clase B					
Poder calorífico		3,52 MJ			4,45 MJ		
Toroidales y accesorios							
Toroidales	Toroidales del tipo A, OA	■					
	Toroidales rectangulares Masterpact NT/NW para IΔn ⩾ 500 mA	■					
Cables	Enlaces de toroidales-relés por par trenzado estandar no incluido	■					

(1) Según el tipo de cableado (continuidad de servicio óptima o seguridad óptima).
(2) Compatibilidad para el conjunto de relé + toroidal.

Tabla G4-043: *características de los relés de proteción con contacto de salida con rearme manual local después de defecto.*

	RH21						RH99						RHUs y RHU					
	8						8						8					
	10 mA a 12 V						10 mA a 12 V						10 mA a 12 V					
	AC12	AC13	AC14	AC15	DC12	DC13	AC12	AC13	AC14	AC15	DC12	DC13	AC12	AC13	AC14	AC15	DC12	DC13
	6	6	5	5	6	2	6	6	5	5	6	2	6	6	5	5	6	2
	6	6	5	5	2	-	6	6	5	5	2	-	6	6	5	5	2	-
	6	6	4	4	0,6	-	6	6	4	4	0,6	-	6	6	4	4	0,6	-
	6	6	4	4	-	-	6	6	4	4	-	-	6	6	4	4	-	-
	-	-	-	-	0,4	-	-	-	-	-	0,4	-	-	-	-	-	0,4	-
	5	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	■						■						■					
	■						■						■					
	-						-						■					
	-						-						■					
	■						■						■					
	-						-						■ (RHU únicamente)					
	Empotrado		DIN				Empotrado		DIN				Empotrado					
	72 · 72 mm		6 pasos de 9 mm				72 · 72 mm		6 pasos de 9 mm				72 · 72 mm					
	0,3 kg		0,3 kg				0,3 kg		0,3 kg				0,3 kg					
	II		II				II		II				II					
	-		-				-		-				II					
	IP40		IP40				IP40		IP40				IP40					
	IP30		IP30				IP30		IP30				IP30					
	IP20		IP20				IP20		IP20				IP20					
	IK07 (2 julios)		IK07 (2 julios)				IK07 (2 julios)		IK07 (2 julios)				IK07 (2 julios)					
	de 2 a 13,2 Hz +/–1 mm y de 13,2 a 100 Hz-0,7g		de 2 a 13,2 Hz +/–1 mm y de 13,2 a 100 Hz-0,7g				de 2 a 13,2 Hz +/–1 mm y de 13,2 a 100 Hz-0,7g		de 2 a 13,2 Hz +/–1 mm y de 13,2 a 100 Hz-0,7g				de 2 a 13,2 Hz +/–1 mm y de 13,2 a 100 Hz-0,7g					
	■		■				■		■				■					
	28 ciclos +25 °C/+55 °C/HR 95%						28 ciclos +25 °C/+55 °C/HR 95%						28 ciclos +25 °C/+55 °C/HR 95%					
	48 h 00 Categoría ambiental C2						48 h 00 Categoría ambiental C2						48 h 00 Categoría ambiental C2					
	Ensayo KB gravedad 2						Ensayo KB gravedad 2						Ensayo KB gravedad 2					
	3						3						3					
	Nivel 4						Nivel 4						Nivel 4					
	Nivel 3						Nivel 3						Nivel 3					
	Nivel 4						Nivel 4						Nivel 4					
	Nivel 4						Nivel 4						Nivel 4					
	Nivel 3						Nivel 3						Nivel 3					
	Clase B						Clase B						Clase B					
	3,52 MJ		4,45 MJ				3,52 MJ		4,45 MJ				10 MJ					
	■						■						■					
	■						■						-					
	■						■						■					

Relés de señalización			
Relés Vigirex			**RH99**
Características generales			
Tipo de red para supervisar. BT alterna/Tensión de la red			50/60/400 Hz ⩽ 1.000 V
Esquema de conexión a tierra			TT, TNS
Clasificación de tipo A, AC según CEI 60947-2			-
Temperatura de funcionamiento			–25 °C / +70 °C
de almacenamiento			–55 °C / +85 °C
Características eléctricas del producto			
Alimentación: tensión asignada de empleo Ue	de 12 a 24 V CA - de 12 a 48 V CC	50/60 Hz/CC	■
	48 V	50/60 Hz	■
	de 110 a 130 V CA	50/60 Hz	■
	de 220 a 240 V CA	50/60/400 Hz	■
	de 380 a 415 V CA	50/60 Hz	■
	de 440 a 525 V CA	50/60 Hz	■
Rango de funcionamiento en tensión	Ue: de 12 a 24 V CA - de12 a 48 V CC		del 55% al 120% Ue (1)
	48V ⩽ Ue ⩽ 415 V		del 55% al 110% Ue
	Ue > 415 V		del 70% al 110% Ue
Categoría de sobretensión			IV
Tensión asignada soportada al impulso hasta Ue = 525 V CA Uimp (kV)			8
Consumo máx.	CA		4 VA
	CC		4 W
Insensible a los microcortes ⩽ 60 ms			■
Tiempo máx., de intervención por corte de toroidal (según CEI 60947-2)			■
Rango de medida de corriente de fuga	Rango de medidas		-
	Precisión de la medida		-
	Tiempo de medida de un circuito		-
	Tiempo de medida de los 12 circuitos		-
	Tiempo de refresco de la visualización		-
Alarma	Umbral I alarma		9 umbrales conmutables 0,03 A - 0,1 A - 0,3 A - 0,5 A -
	Rango de detección de la corriente de alarma		80% I alarma al 100%
	Temporización Δt		Ins. para I alarma = 0,03 A
			9 temporizaciones conmutables
	Umbral de regulación Δt alarma		0 s 0,06 s 0,15 s 0,25 s
	Tiempo máx., de no detección de 2 IΔn (2 I alarma para RMH)		- 0,06 s 0,15 s 0,25 s
	Tiempo máx., de detección de 5 IΔn (5 I alarma para RMH)		0,015 s 0,13 s 0,23 s 0,32 s
	Regulación		conmutador
	Contacto de salida		inversor
	Histéresis		sin
Prealarma	Umbral i prealarma		-
	Rango de detección de la corriente de prealarma		-
	Temporización Δt prealarma		-
	Precisión		-
	Regulación		-
	Contacto de salida		-
	Histéresis		-
Test con o sin conmutación de los contactos de salida	Local		■
	A distancia cable a cable (10 m máx.)		■
	A distancia cable a cable en varios relés (10 m máx.)		■
	A distancia a través de la COM		-
Vigilancia automática	Del enlace de toroidal/relé		Permanente
	Del enlace de toroidal/multiplexor RMT12T y RM12T/RMH		-
	De la alimentación		Permanente
	De la electrónica		Permanente

(1) Del 80% al 120% Ue si Ue < 20 V.
(2) –15% en la puesta en tensión.

					RMH y RM12T asociados	
					50/60/400 Hz ⩽ 1.000 V	
					TT, TNS	
					-	
					–25 °C / +70 °C	
					–55 °C / +85 °C	
					-	
					-	
					-	
					■	
					-	
					-	
					-	
					del 70% al 110% Ue (2)	
					-	
					IV	
					8	
					8 VA	
					-	
					■	
					■	
					de 0,015 A a 60 A en 12 circuitos de medida	
					+/– 10% de I alarma	
					< 200 ms	
					< 2,4 s (< n · 200 ms sin toroidales)	
					2 s	
1 A - 3 A - 5 A - 10 A - 30 A					1 umbral regulable/circuito de 0,03 A a 1 A por pasos de 0,001 A de 0,015 A a 1 A por pasos de 0,1 A	
I alarma					80% I alarma al 100% I alarma	
					instantánea para I alarma = 0,03 A	
predefinidas: instantánea de 4,5 s					1 termporización ajustable/circuito instantánea de 5 s por pasos de 10 ms	
0,31 s	0,5 s	0,8 s	1 s	4,5 s	0 s	otras temporizaciones
0,31 s	0,5 s	0,8 s	1 s	4,5 s	0,2 s	0,2 s + Δt alarma
0,39 s	0,58 s	0,88 s	1,08 s	4,56 s	2,4 s	2,4 s + (1,2 · Δt alarma)
					teclado o bus interno	
					inversor	
					desactivación del contacto de alarma al 70% del umbral I alarma	
					1 umbral regulable/circuito de 0,015 A a 1 A por pasos de 0,001 A de 1 A a 30 A por pasos de 0,1 A con 0,015 A ⩽ I prealarma ⩽ I alarma ⩽ 30 A	
					80% I prealarma al 100% I prealarma	
					1 temporización regulable/circuito instantánea de 5 s por pasos de 10 ms	
					0/–20% para todas las regulaciones	
					teclado o bus interno	
					de cierre	
					desactivación del contacto de prealarma al 70% del umbral I de prealarma	
					■ y confirmación (Reset) de la memorización de la visualización (digital y LED) de la alarma	
					-	
					-	
					■ y confirmación (Reset) de la memorización de la visualización (digital y LED) de la alarma	
					Permanente	
					Permanente	
					Permanente	
					Permanente	

Relés de señalización
Con contacto de salida con rearme después de la desaparición del defecto (continuación)

Relés Vigirex		**RH99**
Características eléctricas del producto		
Características de los contactos de salida según la norma CEI 60947-5-1	Corriente nominal térmica (A)	8
	Carga mínima	10 mA
Corriente asignada de empleo (A)	Categoría de empleo	AC12
	24 V	6
	48 V	6
	110 V	6
	220-240 V	6
	250 V	-
	380-415 V	5
	440 V	-
	660-690 V	-
Visualización y señalización	De la presencia de tensión (LED y relé)	■
	De la superación del umbral: de alarma (LED)	■
	de prealarma (LED y relé)	-
	de la corriente de fuga y de los ajustes (digital)	-
Precinto de los ajustes: tapa precintable que permite el test y reset local		■
Comunicación		
Capacidad para supervisión por bus interno		-
Características mecánicas del producto		Empotrado
Dimensiones		72 · 72 mm
Peso		0,3 kg
Clase de aislamiento (CEI 60664-1)	Cara anterior	II
	Salida de comunicación	-
Indice de protección IP (CEI 60529)	Cara anterior	IP40
	Otras caras	IP30
	Conectores	IP20
Choque en parte frontal IK (EN 50102)		IK07
Vibraciones según Lloyd's y Veritas		de 2 a 13,2 Hz
		y de 13,2 a
Resistencia al fuego (CEI 60695-2-1)		■
Entorno		
Calor húmedo sin funcionamiento(CEI 60068-2-30)		28 ciclos
Calor húmedo en funcionamiento (CEI 60068-2-56)		48 h 00
Bruma salina (CEI 60068-2-52)		Ensayo KB
Grado de polución (CEI 60664 -1)		3
Compatibilidad electromagnética (1)	Descargas electroestáticas (CEI 61000-4-2)	Nivel 4
	Susceptibilidad irradiada (CEI 61000-4-3)	Nivel 3
	Susceptibilidad conducida de baja energía (CEI 61000-4-4)	Nivel 4
	Susceptibilidad conducida de alta energía (CEI 61000-4-5)	Nivel 4
	Perturbaciones de radiofrecuencia (CEI 61000-4-6)	Nivel 3
	Perturbaciones radioeléctricas (UNE-EN 55011)	Clase B
Poder calorífico		3,52 MJ
Toroidales y accesorios		
Toroidales	Toroidales del tipo A, OA	■
	Toroidales rectangulares Masterpact NT/NW para $I\Delta n \geq 500$ mA	■
Cables	Enlaces de toroidales-relés por par trenzado estandar no incluido	■

(1) Compatibilidad para el conjunto de relé + toroidal.

Tabla G4-044: *relés de señalización con contactos de salida con rearme después de la desaparición del defecto.*

					RMH y RM12T asociados RMH						**RMH + RM12T**	**RM12T**
					8						-	-
a 12 V					10 mA a 12 V						-	-
AC13	AC14	AC15	DC12	DC13	AC12	AC13	AC14	AC15	DC12	DC13	-	-
6	5	5	6	2	6	6	5	5	6	2	-	-
6	5	5	2	-	6	6	5	5	2	-	-	-
6	4	4	0,6	-	6	6	4	4	0,6	-	-	-
6	4	4	-	-	6	6	4	4	-	-	-	-
-	-	-	0,4	-	-	-	-	-	0,4	-	-	-
-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					■						-	■ LED
					■						-	-
					■						-	-
					■						-	-
					■						-	-
					■						-	-
		DIN			Empotrado							
		6 pasos de 9 mm			72 · 72 mm						-	12 pasos de 9 mm
		0,3 kg			0,3 kg						-	0,42 kg
		II			II						-	-
		-			II						-	-
		IP40			IP40						-	IP40
		IP30			IP30						-	IP30
		IP20			IP20						-	IP20
(2 julios)		IK07 (2 julios)			IK07 (2 julios)							IK07 (2 julios)
+/–1 mm		de 2 a13,2 Hz+/–1 mm			de 2 a13,2 Hz+/–1 mm						-	de 2 a13,2 Hz+/–1 mm
100 Hz-07 g		y de 13,2 a100 Hz-07g			y de 13,2 a100 Hz-07g							y de 13,2 a100 Hz-07 g
		■			■						-	■
+25 °C/+55 °C/HR95%					28 ciclos +25 °C/+55 °C/HR95%						-	28 ciclos +25 °C/+55 °C/HR95%
Categoría ambiente C2					48 h 00 Categoría ambiente C2						-	48 h 00 Categoría ambiente C2
severidad 2					Ensayo KB severidad 2						-	Ensayo KB severidad 2
					3						-	3
					-						Nivel 4	-
					-						Nivel 3	-
					-						Nivel 4	-
					-						Nivel 4	-
					-						Nivel 3	-
					-						Clase B	-
		4,45 MJ			10 MJ						-	14 MJ
					-						■	-
					-						-	-
					-						■	-

Toroidales para diferenciales	Toroidal cerrado de tipo A					
Relés asociados						
Reles de señalización	RH99,RMH					
Relés de protección	RH10, RH21, RH99, RHU					
Utilización						
Para trabajos nuevos y ampliaciones	■					
Para renovaciones y ampliaciones	-					
Características generales						
Tipo de red para supervisar	BT 50/60/400 Hz					
Tensión de aislamiento Ui	1.000 V					
Toroidal cerrado	■					
Toroidal abierto	-					
Temperatura de funcionamiento	–35 °C /+70 °C					
Temperatura de almacenamiento	–55 °C/ +85 °C					
Indice de protección	IP30 (conectores IP20)					
Características eléctricas del producto						
Relación de transformación	1/1.000					
Resistencia a la corriente de cortocircuito trifásica Icw 100 kA/0,5 s	■					
Resistencia a la corriente diferencial de cortocircuito IΔw 85 kA/0,5 s (CEI 60947-2 en kA eficaces)	■					
Categoría de sobretensión	IV					
Tensión asignada soportada al impulso Uimp (kV)	12					
Caracterización de los toroidales	TA30	PA50	IA80	MA120	SA200	GA300
Corriente asignada de empleo Ie (A)	65	85	160	250	400	630
Sección máx., admisible por fase de los conductores (mm^2 Cu)	25	50	95	240	2 · 185	2 · 240
Características mecánicas del producto						
Tipo de toroidal	Dimensiones Ø (mm)				Peso (kg)	
Toroidal TA30	30				0,120	
Toroidal PA50	50				0,200	
Toroidal IA80	80				0,420	
Toroidal MA120	120				0,590	
Toroidal SA200	200				1,320	
Toroidal GA300	300				2,230	
Toroidal POA	-				-	
Toroidal GOA	-				-	
Toroidal rectangular	-				-	
Toroidal rectangular	-				-	
Cableado						
Sección de los cables (mm2) para una resistencia R = 3 Ω	Longitud de enlace máx. (m)					
0,22	18					
0,75	60					
1	80					
1,5	100					
Tipo de montaje						
Encliquetado en relé Vigirex (montaje posterior)	TA30, PA50					
En carril DIN simétrico (montaje horizontal o vertical)	TA30, PA50, IA80, MA120					
En panel pleno o perforado o chapa perfilada	TA30, PA50, IA80, MA120, SA200					
En cable	IA80, MA120, SA200, GA300					
En juego de barras	-					
Características ambientales						
Calor húmedo sin funcionamiento (CEI 60068-2-30)	28 ciclos + 25 °C/+55 °C/HR 95%					
Calor húmedo en funcionamiento (CEI 60068-2-56)	48 h 00 Categoría ambiental C2					
Bruma salina (CEI 60068-2-52)	Ensayo KB severidad 2					
Grado de polución (CEI 60664-1)	3					
Poder calorífico (MJ)	0,98	1,42	3,19	3,89	7,05	-

(1) Para IΔn > 500 mA con RH10, RH21 y RH99.
(2) De 0,5 a 2,5 mm^2.

Tabla G4-045: *características de los toroidales diferenciales.*

	Toroidal abierto tipo OA	Toroidales rectangulares
	RH99,RMH	RH99 (1)
	RH10, RH21, RH99, RHU	RH10, RH21, RH99 (1)
	-	■
	■	-
	BT 50/60/400 Hz	BT 50/60/400 Hz
	1.000 V	1.000 V
	-	■
	■	-
	–35 °C /+70 °C	–35 °C /+80 °C
	–55 °C/ +85 °C	–55 °C/ +100 °C
	-	IP30 (conectores IP20)
	1/1.000	1/1.000
	■	■
	■	■
	IV	IV
	12	12
	POA GOA	280 · 115 470 · 160
	85 250	1.600 4.000
	50 240	2 · 100 · 5 2 · 125 · 10

	Dimensiones Ø (mm)	Peso (kg)	Dimensiones interiores (mm)	Peso (kg)
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	46	1,300	-	-
	110	3,200	-	-
	-	-	280 · 115	13,26
	-	-	470 · 160	21,16

	Longitud de enlace máx. (m)	Longitud de enlace máx. (m)
	18	-
	60	10 (2)
	80	10 (2)
	100	10 (2)
	-	-
	-	-
	POA, GOA	-
		■
	-	■
	28 ciclos +25 °C/+55 °C/HR 95%	28 ciclos +25 °C/+55 °C/HR 95%
	48 h 00 Categoría ambiental C2	48 h 00 Categoría ambiental C2
	Ensayo KB severidad 2	Ensayo KB severidad 2
	3	4
	8,02 16,35	-

Toroidal cerrado tipo A: IA80

Toroidal abierto de tipo OA: GOA

Toroidal rectangular

5. Instalación régimen TN

5.1. Condiciones previsibles

Las condiciones de este tipo de instalación se han de prever a la concepción de la obra. Las longitudes de conducción aguas abajo de un interruptor automático o un fusible deben ser calculadas y no sobrepasadas para poder mantener las condiciones de protección.

Condiciones a cumplir
Se enumeran en este apartado y se sitúan en la fig. G5-001:
1. Repartir uniformemente las tomas de tierra a lo largo del conductor de protección PE.
2. Realizar la extensión del cable de protección al lado de las fases, sin interposición de materiales magnéticos entre el conductor de protección y los conductores activos.
3. Embornar el conductor de protección PEN a las masas de los receptores.
4. Cuando la sección del conductor de protección sea ≤ 6 mm^2 en cobre o 10 mm^2 en aluminio, utilizar el sistema de neutro separado (PN-S); un conductor para N y otro para PE.
5. Desconexión al primer defecto por dispositivo de protección clásico. A título de ejemplo un interruptor automático Compact:

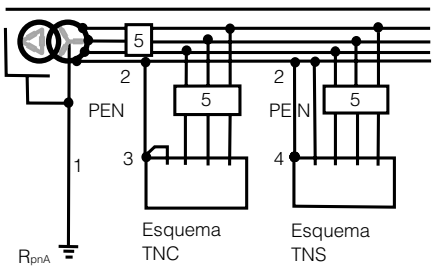


Fig. G5-001: *instalación de un esquema TN.*

Este esquema resume las condiciones a prever para la puesta en servicio de una instalación de régimen TN.

Notas:
(1) En esquema TN las masas del CT y el neutro del transformador deben ser conectadas a una misma toma de tierra.
(1) (2) En los CT con contaje en baja debe colocarse un interruptor seccionador en cabecera de la instalación.
(3) El conductor de protección PEN no debe ser cortado ni asociado a ningún aparato de corte, sólo conectado a las masas.

Los aparatos de protección deben ser:
■ Tripolares para redes PEN.
■ Tetrapolares, tres fases más neutro, para redes PE.

5.2. Protección contra los contactos indirectos

Disponemos de tres métodos:
■ Método de las impedancias, el mismo que se aplica para el cálculo de las corrientes de cortocircuito.
■ Método de composición.
■ Método convencional de cálculo de las corrientes de cortocircuito, muy simple utilizando valores tabulados.

Método de determinación de la protección

Consiste en determinar la posible corriente de fuga en cada parte de la instalación.
El cálculo de esta corriente es relativamente complejo puesto que hace intervenir las impedancias directas, inversas y homopolares de todas las partes de la red (red aguas arriba, transformadores, cables). Es un método muy preciso pero disponemos de otros procesos más simples y prácticos cuyos resultados son válidos para su finalidad.
Los tres métodos propuestos son:
■ Método de las impedancias, el mismo que se aplica para el cálculo de las corrientes de cortocircuito.
■ Método de composición.
■ Método convencional de cálculo de las corrientes de cortocircuito, muy simple utilizando valores tabulados.
Estos métodos no son aplicables si todos los conductores no siguen el mismo camino y sin interposición de materiales ferromagnéticos entre ellos.

Método de las impedancias

El programa informático de cálculo de redes Ecodial 3 utiliza el método de las impedancias para efectuar los cálculos.

Consiste en determinar todos los valores de resistencias, reactancias e impedancias del bucle de defecto para calcular la corriente de cortocircuito por medio de la fórmula:

$$I = \frac{U}{\sqrt{(\Sigma R)^2 + (\Sigma X)^2}}$$

$(\Sigma R)^2$ = cuadrado de la suma de todas las resistencias del circuito.
$(\Sigma X)^2$ = cuadrado de la suma de todas las reactancias del circuito.

La aplicación no es siempre fácil puesto que debemos conocer la resistencia y la reactancia de todos los elementos que intervienen en el bucle de defecto.

Método de composición

Permite determinar la corriente de cortocircuito al extremo del mismo conociendo la corriente de cortocircuito al origen, con la aplicación de la fórmula:

$$Icc' = Icc \frac{U}{U + (Zc \cdot Icc)}$$

Zc = la impedancia de la canalización.
Icc'= impedancia aguas abajo.
Icc = impedancia en el origen.

Nota: en comparación al método de las impedancias, éste consiste en sumar aritméticamente las impedancias.

Método convencional

Basado en la limitación de la longitud de los circuitos eléctricos.
Consiste en aplicar la ley de Ohm a la parte afectada por el defecto y utilizando la hipótesis de que la tensión entre la fase y el conductor de protección PE o PEN es del orden del 80% de la tensión simple nominal (U_0).

Este coeficiente toma un valor global de las impedancias aguas arriba.
En BT, puesto que el conductor de protección se instala al lado de los conductores activos siguiendo el mismo camino, es posible despreciar el valor de las reactancias en comparación con el valor de las resistencias hasta un valor de la sección de los conductores de 120 mm^2.
A partir de 120 mm^2 debemos compensar el valor de la reactancia con un incremento del valor de la resistencia:
S = 150 mm^2.....R+15%.
S = 185 mm^2.....R+20%.
S = 240 mm^2.....R+25%.

Ejemplo:

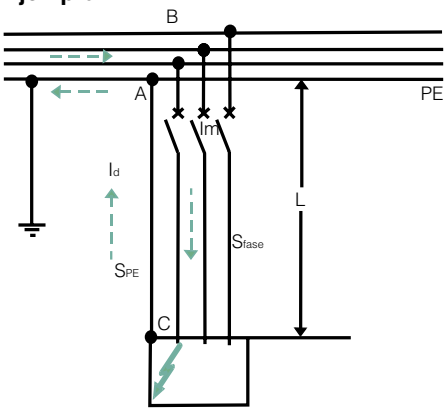


Fig. G5-002: *cálculo de longitud (L) máxima en esquema TN por el método convencional.*

La longitud máxima de un circuito en esquema TN se calcula por medio de la fórmula:

Longitud máxima de circuito a proteger en régimen TN

$$L_{máx.} = \frac{0{,}8 \cdot U_0 \cdot S_f}{\rho \cdot (1 + m) \cdot I_a}$$

- $L_{máx}$= a la longitud máxima en metros del circuito a proteger.
- U_0 = tensión simple.
- ρ = resistividad a la temperatura de funcionamiento normal de los conductores en función de su naturaleza:
  - Cobre = $22{,}5 \cdot 10^{-3}\ \Omega \cdot mm^2/m$.
  - Aluminio = $36 \cdot 10^{-3}\ \Omega \cdot mm^2/m$.
- Ia = corriente en (A) de funcionamiento del relé de tiempo corto (Im) o del relé de desconexión instantánea de un interruptor automático, o bien la corriente de fusión de un fusible en el tiempo específico.
- m = a una relación entre la sección del conductor de fase y la del de protección:
  - $S_{fase} = S_f$ = sección del conductor de fase en mm^2.
  - S_{PE} = sección del conductor de protección en mm^2.

Tablas

Las tablas que a continuación establecemos cuantifican las longitudes de circuito máximas que un determinado elemento de protección puede garantizar contra los contactos indirectos, en un régimen TN. Los valores máximos no se pueden sobrepasar puesto que en el momento que incrementamos la impedancia del circuito, al incrementar su longitud, la corriente de cortocircuito se reduce y no permitiría desconectar a la protección, en el tiempo prescrito de protección, contra los contactos indirectos.

Las tablas adjuntas tienen en cuenta:
- ■ El tipo de protección:
  - □ Interruptor automático.
  - □ Fusibles.
- ■ El calibre de la protección.
- ■ La sección de las fases y del conductor de protección.
- ■ El régimen de neutro.

Las tablas son utilizables para redes de 230/400 V.
Encontraremos tablas particulares para interruptores automáticos Compact y multi 9.

Factor de corrección

La tabla G5-003 indica el factor de corrección a aplicar a los valores dados en las tablas G5-004 y G5-005 en función de la relación (m) y del tipo de material del conductor:

Factores de corrección para las tablas de las longitudes de red a proteger en un régimen TN				
Circuito 3 fases + N o PE + N				
Conductor	$m = \frac{S_f}{S_{PE}}$ o $\frac{S_f}{S_{PEN}}$			
	m = 1	m = 2	m = 3	m = 4
Cobre	1	0,67	0,50	0,40
Aluminio	0,62	0,42	0,31	0,25

Tabla G5-003: *tabla del factor de corrección a aplicar a las longitudes de las tablas G5-004 y G5-005.*

Conducciones protegidas por interruptores automáticos de uso general																												
Sec. mm^2	Corriente de funcionamiento de la desconexión instantánea o la del relé de tiempo corto (Im)																											
	50	63	80	100	125	160	200	250	320	400	500	560	630	700	800	875	1.000	1.120	1.250	1.600	2.000	2.500	3.200	4.000	5.000	6.300	8.000	10.000	12.500
1,5	103	81	64	51	41	32	25	20	16	13	10	9	8	7	6	6	5												
2,5	171	136	107	85	66	53	42	34	26	21	17	15	13	12	10	10	8	8	7	5									
4	274	217	171	137	109	85	68	54	43	34	27	24	21	19	17	16	14	12	11	8	7	5							
6	410	326	256	205	164	126	102	82	64	51	41	36	32	29	25	23	20	18	16	13	10	8	6	5					
10			427	342	273	214	171	137	107	85	68	61	54	49	42	39	34	30	27	21	17	14	10	8	7	5			
16					436	342	274	219	171	137	109	97	87	78	68	62	55	49	44	34	27	21	17	13	11	8	7	5	
25							428	342	267	213	171	152	135	122	107	98	85	76	68	53	43	34	27	21	17	13	10	8	7
35								479	374	299	239	214	190	171	150	136	120	107	96	75	60	48	37	30	24	19	15	12	9
50										406	325	290	258	232	203	185	162	145	130	101	81	65	50	40	32	26	20	16	12
70											479	427	380	342	299	274	239	214	191	150	120	96	75	60	48	38	30	24	19
95														464	406	371	325	290	260	203	162	130	101	81	65	51	40	32	26
120																469	410	366	328	256	205	164	128	102	82	65	51	41	33
150																	446	398	357	279	223	178	139	111	89	71	56	44	36
185																		471	422	329	264	211	165	132	105	84	66	53	42
240																				410	328	263	205	164	131	104	82	66	52

Tabla G5-004: *tabla de las longitudes máximas de las canalizaciones, en función de la sección del conductor de fase y de la corriente de desconexión instantánea, para interruptores automáticos de uso general.*

Red protegida con interruptores automáticos Compact o multi 9 en uso industrial o doméstico																						
S	Corriente asignada (A)																					
mm^2	1	1,6	2	2,5	3	4	6	6,3	8	10	12,5	13	16	20	25	32	40	45	50	63	80	100
Interruptores automáticos tipo B																						
1,5	1227		613		409	307	204		153	123		94	77	61	49	38	31	27	25	19	15	12
2,5					681	511	341		256	204		157	128	102	82	64	51	45	41	32	28	20
4					1090	818	545		409	327		252	204	164	131	102	82	73	65	52	41	33
6							818		613	491		377	307	245	196	153	123	109	98	78	61	49
10									1022	818		629	511	409	327	256	204	182	164	130	102	82
16												1006	818	654	523	409	327	291	262	208	164	131
25														1022	818	639	511	454	409	325	258	204
35																894	716	636	572	454	358	288
50																			777	617	485	388
Interruptores automáticos tipo C																						
1,5	613		307		204	153	102		77	61		47	38	31	25	19	15	14	12	10	8	6
2,5	1022		511		341	256	170		128	102		79	64	51	41	32	26	23	20	16	13	10
4			818		545	409	273		204	164		126	102	82	65	51	41	36	33	26	20	16
6					818	613	409		307	245		189	153	123	98	77	61	55	49	39	31	25
10						1022	681		511	409		315	256	204	164	128	102	91	82	65	51	41
16									818	654		503	409	327	262	204	164	145	131	104	82	65
25										1022		786	639	511	409	319	256	227	204	162	128	102
35													894	716	572	447	358	318	286	227	179	143
50															777	607	485	431	389	309	243	194
Interruptores automáticos tipos D o MA																						
1,5	438	274	219	175	146	110	73	70	53	44	35	34	27	22	18	14	11	10	9	7	5	4
2,5	730	456	365	292	243	183	122	116	88	73	58	56	46	37	29	23	18	16	15	12	9	7
4		730	584	467	389	292	195	186	141	117	93	90	73	58	47	37	29	26	23	19	14	12
6				701	584	438	292	279	211	175	140	135	110	88	70	55	44	39	35	28	21	18
10					974	730	487	465	352	292	234	225	183	146	117	91	73	65	58	46	35	29
16							779	743	564	467	374	359	292	234	187	146	117	104	93	74	58	47
25									881	730	584	562	456	365	292	228	183	162	146	116	88	73
35										1022	818	786	639	511	409	319	258	227	204	162	123	102
50													867	692	558	432	347	308	277	220	174	139

Tabla G5-005: *tabla de las longitudes máximas de las redes en función de la sección del conductor de fase y de la corriente asignada a los interruptores automáticos del tipo multi 9 y Compact, con características de desconexión B, C, D y MA.*

Ejemplo:

■ En una red trifásica con:
□ Esquema TN.
□ Tensión U = 400 V.
■ Salida con protección de:
□ Interruptor automático Compact:
– Intensidad asignada In = 63 A.
– Característica de desconexión B.
□ Sección del conductor de fase S_f = 50 mm².
□ Sección del conductor de protección S_{PE} = 25 mm².
■ ¿Cuál es el valor de la longitud de la red que puede proteger contra contactos indirectos este interruptor automático en estas condiciones de circuito?:
□ En la tabla G5-005 de la pág. G/144, bajo la característica B, en la línea de 50 mm² y en la intersección de la columna de la intensidad de 63 A encontramos el valor de 617.
□ Factor de corrección:
– La relación entre la sección de fase y la del conductor de protección es:

$$m = \frac{S_f}{S_{PE}} = \frac{50\ mm^2}{25\ mm^2} = 2$$

– Si el conductor es de cobre o aluminio el factor de corrección será:
Cu = 0,62
Al = 0,42
– La longitud máxima que asegura la protección contra contactos indirectos será:

$$L_{Cu} = 617 \cdot 0{,}67 = 413\ m$$
$$L_{Al} = 617 \cdot 0{,}42 = 277\ m$$

Caso particular, donde una masa o un grupo de masas están unidas a una toma de tierra individual

La solución a la protección contra los contactos indirectos se realiza por medio de un interruptor diferencial en cabecera de la derivación de estas masas.

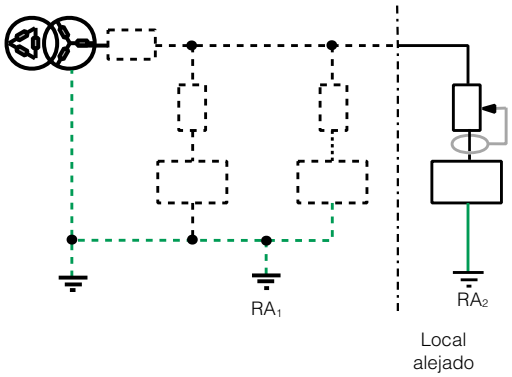


Fig. G5-006: *tomas de tierra separadas.*

La sensibilidad debe adaptarse a la resistencia RA_2 de la toma de tierra.
Aguas abajo del interruptor diferencial DDR, el esquema de circuito no puede ser un TN-C, debe ser un TN-S.

Utilización de interruptores diferenciales DDR de alta sensibilidad

La máxima sensibilidad aceptada para los interruptores diferenciales de alta sensibilidad es de 30 mA.

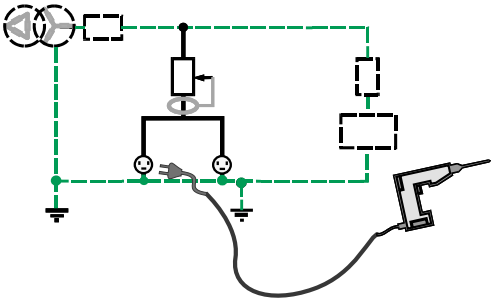


Fig. G5-007: *circuitos de tomas de corriente.*

A aplicar en los casos siguientes:
■ Circuitos de tomas de corriente de intensidad asignada ⩽ 32 A, cualquiera que sea el ambiente.
■ Circuitos con tomas de corriente en locales mojados, cualquiera que sea la intensidad asignada de las tomas de corriente.
■ Circuitos con tomas de corriente en instalaciones temporales.
■ Circuitos de alimentación de elementos destinados al tratamiento con agua (fuentes, piscinas, riegos, etc.).
■ Circuitos de alimentación de talleres al aire libre, de caravanas, de embarcaciones de recreo, provisionales, consumos al exterior, ornamentales, etc.
Esta protección puede ser individual o por grupos de circuitos.

Prevención en los locales con riesgo de incendio
En los locales con riesgo de incendio con regímenes TN, el esquema TN-C está prohibido, el esquema TN-S es obligatorio y la sensibilidad de la protección en cabecera de la instalación no puede superar los 500 mA.

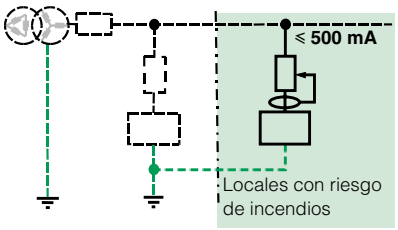


Fig. G5-008: *locales con riesgo de incendios.*

Casos donde la impedancia del bucle es particularmente elevada
En los casos en que las condiciones para asegurar la desconexión con los dispositivos de protección contra sobrecargas no pueden ser satisfechas al realizar los cálculos de proyecto, o no se pueden verificar a la instalación, debemos considerar cuatro posibilidades de solución:
■ Alternativa 1.ª:
Instalar un aparato con regulación magnética baja. Esta solución permite asegurar una desconexión para la protección a los contactos indirectos en circuitos largos.
Pero si la carga necesita corrientes μe arranque elevadas, la solución no es aceptable por el riesgo de desconexión a la conexión.

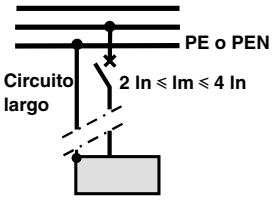


Fig. G5-009: *interruptor automático con bajo valor de desconexión magnética.*

□ Soluciones Schneider Electric:
– Compact Tipo G (2 In ⩽ Im ⩽ 4 In).
– Interruptor automático Multi 9 curva B.

■ Alternativa 2.ª:
Instalar un interruptor diferencial DDR en cabecera de un circuito terminal.
El valor elevado de las corrientes de fuga permite utilizar diferenciales de sensibilidades de amperios o decenas de amperios.
Esta solución no necesita verificaciones.
En presencia de tomas de corriente en la línea terminal, el diferencial ha de ser de alta sensibilidad, 30 mA.

Nota: el conductor de protección se conectará:
– Al conductor PEN de protección aguas arriba.
– A una toma de corriente individual.

□ Soluciones Schneider Electric:
– Diferencial Multi 9 NC100:
$I_{\Delta n}$ = 1 o 3 A.
– Vigicompact MH o ME:
$I_{\Delta n}$ = 0,03 a 30 A según modelo.
– Vigirex RH328 A asociado a un dispositivo de corte.

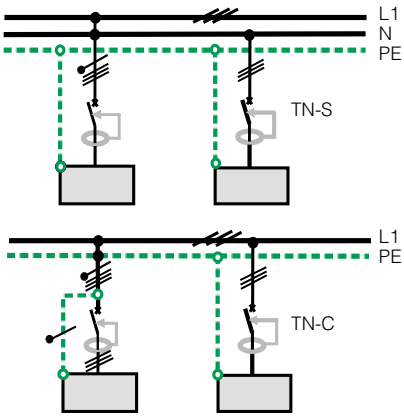


Fig. G5-010: *protección en sistemas TN con gran impedancia de bucle de defecto.*

■ Alternativa 3.ª:
Aumentar la sección de los conductores de protección (PE o PEN) o de las fases o ambos, hasta que los imperativos para la protección de las personas a los contactos indirectos sean cumplidos.

■ Alternativa 4.ª:
Realizar a la instalación conexiones equipotenciales suplementarias.
Su eficacia se debe comprobar verificando las medidas de resistencia entre elementos simultáneamente accesibles que no deben sobrepasar los valores de la tabla G5-012.

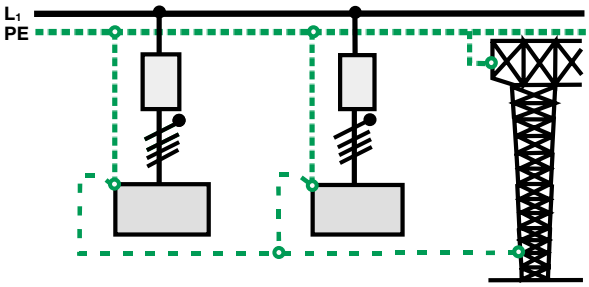


Fig. G5-011: *uniones equipotenciales suplementarias.*

Valores nominales de la resistencia de los conductores de protección en esquema TN, para una U_e = 230 V y un tiempo de corte de 0,4 s

Intensidad nominal del dispositivo de protección In (A)	Resistencia R_e de los conductores de protección en Ω									
	Fusibles		Interruptor automático							
						Doméstico				
	g (**)	aM (**)	Indus-trial (*)	I_n (A)	B	C	D	I_n (A)	U	L
10	1,35	0,89	1,15	10	2,3	1,15	0,57	10	1,3	3
				13	1,77	0,88	0,44			
16	0,7	0,55	0,72	16	1,44	0,72	0,36	15	0,87	2
20	0,57	0,44	0,58	20	1,15	0,57	0,29	20	0,65	1,5
25	0,45	0,35	0,46	25	0,92	0,46	0,23	25	0,52	1,2
32	0,35	0,28	0,36	32	0,72	0,36	0,18	32	0,41	0,94
40	0,28	0,22	0,29	40	0,57	0,29	0,14	38	0,34	0,79
50	0,22	0,18	0,23	50	0,46	0,23	0,115	47	0,28	0,64
63	0,17	0,14	0,18	63	0,36	0,18	0,092	60	0,22	0,5
80	0,135	0,11	0,14	80	0,29	0,14	0,072	75	0,17	0,4
100	0,1	0,089	0,115	100	0,23	0,115	0,057	95	0,14	0,32
125	0,08	0,071	0,092	125	0,18	0,092	0,046	117	0,11	0,26
160	0,62	0,055	0,072							
200	0,048	0,044	0,058							
250	0,036	0,035	0,046							
315	0,028	0,028	0,036							
400	0,022	0,022	0,029							
500	0,017	0,018	0,023							

(*) Valores calculados para una corriente de desconexión instantánea de 10 In.
(**) Estos valores son válidos para zonas BB1 (U_L = 50 V).

Tabla G5-012: *tabla de valores de la resistencia en las conexiones equipotenciales suplementarias en los sistemas TN.*

6. Instalación régimen IT

El esquema IT no exige la desconexión automática de la alimentación a la aparición del primer defecto de aislamiento.
En efecto, en este tipo de esquema las masas de la instalación están puestas a tierra y el neutro de la fuente de alimentación:
■ Aislado de tierra (neutro aislado).
■ Unido a tierra por medio de una impedancia (neutro impedante).
Este fuerte aislamiento con respecto a tierra hace que la corriente de fuga de un primer defecto sea tan pequeña que no sea peligrosa para el cuerpo humano.
Así la explotación puede continuar dando servicio a pesar de existir un primer defecto de fuga.
Este esquema necesita en la práctica la puesta en servicio de medidas específicas:
■ El control permanente del aislamiento de la instalación por un controlador permanente de aislamiento CPA que debe señalar el primer defecto (señal sonora o visual), y se deben limitar las sobretensiones a frecuencia industrial.
■ La búsqueda y reparación del primer defecto de aislamiento por un equipo de mantenimiento, preparado y equipado para esta función, con la capacitación para asumir la filosofía de la continuidad de servicio. Esta búsqueda queda facilitada por los elementos de localización automática de fugas.
■ La desconexión automática debe realizarse a la aparición del segundo defecto, persistiendo el primero.

6.1. Condiciones previas

Se resumen en el cuadro (tabla G6-001) y se representan en la figura G6-002 de la pág. G/150.

Condiciones a cumplir en régimen IT		
Funciones mínimas que se deben asegurar	Aparamenta	Ejemplo
Protección contra las sobretensiones a frecuencia industrial	1 limitador de sobretensión	Cadwer C
Impedancia de limitación para los neutros impedantes	2 impedancia	Impedancia Zx
Control global del aislamiento y señalización del primer defecto	3 controlador permanente de aislamiento	Vigilohm TR22 A o XM200
Corte automático al segundo defecto. Protección de neutro contra las sobreintensidades	4 protección omnipolar	Interruptor automático Compact o DDR-MS
Localizador de fugas	5 con dispositivos de búsqueda en tensión o por desconexión sucesiva de circuitos	Vigilohm

Tabla G6-001: *tabla de las funciones a realizar en un esquema IT.*

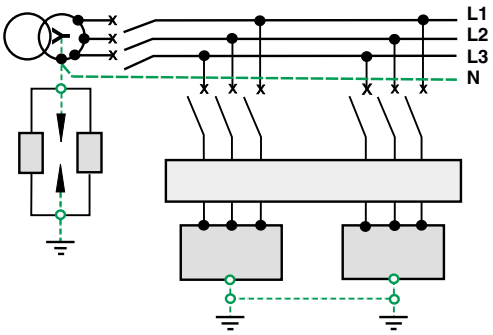


Fig. G6-002: *instalación de un esquema IT.*

Nota: el cuadro indica las condiciones de instalación de un sistema IT para cumplir las recomendaciones UNE y el RBT.

6.2. Protección contra los contactos indirectos

La automatización y la informática facilitan el mantenimiento del aislamiento de una instalación con régimen IT.

Caso del primer defecto

La protección contra los contactos indirectos para el primer defecto se limita a una señal luminosa o sonora del controlador permanente de aislamiento (CPA) y una intervención del equipo de mantenimiento.

Principios físicos

Un generador aplica una tensión muy baja a baja frecuencia BF o continua, entre la red a controlar y la tierra.
Esta señal se traduce, por medio de una fuga y un relé, en una señal de alerta, indicando la aparición de la primera fuga.
Los sistemas de baja frecuencia son utilizables en redes de corriente continua y ciertas versiones son capaces de diferenciar la corriente de fuga a tierra por resistencia o por capacitancia.
Las instalaciones más modernas permiten controlar la evolución de la corriente de fuga, permitiendo una precisa prevención del primer defecto.
Las mediciones son transmitidas por bus para su procesamiento automático.

Ejemplos de materiales

Búsqueda móvil manual:

- ■ El generador puede ser:
  - □ Fijo (XM 200).
  - □ Móvil (XGR, portátil que permite el control bajo tensión).
- ■ La pinza es móvil.

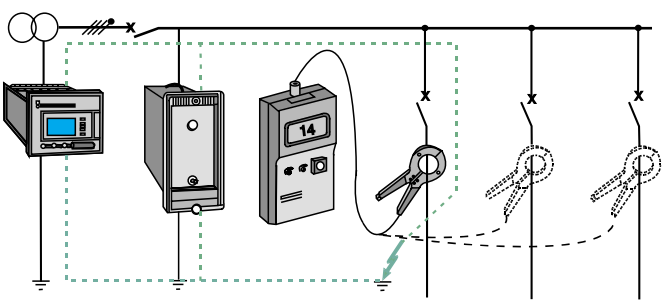


Fig. G6-003: *búsqueda móvil manual.*

Búsqueda fija automática

El controlador permanente de aislamiento XM200 y los detectores XD301 o XD312, asociados a los núcleos toroidales colocados sobre cada derivación, permiten disponer de un sistema de búsqueda automático bajo tensión. En muchos aparatos el nivel de aislamiento tiene dos escalones: uno de aviso o prealarma y otro de alarma.

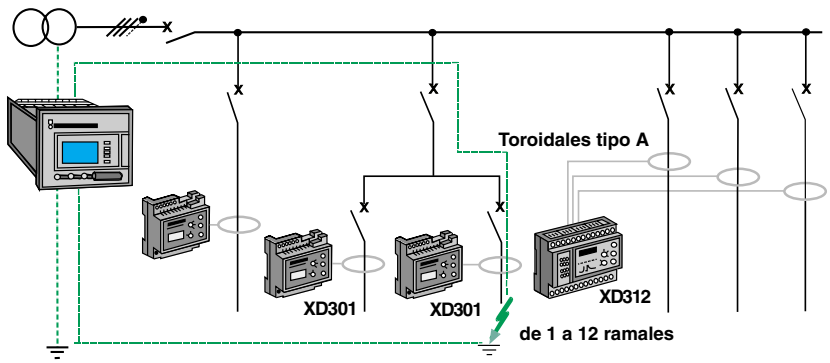


Fig. G6-004: *búsqueda fija y automática.*

Búsqueda y explotación automática

El sistema Vigilohm permite comunicarse con un PC y facilitar, sobre el esquema de la red a controlar, los datos a tiempo real de su nivel de aislamiento y de la evolución cronológica de cada ramal.

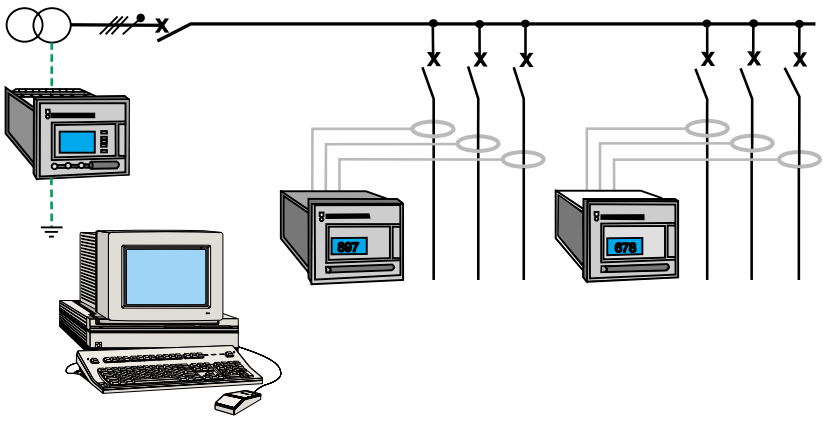


Fig. G6-005: *búsqueda y explotación automática.*

Puesta en servicio de los CPA

Acometida

Se instala en el origen de la instalación a proteger, entre la toma de tierra de las masas y generalmente el neutro del transformador o un neutro artificial.

Alimentación

Se realiza por una fuente de alimentación de alta fiabilidad o directamente desde la red a proteger, por medio de protecciones adecuadas para las sobreintensidades y con capacidad de corte correspondiente al punto de conexión.

Impedancia CPA

A fin de asegurar la protección de las personas, la corriente a circular por el CPA se limita a valores máximos de 30 mA, en caso de defecto franco.

Si el neutro es puesto a tierra por una impedancia (neutro impedante), la corriente a través de CPA y de esta resistencia debe ser inferior a 500 mA.

Reglaje
Es adecuado un reglaje al 20% de la resistencia nominal de aislamiento del circuito. El controlador permanente de aislamiento XM300C y los detectores XL308 o XL316, asociados a núcleos toroidales tipo A instalados en cada ramal, permiten la búsqueda y explotación automática. Este valor permite detectar a la vez la degradación del aislamiento, permitiendo definir las actuaciones de mantenimiento preventivo y la correspondiente a un defecto de aislamiento no franco.
El control de estos defectos se puede realizar a valores muy bajos. Es pues interesante disponer de diferentes niveles de control, por ejemplo:
■ Aislamiento de la instalación. Intensidad de fuga admisible sin peligro de incendio ⩽ 500 mA.
■ Regulaciones efectuadas por el operador:
□ Nivel de prevención (0,8 · 100 = 80 kW).
□ Nivel de alarma ⩽ 300 mA.

Notas:
– Después de un tiempo de puesta en servicio, por efectos de la humedad, el aislamiento puede sufrir una disminución sin existir fuga alguna.
– El CPA XM puede medir la capacitancia y la resistencia de la red con respecto a tierra y deducir los niveles de alarma correspondientes.
– La modificación manual de los niveles siempre es posible.

Segundo defecto en esquema IT

Al segundo defecto en redes de régimen IT la normativa impone la desconexión automática.
La forma de desconexión automática se ha de prever desde la concepción de la instalación.
En el momento de producirse una segunda fuga, la tensión del circuito de fuga puede ser la compuesta o la simple en función de que el defecto sea entre dos fases o entre una fase y neutro; el circuito de fuga estará en cortocircuito, dependiendo el valor de la intensidad de fuga de la tensión y de la impedancia del bucle de fuga.
El sistema de cálculo de las protecciones será el mismo que para un circuito TN (ver apartado 5.1. de este capítulo, pág. G/140).

Nota: en el caso de impedancias de bucle de fuga elevadas, un interruptor diferencial puede solucionar el problema de corte automático.

Método de determinación de la protección

Disponemos de tres métodos:
■ ***Método de las impedancias, el mismo que se aplica para el cálculo de las corrientes de cortocircuito.***
■ ***Método de composición.***
■ ***Método convencional de cálculo de las corrientes de cortocircuito, muy simple utilizando valores tabulados.***

Consiste en determinar la posible corriente de fuga en cada parte de la instalación. El cálculo de esta corriente es relativamente complejo, puesto que hace intervenir las impedancias directas, inversas y homopolares de todas las partes de la red (red aguas arriba, transformadores, cables). Es un método muy preciso pero disponemos de otros procesos más simples y prácticos, cuyos resultados son válidos para su finalidad.

Los tres métodos propuestos:
■ Método de las impedancias, el mismo que se aplica para el cálculo de las corrientes de cortocircuito.

El programa informático de cálculo de redes ECOdial 3 utiliza el método de las impedancias para efectuar los cálculos

■ Método de composición.
■ Método convencional de cálculo de las corrientes de cortocircuito, muy simple utilizando valores tabulados.
Estos métodos no son aplicables si todos los conductores no siguen el mismo camino y sin interposición de materiales ferromagnéticos entre ellos.

Método de las impedancias
Es igual al descrito para el régimen TN (ver apartado 5.2. de este capítulo, pág. G/140).

Método de composición
Es igual al descrito para el régimen TN (ver apartado 5.2. de este capítulo, pág. G/140).

Longitud máxima de circuito a proteger en régimen IT:
■ El conductor neutro no está distribuido:

$$L_{máx.} = \frac{0{,}8 \cdot U_0 \cdot \sqrt{3} \cdot S_f}{2 \cdot \rho \cdot (1 + m) \cdot I_a}$$

■ El conductor neutro está distribuido:

$$L_{máx.} = \frac{0{,}8 \cdot U_0 \cdot S_1}{2 \cdot \rho \cdot (1 + m) \cdot I_a}$$

Método convencional
El principio es el mismo que el descrito para el régimen TN (ver apartado 5.2. de este capítulo, pág. G/140) en el sentido que el cálculo de la longitud máxima del circuito no se puede sobrepasar aguas abajo de un interruptor automático o de un fusible.
Pero frente a la imposibilidad práctica de efectuar la comprobación para cada posibilidad de circuito, conjugando dos posibles fugas, el cálculo se realizará por el posible caso más desfavorable:
■ Red sin distribución de neutro.
Si el neutro no es distribuido, la fuga sólo puede ser entre fases y la tensión será la compuesta.
La longitud máxima de un bucle de defecto se calcula por la fórmula siguiente:

$$L_{máx.} = \frac{0{,}8 \cdot U_0 \cdot \sqrt{3} \cdot S_f}{2 \cdot \rho \cdot (1 + m) \cdot I_a}$$

■ Red con distribución de neutro.
Si el neutro es distribuido, existe la posibilidad de una fuga entre fase y neutro, la tensión en juego será la simple y la longitud posible del circuito será dos veces más pequeña que en un esquema TN:

$$L_{máx.} = \frac{0{,}8 \cdot U_0 \cdot S_1}{2 \cdot \rho \cdot (1 + m) \cdot I_a}$$

$L_{máx}$= a la longitud máxima en metros del circuito a proteger.
U_0 = tensión simple.
ρ = resistividad a la temperatura de funcionamiento normal de los conductores en función de su naturaleza:

Cobre = 22,5 · 10^{-3} Ω · mm^2/m.
Aluminio = 36 · 10^{-3} Ω · mm^2/m.
I_a = corriente en (A) de funcionamiento del relé de tiempo corto (Im) o del relé de desconexión instantánea de un interruptor automático, o bien la corriente de fusión de un fusible en el tiempo específico.
m = a una relación entre la sección del conductor de fase y la del de protección:
S_{fase} = S_f = sección del conductor de fase en mm^2.
S_{PE} = sección del conductor de protección en mm^2.
S_1, está en función de si el neutro está distribuido o no:
Neutro no distribuido: S_1 = S_f = sección del conductor de fase en mm^2.
Neutro distribuido: S_1 = S_N = sección del conductor neutro en mm^2.

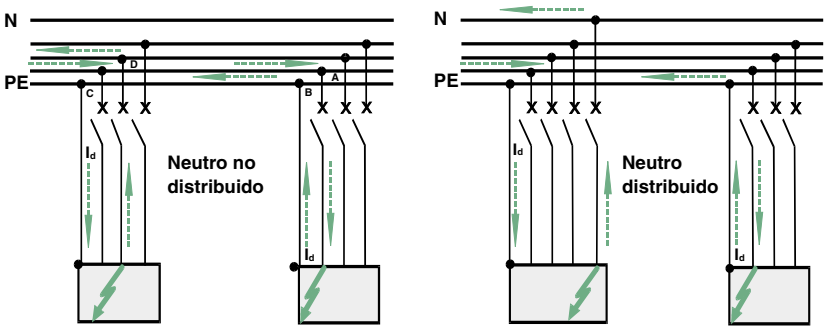


Fig. G6-006: *cálculo de la longitud máxima del bucle de defecto en régimen IT, trayecto de la corriente en caso de doble defecto en esquema IT.*

Tablas

Las tablas dan la longitud máxima del bucle de defecto para el cálculo por el método tradicional en función de:
- ■ El tipo de protección:
  - □ Interruptor automático.
  - □ Fusibles.
- ■ El calibre de la protección.
- ■ La sección de las fases y del conductor de protección.
- ■ El régimen de neutro.

Son las mismas que para el circuito TN, tablas G5-004 y G5-005, págs. G/143 y G/144.

El factor de corrección

El factor de corrección no es el mismo que para el sistema TN, es propio del régimen de neutro IT.

Factores de corrección para las tablas de las longitudes de red a proteger en un régimen IT

Circuito	Conductor	$m = \frac{Sf}{S_{PE}}$ o $\frac{Sf}{S_{PEN}}$			
		m = 1	m = 2	m = 3	m = 4
3 fases	Cobre	0,86	0,57	0,43	0,34
	Aluminio	0,54	0,36	0,27	0,21
3 fases + N o PE + N	Cobre	0,50	0,33	0,25	0,20
	Aluminio	0,31	0,21	0,16	0,12

Tabla G6-007: *tabla de los factores de corrección a aplicar a los valores de las longitudes de los bucles de defecto expresados en las tablas G5-004 y G5-005.*

Ejemplo:

■ En una red trifásica sin neutro con:
□ Esquema IT.
□ Tensión U = 400 V.
■ Salida con protección de:
□ Interruptor automático Compact:
– Intensidad asignada In = 63 A.
– Característica de desconexión B.
□ Sección del conductor de fase S_f = 50 mm^2.
□ Sección del conductor de protección S_{PE} = 25 mm^2.
■ ¿Cuál es el valor de la longitud de la red que puede proteger, contra contactos indirectos, este interruptor automático en estas condiciones de circuito?:
□ En la tabla G5-005 de la pág. G/144, bajo la característica B, en la línea de 50 mm^2 y en la intersección de la columna de la intensidad de 63 A encontramos el valor de 617.
□ Factor de corrección:
– La relación entre la sección de fase y la del conductor de protección es:

$$m = \frac{S_f}{S_{PE}} = \frac{50\ mm^2}{25\ mm^2} = 2$$

– Si el conductor es de cobre o aluminio el factor de corrección será:
Cu = 0,57
Al = 0,36
– La longitud máxima que asegura la protección contra contactos indirectos será:

$$L_{Cu} = 617 \cdot 0{,}57 = 351\ m$$
$$L_{Al} = 617 \cdot 0{,}36 = 222\ m$$

6.3. Utilización de interruptores diferenciales DDR de alta sensibilidad

La máxima sensibilidad aceptada para los interruptores diferenciales de alta sensibilidad es de 30 mA.

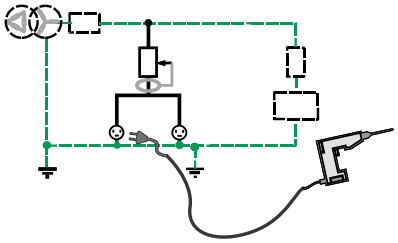


Fig. G6-008: *circuitos de tomas de corriente.*

6.4. Prevención en los locales con riesgo de incendio

En los locales con riesgo de incendio con regímenes IT es obligatoria la instalación en cabecera de un interruptor diferencial. La sensibilidad no puede superar los 500 mA.

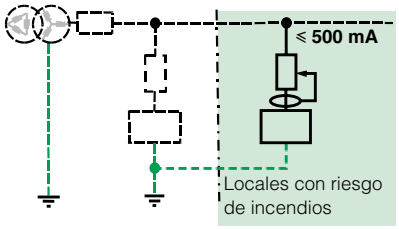


Fig. G6-009: *locales con riesgo de incendios.*

6.5. Casos donde la impedancia del bucle es particularmente elevada

En los casos en que las condiciones para asegurar la desconexión con los dispositivos de protección contra sobrecargas no puedan ser satisfechas al realizar los cálculos de proyecto, o no se pueden verificar a la instalación, debemos considerar cuatro posibilidades de solución:

■ Alternativa 1.ª:

Instalar un aparato con regulación magnética baja.

Esta solución permite asegurar una desconexión para la protección a los contactos indirectos en circuitos largos.

Pero si la carga necesita corrientes de arranque elevadas, la solución no es aceptable por el riesgo de desconexión a la conexión.

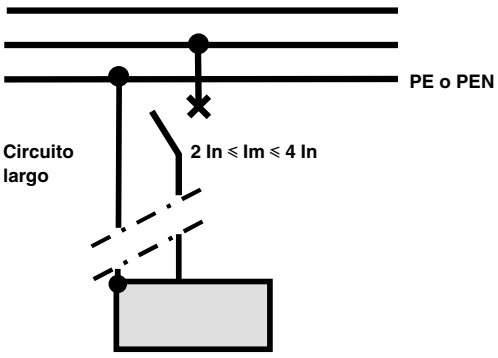


Fig. G6-010: *interruptor automático con bajo valor de desconexión magnética.*

□ Soluciones Schneider:

– Compact con bloque de relés Tipo G (2 In < Im < 4 In).

– Interruptor automático multi 9 curva B.

■ Alternativa 2.ª:

Instalar un interruptor diferencial DDR en cabecera de un circuito terminal.

El valor elevado de las corrientes de fuga permite utilizar diferenciales de sensibilidades de amperios o decenas de amperios.

Esta solución no necesita verificaciones.

En presencia de tomas de corriente en la línea terminal, el diferencial ha de ser de alta sensibilidad, 30 mA.

□ Soluciones Schneider:
– Diferencial multi 9 NC100: $I_{\Delta n}$ = 1 o 3 A.
– Vigicompact ME o MH: $I_{\Delta n}$ = 0,03 a 30 A, según modelo.
– Vigirex RH328 asociado a un dispositivo de corte.

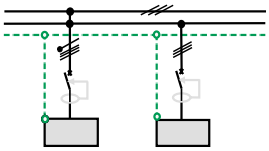


Fig. G6-011: *protección diferencial.*

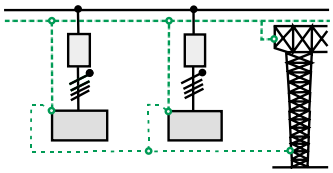


Fig. G6-012: *uniones equipotenciales suplementarias.*

■ Alternativa 3.ª:
Aumentar la sección de los conductores de protección o de las fases o ambos, hasta que los imperativos para la protección de las personas a los contactos indirectos sean cumplidos.
■ Alternativa 4.ª:
Realizar a la instalación conexiones equipotenciales suplementarias.
Su eficacia se debe comprobar verificando las medidas de resistencia entre elementos simultáneamente accesibles que no deben sobrepasar los valores de la tabla G6-013.

Valores nominales de la resistencia de los conductores de protección en esquema IT, para una U_e = 230 V y un tiempo de corte de 0,4 seg.

Intensidad nominal del dispositivo de protección	Resistencia R_e de los conductores de protección en Ω									
	Fusibles		Interruptor automático							
				Doméstico						
In (A)	g (**)	aM (**)	Indus-trial (*)	I_n (A)	B	C	D	I_n (A)	U	L
10	1,35	0,89	1,15	10	2,3	1,15	0,57	10	1,3	3
				13	1,77	0,88	0,44			
16	0,7	0,55	0,72	16	1,44	0,72	0,36	15	0,87	2
20	0,57	0,44	0,58	20	1,15	0,57	0,29	20	0,65	1,5
25	0,45	0,35	0,46	25	0,92	0,46	0,23	25	0,52	1,2
32	0,35	0,28	0,36	32	0,72	0,36	0,18	32	0,41	0,94
40	0,28	0,22	0,29	40	0,57	0,29	0,14	38	0,34	0,79
50	0,22	0,18	0,23	50	0,46	0,23	0,115	47	0,28	0,64
63	0,17	0,14	0,18	63	0,36	0,18	0,092	60	0,22	0,5
80	0,135	0,11	0,14	80	0,29	0,14	0,072	75	0,17	0,4
100	0,1	0,089	0,115	100	0,23	0,115	0,057	95	0,14	0,32
125	0,08	0,071	0,092	125	0,18	0,092	0,046	117	0,11	0,26
160	0,62	0,055	0,072							
200	0,048	0,044	0,058							
250	0,036	0,035	0,046							
315	0,028	0,028	0,036							
400	0,022	0,022	0,029							
500	0,017	0,018	0,023							

(*) Valores calculados para una corriente de desconexión instantánea de 10 In.
(**) Estos valores son válidos para zonas BB1 (U_L = 50 V).
Nota: en el momento de una doble fuga el circuito es equivalente a un circuito de régimen TN con fuga.
Tabla G6-013: *tabla de valores de la resistencia en las conexiones equipotenciales suplementarias en los sistemas IT.*

6.6. Materiales para el control permanente del aislamiento "sistema Vigilohm"

Control de aislamiento y las funciones asociadas

Principio

El control permanente del aislamiento de una red con neutro aislado IT se destina a señalizar todo defecto de aislamiento desde su aparición.
El aparato de base que realiza esta función es un controlador permanente de aislamiento (CPI). Este inyecta una tensión, continua o alterna de baja frecuencia, entre la red y tierra. El aislamiento se determina por el valor de la corriente que resulta. Esta técnica se realiza para todos los tipos de redes: alternas, continuas, rectificadas, mixtas, etc.

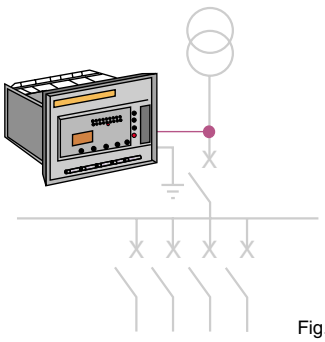


Fig. G6-014: *principio de funcionamiento de los CPI.*

Comunicación de las medidas

Los controladores permanentes de aislamiento (CPI) miden la resistencia de aislamiento de las redes. Esta medida es de registro local sobre el aparato de medida, aunque puede trasladarse y centralizarse sobre uno de los aparatos de vigilancia, o bien transmitirse a un supervisor.
Estas dos últimas funciones permiten responder eficazmente a las necesidades de explotación de las redes actuales. Las informaciones, transmitidas por bus, se consultan desde un mismo monitor y pueden gestionarse por el sistema de supervisión.

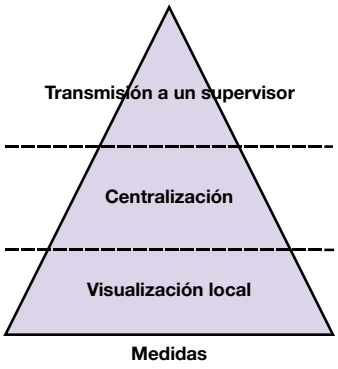


Fig. G6-015: *pirámide de tratamiento de la información.*

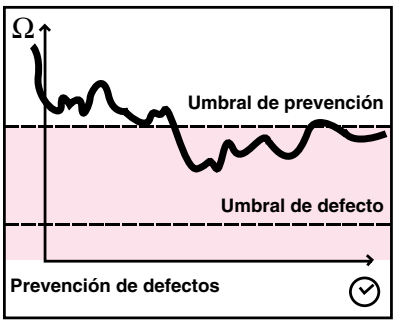


Fig. G6-016: *situación de umbrales.*

Prevención de los defectos de aislamiento

Esta es la función con mayores prestaciones para responder a las necesidades de servicio de la instalación eléctrica. Se realiza de dos maneras:
■ El CPI señaliza el rebase del aislamiento por debajo de un umbral de prevención no crítico fijado por el usuario.

■ Las medidas se transmiten al supervisor que las puede tratar para anticipar la aparición de defectos debidos al envejecimiento de cables.
Estas señalizaciones permiten planificar las acciones de mantenimiento preventivas.

Comunicación sobre impresora y supervisor
Esta función se realiza por sistema Vigilohm.
Puede comunicar:
■ Con un supervisor. Pone a la disposición del supervisor, sobre un bus con protocolo Jbus, todas las medidas, las informaciones y los eventos que le permiten conocer el aislamiento de la red y las salidas controladas, así como el estado del sistema.
■ Con una impresora a fin de registrar por escrito todos los eventos aparecidos sobre la red.

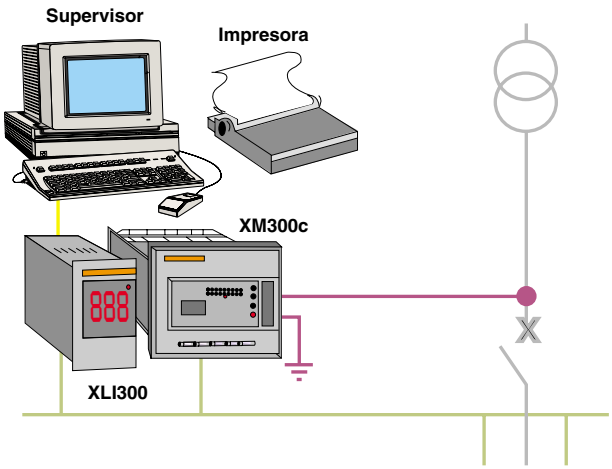


Fig. G6-017: *comunicación sobre impresora y supervisor.*

La búsqueda de defectos
La búsqueda de defectos está siempre asociada a la función de control del aislamiento.
Dos tipos de búsqueda de defectos (sin abrir las salidas) se emplean con los aparatos de las gamas Vigilohm y sistema Vigilohm.

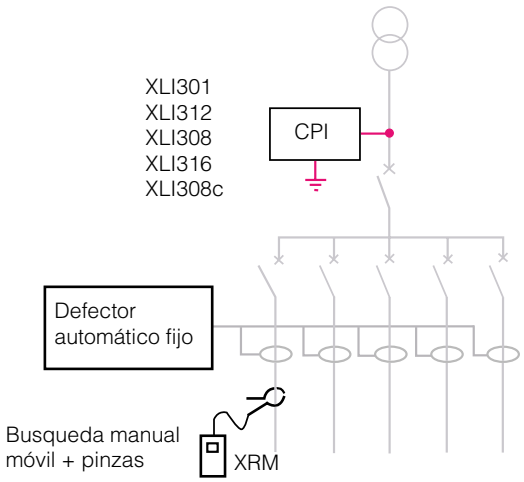


Fig. G6-018: *esquema de principio de la búsqueda de fugas.*

La búsqueda automática

Consiste en localizar la salida en defecto sin la intervención humana. El aparato de detección (XD301/XD312, XL308/XL316, XML308/XML316) se asocia a toroidales situados en las salidas. Detecta y localiza automáticamente la salida en defecto, captando la señal BF de búsqueda emitida por el CPI.
Además, XL308/XL316, XML308/XML 316 realizan la medida del aislamiento en cada salida.

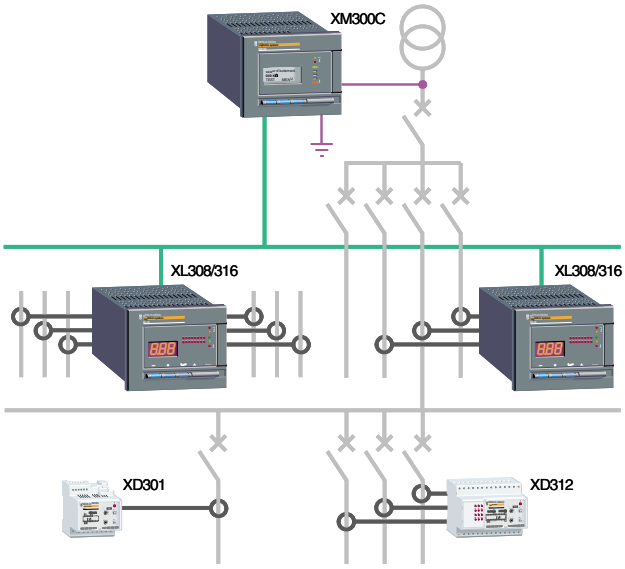


Fig. G6-019: *esquema de principio de la búsqueda automática de fugas.*

La búsqueda manual

Se efectúa con el receptor móvil del sistema Vigilohm XRM. Este se asocia a una pinza amperimétrica situada sucesivamente sobre las diferentes salidas.
Capta la señal BF de búsqueda.
Se presentan dos casos:

- La instalación está equipada de un CPI con inyección de señal BF (sistema Vigilohm). La búsqueda manual se utiliza para completar y afinar la búsqueda automática.
- La instalación está equipada de un CPI con inyección de señal BF. Se debe utilizar el generador portátil Vigilohm XGR asociado al receptor Vigilohm XRM.

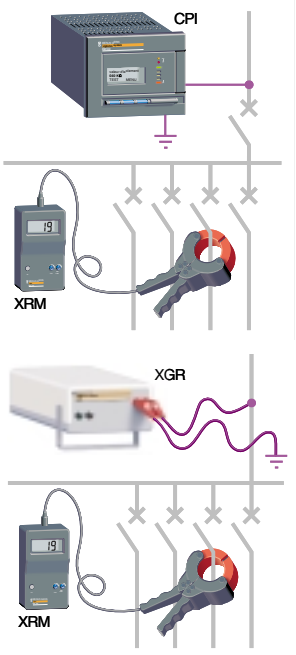


Fig. G6-020: *esquema de principio de la búsqueda manual de fugas.*

Sistema Vigilohm

Facilitar la explotación de redes de neutro aislado IT

Disponer de una red con neutro impedante o aislado de tierra (régimen de neutro IT), es dar prioridad a la continuidad de servicio.
Hoy en día, la explotación de una red de este tipo está ampliamente facilitada por la utilización de dispositivos que posean funciones más allá de la simple señalización de defecto impuesta por la forma.

Con sistema Vigilohm

Merlin Gerin propone una gama de productos que responden a esta necesidad de prestaciones, de confort de explotación y de continuidad de servicio: sistema Vigilohm.
Esta gama es modular. Se compone de controladores permanentes de aislamiento (CPI), y de aparatos de detección y localización de defectos. Algunos miden el aislamiento independientemente de cada salida.
Además, el sistema Vigilohm puede comunicar con un supervisor o un autómata.

Principio, funciones

El aparato de base es el controlador permanente de aislamiento (CPI). Este inyecta una tensión alterna de baja frecuencia, entre la tierra y la red en la que el neutro está aislado de tierra o impedante, de la medida de corriente que resulta.
El sistema Vigilohm determina con precisión el valor de la resistencia real de aislamiento de la red y de su capacidad de acoplamiento a tierra.
Esta técnica se utiliza para todos los tipos de redes: alternas, continuas, rectificadas, mixtas...
■ La búsqueda del defecto: es la función principal asociada al control del aislamiento.

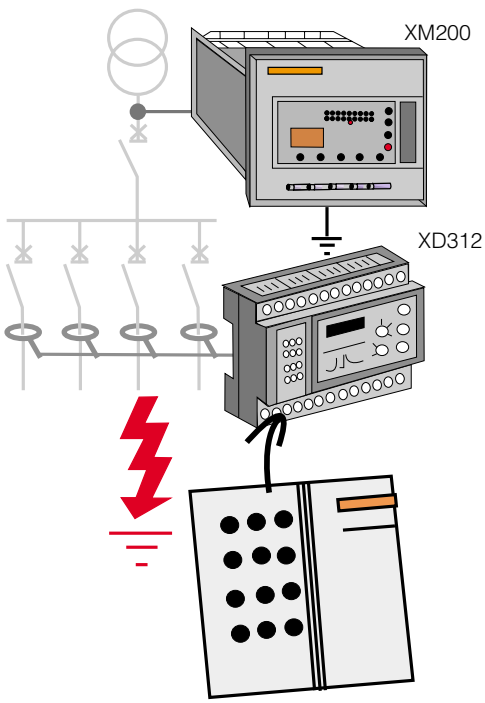
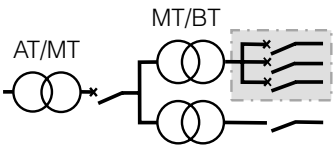
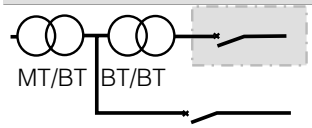
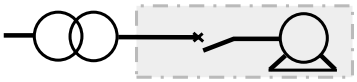
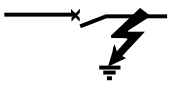
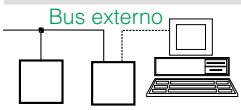


Fig. G6-021: *localización automática de defecto con señalización local.*

Elección del controlador de aislamiento en función de las funciones asociadas

Características de la red			THR	XM200	XM300C
Aparato					
Señal inyectada			continua	2,5 Hz	2,5 Hz
Red completa en neutro aislado IT					
	tensión (1)	< 30.000 V CA	(9)		
		440 a 1.000 V CA			(2)
		< 400 V CA			
	con rectificadores	440 a 1.000 V CA			(2)
		< 440 V CA			
	para hospitales	< 440 V CA			
Red aislada IT - islote IT					
	alto aislamiento	< 440 V CA			
	bajo aislamiento	< 440 V CA			
	control-maniobra de máquinas	< 220 V CA			
Red en corriente continua					
		24 a 240 V CC			
		< 500 V CC			
		500 a 1.200 V CC			(2)
Red sin tensión (motor BT)					
		< 690 V			
Funciones de comunicación					
Medida del aislamiento					
	visualización de la medida				
	señalización delumbral de prevención				
	señalización del umbral de alarma				
Búsqueda de defectos					
	manual			(4)	(4)
	automática			(6)	(7)
	automática + medida de defecto				(8)
Comunicación con supervisor					
	por bus LBUS (e interfaces)				

(*) Puede convenir.
(1) Tensión entre fases, CPI conectado a una fase. Si el CPI está conectado al neutro, multiplicar estos valores por $\sqrt{3}$.
(2) Con pletina PHT1000.
(3) Con pletina P1.
(4) Con el receptor móvil XRM.

Tabla G6-022: *tabla de elección del controlador de aislamiento y de las funciones asociadas.*

XML 308/316	TR22A	TR22AH	EM9	EM9B	EM9BV	EM9T	TR5A	SM21
2,5 Hz	continua	continua	continua	continua	continua	continua	continua	continua
(2)	(3)							
		(*)						
(2)								
(2)								
(4)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	
(7)								
(8)								

(5) Con el receptor móvil XRM + XGR.
(6) Con el detector XD301/312.
(7) Con el detector XD301/312 o el detector comunicante XD308C.
(8) Con el localizador XL308/316.
(9) Con pletinas especiales para el THR.

Elección del controlador de aislamiento en función de las funciones asociadas (continuación)

Características de la red (1)

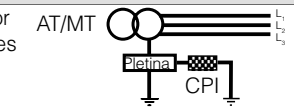
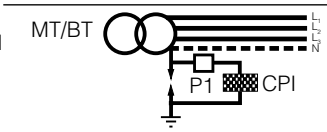
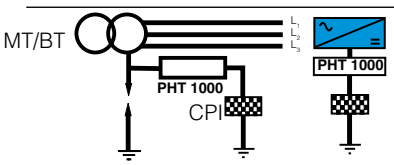
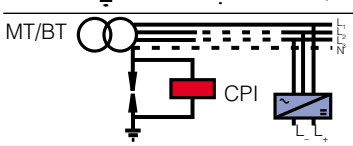
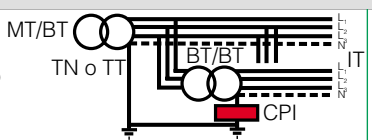
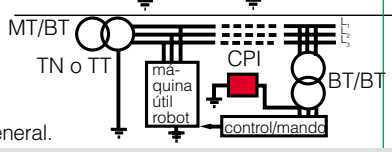
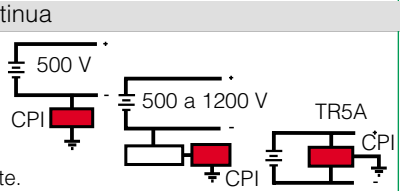
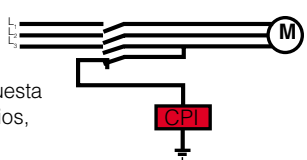
Aparato		THR	XM200	XM300C 308/316
Conjunto de red con neutro aislado IT				
La continuidad de servicio es el factor que lleva a menudo a los prescriptores de una instalación eléctrica a elegir el régimen de neutro aislado IT para una red determinada. Esta característica puede ser general para el conjunto de la red (procesos de una planta química, eléctrica...). En este tipo de red es preciso realizar una vigilancia permanente de su nivel de aislamiento.		⩽ 30.000 V CA, con pletina		
				
				440 a 1.000 V CA* 500 a 1200 V CC* con pletina PHT1000*
			⩽ 440 V CA ⩽ 500 V CC	⩽ 440 V CA ⩽ 500 V CC
Islote de neutro aislado IT				
La necesidad de continuidad de servicio puede estar limitada a una parte de la red, por ejemplo, cuando un solo taller de una fábrica está implicado, o cuando una parte de la red está sujeta a un régimen particular (alumbrado de emergencia). Se aconseja entonces realizar un islote en régimen de neutro aislado, cualquiera que sea la distribución general.			⩽ 440 V CA	⩽ 440 V CA
				
Red aislada de corriente continua				
A menudo se recurre a la corriente continua como consecuencia de una necesidad de continuidad de servicio. En ese caso, el aislamiento de la red y el control de su aislamiento se justifican plenamente.			⩽ 500 V CC	⩽ 500 V CC 500 a 1.200 V CC con pletina PHT1000
Vigilancia de aislamiento sin tensión				
La integración de motores en procesos hace indispensable la vigilancia de su aislamiento. Esta vigilancia permite advertir de la presencia de un defecto antes de la puesta en tensión de un motor (bombas de incendios, extractores...), e impedir, por debajo de un umbral determinado, su puesta en tensión.				

Tabla G6-023: *tabla de elección del controlador de aislamiento en función del tipo de red.*

XML	TR22A	TR22AH	EM9	EM9B	EM9BV	EM9T	TR5A	SM21
	⩽1.000 V CA, con pletina P1							
440 a 1.000 V CA* 500 a 1200 V CC* con pletina PHT1000*								
⩽ 440 V CA ⩽ 500 V CC	⩽ 440 V CA	⩽ 440 V CA						
⩽ 440 V CA	⩽ 440 V CA	⩽ 440 V CA	⩽ 440 V CA	⩽ 440 V CA	⩽ 440 V CA			
						⩽ 220 V CA		
⩽ 500 V CC 500 a 1.200 V CC con pletina PHT1000							⩽ 420 V CC	
								⩽ 420 V CA

(1) Tensión entre fases, CPI conectado a una fase. Si el CPI está conectado al neutro, multiplicar estos valores por $\sqrt{3}$.

Consiste, después de la detección de un defecto, en localizarlo.
Los toroidales situados en las salidas captan una señal proporcional a la corriente inyectada por el CPI. Esta señal, transmitida a los aparatos de búsqueda, permite localizar automáticamente la salida en defecto.

■ La medida repartida, con los mismos toroidales situados en las salidas, permite medir la resistencia de aislamiento y la capacidad respecto a tierra de cada salida.

■ La centralización en un supervisor.
El sistema Vigilohm pone a la disposición de un supervisor, sobre un bus con protocolo Jbus, todas las medidas, las informaciones y los eventos que le permiten conocer el aislamiento de la red y de las salidas vigiladas, así como el estado del sistema. El supervisor (o autómata) puede pilotar una impresora con el fin de resituar por escrito todos los sucesos, localizados y fechados, sobrevenidos en la red.

■ Adaptación a configuraciones variables de la red.
El sistema gestiona automáticamente la exclusión de los CPI que se encuentran conectados en el mismo grupo de salida.

■ Otras funciones:
□ Medida de la resistencia real de aislamiento.
□ Medida de la capacidad de fugas a tierra.

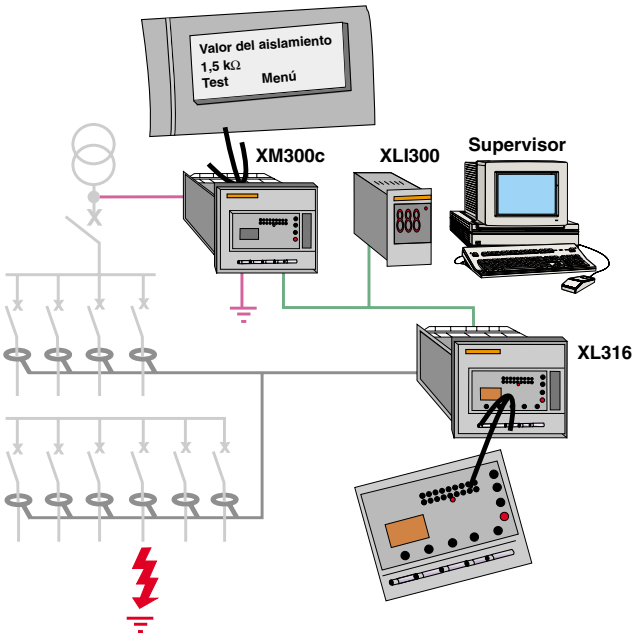


Fig. G6-024: *localización automática de defecto con estructura de control a medida, repartida y visualización centralizada.*

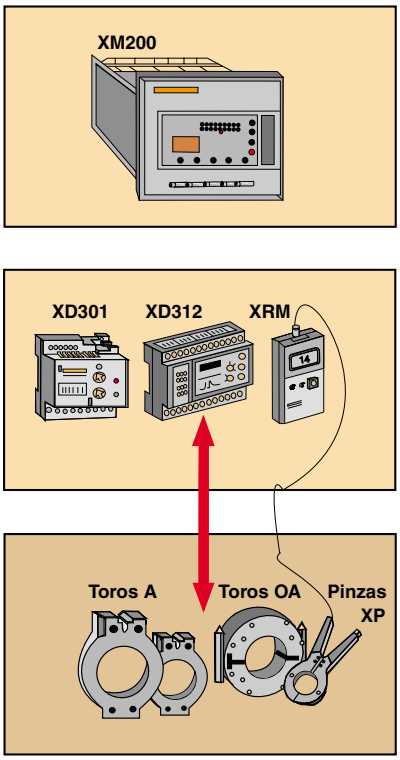
□ Señalización de defectos temporales.
□ Umbral de prevención que señaliza el rebase del aislamiento por debajo de un valor no crítico fijado por el usuario.
□ Demanda a distancia desde el CPI de los defectos de aislamiento detectados por los localizadores.
□ Posible regularización de los umbrales de alarma desde un supervisor.
Este sistema es evolutivo. Es suficiente con añadir los aparatos necesarios para adaptarlo a las modificaciones de la red o a nivel de vigilancia.

Insensible a las perturbaciones eléctricas de las redes
El sistema Vigilohm combina precisión de medida e insensibilidad a las perturbaciones eléctricas de las redes. Concebido para trabajar en redes de una nueva generación, es sensible a los armónicos generados por receptores como variadores de velocidad, onduladores, rectificadores, etc.

Las dos arquitecturas del sistema Vigilohm, con o sin bus de comunicación

La vigilancia del aislamiento que emplea el sistema Vigilohm se puede realizar con o sin bus de comunicación.
Permite realizar automáticamente la búsqueda de los defectos y las medidas precisas de aislamiento en todos los tipos de redes:

Sistema Vigilohm sin bus de comunicación:



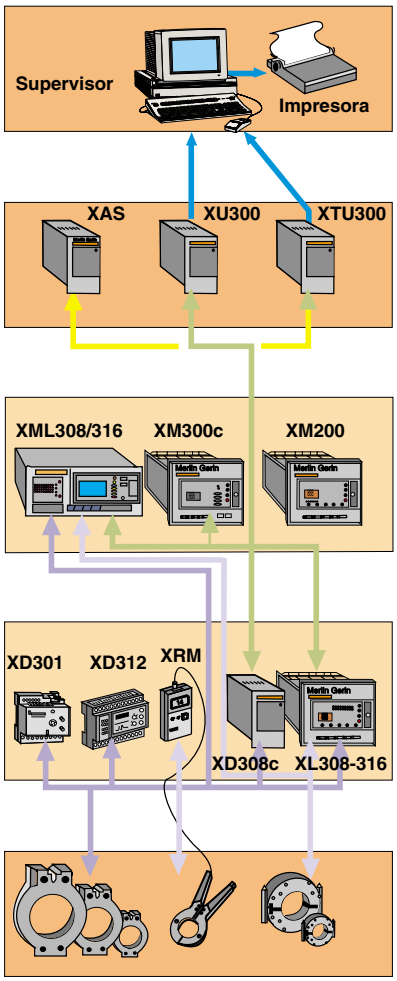
Control permanente del aislamiento

Búsqueda y localización del defecto

Toroidales

Fig. G6-025: *elementos y niveles de la búsqueda automática de un defecto.*

Sistema Vigilohm con bus de comunicación
El bus de comunicación ofrece al sistema citado precedentemente las siguientes posibilidades suplementarias:
- Comunicar con un supervisor (enviarle las medidas o recibir los nuevos valores de regulación).
- Medir el aislamiento y la capacidad de cada salida.
- Centralizar, en la pantalla del CPI, los valores dados por los localizadores.
- Registrar los eventos en impresoras, etc.
- Diagrama del sistema Vigilohm con bus de comunicación:



Supervisión y consignación del estado

Interfaces

Control permanente de aislamiento

Búsqueda y localización del defecto

Toroidales

Fig. G6-026: *elementos y niveles de la búsqueda automática de un defecto, con bus.*

Elección de la arquitectura del sistema

¿Qué aparatos forman el sistema?

■ Los controladores de aislamiento (CPI) XM200, XM300c controlan el aislamiento de la red por inyección de una señal. Esta señal es la que reconoce los dispositivos de búsqueda: localizadores y detectores.

■ Los controladores localizadores XML308, MXL316 agrupan, en el mismo aparato, las funciones de CPI y de localizador.

■ Los localizadores XL308, XL316, unidos a 8 o 16 toroidales, miden el aislamiento de cada salida (medida repartida), localizan automáticamente la salida en defecto y además pueden transmitir estos datos a un supervisor.

■ El detector de defecto comunicante XD308c localiza de forma automática la salida en defecto y transmite esta localización a un supervisor.

■ Los detectores de defecto no comunicantes XD301, XD312 localizan automáticamente la salida en defecto y la señal.

■ El receptor móvil XRM se utiliza esencialmente para localizar el tramo en defecto a lo largo de una salida.

■ Los interfaces XAS, XLI300, XTU300 permiten comunicar el sistema Vigilohm con un supervisor.

¿Cómo elegir su sistema?
La elección del sistema se efectúa en cuatro etapas, desarrolladas en los parráfos siguientes:
a) Definir el nivel de prestaciones del sistema de búsqueda y medida deseado.
b) Seleccionar los aparatos de búsqueda correspondientes.
c) Seleccionar los CPI compatibles con los aparatos de búsqueda.
d) Verificar la necesidad de un interface.

Nota: conectar el CPI a una pletina PHT 1.000 si la tensión U de red es.
760 < U < 1.700 V CA (neutro accesible).
440 < U < 1.000 V CA (neutro no accesible).
500 < U < 1.200 V CC (tensión continua o rectificada).

a) El nivel de prestación en búsqueda y medida:
■ La determinación de su necesidad le permite seleccionar uno de los cinco casos del punto 1 de la tabla G6-027 de la pág. G/170.
■ La elección del sistema se efectúa en función de:
□ Las prestaciones del tipo de búsqueda que deseamos asociar a la función de detección del defecto.
□ La necesidad de medir de forma independiente el aislamiento de cada salida.
■ Las necesidades a nivel de prestaciones son (por orden creciente):
□ Búsqueda móvil manual: se efectúa situando una pinza amperimétrica sucesivamente en las salidas. Este tipo de búsqueda se aconseja como complemento a la búsqueda automática, con el fin de determinar el tramo de salida responsable del defecto.
□ Localización automática con registro local: la salida en defecto se identifica y señaliza en la carátula del detector de defecto y esta información se transmite a un supervisor o autómata.
□ Medida repartida con registro local: los aparatos miden la resistencia de aislamiento independientemente en cada salida. Estas medidas son consultables en la carátula del aparato. Aseguran también la localización de defectos con registro local. Un contacto permite la señalización a distancia.
□ Medida repartida con registro centralizado: la medida de aislamiento de cada salida y la señalización de la salida en defecto se registra en la carátula del aparato y transmite a un supervisor o autómata.

b) Selección de aparatos de búsqueda
Partiendo de la casilla elegida en 1, determinar el dispositivo de búsqueda de defecto o de medida repartida en el punto 2 de la tabla G6-027 de la pág. G/170.

c) Selección de los CPI
Igualmente, determinar los CPI compatibles con los aparatos de búsqueda, en el punto 3 de la tabla.

d) Necesidad de un interface
Partiendo de 2, la parte 4 de la tabla indica si el sistema necesita un interface. La elección de los interfaces se efectúa en función de la red y los aparatos que constituyen el sistema (ver más adelante el apartado “Elección de interfaces”).

	2) Dispositivos de búsqueda y medida			
	Receptor XRM	Detector XD301/312	Detector XD308c	Localizador XL308/316
1) Nivel de prestaciones				
Búsqueda manual móvil	■			
Localización automática con señalización local		■	□	□
Localización automática con señalización centralizada			■	□
Medida repartida con visualización local				■
Medida repartida con visualización centralizada				■
3) Controlador CPI				
XM200	■	■		
XM300C	□	□	■	■
XML308/316	□	□	□	■
4) Interfaces				
XAS XLI200 XLI300 XTU300			■	■

■ aparato dotado exclusivamente para la función indicada.
□ aparato adecuado para la función indicada y otras.

Tabla G6-027: *tabla de eleccción de los aparatos adecuados para la arquitectura del sistema Vigilohm.*

Elección del sistema de búsqueda

El sistema Vigilohm ofrece cuatro niveles de características técnicas diferentes para la búsqueda de defectos de fuga:
1.er nivel: detección y localización automática de los defectos.

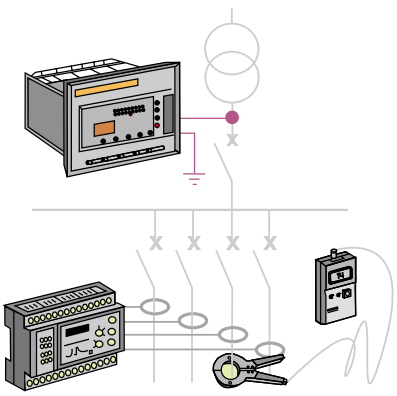


Fig. G6-028: *1.er nivel: detección y localización automática de los defectos.*

2.º nivel: detección y localización automática del defecto, con transmisión de datos a un supervisor.

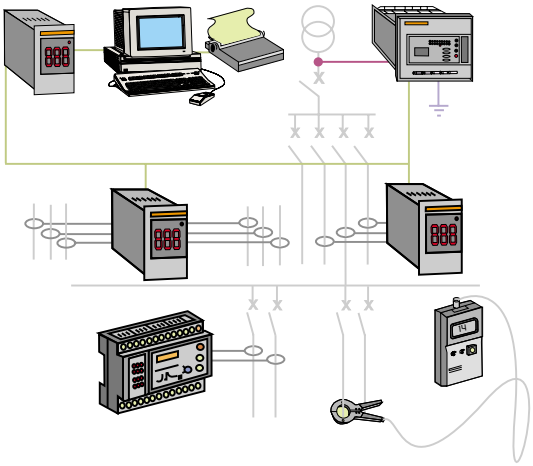


Fig. G6-029: *2.° nivel: detección y localización automática del defecto, con transmisión de datos a un supervisor.*

3.er nivel: detección, localización y medida automática del defecto.

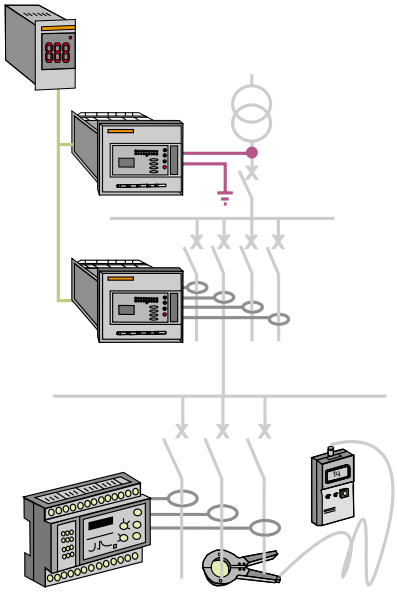


Fig. G6-030: *3.er nivel: detección, localización y medida automática del defecto.*

4.º nivel: detección, localización y medida automática del defecto, con transmisión de datos a un supervisor.
La búsqueda manual móvil, con el receptor XRM, es habitualmente utilizada como complemento de la búsqueda automática fija.

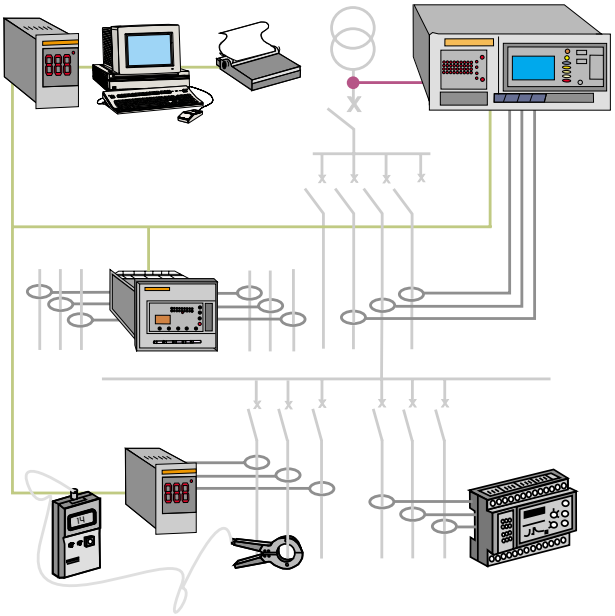


Fig. G6-031: *4.º nivel: detección, localización y medida automática del defecto, con transmisión de datos a un supervisor.*

Elección del interface

La potencia de un sistema con comunicación

La potencia del sistema Vigilohm reside en la capacidad de comunicarse en el conjunto de los aparatos que lo componen, asegurando el control permanente del aislamiento y sus funciones complementarias, tales como la búsqueda automática de defectos o la previsión de su aparición.
Mejor aún, el sistema Vigilohm es capaz de comunicar con un supervisor o un autómata para transmitirle sus informaciones y, al revés, para recibir datos.
Estos intercambios de informaciones se efectúan:

- Sobre el bus interno del sistema Vigilohm para el intercambio de datos entre los aparatos.
- Sobre el bus externo Jbus para comunicar con un supervisor o un autómata.

En todos estos casos, la utilización de un bus interno o externo necesita la presencia de un interface.

Cuatro interfaces

El sistema Vigilohm dispone de cuatro interfaces:

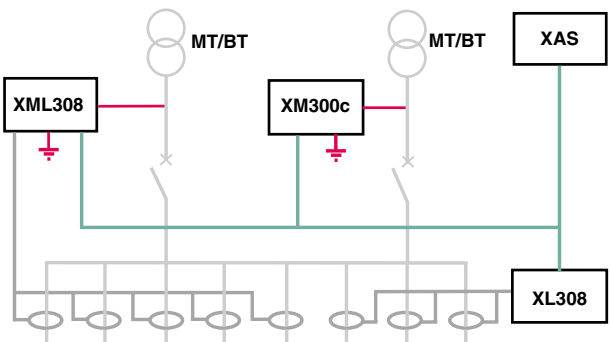


Fig. G6-032: *un solo juego de barras sin supervisores.*

Tabla de elección de interfaces				
	CPI asociado sólo a detectores comunicantes XD308C cualquiera que sea la configuración de la red	Uno solo aparato XML308/316	CPI con al menos dos localizadores + 1 juego de barras	CPI con al menos dos localizadores + 1 juego de barras con acoplamiento
Sin supervisión	–	–	XAS	XTU300
Con supervisión	XLI200	XLI300	XLI300	XTU300

Tabla G6-033: *tabla de elección de los interfaces.*

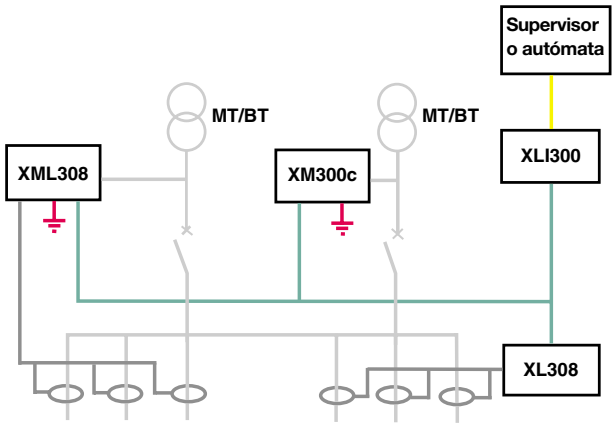


Fig. G6-034: *solución con un juego de barras con supervisor.*

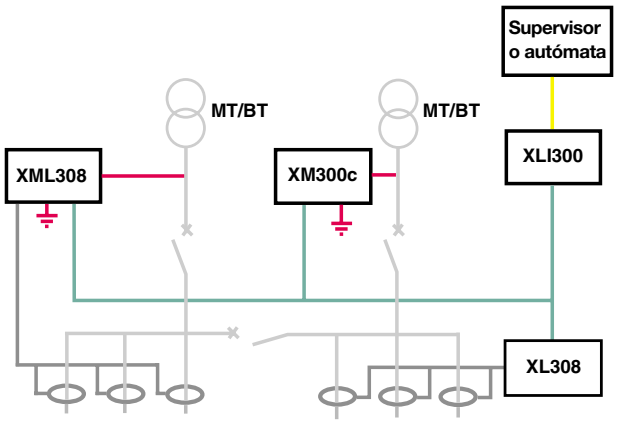


Fig. G6-035: *solución con varios juegos de barras con o sin supervisor.*

■ El interface XLI300 para transmitir las medidas y parámetros de medida del sistema Vigilohm a un supervisor.
Se utiliza en redes con un solo juego de barras. La exclusión de los CPI que se encuentran en la misma red se gestiona automáticamente.
■ El interface XTU300, como el XLI300, para comunicar con el sistema Vigilohm con un supervisor. Es necesario para redes con varios juegos de barras con interruptor de acoplamiento. Gestiona la exclusión de los CPI que se encuentran en la misma red y la asociación de los localizadores con los CPI de los que dependen.

■ El interface XAS es indispensable para el funcionamiento del bus comunicación en ausencia de uno de los otros dos interfaces.
Los interfaces se conectan directamente sobre el bus interno (uno solo por bus sistema Vigilohm).

Capacidad
El número máximo de aparatos que pueden conectarse sobre el bus de comunicación es de:
4 CPI (XM300c o XML308/316).
+ 8 localizadores (XL308/316).
+ 8 detectores (XD308c).

Ejemplos de instalaciones del sistema Vigilohm
Búsqueda automática con o sin supervisor.
Estos dos ejemplos proponen casos típicos de configuraciones de red y del sistema de control de aislamiento con búsqueda de defectos adaptada a sus características.
■ Ejemplo 1:
Localización automática con señalización local.
La asociación de un CPI XM200 y de detectores XD301 y XD312 constituyen el caso típico de mínimo de detección con localización automática de defectos en las salidas principales y sobre algunas salidas secundarias.
La búsqueda puede complementarse con el receptor XRM, asociado a su pinza amperimétrica, para localizar el tramo en defecto de la salida.
La autoexclusión de los CPI XM200 se realiza mediante los contactos de posición abierto/cerrado de los interruptores automáticos.

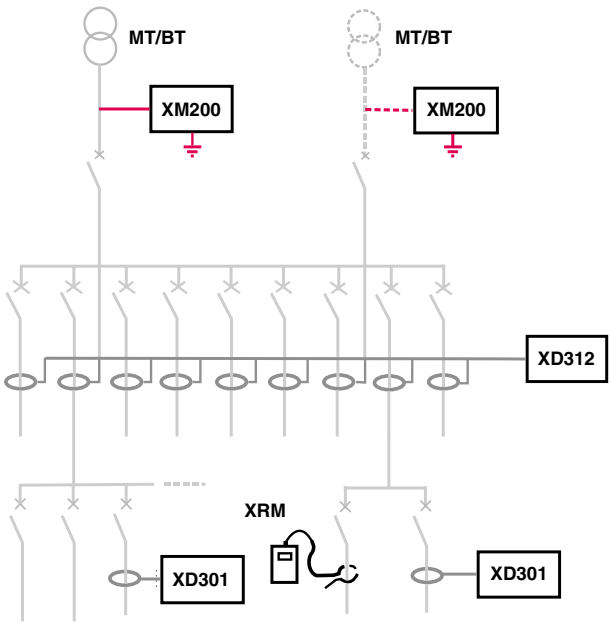


Fig. G6-036: *ejemplo 1, localización automática con señalización.*

■ Ejemplo 2:
Medida y localización automática del defecto con visualización local y central.
Red con interruptor automático de acoplamiento de juego de barras.
A la detección con localización automática de defecto se añade la medida en las salidas principales (XL308/316 asociadas a XML316 y XML308).

Las salidas secundarias se vigilan por un simple detector XD308c que comunica la detección de defecto al supervisor (vía interface XTU300).
La arquitectura de la red (varias redes con varios juegos de barras) conduce a utilizar un interface XTU300 para gestionar las exclusiones de los CPI y la asociación de los localizadores con los CPI de los cuales dependen.

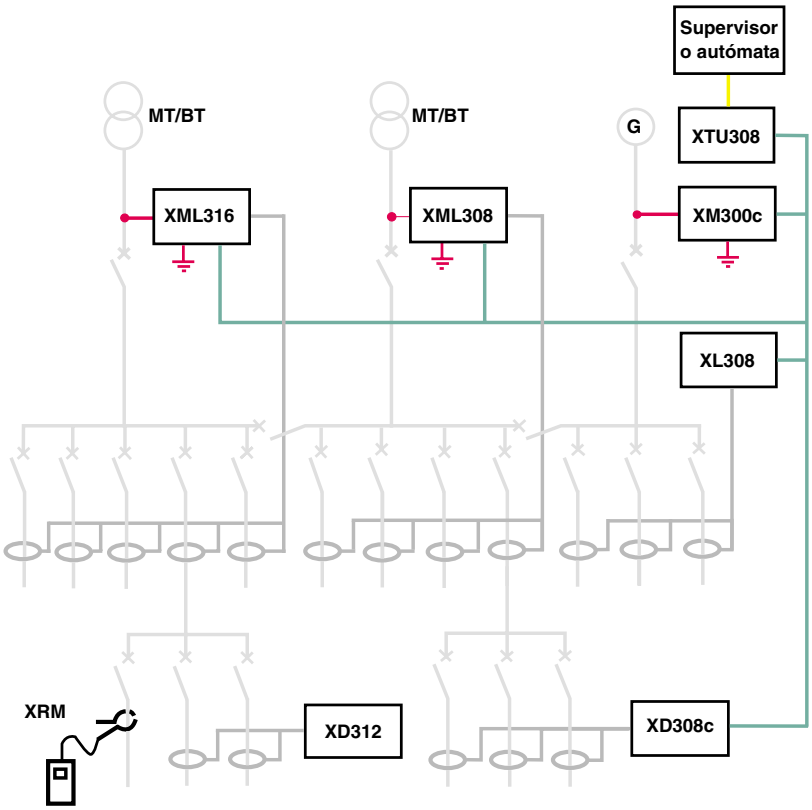


Fig. G6-037: *ejemplo 2, localización y medida automática con visualización local y central.*

Componentes del sistema Vigilohm

Controlador XM200

■ Utilización.
Red IT BT alterna con posibles rectificadores, o red de corriente continua aislada de tierra o puesta a tierra por una impedancia del tipo ZX.
■ Funcionamiento:
□ Inyección de tensión alterna a una frecuencia de 2,5 Hz entre la tierra y la red.

Tipo de red a controlar			
Red alterna o mixta IT (neutro aislado o puesto a tierra por impedancia)	Tensión entre fases	conectado entre fases	<760 V CA
		conectado a neutro	< 440 V CA
	Frecuencia		45 - 400 Hz
	Longitud de la red		0 a 30 km de cable
Continua o rectificada aislada de tierra	Tensión de línea		< 500 V CC
Características eléctricas			
Ohmímetro			numérico
Rango de lectura del aislamiento de la red			0,1 a 999 kΩ
Señalización de defectos	Número de umbrales		2 (precintable)
	Regulación de umbrales	1.er umbral (prevención)	10 a 100 kΩ
		2.º umbral (defecto)	0,1 a 20 kΩ
Temporización sobre señalización de defecto		3 escalones	0 s, 15 s, 30 s
Tensión dieléctrica			2.500 V
Tolerancia de la alimentación auxiliar			–15% a +10%
Consumo aproximado máximo			30 VA
Tensión de medida			25 V
Corriente de medida			3 mA máximo
Impedancia 50 Hz/cc			33 kΩ
Test del aparato		autodiagnóstico y tesis manual	
Aparato con seguridad positiva(1)			en estándar
Contacto de salida inversor		número	2 (1 con seg. provisional)
Poder de corte del contacto de salida		ca 380 V cos φ = 0,7	3 A
		ca 220 V cos φ = 0,7	5 A
		cc 220 V L/R = 0	0,45 A
		cc 120 V L/R = 0	0,65 A
		cc 48 V L/R = 0	2,5 A
		cc 24 V L/R = 0	10 A
Sección de conexionado		conductor rígido	1 a 1,5 mm
		conductor flexible	0,75 a 1,5 mm
Características mecánicas			
Peso			2,5 kg
Envolvente metálica (montaje horizontal)		bornes con tornillo, desconectable	
Indice de protección		empotrado	IP 30
Otras características			
Protección de regulaciones		por tapa precintable	
Temperatura		de funcionamiento	–5 ºC a +55 ºC
		de almacenaje	–25 ºC a +70 ºC
Búsqueda de defectos asociados			
Automática		detectores XD301/312	
Móvil		receptor XRM + pinzas	

(1) Seguridad positiva: un relé con seguridad positiva conmuta en caso de corte accidental de alimentación auxiliar o de defecto.

Tabla G6-038: *tabla de características y aplicaciones del controlador XM200.*

□ Medida del aislamiento a partir de la corriente inyectada, XM200 efectúa una medida de la resistencia de aislamiento global de la red y de su capacidad respecto a tierra.
□ Lectura del aislamiento sobre pantalla numérica de 7 segmentos.
□ Dos umbrales determinados por el usuario:
– Un umbral de prevención Sp. El rebase del aislamiento por debajo de este umbral provoca el basculamiento de un relé y una señalización por led en la cara anterior.
– Un umbral de defecto Sd. El rebase del aislamiento por debajo de este umbral provoca el basculamiento de un relé y una señalización por led en la carátula.
□ Señalización de defectos transitorios por un led y memorización de su valor.
□ El teclado de diálogo permite:
– La introducción de los umbrales.
– La visualización de la capacidad de acoplamiento a tierra.
– La visualización del valor de los defectos transitorios.
– La introducción de temporizaciones.
■ CEM.
Los CPI Vigilohm y sistema Vigilohm son conformes con las normas de CEM:
□ Campo electromagnético radiado, CEI 61000-4-3, 10 V/m.
□ Campo magnético, CEI 61000-4-8, 30 A/m.
□ Descargas electrostáticas, CEI 61000-4-2, 4 kV al contacto y 8 kV en el aire.
□ Perturbaciones conducidas:
– Campo electromagnético, CEI 61000-4- 6, 10 V.
– Transitorios rápidos, CEI 61000-4-4, 2 kV en la alimentación.
□ Perturbaciones radiadas emitidas y conducidas emitidas, EN 50081-1, clase A.
■ Funciones en asociación con otros aparatos.
Detección de la salida de defecto.
Esta función se realiza asociando al XM200 los detectores automáticos de defecto XD301/XD312.
La búsqueda de defecto puede completarse por el receptor móvil XRM asociado a su pinza amperimétrica.
■ Normas.
El controlador de aislamiento XM200 está conforme a las normas:
□ Clase CPI/XA según UTE C 63-080.
□ CEI 60364, capítulos 4 y 5.
Su puesta en servicio se realiza en aplicación a las normas UNE 20460 y UNE 20413-4.
■ Tensiones de utilización:
□ Red IT alterna hasta:
440 V si el neutro no es accesible.
760 V si el neutro es accesible.
□ Red de corriente continua hasta 500 V. XM200 no puede conectarse a la pletina PHT1000 para vigilar redes de tensiones más elevadas. Elegir XM300c en este caso.
■ Instalación:
□ Montaje horizontal empotrado en cara anterior del armario o del cofret.
□ Montaje simplificado en envolventes Prisma con la ayuda de tapas y placas soporte pretroqueladas.
■ Auxiliares:
□ Cadwer: limitador de sobretensiones.
□ Impedancia ZX: permite crear un neutro impedante.

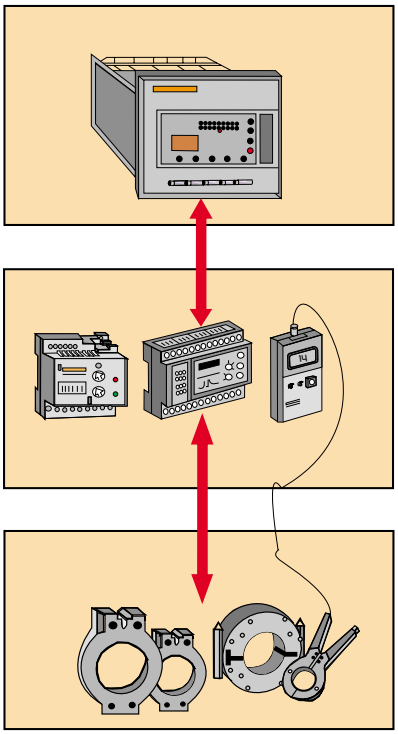


Fig. G6-039: *sistema Vigilohm sin bus de comunicación.*

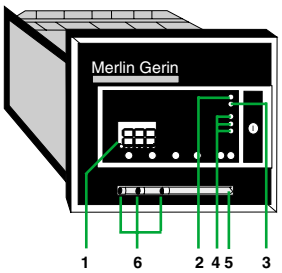


Fig. G6-040: *carátula del controlador XM200.*

1. Visualización del valor de la resistencia global de aislamiento R. Las otras informaciones son consultables.
2. Led rojo de autodiagnóstico. Señaliza los defectos del CPI.
3. Un led queda encendido después de la aparición de un defecto transitorio.
4. Visualización del valor de R con tres dígitos luminosos.
5. Tapa precintable impidiendo la modificación de los parámetros.
6. Teclado de diálogo permitiendo:
La lectura de la capacidad de acoplamiento a tierra.
La introducción de los umbrales.
La lectura del valor de la resistencia de aislamiento durante el último defecto transitorio.
La introducción de temporizaciones.

Detectores automáticos XD301, XD312:

Detectores XD		XD301	XD312
Características eléctricas			
Tipo de red a vigilar		baja tensión ca 45 - 400 Hz	baja tensión ca 45 - 400 Hz
Umbral de funcionamiento		2 kΩ (2,5 mA a 2,5 Hz)	2 kΩ (2,5 mA a 2,5 Hz) (1)
Tiempo de búsqueda		20 s	20 s por salida
Señalización de defectos		1 led	12 led (+ 1 común)
Test local		led y relé de salida	leds y relés de salida
Reset de señalización		reset local por pulsador	reset local por pulsador
Memorización de defecto transitorio		opción por conmutador	opción por conmutador
Relés de salida número de contactos		1 con seguridad positiva	1 con seguridad positiva
Poder de corte de los contactos de salida	ca 380 V cos φ = 0,7	3 A	3 A
	ca 220 V cos φ = 0,7	0,5 A	0,5 A
	cc 220 V L/R = 0	0,45 A	0,45 A
	cc 125 V L/R = 0	0,65 A	0,65 A
	cc 48 V L/R = 0	2,5 A	2,5 A
	cc 24 V L/R = 0	10 A	10 A
Tolerancia de la alimentación auxiliar		–15% a +10%	–15% a +10%
Consumo		6 VA	6 VA
Consumo		250 V	250 V
Tensión dieléctrica		2500 V	2500 V
Conexión con el CPI		ninguna	ninguna
Características mecánicas			
Peso		0,3 kg	0,6 kg
Envolvente aislante		montaje horizontal	montaje horizontal
Grado de protección		IP30 / IP20	IP30 / IP20
Otras características			
Temperatura	de almacenamiento	–25 °C a +70 °C	–25 ºC a +70 ºC
	de funcionamiento	–5 °C a +55 °C	–5 ºC a +55 ºC
Tipo de toroidal a asociar		A, OA	A, OA
Toroidal directamente conectable en la envolvente		toroidal A, O a 30 y 50	ninguno

(1) El umbral de funcionamiento de los XD301/312 no es regulable. Los XD301/312 con detectores de defectos de impedancia débil. El umbral de detección es variable de 100 W a 2 kW en función de las características de la red.

Tabla G6-041: *tabla de las características de los detectores automáticos XD301 y XD312.*

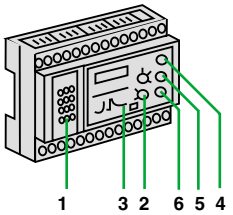


Fig. G6-042: *carátula de los detectores automáticos XD301 y XD312.*

1. Led de localización de salida en defecto.
2. Conmutador de memorización de salida en defecto.
3. Tapa precintable.
4. Led de señalización de defecto.
5. Test del led y del relé de salida.
6. Reset de los defectos memorizados.

■ Función de base: detección local del defecto.
Los detectores de defectos de aislamiento XD301 y XD312 poseen 2 funciones:
□ Detección del rebase del umbral de defecto.
□ Localización automática de la salida en defecto.
■ Funcionamiento:
□ Los detectores XD301 y XD312 son unos receptores fijos utilizados con los CPI XM300c, XML308/316 o XM200, sin ninguna unión entre ellos. En asociación con los toroidales, permiten la detección y localización automática de defectos.
□ El detector XD312, asociado a un máximo de 12 toroidales e instalados cada uno en cabecera de una salida:
– 12 leds de señalización de defectos asociados a cada una de las 12 salidas.
– Un conmutador que memoriza la salida en defecto después de su desaparición.
□ XD301 se asocia a un sólo toroidal.
■ Instalación, conexionado:
□ Parte activa en envolvente aislante con tapa transparente precintable. Ancho de 8 pasos (XD301) o 12 (XD312) de 9 mm.
□ Montaje horizontal en carril simétrico empotrado o en superficie.
□ Bornes para cableado de 1,5 mm^2.
■ Toroidales.
Los detectores XD301 y XD312 funcionan con toroidales de tipo A. Siguen compatibles con los antiguos toroidales de tipo N u O.

Receptor móvil de búsqueda XRM y pinzas:

■ Utilización, funcionamiento.
El receptor móvil XRM, asociado a una pinza amperimétrica, se utiliza esencialmente para completar la búsqueda automática. Permite determinar el punto exacto de la salida que presenta un defecto, captando la señal emitida por los controladores permanentes de aislamiento XM300c, XML308/316 o XM200.
Existen tres dimensiones de pinzas:
Las pinzas XP50 y XP100 funcionan para cables con diámetro respectivamente de hasta 43 y 70 mm.

Las antiguas pinzas son compatibles con XRM.

■ Visualización.

El receptor XRM visualiza valores comprendidos entre 0 y 19, correspondientes al nivel de aislamiento:

□ 0 corresponde a ningún defecto.

□ 19 corresponde a un defecto franco.

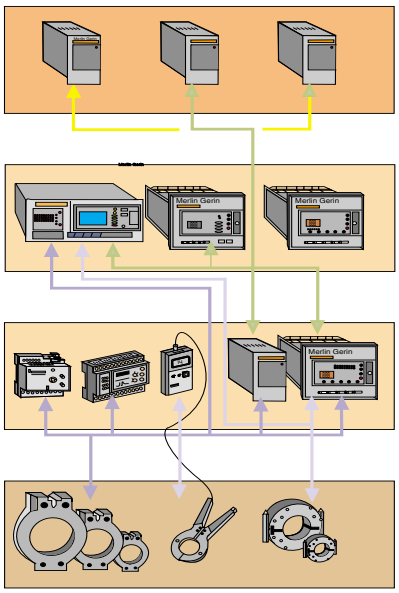


Fig. G6-043: *sistema Vigilohm con bus de comunicación.*

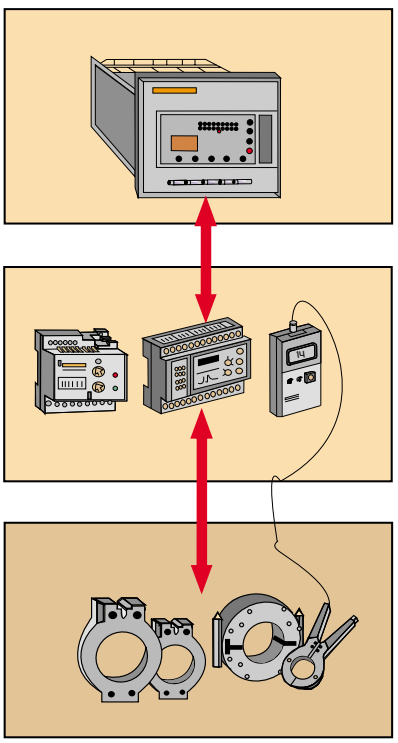


Fig. G6-044: *sistema Vigilohm sin bus de comunicación.*

Controlador XM300c:

■ Función de base: control del aislamiento general.
El controlador XM300c realiza la vigilancia general del aislamiento de una red inyectando una tensión alterna BF entre la tierra y la red.
Mide de forma permanente el valor de la resistencia de aislamiento:
□ El rebase de este valor:
– Por debajo de un 1.er umbral Sp, de prevención, acciona un relé.
– Por debajo de un 2.º umbral Sd, de defecto, acciona 2 relés, siendo uno de seguridad positiva.
El nivel de aislamiento se lee sobre una escala de leds de color verde (normal), naranja (prevención), rojo (defecto).
El controlador mide también la capacidad de la red respecto a tierra.
□ Funciones complementarias:
– Señalización de defectos transitorios por un led, y memorización de sus tres últimos valores.
– Central de lectura a distancia de los defectos detectados por los localizadores XL308/XL316 eventualmente asociados. Esta función se realiza con ayuda de la pantalla de cristal líquido, del teclado del CPI y de una unión por cuatro conductores: el bus del sistema Vigilohm.
□ Funciones en asociación con otros aparatos:
– Detección de salida de defecto.
– Función realizada asociando al XM300C:
Localizadores XL308 y XL316 conectados a 8 o 16 toroidales. Se unen al controlador XM300c por el bus del sistema Vigilhom, y conectados a los toroidales situados en las salidas a vigilar; detectores XD301 y XD312 conectados a los toroidales situados en las salidas a controlar, y eventualmente un receptor portátil XRM asociado a su pinza amperimétrica para completar la búsqueda.
Los diferentes aparatos pueden utilizarse simultáneamente.
■ Medida repartida.
Esta función se realiza asociando al CPI XM300c (o CPI - localizadores XML308/316) los localizadores XL308 y XL316.
Estos localizadores miden la resistencia de aislamiento y la capacidad respecto a tierra de cada una de las salidas.
Poseen un umbral de señalización Sd (defecto), regulable por salida.
■ Capacidad de diálogo.
Comunicación con sistema de supervisión.
□ Los interfaces XLI300, XTU300 permiten comunicar el conjunto controlador + localizadores + detectores comunicantes con un sistema de supervisión utilizando el protocolo de comunicación Jbus.
□ Los interfaces XLI300, XTU300 se conectan sobre el bus del sistema Vigilohm y permiten fechar los eventos sobre los CPI.
■ Gestión de configuraciones.
En las redes de configuraciones variables un único CPI debe inyectar una tensión entre la tierra y el conjunto de las salidas aguas abajo del interruptor automático de cabecera. Por este motivo, es necesario gestionar la exclusión de los CPI.

Además, cada localizador debe identificar el CPI de donde capta la señal.
La exclusión de los CPI y la identificación de los CPI por los localizadores se realiza:
□ Mediante el interface XTU300 en caso de acoplamiento de juegos de barras.
□ Por el XM300c o el XML308/316, si sólo hay un único juego de barras.
En los dos casos, los contactos que dan la posición de los interruptores automáticos se cablean en las entradas "Todo o Nada" de los CPI XM300c, XML 308/316.

■ Normas.

El controlador de aislamiento XM300c está conforme con las normas: clase CPI/XA según UTE C 63-080, CEI 60364, capítulos 4 y 5.
Su puesta en servicio se realiza en aplicación de las normas UNE 20460 y UNE 20413-4.

■ Instalación:

□ Montaje horizontal empotrado en la cara anterior del armario o del cofret.
□ Montaje simplificado en envolventes Prisma con ayuda de placas soporte y de tapas pretroqueladas.
□ Conexiones entre aparatos realizadas en cable blindado + 4 hilos de 0,75 mm^2.
La resistencia entre los dos puntos más alejados no debe exceder de 12 ohmios.
La capacidad de acoplamiento entre los pares no debe exceder de 250 nF.
□ El bus del sistema Vigilohm, para funcionar, debe obligatoriamente integrar un interface XAS en ausencia de los interfaces XTU300 o XLI300.

■ Auxiliares:

□ Cadwer: limitador de sobretensiones.
□ Impedancia de limitación ZX: permite crear un neutro impedante.
□ Pletina PHT1000: para utilizar el aparato en redes 1000-1700 V.

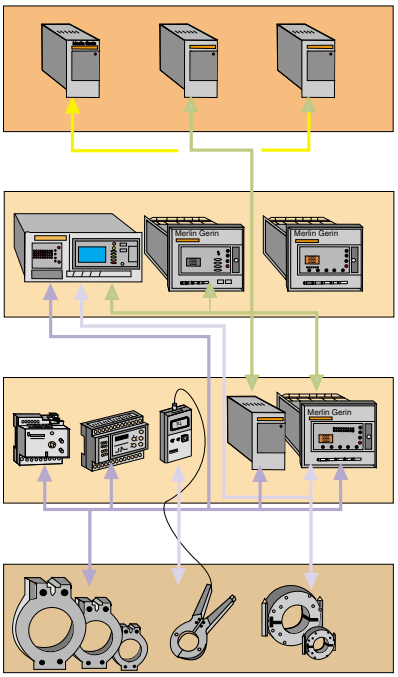


Fig. G6-045: *sistema Vigilohm con bus de comunicación.*

Tipo de red a vigilar			
Red alterna o mixta IT (neutro aislado o puesto a tierra por impedancia capacitativa)	Tensión entre fases con XM300c	neutro distribuido	< 760 o 1700 V CA(1)
		neutro no distribuido	< 440 o 1000 V CA(1)
	Frecuencia		45 - 400 Hz
	Longitud de la red		0 a 30 km de cables
Continua o rectificada aislada de tierra	Tensión de línea		< 500 o 1200 V CC(1)
Características eléctricas			
Ohmímetro			numérico
Rango de lectura del aislamiento de la red			0,1 a 999 kΩ
Señalización de defectos	Número de umbrales		2 (precintables)
	Regulación umbrales	1.er umbral (prevención)	1 a 299 kΩ
		2.º umbral (defecto)	0,2 a 99,9 kΩ
Tensión dieléctrica			2.500 V
Rango de la alimentación auxiliar			–15% a +10%
Consumo aproximado máximo			30 VA
Tensión de medida			5 V
Corriente de medida			5 mA máxima
Impedancia a 50 Hz/cc			22 kΩ
Test del aparato		autodiagnóstico y test manual	
Aparato con seguridad positiva(2)			en estándar
Contacto de salida inversor		número	3 (1 con seg. positiva)
Poder de corte del contacto de salida		ca 380 V cos φ = 0,7	3 A
		ca 220 V cos φ = 0,7	5 A
		cc 220 V L/R = 0	0,45 A
		cc 120 V L/R = 0	0,65 A
		cc 48 V L/R = 0	2,5 A
		cc 24 V L/R = 0	10 A
Contactos de posición del interruptor automático(3) (tensión y corriente suministrados por XM300C)		tensión suministrada	38 A
		corriente máx. suminist.	10 mA (cortocircuito)
Sección de conexionado		conductor rígido	1 a 1,5 mm²
		conductor flexible	0,75 a 1,5 mm²
Características mecánicas			
Peso			3,5 kg
Envolvente metálica (montaje horizontal)		bornes con tornillo desconectable	
Indice de protección		empotrado	IP 30
Otras características			
Comunicable con		supervisor	
Protección de regulaciones		por código de acceso o tapa precintable	
Temperatura		de funcionamiento	–5 ºC a +55 ºC
		de almacenamiento	–25 ºC a +70 ºC

Tabla G6-046: *tabla de las características del controlador XM300c.*

Notas:
(1) La pletina PHT1000 permite utilizar el aparato en redes con tensión:
– Red IT alterna hasta:
440 V neutro no distribuido, 760 V neutro distribuido, 1000 V con pletina PHT1000, neutro no distribuido, 1700 V con pletina PHT1000, neutro distribuido.
– Red de corriente continua hasta: 500 V, 1200 V con pletina PHT1000.
(2) Seguridad positiva: un relé con seguridad positiva bascula en caso de corte accidental de la alimentación auxiliar o de defecto.
(3) Este contacto es un contacto auxiliar montado en el interruptor automático, que permite conocer su posición abierto/cerrado.

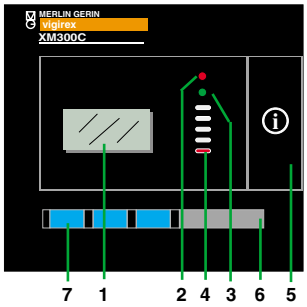


Fig. G6-047: *carátula controlador XM300c.*

1. Visualización permanente del valor de la resistencia global de aislamiento R.
Las otras informaciones son consultables.
2. Led rojo de autodiagnóstico. Señaliza los defectos del CPI.
3. Un led queda iluminado después de la aparición de un defecto transitorio.
4. Visualización del valor de R por 5 dígitos luminosos.
5. Guía de utilización situada en el interior del cajetín en la cara anterior.
6. Tapa precintable impidiendo la modificación de los parámetros.
7. Teclado de diálogo permitiendo:
– Pedir la lectura de la capacidad de acoplamiento a tierra.
– La introducción de los umbrales.
– La lectura de los valores de la resistencia de aislamiento durante los tres últimos defectos transitorios.
– La consulta a distancia de los defectos detectados por los localizadores XL308 y XL316.
– La elección del idioma.

Controlador localizador XML308, XML316:

■ Función de base: control de aislamiento general y local.
□ El controlador XML308/XML316 integra en el mismo aparato las funciones:
– Del CPI XM300c.
– Del localizador XL308 o XL316.
Vigila el aislamiento general de la red y de 8 o 16 salidas por inyección de tensión alterna a baja frecuencia y por toroidales de detección en las salidas.
Mide de forma permanente el valor de la resistencia de aislamiento de la red y de cada salida vigilada.
□ El rebase de uno de estos valores:
– Por debajo de un 1.^{er} umbral Sp de prevención, acciona un relé.
El nivel de aislamiento se determina a partir de leds de color verde (normal), naranja (prevención) y rojo (defecto).
– Por debajo de un 2.^{o} umbral Sd de defecto acciona 2 relés, uno con seguridad positiva.
Los umbrales de defecto se regulan por el aislamiento general y por cada una de las 8 o 16 salidas. El umbral de prevención existe sólo para el aislamiento general.
El controlador mide también la capacidad, respecto a tierra, de la red y de cada una de las salidas vigiladas.

■ Funciones complementarias:
□ Señalización de defectos transitorios en la red por un led, y memorización de sus tres últimos valores.
□ Identificación de salidas en defecto: por 8 o 16 diodos led (1 por salida) en la parte localizador del aparato.
□ Visualización de medidas: la parte CPI del aparato integra una pantalla de cristal líquido donde se leen los valores de aislamiento, de defecto y los diferentes mensajes.
□ Central de consulta a distancia de los defectos detectados por los localizadores XL308/XL316 eventualmente asociados. Esta función se realiza con la ayuda de la pantalla de cristal líquido de la parte CPI, del teclado y del bus del sistema Vigilohm.
■ Funciones en asociación con otros aparatos.
Es posible vigilar un número de salidas superior a 8 o 16 asociando:
– Localizadores XL308 y XL316 que efectúan la medida de cada salida.
– Detectores comunicantes XD308c que detectan automáticamente la salida en defecto.
Los localizadores y los detectores comunicantes se conectan al XML308/316 por el bus del sistema Vigilohm.
■ Capacidad de diálogo.
Comunicación con sistema de supervisión.
Los interfaces XLI300, XTU300 permiten comunicar el conjunto controlador + localizadores + detectores comunicantes con un sistema de supervisión utilizando el protocolo de comunicación del Jbus.
Los interfaces XLI300, XTU300 se conectan en el bus del sistema Vigilohm y permiten fechar los sucesos en los CPI.
■ Gestión de configuraciones.
En las redes de configuración variables, un único CPI debe inyectar una tensión entre tierra y el conjunto de salidas aguas abajo del interruptor automático de cabecera. Por este motivo, es necesario gestionar la exclusión de los CPI.
Además, cada localizador debe identificar el CPI del cual capta la señal.
La exclusión de los CPI y la identificación de los CPI por los localizadores se hacen:
□ Por el interface XTU300 en caso de acoplamiento de juegos de barras.
□ Por los XM300c o el XML308/316 si sólo hay un juego de barras.
En los dos casos, los contactos que dan la posición de los interruptores se cablean a entradas “Todo o Nada” de los CPI XM300c, XML/308/316.
■ Normas:
El controlador de aislamiento XML308 o XML316 está conforme a las normas:
□ Clase CPI/XA y DLD/M según UTE C 63-080.
□ CEI 60364, capítulos 4 y 5.
Su puesta en servicio se realiza en aplicación de las normas UNE 20460 y UNE 20413-4.
■ Toroidales.
Los aparatos XML308/316 funcionan con toroidales de tipo A y OA. Siguen siendo compatibles con los toroidales de tipo XS.
■ Instalación y conexionado:
□ Montaje horizontal empotrado en cara anterior de armario o de cofret.
□ Montaje simplificado en envolventes Prisma con ayuda de placas soporte y de tapas pretroqueladas. Conexiones entre aparatos ejecutadas en cable blindado (4 cables 0,75 mm^2). La resistencia entre los dos puntos más alejados no puede exceder de 250 nF.
□ Conexionado de toroidales por cable trenzado (blindado) 1 par.
□ El bus del sistema Vigilohm, para funcionar, debe ser alimentado obligatoriamente por un interface XAS en ausencia de interface XTU300 o XLI300.

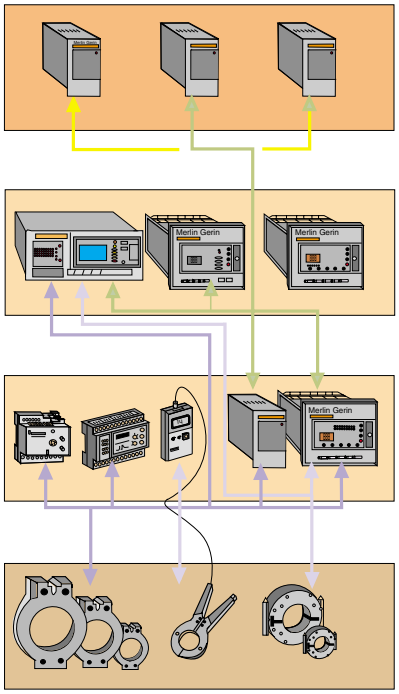


Fig. G6-048: *sistema Vigilohm con bus de comunicación.*

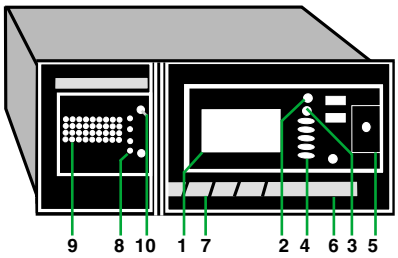


Fig. G6-049: *carátula controlador localizador XML308, XML316.*

1. Una pantalla de cristal líquido permite leer las medidas concernientes de la red o de cada salida controlada, y leer las informaciones de regulación del aparato.
2. Led rojo de autodiagnóstico. Señaliza los defectos del CPI.
3. Un led queda iluminado después de la aparición de un defecto transitorio.
4. Visualización del valor de R por una escala de 5 pilotos luminosos.
5. Guía de utilización situada en el interior del cajetín en la cara anterior.
6. Tapa precintable impidiendo la modificación de los parámetros.
7. Teclado de diálogo permitiendo:
– Pedir la lectura de la capacidad de acoplamiento a tierra.
– La introducción de los umbrales.
– La lectura de los valores de la resistencia de aislamiento durante los tres últimos defectos transitorios.
– La lectura de las medidas efectuadas por el localizador interno en cada salida controlada.
– La consulta a distancia de defectos detectados por los localizadores XL308 y XL316.
– La elección del idioma.
8. Dos leds visualizan de forma permanente el estado de aislamiento de todas las salidas.
9. 8 o 16 leds señalizan la salida en defecto.
10. Un led queda iluminado después de la aparición de un defecto transitorio.

Tipo de red a vigilar			
Red alterna o mixta IT (neutro aislado o puesto a tierra por impedancia capacitativa)	Tensión entre fases	conectado a neutro	< 760 o 1700 V CA(1)
		conectado a una fase	< 440 o 1000 V CA(1)
	Frecuencia		45 - 400 Hz
	Longitud de la red		0 a 30 km de cables
Continua o rectificada aislada de tierra	Tensión de línea		< 500 o 1200 V CC(1)
Características eléctricas			
Ohmímetro			numérico
Rango de lectura del aislamiento de la red			0,1 a 999 kΩ
Señalización de defectos	En la red	número de umbrales	2 (precintables)
	En cada salida	número de umbrales	1 (precintable)
Regulación de umbrales	Red	1.er umbral (prevención)	1 a 299 kΩ
	Red y salidas	2.º umbral (defecto)	0,2 a 99,9 kΩ
Número de toroidales conectables		XML308	8
(1 por salida)		XML316	16
Tiempo de búsqueda			15 s por salida
Tensión dieléctrica			2.500 V
Rango de la alimentación auxiliar			–15% a +10%
Consumo propio máximo			30 VA
Tensión de medida			5 V
Corriente de medida			5 mA máxima
Impedancia a 50 Hz/cc			22 kΩ
Test del aparato		autodiagnóstico y test manual	
Aparato con seguridad positiva(2)			en estándar
Contacto de salida inversor		número	3 (1 con seg. positiva)
Poder de corte del contacto de salida		ca 380 V cos φ = 0,7	3 A
		ca 220 V cos φ = 0,7	5 A
		cc 220 V L/R = 0	0,45 A
		cc 120 V L/R = 0	0,65 A
		cc 48 V L/R = 0	2,5 A
		cc 24 V L/R = 0	10 A
Contactos de posición del interruptor automático(3) (tensión y corriente suministrados por XM300c)		tensión suministrada	38 A
		corriente máx. suminist.	10 mA (cortocircuito)
Sección de conexionado		conductor rígido	1 a 1,5 mm²
		conductor flexible	0,75 a 1,5 mm²
Características mecánicas			
Peso			3,5 kg
Envolvente metálica (montaje horizontal)		bornes con tornillo desconectable	
Indice de protección		empotrado	IP 30
Otras características			
Tipo de toroidal a asociar		A, OA	
Comunicable con		supervisor	
Protección de regulaciones		por código de acceso o tapa precintable	
Temperatura		de funcionamiento	–5 ºC a +55 ºC
		de almacenamiento	–25 ºC a +70 ºC

Tabla G6-050: *tabla de las características del controlador localización XML308, XML316.*

Notas:

(1) La pletina PHT1000 permite utilizar el aparato en redes con tensión.
– Red IT alterna hasta: 440 V neutro no distribuido, 760 V neutro distribuido, 1000 V con pletina PHT1000, neutro no distribuido, 1700 V con pletina PHT1000, neutro distribuido,
– Red de corriente continua hasta: 500 V, 1200 V con pletina PHT1000.

(2) Seguridad positiva: un relé con seguridad positiva bascula en caso de corte accidental de la alimentación auxiliar o de defecto.

(3) Este contacto es un contacto auxiliar montado en el interruptor automático, que permite conocer su posición abierto/cerrado.

Localizador XL308, XL316:

■ Funciones de base: control de aislamiento local.
Los localizadores XL308/XL316, en asociación con un CPI XM300c o XML308/XML316, aseguran el control del aislamiento de 8 o 16 salidas. Miden de forma permanente el valor de la resistencia de aislamiento de cada salida vigilada.
El rebase de este valor por debajo de un umbral Sd de defecto activa 2 relés, siendo uno de seguridad positiva e ilumina un led rojo en la cara anterior.
El umbral de defecto es regulable en cada una de las 8 o 16 salidas correspondiente a una línea de la instalación.
Estos localizadores miden también la capacidad a tierra de cada salida.
Varios localizadores pueden funcionar simultáneamente en la misma red.
■ Funciones complementarias.
Detección y localización de la salida en defecto: el aparato integra una señalización por 8 o 16 diodos led (1 por salida).
Permiten localizar instantáneamente la salida en defecto y saber si este defecto es transitorio o permanente.
Memorización de los valores de los defectos transitorios de cada salida, consultables por pantalla.
■ Capacidad de diálogo.
Los defectos detectados por los localizadores XL308/316 se pueden visualizar en el CPI que funcione con el localizador.
Las informaciones que transmite al CPI se pueden enviar a un supervisor gracias a los interfaces XLI300, XTU300 conectados sobre el bus del sistema Vigilohm.
■ Normas.
El localizador XL308/XL316 está conforme a normas:
□ Clase DLM según UTE 63-080.
□ CEI 60364, capítulos 4 y 5.
Su puesta en servicio se realiza en aplicación de las normas UNE 20640 y UNE 20413-4.
■ Toroidales.
Los localizadores XL308/316 funcionan con toroidales de tipo A y OA. Siguen siendo compatibles con toroidales de tipo XS.
■ Instalación y conexionado:
□ Montaje horizontal empotrado en la cara anterior del armario o cofret.
□ Montaje simplificado en envolventes Prisma con la ayuda de placas soporte y de tapas pretroqueladas.
□ Conexiones entre aparatos ejecutadas en cable blindado (a cables 0,75 mm^2).
La resistencia entre los dos puntos más alejados no debe exceder de 12 ohmios.
La capacidad de acoplamiento entre los pares no debe exceder de 250 nF.
□ Conexionado de toroidales por cable trenzado (blindado) 1 par.
□ El bus del sistema Vigilohm, para funcionar, debe ser alimentado obligatoriamente por un interface XAS en ausencia de interface XTU300 o XLI300.

Localizador		XL308	XL316
Tipo de red a vigilar			
Baja tensión IT, alterna 45	Con XL308/316 a N	< 760 o 1.700 V CA(1)	
400 Hz neutro aislado de tierra BT cc o rectificada	Con XL308/316 a Fase	< 440 o 1.000 V CA(1)	
	Tensión de línea	< 500 o 1.200 V CC(1)	
Características eléctricas			
Ohmímetro		Numérico	
Rango de lectura del aislamiento de la red			0,1 a 999 kW
Señalización		8 leds (1 por salida)	16 leds (1 por salida)
Umbral de señalización y regulación de los umbrales		1	
	Umbral de defecto	0,2 a 99,9 kΩ	
Tiempo de búsqueda		15 s por salida	
Test de funcionamiento		Autodiagnóstico y test manual	
Tensión dieléctrica		2.500 V	
Rango de la alimentación auxiliar		–15 % a +10 %	
Consumo aproximado máximo		30 VA	
LEDs y relés de salida		Reset local o desde CPI	
Relés de salida		2 donde 1 con seguridad positiva	
Poder de corte del contacto de salida		ca 380 V cos φ = 0,7	3 A
		ca 220 V cos φ = 0,7	5 A
		cc 220 V L/R = 0	0,45 A
		cc 120 V L/R = 0	0,65 A
		cc 48 V L/R = 0	2,5 A
		cc 24 V L/R = 0	10 A
Unión con CPI		Por bus de datos a 4 hilos	
Sección de conexionado	Conductor rígido	1 a 1,5 mm^2	
	Conductor flexible	0,75 a 1,5 mm^2	
Características mecánicas			
Peso		3,5 kg	
Envolvente metálica	(Montaje horizontal)	Bornes con tornillo desconectable	
Otras características			
Tipo de toroidal a asociar		A	
Temperatura	De funcionamiento	–5 °C a +55 °C	
	De almacenamiento	–25 °C a +70 °C	

(1) La tensión máxima de visualización aumenta hasta el segundo valor utilizando la platina PHT1000.

Tabla G6-051: *tabla de las características de los localizadores XL308, XL316.*

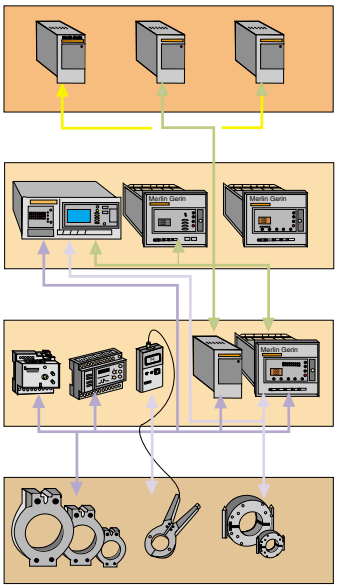


Fig. G6-052: *sistema Vigilohm con bus de comunicación.*

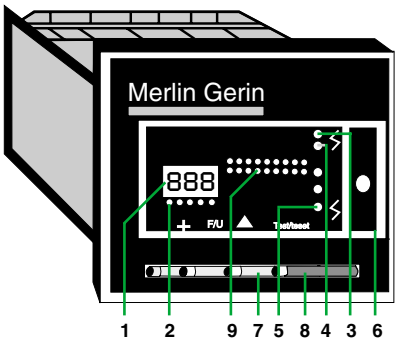


Fig. G6-053: *carátula del controlador localizador XL308, XL316.*

1. Consulta del valor de la resistencia de aislamiento.
2. Leds de señalización de la unidad de los valores leídos en pantalla (kΩ).
3. Led rojo de autodiagnóstico. Señaliza los defectos localizados por el localizador.
4. Led amarillo de señalización de la aparición de un defecto transitorio.
5. Señalización del estado de aislamiento de las salidas.
– Led verde: normal.
– Led rojo: rebase del umbral de defecto en una de las salidas.
6. Guía de utilización situada en el interior del cajetín de la carátula.
7. Teclado de diálogo permitiendo:
– La consulta de la capacidad respecto a tierra.
– La introducción de umbrales.
– La lectura de defectos transitorios.
8. Tapa precintable impidiendo la modificación de las regulaciones.
9. Leds de localización para cada salida.

Detector automático comunicante XD308c:

■ Función de base: detección local de defecto.
Los aparatos XD308c son detectores de defectos de aislamiento que tienen 3 funciones:
□ La detección de defecto de aislamiento.
□ La localización automática de salida en defecto, con señalización del número de las salidas por led.
□ La comunicación de estas informaciones a interfaces tipo XLI300 o XTU300, es el factor que permite conocer la salida en defecto a partir de un supervisor o de un autómata.
■ Funcionamiento.
Los detectores XD308c son receptores fijos utilizados con los CPI XM300c, XML308/316 a los que están conectados sobre el bus de comunicación del sistema Vigilohm.
El detector XD308c, que se asocia a 8 toroidales como máximo instalados cada uno en una salida integrada en la carátula:
□ 8 leds de rebase de umbral, asociados a cada una de las salidas.
□ 1 led común a las 8 salidas que señaliza la existencia de un defecto.
□ 1 led que indica el estado de funcionamiento del aparato.
□ 2 teclas que permiten el test del aparato y el reset de los defectos.
■ Instalación y conexionado:
□ Parte activa en envolvente metálica desconectable.
□ Montaje vertical empotrado sobre tapa.
□ Bornes para cables de 1,5 mm^2.
□ Uniones entre aparatos, ejecutadas en calibre blindado (4 hilos 0,75 mm^2).
□ La resistencia entre los dos puntos más alejados no debe exceder de 12 ohmios.
□ La capacidad de acoplamiento entre los circuitos no debe exceder de 250 nF.
□ El bus del sistema Vigilohm, para funcionar, se debe alimentar obligatoriamente por un interface XAS en ausencia de interface XTU300 o XLI300.
■ Toroidales.
Los detectores comunicantes XD308c se asocian a toroidales de tipo A y OA.

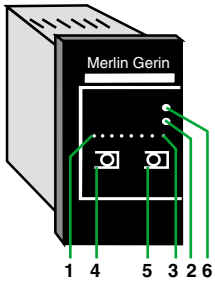


Fig. G6-054: *carátula detector automático comunicante XD308c.*

1. Leds de localización de salida en defecto.
2. Led de presencia de tensión.
3. Led de señalización de defecto.
4. Pulsador de solicitud de test de los leds.
5. Pulsador de test de defecto.
6. Led de defecto de autotest.

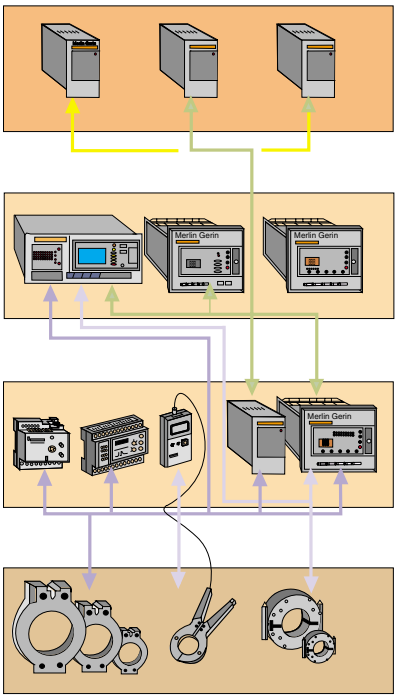


Fig. G6-055: *sistema Vigilohm con bus de comunicación.*

Detector automático comunicante XD308C		
Características eléctricas		
Tipo de red a vigilar		baja tensión ca 45 - 400 Hz
Tensión		ídem CPI XM300c o XML308/316
Umbral de funcionamiento		2,5 mA a 2,5 Hz (1)
Tiempo de búsqueda		20 s por salida
Señalización de defectos		8 leds
Test de funcionamiento		local
Funciones testadas		leds y electrónica del aparato
Borrado de defectos memorizados		local por pulsador o a distancia por supervisor
Tolerancia de la alimentación auxiliar		–15% a +10%
Consumo		6 VA
Tensión dieléctrica		2.500 V
Unión con el CPI		por bus sistema Vigilohm de 4 hilos
Características mecánicas		
Peso		0,6 kg
Envolvente aislante (montaje vertical)		
Indice de protección (empotrado)		IP 30
Otras características		
Tipo de toroidal a asociar		A
Temperatura	De funcionamiento	–5 °C a +55 °C
	De almacenamiento	–25 °C a +70 °C

(1) El umbral de funcionamiento de los XD308C no es regulable. Los XD308C son detectores de defectos de baja impedancia. El umbral de detecciones es variable de 100 W a 2 kW en función.

Tabla G6-056: *tabla de las características del detector automático comunicante XD308c.*

Interfaces de comunicación XLI200, XLI300, XTU300, XAS:

■ Utilización.
Cuando se utilizan al menos dos aparatos entre los XM300C, XML308/316, XL308/316 y XD308C, o se desea realizar la conexión con supervisor, es necesario, en todos los casos, conectar un interface (y sólo uno) al bus.
En ausencia de interface XLI300 o TXU300, un interface XAS es necesario para el funcionamiento del BUS.

■ Función.
El interface permite comunicar Vigilohm System con un supervisor o autómata utilizando un protocolo de comunicación de tipo JBUS.
Este transmite al exterior las siguientes informaciones de Vigilohm System:
□ Alarma de prevención y alarma de defecto de los CPI XM300C o XML308/316 (sólo XM300C para XLI200).
□ Alarma de defecto de los localizadores XML308/316 (excepto XLI200).
□ Medidas de aislamiento y de capacidad.
□ Umbrales de regulación.
□ Alarmas de defecto en las diferentes salidas de los XD308C.
Permite la regulación de los umbrales a distancia por el supervisor.

Aparato			**XLI200**	**XLI300**	**XTU300**	**XAS**
Función						
Interface entre bus Vigilohm System y supervisor o autómata			■	■	■	
Alimentación del bus Vigilohm System			■	■	■	■
Funciona con	Controlador	XM300C	■	■	■	■
	Controlador-localizador	XML308/316		■	■	■
	Localizador	XL308/316		■	■	■
	Detector	XD301/312	■	■	■	■
		XD308C	■	■	■	■
Configuracción máx.	Controlador	XM300C	4 (1)	4	4	4
	Y/o controlador-localizador	XML308/316				
	Localizador	XL308/316		8	8	
	Detector	XD308C	16	8	8	8
Instalación						
Montaje vertical empotrado en tapa			■	■	■	■
Conexionado						
Bus Vigilohm System	Datos	Bornes de 1,5 mm^2	■	■	■	
	Alimentación	Bornes de 1,5 mm^2	■	■	■	■
Bus exterior	RS485	Toma hembra sub D9	■	■	■	
Comunicación						
Velocidad (baudios)	Regulable		300...9600	300...9600	300...9600	
	Por defecto		9600	9600	9600	
Datos (bits)			8	8	8	
Bit de paridad			Sin	Sin	Sin	
Bit de salida (start)			1	1	1	
Bit de parada (stop)			1	1	1	

(1) Sólo XM300c.

Tabla G6-057: *características de los interfaces de comunicación XLI200, XLI300, XTU300 y XAS.*

Conexionados sistema Vigilohm

Controlador XM200:

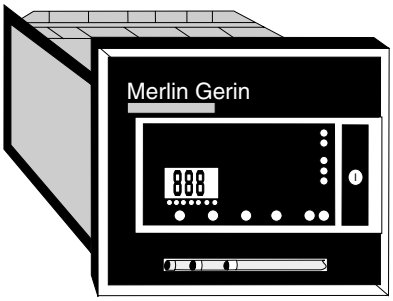


Fig. G6-058: *controlador XM200.*

■ Bornes para cableado de 1,5 mm^2.
■ Leyenda:
□ aa: alimentación auxiliar ca + 10%, 50-60 Hz.
□ ut: utilización.
□ r: red.
□ borne 11: toma de tierra por terminal de redondo ∅ 4 mm, a conectar.

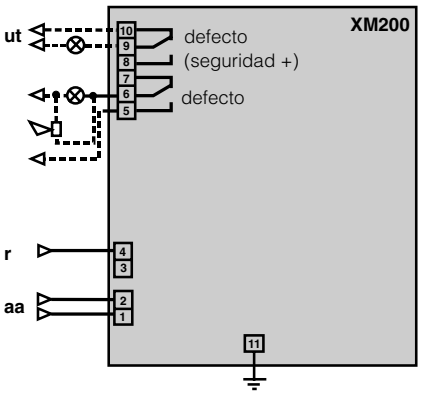
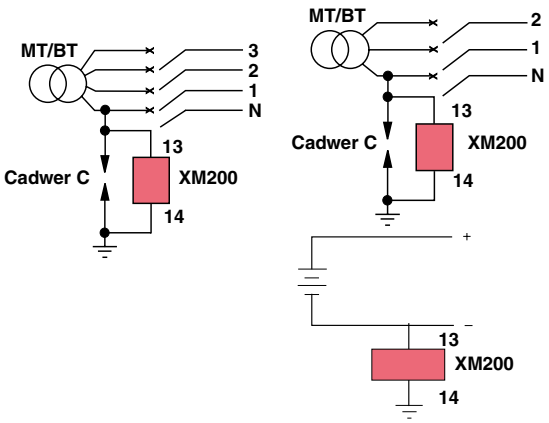


Fig. G6-059: *placa de conexiones XM200.*



Controlador XM300c:

Fig. G6-060: *controlador XM300c.*

- Bornes para cableado de 1,5 mm^2.
- Leyenda:
  - aa: alimentación auxiliar ca + 10%, 50-60 Hz.
  - ut: utilización.
  - r: red.
  - borne 13: toma de tierra por terminal de redondo ∅ 4 mm, a conectar.

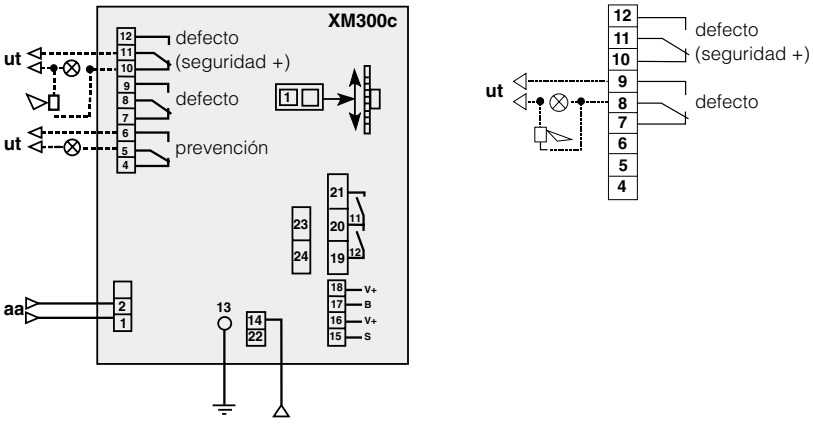
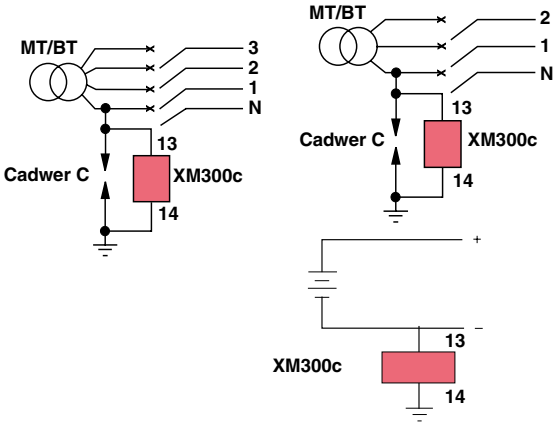


Fig. G6-061: *placa de conexiones XM300c.*



Controlador localizador XML308, XML316:

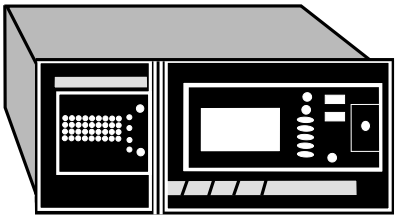


Fig. G6-062: *controlador XML308-XML316.*

- Bornes para cableado de 1,5 mm^2.
- Leyenda:
- aa: alimentación auxiliar ca + 10%, 50-60 Hz.
- ut: utilización.
- r: red.
- t: toroidal A u OA.
- borne 13: toma de tierra por terminal de redondo ∅ 4 mm, a conectar.

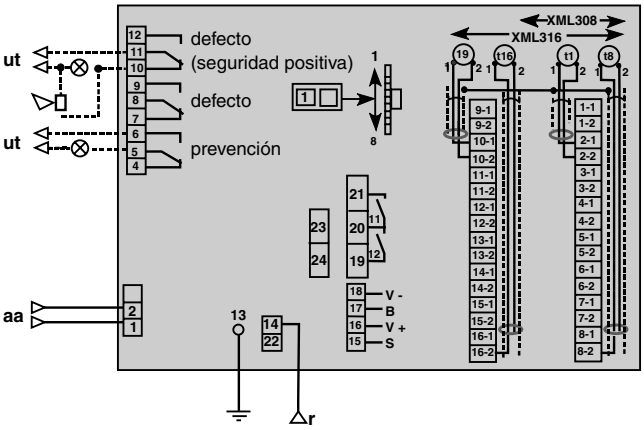
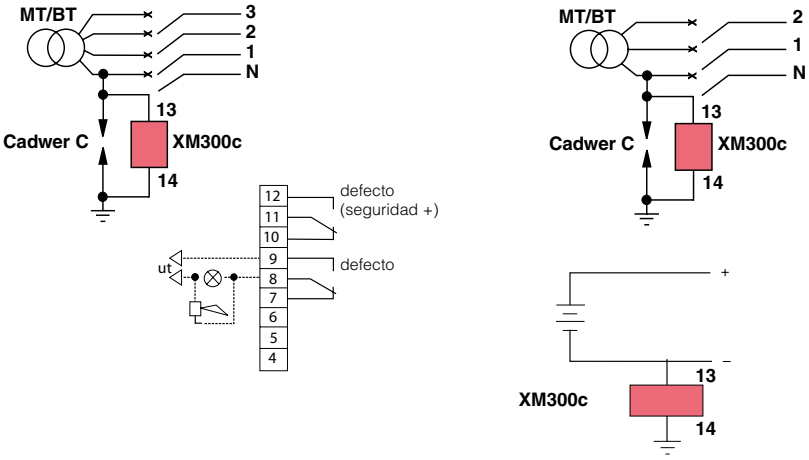


Fig. G6-063: *placa de conexiones XML08-XML316.*



Localizador XL308, XL316:

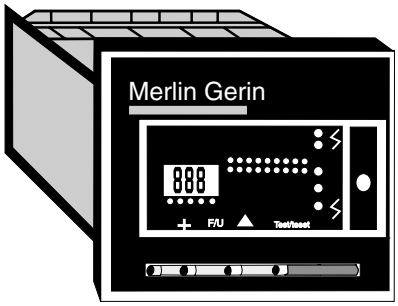


Fig. G6-064: *localizador XL308, XL316.*

- Bornes para cableado de 1,5 mm^2.
- Leyenda:
  - aa: alimentación auxiliar ca + 10%, 50-60 Hz.
  - ut: utilización.
  - t: toroidal A u OA.
  - borne 13: toma de tierra por terminal de redondo Ø 4 mm, a conectar.

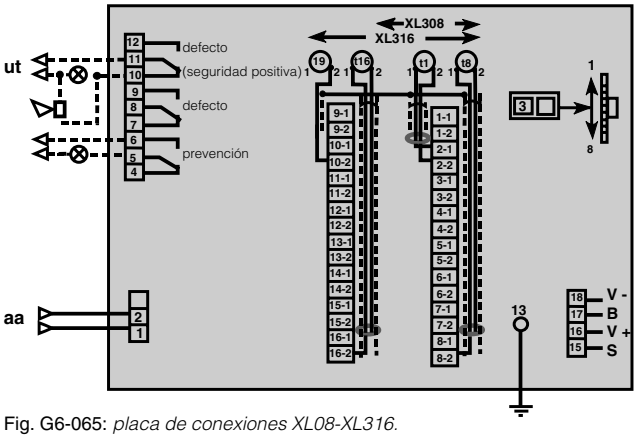
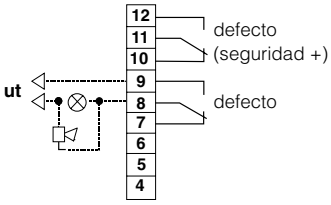


Fig. G6-065: *placa de conexiones XL08-XL316.*



Detector automático comunicante XD308c:

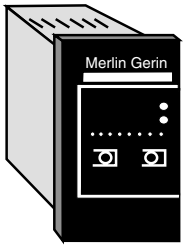


Fig. G6-066: *detector automático comunicante XD308c.*

- Bornes para cableado de 1,5 mm².
- Leyenda:
  - aa: alimentación auxiliar ca + 10%, 50-60 Hz.
  - t: toroidal A u OA.

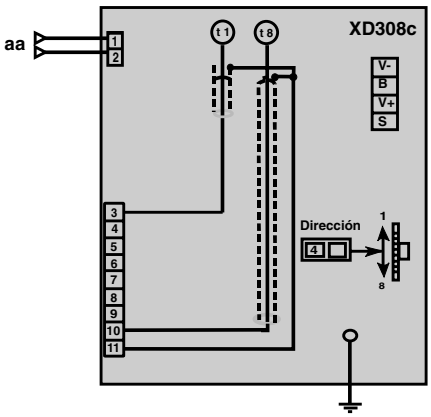


Fig. G6-067: *placa de conexiones XD308- XD316.*

Detectores automáticos XD301:

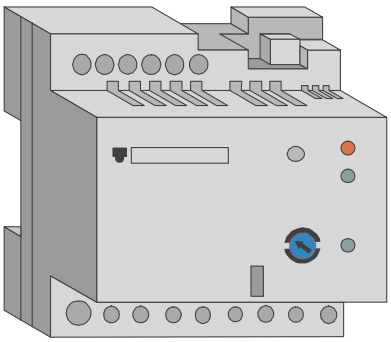


Fig. G6-068: *detector automático XD301.*

- Bornes para cableado de 1,5 mm².
- Leyenda:
  - aa: alimentación auxiliar ca + 10%, 50-60 Hz.
  - ut: utilización.
  - t: toroidal A.

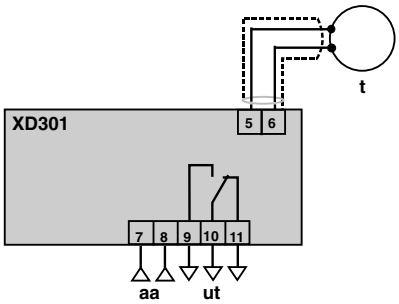


Fig. G6-069: *placa de conexiones XD301.*

Detectores automáticos XD312:

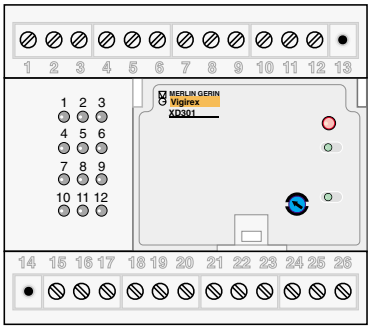


Fig. G6-070: *detector automático XD312.*

- Bornes para cableado de 1,5 mm^2.
- Leyenda:
  - aa: alimentación auxiliar ca + 10%, 50-60 Hz.
  - ut: utilización.
  - t: toroidal A.

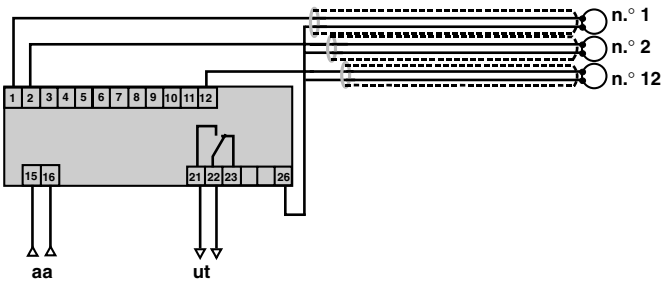


Fig. G6-071: *placa de conexiones XD312.*

XLI200-XLI300-XTU300-XAS:

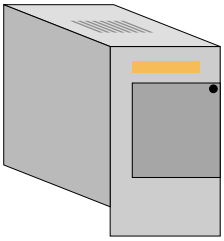


Fig. G6-072: *interfaces de comunicación XLI200, XLI300, XTU300 y XAS.*

XLI300 Sub D9 puntos
RS485
1 - masa señal
4 - recepción datos –
5 - transmisión datos –
8 - recepción datos +
9 - tramsmisión datos +

XLI200/XLI300

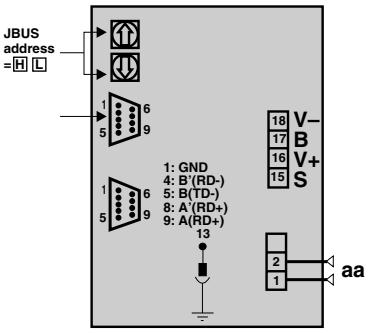


Fig. G6-073: *placa de conexiones XLI200 y XLI300.*

XLU300 Sub D9 puntos
RS32
2 - recepción datos
3 - transmisión datos
5 - masa señal

RS485
1 - masa señal
4 - recepción datos –
5 - transmisión datos –
8 - recepción datos +
9 - tramsmisión datos +

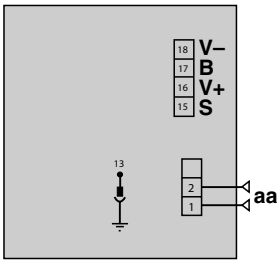


Fig. G6-074: *placa de conexiones XAS.*

■ Nunca disponer más de un interface XTU300 sobre el bus Vigilohm System.
■ Para conectar los aparatos al bus de datos (doble par trenzado blindado), se aconseja unirlos entre ellos por los bornes S, después B, luego V+, y finalmente V–.

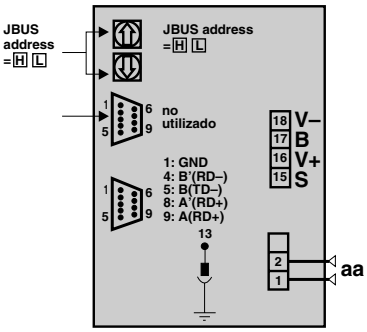


Fig. G6-075: *placa de conexiones XTU300.*

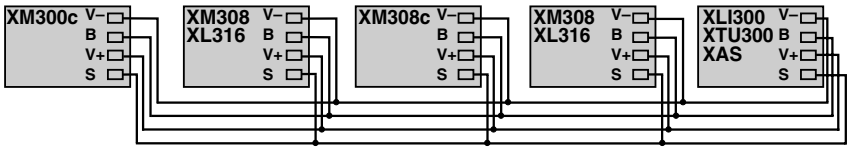


Fig. G6-076: *ejemplo de conexionado en línea.*

Conexionado productos Vigilohm

Acoplamiento de dos redes

Prever la puesta fuera de servicio de uno de los dos Vigilohm.

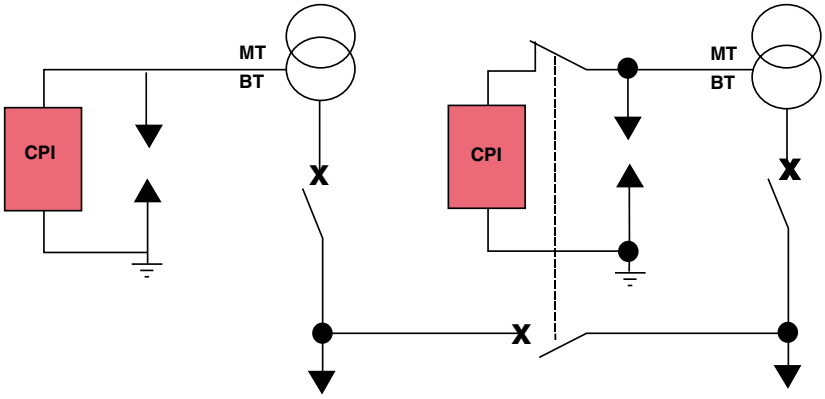
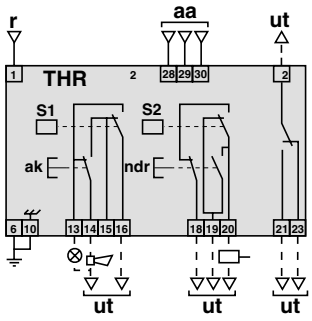


Fig. G6-077: *esquema de doble alimentación.*

Cables de 2,5 mm²

Clip de 5 mm.

THR



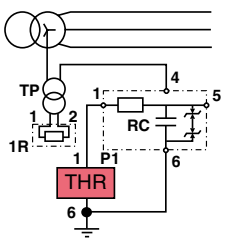
Leyenda:
aa: Alimentación auxiliar 50-60 Hz
+10 %, –15%.

	28 29	28 30
100-110 V -	100 V	110 V
127-220 V -	127 V	220 V
220-380 V -	220 V	380 V
440-525 V -	440 V	525 V

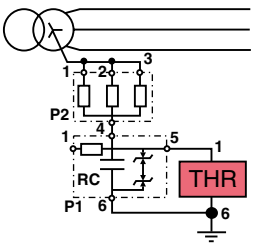
ak: Pulsador de paro del zumbador.
ndr: Pulsador de no disparo y rearmamiento.
ut: Utilización.

Neutro accesible:

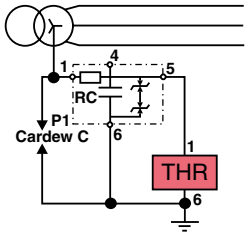
5.500 V < U ⩽ 30.000 V



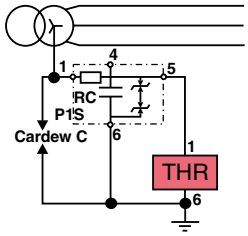
1.100 V < U ⩽ 5.500 V



550 V < U ⩽ 1.100 V

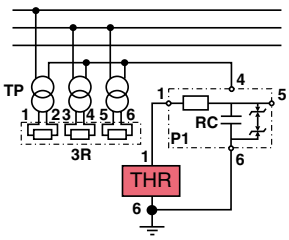


U ⩽ 500 V

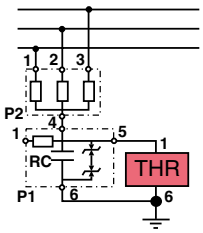


Neutro no accesible:

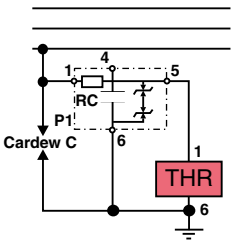
5.500 V < U ⩽ 30.000 V



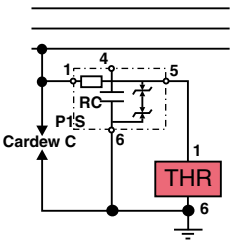
1.100 V < U ⩽ 5.500 V



550 V < U ⩽ 1.100 V

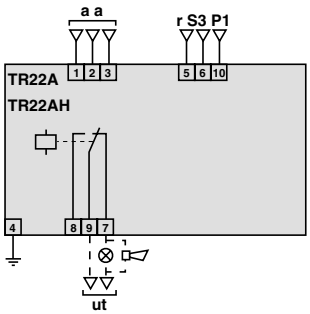


U ⩽ 500 V



Cables de 2,5 mm²

TR22A/TR22AH



Leyenda:
aa: Alimentación auxiliar 50-60 Hz
+10 %, –15%.

	1 2	1 3
110-127 V -	110 V - 127 V	110 V
220-415 V -	220 V - 240 V	380 V - 415 V
440-525 V -	440 V - 480 V	500 V - 525 V

r: Red.
S3: Platina S3 (facultativo).
ut: Utilización.
Pt: Platina S1 (facultativo).
Utilización con seguridad positiva: relé de salida excitado en permanencia, y desexcitado en caso de falta de tensión auxiliar (de origen interno o externo), o de defecto de aislamiento.

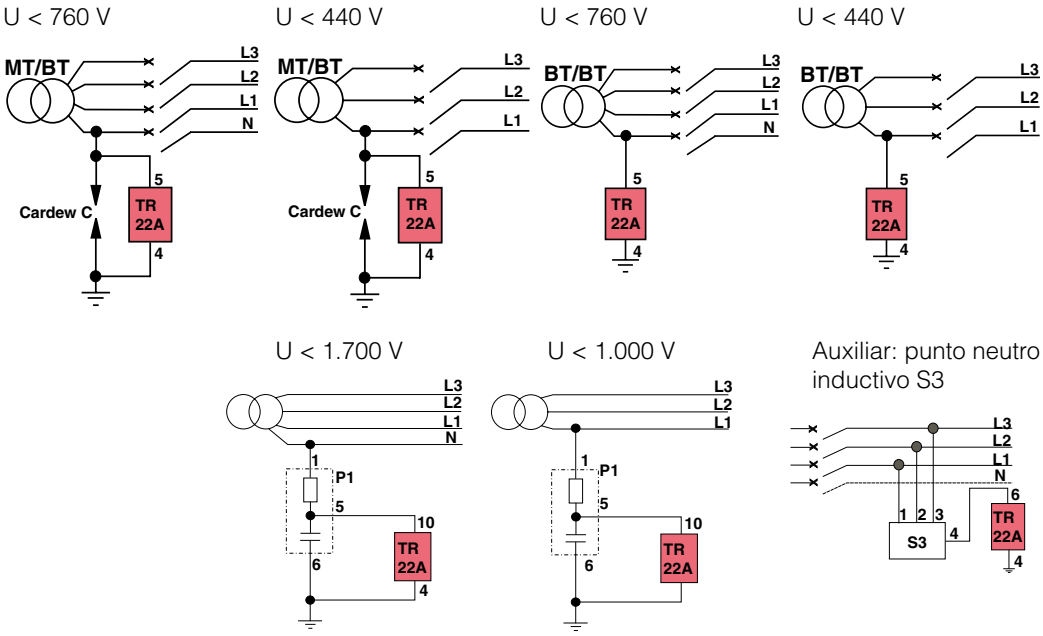


Fig. G6-078: *controladores TR22A, TR22AH.*

Controladores EM9/EM9B/EM9T

Cableado de 2,5 mm²

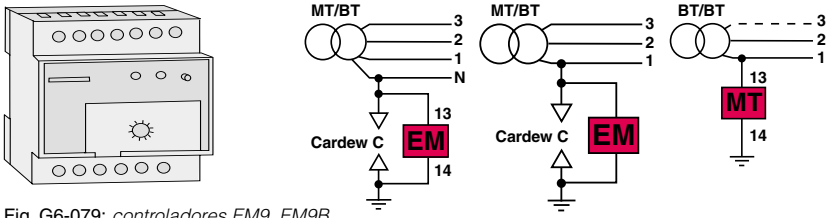


Fig. G6-079: *controladores EM9, EM9B.*

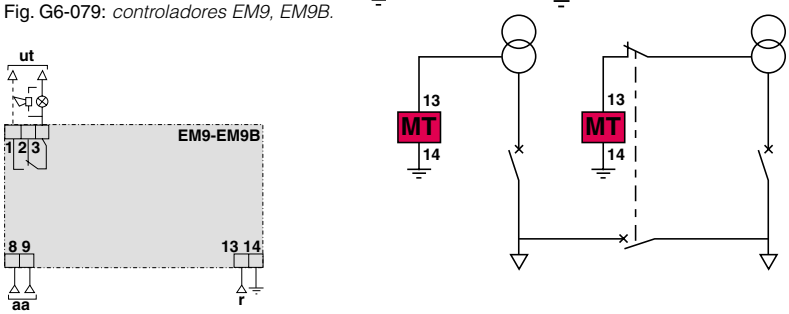


Fig. G6-080: *placa de conexiones EM9 y EM9B.*

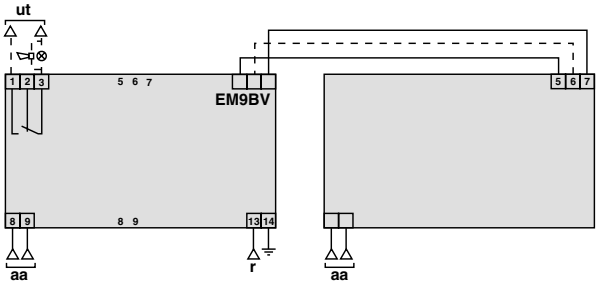


Fig. G6-081: *placa de conexiones EM9BV.*

EM9, EM9B, EM9BV

Utilización con seguridad positiva: relé de salida excitado en permanencia, y desexcitado en caso de falta de alimentación auxiliar (de origen interna o externa), o de falta de aislamiento.

EM9T

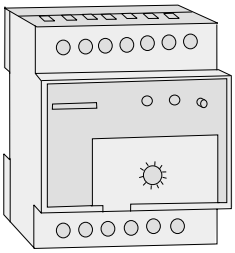


Fig. G6-082: *controladores EM9T.*

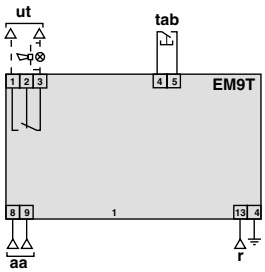


Fig. G6-083: *placa de conexiones EM9T.*

Ensayo a distancia: bornes 4 y 5

Conforme a norma UTE C63-080.

Leyenda:
aa: Alimentación auxiliar +10 %, –15 %.
r: Red.
S_3: Pletina S_3 (opcional).
ut: Utilización.
P_1: Pletina P_1 (opcional).

Controlador TR5A

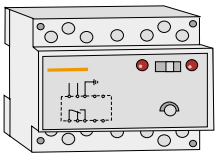


Fig. G6-084: *controlador TR5A.*

Cableado de 2,5 mm²

Fijación clip de 6,35 mm.

Leyenda:
aa: Alimentación auxiliar +10 %, –15 %.
ut: Utilización.
r > 220 V.

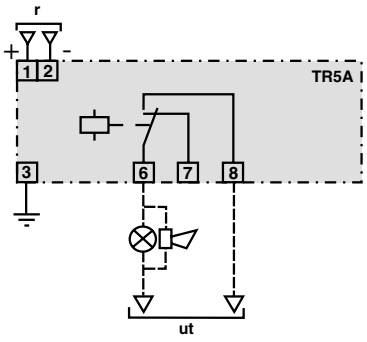
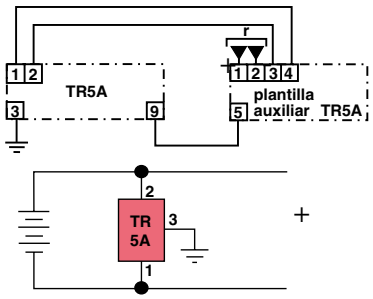


Fig. G6-085: *placa de conexiones TR5A.*



Nota: Por un TR5A a seguridad positiva, utilizar los bornes 6 y 7.

Controlador SM21

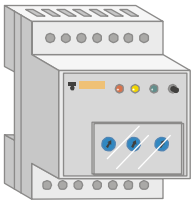


Fig. G6-086: *controlador SM21.*

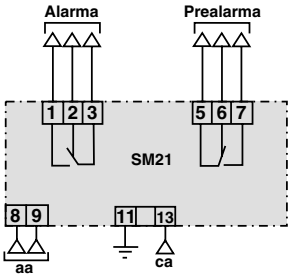
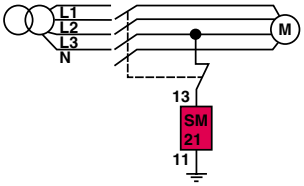


Fig. G6-087: *placa de conexiones SM21.*

Cableado de 2,5 mm²



Leyenda:
aa: Alimentación auxiliar +10 %, –15 %.
ca: Contacto auxiliar.

Nota: Debe asegurarse que el contacto auxiliar del órgano de mando del motor soporte la tensión nominal cuando el contacto esté abierto.

Generador móvil XGR

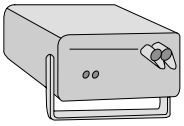


Fig. G6-088: *controlador móvil XGR.*

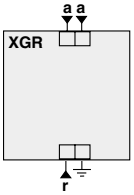
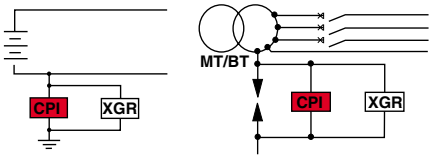


Fig. G6-089: *placa de conexiones controlador móvil XGR.*



Leyenda:
aa: Alimentación auxiliar +10 %, –15 %.
r: Red.

Elementos auxiliares para las soluciones Vigilohm y sistema Vigilohm

Elección de los auxiliares

La instalación de Vigilohm necesita un cierto número de accesorios auxiliares. Otros accesorios optativos pueden complementar la instalación:

■ Auxiliar obligatorio.

□ Auxiliar opcional.

Vigilohm	THR					XM200, XM300C XML308, XML316		XGR	TR22A	TR22AH	EM9 EM9B EM9T
	U ⩽ 550 V	550 V a 1.100 V	1.100 V a 5.500 V	5.500 V a 30.000 V neutro Accesible	5.500 V a 30.000 V No accesible	U < 760 V CA(1) U < 440 V CA(1) U < 500 V CA(1)	760 a 1.700 V CA(1) 440 a 1.000 V CA(1) 500 a 1.200 V CC(1)				
Cardew C 250 V(1)	■	■				■			■	■	■
440 V(1)	■	■				■			■	■	■
660 V(1)	■	■				■			■	■	■
1.000 V(1)	■	■					■		■	■	■
Cardew C	□	□				□	□		□	□	□
Pletina P1S	■								■		
Pletina P1		■	■	■	■				■		
Pletina P2			■								
Resistencia											
De carga 1R				■							
De carga 3R					■						
Impedancia de limitación ZX						□		□	□	□	□
Punto N inductivo S3 ⩽ 380 V									□	□	□
Pletina adicional PNT 1000							■ Excepto XM200	□			

(1) Ver elección del tipo de Cardew C (250, 440, 600 o 1.000 V) en párrafo adjunto.
(2) La utilización del Cardew C no es obligatoria con el EM9T.
(3) Necesaria para TR22A o XGR, instalados en redes U > 440 V.
(4) Neutro accesible.
(5) Neutro no accesible.
(6) Red de tensión continua.

Tabla G6-090: *tabla elección de los auxiliares.*

Características de los auxiliares

Limitador de sobretensión Cadwer C:

■ En red BT con neutro aislado o impedante.

■ Conectado al secundario del transformador MT/BT, permite la derivación a tierra de las cargas debidas a las sobretensiones.

■ Soporta la corriente de cortocircuito del transformador.

■ Su funcionamiento provoca la señalización continua del CPI.

Conexionado

Características:

■ U de no cebado a 50 Hz; < 1,6 · U “tipo”.

■ U de cebado asegurada a 50 Hz, > 2,5 · U “tipo” (3 · “tipo” para 220 V).

■ I máxima después del cebado: 40 kA/0,2 s.

■ Resistencia de aislamiento > 10^{10} Ω.

■ Cartucho no recargable.
■ Límites de temperatura: de funcionamiento –5 °C a + 40 °C.
de almacenamiento –25 °C a + 70 °C.

Normas
NF C 63 - 150, NF C 15 - 100. Peso: 1 kg.

Tabla de elección del Cardew
La elección depende:
■ De la tensión nominal de la red Un.
■ Del nivel de aislamiento de la instalación.
■ Del punto de conexión (neutro - tierra o fase - tierra).

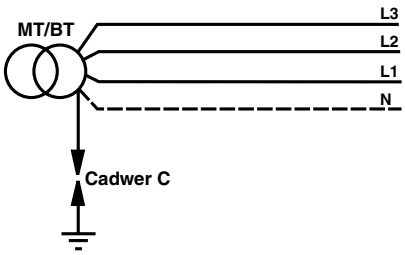


Fig. G6-091: *esquema de instalación.*

Un: tensión nominal entre fases de la red a		Ui tensión de cebado	Cardew C
Neutro accesible	Neutro no accesible		Tipo
U 380 V	U 220 V	400 V < U 750 V	250 V
380 V < U 660 V	220 V < U 380 V	700 V < U 1.100 V	440 V
660 V < U 1.000 V	380 V < U 660 V	1.100 V < U 1.600 V	550 V
1.000 V < U 1.560 V	660 V < U 1.000 V	1.600 V < U 2.400 V	1.000 V

Sección del conductor de unión:
■ Cable o barra, con una sección adaptada a la potencia del transformador.
■ El conductor de unión debe considerarse un conductor de protección (PE) y el cálculo de su sección debe respetar las normas de instalación en vigor, considerando que esta parte de la instalación está protegida por las protecciones aguas arriba del transformador MT/BT.
■ La fórmula de cálculo de la sección del conductor PE según la norma CEI 60364 es:

$$S = \sqrt{I^2 \cdot \frac{t}{k}}$$

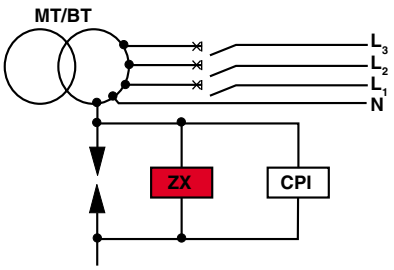
donde S es la sección del conductor de protección en mm^2.
I es el valor de la corriente de defecto.
t es el tiempo de funcionamiento del dispositivo de protección.
k es un coeficiente que depende del material y de los aislantes del conductor.
■ Consejo de instalación: si la vigilancia del aislamiento se realiza con Vigilohm System, y a fin de detectar el buen funcionamiento del Cardew, aconsejamos poner un toroidal de tipo A en la conexión a tierra del Cardew. Este toroidal estará conectado a un detector XD301/312 o a un localizador XL308/316.

Impedancia de limitación ZX

Conexionado

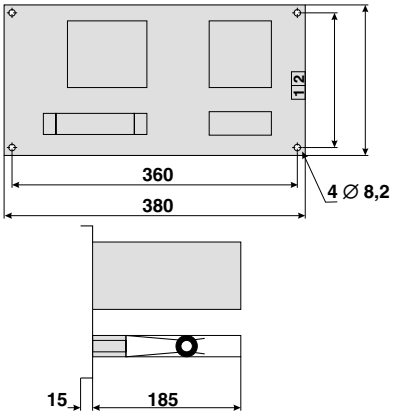
Permite crear una red con neutro impedante.
Permanece conectada durante la búsqueda a 2,5 Hz:

- 1.500 Ω a 50 Hz.
- 1 MW a 2,5 Hz.
- U < 500 V CA.



Dimensiones, fijación

Peso: 3,500 kg.



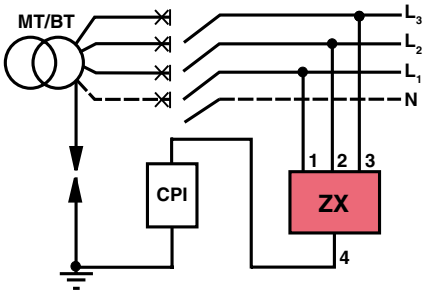
Punto neutro inductivo S3

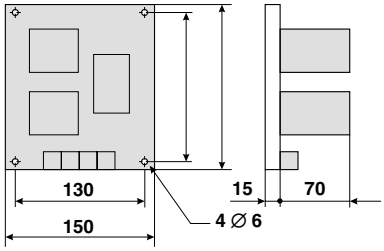
Conexionado

Permite la creación de un punto neutro artificial para la vigilancia del aislamiento, con el interruptor automático general abierto; U 380 V CA.

Dimensiones, fijación

Peso 1,750 kg.





Platina adicional PHT1000

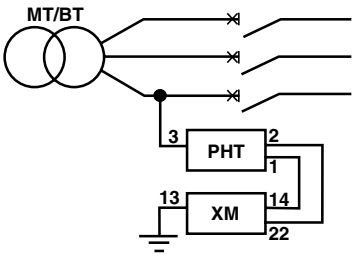
Conexionado

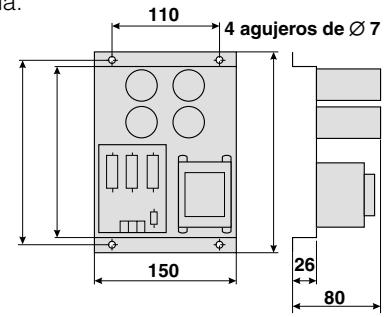
Permite utilizar los CPI XM300C y XML308/316 en redes:

- 440 V CA ⩽ U ⩽ 1.000 V CA (N) no accesible.
- 760 V CA ⩽ U ⩽ 1.200 V CA (N) accesible.
- 500 V CC ⩽ U ⩽ 1.200 V CC red continua.

Dimensiones, fijación

Peso 0,400 kg.



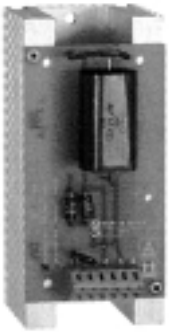


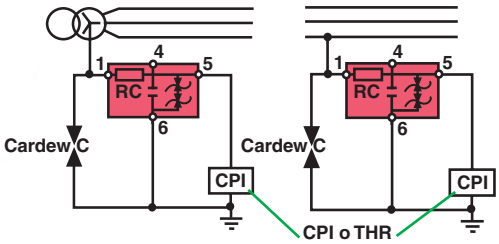
Platina P1

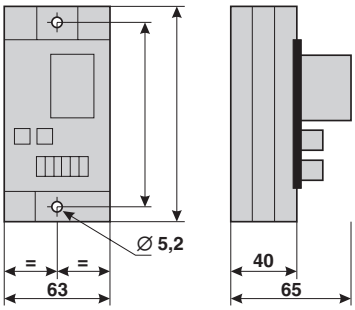
Conexionado:

■ Permite disminuir la tensión soportada por el CPI TR22A:
□ 440 V CA ⩽ U ⩽ 1.000 V CA (N) no accesible.
□ 760 V CA ⩽ U ⩽ 1.200 V CA (N) accesible.
■ Permite disminuir la tensión soportada por el THR:
□ 550 ⩽ U ⩽ 30.000 V.
□ Ejemplos para 550 ⩽ U ⩽ 1.100 V (otros casos, ver THR apartado conexionado).
□ Neutro accesible.
□ Neutro no accesible.

Dimensiones, fijación
Peso: 0,400 kg.







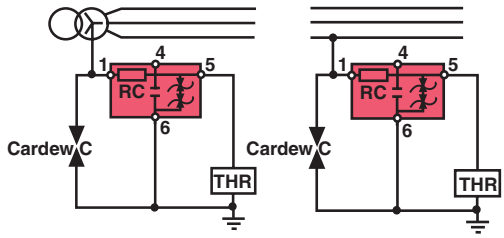
La elección de las pletinas y de las resistencias depende de la tensión de la red, y de si el neutro es accesible o no. Ver conexionado THR.

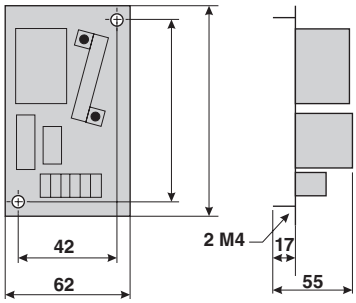
Platina P1S

Conexionados

Permite disminuir la tensión soportada por el THR:
□ U ⩽ 550 V.
□ Neutro accesible.
□ Neutro no accesible.

Dimensiones, fijación
Peso: 0,160 kg.

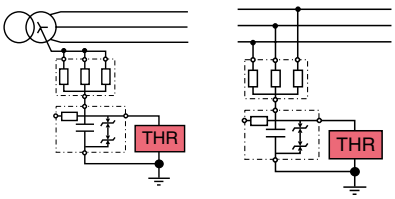




Platina P2

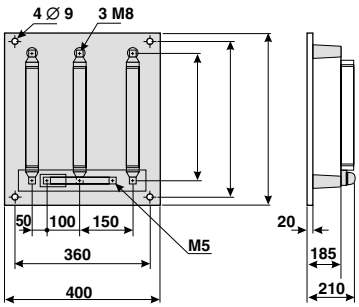
Conexionados

Permite disminuir la tensión soportada por el THR:
- 1.100 < U ⩽ 5.500 V.
- Neutro accesible.
- Neutro no accesible.



Dimensiones, fijación

Peso: 11,150 kg



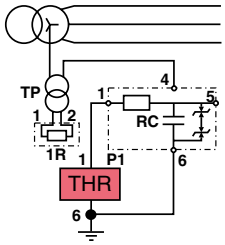
Resistencia de carga 1R

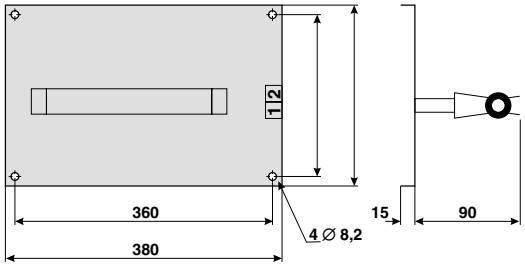
Conexionados

Permite cargar un trafo de tensión TP (no suministrado) a fin de evitar el fenómeno de ferrorresonancia:
- 5.500 V < U ⩽ 30.000 V.

Dimensiones, fijación

Peso: 1,850 kg.
TP: utilizar un transformador usual Un/100 V, clase 0,5 - 50 VA.





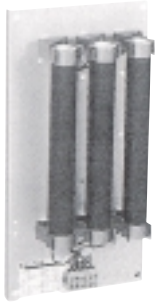
Resistencia de carga 3R

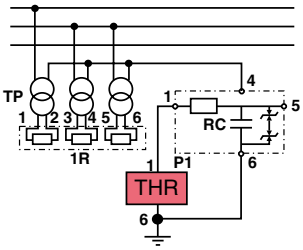
Conexionados

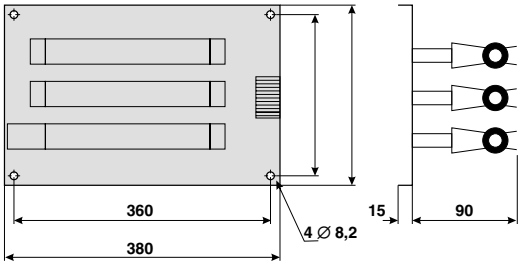
Permite cargar e TP (no suministrados) a fin de evitar el fenómeno de ferro-rresonancia:
- 5.500 V < U ⩽ 30.000 V.

Dimensiones, fijación

Peso: 2,800 kg.
TP: utilizar un transformador usual Un/100 V, clase 0,5 - 50 VA.







7. Características de los interruptores diferenciales DDR

Fundamentos

Los principios de funcionamiento de los interruptores diferenciales se expresan en el esquema adjunto.
Un circuito magnético (núcleo toroidal) abriga todos los conductores activos, realizando la suma vectorial de todas las intensidades de los conductores que abriga.
En el caso de la fig. G7-001:

$$\sum^{\rho} I = {}^{\rho}I_1 + {}^{\rho}I_2$$

En condiciones normales la suma vectorial es cero y por tanto no es capaz de crear un campo que haga circular una corriente por el secundario del núcleo toroidal.
En el caso de la fig. G7-001:

$$\sum^{\rho} I = {}^{\rho}I_1 + {}^{\rho}I_2 = 0$$
$$I_1 = I_2$$

En el momento que existe una fuga, ésta cierra el circuito de fuga a través de la puesta a tierra, conductor no abrigado por el diferencial.
La corriente de fuga pasa a través de un conductor activo por el núcleo toroidal, pero no regresa a través de él y, por tanto, desequilibra el sistema de las sumas vectoriales de las intensidades que circulan por el interior del núcleo toroidal.

$$I_1 + I_d > I_2$$
$$\sum^{\rho} I = ({}^{\rho}I_1 + {}^{\rho}I_2) + {}^{\rho}I_2 = {}^{\rho}I_d$$

Esta corriente (I_d) genera en el secundario del núcleo toroidal una corriente I_3 que circulando por el bobinado del relé polarizado puede generar dos acciones:
Si:
$I_3 < I_{\Delta n}$ no desconecta
Si:
$I_3 \geq I_{\Delta n}$ desconecta

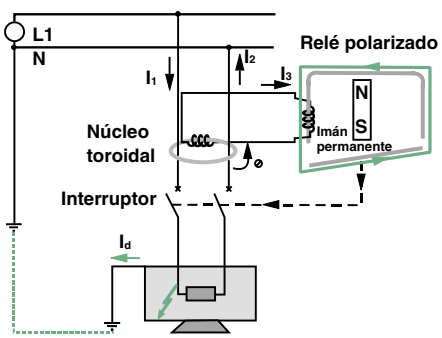


Fig. G7-001: *ilustración del principio de funcionamiento de un interruptor diferencial.*

7.1. Particularidades en la puesta en servicio de interruptores diferenciales DDR

Existen corrientes de fuga a tierra que no corresponden a defectos de aislamiento, más bien sobretensiones transitorias o corrientes parásitas de alta frecuencia que pueden provocar la desconexión de un interruptor diferencial DDR.
Ciertas precauciones permiten evitar estos problemas.

Corrientes de fuga permanentes

Toda instalación eléctrica de baja tensión posee una corriente de fuga a la tierra, en parte por la capacidad de los conductores con respecto a tierra, tanto más elevada cuanto más extensa sea la red. Esta corriente de fuga es ampliada por las capacidades de filtrado, unidas a la masa, de ciertos equipos electrónicos (automatización, informática, etc.).

Elementos que originan habitualmente desconexiones de los interruptores diferenciales
Las desconexiones más habituales que se han podido constatar son función de los propios materiales y de los regímenes de neutro en que son alimentadas:

Desconexiones habituales de diferentes materiales en tanto por ciento	
Materiales	%
Aparatos de alumbrado	21
Motores	17
Material informático	17
Frigoríficos	16
Electrodomésticos	16
Sistemas de calentamiento	9
Cajas registradoras	4

Tabla G7-002: *tabla del tanto por ciento de participación de los materiales en las desconexiones habituales de los interruptores diferenciales.*

Corrientes de fuga permanentes de algunos materiales más usuales (mA)	
Materiales	Valor
Telecopiador	0,5 a 1
Impresora	< 1
Equipo informático	1 a 2
Terminal informática	1 a 2
Fotocopiadora	0,5 a 1
Electrodomésticos (clase I)	< 0,75
Equipo de alumbrado (clase I ⩽ kVA)	0,1 a 0,2

Tabla G7-003: *tabla de corrientes de fuga permanente de algunos materiales.*

En la ausencia de elementos de control y medición muy precisos, la corriente de fuga permanente puede evaluarse bajo la siguiente base:
■ Redes monofásicas o trifásicas (*), 1,5 mA / 100 m.
■ Filtros monofásicos o trifásicos (*), del orden de 1 mA por receptor.
■ Suelos calefactores por resistencias, 1 mA / kW.

(*) El valor corresponde a una valoración empírica establecida bajo la base de una red monofásica en conducción metálica (20 nF/100 m, neutro a un potencial próximo a la tierra, fase a 230 V) que puede alcanzar el umbral de desconexión, de un interruptor diferencial DDR, con las corrientes de fuga permanentes y transitorias.

Limitación de las corrientes de fuga:
■ Utilizar en la medida de lo posible aparatos de clase II.
■ Utilizar materiales con separación galvánica, equivalente a la de separación de los bobinados de los transformadores o de onduladores clases A o B.
■ En el proyecto de la instalación efectuar un balance de corrientes de fuga previsibles.

Consejos prácticos:
■ Para un local de pública concurrencia:
□ Limitar el número de tomas de corriente protegidas por un mismo interruptor diferencial.
□ Subdividir la instalación en ramales, con protecciones individuales, con corrientes de fuga permanentes inferiores a 15 mA.
■ Para viviendas:
□ Repartir las tomas de corriente en varias líneas protegidas con interruptores diferenciales diferentes.

Corrientes de fuga transitorias

Influencia de la tensión nominal
La puesta bajo tensión de las capacidades mencionadas anteriormente provoca corrientes denominadas transitorias, de muy corta duración, representadas por una onda oscilante de corriente de 0,5 µs / 100 kHz (tabla G7-002). La aparición de un primer defecto de aislamiento, en régimen IT, de forma instantánea, se produce a menudo en el origen de las (brutales) corrientes transitorias de carga de las capacidades de la red.

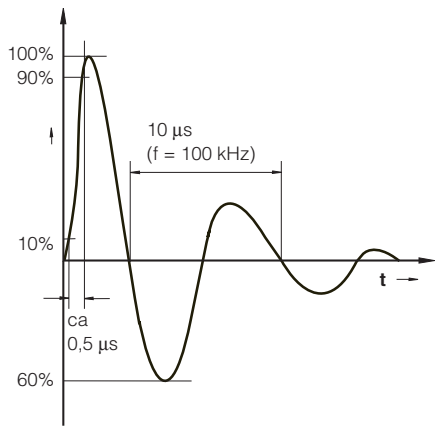


Fig. G7-004: *onda de corriente normalizada 10 µs (f = 100 kHz).*

Influencia de las sobretensiones

Las redes eléctricas están afectadas por sobretensiones de origen atmosférico o por la explotación de redes de MT o BT (fusión de fusibles, conmutación de cargas inductivas).

Las observaciones del fenómeno establecen que las tensiones están situadas en un nivel del orden de 6 kV y que pueden ser representadas perfectamente por la onda escarpada de tensión (1,2 / 50 µs).

Estas sobretensiones son superadas por muchos materiales que son capaces de soportar el ensayo de la onda convencional de choque, 8/20 µs, con valores de cresta de decenas de amperios.

Estas sobretensiones se derivan a tierra por medio de las capacidades propias de la instalación, por pararrayos, descargadores de sobretensiones o por la perforación (arcos) de puntos bajos de aislamiento.

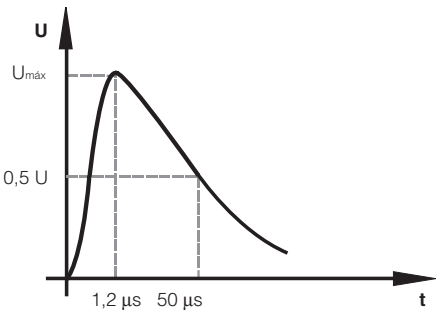


Fig. G7-005: *sobretensiones normalizadas 1,2/50 µs.*

Compatibilidad electromagnética

Las sobretensiones y corrientes transitorias mencionadas anteriormente, las conmutaciones de bobinas de contactores, relés, contactos sólidos, etc., las descargas electroestáticas y las ondas electromagnéticas de radiofonía (comunicaciones) son corrientes parásitas que entran en el campo de la compatibilidad electromagnética CEM.

Ver apartado 2 del capítulo F del primer volumen (pág. F/39). “La calidad de la energía eléctrica”.

En los cuadernos técnicos n.os 120 y 149 de Merlin Gerin encontrarán más información sobre la CEM.

Es necesario que los interruptores diferenciales DDR instalados en redes con corrientes parásitas dispongan de un elemento de filtrado de estas corrientes parásitas, para que no afecten el buen funcionamiento de los mismos.

En la práctica no debemos sobrepasar los niveles de la fig. G7-006.

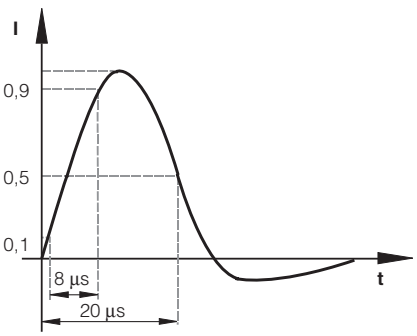


Fig. G7-006: *onda de corriente normalizada 8/20 µs.*

Puesta en servicio:

■ Todo DDR instalado debe tener un nivel de inmunidad a las desconexiones intempestivas (no deseadas).

Los interruptores diferenciales DDR selectivos “tipo S” o de escalón I (o más) admiten todas las corrientes transitorias de fuga a tierra, de duración inferior a 40 ms.

■ Las corrientes de fuga permanente, aguas abajo de un diferencial DDR, deben ser objeto de una evaluación, en particular en el caso de redes de gran extensión, sobre todo en presencia de materiales con filtros o con esquema IT.

Si sólo conocemos las capacitancias de la red, la corriente de fuga equivalente la deduciremos de la fórmula:

$$I_f\ (mA) = 230\ V \cdot 100\ \pi \cdot C\ (_{mili}F) = 0{,}072\ C\ (nF)$$

C = capacidad de una fase con respecto a tierra.

En BT, C = 0,3 µF/km.

Normalmente las corrientes de fuga permanentes de una red, aguas abajo de un interruptor diferencial, deben ser inferiores a 0,5 $I_{\Delta n}$.

La eliminación de las corrientes de fuga permanentes a valores inferiores a 0,25 $I_{\Delta n}$, por subdivisión en partes, elimina prácticamente todas las influencias de las corrientes transitorias posibles.

En casos muy particulares, tales como redes muy extendidas o por renovación parcial de la red en esquema IT, consultar al fabricante del interruptor diferencial.

Perturbaciones máximas recomendables para la no excitación de los interruptores diferenciales		
Perturbación	Tipo de ensayo	Umbrales deseables
Sobretensión	Onda de tensión 1,2/50 µs	6 kV
Corrientes transitorias	Onda de corriente 0,5 µs / 100 kHz Onda de corriente 8 / 20 µs	200 A 200 A 60 A por 10 mA 5 kA para los tipo S o con retardo voluntario
Conmutación	Transitorios rápidos CEI 60801-4	4 kV
Electricidad estática	Descargas electrostáticas CEI 60801-2	8 kV
Ondas radiofónicas	Campos electromagnéticos radiantes CEI 60801-3	3 V/m

Tabla G7-007: *tabla de los umbrales de los ensayos a la CEM solicitados a los interruptores diferenciales DDR.*

Comportamiento de los interruptores diferenciales frente a las componentes continuas

Los productos eléctricos de utilización llevan, muy a menudo, rectificadores de corriente (diodos, tiristores, triacs), que les permiten adaptarse a las necesidades de su trabajo, pero presentan el inconveniente de la deformación de las ondas senoidales de corriente y la incorporación de una cantidad apreciable de armónicos.

El riesgo de encontrar una fuga de estas condiciones es función del aislamiento interior de los equipos, la mayoría de los casos se producen en las instalaciones industriales.
Los esquemas adjuntos muestran diferentes esquemas de rectificadores comúnmente utilizados y el tipo de onda resultante después de la rectificación.

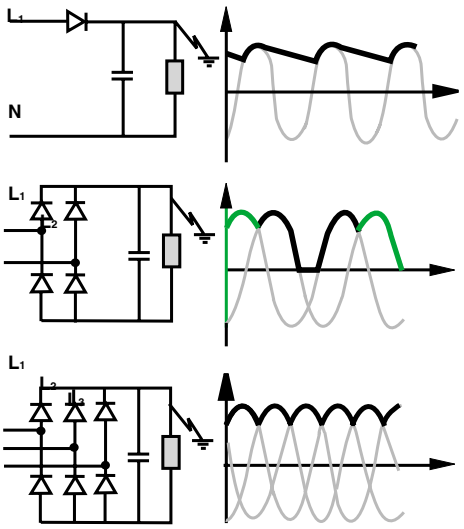


Fig. G7-008: *esquemas de rectificadores y sus ondas.*

En caso de defecto a tierra, aguas abajo de los equipos con rectificadores, la corriente de fuga que atraviesa el dispositivo diferencial conlleva una componente continua que puede actuar sobre él desensibilizándolo, hasta el punto que no pueda elaborar órdenes de desconexión: la desensibilización depende de la naturaleza del material (permeabilidad) del núcleo toroidal para poder dimensionar adecuadamente el campo creado por la corriente de fuga.
A fin de poder evitar los posibles inconvenientes resultantes de tales situaciones, los dispositivos diferenciales son clasificados por la CEI, UNE.
La CEI clasifica los interruptores diferenciales en tres tipos, según la aptitud a funcionar con corrientes de fuga con alguna componente continua asociada:
Clase AC: interruptores automáticos sensibles solamente a corrientes alternas de frecuencia industrial.
Clase A: interruptores diferenciales sensibles a corrientes de defecto pulsantes.
Clase B: interruptores diferenciales sensibles a una corriente de fuga continua pura.

Nota: los interruptores diferenciales estándar de la gama multi 9 responden a las corrientes de fuga de Clase AC. Los interruptores diferenciales de núcleo toroidal separados, para interruptores automáticos con núcleo toroidal separado, responden a corrientes de fuga de Clase A.

La calidad de servicio

Los imperativos de la calidad y continuidad de servicio ha motivado a algunos fabricantes europeos a fabricar un interruptor diferencial con filtraje de sobretensiones, armónicos, componentes continuas, para evitar las desconexiones intempestivas.
Schneider Electric ha puesto en el mercado el tipo **A "si"** para utilizarlo en ambientes que presenten riesgos tales como:
■ Importantes riesgos de desconexiones intempestivas, por descargas atmosféricas, por la presencia en los circuitos de puntos luz con balastos electrónicos o con aparatos con filtros antiparásitos.

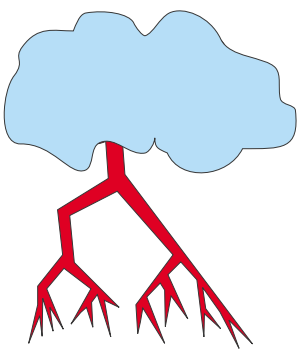
■ Equipos con fuentes de alta frecuencia, con fugas con componentes continuas o equipos para funcionamiento a baja temperatura.
Importancia de la continuidad de servicio.

En función de la actividad la continuidad de servicio de la energía puede ser vital:

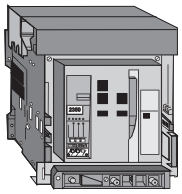
La importancia de la continuidad de servicio en función de la actividad			
Campo de aplicación	Riesgo de perturbación	Necesidad de continuidad	Causa
Doméstico	Poco	Poco	Rayo
Terciario (oficinas)	De poco a importante	De poco a crucial	Tubos fluorescentes
(comercios)	De poco a importante	De poco a crucial	Rayos
Industrial	De poco a importante	De poco a crucial	Variadores
			Elementos de corte
Hospitalario	Importante	Crucial	Máquinas de lavar
			Rayos X
			Régimen de neutro

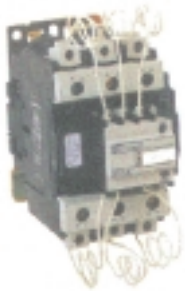
Tabla G7-009: *tabla de la importancia de la continuidad de servicio en diferentes estamentos y perturbaciones habituales.*

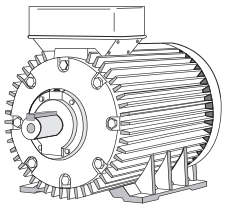
Principales instalaciones que necesitan una protección tipo A "si":
■ Instalaciones realizadas en zonas con nivel ceáunico elevado.
□ Origen: atmosférico.



En el momento que un rayo aparece en las proximidades de un edificio, aparece en la red una onda de tensión que genera una corriente de fuga transitoria a través de las capacitancias de la red (capacidad de cables y de filtros). En función de la intensidad y de la distancia donde ha caído el rayo, esta corriente de fuga puede ocasionar una desconexión intempestiva (ver apartado 2 del capítulo F del primer volumen, pág. F/39).
Los interruptores de la gama (A "si") responden con insensibilidad a estas solicitudes de corrientes de fuga.
■ Instalaciones que comportan corrientes transitorias:
□ Origen (aparamenta):
– Desconexión de interruptores automáticos.
– Fusión de un fusible.
– Maniobra de un aparato de gran potencia.
– Todo arco eléctrico generado sobre una red (motor contactor, interruptor).







Todas las capacidades y reactancias de la instalación, junto con las capacidades propias de los cables, generan una corriente de fuga transitoria a cada cambio brusco de tensión.
Esta corriente de fuga puede crear una desconexión, no deseada, de un interruptor diferencial.
Los interruptores diferenciales (A “si”) resisten sin desconexión estas corrientes transitorias de fuga.

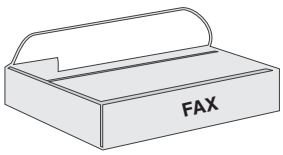
■ Instalaciones con corrientes de fuga permanentes de 50 Hz:

□ Origen: receptores equipados con filtros antiparásitos (ordenadores, impresoras, aparatos electrónicos).

Para cumplir con las prescripciones de la CE sobre CEM, muchos materiales llevan incorporados filtros antiparásitos.
Estos filtros generan corrientes de fuga permanentes a 50 Hz, del orden de 0,5 a 1,5 mA. En el momento en que varios aparatos de estos tipos son instalados en una misma fase, pueden provocar la desconexión de un interruptor diferencial. La solución es repartir la conexión de estos elementos entre las tres fases.
Existe riesgo de desconexión intempestiva cuando la suma de los valores de las corrientes de fuga sobrepasa 0,3 $I_{\Delta n}$.
Aunque la solución principal para paliar el fenómeno es la subdivisión de los circuitos en ramales protegidos individualmente que no sobrepasen la sensibilidad nominal, los interruptores diferenciales de la gama (A “si”) son aconsejables.

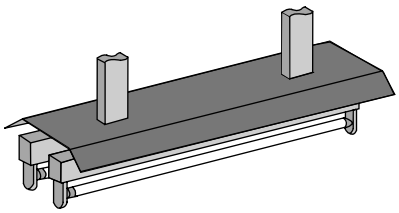
■ Instalaciones generadoras de corrientes de fuga de alta frecuencia:

□ Origen A: receptores equipados con filtros.



Después de la imposición en Europa de la directiva CE sobre la CEM (compatibilidad electromagnética), numerosos fabricantes para eliminar los parásitos de alta frecuencia generados por los receptores utilizan filtros situados entre fase y conductor PE, más bien entre neutro y PE, conductor de protección. Estas corrientes de frecuencias elevadas, superiores a varios kHz, no presentan peligro de electrocutación pero sí de desconexiones intempestivas.

□ Origen B: tubos fluorescentes con balasto electrónico con o sin variador.



Tecnología superinmunizada “si”

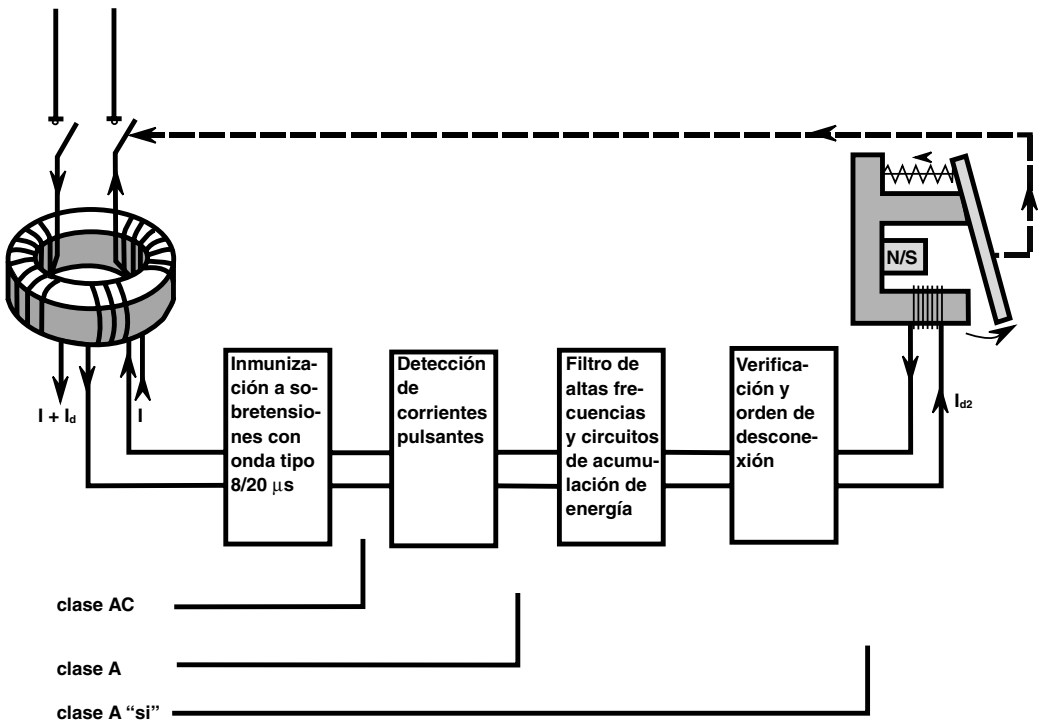


Fig. G7-010: *diagrama de las tecnologías de los interruptores diferenciales.*

¿Cómo evaluar los interruptores diferenciales en instalaciones generadoras de corrientes de alta frecuencia?

Receptores equipados con equipos de recorte de ondas senoidales generan corrientes de fuga de frecuencia elevada. Debido a estas corrientes existen tipos de interruptores diferenciales sensibles a ellas que quedan saturados por ellas y no desconectan, provocando que con fugas de corriente senoidal industrial, que normalmente desconectarían, no desconecten.

La utilización de interruptores diferenciales convencionales es un peligro por dos razones:

– No es un equipo seguro porque no controla la desconexión.

– No puede detectar fugas de forma automática.

Los interruptores diferenciales de la gama (A “si”) responden perfectamente a estos inconvenientes dando una buena protección.
□ Origen C: receptores alimentados con fuentes que recortan la onda senoidal. Un receptor equipado con una fuente con recorte de onda genera fugas de alta frecuencia.
La problemática es la misma que la expuesta en el apartado anterior.

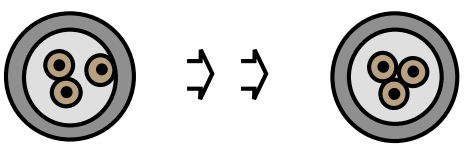
Recomendaciones de instalación de los interruptores diferenciales con núcleo toroidal separado

El captador es un núcleo toroidal magnético de alta permeabilidad. Las corrientes de arranque importantes pueden saturar el núcleo, momentánemente, y pueden ser el origen de desconexiones intempestivas.
La instalación sin las precauciones estándar de montaje no permite acercarnos a la relación:

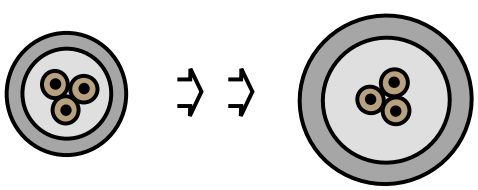
$$\frac{I_{\Delta n}}{I_{fmáx}} < \frac{1}{1000}$$

Este límite puede ser superado sensiblemente aplicando las medidas de instalación descritas en la fig. G7-008, pág. G/218, y en la tabla G7-009, pág. G/219.

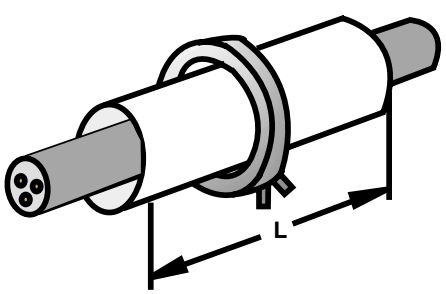
Centrado de cables en el núcleo toroidal.



Instalar un toroidal de diámetro más grande de lo necesario.



Colocar un tubo magnético para canalizar el flujo de fuga.



L = 2 veces el diámetro del toro.

Fig. G7-011: *medios para disminuir la relación entre la intensidad nominal de fuga del aparato con la intensidad máxima de fase.*

Medidas para la instalación de núcleos toroidales		
Medidas		Ganancia
Centrado esmerado de los cables en el núcleo toroidal 3		
Sobredimensionado del núcleo toroidal	Ø 50 > Ø 100	2
	Ø 80 > Ø 200	2
	Ø 120 > Ø 200	6
Utilización de un tubo de acero o hierro dulce:	Ø 50	4
– de espesor de 0,5 mm	Ø 80	3
– de longitud equivalente al diámetro del toroidal	Ø 120	3
– cubriendo por completo el cable (primario) con recubrimiento de las extremidades	Ø 200	2

Tabla G7-012: *tabla de los medios para disminuir la relación $I_{\Delta n}/I_{fmáx}$.*

Estas medidas se pueden combinar:
Centrado esmerado de los cables - ganancia 3.
Un toroidal de Ø 200 mm, siendo suficiente uno de Ø 50 mm - ganancia 2.
Utilizando un tubo de hierro dulce - ganancia 2.

7.2. Elección de las características de un interruptor diferencial

Corriente asignada

La corriente asignada se elige en función de la corriente de empleo I_B que debe circular por el circuito, se calcula según el capítulo B del primer volumen, apartado 4.3, pág. B/68, teniendo en cuenta los coeficientes de utilización K_u y simultaneidad K_s:

■ Si el interruptor diferencial está situado aguas abajo de un interruptor automático y en la misma línea, la corriente asignada de los dos elementos es la misma: $I_{nd} > I_{n1}$.

■ Si el interruptor es situado aguas arriba de un grupo de circuitos, la corriente asignada del interruptor diferencial se elige en función de:

$$I_{nd} \geq K_u \cdot K_s \, (I_{n1} + I_{n2} + I_{n3} + I_{n4})$$

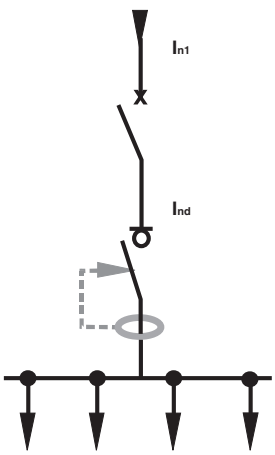


Fig. G7-013: *interruptores diferenciales aguas abajo de un interruptor automático.*

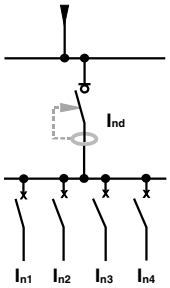


Fig. G7-014: *interruptores diferenciales aguas arriba de un grupo de interruptores automáticos.*

Umbral electrodinámico

La protección contra los cortocircuitos deben asegurarla los DPCC (dispositivos de protección contra los cortocircuitos) situados aguas arriba; en el caso que el interruptor diferencial y las protecciones DPCC aguas abajo se encuentren en un mismo cuadro, construido bajo las reglas del buen hacer, el umbral electrodinámico del interruptor diferencial puede ser asegurado por DPCC aguas abajo.
Una coordinación es necesaria y los fabricantes facilitan tablas de asociación de DPCC e interruptores diferenciales DDR.

Asociación interruptores automáticos diferenciales - Icc máx. en kA eff.							
Interruptor automático aguas arriba							
Interruptor diferencial DDR	Polos	I_n(A)	C60N	C60H	C60L	NC100H	NC100L
	2 p	25	16	20	45		45
		40	16	20	40		45
		63	16	20	30	5	45
		80				5	
	4 p	25	8	10	25		22
		40	8	10	25		22
		63	8	10	15	5	22

Tabla G7-015: *tabla de elementos y valores de filiación, entre interruptores automáticos y diferenciales.*

Asociación fusibles y diferenciales - Icc máx. en kA eff.										
Fusibles aguas arriba										
Interruptor diferencial DDR	Polos	I_n(A)	16 A	25 A	32 A	40 A	50 A	63 A	80 A	100 A
	2 p	25	100	100	100					10(1)
		40		100	100	80				10(1)
		63				80	50	30	20	10(1)
		80	100	100	100			30	20	10(1)
	4 p	25		100	100	80				10(1)
		40				80	50	30	20	10(1)
		63						30	20	10(1)

Tabla G7-016: *tabla de elementos y valores de filiación, entre fusibles e interruptores diferenciales.*

(1) En la asociación de fusibles de 100 A e interruptores diferenciales, la protección térmica no está asegurada.

7.3. Redes de corriente continua aisladas de la tierra

La desconexión de la alimentación, se exige en función de la legislación y en situaciones determinadas. El Reglamento Electrotécnico Español de 2002 no da ninguna instrucción.
Es aconsejable utilizar un control de aislamiento con señalización de fuga en la mayoría de las instalaciones.

Control global de una instalación a corriente continua
La señalización del primer defecto y en algunos casos la desconexión general es aconsejable.
■ Redes a tensión continua fija. Es aconsejable utilizar un Vigilohm TR5A.

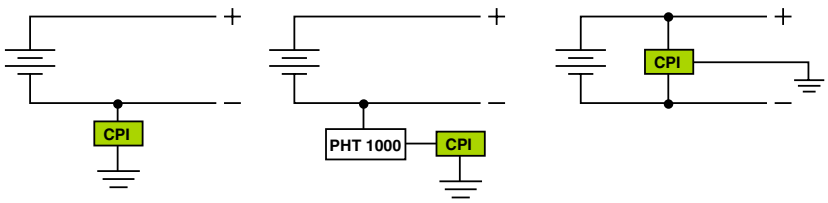


Fig.G7-017: *control de aislamiento a una red a cc fija.*

■ Redes a tensión continua variable (generadores a corriente continua, conjuntos transformador rectificador a thyristores) o a tensión fija.
Es aconsejable la utilización de un Vigilohm sistema XM200 con detectores XD301 o XD312 para las derivaciones

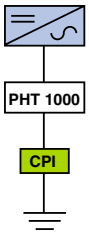


Fig.G7-018: *control de aislamiento a una red a cc variable o fija.*

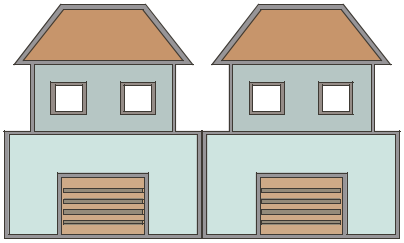
En instalaciones en corriente continua, donde es aconsejable el control de aislamiento y la importancia de la propia instalación aconseja la utilización del control de la fuga. Es aconsejable la instalación de un control de fugas por derivación.
Instalación y funcionamiento:
Una corriente alternativa de baja frecuencia (generalmente 2,5 Hz) se inyecta a la red:
□ Bien sea a través de un Vigilohm Sistema XM200, asociado a detectores XD301 o XD312 para las derivaciones.
□ Bien sea a través de un Vigilohm Sistema XM300C, asociado a localizadores XL308 o XL316.
□ Bien sea por un Vigilohm Sistema XML308 o XML316.
La corriente de defecto es detectada a través de núcleos toroidales situados en cada derivación y unidos a detectores XD301 O XD312, que indican la derivación que soporta el defecto o a localizadores XL308 o XL316 que señalan la derivación que soporta el defecto e indican el nivel de aislamiento

Nota: el receptor portátil XRM con sus pinzas amperimétricas es compatible con todas las instalaciones descritas.

8. Las protecciones contra los contactos indirectos en las instalaciones domésticas

8.1. Ejemplos de cálculo

Cálculo de las protecciones contra los contactos indirectos de viviendas unifamiliares pareadas



Zonas de la vivienda en función de la humedad

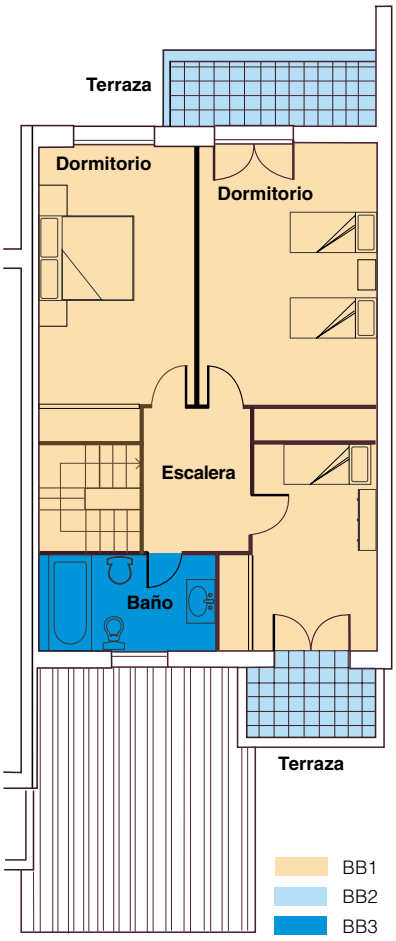


Fig. G8-001: *zonas en función de la humedad en la planta 1.ª que afectan al cuerpo humano.*

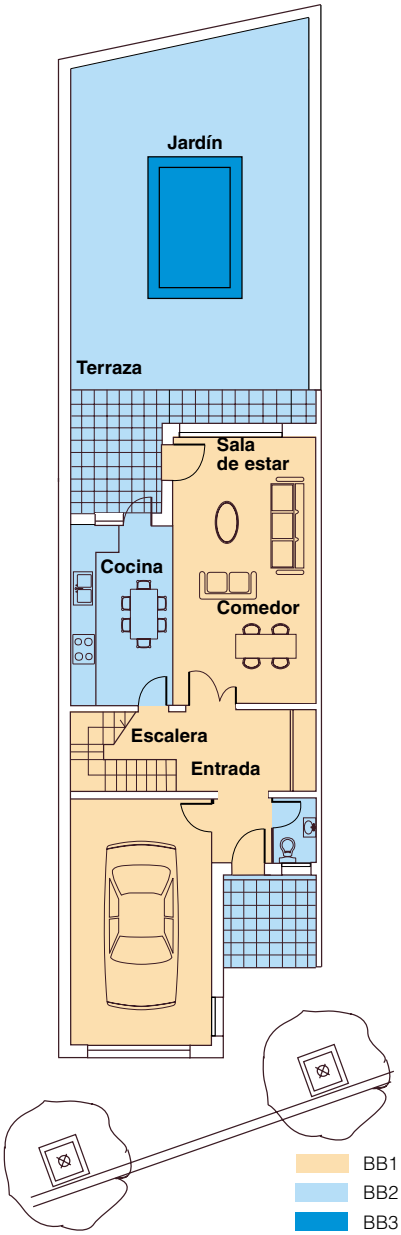


Fig. G8-002: *zonas en función de la humedad en la planta que afectan al cuerpo humano.*

Protecciones contra contactos indirectos:

■ Esquema en función de la situación del cuerpo humano en la vivienda:

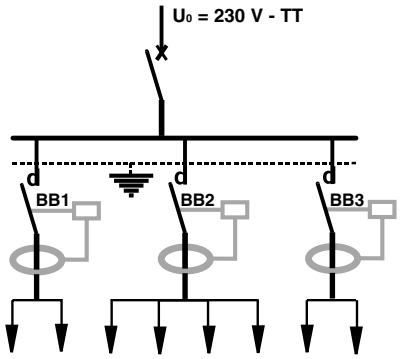


Fig. G8-003: *esquema de protecciones diferenciales.*

En la instrucción ITC-BT-30 el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión nos clasifica instalaciones en locales húmedos y mojados, dando por entendido la existencia de los secos.
En la ITC-BT-25 el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión determina los circuitos en función de las cargas a alimentar.

Puesta a tierra

La situación más compleja para cumplir las prescripciones contra los contactos indirectos corresponde a la BB3, cuya tensión de contacto base se sitúa en los 12 V.

■ El cálculo de la puesta a tierra.

Se debe dimensionar para poder cumplir las condiciones de BB3:

□ En un régimen TT la protección debe ser un interruptor diferencial de alta sensibilidad, $I_{\Delta n} \leqslant 30$ mA.

□ Los interruptores diferenciales de alta sensibilidad desconectan en un tiempo máximo de 300 ms a $I_{\Delta n}$ y a 40 ms con $5 \cdot I_{\Delta n}$.

■ Tensión de contacto U_c.

En la fig. G1-015, pág. G/40, podemos encontrar la tensión de contacto máxima en locales BB3 (12 V) y para un tiempo máximo de contacto de 0,1 s que podemos considerar como valor medio funcional en el que los DDR tardan en desconectar:

$U_c = 55$ V

■ La resistencia de puesta a tierra del centro de transformación según información de la empresa suministradora es de:

$R_B = 10\ \Omega$

■ La resistencia de puesta a tierra de la instalación R_A.

A partir de estos datos podemos calcular la resistencia de puesta a tierra de la vivienda y desde ella toda su configuración (ver apartado 3 del capítulo G, pág. G/53).

$$U_c = R_A \cdot I_d = R_A \cdot \frac{U_0}{R_A + R_B} = 55\ V$$

$$R_A = \frac{R_B}{\frac{U_0}{U_c} - 1} = \frac{10\ \Omega}{\frac{230\ V}{55\ V} - 1} = 3{,}14\ \Omega$$

¿Qué estructura debe tener la puesta a tierra si las mediciones del terreno nos dan una resistividad de 300 Ω/m?:

■ En el apartado 5 del capítulo F del primer volumen, tabla F5-010, pág. F/96, disponemos de un tabulado de cálculo de la resistencia de puestas a tierra en función de unas tablas. Necesitamos una puesta a tierra de 3 Ω en una resistividad del terreno de 350 Ω/m.

■ El coeficiente K_r de la tabla deberá ser próximo a:

$$K_r = \frac{R_A}{\rho} = \frac{3{,}14\ \Omega}{350\ \Omega/m} = 0{,}0089714$$

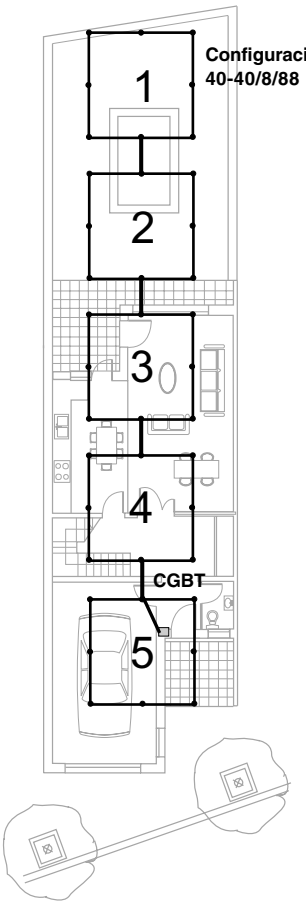


Fig. G8-004: *red de puesta a tierra R_A de una vivienda.*

El más próximo es la quinta parte de la configuración 40-40/8/88, quiere decir que si instalamos cinco configuraciones tendremos:
Resistencia de una configuración 40-40/8/88:

$$K_{40\text{-}40/8/88} = \rho \cdot K_r = 350 \cdot 0{,}044 = 15{,}4\ \Omega$$

Si colocamos cinco configuraciones en paralelo tendremos:

$$R_A = \frac{R_{40\text{-}41/8/88}}{5} = \frac{15{,}4}{5} = 3{,}08\ \Omega$$

Observaciones
La red de puesta a tierra de una vivienda la dimensionamos en función de:
■ La resistividad del terreno.
■ La reglamentación nacional y las recomendaciones normativas internacionales.
En la zona BB3 donde el cuerpo humano está en condición de mojado, baños y piscinas, las configuraciones de puesta a tierra tienen una configuración más bien elevada por lo que estamos acostumbrados a instalar, no obstante es un mínimo exigible.
Si las puestas a tierra de todas las viviendas apareadas las tratamos como un elemento común (técnicamente es posible si nos suministramos de una misma fuente de alimentación), la solución calculada es útil para el conjunto de las ocho viviendas contiguas (similar a un bloque de pisos).
En estos casos se ha de realizar un documento de compartimentación de propiedad, de mantenimiento y conservación común para los propietarios de las ocho viviendas.
Comúnmente esta solución se lleva a la práctica cuando la resistividad del terreno impone soluciones que no se pueden ubicar en el espacio de una vivienda.

Cálculo de la protección en Zona BB3:
■ La resistencia total de puesta a tierra.
A la resistencia de contacto a tierra debemos añadirle la resistencia de la línea de unión al CGBT, y de éste a la toma de contacto más alejada:
□ Resistencia de la unión de la toma de tierra al CGBT:
L = 4 m
S = 16 mm^2 (Cu)
Resistencia R_1

$$R_1 = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{4\ m}{16\ mm^2} = 0{,}0045\ \Omega$$

□ Resistencia del cuadro general al baño de la planta 1.ª:
L = 10 m
S = 4 mm^2 (Cu)
Resistencia R_2

$$R_2 = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{10\ m}{4\ mm^2} = 0{,}045\ \Omega$$

□ Resistencia total de la puesta a tierra:

$$R_{AT} = R_A + R_1 + R_2 = 3{,}08 + 0{,}0045 + 0{,}045 = 3{,}13\ \Omega$$

■ La intensidad de fuga será:

$$I_d = \frac{U_0}{R_A + R_B} = \frac{230\ V}{3{,}233\ \Omega + 10\ \Omega} = 17{,}51\ A$$

■ El tiempo de desconexión será:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{17{,}51\ A}{0{,}03} = 584$$

$$t_{(inst)} = (584 > 5 \cdot I_{\Delta n}) = 40\ \mu s$$

■ La tensión de contacto será:

$$U_c = I_d \cdot R_A = 17{,}5\ A \cdot 3{,}13\ \Omega = 54{,}775\ V$$

En la fig. G1-015, pág. G/40, podemos encontrar, en la curva de la tensión de contacto máxima en locales BB3 (12 V), que para una tensión de contacto Uc = 54,78 V el tiempo máximo de contacto es de 0,095 s. Los DDR propuestos para estos valores tardan en desconectar 40 μs, la mitad de los 95 μs.

Cálculo de la protección en Zona BB2:

■ La resistencia total de puesta a tierra.

A la resistencia de contacto a tierra debemos añadirle la resistencia de la línea de unión al CGBT, y de éste a la toma de contacto más alejada:

□ Resistencia de la unión de la toma al CGBT.

L = 4 m

S = 16 mm^2 (Cu)

Resistencia R_1

$$R_1 = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{4\ m}{16\ mm^2} = 0{,}0045\ \Omega$$

□ Resistencia del cuadro general al jardín:

L = 15 m

S = 2,5 mm^2 (Cu)

Resistencia R_3

$$R_3 = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{15\ m}{2{,}5\ mm^2} = 0{,}108\ \Omega$$

□ Resistencia total de la puesta a tierra:

$$R_{AT} = R_A + R_1 + R_3 = 3{,}08 + 0{,}0045 + 0{,}108 = 3{,}1925\ \Omega$$

■ La intensidad de fuga será:

$$I_d = \frac{U_0}{R_A + R_B} = \frac{230\ V}{3{,}1925\ \Omega + 10\ \Omega} = 17{,}43\ A$$

■ El tiempo de desconexión será:
□ Para un aparato de 30 mA:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{17{,}43\ A}{0{,}03} = 581$$
$$t_{(inst)} = (581 > 5 \cdot I_{\Delta n}) = 40\ \mu s$$

□ Para un aparato de 100 mA:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{17{,}43\ A}{0{,}1} = 174$$
$$t_{(inst)} = (174 > 5 \cdot I_{\Delta n}) = 40\ \mu s$$

■ La tensión de contacto será:

$$U_c = I_d \cdot R_A = 17{,}43\ A \cdot 3{,}1925\ \Omega = 55{,}65\ V$$

En la fig. G1-015, pág. G/40, podemos encontrar, en la curva de la tensión de contacto máxima en situaciones BB2 (25 V), que para una tensión de contacto Uc = 55,67 V el tiempo máximo de contacto es de 0,35 s. Los DDR propuestos para estos valores tardan en desconectar 40 μs, ocho veces menos.

Cálculo de la protección en Zona BB1:
■ La resistencia total de puesta a tierra.
A la resistencia de contacto a tierra debemos añadirle la resistencia de la línea de unión al CGBT, y de éste a la toma de contacto más alejada:
□ Resistencia de la unión de la toma al CGBT:
L = 4 m
S = 16 mm² (Cu)
Resistencia R_1

$$R_1 = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{4\ m}{16\ mm^2} = 0{,}0045\ \Omega$$

□ Resistencia del cuadro general al dormitorio de matrimonio de la 1.ª planta:
L = 20 m
S = 2,5 mm² (Cu)
Resistencia R_4

$$R_4 = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{20\ m}{2{,}5\ mm^2} = 0{,}143\ \Omega$$

□ Resistencia total de la puesta a tierra:

$$R_{AT} = R_A + R_1 + R_4 = 3{,}08 + 0{,}0045 + 0{,}143 = 3{,}2275\ \Omega$$

■ La intensidad de fuga será:

$$I_d = \frac{U_0}{R_A + R_B} = \frac{230\ V}{3{,}2275\ \Omega + 10\ \Omega} = 17{,}38\ A$$

■ El tiempo de desconexión será:
□ Para un aparato de 300 mA:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{17{,}38\ A}{0{,}3} = 57{,}93$$
$$t_{(inst)} = (57{,}93 > 5 \cdot I_{\Delta n}) = 40\ \mu s$$

□ Para un aparato de 100 mA:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{17{,}38\ A}{0{,}1} = 173{,}8$$
$$t_{(inst)} = (173 > 5 \cdot I_{\Delta n}) = 40\ \mu s$$

■ La tensión de contacto será:

$$U_c = I_d \cdot R_A = 17{,}43\ A \cdot 3{,}2275\ \Omega = 56{,}25\ V$$

En la fig. G1-015, pág. G/40, podemos encontrar en la curva de la tensión de contacto máxima en situaciones BB1 (50 V), que para una tensión de contacto Uc = 56,25 V el tiempo máximo de contacto es de 3 s. Los DDR propuestos para estos valores tardan en desconectar 40 µs, setenta y cinco veces menos.

Consideraciones

Según las prescripciones de la CEI aceptadas por UNE y las del RBT, con diferenciales instantáneos de 300 mA cubriríamos los umbrales reglamentarios. Pero existen los imponderables de la casuística difíciles de prever:
■ En un año de extrema sequía, la resistencia de puesta a tierra se ha incrementado un 100%.
■ Un corte de la conexión de tierra.

Cálculo de la protección en Zona BB3 con una resistencia de puesta a tierra doblada:
■ La intensidad de fuga será:

$$I_d = \frac{U_0}{2\ (R_A + R_B)} = \frac{230\ V}{2\ (3{,}13\ \Omega + 10\ \Omega)} = 8{,}75\ A$$

■ El tiempo de desconexión será:
□ Para un aparato de 30 o 10 mA:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{8{,}75}{0{,}03} = 291$$
$$t_{(inst)} = (291 > 5 \cdot I_{\Delta n}) = 40\ \mu s$$

■ La tensión de contacto será:

$$U_c = I_d \cdot 2\ R_A = 8{,}75\ A \cdot 2 \cdot 3{,}14\ \Omega = 54{,}95\ V$$

Cálculo de la protección en Zona BB3 con la resistencia de puesta a tierra cortada

En el caso que se cortara el conductor de protección PE, la puesta a tierra se realizaría a través del cuerpo humano, consideremos una resistencia del cuerpo humano del valor de la tabla G1-009 para 220 V (ver en el apartado 1 del capítulo G, "La impedancia del cuerpo humano", págs. G/34 y G/35):

$R_h = 1.000\ \Omega$

■ La intensidad de fuga será:

$$I_d = \frac{U_0}{(R_A + R_B)} = \frac{230\ V}{1000\ \Omega + 10\ \Omega} = 0{,}227\ A$$

■ El tiempo de desconexión será:

□ Para un aparato de 30 mA:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{0{,}227\ A}{0{,}03} = 7{,}59$$

$$t_{(inst)} = (7{,}59 > 5 \cdot I_{\Delta n}) = 40\ \mu s$$

□ Para un aparato de 10 mA:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{0{,}227\ A}{0{,}01} = 22{,}7$$

$$t_{(inst)} = (22{,}7 > 5 \cdot I_{\Delta n}) = 40\ \mu s$$

■ La tensión de contacto será:

$$U_c = I_d \cdot R_h = 0{,}227 \cdot 1000\ \Omega = 227\ V$$

Conclusiones

Estos dos parámetros de casuística nos permiten observar:

■ Para un incremento del 100% de la resistencia de puesta a tierra, la protección de la zona donde se producen situaciones BB3, el ejemplo mantiene su protección con interruptores diferenciales de 30 mA.

■ En el caso de corte de la conexión de tierra, el sistema se traduce en un contacto directo, la tensión de contacto U_c = 227 V ya no entra en los parámetros de la fig. G1-015, pág. G/40, para contactos indirectos. Debemos analizar la corriente que circula por el cuerpo humano y el tiempo de circulación hasta el corte por el interruptor diferencial.

En la fig. G1-011, pág. G/38, con protección de un interruptor diferencial de 30 mA, nos quedaríamos en el umbral de la zona 3 y con un interruptor diferencial de 10 mA en la zona 2, en ningún caso entraríamos en el umbral de la zona 4.

España es uno de los países, por no decir el país, con menos incidentes de electrocución e incendios por fugas de corriente domésticas de Europa.

Gracias al RBT que obliga a la colocación en cabecera en cada vivienda de un diferencial de alta sensibilidad, protección adecuada a las necesidades reglamentarias pero a veces inferior a las necesidades de la casuística.

Resoluciones

Las protecciones adecuadas serían:

■ Zona BB3, interruptor diferencial de alta sensibilidad de 10 mA.

■ Zona BB2, interruptor diferencial de alta sensibilidad de 10 mA o 30 mA.

■ Zona BB1, interruptor diferencial de alta o media sensibilidad, 30 mA o 100 mA.

Característica de la tensión de contacto y el tiempo de permanencia

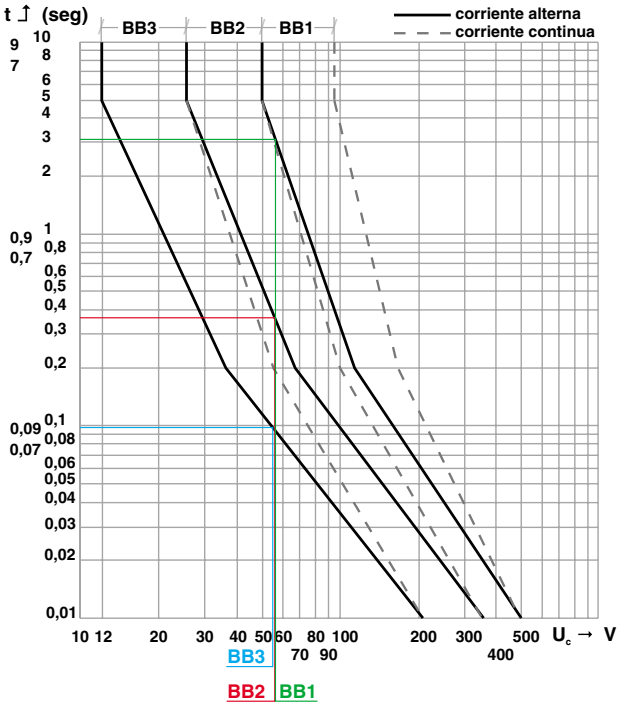


Fig. G8-005: *presentación sobre el diagrama de tensión de contacto tiempo de corte de los cálculos de protección de una vivienda unifamiliar pareada, en las zonas de humedad BB1, BB2 y BB3.*

Comprobación del efecto de la corriente en el caso de corte de la conexión a tierra

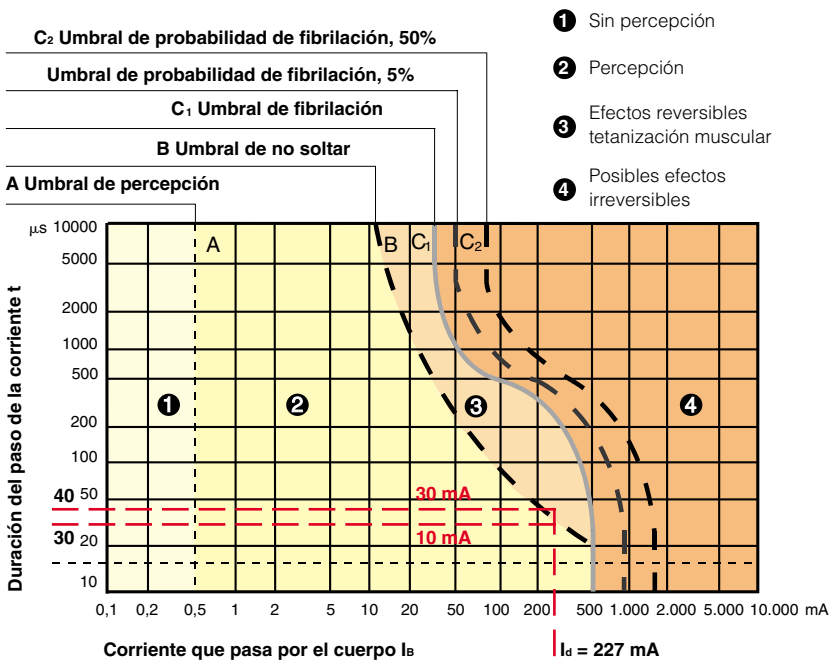


Fig. G8-006: *comprobación del efecto de la corriente en el caso de corte de la conexión a toma de tierra y con protecciones de interruptores diferenciales de 10 y 30 mA, en zona BB3.*

La alternativa Schneider Electric

Del estudio de las conclusiones de la casuística podemos observar:

■ Que en el corte de la puesta a tierra toda la responsabilidad de la protección de las personas la asume el interruptor diferencial, y al no introducir ninguna casuística de avería del interruptor diferencial, puede ser debido a un exceso de confianza del autor con los interruptores diferenciales. Fácil de comprender puesto que España es el país de Europa donde las pólizas por incendio de vivienda y los incidentes mortales por electrocución doméstica son más bajos, por el hecho de tener un solo diferencial de alta sensibilidad en cabecera de cada vivienda, hábito que ha sido adoptado, en vista de los resultados, por otros países del área mediterránea. Pero somos conscientes que reasegurar la seguridad sobre la vida de las personas es un deber y, al coste de un interruptor diferencial, una obligación irrefutable.

■ Que la situación de dos interruptores a corriente diferencial residual, selectivos entre sí, en parámetros útiles para la protección de los seres humanos, podemos reducir la tasa de fallo del circuito de protección.

El esquema

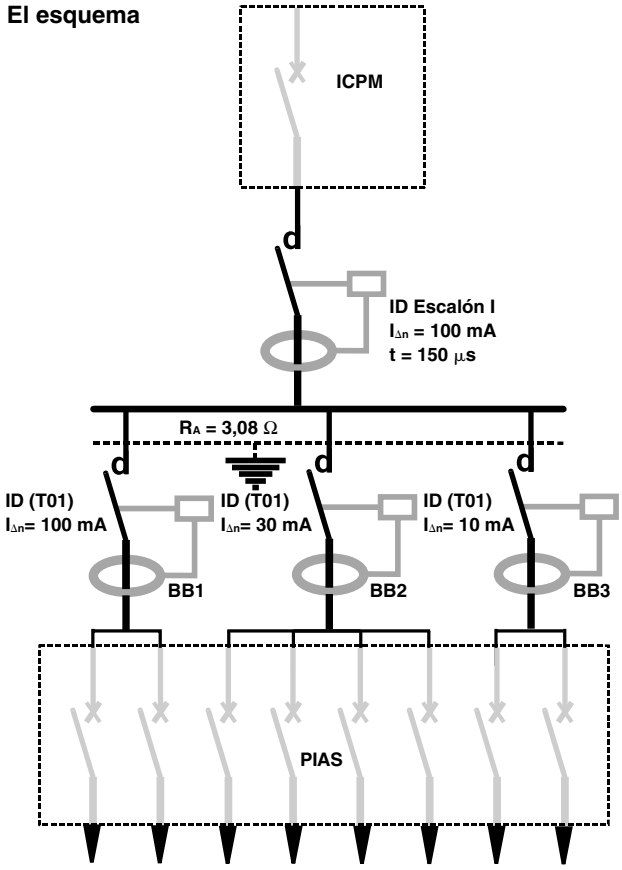


Fig. G8-007: *esquema de protección contra contactos indirectos y refuerzo de los directos en usos domésticos.*

Un interruptor diferencial en cabecera de la instalación, del tipo s de 100 mA retardado 100 ms que actuara en caso de fallo de un interruptor a corriente diferencial aguas abajo, llegaría a desconectar dentro la zona 3 antes del umbral de inicio de la fibrilación ventricular.
No obstante en nuevo Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión del 2002, en la ITC-BT-25, especifica los circuitos de una vivienda en criterios diferentes a los de la protección de las personas. Esta circuntancia la desarrollaremos en el volumen 5.º "Las instalaciones domésticas e industriales" donde conjugaremos las máximas posibilidades de protección contra los choques eléctricos, en la práctica de las instalaciones.

Comprobación del efecto de la corriente en el caso de contacto directo

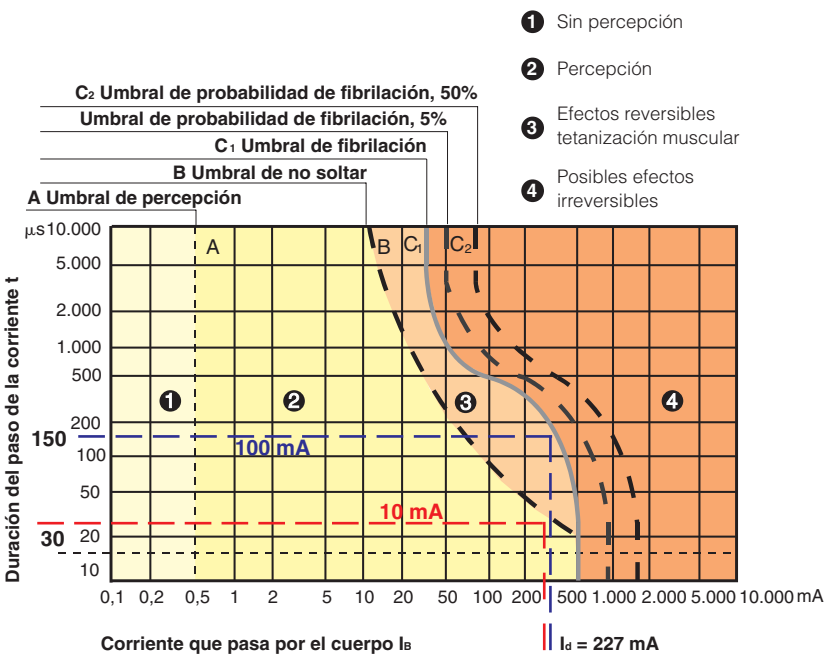
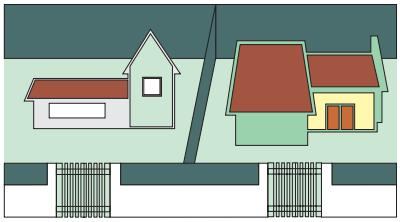


Fig. G8-008: *comprobación de la corriente de fuga que atraviesa el cuerpo humano en caso de contacto directo y con actuación del interruptor diferencial de reaseguramiento.*

Cálculo de las protecciones contra los contactos indirectos de viviendas unifamiliares en urbanización rural



Zonas de la vivienda en función de la situación del cuerpo humano:

■ Planta baja y jardín:

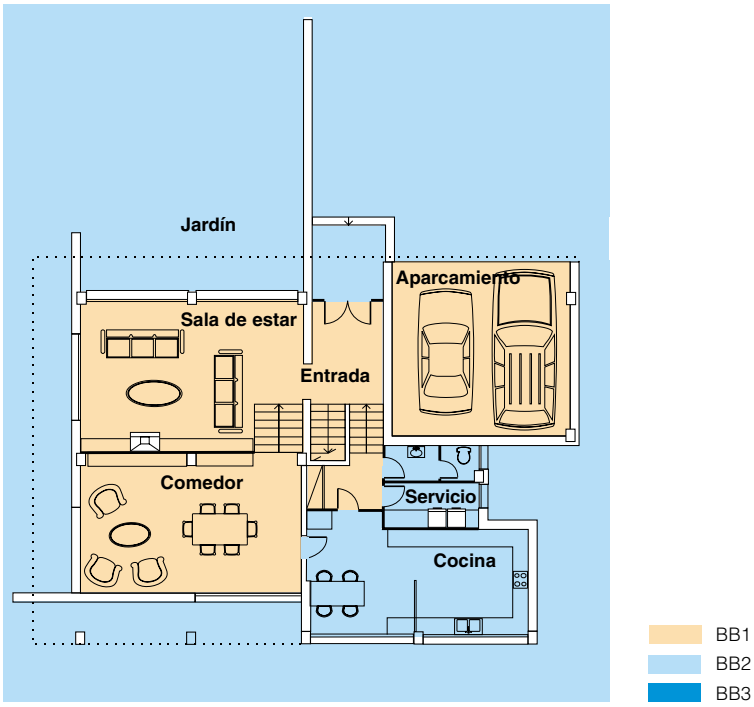


Fig. G8-009: *zonas en función de la humedad en la planta baja que afectan al cuerpo humano.*

■ Primer piso:

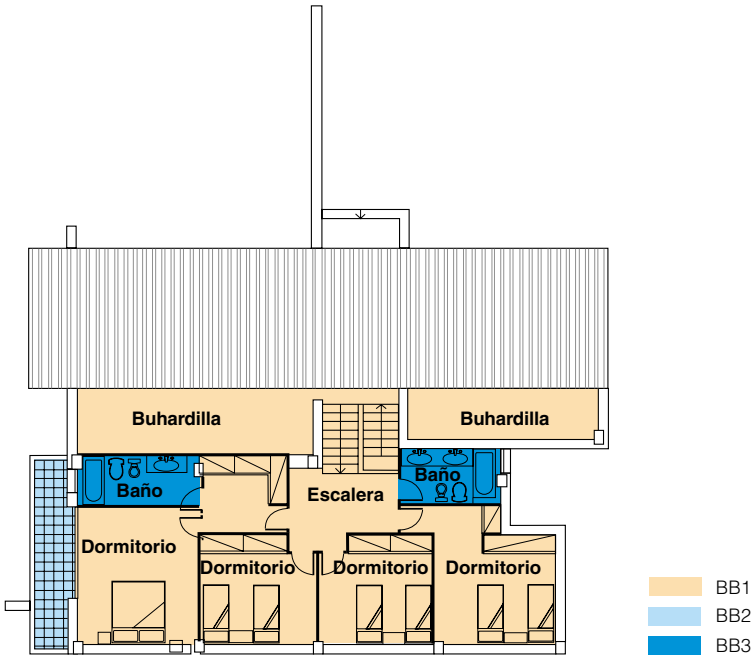


Fig. G8-010: *zonas en función de la humedad en el piso y la buhardilla que afectan al cuerpo humano.*

Protecciones contra contactos indirectos:

■ Esquema:

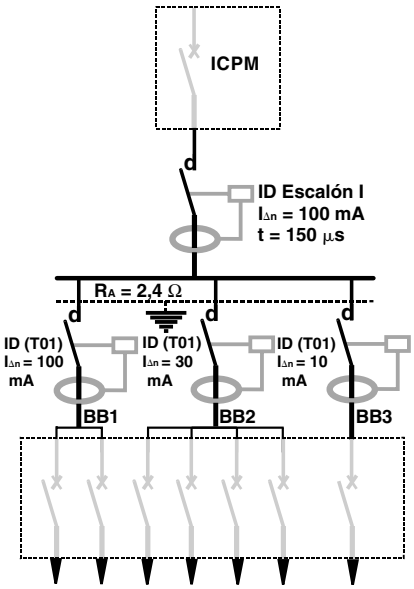


Fig. G8-011: *esquema de protecciones diferenciales de una casa unifamiliar en urbanización rural.*

Puesta a tierra

La situación más compleja para cumplir las prescripciones contra los contactos indirectos corresponde a la BB3, cuya tensión de contacto base se sitúa en los 12 V:

■ El cálculo de la puesta a tierra.

Se debe dimensionar para poder cumplir las condiciones BB3:

□ En un régimen TT la protección debe ser un interruptor diferencial de alta sensibilidad, $I_{\Delta n} \leqslant 30$ mA.

□ Los interruptores diferenciales de alta sensibilidad desconectan en un tiempo máximo de 300 μs a $I_{\Delta n}$ y a 40 ms con $5 \cdot I_{\Delta n}$.

■ Tensión de contacto Uc.

En la fig. G1-015, pág. G/40, podemos encontrar la tensión de contacto máxima (U_c) en locales BB3 (12 V), para un tiempo máximo de contacto de 0,1 s que podemos considerar como valor medio funcional en el que los DDR tardan en desconectar:

$U_c = 55$ V

■ La resistencia de puesta a tierra del centro de transformación según información de la empresa suministradora es de:

$R_B = 8\ \Omega$

■ La resistencia de puesta a tierra de la instalación R_A.

A partir de estos datos podemos calcular la resistencia de puesta a tierra de la vivienda y desde ella toda su configuración (ver apartado 3 del capítulo G, pág. G/53):

$$U_c = R_A \cdot I_d = R_A \cdot \frac{U_0}{R_A + R_B} = 55\ V$$

$$R_A = \frac{R_B}{\frac{U_0}{U_c} - 1} = \frac{8\ \Omega}{\frac{230\ V}{55\ V} - 1} = 2{,}51\ \Omega$$

¿Qué estructura debe tener la puesta a tierra si las mediciones del terreno nos dan una resistividad de 150 Ω/m?:

■ En el apartado 5 del capítulo F del primer volumen, tabla F5-010, pág. F/96, disponemos de un tabulado de cálculo de la resistencia de puestas a tierra en función de unas tablas. Necesitamos una puesta a tierra de 2,51 Ω en una resistividad del terreno de 150 Ω/m. El coeficiente K_r de la tabla deberá ser próximo a:

$$K_r = \frac{R_A}{\rho} = \frac{2{,}51\ \Omega}{150\ \Omega/m} = 0{,}0168$$

El más próximo es la cuarta parte de la configuración 40-40/5/46; quiere decir que si instalamos cuatro configuraciones en paralelo, tendremos:
Resistencia de una configuración 40-40/5/46:

$$K_{40\text{-}40/5/46} = \rho \cdot K_r = 150 \cdot 0{,}064 = 9{,}6\ \Omega$$

Si colocamos cuatro en paralelo tendremos:

$$R_A = \frac{R_{40\text{-}40/5/46}}{4} = \frac{9{,}6}{4} = 2{,}4\ \Omega$$

Esquema de situación en planta:

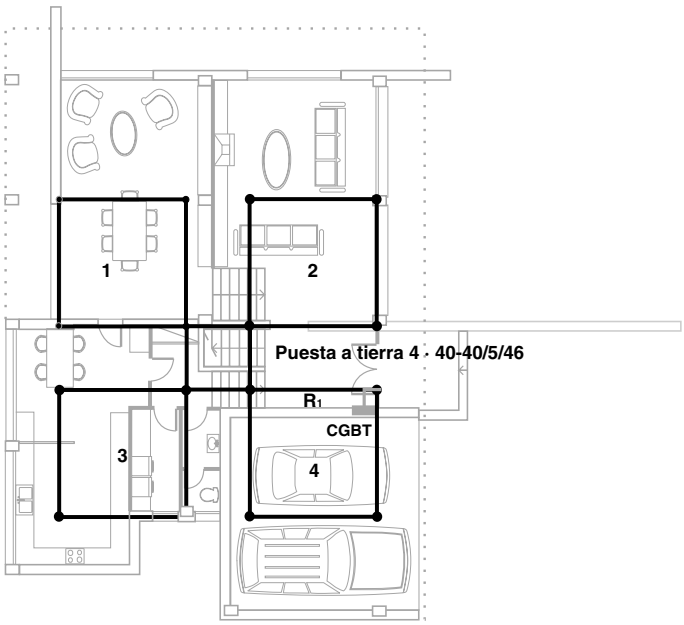


Fig. G8-012: *situación de la puesta a tierra.*

□ Resistencia de la unión de la toma a CGBT:
L = 6 m
S = 16 mm² (Cu)
Resistencia R_1

$$R_1 = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{6\ m}{16\ mm^2} = 0{,}0067\ \Omega$$

□ Resistencia del cuadro general al baño de la planta 1.ª:
L = 15 m
S = 4 mm²
Resistencia R_2

$$R_2 = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{15\ m}{4\ mm^2} = 0{,}067\ \Omega$$

□ Resistencia total de la puesta a tierra:

$$R_{AT} = R_A + R_1 + R_2 = 2{,}51 + 0{,}0067 + 0{,}067 = 2{,}5837\ \Omega$$

■ La intensidad de fuga será:

$$I_d = \frac{U_0}{R_A + R_B} = \frac{230\ V}{2{,}5873\ \Omega + 8\ \Omega} = 21{,}73\ A$$

■ El tiempo de desconexión será:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{21{,}73\ A}{0{,}03\ mA} = 724$$
$$t_{(inst)} = (724 > 5 \cdot I_{\Delta n}) = 40\ \mu s$$

■ La tensión de contacto será:

$$U_c = R_{AT} \cdot I_d = 2{,}5837\ \Omega \cdot 21{,}73\ A = 56{,}14\ V$$

Cálculo de la protección en Zona BB2:
■ La resistencia total de puesta a tierra.
A la resistencia de contacto a tierra debemos añadirle la resistencia de la línea de unión al CGBT, y de éste a la toma de contacto más alejada:
□ Resistencia de la unión de la toma a CGBT:
L = 6 m
S = 16 mm² (Cu)
Resistencia R_1

$$R_1 = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{6\ m}{16\ mm^2} = 0{,}0067\ \Omega$$

□ Resistencia del cuadro general al jardín:
L = 30 m
S = 2,5 mm² (Cu)
Resistencia R_3

$$R_3 = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{30\ m}{2{,}5\ mm^2} = 0{,}215\ \Omega$$

□ Resistencia total de la puesta a tierra:

$$R_{AT} = R_A + R_1 + R_3 = 2{,}51 + 0{,}0067 + 0{,}215 = 2{,}732\ \Omega$$

■ La intensidad de fuga será:

$$I_d = \frac{U_0}{R_{AT} + R_B} = \frac{230\ V}{2{,}732\ \Omega + 8\ \Omega} = 21{,}43\ A$$

■ El tiempo de desconexión será:
□ Para un aparato de 30 mA:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{21{,}43\ A}{0{,}03\ mA} = 714$$

$$t_{(inst)} = (714 > 5 \cdot I_{\Delta n}) = 40\ \mu s$$

□ Para un aparato de 100 mA:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{21{,}43\ A}{0{,}1\ mA} = 214$$

$$t_{(inst)} = (214 > 5 \cdot I_{\Delta n}) = 40\ \mu s$$

□ La tensión de contacto será:

$$U_c = R_{AT} \cdot I_d = 2{,}732\ \Omega \cdot 21{,}43\ A = 58{,}55\ V$$

En la fig. G1-015, pág. G/40, podemos encontrar en la curva de la tensión de contacto máxima en locales BB2 (25 V), que para una tensión de contacto Uc = 58,55 V el tiempo máximo de contacto es de 0,62 s. Los DDR propuestos para estos valores tardan en desconectar 40 µs, veinte veces menos.

Cálculo de la protección en Zona BB1:
■ La resistencia total de puesta a tierra.
A la resistencia de contacto a tierra debemos añadirle la resistencia de la línea de unión al CGBT, y de éste a la toma de contacto más alejada.
□ Resistencia de la unión de la toma a CGBT:
L = 6 m
S = 16 mm^2 (Cu)
Resistencia R_1

$$R_1 = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{6\ m}{16\ mm^2} = 0{,}0067\ \Omega$$

□ Resistencia del cuadro general al dormitorio de matrimonio de la 1.ª planta:
L = 22 m
S = 4 mm^2
Resistencia R_4

$$R_4 = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{22\ m}{4\ mm^2} = 0{,}0982\ \Omega$$

□ Resistencia total de la puesta a tierra:

$$R_{AT} = R_A + R_1 + R_4 = 2{,}51 + 0{,}0067 + 0{,}0982 = 2{,}615\ \Omega$$

■ La intensidad de fuga será:

$$I_d = \frac{U_0}{R_{AT} + R_B} = \frac{230\ V}{2{,}615\ \Omega + 8\ \Omega} = 21{,}66\ A$$

■ El tiempo de desconexión será:
□ Para un aparato de 300 mA:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{21{,}66\ A}{0{,}3\ A} = 72$$

$$t_{(inst)} = (72 > 5 \cdot I_{\Delta n}) = 40\ \mu s$$

□ Para un aparato de 100 mA:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{21{,}66\ A}{0{,}1\ A} = 216$$

$$t_{(inst)} = (216 > 5 \cdot I_{\Delta n}) = 40\ \mu s$$

■ La tensión de contacto será:

$$U_c = R_{AT} \cdot I_d = 2{,}615\ \Omega \cdot 21{,}66\ A = 56{,}64\ V$$

En la fig. G1-015, pág. G/40, podemos encontrar en la curva de la tensión de contacto máxima en locales BB3 (50 V), que para una tensión de contacto U_c = 56,64 V el tiempo máximo de contacto es de 3 s. Los DDR propuestos para estos valores tardan en desconectar 40 µs, setenta y cinco veces menos.

Resoluciones
Las protecciones adecuadas serían:
■ Zona BB3, interruptor diferencial de alta sensibilidad de 10 mA.
■ Zona BB2, interruptor diferencial de alta sensibilidad de 10 mA o 30 mA.
■ Zona BB1, interruptor diferencial de alta o media sensibilidad, 30 mA o 100 mA.
Para reducir la tasa de fallo de los interruptores diferenciales producida por los imperativos casuísticos, un interruptor diferencial en cabecera de $I_{\Delta n}$ = 100 mA con un retardo de 150 µs nos ofrece una garantía de seguridad.

Cálculo de las protecciones contra los choques eléctricos de la red de alumbrado público

La casuística más desfavorable se produce cuando: existe una fuga, un día de lluvia y una persona sin protección para la lluvia y bajo sus efectos recibe un choque eléctrico. En estas condiciones debemos considerar la vía pública de zona BB3:
En el Reglamento de Baja Tensión de 2002 la ITC-BT-09 especifica en el apartado "10. Puestas a tierra". La máxima resistencia de puestas a tierra será tal que, a lo largo de la vida de la instalación y en cualquier época del año, no se puedan producir tensiones de contacto mayores de 24 V, en las partes metálicas accesibles de la instalación (soportes, cuadros metálicos, etc). Esta tensión de contacto corresponde a una situación BB2 del cuerpo humano.

Cálculo de la protección en Zona BB2:
■ El cálculo de la puesta a tierra.
Se debe dimensionar para poder cumplir las condiciones BB2:

□ En un régimen TT la protección debe ser un interruptor diferencial de alta sensibilidad, $I_{\Delta n} < 30$ mA.
□ Los interruptores diferenciales de alta sensibilidad desconectan en un tiempo máximo de 300 ms a $I_{\Delta n}$ y a 40 ms con $5 \cdot I_{\Delta n}$.
■ Tensión de contacto U_c:
En la fig. G1-015, pág. G/40, podemos encontrar la tensión de contacto máxima (U_c) en locales BB2 (24 V), para un tiempo máximo de contacto de 0,1 s que podemos considerar como valor medio funcional en el que los DDR tardan en desconectar:
$U_c = 100$ V.

Zona de la vía pública en función de la humedad:

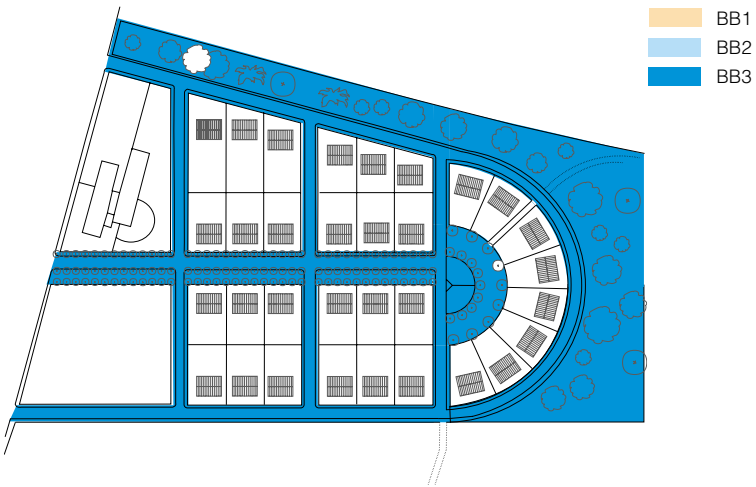


Fig. G8-013: *zonas de la vía pública de la urbanización, en función de la humedad BB3.*

■ La resistencia de puesta a tierra del centro de transformación, según información de la empresa suministradora, es de:

$$R_B = 10\ \Omega$$

■ La resistencia de puesta a tierra de la instalación R_A.
A partir de estos datos podemos calcular la resistencia de puesta a tierra del alumbrado público y desde ella toda su configuración:

$$U_c = R_A \cdot I_d = R_A \cdot \frac{U_0}{R_A + R_B} = 100\ V$$

$$R_A = \frac{R_B}{\frac{U_0}{U_c} - 1} = \frac{10\ \Omega}{\frac{230\ V}{100\ V} - 1} = 4{,}34\ \Omega$$

■ La resistencia total de puesta a tierra.
A la resistencia de contacto a tierra debemos añadirle la resistencia de la línea de unión al báculo o brazo.

¿Qué estructura debe tener la puesta a tierra si las mediciones del terreno nos dan una resistividad de 100 Ω/m?:
■ En el apartado 5 del capítulo F del primer volumen, tabla F5-010, pág. F/96, podemos calcular una toma de tierra longitudinal siguiendo la zanja para los cables de alimentación del alumbrado.

Será adecuado un cable trenzado de acero galvanizado, de 95 mm², el cual podremos soldar a la autógena a cada báculo:
– Longitud del bucle: L = 1.100 m.
– Resistividad del terreno: 1.000 Ω/m.

$$R_A = \frac{2\rho}{L} = \frac{2 \cdot 1.000\ \Omega/m}{1.100\ m} = 1,82\ \Omega$$

□ Resistencia de la unión de la toma a CGBT.
L = 2 m
S = 35 mm² (He)
Resistencia R_1

$$R_1 = \rho\frac{L}{S} = \frac{1}{10} \cdot \frac{2\ m}{35\ mm^2} = 0,0057\ \Omega$$

□ Resistencia de la toma de cada columna:
L = 1 m
S = 35 mm² (He)
Resistencia R_2

$$R_2 = \rho\frac{L}{S} = \frac{1}{10} \cdot \frac{1\ m}{35\ mm^2} = 0,0029\ \Omega$$

□ Resistencia total de la puesta a tierra de un punto de luz:

$$R_{AT} = R_A + R_1 + R_2 = 1,82 + 0,0057 + 0,0039 = 1,8286\ \Omega$$

■ La intensidad de fuga será:

$$I_d = \frac{U_0}{R_{AT} + R_B} = \frac{230\ V}{1,8286\ \Omega + 10\ \Omega} = 19,44\ A$$

■ El tiempo de desconexión será:
□ Para un aparato de 30 mA:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{19,44\ A}{0,03\ A} = 648$$
$$t_{(inst)} = (648 > 5 \cdot I_{\Delta n}) = 40\ \mu s$$

□ Para un aparato de 100 mA:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{19,44\ A}{0,1\ A} = 194$$
$$t_{(inst)} = (194 > 5 \cdot I_{\Delta n}) = 40\ \mu s$$

■ La tensión de contacto será:

$$U_c = R_{AT} \cdot I_d = 1,8286\ \Omega \cdot 19,44\ A = 35,55\ V$$

Las pérdidas permanentes
(ver apartado 7.1 del capítulo G, pág. G/214):
■ Las pérdidas permanentes por la red. Podemos considerar 1,5 mA/100 m:

$$I_{d\ (permanente\ -\ L)} = 1,5\ mA / 100\ m \cdot L\ (m) = 1,5\ mA \cdot \frac{1.100\ m}{100\ m} = 16,5\ mA$$

■ Las pérdidas permanentes por los equipos de reactancia lámpara, podemos considerar 1 mA punto luz:

$$I_{d\ (per\ -\ P)} = 1\ mA / ud \cdot n\ (ud) = 1\ mA \cdot 55 = 55\ mA$$

■ Esquema de situación en planta de la puesta a tierra lineal:

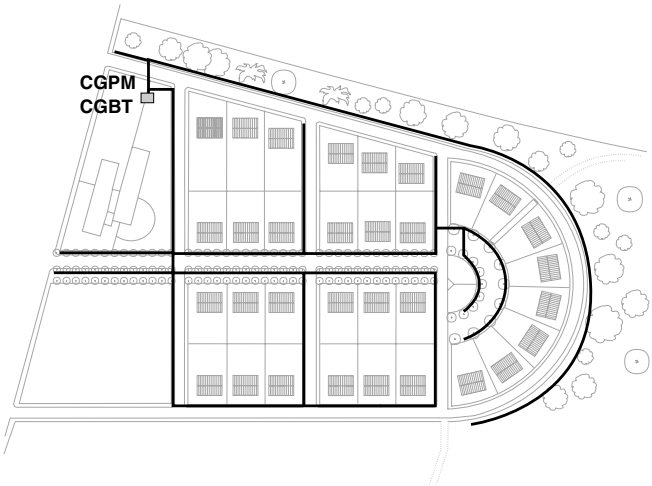


Fig. G8-014: *red de tomas de tierra del alumbrado público.*

■ Las pérdidas permanentes totales:

$$I_{d\ (per\ -\ T)} = I_{d\ (per\ -\ L)} + I_{d\ (per\ -\ P)} = 16{,}5\ mA + 55\ mA = 71{,}5\ mA$$

■ Los interruptores diferenciales no pueden tener unas fugas permanentes iguales a la mitad de su corriente de fuga nominal:

$$I_{d\ (per\ -\ T)} < \frac{I_{\Delta n}}{2}$$

Es aconsejable que no excedan del 1/3 del valor nominal de fuga para que las puntas de fuga a la conexión no precipiten una desconexión no deseada.

Esquema:

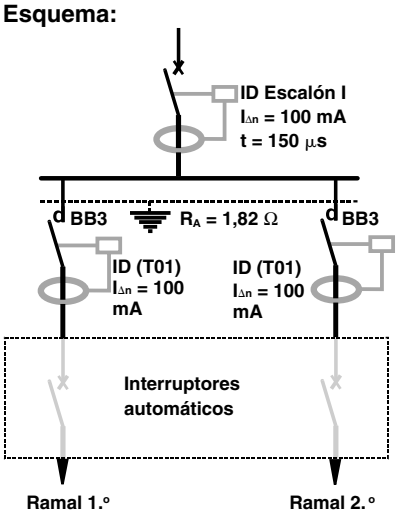


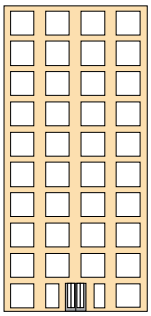
Fig. G8-015: *esquema de protección contra los choques eléctricos del alumbrado público.*

■ Los interruptores diferenciales de 100 mA y 30 mA (T02) no son aptos para estas condiciones de fuga permanentes, a no ser que subdividamos el circuito en ramales.
Si subdividimos en dos ramales equivalentes en fugas permanentes, tendremos:

$$\frac{I_{d\ (por\ -\ T)}}{2} = \frac{71{,}5\ mA}{2} = 35{,}75\ mA$$
$$35{,}75\ mA < \frac{100\ mA}{2} = 50\ mA$$

Resoluciones
Las protecciones adecuadas serían:
■ Ramal 1.º, interruptor diferencial de media sensibilidad de 100 mA.
■ Ramal 2.º, interruptor diferencial de media sensibilidad de 100 mA.
■ Reaseguramiento de la protección, interruptor diferencial de 300 mA retardado, t = 150 µs, acoplado a un interruptor automático seccionador.

Cálculo de las protecciones contra los choques eléctricos de un bloque de viviendas y locales comerciales:



Zonas del edificio en función de la humedad:
■ Planta baja, local comercial.
■ Locales comerciales:

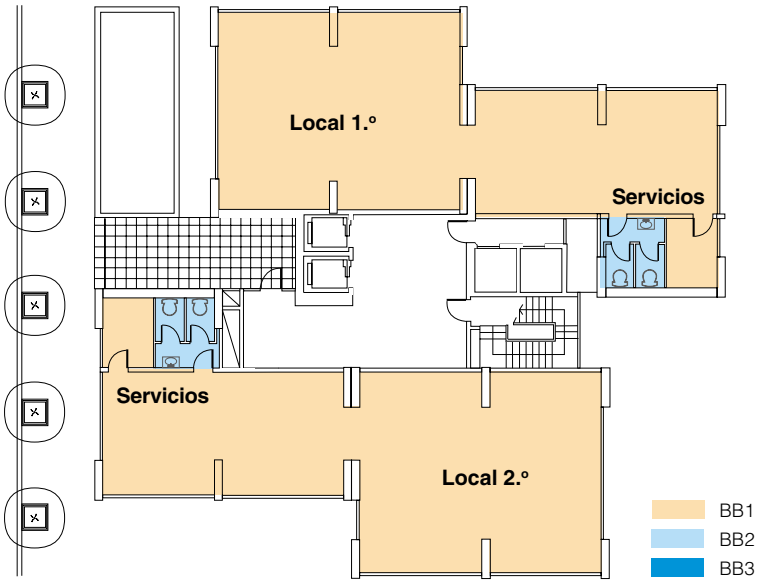


Fig. G8-016: *zonas en función de la humedad en los locales comerciales.*

■ Pisos, viviendas:

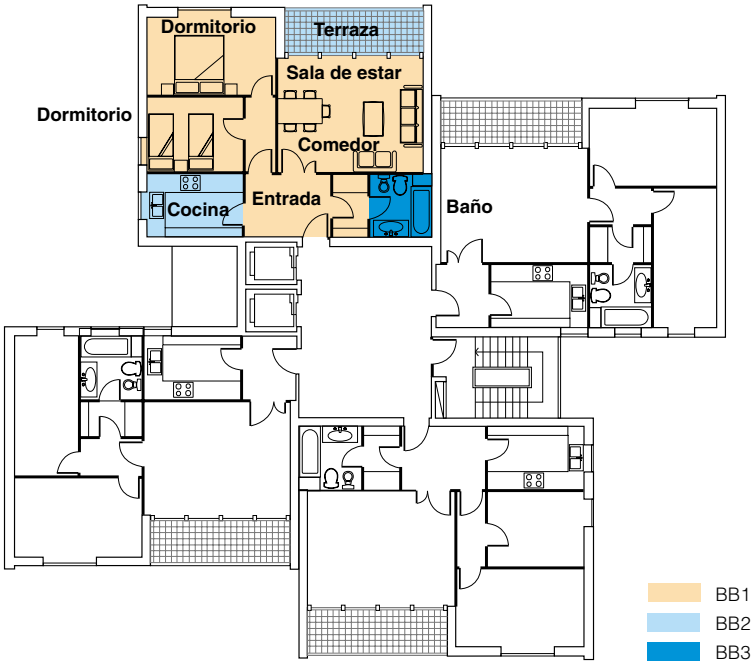


Fig. G8-017: *zonas en función de la humedad en los pisos (viviendas).*

■ Servicios generales:
□ Planta baja.

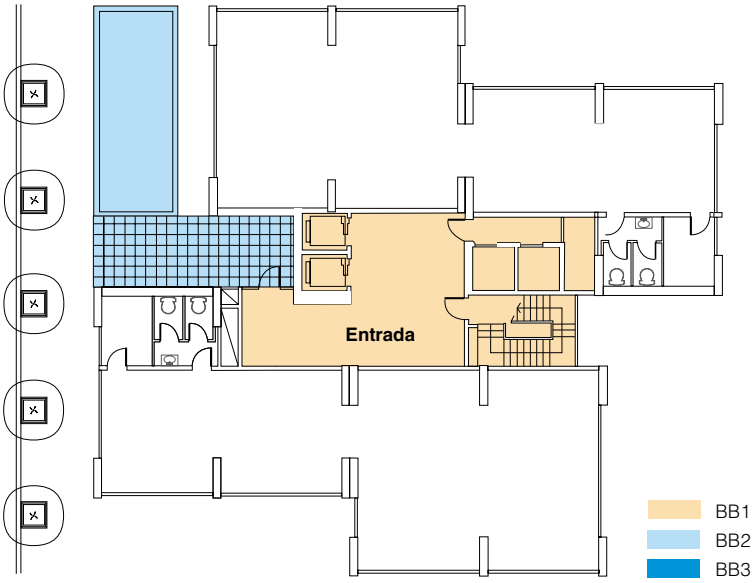


Fig. G8-018: *zonas en función de la humedad en los servicios generales de la planta baja.*

□ Rellano plantas.

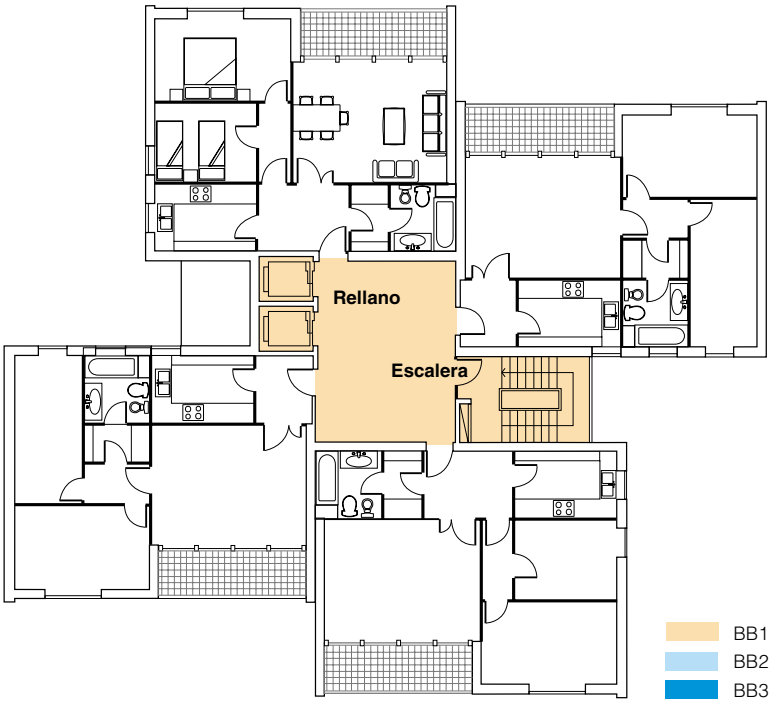


Fig. G8-019: *zonas en función de la humedad en los servicios generales de las plantas.*

□ Servicios generales, escalera y rellanos, vista vertical.

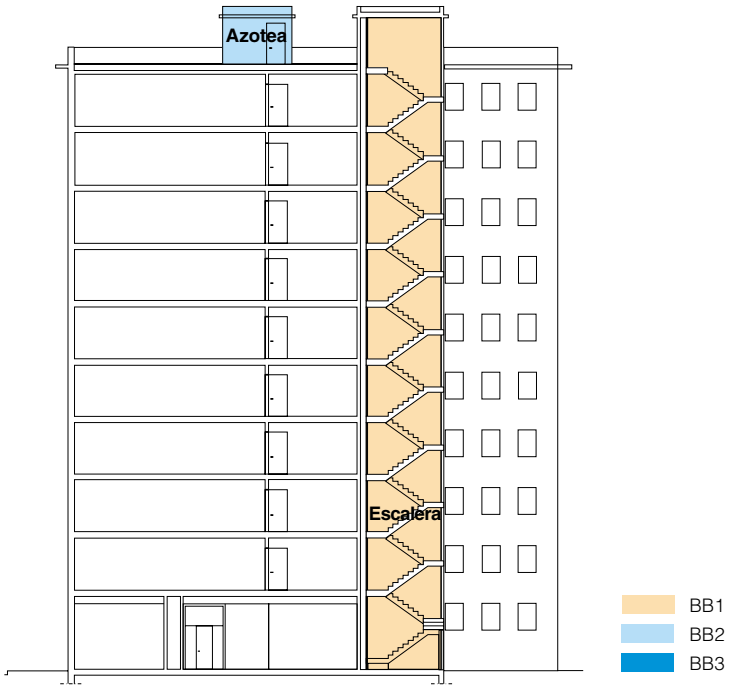


Fig. G8-020: *zonas en función de la humedad en los servicios generales de las plantas, vista vertical.*

Protecciones contra contactos indirectos:

■ Esquemas:

□ Locales comerciales.

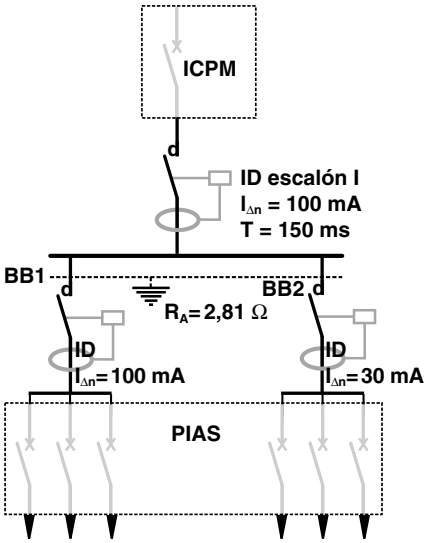


Fig. G8-021: *esquema de protecciones diferenciales de un local comercial.*

□ Viviendas.

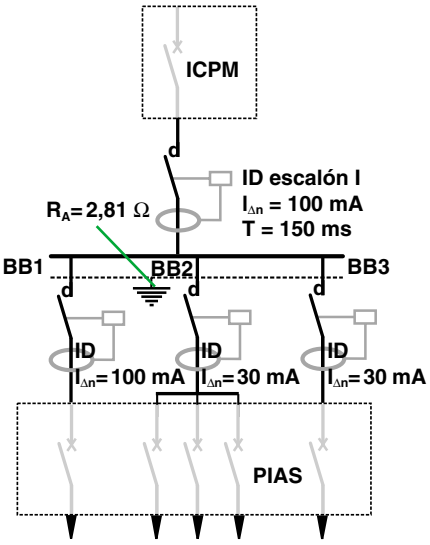


Fig. G8-022: *esquema de protecciones diferenciales de una vivienda en un bloque de pisos.*

□ Servicios generales.

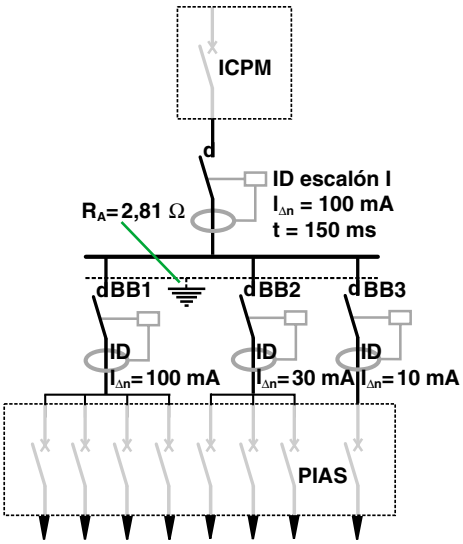


Fig. G8-023: *esquema de protecciones diferenciales de los servicios generales.*

En la instrucción ITC-BT-30 el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión nos clasifica instalaciones en locales húmedos y mojados, dando por entendido la existencia de los secos.
En la ITC-BT-25 el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión determina los circuitos en función de las cargas a alimentar.

Puesta a tierra
La situación más compleja para cumplir las prescripciones contra los contactos indirectos corresponde a la BB3, en los baños de las viviendas cuya tensión de contacto base se sitúa en los 12 V.
Debemos considerar el baño de la vivienda mas alejada de la toma de tierra, la vivienda del último piso, que deberá disponer de una línea adecuada que le comunique correctamente con la toma de tierra.

El nuevo reglamento en la instrucción ITC-BT-15 obliga a instalar un conductor de protección individualizado para cada abonado, formando parte de la línea de distribución individual ID.

3. Cables
El número de conductores vendrá fijado por el número de fases necesarias para la utilización de los receptores de la derivación correspondiente y según su potencia, llevando cada línea su correspondiente conductor neutro así como

el conductor de protección. En el caso de suministros individuales el punto de conexión, se dejará a criterio del proyectista de la instalación. Además, cada derivación individual incluirá el hilo de mando para posibilitar la aplicación de diferentes tarifas. No se admitirá el empleo de conductor neutro común ni de conductor de protección común para distintos suministros.

Este concepto es muy novedoso con respecto a la constumbre del montante común, representa alguna ventaja con respecto al CEM y una desventaja más inversión en la cantidad de cobre en el edificio.

Esta línea la llamaremos (DI) Derivación Individual del conductor de protección PE (DI_{PE}):

■ El cálculo de la puesta a tierra.

□ En la instrucción ITC-BT-30 el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión nos clasifica instalaciones en locales húmedos y mojados, dando por entendido la existencia de los secos.

□ En la ITC-BT-25 el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión determina los circuitos en función de las cargas a alimentar.

En este apartado se consideran los circuitos bajo el punto de vista de los choques eléctricos y en función de la situación del cuerpo humano.

□ La situación más compleja para cumplir las prescripciones contra los contactos indirectos corresponde a la BB3, en los baños, cuya tensión de contacto base se sitúa en los 12 V.

□ En un régimen TT la protección debe ser un interruptor diferencial de alta sensibilidad, $I_{\Delta n} \leqslant 30$ mA.

□ Los interruptores diferenciales de alta sensibilidad desconectan en un tiempo máximo de 300 ms a $I_{\Delta n}$ y a 40 ms con $5 \cdot I_{\Delta n}$.

■ Tensión de contacto U_c.

En la fig. G1-015, pág. G/40, podemos encontrar la tensión de contacto máxima (U_c) en situaciones BB3 (12 V), para un tiempo máximo de contacto de 0,1 s que podemos considerar como valor medio funcional en el que los DDR tardan en desconectar: $U_c = 55$ V.

■ La resistencia de puesta a tierra del centro de transformación según información de la empresa suministradora es de: $R_B = 10\ \Omega$

■ Cuál debe ser la resistencia de puesta a tierra de la instalación (R_A).

A partir de estos datos podemos calcular la resistencia de puesta a tierra del bloque de viviendas y desde ella toda su configuración (ver apartado 3 del capítulo G, pág. G/53):

$$U_c = R_A \cdot I_d = R_A \cdot \frac{U_0}{R_A + R_B} = 55\ V$$

$$R_A = \frac{R_B}{\frac{U_0}{U_c} - 1} = \frac{10\ \Omega}{\frac{230\ V}{55\ V} - 1} = 3{,}14\ \Omega$$

¿Qué estructura debe tener la puesta a tierra si las mediciones del terreno nos dan una resistividad de 150 Ω/m?:

■ En el apartado 5 del capítulo F del primer volumen, tabla F5-010, pág. F/96, disponemos de un tabulado de cálculo de la resistencia de puestas a tierra en función de unas configuraciones. Necesitamos una resistencia total de puesta a tierra de 3,14 Ω en un terreno de resistividad 150 Ω/m. Esta resistencia total corresponde a la resistencia de puesta a tierra, más la resistencia de

la unión de la puesta a tierra a la centralización de contadores (R_1), más la línea de derivación individual DI_{PE} del conductor de protección del abonado más lejano R_{DI}, más la del cuadro general al baño (R_2).

■ Cálculo de la resistencia de puesta a tierra.

Empezamos por calcular la resistencia del conductor de protección de la derivación individual DI_{PE} (R_{DI}):

□ Resistencia de la DI (R_{DI}):

La sección minima solicitada por la ITC-BT-15 es de 6 mm^2.

L = 35 m

S = 10 mm^2 (Cu)

Resistencia R_{DI}

$$R_{DI} = r\frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{35\ m}{6\ mm^2} = 0{,}1042\ \Omega$$

□ Resistencia de la derivación del cuadro de protección de la vivienda a baño (7 m):

L = 7 m

S = 2,5 mm^2 (Cu)

Resistencia R_2

$$R_2 = r\frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{7\ m}{2{,}5\ mm^2} = 0{,}05\ \Omega$$

□ Resistencia de la unión desde la toma de tierra a la centralización de contadores.

L = 15 m

S = 50 mm^2 (Cu)

Resistencia R_1

$$R_1 = r\frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{15\ m}{50\ mm^2} = 0{,}0053\ \Omega$$

□ Valor de la resistencia de puesta a tierra:

$$R_A + R_1 + R_{DI} + R_2 \leqslant 3{,}14\ \Omega$$
$$R_A + (0{,}1042 + 0{,}05 + 0{,}053)\ \Omega \leqslant 3{,}14\ \Omega$$
$$R_A \leqslant (3{,}14\ \Omega - 0{,}2072\ \Omega) \leqslant 2{,}9328\ \Omega$$

¿Qué estructura debe tener la puesta a tierra si las mediciones del terreno nos dan una resistividad de 250 Ω/m?:

■ En el apartado 5 del capítulo F del primer volumen, tabla F5-010, pág. F/96, disponemos de un tabulado de cálculo de la resistencia de puestas a tierra en función de unas configuraciones. Necesitamos una puesta a tierra de 3,0513 Ω en una resistividad del terreno de 250 Ω/m. El coeficiente K_r de la tabla deberá ser próximo a:

$$K_r = \frac{R_A}{\rho} = \frac{2{,}9328\ \Omega}{250\ \Omega/m} = 0{,}0117$$

El más próximo es la cuarta parte de la configuración 40-40/5/88, que quiere decir que si instalamos cuatro configuraciones tendremos:

Resistencia de una configuración 40-40/5/88:

$$R_{40\text{-}40/5/88} = \rho \cdot K_r = 250\ \Omega/m \cdot 0{,}045 = 11{,}25\ \Omega$$

Si colocamos cuatro en paralelo tendremos:

$$R_{4A} = \frac{R_{40\text{-}40/5/88}}{4} = \frac{11{,}25\ \Omega}{4} = 2{,}8125\ \Omega$$

La resistencia total será:

$$R_{TA} = R_A + R_1 + R_{DI} + R_2 = 2{,}8125 + (0{,}1042 + 0{,}05 + 0{,}0053) = 3{,}019\ \Omega$$

Con respecto al cambio de la costumbre de una instalación con un montante común para el conductor de protección a la especificación de derivaciones individuales del nuevo reglamento 2002, se efectúan las siguientes reflexiones:
La protección a tierra debe cumplir una función eléctrica de interconexión de las masas y debe disponer de una seguridad mecánica y química (anticorrosiva).
Esta función está más asegurada con una conducción de gran sección que con varias conducciones de baja sección.
El campo creado por los conductores activos y el conductor de protección, en referencia a la CEM, al transcurrir en un cajon común a lo largo de la altura del edificio, no existe diferencia práctica. Quizás en el momento de sufrir una sobretensión, y en función de la misma y del tipo de protecciones contra las sobretensiones, el campo inductivo puede resultar de menor valor.

■ La intensidad de fuga será:

$$I_d = \frac{U_0}{R_{AT} + R_B} = \frac{230\ V}{3{,}0197\ \Omega + 10\ \Omega} = 17{,}66\ A$$

■ El tiempo de desconexión será:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{17{,}66\ A}{0{,}03\ mA} = 588$$

$$t_{(inst)} = (588 > 5 \cdot I_{\Delta n}) = 40\ \mu s$$

■ La tensión de contacto será:

$$U_c = R_{AT} \cdot I_d = 3{,}019\ \Omega \cdot 17{,}66\ A = 53{,}32\ V$$

■ Esquema de situación en planta:

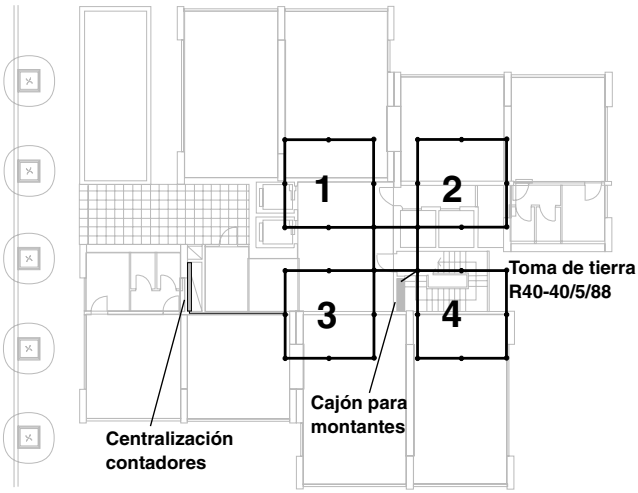


Fig. G8-024: *situación de la puesta a tierra.*

■ Esquema de situación en alzado:

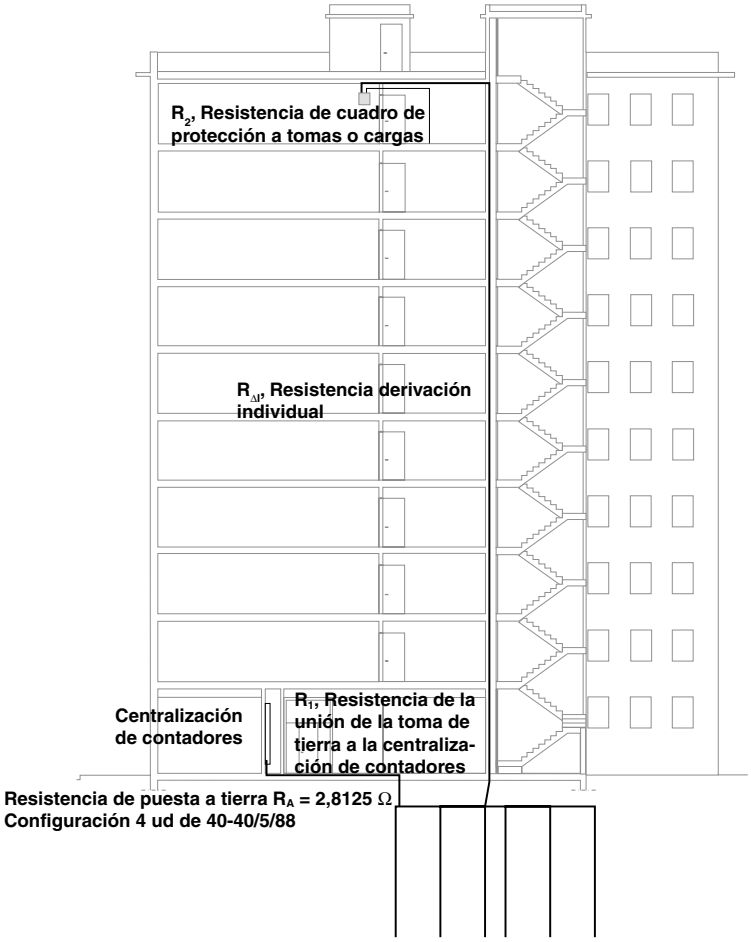


Fig. G8-025: *vista vertical de la toma de tierra del edificio.*

En la fig. G1-015, pág. G/40, podemos encontrar en la curva de la tensión de contacto máxima en locales BB3 (12 V), que para una tensión de contacto U_c = 53,32 V el tiempo máximo de contacto es de 0,09 s. Los DDR propuestos para estos valores tardan en desconectar 40 μs, dos veces menos.

Cálculo de la protección en Zona BB2:

■ La resistencia total de puesta a tierra.

A la resistencia de toma de tierra del CGBT debemos añadirle la resistencia de la toma de tierra del CGBT a la zona más alejada, la terraza.

□ Resistencia del cuadro general a la terraza:

L = 12 m

S = 2,5 mm^2 (Cu)

Resistencia R_3

$$R_3 = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{12}{2,5} = 0,086\ \Omega$$

□ Resistencia total de la puesta a tierra:

$R_{AT} = R_A + R_1 + R_{DIPE} + R_3 = 2,9328\ \Omega + 0,0053\ \Omega + 0,104\ \Omega + 0,086\ \Omega = 3,1281\ \Omega$

■ La intensidad de fuga será:

$$I_d = \frac{U_0}{R_A + R_B} = \frac{230\ V}{3{,}1281\ \Omega + 10\ \Omega} = 17{,}52\ A$$

■ El tiempo de desconexión será:
□ Para un aparato de 30 mA:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{17{,}84}{0{,}03} = 584$$
$$t_{(inst)} = (584 > 5 \cdot I_{\Delta n}) = 40\ \mu s$$

□ Para un aparato de 100 mA:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{17{,}52}{0{,}1} = 175$$
$$t_{(inst)} = (175 > 5 \cdot I_{\Delta n}) = 40\ \mu s$$

■ La tensión de contacto será:

$$U_c = R_{AT} \cdot I_d = 3{,}1281\ \Omega \cdot 17{,}72\ A = 54{,}80\ V$$

En la fig. G1-015, pág. G/40, podemos encontrar en la curva de la tensión de contacto máxima en locales BB2 (25 V), que para una tensión de contacto U_c = 54,80 V el tiempo máximo de contacto es de 0,40 s. Los DDR propuestos para estos valores tardan en desconectar 40 μs, diez veces menos.

Cálculo de la protección en Zona BB1:
■ La resistencia total de puesta a tierra.
A la resistencia de toma de tierra del CGBT debemos añadirle la resistencia de la toma de tierra del CGBT, en la zona más alejada:
□ Resistencia del cuadro general al dormitorio de matrimonio de la 1.ª planta:
L = 22 m
S = 2,5 mm^2
Resistencia R_4

$$R_4 = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{30}{2{,}5} = 0{,}215\ \Omega$$

□ Resistencia total de la puesta a tierra:

$$R_{AT} = R_A + R_1 + R_{DIPE} + R_4 = 2{,}9328\ \Omega + 0{,}0053\ \Omega + 0{,}104\ \Omega + 0{,}215\ \Omega = 3{,}2571\ \Omega$$

■ La intensidad de fuga será:

$$I_d = \frac{U_0}{R_{AT} + R_B} = \frac{230\ V}{3{,}2571\ \Omega + 10\ \Omega} = 17{,}35\ A$$

■ El tiempo de desconexión será:
□ Para un aparato de 300 mA:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{17{,}35}{0{,}3} = 57$$
$$t_{(inst)} = (57 > 5 \cdot I_{\Delta n}) = 40\ \mu s$$

□ Para un aparato de 100 mA:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{17{,}35}{0{,}1} = 173$$

$$t_{(inst)} = (173 > 5 \cdot I_{\Delta n}) = 40\ \mu s$$

■ La tensión de contacto será:

$$U_c = R_{AT} \cdot I_d = 3{,}2571\ \Omega \cdot 17{,}35\ A = 56{,}51\ V$$

En la fig. G1-015, pág. G/40, podemos encontrar en la curva de la tensión de contacto máxima en locales BB1 (50 V), que para una tensión de contacto U_c = 56,51 V el tiempo máximo de contacto es de 3 s. Los DDR propuestos para estos valores tardan en desconectar 40 μs, setenta y cinco veces menos.

Resoluciones

Las protecciones adecuadas serían:

■ Zona BB3, interruptor diferencial de alta sensibilidad de 10 mA.

■ Zona BB2, interruptor diferencial de alta sensibilidad de 10 mA o 30 mA.

■ Zona BB1, interruptor diferencial de alta o media sensibilidad, 30 mA o 100 mA.

Para reasegurar el funcionamiento de los interruptores diferenciales y los imperativos casuísticos, un interruptor diferencial en cabecera de $I_{\Delta n}$ = 100 mA y un retardo de 150 μs.

Cálculo de la protección de los locales comerciales

En los locales comerciales apreciamos solamente dos zonas en relación a su humedad:

Cálculo de la protección en Zona BB2:

■ La resistencia total de puesta a tierra.

A la resistencia de toma de tierra R_A debemos añadirle la resistencia de la conexión de la toma de tierra a la centralización de contadores, y de ésta al cuadro general de protección del local y de éste al servicio:

□ Resistencia de la toma de tierra a la centralización de contadores:

L = 15 m

S = 50 mm² (Cu)

Resistencia R_1

$$R_1 = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{15\ m}{50\ mm^2} = 0{,}0053\ \Omega$$

□ Resistencia de la DI (R_{DI}) del local (1):

L = 25 m

S = 4 mm² (Cu)

Resistencia R_{DI}

$$R_{DI} = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{25\ m}{4\ mm^2} = 0{,}112\ \Omega$$

□ Resistencia del CGBT del local (1) al servicio:

L = 5 m

S = 2,5 mm² (Cu)

Resistencia R_5

$$R_5 = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{5\ m}{2{,}5\ mm^2} = 0{,}036\ \Omega$$

□ Resistencia total de la puesta a tierra:

$R_{AT} = R_A + R_1 + R_{DIPE} + R_5 = 2{,}9328\ \Omega + 0{,}0053\ \Omega + 0{,}112\ \Omega + 0{,}036\ \Omega = 3{,}0861\ \Omega$

■ La intensidad de fuga será:

$$I_d = \frac{U_0}{R_{AT} + R_B} = \frac{230\ V}{3{,}0861\ \Omega + 10\ \Omega} = 17{,}57\ A$$

■ El tiempo de desconexión será:
□ Para un aparato de 30 mA:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{17{,}57\ A}{0{,}03\ A} = 585$$

$t_{(inst)} = (585 > 5 \cdot I_{\Delta n}) = 40\ \mu s$

■ La tensión de contacto será:

$$U_c = R_{AT} \cdot I_d = 3{,}0861\ \Omega \cdot 17{,}57\ A = 54{,}22\ V$$

En la fig. G1-015, pág. G/40, podemos encontrar en la curva de la tensión de contacto máxima en locales BB2 (25 V), que para una tensión de contacto U_c = 54,22 V el tiempo máximo de contacto es de 0,38 s. Los DDR propuestos para estos valores tardan en desconectar 40 µs, diez veces menos.

Cálculo de la protección en Zona BB1:
■ La resistencia total de puesta a tierra.
A la resistencia de toma de tierra R_A debemos añadirle la resistencia de la conexión de la toma de tierra a la centralización de contadores, y de ésta al cuadro general de protección del local, y de éste a la zona más alejada:
L = 30 m
S = 2,5 mm^2 (Cu)
Resistencia R_6

$$R_6 = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{30\ m}{2{,}5\ mm^2} = 0{,}215\ \Omega$$

□ Resistencia total de la puesta a tierra:

$R_{AT} = R_A + R_1 + R_{DIPE} + R_6 = 2{,}9328\ \Omega + 0{,}0053\ \Omega + 0{,}112\ \Omega + 0{,}215\ \Omega = 3{,}2651\ \Omega$

■ La intensidad de fuga será:

$$I_d = \frac{U_0}{R_{AT} + R_B} = \frac{230\ V}{3{,}2651\ \Omega + 10\ \Omega} = 17{,}34\ A$$

■ El tiempo de desconexión será:
□ Para un aparato de 300 mA:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{17{,}34\ A}{0{,}3\ A} = 57$$

$t_{(inst)} = (57 > 5 \cdot I_{\Delta n}) = 40\ \mu s$

□ Para un aparato de 100 mA:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{17{,}34\ A}{0{,}1\ A} = 173$$

$t_{(inst)} = (173 > 5 \cdot I_{\Delta n}) = 40\ \mu s$

■ La tensión de contacto será:

$$U_c = R_{AT} \cdot I_d = 3{,}2651\ \Omega \cdot 17{,}34\ A = 56{,}62\ V$$

En la fig. G1-015, pág. G/40, podemos encontrar en la curva de la tensión de contacto máxima en locales BB1 (50 V), que para una tensión de contacto U_c = 56,62 V tiempo máximo de contacto es de 3 s. Los DDR propuestos para estos valores tardan en desconectar 40 µs, setenta y cinco veces menos.

Resoluciones
Las protecciones adecuadas serían:
■ Zona BB2, interruptor diferencial de alta sensibilidad de 30 mA.
■ Zona BB1, interruptor diferencial de alta o media sensibilidad, 30 mA o 100 mA.
Para reasegurar el funcionamiento de los interruptores diferenciales y los imperativos casuísticos, un interruptor diferencial en cabecera de $I_{\Delta n}$ = 100 mA con un retardo de 150 µs.

Cálculo de la protección de los servicios generales

Al considerar en el nuevo reglamento las instalaciones en la vía pública de una tensión de contacto de 24 V debemos considerar una situación BB2.

Cálculo de la protección en Zona BB2:
■ La resistencia total de puesta a tierra.
A la resistencia de toma de tierra del CGBT debemos añadirle la resistencia de la toma de tierra del CGBT en la zona más alejada, la azotea:
□ Resistencia de derivación individual (DI) al cuadro general a la azotea:
L = 35 m
S = 4 mm² (Cu)
Resistencia R_{DI}

$$R_{DI} = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{35\ m}{4\ mm^2} = 0{,}15625\ \Omega$$

□ Resistencia de derivación del cuadro general al alumbrado de la azotea:
L = 15 m
S = 2,5 mm² (Cu)
Resistencia R_7

$$R_7 = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{15\ m}{2{,}5\ mm^2} = 0{,}107\ \Omega$$

□ Resistencia total de la puesta a tierra:

$$R_{AT} = R_A + R_1 + R_{DIPE} + R_6 = 2{,}9328\ \Omega + 0{,}0053\ \Omega + 0{,}15625\ \Omega + 0{,}107\ \Omega = 3{,}2014\ \Omega$$

■ La intensidad de fuga será:

$$I_d = \frac{U_0}{R_{AT} + R_B} = \frac{230\ V}{3{,}2014\ \Omega + 10\ \Omega} = 17{,}42\ A$$

■ El tiempo de desconexión será, para un aparato de 30 mA:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{17{,}42\ A}{0{,}03\ A} = 580$$

$$t_{(inst)} = (580 > 5 \cdot I_{\Delta n}) = 40\ \mu s$$

■ La tensión de contacto será:

$$U_c = R_{AT} \cdot I_d = 3{,}2014\ \Omega \cdot 17{,}42\ A = 55{,}77\ V$$

En la fig. G1-015, pág. G/40, podemos encontrar en la curva de la tensión de contacto máxima en locales BB2 (25 V), que para una tensión de contacto U_c = 55,77 V el tiempo máximo de contacto es de 0,35 s. Los DDR propuestos para estos valores tardan en desconectar 40 μs, unas nueve veces menos.

Cálculo de la protección en Zona BB1:

■ La resistencia total de puesta a tierra.

A la resistencia de toma de tierra R_A debemos añadirle la resistencia de la conexión de la toma de tierra a la centralización de contadores, y de ésta al cuadro general de protección del local, y de éste a la zona más alejada, los motores de los ascensores en la azotea.

□ Resistencia de derivación del cuadro general al cuadro de ascensores:

L = 8 m

S = 10 mm^2 (Cu)

Resistencia R_8

$$R_8 = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{8\ m}{10\ mm^2} = 0{,}0143\ \Omega$$

□ Resistencia total de la puesta a tierra:

$$R_{AT} = R_A + R_1 + R_{DIPE} + R_8 = 2{,}9328\ \Omega + 0{,}0053\ \Omega + 0{,}15625\ \Omega + 0{,}0143\ \Omega = 3{,}1086\ \Omega$$

■ La intensidad de fuga será:

$$I_d = \frac{U_0}{R_{AT} + R_B} = \frac{230\ V}{3{,}1086\ \Omega + 10\ \Omega} = 17{,}55\ A$$

■ El tiempo de desconexión será:

□ Para un aparato de 300 mA:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{17{,}55\ A}{0{,}3\ A} = 58$$

$$t_{(inst)} = (58 > 5 \cdot I_{\Delta n}) = 40\ \mu s$$

□ Para un aparato de 100 mA:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{17{,}55\ A}{0{,}1\ A} = 175$$

$$t_{(inst)} = (175 > 5 \cdot I_{\Delta n}) = 40\ \mu s$$

■ La tensión de contacto será:

$$U_c = R_{AT} \cdot I_d = 3{,}1086\ \Omega \cdot 17{,}55\ A = 54{,}55\ V$$

En la fig. G1-015, pág. G/40, podemos encontrar en la curva de la tensión de contacto máxima en locales BB1 (50 V), que para una tensión de contacto U_c = 54,55 V el tiempo máximo de contacto es de 3 s. Los DDR propuestos para estos valores tardan en desconectar 40 μs, setenta y cinco veces menos.

Resoluciones

Las protecciones adecuadas serían:

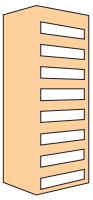
■ Zona BB3, interruptor diferencial de alta sensibilidad de 10 mA.

■ Zona BB2, interruptor diferencial de alta sensibilidad de 30 mA.

■ Zona BB1, interruptor diferencial de alta o media sensibilidad, 30 mA o 100 mA.

Para reasegurar el funcionamiento de los interruptores diferenciales y los imperativos casuísticos, un interruptor diferencial en cabecera de $I_{\Delta n}$ = 100 mA con un retardo de 150 µs.

Cálculo de las protecciones contra los choques eléctricos de un bloque de oficinas y locales comerciales, con tres plantas de sótanos para aparcamientos y servicios generales



Zonas del edificio en función de la situación del cuerpo humano:

■ Abonados con una sola fuente de alimentación de la compañía A:

□ Local comercial (planta baja).

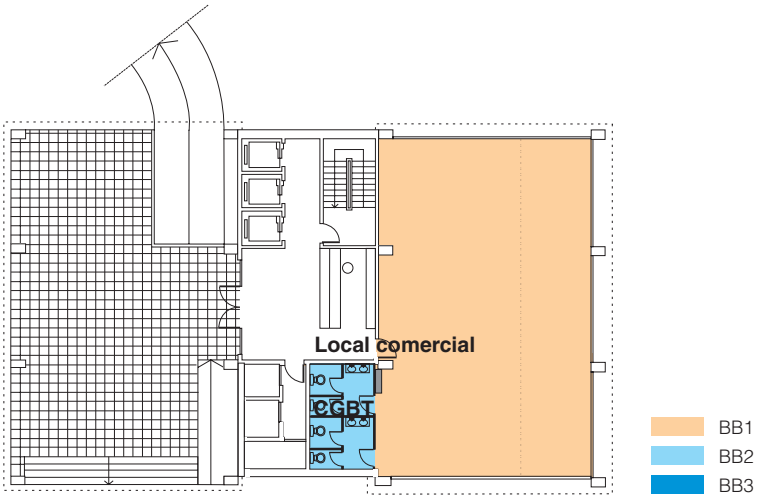


Fig. G8-026: *zonas en función de la humedad en el local comercial.*

□ Local para oficinas (plantas 4.ª y 5.ª).

Las dos plantas son iguales.

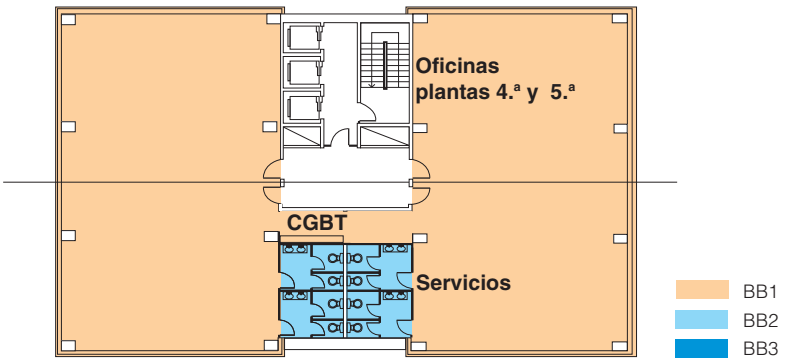


Fig. G8-027: *zonas en función de la humedad en el local para oficinas (plantas 4.ª y 5.ª).*

□ Local de oficinas planta 6.º, 1.ª

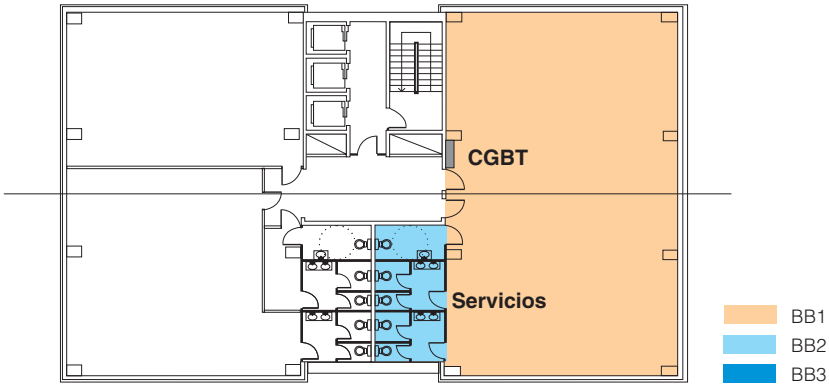


Fig. G8-028: *zonas en función de la humedad en el local para oficinas de la planta 6.º, 1.ª*

□ Local para oficina planta 6.º, 2.ª

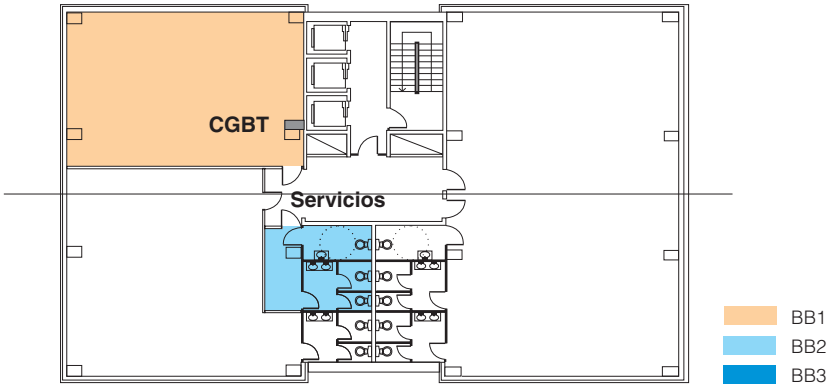


Fig. G8-029: *zonas en función de la humedad en el local para oficinas de la planta 6.º, 2.ª*

□ Local para oficina planta 6.º, 3.ª

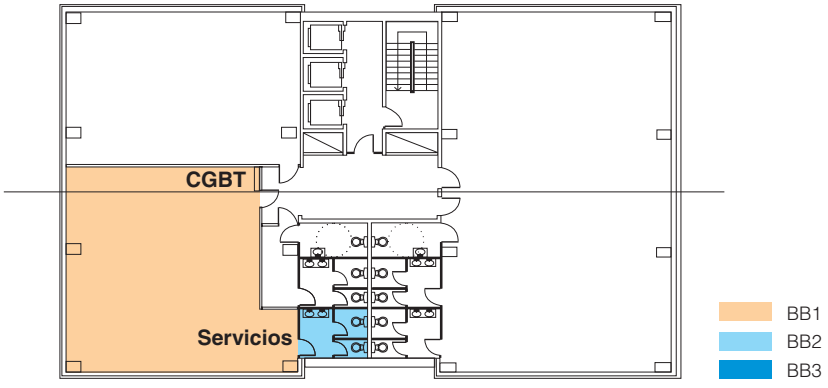


Fig. G8-030: *zonas en función de la humedad en el local para oficinas de la planta 6.º, 3.ª*

■ Abonados con dos fuentes de alimentación compañía A y compañía B:
□ Local de oficinas plantas 1.ª, 2.ª y 3.ª
Las tres plantas son iguales.

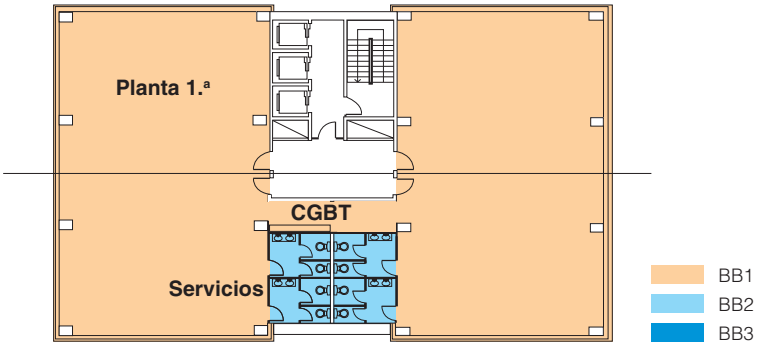


Fig. G8-031: *zonas en función de la humedad en el local para oficinas de la planta 1.ª*

□ Local de oficinas planta 7.ª

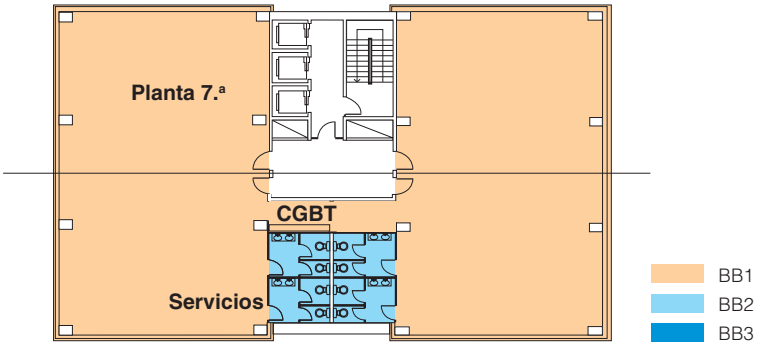


Fig. G8-032: *zonas en función de la humedad en el local para oficinas de la planta 7.ª*

□ Servicios generales:
– Planta sótanos 1.ª, 2.ª y 3.ª
Las tres plantas son prácticamente iguales.

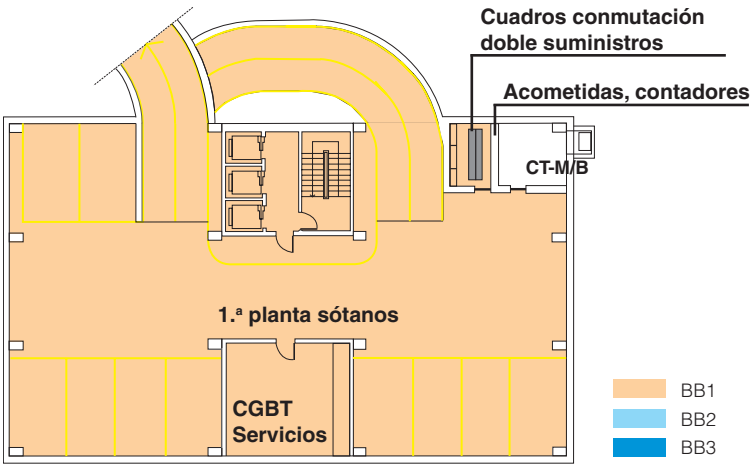


Fig. G8-033: *zonas en función de la humedad en la planta sótanos.*

□ Planta baja.

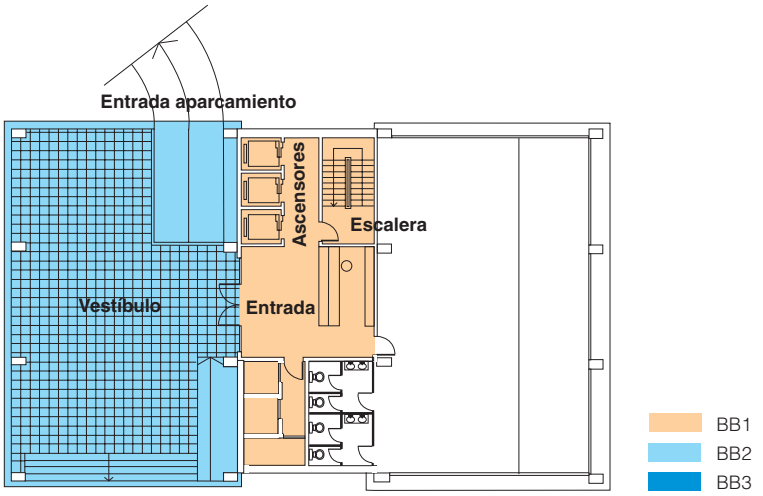


Fig. G8-034: *zonas en función de la humedad en los servicios generales de la planta baja.*

□ Plantas 1.ª, 2.ª, 3.ª, 4.ª, 5.ª y 7.ª
Las seis plantas son prácticamente iguales.

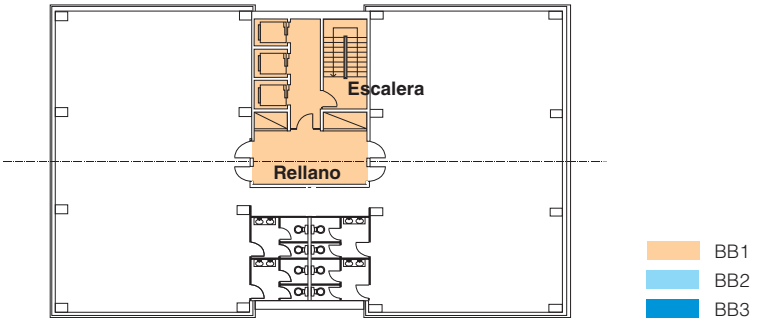


Fig. G8-035: *zonas en función de la humedad en los servicios generales de las plantas 1.ª, 2.ª, 3.ª, 4.ª, 5.ª y 7.ª*

□ Planta 6.ª

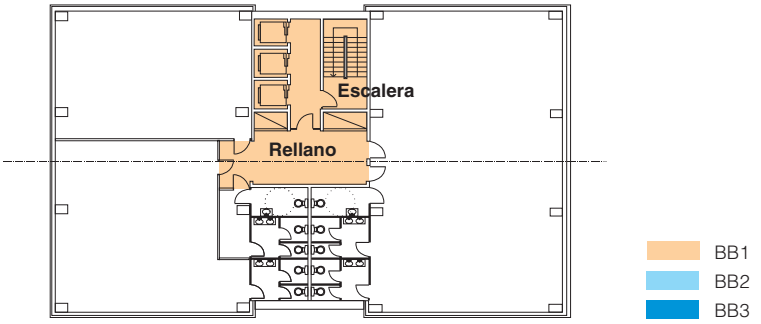


Fig. G8-036: *zonas en función de la humedad en los servicios generales de la planta 6.ª*

□ Servicios generales, vista vertical.

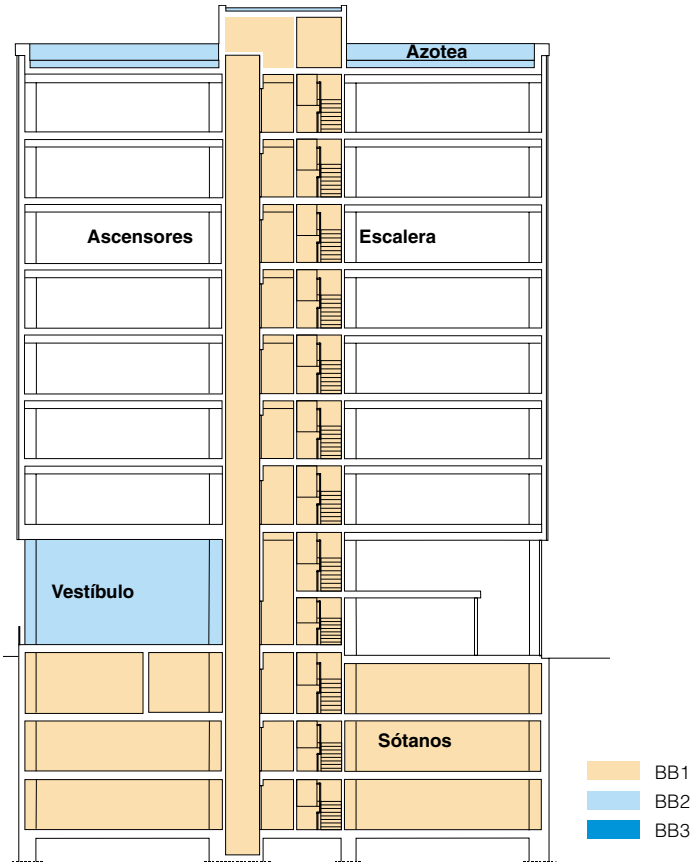
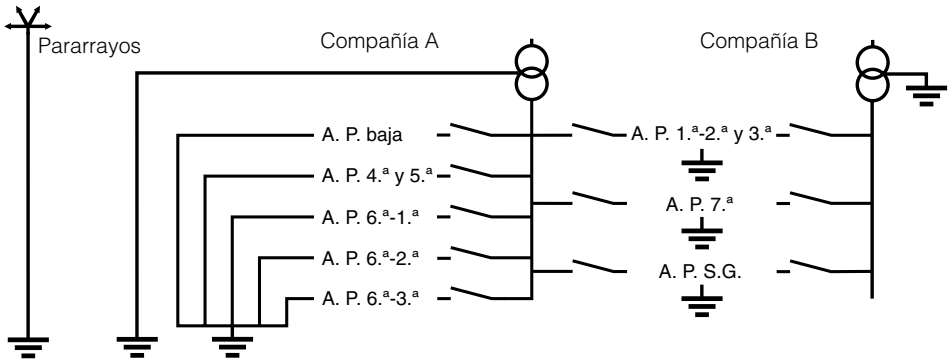


Fig. G8-037: *zonas en función de la humedad en los servicios generales, vista vertical.*

Exposición

No es fácil realizar las tomas de tierra para la protección contra los contactos indirectos de un edificio tan complejo.
Existe un grupo de abonados que disponen de un solo suministro de la compañía A, que tiene ubicado un centro de transformación en el primer sótano para suministrar todo el edificio y tres abonados disponen de un suministro supletorio, para el caso de fallo del primero, pero que por contratación deben consumir un número determinado de kW/h al mes de la segunda compañía B, que suministra desde una red de BT.



La toma de tierra de los abonados que sólo se alimentan de la compañía A puede ser única, pero los abonados que se alimentan de dos compañías A y B debe ser individual para cada uno.
Además deberemos albergar la puesta a tierra de los herrajes del centro de transformación de la compañía A, y la puesta a tierra del pararrayos del edificio. Todas estas tierras deberán estar separadas para que no tengan influencias unas con otras, o por lo menos las posibles tensiones derivadas no superen los niveles de aislamiento de los circuitos que de ellas se derivan.

Toma de tierra para el conjunto de abonados que disponen de una sola fuente de alimentación, alimentados por la compañía A

Este bloque de abonados dispondrán de una toma de tierra única:
■ El del local comercial de la planta baja.
■ El de los locales para oficinas de las plantas 4.ª, 5.ª
■ El de la planta 6.ª 1.ª
■ El de la planta 6.ª 2.ª
■ El de la planta 6.ª 3.ª
□ La situación más compleja para cumplir las prescripciones contra los contactos indirectos corresponde a la BB, en los servicios de la 6ª planta, cuya tensión de contacto base se sitúa en los 25 V.
□ En un régimen TT la protección debe ser un interruptor diferencial de alta sensibilidad, $I_{\Delta n} \leqslant 30$ mA.
□ Los interruptores diferenciales de alta sensibilidad desconectan en un tiempo máximo de 300 ms a $I_{\Delta n}$ y a 40 ms con $5 \cdot I_{\Delta n}$.
■ Tensión de contacto U_c.
En la fig. G1-015, pág. G/40, podemos encontrar la tensión de contacto máxima (U_c) en situaciones BB2 (25 V), y para un tiempo máximo de contacto de 0,1 s que podemos considerar como valor medio funcional en el que los DDR tardan en desconectar:
$U_c = 95$ V
■ La resistencia de puesta a tierra del centro de transformación según información de la empresa suministradora es de:
$R_B = 10\ \Omega$
■ Cuál debe ser la resistencia de puesta a tierra de la instalación (R_A).
A partir de estos datos podemos calcular la resistencia de puesta a tierra del bloque de viviendas y desde ella toda su configuración (ver en el apartado G3, "La desconexión automática en esquema TT", pág. G/62):

$$U_c = R_A \cdot I_d = R_A \cdot \frac{U_0}{R_A + R_B} = 95 \text{ V}$$

$$R_A = \frac{R_B}{\frac{U_0}{U_c} - 1} = \frac{10\ \Omega}{\frac{230 \text{ V}}{95 \text{ V}} - 1} = 7{,}0373\ \Omega$$

¿Qué estructura debe tener la puesta a tierra si las mediciones del terreno nos dan una resistividad de 150 Ω/m?:

■ En el apartado 5 del capítulo F del primer volumen, tabla F5-010, pág. F/96, disponemos de un tabulado de cálculo de la resistencia de puestas a tierra en función de la resistividad del terreno. Necesitamos una resistencia total de puesta a tierra de 7,0372 Ω en un terreno de resistividad 150 Ω/m. Esta resistencia total corresponde a la resistencia de puesta a tierra, más la resistencia de la puesta a tierra al cuadro de protección y medida (R_1), más la derivación individual al CGBT del abonado de la planta 6.ª 1.ª (R_{DI}), más la del cuadro al servicio del 6.º, 1.ª (R_2).

Una precaución se ha de tomar: las derivaciones individuales (conductores activos) de cada abonado y el conductor de protección han de seguir el mismo camino y lo más próximo posible para cumplir las prescripciones sobre la CEM. Según el nuevo reglamento en un mismo tubo.

■ Cálculo de la resistencia de puesta a tierra.

Empezamos por calcular la resistencia de la derivación individual DI del cuadro de protección y medida al CGBT del 6.º, 1.ª (R_{DI}) y de la derivación a los servicios.

Resistencia derivación individual DI (R_{DI}):

Longitud, 45 m

Sección 10 mm^2

Resistencia, R_{DI}

$$R_{DI} = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{45\ m}{10\ mm^2} = 0{,}0804\ \Omega$$

□ Resistencia derivación del CGBT al servicio del 6.º, 1.ª (R_2):

Longitud, 10 m

Sección 4 mm^2 (Cu)

Resistencia, R_2

$$R_2 = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{10\ m}{2{,}5\ mm^2} = 0{,}0715\ \Omega$$

□ Valor de la resistencia desde la toma de tierra y su conexión al cuadro de protección y medida del abonado. Esta línea será común para todos los abonados con un solo suministro:

Longitud, 20 m

Sección 50 mm^2 (Cu)

Resistencia, R_2

$$R_1 = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{20\ m}{50\ mm^2} = 0{,}0447\ \Omega$$

□ Valor de la resistencia de la toma de tierra RA.

$R_{AT} = R_A + R_1 + R_{DI} + R_2 = 7{,}0373\ \Omega$

$R_A = R_{AT} - (R_1 + R_{DI} + R_2) = 7{,}0373 - (0{,}0447 + 0{,}0804 + 0{,}0715) = 6{,}8407\ \Omega$

■ En el apartado 5 del capítulo F del primer volumen, tabla F5-010, pág. F/96, disponemos de un tabulado de cálculo de la resistencia de puesta a tierra en función de la resistividad del terreno. Necesitamos una puesta a tierra de 6,8407 Ω en una resistividad del terreno de 150 Ω/m. El coeficiente K_r de la tabla deberá ser próximo a:

$$K_r = \frac{R_A}{\rho} = \frac{6{,}8407\ \Omega}{150\ \Omega/m} = 0{,}0456$$

El más próximo es la configuración 40-40/5/88, $K_r = 0{,}045$.

■ Resistencia de una configuración 40-40/5/88:

$$R_{40-40/5/88} = \rho \cdot K_r\ 150\ \Omega/m \cdot 0{,}045 = 6{,}75\ \Omega$$

□ Resistencia total de la toma de tierra:

$R_{AT} = R_A + R_1 + R_{DI} + R_2 = 6{,}75\ \Omega + 0{,}0447\ \Omega + 0{,}0804\ \Omega + 0{,}0715\ \Omega = 6{,}9466\ \Omega$

■ La intensidad de fuga será:

$$I_d = \frac{U_0}{R_{AT} + R_B} = \frac{230\ V}{6{,}9466\ \Omega + 10\ \Omega} = 13{,}572\ A$$

■ El tiempo de desconexión será:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{13{,}572\ A}{0{,}03\ A} = 452$$

$$t_{(inst)} = (452 > 5 \cdot I_{\Delta n}) = 40\ \mu s$$

■ La tensión de contacto será:

$$U_c = R_{AT} \cdot I_d = 13{,}572\ A \cdot 6{,}9466\ \Omega = 94{,}28\ V$$

En la fig. G1-015, pág. G/40, podemos encontrar en la curva de la tensión de contacto máxima en locales BB2 (25 V), que para una tensión de contacto U_c = 94,28 V el tiempo máximo de contacto es de 0,1 s. Los DDR propuestos para estos valores tardan en desconectar 40 ms, dos veces y media menos.

Cálculo de la protección en Zona BB1:

■ La resistencia total de puesta a tierra.

A la resistencia de puesta a tierra (R_A), más la resistencia de la unión de la toma de tierra al cuadro de protección y medida (R_1) y la derivación individual desde el cuadro de protección y medida hasta el cuadro CGBT del abonado de la planta 6.ª 1.ª (R_2), son los mismos que para la situación BB2. Debemos tener en consideración desde el CGBT hasta el punto más alejado del 6.º 1.ª (R_3).

□ Resistencia derivación al punto mas alejado (R_3):

Longitud, 35 m

Sección 2,5 mm² (Cu)

Resistencia, R_3

$$R_3 = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{35\ m}{2{,}5\ mm^2} = 0{,}25\ \Omega$$

□ Resistencia total de la toma de tierra:

$$R_{AT} = R_A + R_1 + R_{DI} + R_3 = 6{,}75\ \Omega + 0{,}0447\ \Omega + 0{,}0804\ \Omega + 0{,}25\ \Omega = 7{,}1251\ \Omega$$

■ La intensidad de fuga será:

$$I_d = \frac{U_0}{R_{AT} + R_B} = \frac{230\ V}{7{,}1251\ \Omega + 10\ \Omega} = 13{,}43\ A$$

■ El tiempo de desconexión será:

□ Para un aparato de 300 mA:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{13{,}43\ A}{0{,}3\ A} = 44$$

$$t_{(inst)} = (44 > 5 \cdot I_{\Delta n}) = 40\ \mu s$$

□ Para un aparato de 100 mA:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{13{,}43\ A}{0{,}1\ A} = 134$$

$$t_{(inst)} = (134 > 5 \cdot I_{\Delta n}) = 40\ \mu s$$

■ La tensión de contacto será:

$$U_c = R_{AT} \cdot I_d = 7{,}1251\ \Omega \cdot 13{,}43\ A = 95{,}69\ V$$

En la fig. G1-015, pág. G/40, podemos encontrar en la curva de la tensión de contacto máxima en situaciones BB1 (50 V), que para una tensión de contacto U_c = 95,69 V el tiempo máximo de contacto es de 0,4 s. Los DDR propuestos para estos valores tardan en desconectar 40 µs, diez veces menos.

Resoluciones

■ Para una protección en cascada de diferentes interruptores a corriente diferencial residual, las protecciones adecuadas serían:

□ Zona BB2, interruptor diferencial de alta sensibilidad de 10 mA o 30 mA.

□ Zona BB1, interruptor diferencial de alta o media sensibilidad, 30 mA o 100 mA.

■ Las protecciones desde la acometida, de doble aislamiento, de protección y medida hasta el CGBT y de éste a los demás niveles tendremos una selectividad de tres niveles:

□ Nivel 3:

La protección de la línea de derivación individual DI del cuadro de protección y medida (acometida) al CGBT transcurre en zona BB1:

– El tiempo máximo de desconexión:

según cálculos U_c = 95,69 V para situación BB1, t < 0,4 s.

Si retardamos a una regulación de 0,3 s la tensión de contacto permitida será U_c = 100 V > 95,69 V de cálculo.

– La intensidad de fuga:

según cálculos I_d = 13,43 A.

Si regulamos a 2,5 A tendremos: $\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{13{,}43\ A}{2{,}5\ A} = 5{,}37 > 5 \cdot I_{\Delta n}$

□ Nivel 2:

La protección general del CGBT, situado en zona BB1:

– El tiempo máximo de desconexión:

según cálculos Uc = 95,69 V para situación BB1, t < 0,4 s.

Si retardamos a una regulación de 0,3 s la tensión de contacto permitida será U_c = 150 V > 95,69 V de cálculo.

– La intensidad de fuga:

según cálculos I_d = 13,43 A.

Si regulamos a 1 A tendremos: $\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{13{,}43\ A}{1\ A} = 13{,}43 > 5 \cdot I_{\Delta n}$

□ Nivel 1:

Zona BB1:

– El tiempo máximo de desconexión:

según cálculos U_c = 95,69 V para situación BB1, t < 0,4 s.

Mantenemos el dispositivo de instantáneo.

– La intensidad de fuga:

según cálculos I_d = 13,43 A.

Si regulamos a 0,3 A tendremos: $\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{13{,}43\ A}{0{,}3\ A} = 44{,}7 > 5 \cdot I_{\Delta n}$

Zona BB2:

– El tiempo máximo de desconexión:

según cálculos U_c = 94,28 V, para situación BB2 0,1 s.

Mantenemos el dispositivo de instantáneo.

– La intensidad de fuga:

según cálculos I_d = 13,572 A.

Si regulamos a 0,03 A tendremos: $\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{13{,}43\ A}{0{,}03\ A} = 447 > 5 \cdot I_{\Delta n}$

Pautas para la regulación:

■ La intensidad:

□ En el último nivel, que corresponde al primero en el sentido de aguas abajo, la intensidad sea la quinta parte de la intensidad de fuga de cálculo.

□ En los niveles intermedios se sitúe entre una mitad y un tercio de la regulación aguas arriba.

□ En el primer nivel, el de máxima seguridad, siempre inferior a la décima parte de la corriente de fuga de cálculo.

■ El tiempo:

□ El primer nivel instantáneo (40 μs).

□ En el segundo, no sobrepasar el valor máximo de la fig. G1-015, pág. G/40, para la zona más dificultosa (BB2), con el fin de que actúe de reaseguramiento del primero.

□ En el último, no sobrepasar el valor máximo de la fig. G1-015, pág. G/40, para la zona menos dificultosa (BB1).

■ Esquema local comercial:

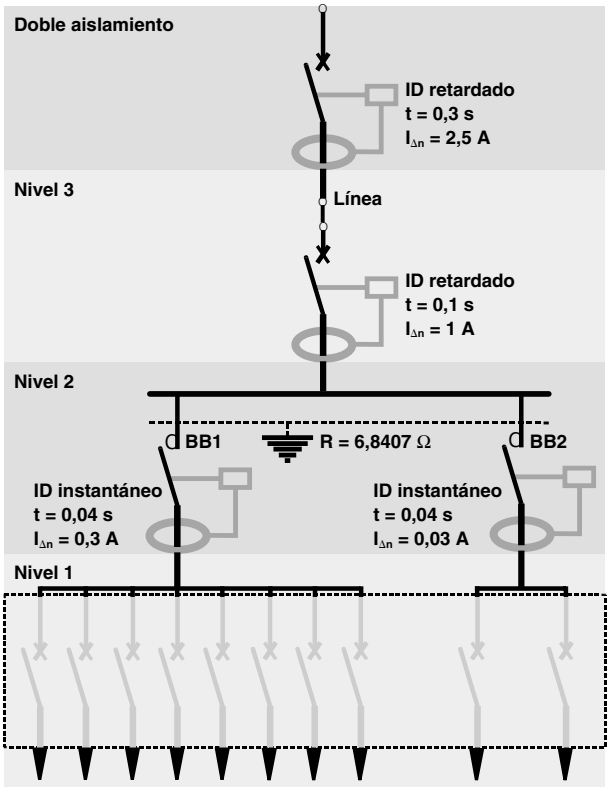


Fig. G8-038: *esquema protecciones contra los choques eléctricos, local comercial.*

■ Esquema abonado plantas 4.ª y 5.ª:

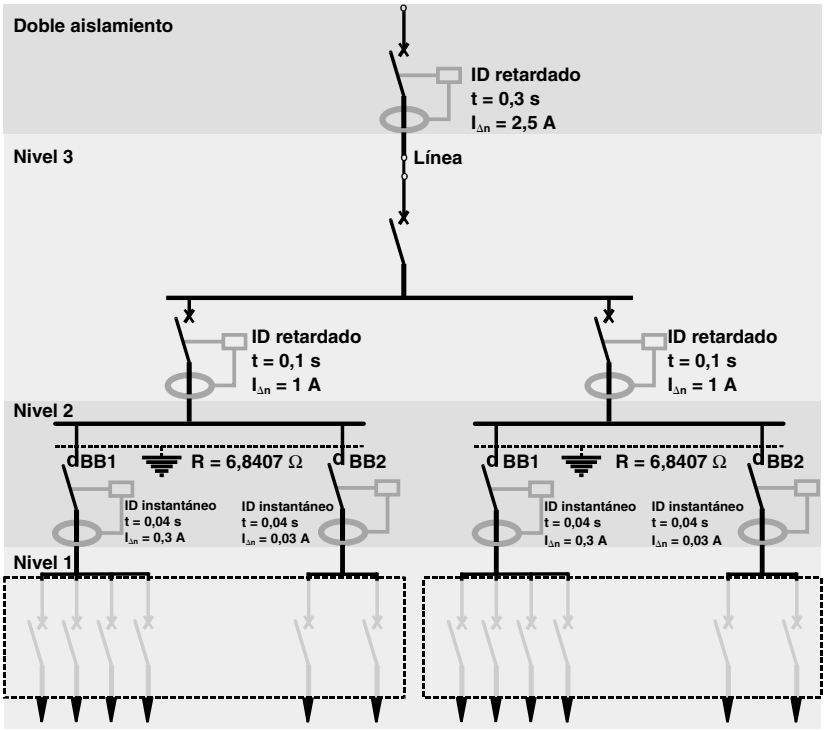


Fig. G8-039: *esquema protecciones contra los choques eléctricos, abonado plantas 4.ª y 5.ª*

■ Esquema abonado planta 6.ª, 1.ª:

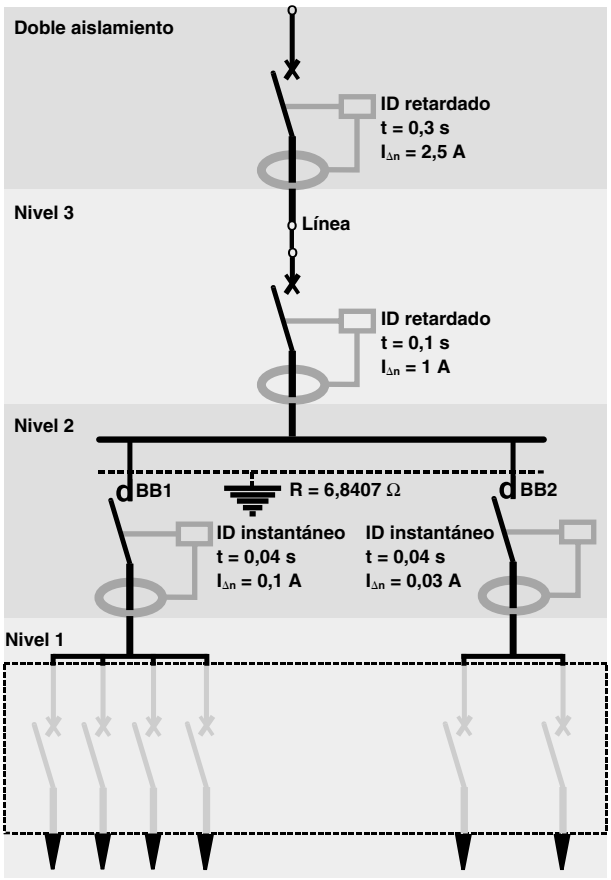


Fig. G8-040: *esquema protecciones contra los choques eléctricos, abonado planta 6.ª, 1.ª*

□ Esquema abonado planta 6.ª, 2.ª:

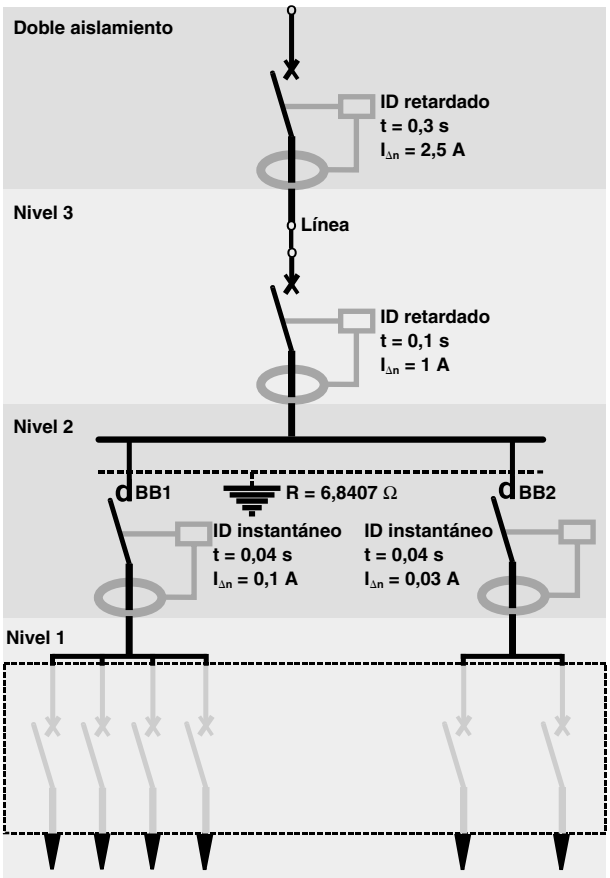


Fig. G8-041: *esquema protecciones contra los choques eléctricos, abonado planta 6.ª, 2.ª*

□ Esquema abonado planta 6.ª, 3.ª:

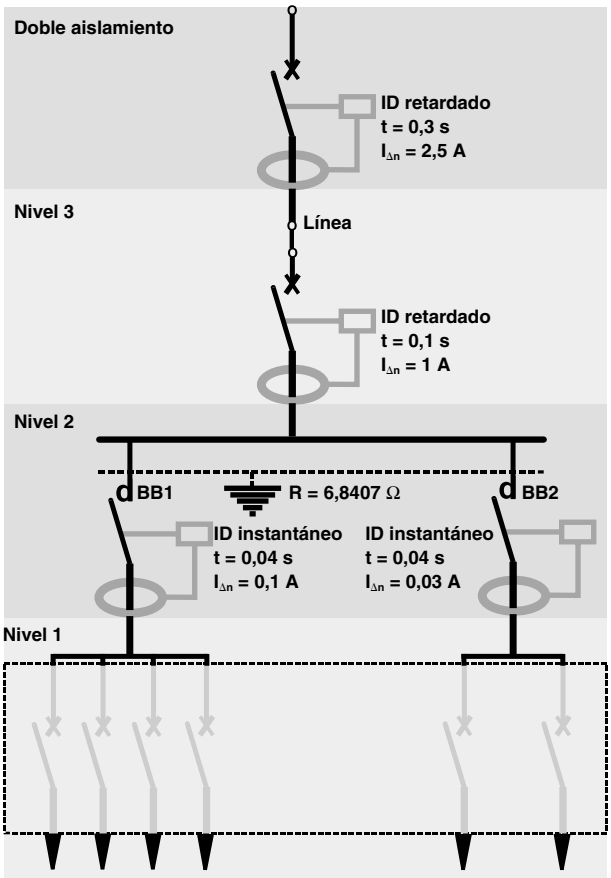


Fig. G8-042: *esquema protecciones contra los choques eléctricos, abonado planta 6.ª, 3.ª*

Toma de tierra para el conjunto de abonados que disponen de dos fuentes de alimentación, alimentados por la compañía A y la compañía B

Este bloque de abonados dispondrán de una toma de tierra individualizada para cada uno:

- El del abonado de las plantas 1.ª, 2.ª y 3.ª
- El del abonado de la planta 7.ª
- El del abonado de los servivios generales.

La toma de tierra debe ser individualizada para cada abonado por que tiene la opción de alimentarse de dos fuentes diferentes. Además deberán mantener una separación suficiente para que ninguna toma de tierra del edificio pueda interferir con tensiones parásitas a las demás.

Toma de tierra para el abonado de las plantas 1.ª, 2.ª y 3.ª

■ En la instrucción ITC-BT-30 el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión nos clasifica instalaciones en locales húmedos y mojados, dando por entendido la existencia de los secos.

□ La situación más compleja para cumplir las prescripciones contra los contactos indirectos corresponde a la BB2. La que presenta mayor problemática es la que está más alejada de la toma de tierra natural, los servicios de la 3.ª planta, que deberá disponer de una línea adecuada que le comunique correctamente con la toma de tierra.

□ En un régimen TT la protección debe ser un interruptor diferencial de alta sensibilidad, $I_{\Delta n} \leqslant 30$ mA.

□ Los interruptores diferenciales de alta sensibilidad desconectan en un tiempo máximo de 300 ms a $I_{\Delta n}$ y a 40 μs con $5 \cdot I_{\Delta n}$

■ **El cálculo de la puesta a tierra.**

Se debe dimensionar para poder cumplir las condiciones BB2 en la 3.ª planta:

■ Tensión de contacto U_c.

En la fig. G1-015, pág. G/40, podemos encontrar la tensión de contacto máxima en locales BB2 (25 V), y para un tiempo máximo de contacto de 0,1 s que tarda el DDR en desconectar:

$U_c = 95$ V

□ La resistencia de puesta a tierra del centro de transformación según información de la empresa suministradora es de:

$R_B = 10\ \Omega$

□ Cuál debe ser la resistencia de puesta a tierra de la instalación (R_A).

A partir de estos datos podemos calcular la resistencia de puesta a tierra del bloque de viviendas y desde ella toda su configuración (ver en el apartado G3 “La desconexión automática en esquema TT”, pág. G/62).

$$U_c = R_A \cdot I_d = R_A \cdot \frac{U_0}{R_A + R_B} = 95 \text{ V}$$

$$R_A = \frac{R_B}{\frac{U_0}{U_c} - 1} = \frac{10\ \Omega}{\frac{230 \text{ V}}{95 \text{ V}} - 1} = 7{,}0373\ \Omega$$

¿Qué estructura debe tener la puesta a tierra si las mediciones del terreno nos dan una resistividad de 150 Ω/m?:

□ En el apartado 5 del capítulo F del primer volumen, tabla F5-010, pág. F/96, disponemos de un tabulado de cálculo de la resistencia de puestas a tierra en función de unas tablas. Necesitamos una resistencia total de puesta a tierra de 7,0372 Ω en un terreno de resistividad 150 Ω/m.

Esta resistencia total corresponde a la resistencia de puesta a tierra R_A, más la resistencia de la puesta a tierra al cuadro de protección y medida (R_1), más la derivación individual desde el cuadro de protección y medida, al CGBT del abonado de la 1.ª, 2.ª y 3.ª planta (R_{DI}), más la del CGBT a la del CDBT de la 3.ª planta (R_2), más la del cuadro al servicio de la 3.ª planta (R_3).

Una precaución se ha de tomar: las derivaciones (conductores activos) de cada abonado y la línea de puesta a tierra han de seguir el mismo camino y lo más próximo posible para cumplir las prescripciones sobre la CEM.

■ Cálculo de la resistencia de puesta a tierra.

□ Resistencia de la unión de la toma de tierra al cuadro de protección y medida (acometida) (R_1):

Longitud, 15 m

Sección 35 mm² (Cu)

Resistencia, R_1

$$R_1 = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{15 \text{ m}}{35 \text{ mm}^2} = 0{,}007653\ \Omega$$

□ Resistencia derivación individual con canalización prefabricada (R_{DI}):
El CGBT del abonado está situado en la 1.ª planta.
Longitud, 18 m
Sección equivalente del conductor de protección 127 mm² (Cu)
Resistencia, R_{DI}

$$R_{DI} = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{18\ m}{127\ mm^2} = 0{,}0025309\ \Omega$$

□ Resistencia unión del CGBT al cuadro de distribución CDBT(2) de la tercera planta (R_2):
El CDBT(2) del abonado está situado en la 3.ª planta.
Longitud, 12 m
Sección equivalente 78 mm² (Cu)
Resistencia, R_2

$$R_2 = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{12\ m}{78\ mm^2} = 0{,}0041208\ \Omega$$

□ Resistencia derivación del cuadro CDBT(2) al servicio de la 3.ª planta (R_4):
Longitud, 20 m
Sección 2,5 mm² (Cu)
Resistencia, R_3

$$R_2 = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{20\ m}{2{,}5\ mm^2} = 0{,}1428571\ \Omega$$

□ Valor de la resistencia de la toma de tierra:

$$R_{AT} = R_A + R_1 + R_{DI} + R_2 + R_3 = 7{,}0373\ \Omega$$
$$R_A = R_{AT} - (R_1 + R_{DI} + R_2 + R_3) =$$
$$= 7{,}0373 - (0{,}0076 + 0{,}0025 + 0{,}0041 + 0{,}1428) = 6{,}88\ \Omega$$

■ En el apartado 5 del capítulo F del primer volumen, tabla F5-010, pág. F/96, disponemos de un tabulado de cálculo de la resistencia de puestas a tierra en función de unas tablas. Necesitamos una puesta a tierra de 6,88 Ω en una resistividad del terreno de 150 Ω/m. El coeficiente K_r de la tabla deberá ser próximo a:

$$K_r = \frac{R_A}{\rho} = \frac{6{,}88\ \Omega}{150\ \Omega/m} = 0{,}0458$$

El más próximo es la configuración 40–40/5/88, K_r = 0,045.
■ Resistencia de una configuración 40–40/5/88:

$$R_{40-40/5/88} = \rho \cdot K_r\ 150\ \Omega/m \cdot 0{,}045 = 6{,}75\ \Omega$$

□ Resistencia total de la toma de tierra:

$$R_{AT} = R_A + R_1 + R_{DI} + R_2 + R_3 =$$
$$= 6{,}75\ \Omega + 0{,}0076\ \Omega + 0{,}0025\ \Omega + 0{,}0041\ \Omega + 0{,}1428\ \Omega = 6{,}90717\ \Omega$$

■ La intensidad de fuga será:

$$I_d = \frac{U_0}{R_{AT} + R_B} = \frac{230\ V}{6{,}90717\ \Omega + 10\ \Omega} = 13{,}6037\ A$$

■ El tiempo de desconexión será:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{13{,}6037\ A}{0{,}03\ A} = 453$$
$$t_{(inst)} = (453 > 5 \cdot I_{\Delta n}) = 40\ \mu s$$

■ La tensión de contacto será:

$$U_c = R_{AT} \cdot I_d = 6{,}90717\ A \cdot 13{,}6037\ \Omega = 93{,}96\ V$$

En la fig. G1-015, pág. G/40, podemos encontrar en la curva de la tensión de contacto máxima en locales BB2 (25 V), que para una tensión de contacto U_c = 93,96 V el tiempo máximo de contacto es de 0,1 s. Los DDR propuestos para estos valores tardan en desconectar 40 µs, dos veces y media menos.

Cálculo de la protección en Zona BB1:

■ La resistencia total de puesta a tierra.

La resistencia de puesta a tierra comprende la resistencia de puesta a tierra R_A, más la resistencia de la puesta a tierra a la centralización de contadores (R_1), más la derivación individual desde el cuadro de protección y medida, al CGBT del abonado de la 1.ª, 2.ª y 3.ª planta (R_{DI}), más la del CGBT a la del CDBT de la 3.ª planta (R_2), más la del cuadro al punto más alejado (R_4).

□ Resistencia derivación (R_4):

Longitud, 45 m

Sección 2,5 mm² (Cu)

Resistencia, R_4

$$R_4 = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{45\ m}{2{,}5\ mm^2} = 0{,}32143\ \Omega$$

□ Resistencia total de la toma de tierra:

$$R_{AT} = R_A + R_1 + R_{DI} + R_2 + R_4 =$$
$$= 6{,}75\ \Omega + 0{,}0076\ \Omega + 0{,}0025\ \Omega + 0{,}0041\ \Omega + 0{,}32143\ \Omega = 7{,}0858\ \Omega$$

■ La intensidad de fuga será:

$$I_d = \frac{U_0}{R_{AT} + R_B} = \frac{230\ V}{7{,}0858\ \Omega + 10\ \Omega} = 13{,}462\ A$$

■ El tiempo de desconexión será:

□ Para un aparato de 300 mA:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{13{,}462\ A}{0{,}3\ A} = 44$$
$$t_{(inst)} = (44 > 5 \cdot I_{\Delta n}) = 40\ \mu s$$

□ Para un aparato de 100 mA:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{13{,}462\ A}{0{,}1\ A} = 134$$
$$t_{(inst)} = (134 > 5 \cdot I_{\Delta n}) = 40\ \mu s$$

■ La tensión de contacto será:

$$U_c = R_{AT} \cdot I_d = 7{,}0858\ A \cdot 13{,}462\ \Omega = 95{,}39\ V$$

En la fig. G1-015, pág. G/40, podemos encontrar en la curva de la tensión de contacto máxima en locales BB1 (50 V), que para una tensión de contacto U_c = 95,39 V el tiempo máximo de contacto es de 0,35 s. Los DDR propuestos para estos valores tardan en desconectar 40 µs, unas ocho veces menos.

Resoluciones

■ Para una protección en cascada de diferentes interruptores a corriente diferencial residual, las protecciones adecuadas serían:

□ Zona BB2, interruptor diferencial de alta sensibilidad de 10 mA o 30 mA.

□ Zona BB1, interruptor diferencial de alta o media sensibilidad, 30 mA o 100 mA.

■ Las protecciones desde la acometida, de doble aislamiento, de protección y medida hasta el CGBT y de éste a los demás niveles tendremos una selectividad de tres niveles:

□ Nivel 3:

La protección de la línea de derivación individual DI del cuadro de protección y medida (acometida) al CGBT transcurre en zona BB1:

– El tiempo máximo de desconexión:

según cálculos U_c = 95,39 V para situación BB1, t < 0,4 s.

Si retardamos a una regulación 0,3 s la tensión de contacto permitida será U_c = 100 V > 95,39 V

– La intensidad de fuga:

según cálculos I_d = 13,462 A.

Si regulamos a 2,5 A tendremos: $\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{13{,}462\ A}{2{,}5\ A} = 5{,}38 > 5 \cdot I_{\Delta n}$

□ Nivel 2:

La protección general del CGBT, situado en zona BB1:

– El tiempo máximo de desconexión:

según cálculos U_c = 95,39 V para situación BB1, t < 0,4 s.

Si retardamos a una regulación 0,1 s la tensión de contacto permitida será U_c = 150 V > 95,39 V

– La intensidad de fuga:

según cálculos I_d = 13,462 A.

Si regulamos a 1 A tendremos: $\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{13{,}462\ A}{1\ A} = 13{,}46 > 5 \cdot I_{\Delta n}$

□ Nivel 1:

Zona BB1:

– El tiempo máximo de desconexión:

según cálculos U_c = 95,39 V para situación BB1, t < 0,4 s.

Mantenemos el dispositivo de instantáneo

– La intensidad de fuga:

según cálculos I_d = 13,462 A.

Si situamos un DDR de 0,3 A tendremos: $\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{13{,}462\ A}{0{,}3\ A} = 44{,}8 > 5 \cdot I_{\Delta n}$

Zona BB2:

– El tiempo máximo de desconexión:

según cálculos U_c = 93,96 V, para situación BB2 0,1 s.

Mantenemos el dispositivo de instantáneo.

– La intensidad de fuga:

según cálculos I_d = 13,6037 A.

Si situamos un DDR de 0,03 A tendremos: $\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{13{,}462\ A}{0{,}03\ A} = 448 > 5 \cdot I_{\Delta n}$

Pautas para la regulación.

■ La intensidad:

□ En el último nivel, que corresponde al primero en el sentido de aguas abajo, la intensidad sea la quinta parte de la intensidad de fuga de cálculo.

□ En los niveles intermedios se sitúe entre una mitad y un tercio de la regulación aguas arriba.

□ En el primer nivel, el de máxima seguridad, siempre inferior a la décima parte de la corriente de fuga de cálculo.

■ El tiempo:

□ El primer nivel instantáneo (40 μs).

□ En el segundo, no sobrepasar el valor máximo de la fig. G1-015, pág. G/40, para la zona más dificultosa (BB2), con el fin de que actúe de reaseguramiento del primero.

□ En el último, no sobrepasar el valor máximo de la fig. G1-015, pág. G/40, para la zona menos dificultosa (BB1).

La alimentación de los equipos informáticos:

■ Consideraciones generales.

Para poder garantizar una máxima continuidad de servicio, el abonado se suministra desde dos empresas distintas y con la garantía por parte de las mismas que los suministros provienen de doble circuito en bucle (MT/BT).

La compañía A el bucle lo tiene en MT y una derivación individual desde embarrado de baño para el abonado y la compañía B, el bucle en BT.

Pero para mantener al máximo la continuidad de servicio y para poder atender al máximo el proceso informático, se instala una fuente de alimentación ininterrumpida (SAI) que mantiene la alimentación de los circuitos informáticos durante los microcortes propios de los suministros, las bajadas de tensión y los tiempos de conmutación automática de los suministros.

No obstante para prever cualquier circunstancia catastrófica, la SAI mantiene la alimentación durante 25 minutos, que es el tiempo que el abonado ha previsto para realizar el cierre correctamente de los programas informáticos que utiliza.

■ Régimen de neutro.

En un régimen IT las puestas a tierra y las protecciones se calculan para el caso de dos defectos simultáneos y en las mismas condiciones que un régimen TN.

Para el cálculo se necesita conocer el dimensionado de la instalación, dato que hasta el próximo 5.º volumen no coneceremos y en él efectuaremos el desarrollo.

□ Protecciones con interruptores diferenciales.

No obstante con protecciones diferenciales también podremos protegernos contra los contactos indirectos en un régimen IT, el cual exponemos en este capítulo como una posible alternativa, la cual se convierte en única cuando no se pueden controlar las posibles corrientes de choque, del segundo defecto, en los tiempos tolerables por el cuerpo humano con el solo control de las sobreintensidades.

■ La puesta a tierra de las masas:

□ Puesta a tierra común.

El valor de la resistencia de puesta a tierra tiene solamente importancia para el detector de fugas permanentes, cuando la puesta a tierra es común a todas las masas la importancia la tienen las conexiones equipotenciales de masas.

□ Puestas a tierra individuales.

Entran en el juego de las protecciones con interruptores automáticos, puesto que forman parte del circuito de fuga.

No obstante, se precisa de un controlador permanente de aislamiento y de un equipo de mantenimiento durante las horas de explotación del sistema informático. La reparación o aislamiento del primer defecto debe realizarse de forma inmediata antes de la aparición del segundo defecto.

En nuestro caso dispondremos de una red equipotencial de todas las masas de los equipos conectados a l circuito de régimen IT, el cual conectaremos al borne principal de tierra del CGBT.

■ Dimensionado de la puesta a tierra:

□ Valor de la resistencia de puesta a tierra y su conexión al cuadro general del abonado en la planta 1.ª, donde se sitúa el transformador de aislamiento BT/BT, será:

La resistencia de la toma de tierra (R_A), la resistencia de la toma de tierra al cuadro de protección y medida (R_1), la resistencia de la derivación individual (R_{DI}) y la resistencia del cuadro general de baja tensión CGBT al punto más alejado del cuadro de la red equipotencial (R_5).

□ La resistencia al punto más alejado.

Longitud, 30 m

Sección, 4 mm^2 (Cu)

Resistencia R^5

$$R_5 = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{30\ m}{4\ mm^2} = 0{,}13393\ \Omega$$

□ Resistencia total de la toma de tierra:

$$R_{AT} = R_A + R_1 + R_{DI} + R_5 = 6{,}75\ \Omega + 0{,}0076\ \Omega + 0{,}0025\ \Omega + 0{,}13393\ \Omega = 6{,}894\ \Omega$$

Toma de tierra para el abonado de la planta 7.ª

■ En la instrucción ITC-BT-30 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión nos clasifica instalaciones en locales húmedos y mojados, dando por entendido la existencia de los secos

□ La situación más compleja para cumplir las prescripciones contra los contactos indirectos corresponde a la BB2. La que presenta mayor problemática es la que está más alejada de la toma de tierra natural, los servicios de la 3.ª planta, que deberá disponer de una línea adecuada que le comunique correctamente con la toma de tierra.

□ En un régimen TT la protección debe ser un interruptor diferencial de alta sensibilidad, $I_{\Delta n} \leqslant 30$ mA.

□ Los interruptores diferenciales de alta sensibilidad desconectan en un tiempo máximo de 300 ms a $I_{\Delta n}$ y a 40 μs con $5 \cdot I_{\Delta n}$.

■ El cálculo de la puesta a tierra.

Se debe dimensionar para poder cumplir las condiciones BB2 en la 7.ª planta:

■ Tensión de contacto U_c.

En la fig. G1-015, pág. G/40, podemos encontrar la tensión de contacto máxima en locales BB2 (25 V), y para un tiempo máximo de contacto de 0,1 s que tarda el DDR en desconectar:

$U_c = 95$ V

□ La resistencia de puesta a tierra del centro de transformación según información de la empresa suministradora es de:

$R_B = 10\ \Omega$

□ Cuál debe ser la resistencia de puesta a tierra de la instalación (R_A).

A partir de estos datos podemos calcular la resistencia de puesta a tierra del bloque de viviendas y desde ella toda su configuración (ver en el apartado G3 “La desconexión automática en esquema TT”, pág. G/62).

$$U_c = R_A \cdot I_d = R_A \cdot \frac{U_0}{R_A + R_B} = 95\ V$$

$$R_A = \frac{R_B}{\frac{U_0}{U_c} - 1} = \frac{10\ \Omega}{\frac{230\ V}{95\ V} - 1} = 7{,}0373\ \Omega$$

■ Esquema abonado plantas 1.ª, 2.ª y 3.ª:

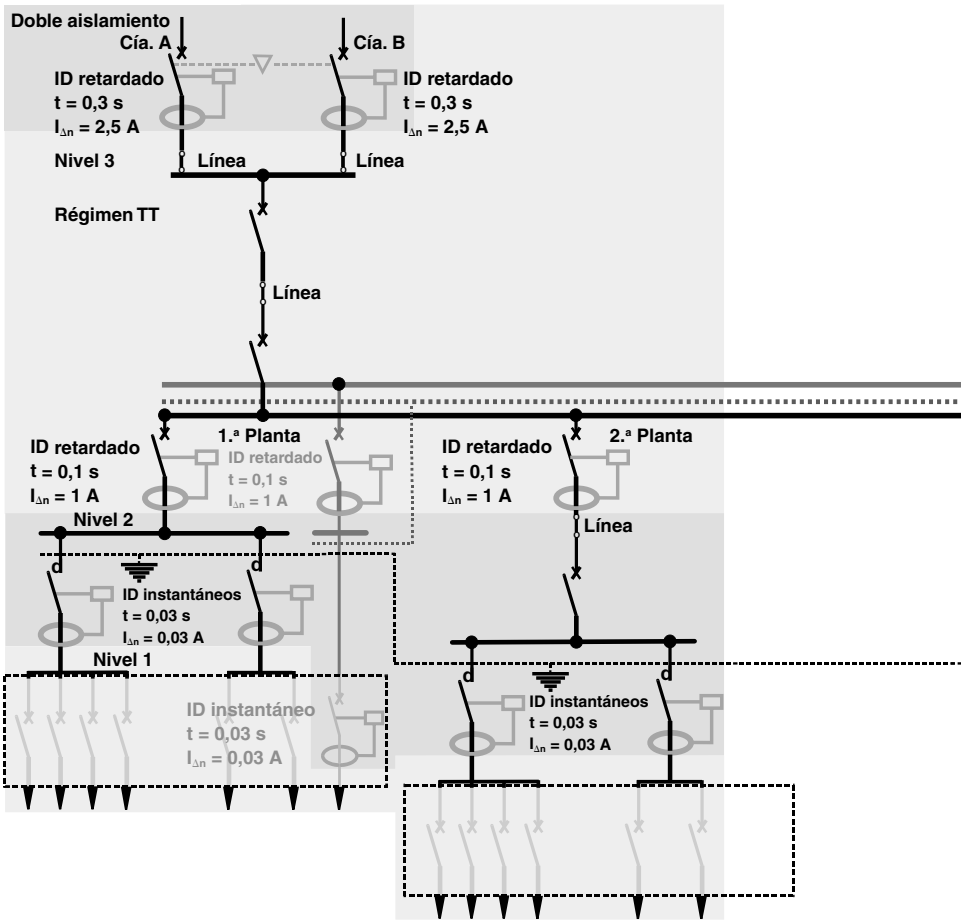
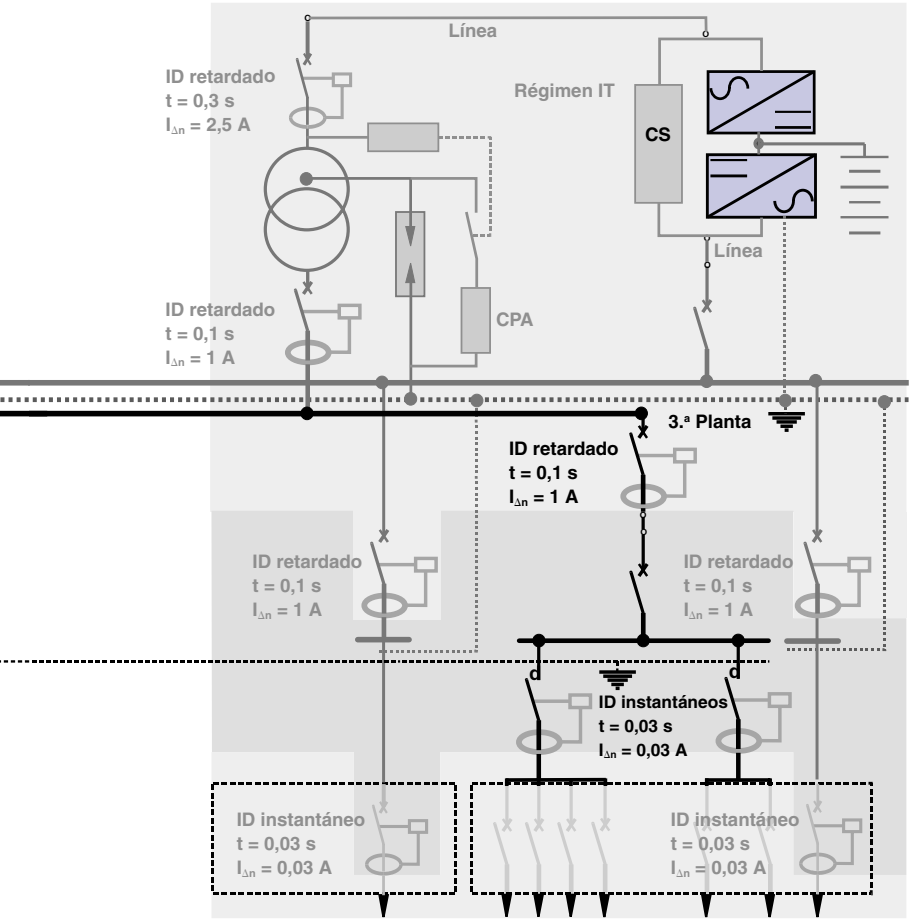


Fig. G8-043: *esquema protecciones contra los choques eléctricos, abonado plantas 1.ª, 2.ª y 3.ª*



¿Qué estructura debe tener la puesta a tierra si las mediciones del terreno nos dan una resistividad de 150 Ω/m?:

■ En el apartado 5 del capítulo F del primer volumen, tabla F5-010, pág. F/96, disponemos de un tabulado de cálculo de la resistencia de puestas a tierra en función de unas tablas. Necesitamos una resistencia total de puesta a tierra de 7,0372 Ω en un terreno de resistividad 150 Ω/m.

Esta resistencia total corresponde a la resistencia de puesta a tierra R_A, más la resistencia de la puesta a tierra al cuadro de protección y medida (R_1), más la derivación individual desde el cuadro de protección y medida, al CGBT del

abonado de la 7.ª planta (R_{DI}), más la del CGBT a la del cuadro al servicio de la 7.ª planta (R_2).
Una precaución se ha de tomar: las derivaciones (conductores activos) de cada abonado y la línea de puesta a tierra han de seguir el mismo camino y lo más próximo posible para cumplir las prescripciones sobre la CEM.

■ Cálculo de la resistencia de puesta a tierra.

□ Resistencia de la unión de la toma de tierra al cuadro de protección y medida (acometida) (R_1):
Longitud, 15 m
Sección 35 mm² (Cu)
Resistencia, R_1

$$R_1 = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{15\ m}{35\ mm^2} = 0{,}007653\ \Omega$$

□ Resistencia derivación individual con canalización prefabricada (R_{DI}):
El CGBT del abonado está situado en la 7.ª planta.
Longitud, 50 m
Sección equivalente del conductor de protección 127 mm² (Cu)
Resistencia, R_{DI}

$$R_{DI} = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{50\ m}{127\ mm^2} = 0{,}00703\ \Omega$$

□ Resistencia derivación del cuadro CGBT al servicio de la 7.ª planta (R_2):
Longitud, 12 m
Sección 2,5 mm² (Cu)
Resistencia, R_2

$$R_2 = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{12\ m}{2{,}5\ mm^2} = 0{,}0858\ \Omega$$

□ Valor de la resistencia de la toma de tierra:

$R_{AT} = R_A + R_1 + R_{DI} + R_2 = 7{,}0373\ \Omega$
$R_A = R_{AT} - (R_1 + R_{DI} + R_2) = 7{,}0373 - (0{,}007605 + 0{,}00703 + 0{,}0858) = 6{,}9368\ \Omega$

■ En el apartado 5 del capítulo F del primer volumen, tabla F5-010, pág. F/96, disponemos de un tabulado de cálculo de la resistencia de puestas a tierra en función de unas tablas. Necesitamos una puesta a tierra de 6,9368 Ω en una resistividad del terreno de 150 Ω/m. El coeficiente K_r de la tabla deberá ser próximo a:

$$K_r = \frac{R_A}{\rho} = \frac{6{,}9368\ \Omega}{150\ \Omega/m} = 0{,}04624$$

El más próximo es la configuración 70–40/5/86, $K_r = 0{,}046$.

■ Resistencia de una configuración 70–40/5/86:

$$R_{70-40/5/86} = \rho \cdot K_r\ 150\ \Omega/m \cdot 0{,}046 = 6{,}9\ \Omega$$

□ Resistencia total de la toma de tierra:

$R_{AT} = R_A + R_1 + R_{DI} + R_2 = 6{,}9\ \Omega + 0{,}00765\ \Omega + 0{,}00703\ \Omega + 0{,}0858\ \Omega = 7{,}00048\ \Omega$

■ La intensidad de fuga será:

$$I_d = \frac{U_0}{R_{AT} + R_B} = \frac{230\ V}{7{,}00048\ \Omega + 10\ \Omega} = 13{,}529\ A$$

■ El tiempo de desconexión será:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{13{,}529\ A}{0{,}03\ A} = 450$$
$$t_{(inst)} = (450 > 5 \cdot I_{\Delta n}) = 40\ \mu s$$

■ La tensión de contacto será:

$$U_c = R_{AT} \cdot I_d = 7{,}00048\ \Omega \cdot 13{,}529\ A = 94{,}71\ V$$

En la fig. G1-015, pág. G/40, podemos encontrar en la curva de la tensión de contacto máxima en situaciones BB2 (25 V), que para una tensión de contacto U_c = 94,71 V el tiempo máximo de contacto es de 0,1 s. Los DDR propuestos para estos valores tardan en desconectar 40 μs, dos veces y media menos.

Cálculo de la protección en Zona BB1:

■ La resistencia total de puesta a tierra.

Esta resistencia total corresponde a la resistencia de puesta a tierra R_A, más la resistencia de la puesta a tierra al cuadro de protección y medida (R_1), más la derivación individual desde el cuadro de protección y medida, al CGBT del abonado de la 7.ª planta (R_{DI}), más la del CGBT al punto más alejado de la 7.ª planta (R_3).

□ Resistencia derivación (R_3):

Longitud, 45 m

Sección 2,5 mm^2 (Cu)

Resistencia, R_3

$$R_3 = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{45\ m}{2{,}5\ mm^2} = 0{,}32143\ \Omega$$

□ Resistencia total de la toma de tierra:

$$R_{AT} = R_A + R_1 + R_{DI} + R_3 = 6{,}75\ \Omega + 0{,}00765\ \Omega + 0{,}00703\ \Omega + 0{,}32143\ \Omega = 7{,}0862\ \Omega$$

■ La intensidad de fuga será:

$$I_d = \frac{U_0}{R_{AT} + R_B} = \frac{230\ V}{7{,}0862\ \Omega + 10\ \Omega} = 13{,}462\ A$$

■ El tiempo de desconexión será:

□ Para un aparato de 300 mA:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{13{,}462\ A}{0{,}3\ A} = 44$$
$$t_{(inst)} = (44 > 5 \cdot I_{\Delta n}) = 40\ \mu s$$

□ Para un aparato de 100 mA:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{13{,}462\ A}{0{,}1\ A} = 134$$
$$t_{(inst)} = (134 > 5 \cdot I_{\Delta n}) = 40\ \mu s$$

■ La tensión de contacto será:

$$U_c = R_{AT} \cdot I_d = 7{,}0862\ \Omega \cdot 13{,}462\ A = 95{,}39\ V$$

En la fig. G1-015, pág. G/40, podemos encontrar en la curva de la tensión de contacto máxima en locales BB1 (50 V), que para una tensión de contacto

U_c = 95,39 V el tiempo máximo de contacto es de 0,35 s. Los DDR propuestos para estos valores tardan en desconectar 40 μs, unas ocho veces menos.

Resoluciones

■ Para una protección en cascada de diferentes interruptores a corriente diferencial residual, las protecciones adecuadas serían:

□ Zona BB2, interruptor diferencial de alta sensibilidad de 10 mA o 30 mA.

□ Zona BB1, interruptor diferencial de alta o media sensibilidad, 30 mA o 100 mA.

■ Las protecciones desde la acometida, de doble aislamiento, de protección y medida hasta el CGBT y de éste a los demás niveles tendremos una selectividad de tres niveles:

□ Nivel 3:

La protección de la línea de derivación individual DI del cuadro de protección y medida (acometida) al CGBT transcurre en zona BB1:

– El tiempo máximo de desconexión:

según cálculos U_c = 95,39 V para situación BB1, t < 0,4 s.

Si retardamos a una regulación de 0,3 s la tensión de contacto permitida será U_c = 100 V > 95,39 V de cálculo.

– La intensidad de fuga:

según cálculos I_d = 13,462 A.

Si regulamos a 2,5 A tendremos: $\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{13{,}462\ A}{2{,}5\ A} = 5{,}38 > 5 \cdot I_{\Delta n}$

□ Nivel 2:

La protección general del CGBT, situado en zona BB1:

– El tiempo máximo de desconexión:

según cálculos U_c = 95,39 V para situación BB1, t < 0,4 s.

Si retardamos a una regulación de 0,1 s la tensión de contacto permitida será U_c = 150 V > 95,39 V de cálculo.

– La intensidad de fuga:

según cálculos I_d = 13,462 A.

Si regulamos a 1 A tendremos: $\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{13{,}462\ A}{1\ A} = 13{,}46 > 5 \cdot I_{\Delta n}$

□ Nivel 1:

Zona BB1:

– El tiempo máximo de desconexión:

según cálculos U_c = 95,39 V para situación BB1, t < 0,4 s.

Mantenemos el dispositivo de instantáneo.

– La intensidad de fuga:

según cálculos I_d = 13,462 A

Si situamos un DDR de 0,3 A tendremos: $\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{13{,}462\ A}{0{,}3\ A} = 44{,}8 > 5 \cdot I_{\Delta n}$

Zona BB2:

– El tiempo máximo de desconexión:

según cálculos Uc = 93,96 V, para situación BB2 0,1 s.

Mantenemos el dispositivo de instantáneo.

– La intensidad de fuga:

según cálculos I_d = 13,6037 A.

Si situamos un DDR de 0,03 A tendremos: $\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{13{,}462\ A}{0{,}03\ A} = 448 > 5 \cdot I_{\Delta n}$

Pautas para la regulación

■ La intensidad:

□ En el último nivel, que corresponde al primero en el sentido de aguas abajo, la intensidad sea la quinta parte de la intensidad de fuga de cálculo.

□ En los niveles intermedios se sitúe entre una mitad y un tercio de la regulación aguas arriba.
□ En el primer nivel, el de máxima seguridad, siempre inferior a la décima parte de la corriente de fuga de cálculo.
■ El tiempo:
□ El primer nivel instantáneo (40 μs).
□ En el segundo, no sobrepasar el valor máximo de la fig. G1-015, pág. G/40, para la zona más dificultosa (BB2), con el fin de que actúe de reaseguramiento del primero.
□ En el último, no sobrepasar el valor máximo de la fig. G1-015, pág. G/40, para la zona menos dificultosa (BB1).
■ Esquema abonado planta servicios generales:

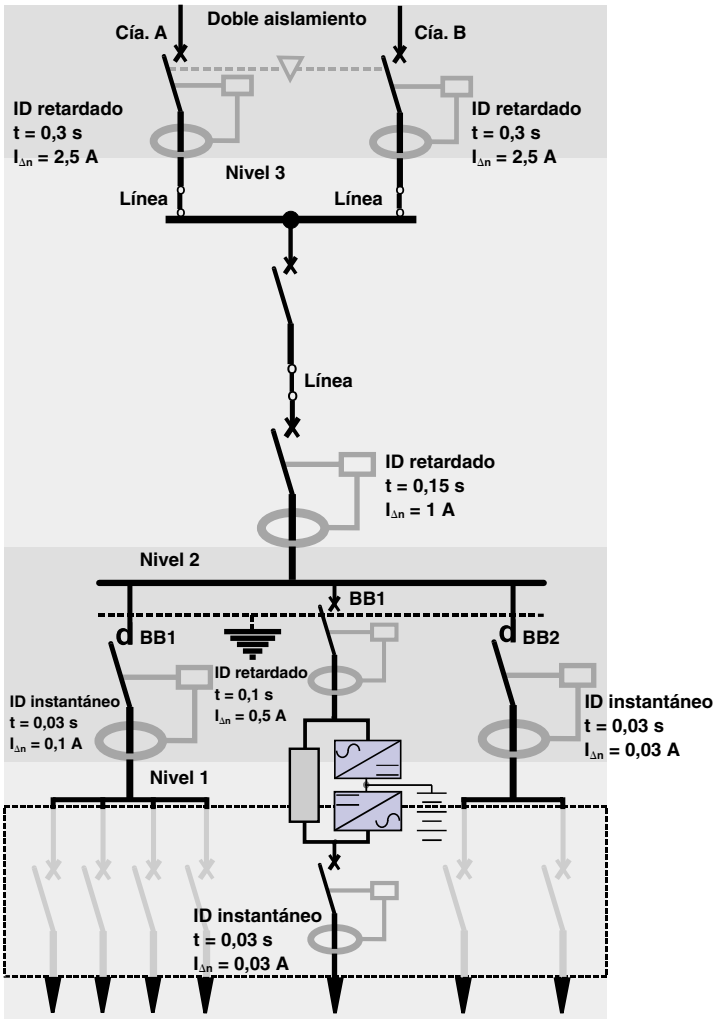


Fig. G8-044: *esquema protecciones contra los choques eléctricos, abonado planta 7.ª*

Toma de tierra para los servicios generales

■ En la instrucción ITC-BT-30 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión nos clasifica instalaciones en locales húmedos y mojados, dando por entendido la existencia de los secos.

□ La situación más compleja para cumplir las prescripciones contra los contactos indirectos corresponde a la BB2.

La zona BB2 corresponde al vestíbulo exterior y la azotea.

La que presenta mayor problemática es la que está más alejada de la toma de tierra natural, la azotea, que deberá disponer de una línea adecuada que le comunique correctamente con la toma de tierra.

□ En un régimen TT la protección debe ser un interruptor diferencial de alta sensibilidad, $I_{\Delta n} \leqslant 30$ mA.

□ Los interruptores diferenciales de alta sensibilidad desconectan en un tiempo máximo de 300 ms a $I_{\Delta n}$ y a 40 μs con $5 \cdot I_{\Delta n}$.

■ **El cálculo de la puesta a tierra.**

Se debe dimensionar para poder cumplir las condiciones BB2 en la azotea:

■ Tensión de contacto U_c.

En la fig. G1-015, pág. G/40, podemos encontrar la tensión de contacto máxima en locales BB2 (25 V), y para un tiempo máximo de contacto de 0,1 s que puede tardar el DDR en desconectar:

$U_c = 95$ V

□ La resistencia de puesta a tierra del centro de transformación según información de la empresa suministradora es de:

$R_B = 10\ \Omega$

□ Cual debe ser la resistencia de puesta a tierra de la instalación (R_A).

A partir de estos datos podemos calcular la resistencia de puesta a tierra de los servicios generales del bloque de viviendas y desde ella toda su configuración (ver en el apartado G3 “La desconexión automática en esquema TT”, pág. G/62).

$$U_c = R_A \cdot I_d = R_A \cdot \frac{U_0}{R_A + R_B} = 95 \text{ V}$$

$$R_A = \frac{R_B}{\frac{U_0}{U_c} - 1} = \frac{10\ \Omega}{\frac{230 \text{ V}}{95 \text{ V}} - 1} = 7{,}0373\ \Omega$$

¿Qué estructura debe tener la puesta a tierra si las mediciones del terreno nos dan una resistividad de 150 Ω/m?

■ En el apartado 5 del capítulo F del primer volumen, tabla F5-010, pág. F/96, disponemos de un tabulado de cálculo de la resistencia de puestas a tierra, en función de la resistividad del terreno. Necesitamos una resistencia total de puesta a tierra de 7,037 Ω en un terreno de resistividad 150 Ω/m. Esta resistencia total corresponde: a la resistencia de puesta a tierra R_A, más la resistencia de la puesta a tierra al cuadro de protección y contaje (acometida) (R_1), más la derivación individual (DI) al CGBT de los servicios generales (R_{DI}), más la de la derivación al punto más alejado (R_2).

Una precaución se ha de tomar: las derivaciones (conductores activos) de cada abonado y la línea de puesta a tierra han de seguir el mismo camino y lo más próximo posible para cumplir las prescripciones sobre la CEM.

■ Cálculo de la resistencia de puesta a tierra.

□ Resistencia de la unión de la toma de tierra al cuadro de protección y medida (acometida) (R_1):

Longitud, 15 m

Sección 35 mm^2 (Cu)

Resistencia, R_1

$$R_1 = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{15 \text{ m}}{35 \text{ mm}^2} = 0{,}007653\ \Omega$$

□ Resistencia derivación individual, del cuadro de protección y medida al CGBT, con canalización prefabricada (R_{DI}):
El CGBT del abonado está situado en el primer sótano.
Longitud, 25 m
Sección equivalente del conductor de protección 127 mm² (Cu)
Resistencia, R_{DI}

$$R_{DI} = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{25\ m}{127\ mm^2} = 0{,}003515\ \Omega$$

□ Resistencia derivación del cuadro CGBT al CDBT en la azotea(R_2), con canalización prefabricada (R_{DI}):
Sección equivalente del conductor de protección 127 mm² (Cu)
Longitud, 50 m
Sección 127 mm² (Cu)
Resistencia, R_2

$$R_2 = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{50\ m}{127\ mm^2} = 0{,}00703\ \Omega$$

□ Resistencia derivación del CDBT de la azotea al punto más alejado (R_3):
Longitud, 25 m
Sección 4 mm² (Cu)
Resistencia, R_3

$$R_3 = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{25\ m}{4\ mm^2} = 0{,}1116\ \Omega$$

□ Valor de la resistencia de puesta a tierra y su conexión a la centralización de contadores.
□ Valor de la resistencia de la toma de tierra:

$$R_A = R_{AT} - (R_1 + R_{DI} + R_2 + R_3) =$$
$$= 7{,}0373 - (0{,}007605 + 0{,}003515 + 0{,}00703 + 0{,}1116) = 6{,}90755\ \Omega$$

■ En el apartado 5 del capítulo F del primer volumen, tabla F5-010, pág. F/96, disponemos de un tabulado de cálculo de la resistencia de puestas a tierra en función de unas tablas. Necesitamos una puesta a tierra de 6,9368 Ω en una resistividad del terreno de 150 Ω/m. El coeficiente K_r de la tabla deberá ser próximo a:

$$K_r = \frac{R_A}{\rho} = \frac{6{,}90755\ \Omega}{150\ \Omega/m} = 0{,}04605$$

El más próximo es la configuración 70–40/5/86, K_r = 0,046.
■ Resistencia de una configuración 70–40/5/86:

$$R_{70-40/5/86} = \rho \cdot K_r\ 150\ \Omega/m \cdot 0{,}046 = 6{,}9\ \Omega$$

□ Resistencia total de la toma de tierra:

$$R_{AT} = R_A + R_1 + R_{DI} + R_2 + R_3 =$$
$$= 6{,}9\ \Omega + 0{,}007605\ \Omega + 003515\ \Omega + 0{,}00703\ \Omega + 0{,}1116\ \Omega = 7{,}02975\ \Omega$$

■ La intensidad de fuga será:

$$I_d = \frac{U_0}{R_{AT} + R_B} = \frac{230\ V}{7{,}02975\ \Omega + 10\ \Omega} = 13{,}505\ A$$

■ El tiempo de desconexión será:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{13{,}505\ A}{0{,}03\ A} = 450$$
$$t_{(inst)} = (450 > 5 \cdot I_{\Delta n}) = 40\ \mu s$$

■ La tensión de contacto será:

$$U_c = R_{AT} \cdot I_d = 7{,}02975\ \Omega \cdot 13{,}505\ A = 94{,}93\ V$$

En la fig. G1-015, pág. G/40, podemos encontrar en la curva de la tensión de contacto máxima en situaciones BB2 (25 V), que para una tensión de contacto U_c = 94,93 V el tiempo máximo de contacto es de 0,1 s. Los DDR propuestos para estos valores tardan en desconectar 40 µs, dos veces y media menos.

Cálculo de la protección en Zona BB1:

■ La resistencia total de puesta a tierra (R_A), más la resistencia de la puesta a tierra al cuadro de protección y contaje (acometida) (R_1), más la derivación individual (DI) al CGBT de los servicios generales (R_{DI}), más la de la derivación al punto más alejado (R_4).

□ Resistencia derivación (R_4).

Longitud, 45 m

Sección 2,5 mm² (Cu)

Resistencia, R_4

$$R_4 = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{45\ m}{2{,}5\ mm^2} = 0{,}32143\ \Omega$$

□ Resistencia total de la toma de tierra:

$$R_{AT} = R_A + R_1 + R_{DI} + R_2 + R_4 =$$
$$= 6{,}9\ \Omega + 0{,}00765\ \Omega + 0{,}003515\ \Omega + 0{,}00703\ \Omega + 0{,}32143\ \Omega = 7{,}2396\ \Omega$$

■ La intensidad de fuga será:

$$I_d = \frac{U_0}{R_{AT} + R_B} = \frac{230\ V}{7{,}2396\ \Omega + 10\ \Omega} = 13{,}341\ A$$

■ El tiempo de desconexión será:

□ Para un aparato de 300 mA:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{13{,}341\ A}{0{,}3\ A} = 44$$
$$t_{(inst)} = (44 > 5 \cdot I_{\Delta n}) = 40\ \mu s$$

□ Para un aparato de 100 mA:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{13{,}341\ A}{0{,}1\ A} = 133$$
$$t_{(inst)} = (133 > 5 \cdot I_{\Delta n}) = 40\ \mu s$$

■ La tensión de contacto será:

$$U_c = R_{AT} \cdot I_d = 7{,}2396\ \Omega \cdot 13{,}341\ A = 96{,}57\ V$$

En la fig. G1-015, pág. G/40, podemos encontrar en la curva de la tensión de contacto máxima en locales BB1 (50 V), que para una tensión de contacto U_c = 96,57 V el tiempo máximo de contacto es de 0,35 s. Los DDR propuestos para estos valores tardan en desconectar 40 µs, unas ocho veces menos.

Resoluciones

■ Para una protección en cascada de diferentes interruptores a corriente diferencial residual, las protecciones adecuadas serían:

□ Zona BB2, interruptor diferencial de alta sensibilidad de 10 mA o 30 mA.

□ Zona BB1, interruptor diferencial de alta o media sensibilidad, 30 mA o 100 mA.

■ Las protecciones desde la acometida, de doble aislamiento, de protección y medida hasta el CGBT y de éste a los demás niveles tendremos una selectividad de tres niveles:

□ Nivel 3:

La protección de la línea de derivación individual DI del cuadro de protección y medida (acometida) al CGBT transcurre en zona BB1:

– El tiempo máximo de desconexión:

según cálculos U_c = 95,39 V para situación BB1, t < 0,4 s.

Si retardamos a una regulación de 0,3 s la tensión de contacto permitida será U_c = 100 V > 96,57 V de cálculo .

– La intensidad de fuga:

según cálculos I_d = 13,341 A.

Si regulamos a 2,5 A tendremos: $\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{13{,}341\ A}{2{,}5\ A} = 5{,}33 > 5 \cdot I_{\Delta n}$

□ Nivel 2:

La protección general del CGBT, situado en zona BB1:

– El tiempo máximo de desconexión:

según cálculos Uc = 95,39 V para situación BB1, t < 0,4 s.

Si retardamos a una regulación de 0,1 s la tensión de contacto permitida será U_c = 150 V > 96,57 V de cálculo.

– La intensidad de fuga:

según cálculos I_d = 13,341 A.

Si regulamos a 1 A tendremos: $\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{13{,}341\ A}{1\ A} = 13{,}34 > 5 \cdot I_{\Delta n}$

□ Nivel 1:

Zona BB1:

– El tiempo máximo de desconexión:

según cálculos U_c = 96,57 V para situación BB1, t < 0,4 s.

Mantenemos el dispositivo de instantáneo.

– La intensidad de fuga:

según cálculos I_d = 13,341 A.

Si situamos un DDR de 0,3 A tendremos: $\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{13{,}341\ A}{0{,}3\ A} = 44{,}4 > 5 \cdot I_{\Delta n}$

Zona BB2:

– El tiempo máximo de desconexión:

según cálculos U_c = 94,93 V, para situación BB2 0,1 s.

Mantenemos el dispositivo de instantáneo.

– La intensidad de fuga:

según cálculos I_d = 13,505 A.

Si situamos un DDR de 0,03 A tendremos: $\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{13{,}505\ A}{0{,}03\ A} = 450 > 5 \cdot I_{\Delta n}$

Pautas para la regulación

■ La intensidad:

□ En el último nivel, que corresponde al primero en el sentido de aguas abajo, la intensidad sea la quinta parte de la intensidad de fuga de cálculo.

□ En los niveles intermedios se sitúe entre una mitad y un tercio de la regulación aguas arriba.

□ En el primer nivel, el de máxima seguridad, siempre inferior a la décima parte de la corriente de fuga de cálculo.

■ El tiempo:

□ El primer nivel instantáneo (40 μs).

□ En el segundo, no sobrepasar el valor máximo de la fig. G1-015, pág. G/40, para la zona más dificultosa (BB2), con el fin de que actúe de reaseguramiento del primero.

□ En el último, no sobrepasar el valor máximo de la fig. G1-015, pág. G/40, para la zona menos dificultosa (BB1).

■ Esquema abonado planta servicios generales:

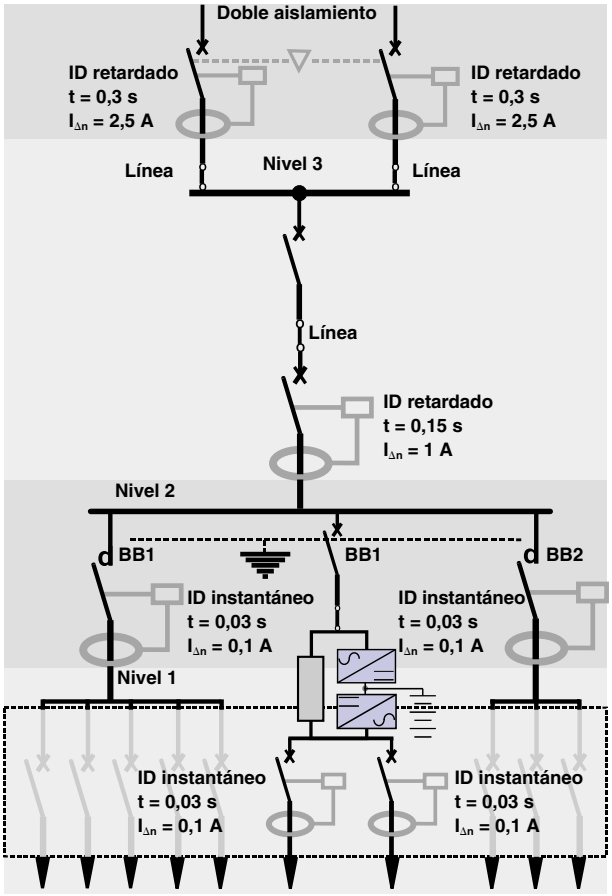


Fig. G8-045: *esquema protecciones contra los choques eléctricos, servicios generales.*

Situación de las puestas a tierra del edificio

Generalidades

Los abonados que disponen de una sola empresa suministradora, común para todos, disponen de una sola toma de tierra común para ellos.
Los abonados que disponen de dos fuentes de alimentación la toma de tierra debe ser independiente para cada una de ellas, para evitar entrelazar corrientes de fugas de dos suministradores diferentes.

Puestas a tierra que intervienen:

■ Puesta a tierra del centro de transformación de la empresa suministradora A. La empresa informa que dispone de una toma de tierra conjunta, longitudinal a lo largo del trazado de la red, con una corriente de fuga I_d = 800 A.
■ Puesta a tierra de los abonados del local comercial, el de las plantas 4.ª y 5.ª, el de la planta 6.ª, 1.ª, el de la planta 6.ª, 2.ª y el de la planta 6.ª, 3.ª:
□ Configuración 40-40/5/88.
□ Intensidad de fuga en BB2, Id = 13,57 A.
□ Intensidad de fuga en BB1, Id = 13,43 A.
■ Puesta a tierra del abonado de las plantas 1.ª, 2.ª y 3.ª.
Dispone de dos puestas a tierra, una para el régimen TT y otra para el régimen IT, los neutros han de estar separados para aislar totalmente los dos regímenes de neutro:
□ Puesta a tierra régimen TT:
– Configuración 40-40/5/88.
– Intensidad de fuga en BB2, I_d = 13,6 A.
– Intensidad de fuga en BB1, I_d = 13,46 A.
□ Puesta a tierra régimen IT:
– Configuración 40-40/5/88.
■ Puesta a tierra del abonado de la planta 7.ª:
□ Configuración 40-40/5/88.
□ Intensidad de fuga en BB2, I_d = 13,52 A.
□ Intensidad de fuga en BB1, I_d = 13,46 A.
■ Puesta a tierra para los servicios generales:
□ Configuración 40-40/5/88.
□ Intensidad de fuga en BB2, I_d= 13,50 A.
□ Intensidad de fuga en BB1, I_d = 13,43 A.

Distancias entre las puestas a tierra

La ITC-BT-18 en el apartado 10 “Tomas de tierra independientes” y el apartado 15 “Separación entre las tomas de tierra de las masas de las instalaciones de utilización y de las masas de un centro de transformación” especifica los criterios de separación e influencia.
Entre las tomas de tierra de los circuitos de baja tensión , según los cálculos realizados no llegará a 50 V, no obstante procuraremos separar el máximo posible las tomas de tierra. La dificultad está entre las puestas a tierra del centro de transformación de la compañía A y la protección contra las descargas atmosféricas del edificio (pararrayos).
Para determinar las distancias entre las puestas a tierra utilizaremos la tabla F5-016, pág. F/103 del primer volumen, que es la que se utiliza para la separación de puestas a tierra en instalaciones de MT/BT, para la separación de la tierra de servicio y la de protección:
■ Tierras del centro de transformación CT, del primer sótano.
Para una corriente de fuga de 800 A y una resistividad de 150 Ω/m le corresponde una distancia de 19 m.

■ Esquema de situación en planta de las diferentes tomas de tierra del edificio:
□ Planta:

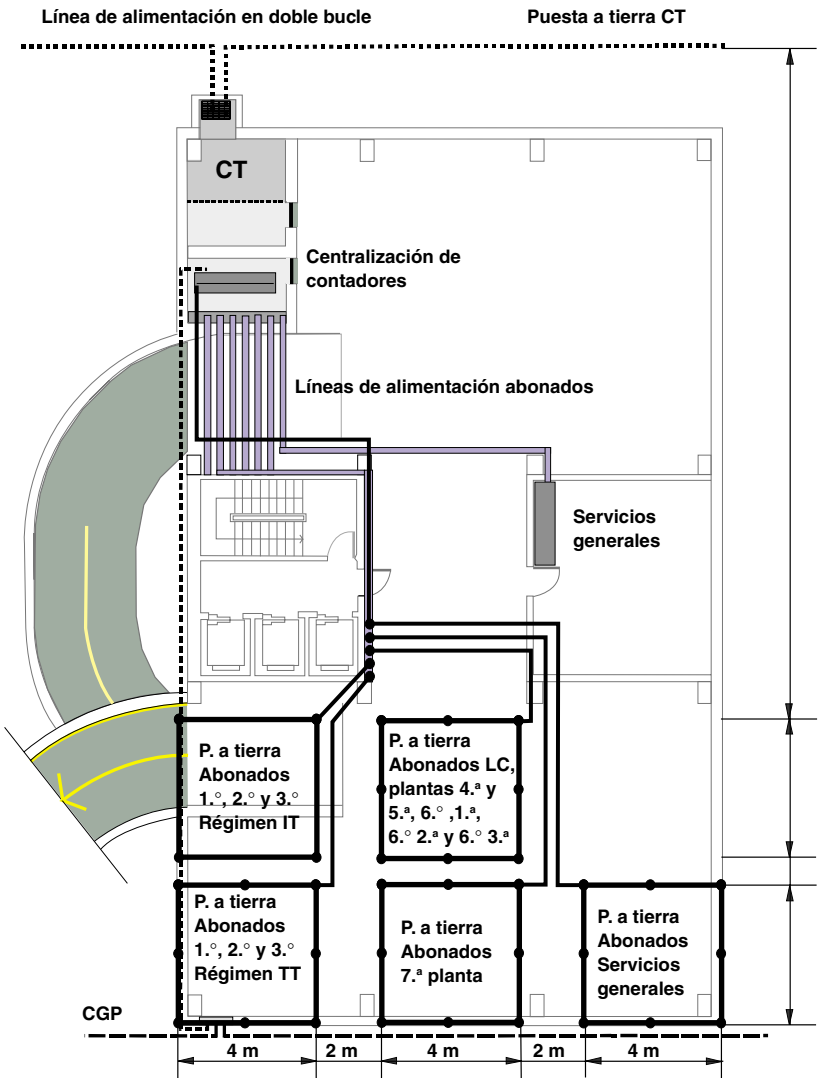


Fig. G8-046: *situación en planta de las diferentes tomas de tierra del edificio.*

□ Alzado:

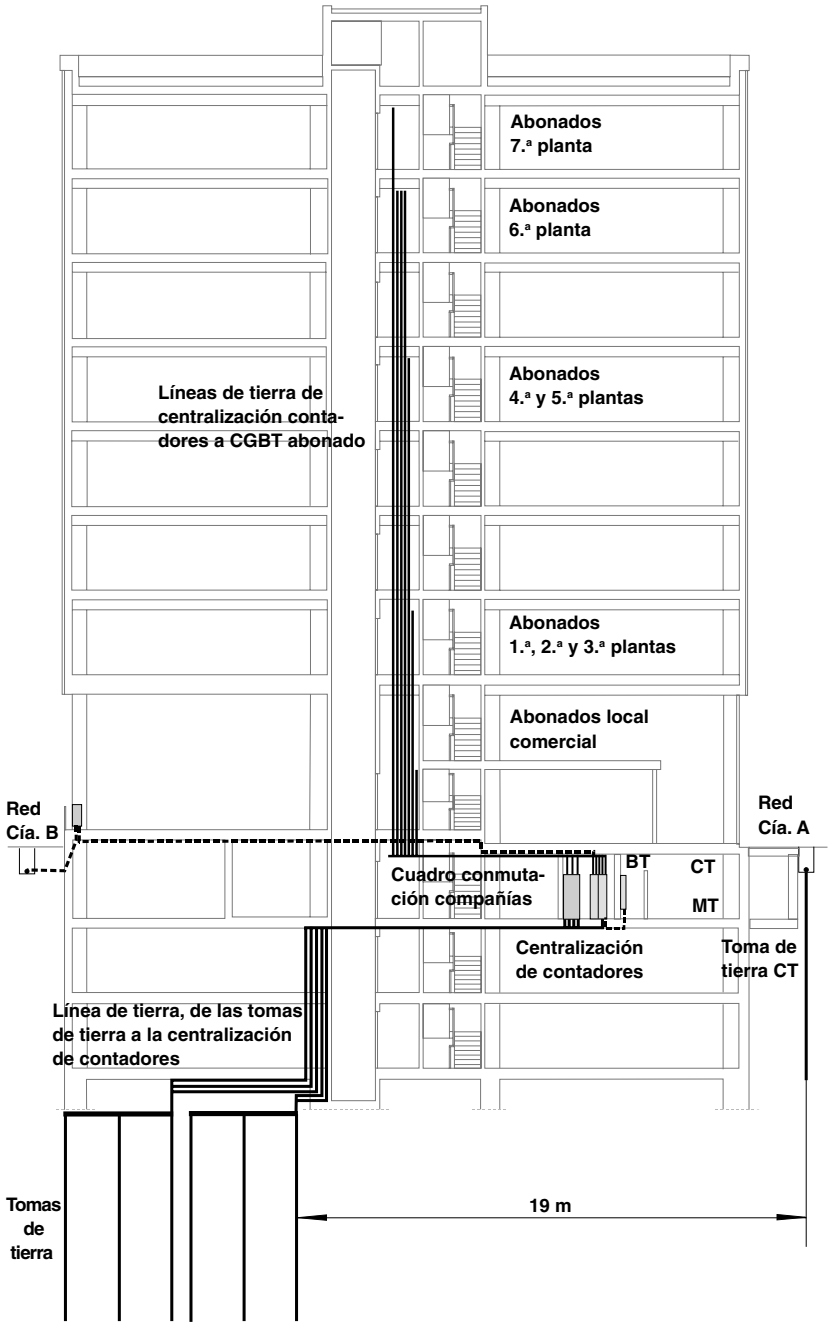


Fig. G8-047: *situación en alzado de las diferentes tomas de tierra del edificio.*

Régimen IT para el abonado de las plantas 1.ª, 2.ª y 3.ª:

La actividad

El abonado de las plantas 1.ª, 2.ª y 3.ª, dedica su actividad a un centro de cálculo, cuya información es constante los 365 días del año y las 24 h del día. Un fallo de suministro energético puede ocasionar daños en la calidad del sistema informático que pueden ser muy costosos y difíciles de reparar, perjudicando la calidad del trabajo y la imagen de la empresa. Por tanto, el sistema que permite una mayor seguridad de suministro, independientemente del doble suministro, es el régimen IT y el doblaje en la instalación de las partes vitales. Por tanto, para el suministro de los equipos informáticos modificaremos el esquema de origen TT por un IT, por medio de transformadores de aislamiento y fuentes de suministro ininterrumpido, dando mayor seguridad de suministro al sistema.

El régimen IT:

■ Aplicación.

Se aplica al suministro de todo el sistema informático y al suministro de su propio control:

□ Seguridad.

Se aplica con doble circuito para facilitar la sustitución de zonas averiadas o en proceso de mantenimiento de prevención.

El sistema de fuente de alimentación ininterrumpida es de conversión constante en el tiempo, a través de dos fuentes, cada una de las cuales puede suministrar toda la potencia necesaria.

□ Composición.

Existen diecinueve puntos terminales para la dirección y control del sistema. Cuatro impresoras para la obtención de datos. Dos grupos de CPU de gran capacidad, en la primera planta. Ciento veintiocho puntos terminales, para la introducción o modificación de datos y actuaciones operacionales, y dieciséis impresoras, repartidas por igual entre las dos plantas restantes.

De los 128 puntos terminales, 120 son operacionales constantemente y 8 son sustitutorios para los períodos de mantenimiento preventivo o alguna avería.

■ Para el control se utiliza un sistema Vigilohm, formado por:

□ Dos controladores permanentes XM300c (un controlador de recambio que no es necesario mantenerlo conectado).

□ Un interface XTU300 (un interface de recambio que no es necesario mantenerlo conectado).

□ Localizador XL316:

– Planta 1.ª:
XL316 - 1
XL316 - 2
XL316 - 3

– Planta 2.ª:
XL316 - 4
XL316 - 5
XL316 - 6
XL316 - 7

– Planta 3.ª:
XL316 - 8
XL316 - 9
XL316 - 10
XL316 - 11

□ Toroidales tipo TA - 30 mm ∅.

□ Monitor de control (PC).

□ Impresora.

Nota: no pretendemos dar un esquema preciso del sistema informático, puesto que no corresponde al ámbito de este manual, pero sí dar a entender, a través del ejemplo, la aplicación del régimen de neutro más adecuado, del sistema de control de las posibles causas de desconexión y de la duplicidad de algunas partes en función de la posibilidad de avería y tiempos de mantenimiento para la obtención de una buena seguridad de suministro.
Es obvio que podemos sofisticar más el sistema dando mayor garantía de suministro. El límite razonable siempre será la compensación de la inversión con la obtención del rendimiento.

Situación planta 1.ª:

Línea marrón, suministro en régimen TT.
Línea azul continua, suministro en régimen IT.
Línea azul a trazos, doblaje del suministro en régimen IT.

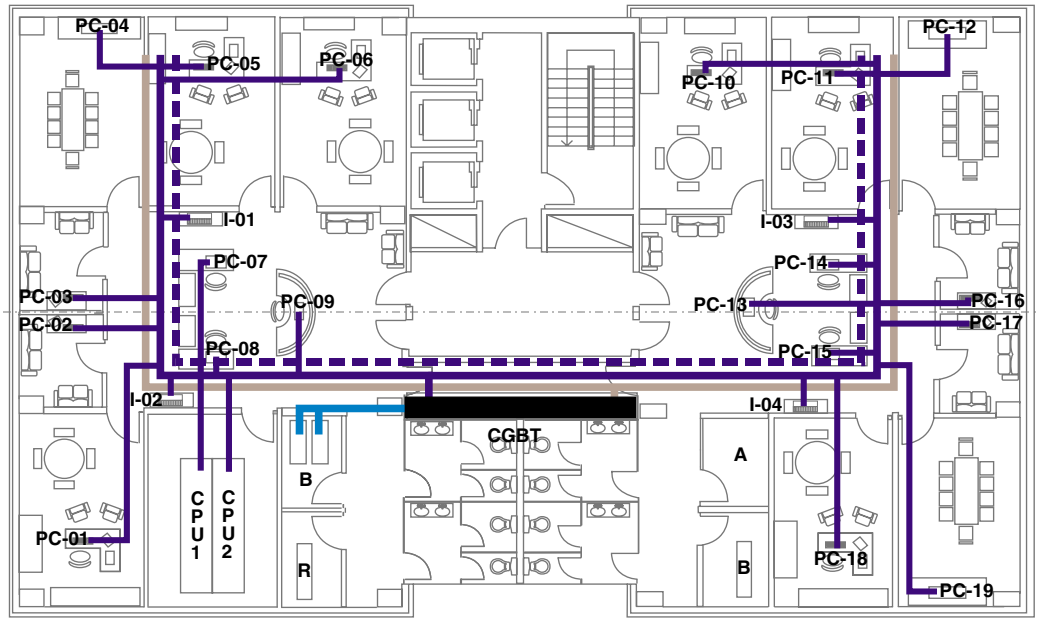


Fig. G8-048: *situación de los elementos del circuito del régimen IT en la planta 1.ª*

Situación planta 2.ª:
Línea marrón, suministro en régimen TT.
Línea azul continua, suministro en régimen IT.
Línea azul a trazos, doblaje del suministro en régimen IT.

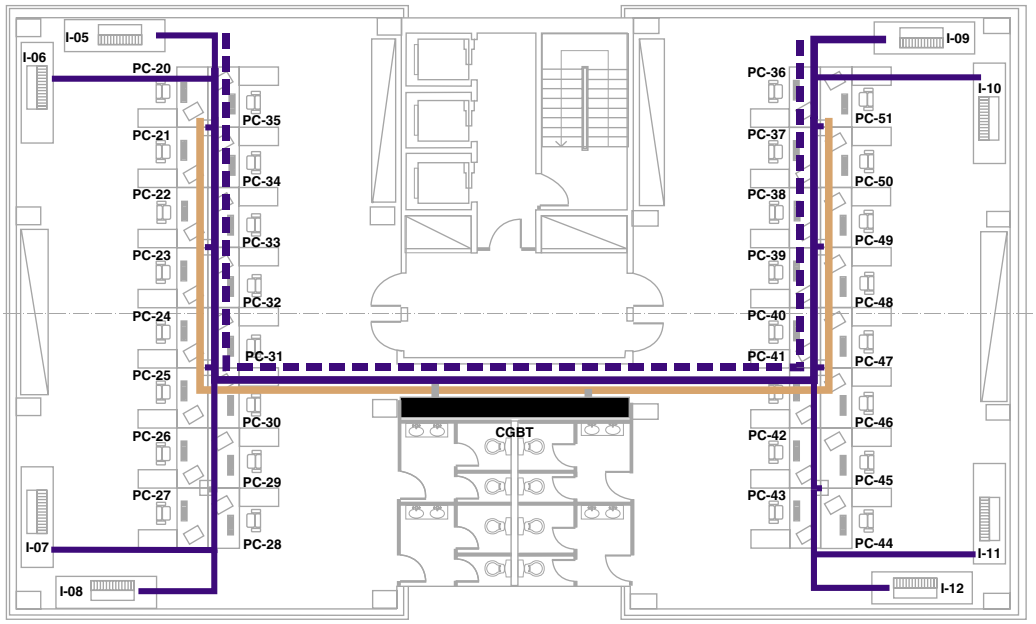


Fig. G8-049: *situación de los elementos del circuito del régimen IT en la planta 2.ª.*

Situación planta 3.ª:
Línea marrón, suministro en régimen TT.
Línea azul continua, suministro en régimen IT.
Línea azul a trazos, doblaje del suministro en régimen IT.

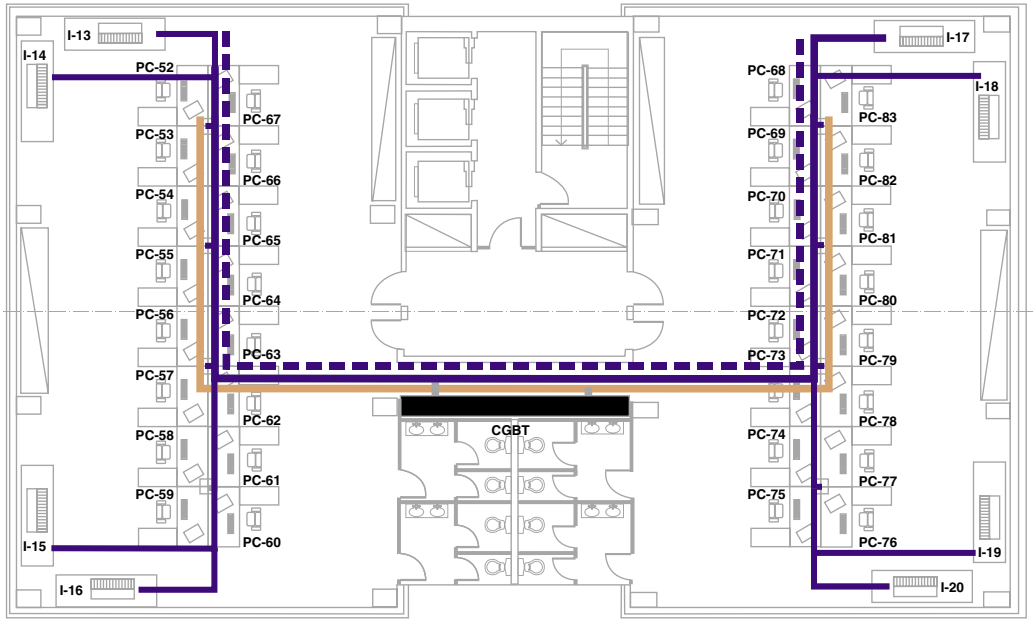


Fig. G8-050: *situación de los elementos del circuito del régimen IT en la planta 3.ª.*

Esquema circuito de alimentación, aislamiento cambio de régimen TT a IT, con sistemas ininterrumpidos de alimentación:

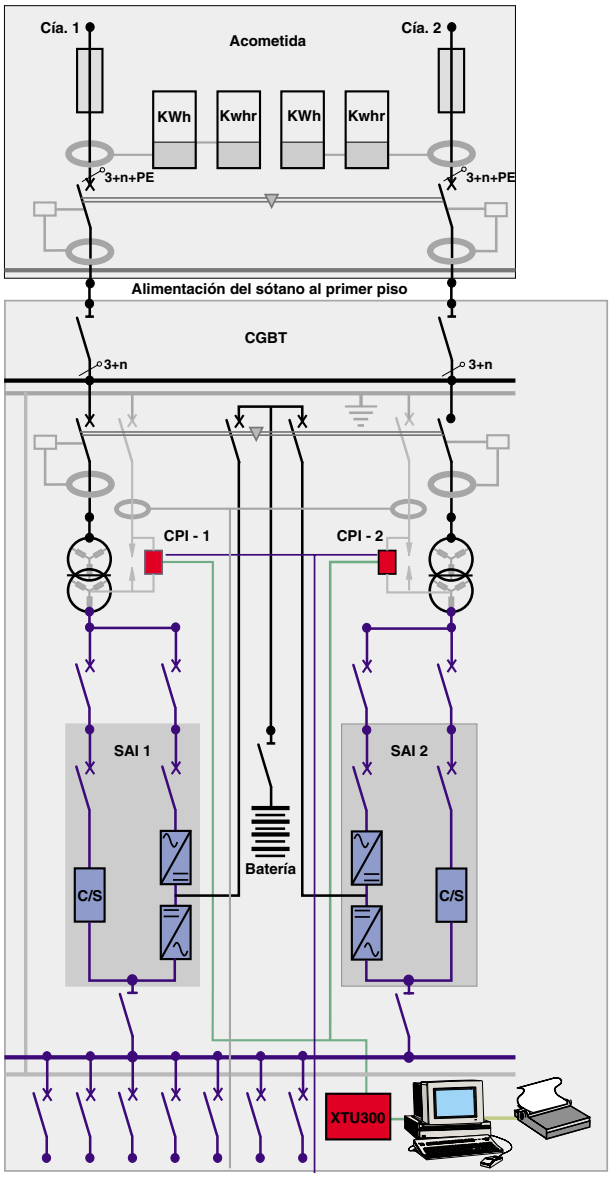


Fig. G8-051: *esquema del sistema de alimentación hasta el cuadro general, situado en la 1.ª planta.*

Esquema circuito IT:

De la segunda planta sólo se ha colocado la mitad del circuito y la tercera planta es igual a la segunda.

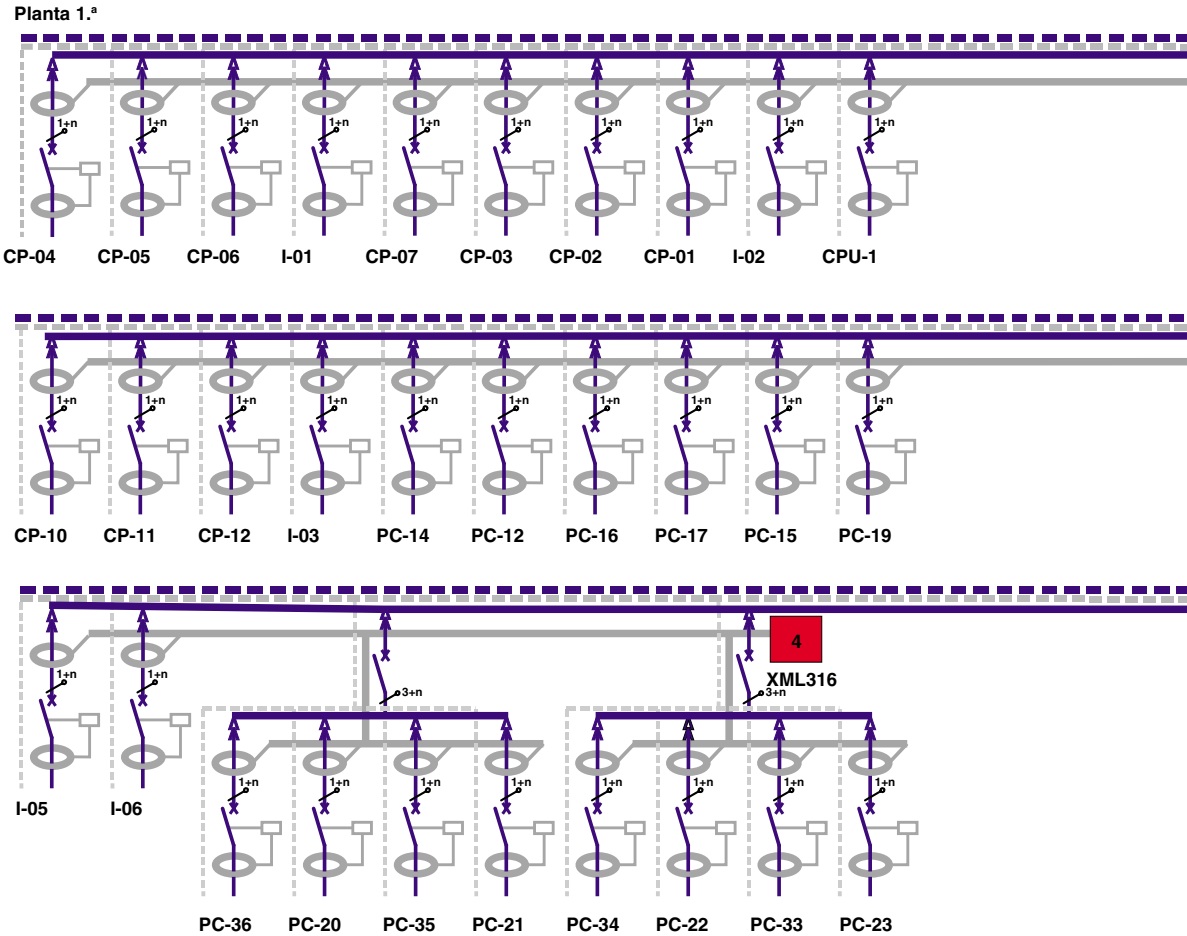
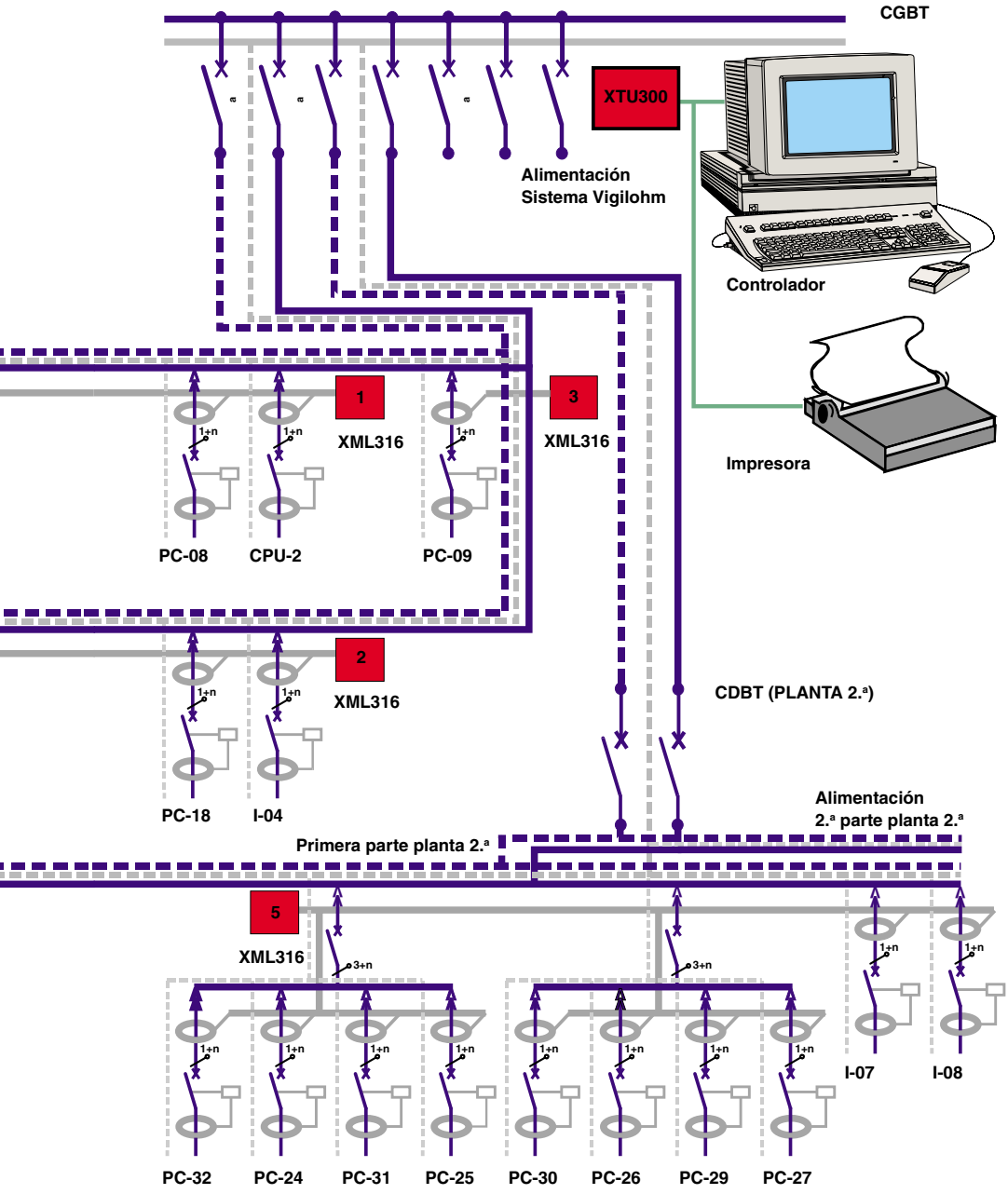
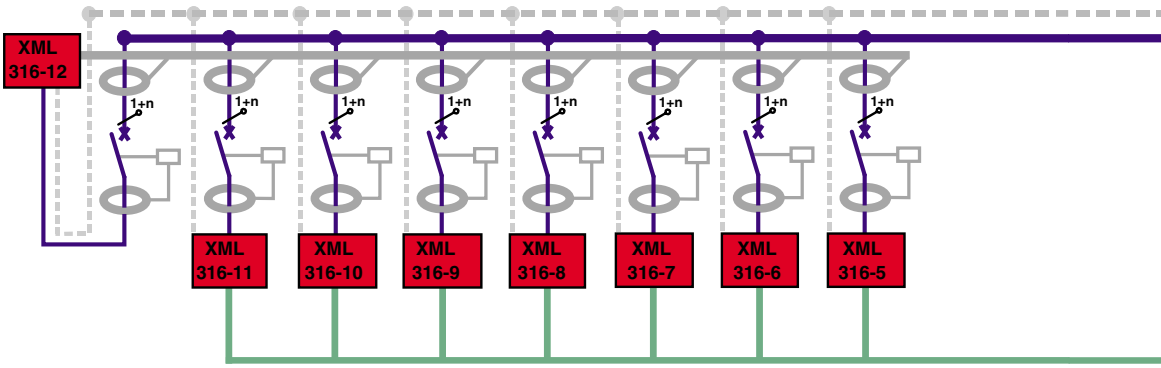
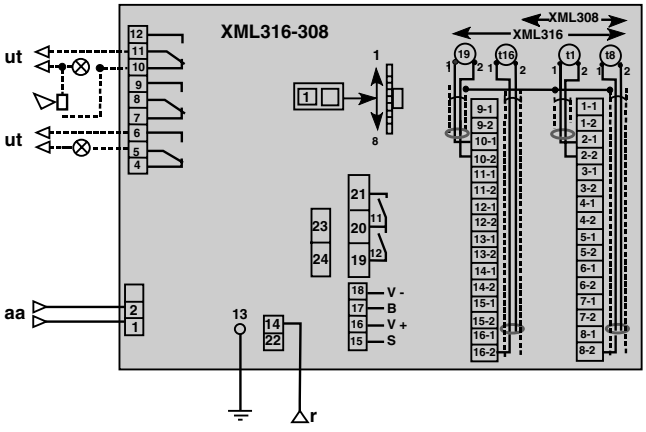


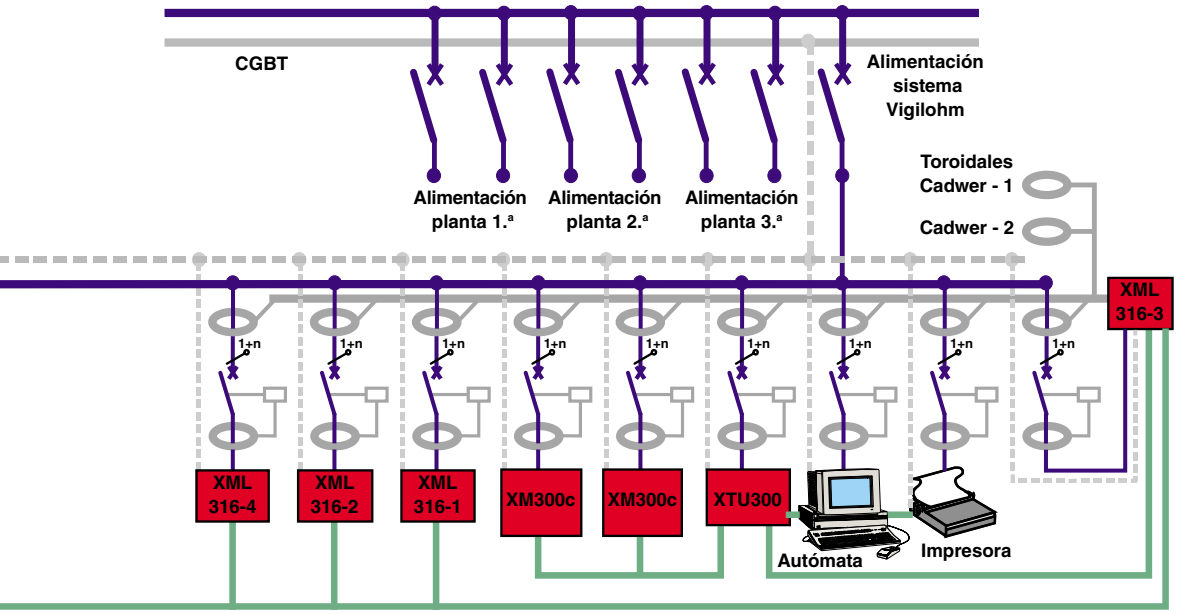
Fig. G8-052: *circuito de distribución y control en esquema IT.*


CGBT
XTU300
Alimentación
Sistema Vigilohm
Controlador
Impresora
1
XML316
3
XML316
PC-08
CPU-2
PC-09
2
XML316
CDBT (PLANTA 2.ª)
PC-18
I-04
Alimentación
2.ª parte planta 2.ª
Primera parte planta 2.ª
5
XML316
I-07
I-08
PC-32
PC-24
PC-31
PC-25
PC-30
PC-26
PC-29
PC-27

Circuito del sistema Vigilohm:







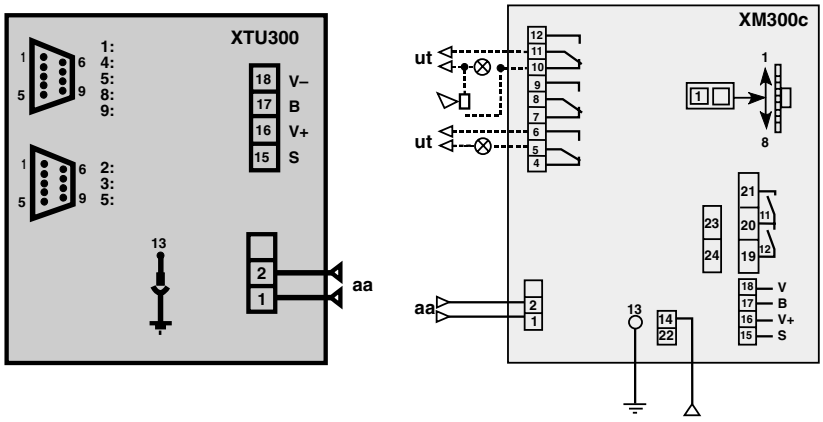
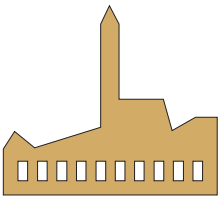


Fig. G8-053: *esquema del sistema Vigilohm.*

Cálculo de las protecciones contra los contactos indirectos en una industria



Zonas de la industria en función de la humedad:

■ Altillo de oficinas:

Fig. G8-054: *zonas en función de la humedad en el altillo que afectan al cuerpo humano.*

■ Planta:

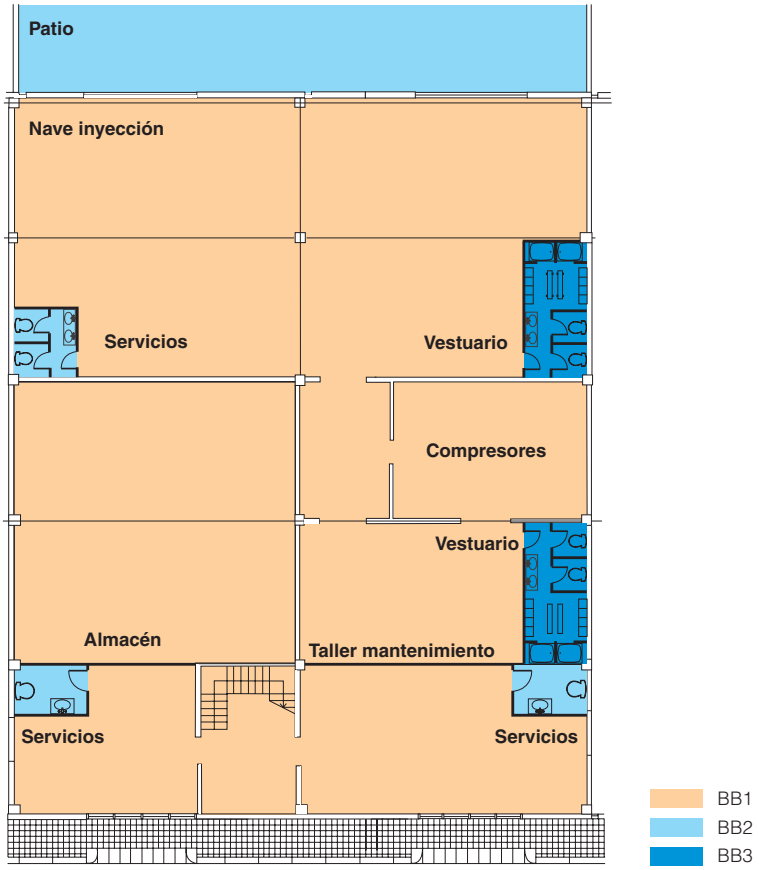


Fig. G8-055: *zonas en función de la humedad en la planta que afectan al cuerpo humano.*

Protecciones contra contactos indirectos:

■ Esquema:

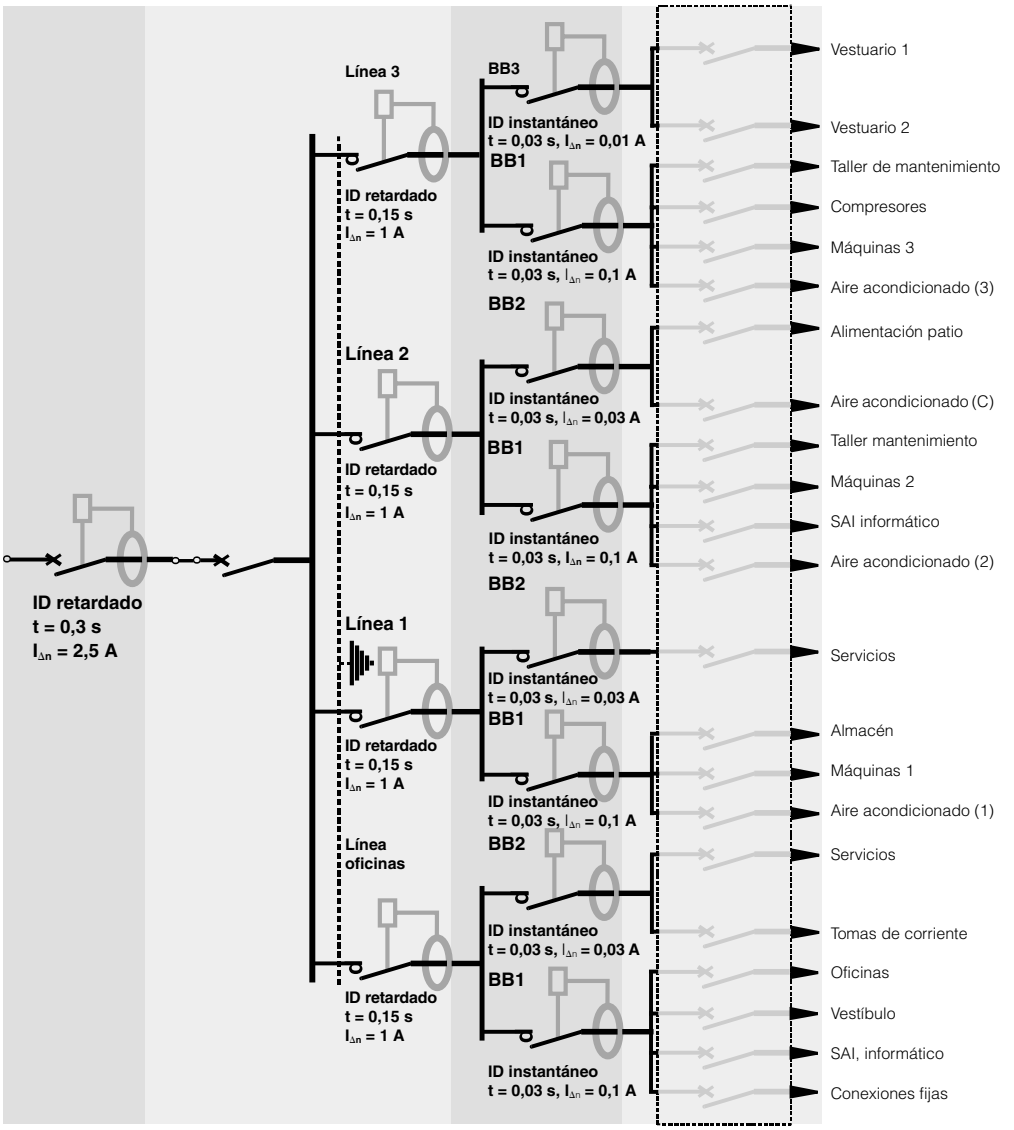


Fig. G8-056: *esquema de protecciones diferenciales.*

Puesta a tierra

La zona más compleja para cumplir las prescripciones contra los contactos indirectos corresponde a la de los vestuarios (duchas) con situaciones BB3, cuya tensión de contacto base se sitúa en los 12 V.

■ El cálculo de la puesta a tierra.

Se debe dimensionar para poder cumplir las condiciones de BB3:

□ En un régimen TT la protección debe ser un interruptor diferencial de alta sensibilidad, $I_{\Delta n} \leqslant 30$ mA.

□ Los interruptores diferenciales de alta sensibilidad desconectan en un tiempo máximo de 300 ms a $I_{\Delta n}$ y a 40 ms con $5 \cdot I_{\Delta n}$.

■ **El cálculo de la puesta a tierra.**

Se debe dimensionar para poder cumplir las condiciones BB3 en los servicios:

■ Tensión de contacto U_c.

En la fig. G1-015, pág. G/40, podemos encontrar la tensión de contacto máxima en situaciones BB3 (12 V), y para un tiempo máximo de contacto de 0,1 s que puede tardar el DDR en desconectar:

U_c = 55 V

□ La resistencia de puesta a tierra del centro de transformación según información de la empresa suministradora es de:

R_B = 10 Ω

□ Cual debe ser la resistencia de puesta a tierra de la instalación (R_A).

A partir de estos datos podemos calcular la resistencia de puesta a tierra de los servicios generales del bloque de viviendas y desde ella toda su configuración (ver en el apartado G3 “La desconexión automática en esquema TT”, pág. G/62).

$$U_c = R_A \cdot I_d = R_A \cdot \frac{U_0}{R_A + R_B} = 55 \text{ V}$$

$$R_A = \frac{R_B}{\frac{U_0}{U_c} - 1} = \frac{10\ \Omega}{\frac{230 \text{ V}}{55 \text{ V}} - 1} = 3{,}1428\ \Omega$$

¿Qué estructura debe tener la puesta a tierra si las mediciones del terreno nos dan una resistividad de 500 Ω/m?:

■ En el apartado 5 del capítulo F del primer volumen, tabla F5-010, pág. F/96, disponemos de un tabulado de cálculo de la resistencia de puestas a tierra en función de la resistividad del terreno. Necesitamos una puesta a tierra de 3,1428 Ω en una resistividad del terreno de 500 Ω/m.

Cálculo de la protección en la zona de situación BB3:

■ La resistencia total de puesta a tierra.

A la resistencia de toma de tierra debemos añadirle la resistencia de la línea de unión al cuadro de protección y medida (acometida) (R_1), la derivación individual del cuadro de protección y contaje (acometida) al cuadro CGBT (R_{DI}), del CGBT al punto de conexión de la línea L_3 (R_2) y de éste a la toma de contacto más alejada(R_3):

□ Resistencia de la unión de la toma de tierra al cuadro de protección y medida acometida:

L = 10 m

S = 35 mm² (Cu)

Resistencia R_1

$$R_1 = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{10 \text{ m}}{35 \text{ mm}^2} = 0{,}0051\ \Omega$$

□ Resistencia de la derivación individual al cuadro general CGBT:

Realizado con conducciones prefabricadas, con una sección equivalente 24 mm² (Cu)

L = 22 m

S = Equivalente 24 mm² (Cu)

Resistencia R_{DI}

$$R_{DI} = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{22 \text{ m}}{24 \text{ mm}^2} = 0{,}016369\ \Omega$$

□ Resistencia del cuadro general a la toma del los vestuarios en la línea L_3:
L = 24 m
Realizado con conducciones prefabricadas, con una sección equivalente 24 mm² (Cu)
S = Equivalente 24 mm² (Cu)
Resistencia R_2

$$R_2 = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{24\ m}{24\ mm^2} = 0{,}017857\ \Omega$$

□ Resistencia de la toma de los vestuarios en la línea L_3 al punto más alejado:
L = 20 m
S = 2,5 mm² (Cu)
Resistencia R_3

$$R_3 = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{20\ m}{2{,}5\ mm^2} = 0{,}142857\ \Omega$$

□ Resistencia total de la puesta a tierra:

$$R_{AT} = R_A + R_1 + R_{DI} + R_2 + R_3 = 3{,}1428\ \Omega$$

□ Valor de la resistencia de la toma de tierra:

$$R_A = R_{AT} - (R_1 + R_{DI} + R_2 + R_3) =$$
$$= 3{,}1428 - (0{,}0051 + 0{,}016369 + 0{,}017857 + 0{,}142857) = 2{,}99\ \Omega$$

■ En el apartado 5 del capítulo F del primer volumen, tabla F5-010, pág. F/96, disponemos de un tabulado de cálculo de la resistencia de puestas a tierra en función de unas tablas. Necesitamos una puesta a tierra de 2,99 Ω en una resistividad del terreno de 500 Ω/m. El coeficiente K_r de la tabla deberá ser próximo a:

$$K_r = \frac{R_A}{\rho} = \frac{2{,}99\ \Omega}{500\ \Omega/m} = 0{,}0059212$$

El más próximo es la décima parte de una configuración 40–40/5/48, o sea la colocación en paralelo de 10 configuraciones 40–40/5/48: K_r = 0,046.
■ Resistencia de una configuración 40–40/5/48:

$$R_{40-40/5/58} = \rho \cdot K_r\ 500\ \Omega/m \cdot 0{,}056 = 28\ \Omega$$

Las diez configuraciones en paralelo tendrán:

$$R_{DI} = \frac{R_{40-40/5/58}}{10\ ud} \cdot \frac{28\ \Omega}{10\ ud} = 2{,}8\ \Omega$$

□ Resistencia total de la toma de tierra:

$$R_{AT} = R_A + R_1 + R_{DI} + R_2 + R_3 =$$
$$= 2{,}8\ \Omega + 0{,}0051\ \Omega + 0{,}016369\ \Omega + 0{,}017857\ \Omega + 0{,}142857\ \Omega = 2{,}8536\ \Omega$$

■ La intensidad de fuga será:

$$I_d = \frac{U_0}{R_{AT} + R_B} = \frac{230\ V}{2{,}8536\ \Omega + 10\ \Omega} = 18{,}115\ A$$

■ El tiempo de desconexión será:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{18{,}115\ A}{0{,}03\ A} = 603$$
$$t_{(inst)} = (603 > 5 \cdot I_{\Delta n}) = 40\ \mu s$$

■ La tensión de contacto será:

$$U_c = R_{AT} \cdot I_d = 2{,}8536\ \Omega \cdot 18{,}115\ A = 51{,}693\ V$$

En la fig. G1-015, pág. G/40, podemos encontrar, en la curva de la tensión de contacto máxima en situaciones BB3 (12 V), que para una tensión de contacto U_c = 51,693 V el tiempo máximo de contacto es de 0,1 s. Los DDR propuestos para estos valores tardan en desconectar 40 µs, dos veces y media menos.

Cálculo de la protección en zona de situación BB2:

■ La resistencia total de puesta a tierra.

A la resistencia de toma de tierra debemos añadirle la resistencia de la línea de unión al cuadro de protección y medida (acometida) (R_1), la derivación individual del cuadro de protección y contaje (acometida) al cuadro CGBT (R_{DI}), del CGBT al punto de conexión de la línea L_2 (R_4) y de éste a la toma de contacto más alejada(R_5):

□ Resistencia del CGBT al punto de conexión de la L_2 :

L = 19 m

Realizado con conducciones prefabricadas, con una sección equivalente 24 mm² (Cu)

S = Equivalente 24 mm² (Cu)

Resistencia R_4

$$R_4 = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{19\ m}{24\ mm^2} = 0{,}0142\ \Omega$$

□ Resistencia de la toma de contacto de la línea L_2 al punto más alejado:

L = 15 m

S = 4 mm² (Cu)

Resistencia R_5

$$R_5 = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{15\ m}{4\ mm^2} = 0{,}067\ \Omega$$

□ Resistencia total de la puesta a tierra:

$$R_{AT} = R_A + R_1 + R_{DI} + R_4 + R_5 =$$
$$= 2{,}8\ \Omega + 0{,}0051\ \Omega + 0{,}016369\ \Omega + 0{,}0142\ \Omega + 0{,}067\ \Omega = 2{,}90\ \Omega$$

■ La intensidad de fuga será:

$$I_d = \frac{U_0}{R_{AT} + R_B} = \frac{230\ V}{2{,}90\ \Omega + 10\ \Omega} = 18{,}054\ A$$

■ El tiempo de desconexión será:

□ Para un aparato de 30 mA:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{18{,}054\ A}{0{,}03\ A} = 601$$
$$t_{(inst)} = (601 > 5 \cdot I_{\Delta n}) = 40\ \mu s$$

□ Para un aparato de 100 mA :

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{18{,}054\ A}{0{,}1\ A} = 180$$
$$t_{(inst)} = (180 > 5 \cdot I_{\Delta n}) = 40\ \mu s$$

■ La tensión de contacto será:

$$U_c = R_{AT} \cdot I_d = 2{,}90\ \Omega \cdot 18{,}054\ A = 52{,}356\ V$$

En la fig. G1-015, pág. G/40, podemos encontrar en la curva de la tensión de contacto máxima en locales BB2 (25 V), que para una tensión de contacto U_c = 52,356 V el tiempo máximo de contacto es de 0,4 s. Los DDR propuestos para estos valores tardan en desconectar 40 μs, diez veces menos.

Cálculo de la protección en la zona de situación BB1:

■ La resistencia total de puesta a tierra.

A la resistencia de toma de tierra debemos añadirle la resistencia de la línea de unión al cuadro de protección y medida (acometida) (R_1), la derivación individual del cuadro de protección y contaje (acometida) al cuadro CGBT (R_{DI}), del CGBT al punto de conexión de la línea L_1 (R_6) y de éste a la toma de contacto más alejada (R_7):

□ Resistencia del CGBT al punto de conexión de la L_1:

L = 29 m

Realizado con conducciones prefabricadas, con una sección equivalente 24 mm² (Cu)

S = Equivalente 24 mm² (Cu)

Resistencia R_6

$$R_6 = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{29\ m}{24\ mm^2} = 0{,}0222\ \Omega$$

□ Resistencia de la toma de contacto de la línea L_8 al punto más alejado:

L = 15 m

S = 4 mm² (Cu)

Resistencia R_7

$$R_7 = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{15\ m}{4\ mm^2} = 0{,}067\ \Omega$$

□ Resistencia total de la puesta a tierra:

$$R_{AT} = R_A + R_1 + R_{DI} + R_6 + R_7 =$$
$$= 2{,}8\ \Omega + 0{,}0051\ \Omega + 0{,}016369\ \Omega + 0{,}0222\ \Omega + 0{,}067\ \Omega = 2{,}91\ \Omega$$

■ La intensidad de fuga será:

$$I_d = \frac{U_0}{R_{AT} + R_B} = \frac{230\ V}{2{,}91\ \Omega + 10\ \Omega} = 17{,}82\ A$$

■ El tiempo de desconexión será:

□ Para un aparato de 300 mA:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{17{,}82\ A}{0{,}3\ A} = 59$$
$$t_{(inst)} = (59 > 5 \cdot I_{\Delta n}) = 40\ \mu s$$

□ Para un aparato de 100 mA:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{17{,}82\ A}{0{,}1\ A} = 178$$
$$t_{(inst)} = (178 > 5 \cdot I_{\Delta n}) = 40\ \mu s$$

■ La tensión de contacto será:

$$U_c = R_{AT} \cdot I_d = 2{,}91\ \Omega \cdot 17{,}82\ A = 51{,}85\ V$$

En la fig. G1-015, pág. G/40, podemos encontrar en la curva de la tensión de contacto máxima en locales BB1 (50 V), que para una tensión de contacto U_c = 51,85 V el tiempo máximo de contacto es de 3,5 s. Los DDR propuestos para estos valores tardan en desconectar 40 μs, ochenta y siete veces menos.

Resoluciones

Las protecciones adecuadas serían:

■ Zona BB3, interruptor diferencial de alta sensibilidad de 10 mA.

■ Zona BB2, interruptor diferencial de alta sensibilidad de 30 mA.

■ Zona BB1, interruptor diferencial de media sensibilidad, 300 mA o 100 mA.

■ Las protecciones desde la acometida, de doble aislamiento, de protección y medida hasta el CGBT y de éste a los demás niveles tendremos una selectividad de tres niveles:

□ Nivel 3:

La protección de la línea de derivación individual DI del cuadro de protección y medida (acometida) al CGBT transcurre en zona BB1:

– El tiempo máximo de desconexión:

según cálculos Uc = 51,85 V para situación BB1, t < 0,4 s.

Si retardamos a una regulación de 0,3 s la tensión de contacto permitida será U_c = 100 V > 51,85 V de cálculo.

– La intensidad de fuga:

según cálculos I_d = 17,82 A

Si regulamos a 2,5 A tendremos: $\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{17{,}82\ A}{2{,}5\ A} = 7{,}128 > 5 \cdot I_{\Delta n}$

□ Nivel 2:

La protección general del CGBT, situado en zona BB1:

– El tiempo máximo de desconexión:

según cálculos U_c = 51,85 V para situación BB1, t < 0,4 s.

Si retardamos a una regulación de 0,1 s la tensión de contacto permitida será U_c = 150 V > 51,85 de cálculo.

– La intensidad de fuga:

según cálculos I_d = 17,82 A.

Si regulamos a 1A tendremos: $\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{17{,}82\ A}{1\ A} = 17 > 5 \cdot I_{\Delta n}$

□ Nivel 1:

Zona BB1:

– El tiempo máximo de desconexión:

según cálculos U_c = 51,85 V para situación BB1, t < 0,4 s.

Mantenemos el dispositivo de instantáneo.

– La intensidad de fuga:

según cálculos I_d = 17,82 A.

Si situamos un DDR de 0,3 A tendremos: $\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{17{,}82\ A}{0{,}3\ A} = 59 > 5 \cdot I_{\Delta n}$

Zona BB2:
– El tiempo máximo de desconexión:
según cálculos U_c = 52,35 V, para situación BB2 0,4 s.
Mantenemos el dispositivo de instantáneo.
– La intensidad de fuga:
según cálculos I_d = 18,05 A.

Si situamos un DDR de 0,1 A tendremos: $\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{18{,}05\ A}{0{,}1\ A} = 18 > 5 \cdot I_{\Delta n}$

Zona BB3:
– El tiempo máximo de desconexión:
según cálculos U_c = 51,69 V, para situación BB3 0,1 s.
Mantenemos el dispositivo de instantáneo.
– La intensidad de fuga:
según cálculos I_d = 18,11 A.

Si situamos un DDR de 0,03 A tendremos: $\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{18{,}11\ A}{0{,}03\ A} = 603 > 5 \cdot I_{\Delta n}$

Pautas para la regulación
■ La intensidad:
□ En el último nivel, que corresponde al primero en el sentido de aguas abajo, la intensidad sea la quinta parte de la intensidad de fuga de cálculo.
□ En los niveles intermedios se sitúe entre una mitad y un tercio de la regulación aguas arriba.
□ En el primer nivel, el de máxima seguridad, siempre inferior a la décima parte de la corriente de fuga de cálculo.
■ El tiempo:
□ El primer nivel instantáneo (40 μs).
□ En el segundo, no sobrepasar el valor máximo de la fig. G1-015, pág. G/40, para la situación más dificultosa (BB2), con el fin de que actúe de reaseguramiento del primero.
□ En el último, no sobrepasar el valor máximo de la fig. G1-015, pág. G/40, para la situación menos dificultosa (BB1).

La alimentación de los equipos informáticos:
■ Consideraciones generales.
Para poder garantizar una máxima continuidad de servicio, se instala una fuente de alimentación ininterrumpida (SAI) que mantiene la alimentación de los circuitos informáticos durante los microcortes propios de los suministros, las bajadas de tensión.
No obstante para prever cualquier circunstancia catastrófica, la SAI mantiene la alimentación durante 25 minutos, que es el tiempo que el abonado ha previsto para realizar el cierre correctamente de los programas informáticos que utiliza. La instalación corresponde a dos equipos, uno para la informática de la zona de oficinas y otro para la informática de la zona de máquinas de inyección y el control térmico de las mismas.

■ Esquema de situación en planta de las tomas de tierra del edificio:

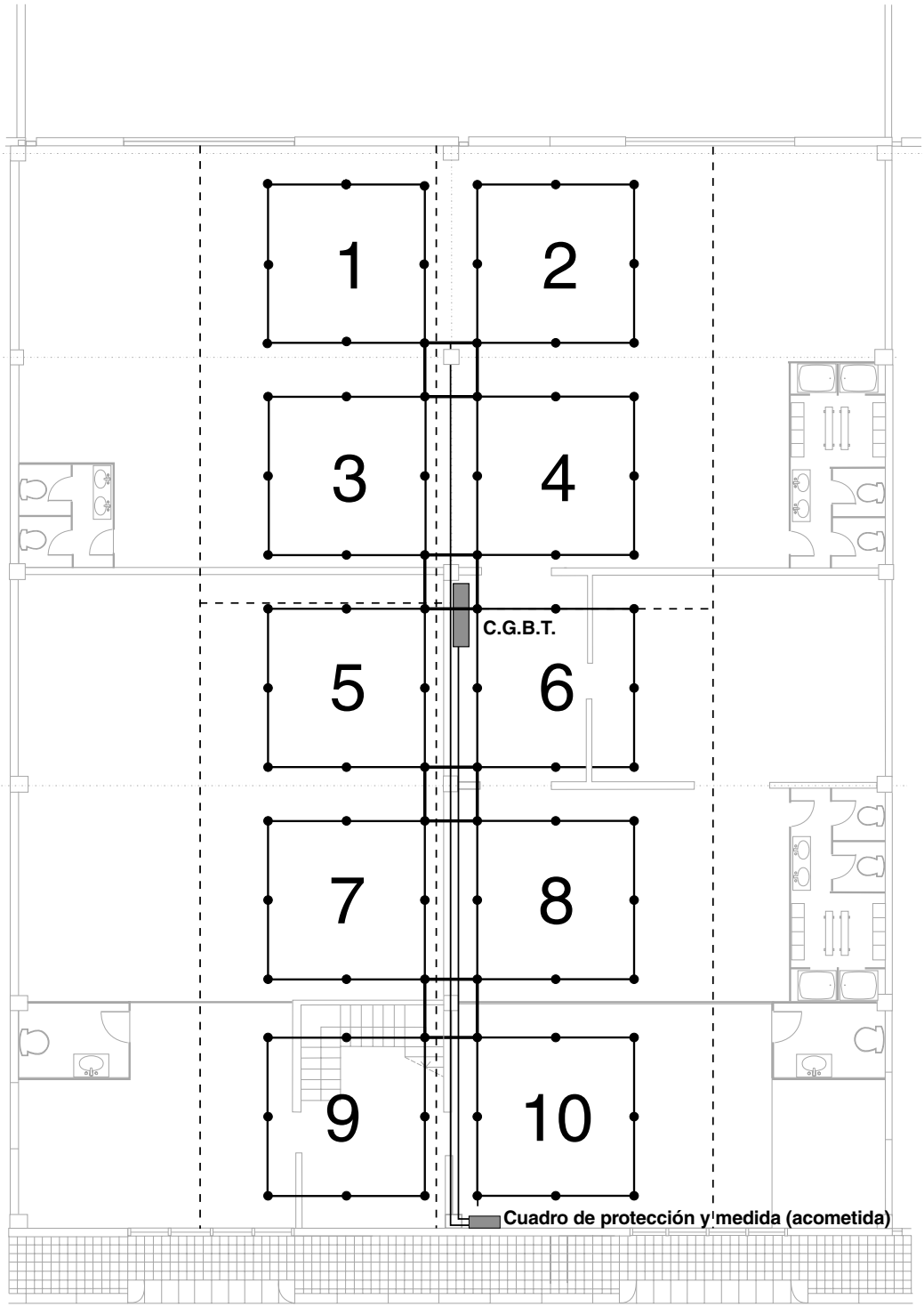


Fig. G8-057: *situación en planta de la toma de tierra del edificio.*

INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS. PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS ITC-BT-24

1. INTRODUCCIÓN

La presente Instrucción describe las medidas destinadas a asegurar la protección de las personas y animales domésticos contra los choques eléctricos.
En la protección contra los choques eléctricos se aplicarán las medidas apropiadas:
– Para la protección contra los contactos directos y contra los contactos indirectos.
– Para la protección contra contactos directos.
– Para la protección contra contactos indirectos.

2. PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS

La protección contra los choques eléctricos para contactos directos e indirectos a la vez se realiza mediante la utilización de muy baja tensión de seguridad MBTS, que debe cumplir las siguientes condiciones:
– Tensión nominal en el campo I de acuerdo a la norma UNE 20481 y la ITC-BT-36.
– Fuente de alimentación de seguridad para MBTS de acuerdo con lo indicado en la norma UNE 20460-4-41.
– Los circuitos de instalaciones para MBTS, cumplirán lo que se indica en la Norma UNE 20460-4-41 y en la ITC-BT-36.

3. PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS

Esta protección consiste en tomar las medidas destinadas a proteger las personas contra los peligros que pueden derivarse de un contacto con las partes activas de los materiales eléctricos.
Salvo indicación contraria, los medios a utilizar vienen expuestos y definidos en la Norma UNE 20460-4-41, que son habitualmente:
– Protección por aislamiento de las partes activas.
– Protección por medio de barreras o envolventes.
– Protección por medio de obstáculos.
– Protección por puesta fuera de alcance por alejamiento.
– Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial residual.

3.1. Protección por aislamiento de las partes activas

Las partes activas deberán estar recubiertas de un aislamiento que no pueda ser eliminado más que destruyéndolo.
Las pinturas, barnices, lacas y productos similares no se considera que constituyan un aislamiento suficiente en el marco de las protecciones contra los contactos directos.

3.2. Protección por medio de barreras o envolventes

Las partes activas deben estar situadas en el interior de las envolventes o detrás de barreras que posean, como

mínimo, el grado de protección IP XXB, según UNE 20324. Si se necesitan aberturas mayores para la reparación de piezas o para el buen funcionamiento de los equipos, se adoptarán precauciones apropiadas para impedir que las personas o animales domésticos toquen las partes activas y se garantizará que las personas sean conscientes del hecho de que las partes activas no deben ser tocadas voluntariamente.

Las superficies superiores de las barreras o envolventes horizontales que son fácilmente accesibles, deben responder como mínimo al grado de protección IP4X o IP XXD.

Las barreras o envolventes deben fijarse de manera segura y ser de una robustez y durabilidad suficientes para mantener los grados de protección exigidos, con una separación suficiente de las partes activas en las condiciones normales de servicio, teniendo en cuenta las influencias externas.

Cuando sea necesario suprimir las barreras, abrir las envolventes o quitar partes de éstas, esto no debe ser posible más que:

– Bien con la ayuda de una llave o de una herramienta.
– O bien, después de quitar la tensión de las partes activas protegidas por estas barreras o estas envolventes, no pudiendo ser establecida la tensión hasta después de volver a colocar las barreras o las envolventes.
– O bien, si hay interpuesta una segunda barrera que posee como mínimo el grado de protección IP2X o IP XXB, que no pueda ser quitada más que con la ayuda de una llave o de una herramienta y que impida todo contacto con las partes activas.

3.3. Protección por medio de obstáculos

Esta medida no garantiza una protección completa y su aplicación se limita, en la práctica, a los locales de servicio eléctrico solo accesibles al personal autorizado.

Los obstáculos están destinados a impedir los contactos fortuitos con las partes activas, pero no los contactos voluntarios por una tentativa deliberada de salvar el obstáculo.

Los obstáculos deben impedir:

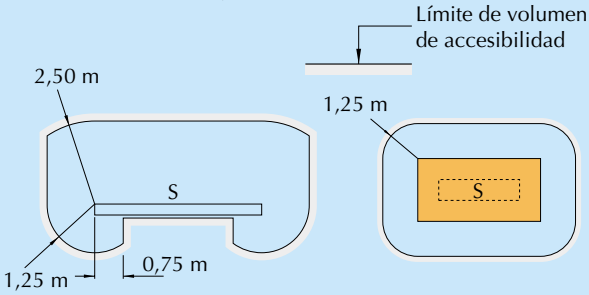
– Bien, un acercamiento físico no intencionado a las partes activas.
– Bien, los contactos no intencionados con las partes activas en el caso de intervenciones en equipos bajo tensión durante el servicio.

Los obstáculos pueden ser desmontables sin la ayuda de una herramienta o de una llave; no obstante, deben estar fijados de manera que se impida todo desmontaje involuntario.

3.4. Protección por puesta fuera de alcance por alejamiento

Esta medida no garantiza una protección completa y su aplicación se limita, en la práctica a los locales de servicio eléctrico solo accesibles al personal autorizado.

La puesta fuera de alcance por alejamiento está destinada solamente a impedir los contactos fortuitos con las partes activas.
Las partes accesibles simultáneamente, que se encuentran a tensiones diferentes no deben encontrarse dentro del volumen de accesibilidad.
El volumen de accesibilidad de las personas se define como el situado alrededor de los emplazamientos en los que pueden permanecer o circular personas, y cuyos límites no pueden ser alcanzados por una mano sin medios auxiliares. Por convenio, este volumen está limitado conforme a la figura 1, entendiendo que la altura que limita el volumen es 2,5 m.



S = Superficie susceptible de ocupación por personas.

Figura 1. *Volumen de accesibilidad.*

Cuando el espacio en el que permanecen y circulan normalmente personas está limitado por un obstáculo (por ejemplo, listón de protección, barandillas, panel enrejado) que presenta un grado de protección inferior al IP2X o IP XXB, según UNE 20324, el volumen de accesibilidad comienza a partir de este obstáculo.
En los emplazamientos en que se manipulen corrientes objetos conductores de gran longitud o voluminosos, las distancias prescritas anteriormente deben aumentarse teniendo en cuenta las dimensiones de estos objetos.

3.5. Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial residual

Esta medida de protección está destinada solamente a complementar otras medidas de protección contra los contactos directos.
El empleo de dispositivos de corriente diferencial-residual, cuyo valor de corriente diferencial asignada de funcionamiento sea inferior a igual a 30 mA, se reconoce como medida de protección complementaria en caso de fallo de otra medida de protección contra los contactos directos o en caso de imprudencia de los usuarios.
Cuando se prevea que las corrientes diferenciales puedan ser no senoidales (como por ejemplo en salas de radiología intervencionista), los dispositivos de corriente diferencial-residual utilizados serán de clase A que aseguran la desconexión para corrientes alternas senoidales así como para corrientes continuas pulsantes.

4. PROTECCIÓN CONTRA LOS CONTACTOS INDIRECTOS

La utilización de tales dispositivos no constituye por si mismo una medida de protección completa y requiere el empleo de una de las medidas de protección enunciadas en los apartados 3.1 a 3.4 de la presente instrucción.

Esta protección se consigue mediante la aplicación de algunas de las medidas siguientes:

4.1. Protección por corte automático de la alimentación

El corte automático de la alimentación después de la aparición de un fallo está destinado a impedir que una tensión de contacto de valor suficiente, se mantenga durante un tiempo tal que puede dar como resultado un riesgo.
Debe existir una adecuada coordinación entre el esquema de conexiones a tierra de la instalación utilizado de entre los descritos en la ITC-BT-08 y las características de los dispositivos de protección.
El corte automático de la alimentación está prescrito cuando puede producirse un efecto peligroso en las personas o animales domésticos en caso de defecto, debido al valor y duración de la tensión de contacto. Se utilizará como referencia lo indicado en la norma UNE 20572-1.
La tensión límite convencional es igual a 50 V, valor eficaz en corriente alterna, en condiciones normales. En ciertas condiciones pueden especificarse valores menos elevados, como por ejemplo, 24 V para las instalaciones de alumbrado público contempladas en la ITC-BT-09, apartado 10.
Se describen a continuación aquellos aspectos más significativos que deben reunir los sistemas de protección en función de los distintos esquemas de conexión de la instalación, según la ITC-BT-08 y que la norma UNE 20460-4-41 define cada caso.

4.1.1. Esquemas TN, características y prescripciones de los dispositivos de protección

Una puesta a tierra múltiple, en puntos repartidos con regularidad, puede ser necesaria para asegurarse de que el potencial del conductor de protección se mantiene, en caso de fallo, lo más próximo posible al de tierra. Por la misma razón, se recomienda conectar el conductor de protección a tierra en el punto de entrada de cada edificio o establecimiento.
Las características de los dispositivos de protección y las secciones de los conductores se eligen de manera que, si se produce en un lugar cualquiera un fallo, de impedancia despreciable, entre un conductor de fase y el conductor de protección o una masa, el corte automático se efectúe en un tiempo igual, como máximo, al valor especificado, y se cumpla la condición siguiente: $Z_s \times I_a \leqslant U_o$
donde:
Z_s es la impedancia del bucle de defecto, incluyendo la de la fuente, la del conductor activo hasta el punto de defecto y la del conductor de protección, desde el punto de defecto hasta la fuente.

I_a es la corriente que asegura el funcionamiento del dispositivo de corte automático en un tiempo como máximo igual al definido en la tabla 1 para tensión nominal igual a U_0. En caso de utilización de un dispositivo de corriente diferencial residual, I_a es la corriente diferencial asignada. U_0 es la tensión nominal entre fase y tierra, valor eficaz en corriente alterna.

Tabla 1

U_0 (V)	Tiempos de interrupción (s)
230	0,4
400	0,2
> 400	0,1

En la norma UNE 20460-4-41 se indican las condiciones especiales que deben cumplirse para permitir tiempos de interrupción mayores o conducciones especiales de instalación.

En el esquema TN pueden utilizarse los dispositivos de protección siguientes:

– Dispositivos de protección de máxima corriente, tales como fusibles, interruptores automáticos.
– Dispositivos de protección de corriente diferencial-residual.

Cuando el conductor neutro y el conductor de protección sean comunes (esquemas TN-C), no podrá utilizarse dispositivos de protección de corriente diferencial-residual.

Cuando se utilice un dispositivo de protección de corriente diferencial-residual en esquemas TN-C-S, no debe utilizarse un conductor CPN aguas abajo. La conexión del conductor de protección al conductor CPN debe efectuarse aguas arriba del dispositivo de protección de corriente diferencial-residual.

Con miras a la selectividad pueden instalarse dispositivos de corriente diferencial residual temporizada (por ejemplo del tipo "S") en serie con dispositivos de protección diferencial-residual de tipo general.

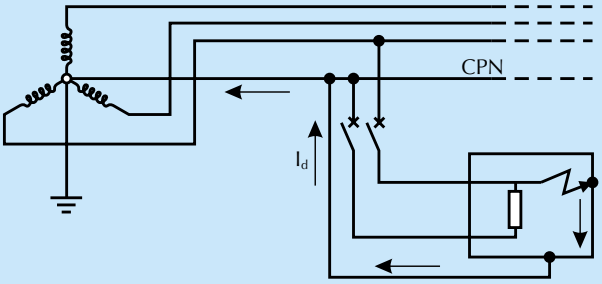


Figura 2. *Esquema TN-C.*

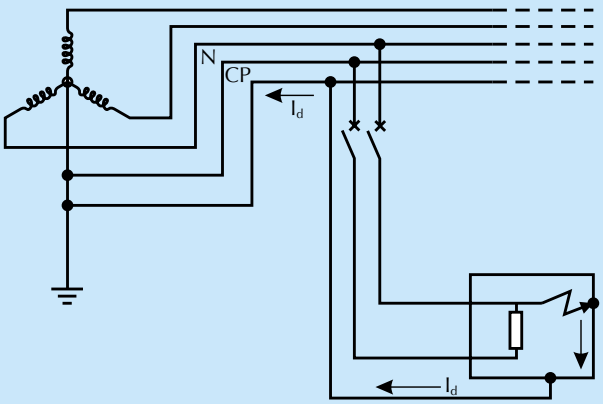


Figura 3. *Esquema TN-S.*

4.1.2. Esquemas TT, características y prescripciones de los dispositivos de protección

Todas las masas de los equipos eléctricos protegidos por un mismo dispositivo de protección, deben ser interconectadas y unidas por un conductor de protección a una misma toma de tierra. Si varios dispositivos de protección van montados en serie, esta prescripción se aplica por separado a las masas protegidas por cada dispositivo.

El punto neutro de cada generador o transformador, o si no existe, un conductor de fase de cada generador o transformador, debe ponerse a tierra.

Se cumplirá la siguiente condición: $R_A \times I_a \leqslant U$

donde:

R_A es la suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas.

I_a es la corriente que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección. Cuando el dispositivo de protección es un dispositivo de corriente diferencial-residual es la corriente diferencial-residual asignada.

U es la tensión de contacto límite convencional (50,24 V u otras, según los casos).

En el esquema TT, se utilizan los dispositivos de protección siguientes:

– Dispositivos de protección de corriente diferencial-residual.
– Dispositivos de protección de máxima corriente, tales como fusibles, interruptores automáticos. Estos dispositivos solamente son aplicables cuando la resistencia R_a tiene un valor muy bajo.

Cuando el dispositivo de protección es un dispositivo de protección contra las sobreintensidades, debe ser:

– Bien un dispositivo que posea una característica de funcionamiento de tiempo inverso e I_a debe ser la corriente que asegura el funcionamiento automático en 5 s como máximo.
– O bien un dispositivo que posea una característica de funcionamiento instantánea e I_a debe ser la corriente que asegura el funcionamiento instantáneo.

La utilización de dispositivos de protección de tensión de defecto no está excluida para aplicaciones especiales cuando no puedan utilizarse los dispositivos de protección antes señalados.
Con miras a la selectividad pueden instalarse dispositivos de corriente diferencial-residual temporizada (por ejemplo del tipo "S") en serie con dispositivos de protección diferencial-residual de tipo general, con un tiempo de funcionamiento como máximo igual a 1 s.

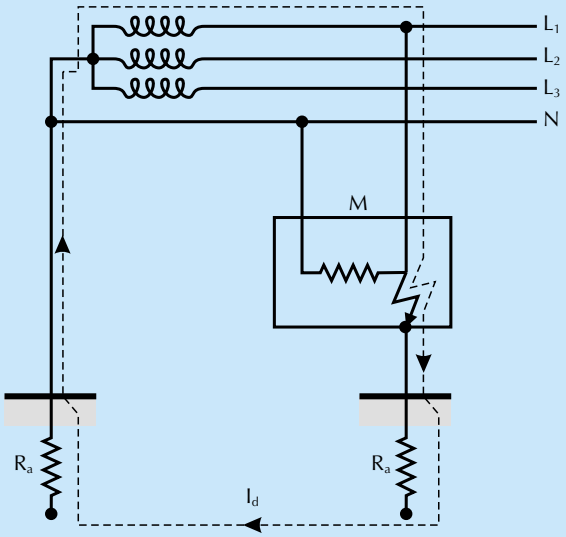


Figura 4. *Esquema TT.*

En el esquema IT, la instalación debe estar aislada de tierra o conectada a tierra a través de una impedancia de valor suficientemente alto. Esta conexión se efectúa bien sea en el punto neutro de la instalación, si está montada en estrella, o en un punto neutro artificial. Cuando no exista ningún punto de neutro, un conductor de fase puede conectarse a tierra a través de una impedancia.
En caso de que exista un sólo defecto a masa o tierra, la corriente de fallo es de poca intensidad y no es imperativo el corte. Sin embargo, se deben tomar medidas para evitar cualquier peligro en caso de aparición de dos fallos simultáneos.
Ningún conductor activo debe conectarse directamente a tierra en la instalación.

4.1.3. Esquemas IT. Características y prescripciones de los dispositivos de protección

Las masas deben conectarse a tierra, bien sea individualmente o por grupos.
Debe ser satisfecha la condición siguiente: $R_A \times I_d \leqslant U_L$
donde:
R_A es la suma de las resistencias de toma de tierra y de los conductores de protección de las masas.

I_d es la corriente de defecto en caso de un primer defecto franco de baja impedancia entre un conductor de fase y una masa. Este valor tiene en cuenta las corrientes de fuga y la impedancia global de puesta a tierra de la instalación eléctrica.
U_L es la tensión de contacto límite convencional (50,24 V u otras, según los casos).
C_1; C_2; C_3 capacidad homopolar de los conductores respecto de tierra.

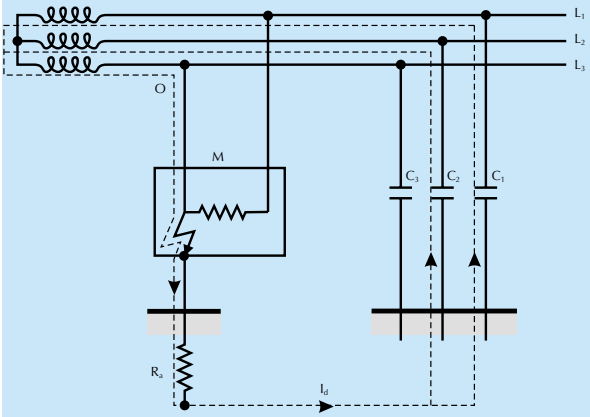


Figura 5. *Esquema IT aislado de tierra.*

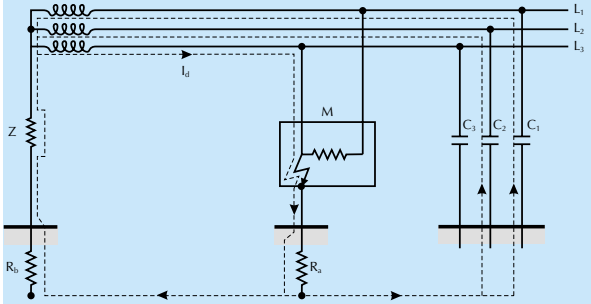


Figura 6. *Esquema IT unido a tierra por impedancia Z y con las puestas a tierra de la alimentación y de las masas separadas.*

En el esquema IT, se utilizan los dispositivos de protección siguientes:
– Controladores permanentes de aislamiento.
– Dispositivos de protección de corriente diferencial-residual.
– Dispositivos de protección de máxima corriente, tales como fusibles, interruptores automáticos.

Si se ha previsto un controlador permanente de primer defecto para indicar la aparición de un primer defecto de una parte activa a masa o a tierra, debe activar una señal acústica o visual.

Después de la aparición de un primer defecto, las condiciones de interrupción de la alimentación en un segundo defecto deben ser las siguientes:
– Cuando se pongan a tierra masas por grupos o individualmente, las condiciones de protección son las del esquema TT, salvo que el neutro no debe ponerse a tierra.
– Cuando las masas estén interconectadas mediante un conductor de protección, colectivamente a tierra, se aplican las condiciones del esquema TN, con protección mediante un dispositivo contra sobreintensidades de forma que se cumplan las condiciones siguientes:

a) Si el neutro no está distribuido: $2 \times Z_s \times I_a \leqslant U$
b) Si el neutro está distribuido: $2 \times Z_s' \times I_a \leqslant U_0$

donde:
Z_s es la impedancia del bucle de defecto constituido por el conductor de fase y el conductor de protección.
Z_s' es la impedancia del bucle de defecto constituido por el conductor neutro, el conductor de protección y el de fase.
I_a es la corriente que garantiza el funcionamiento del dispositivo de protección de la instalación en un tiempo t, según la tabla 2, o tiempos superiores, con 5 segundos como máximo, para aquellos casos especiales contemplados en la norma UNE 20460-4-41.
U es la tensión entre fases, valor eficaz en corriente alterna.
U_0 es la tensión entre fase y neutro, valor eficaz en corriente alterna.

Tabla 2

Tensión nominal de la instalación (U_0/U)	Tiempo de interrupción (s)	
	Neutro no distribuido	Neutro distribuido
230/400	0,4	0,8
400/690	0,2	0,4
580/1.000	0,1	0,2

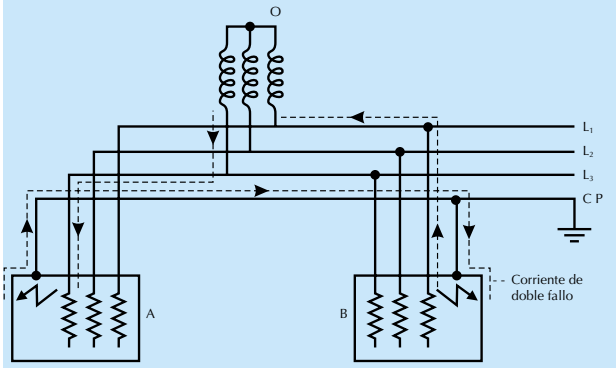


Figura 7. *Corriente de segundo defecto en el esquema IT con masa conectadas a la misma toma de tierra y neutro no distribuido.*

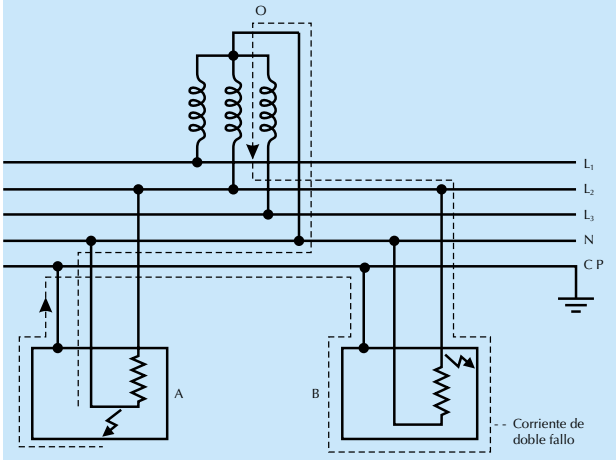


Figura 8. *Corriente de segundo defecto en el esquema IT con masa conectadas a la misma toma de tierra y neutro distribuido.*

Si no es posible utilizar dispositivos de protección contra sobreintensidades de forma que se cumpla lo anterior, se utilizarán dispositivos de protección de corriente diferencial-residual para cada aparato de utilización o se realizará una conexión equipotencial complementaria según lo dispuesto en la norma UNE 20460-4-41.

4.2. Protección por empleo de equipos de la clase II o por aislamiento equivalente

Se asegura esta protección por:
– Utilización de equipos con un aislamiento doble reforzado (clase II).
– Conjuntos de aparamenta construidos en fábrica y que posean aislamiento equivalente (doble o reforzado).
– Aislamientos suplementarios montados en el curso de la instalación eléctrica y que aíslen equipos eléctricos que posean únicamente un aislamiento principal.
– Aislamientos reforzados montados en el curso de la instalación eléctrica y que aíslen las partes activas descubiertas, cuando por construcción no sea posible la utilización de un doble aislamiento.

La norma UNE 20460-4-41 describe el resto de características y revestimiento que deben cumplir las envolventes de estos equipos.

4.3. Protección en los locales o emplazamientos no conductores

La norma UNE 20460-4-41 indica las características de las protecciones y medios para estos casos.
Esta medida de protección está destinada a impedir en caso de fallo del aislamiento principal de las partes activas, el contacto simultáneo con partes que pueden ser puestas a tensiones diferentes. Se admite la utilización de materiales de la clase 0 condición que se respete el conjunto de las condiciones siguientes:
Las masas deben estar dispuestas de manera que, en condiciones normales, las personas no hagan contacto simultáneo: bien con dos masas, bien con una masa y cualquier elemento conductor, si estos elementos pueden encontrarse a tensiones diferentes en caso de un fallo del aislamiento principal de las partes activas.
En estos locales (o emplazamientos), no debe estar previsto ningún conductor de protección.
Las prescripciones del apartado anterior se consideran satisfechas si el emplazamiento posee paredes aislantes y si se cumplen una o varias de las condiciones siguientes:

a) Alejamiento respectivo de las masas y de los elementos conductores, así como de las masas entre sí. Este alejamiento se considera suficiente si la distancia entre dos elementos es de 2 m como mínimo, pudiendo ser reducida esta distancia a 1,25 m por fuera del volumen de accesibilidad.

b) Interposición de obstáculos eficaces entre las masas o entre las masas y los elementos conductores. Estos obstáculos son considerados como suficientemente eficaces si dejan la distancia a franquear en los valores indicados en el punto *a)*. No deben conectarse ni a tierra ni a las masas y, en la medida de lo posible, deben ser de material aislante.

c) Aislamiento o disposición aislada de los elementos conductores. El aislamiento debe tener una rigidez mecánica suficiente y poder soportar una tensión de ensayo de un mínimo de 2.000 V. La corriente de fuga no debe ser superior a 1 mA en las condiciones normales de empleo.

Las figuras siguientes contienen ejemplos explicativos de las disposiciones anteriores.

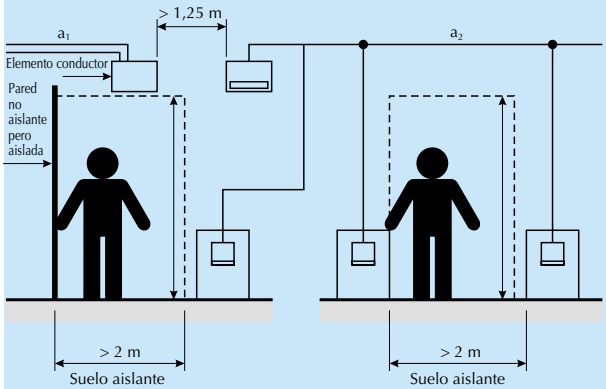


Figura 9.

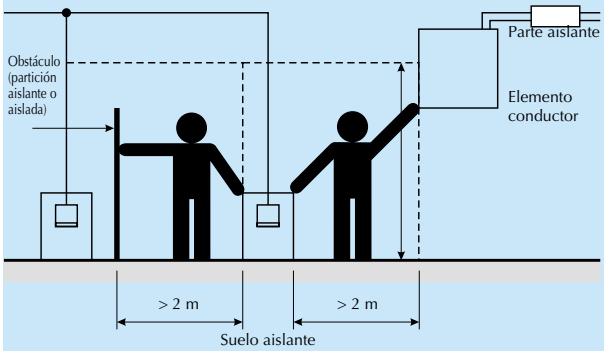


Figura 10.

Las paredes y suelos aislantes deben presentar una resistencia no inferior a:
– 50 kΩ, si la tensión nominal de la instalación no es superior a 500 V; y
– 100 kΩ, si la tensión nominal de la instalación es superior a 500 V.

Si la resistencia no es superior o igual, en todo punto al valor prescrito, estas paredes y suelos se considerarán como elementos conductores desde el punto de vista de la protección contra las descargas eléctricas.

Las disposiciones adoptadas deben ser duraderas y no deben poder inutilizarse. Igualmente deben garantizar la protección de los equipos móviles cuando esté prevista la utilización de éstos.
Deberá evitarse la colocación posterior, en las instalaciones eléctricas no vigiladas continuamente, de otras partes (por ejemplo, materiales móviles de la clase I o elementos conductores, tales como conductos de agua metálicos), que puedan anular la conformidad con el aparato anterior.
Deberán evitarse que la humedad pueda comprometer el aislamiento de las paredes y de los suelos.
Deben adoptarse medidas adecuadas para evitar que los elementos conductores puedan transferir tensiones fuera del emplazamiento considerado.

4.4. Protección mediante conexiones equipotenciales locales no conectadas a tierra

Los conductores de equipotencialidad deben conectar todas las masas y todos los elementos conductores que sean simultáneamente accesibles.
La conexión equipotencial local así realizada no debe estar conectada a tierra ni directamente ni a través de masas o de elementos conductores.
Deben adoptarse disposiciones para asegurar el acceso de personas al emplazamiento considerado sin que éstas puedan ser sometidas a una diferencia de potencial peligrosa. Esto se aplica concretamente en el caso en que un suelo conductor, aunque aislado del terreno, está conectado a la conexión equipotencial local.

4.5. Protección por separación eléctrica

El circuito debe alimentarse a través de una fuente de separación, es decir:
– Un transformador de aislamiento.
– Una fuente que asegure un grado de seguridad equivalente al transformador de aislamiento anterior, por ejemplo un grupo motor generador que posea una separación equivalente.

La norma UNE 20460-4-41 enuncia el conjunto de prescripciones que debe garantizar esta protección.
En el caso de que el circuito separado no alimente más que un solo aparato, las masas del circuito no deben ser conectadas a un conductor de protección.
En el caso de un circuito separado que alimente muchos aparatos, se satisfarán las siguientes prescripciones:

a) Las masas del circuito separado deben conectarse entre si mediante conductores de equipotencialidad aislados, no conectados a tierra. Tales conductores, no deben conectarse ni a conductores de protección, ni a masas de otros circuitos ni a elementos conductores.

b) Todas las bases de tomas de corriente deben estar previstas de un contacto de tierra que debe estar conectado

al conductor de equipotencialidad descrito en el apartado anterior.

c) Todos los cables flexibles de equipos que no sean de clase II, deben tener un conductor de protección utilizado como conductor de equipotencialidad.

d) En el caso de dos fallos francos que afecten a dos masas y alimentados por dos conductores de polaridad diferente, debe existir un dispositivo de protección que garantice el corte en un tiempo como máximo igual al indicado en la tabla 1 incluida en el apartado 4.1.1, para esquemas TN.

INSTALACIONES A MUY BAJA TENSIÓN ITC-BT-36

1. GENERALIDADES

A los efectos de la presente instrucción se consideran tres tipos de instalaciones a muy baja tensión: Muy Baja Tensión de Seguridad (MBTS); Muy Baja Tensión de Protección (MBTP) Y Muy Baja Tensión Funcional (MBTF). Las instalaciones a Muy Baja Tensión de Seguridad (MBTS) comprende aquellas cuya tensión nominal no excede de 50 V en ca, o 75 V en cc, alimentadas mediante una fuente con aislamiento de protección, tales como un transformador de seguridad conforme a la norma UNE-EN 60472 o UNE-EN 61668-2-4 o fuentes equivalentes, cuyos circuitos disponen de aislamiento de protección y no están conectados a tierra. Las masas no deben estar conectadas intencionadamente a tierra o a un conductor de protección.
Las instalaciones a Muy Baja Tensión de Protección comprenden aquellas cuya tensión nominal no excede de 50 V en ca o 75 V en cc, alimentadas mediante una fuente con aislamiento de protección, tales como un transformador de seguridad conforme a la norma UNE-EN 60742 o UNE-EN 61558-2-4 o fuentes equivalentes, cuyos circuitos disponen de aislamiento de protección y, por razones fundamentales, los circuitos y/o las masas están conectados a tierra o a un conductor de protección. La puesta a tierra de los circuitos puede ser realizada por una conexión adecuada a conductor de protección del circuito primario de la instalación.
Las instalaciones a Muy Baja Tensión Funcional comprenden aquellas cuya tensión nominal no excede de 50 V en ca o 75 V en cc, y que no cumplen los requisitos de MBTS ni de MBTP. Este tipo de instalaciones bien, están alimentadas por una fuente sin aislamiento de protección, tal como fuentes con aislamiento principal, o bien sus circuitos no tienen aislamiento de protección frente a otros circuitos. La protección contra los choques eléctricos de este tipo de instalaciones deberá realizarse conforme a lo establecido en la ITC-BT-24, para circuitos distintos de MBTS o MBTP.

2. REQUISITOS GENERALES PARA LAS INSTALACIONES A MUY BAJA TENSIÓN DE SEGURIDAD (MBTS) Y MUY BAJA TENSIÓN DE PROTECCIÓN (MBTP)

2.1. Fuentes de alimentación

Estas instalaciones deben estar alimentadas mediante una fuente que incorpore:

– Un transformador de aislamiento de seguridad conforme a la UNE-EN 60742. Para el caso de la MBTP, el transformador puede ser con aislamiento principal con pantalla de separación entre primario y secundario puesta a tierra, siempre que exista un sistema de protección en el circuito primario por corte automático de la alimentación o
– Una fuente corriente que asegure un grado de protección equivalente al del transformador de seguridad anterior (por ejemplo, un motor-generador con devanados con separación equivalente) o

– Una fuente electroquímica (pilas acumuladores), que no dependa o que esté separada con aislamiento de protección de circuitos a MBTF o de circuitos de tensión más elevada, u
– Otras fuentes que no dependan de la MBTF o circuitos de tensión más elevada, por ejemplo grupos electrógeno.
– Determinados dispositivos electrónicos en los cuales se han adoptado medidas para que, en caso de primer defecto, la tensión de salida no supere los valores correspondientes a Muy Baja Tensión.

Cuando la intensidad de cortocircuito en los bornes del circuito de utilización de la fuente de energía sea inferior a la intensidad admisible en los conductores que forman este circuito, no será necesario instalar en su origen dispositivos de protección contra sobreintensidades.

2.2. Condiciones de instalación de los circuitos

La separación de protección entre los conductores de cada circuito MBTS o MBTP y los de cualquier otro circuito, incluidos los de MBTF, debe ser realizada por una de las disposiciones siguientes:
– La separación física de los conductores
– Los conductores de los circuitos de muy baja tensión MBTS o MBTP, deben estar provistos, además de su aislamiento principal, de una cubierta no metálica.
– Los conductores de los circuitos a tensiones diferentes, deben estar separados entre sí por una pantalla metálica conectada a tierra o por una vaina metálica conectada a tierra.
– Un cable multiconductor o un agrupamiento de conductores, puede contener circuitos de tensiones diferentes, siempre que los conductores de los circuitos MBTS o MBTP estén aislados, individualmente o colectivamente, para la tensión más alta que tienen que soportar.

Las tomas de corriente de los circuitos de MBTS MBTP deben satisfacer las prescripciones siguientes:
– Los conectores no deben poder entrar en las bases de toma de corriente alimentadas por otras tensiones.
– Las bases deben impedir la introducción de conectores concebidos para otras tensiones; y
– Las bases de enchufe de los circuitos MBTS no deben llevar contacto de protección, las de los circuitos MBTP si pueden llevarlo.
– Los conectores de los circuitos MBTS, no deben poder entrar en las bases de los enchufes MBTP.
– Los conectores de los circuitos MBTP, no deben poder entrar en las bases de enchufe MBTS.

A todos los efectos, un circuito MBTF se considera siempre como circuito de tensión diferente.

No es necesario en este tipo de instalaciones seguir las prescripciones fijadas en la instrucción ITC-BT-19 para identificación de los conductores ni seguir las prescripciones de la instrucción ITC-BT-06 para los requisitos de distancia de conductores al suelo y la separación mínima entre ellos.

Los cables enterrados se situarán entre dos capas de arena o de tierra cribada, de 10 a 15 centímetros de espesor. Cuando los cables no presenten una resistencia mecánica suficiente, se colocarán en el interior de conductos que los protejan convenientemente.
Para las instalaciones de alumbrado, la caída de tensión entre la fuente de energía y los puntos de utilización, no será superior al 5 %.

3. REQUISITOS PARTICULARES PARA LAS INSTALACIONES A MUY BAJA TENSIÓN DE SEGURIDAD (MBTS)

Las partes activas de los circuitos de MBTS no deben ser conectadas eléctricamente a tierra, ni a partes activas, ni a conductores de protección que pertenezcan a circuitos diferentes.
Las masas no deben conectarse intencionadamente ni a tierra, ni a conductores de protección o masas de circuitos diferentes, ni a elementos conductores. No obstante, para los equipos que, por su disposición, tengan conexiones francas a elementos conductores, la presente medida sigue siendo válida si puede asegurarse que estas partes no pueden conectarse a un potencial superior a 50 V en corriente alterna o 75 V en corriente continua.
Por otro lado, si hay masas de circuitos MBTS que son susceptibles de ponerse en contacto con masas de otros circuitos, la protección contra los choques eléctricos ya no se basa en la medida exclusiva de protección para MBTS, sino en las medidas de protección correspondientes a estas últimas masas.
Cuando la tensión nominal del circuito es superior a 25 V en corriente alterna o 60 V en corriente continua sin ondulación, debe asegurarse la protección contra los contactos directos mediante uno de los métodos siguientes:
– Por barreras o envolventes que presenten como mínimo un grado de protección IP2X; o IP XXB según UNE 20324.
– Por un aislamiento que pueda soportar una tensión de 500 voltios durante un minuto.

Para tensiones inferiores a las anteriores no se requiere protección alguna contra contactos directos, salvo para determinadas condiciones de influencias externas.
La corriente continua sin ondulación es aquella en la que el porcentaje de ondulación no supera el 10 % del valor eficaz.

4. REQUISITOS PARTICULARES PARA LAS INSTALACIONES A MUY BAJA TENSIÓN DE PROTECCIÓN (MBTP)

La protección contra los contactos directos debe quedar garantizada:
– Por barreras o envolventes que presenten como mínimo un grado de protección IP2X; o IP XXB según UNE 20324.
– Por un aislamiento que pueda soportar una tensión de 500 voltios durante un minuto.

No obstante, no se requiere protección contra los contactos directos para equipos situados en el interior de un edificio en el cual las masas y los elementos conductores, simultáneamente accesibles, estén conectados a la misma toma de tierra y si la tensión nominal no es superior a:

– 25 V eficaces en corriente alterna o 60 V en corriente continua sin ondulación, siempre y cuando el equipo se utilice únicamente en emplazamientos secos, y no se prevean contactos francos entre partes activas y el cuerpo humano o de un animal.
– 6 V eficaces en corriente alterna o 15 V en corriente continua sin ondulación, en los demás casos.

INSTALACIONES DE RECEPTORES. PRESCRIPCIONES GENERALES ITC-BT-43

1. INTRODUCCIÓN

La presente instrucción establece los requisitos generales de instalación de receptores dependiendo de su clasificación y utilización que están destinados a ser alimentados por una red de suministro exterior con tensiones que no excedan de 440 V en valor eficaz entre fases (254 V en valor eficaz entre fase y tierra).
De acuerdo al Artículo 6 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, los requisitos de todas las instrucciones relativas a receptores no sustituyen ni eximen el cumplimiento de lo establecido en la Directiva de Baja Tensión (73/23/CEE) y en la Directiva de Compatibilidad Electromagnética (89/336/CEE) para dichos receptores y sus elementos constitutivos, aun cuando los receptores no se suministren totalmente montados y el montaje final se realice durante la instalación, como por ejemplo algunos tipos de luminarias o equipos eléctricos de maquinas industriales, etc.

2. GENERALIDADES

2.1. Condiciones generales de instalación

Los receptores se instalarán de acuerdo con su destino (clase de local, emplazamiento, utilización, etc.), teniendo en cuenta los esfuerzos mecánicos previsibles y las condiciones de ventilación, necesarias para que en funcionamiento no pueda producirse ninguna temperatura peligrosa, tanto para la propia instalación como para objetos próximos. Soportarán la influencia de los agentes exteriores a que estén sometidos en servicio, por ejemplo, polvo, humedad, gases y vapores.
Los circuitos que formen parte de los receptores, salvo las excepciones que para cada caso puedan señalar las prescripciones de caracter particular, deberán estar protegidos contra sobre intensidades, siendo de aplicación, para ello, lo dispuesto en la Instrucción ITC-BT-22. Se adoptarán las características intensidad-tiempo de los dispositivos, de acuerdo con las características y condiciones de utilización de los receptores a proteger.

2.2. Clasificación de los receptores

La clasificación de los receptores en lo relativo a la protección contra los choques eléctricos es la siguiente:

Tabla 1. Clasificación de los receptores

	Clase 0	Clase I	Clase II	Clase III
Características principales de los aparatos	Sin medios de protección por puesta a tierra	Previstos medios de conexión a tierra	Aislamiento suplementario pero sin medios de protección por puesta a tierra	Previstos para ser alimentados con baja tensión de seguridad (MBTS)
Precauciones de seguridad	Entorno aislado de tierra	Conexión a la toma de tierra de protección	No es necesaria ninguna protección	Conexión a muy baja tensión de seguridad

Esta clasificación no implica que los receptores puedan ser de cualquiera de los tipos descritos anteriormente. Las condicones de seguridad del receptor tanto en su uso como en su instalación, de conformidad a lo requerido en la Directiva de Baja Tensión, pueden imponer restricciones al uso de receptores de alguno de los tipos anteriores.
El empleo de aparatos previstos para ser alimentados a muy baja tensión de seguridad (según ITC-BT-36), pero que incorporan circuitos que funcionan a una tensión superior a esta, no se considerarán de clase III a menos que las disposiciones constructivas aseguren entre los circuitos a distintas tensiones, un aislamiento equivalente al correspondiente a un transformador de seguridad según UNE-EN 60742 o UNE-EN 61558-2-4

2.3. Condiciones de utilización
Las condiciones de utilización de los receptores dependerán de su clase y de las características de los locales donde sean instalados. A este respecto se tendrá en cuenta lo dispuesto en la ITC-BT-24. Los receptores de Clase II y los de Clase III se podrán utilizar sin tomar medida de protección adicional contra los contactos indirectos.

INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA ITC-BT-18

4. PUESTAS A TIERRA POR RAZONES DE PROTECCIÓN

Para las medidas de protección en los esquemas TN, TT e IT, ver la ITC-BT-24
Cuando se utilicen dispositivos de protección contra sobreintensidades para la protección contra el choque eléctrico, será preceptiva la incorporación del conductor de protección en la misma canalización que los conductores activos o en su proximidad inmediata.

4.1. Tomas de tierra y conductores de protección para dispositivos de control de tensión de defecto

La toma de tierra auxiliar del dispositivo debe ser eléctricamente independiente de todos los elementos metálicos puestos a tierra, tales como elementos de construcciones metálicas, conducciones metálicas, cubiertas metálicas de cables. Esta condición se considera como cumplida si la toma de tierra auxiliar se instala a una distancia suficiente de todo elemento metálico puesto a tierra, tal que quede fuera de la zona de influencia de la puesta a tierra principal.
La unión a esta toma de tierra debe estar aislada, con el fin de evitar todo contacto con el conductor de protección o cualquier elemento que pueda estar conectados a él.
El conductor de protección no debe estar unido más que a las masas de aquellos equipos eléctricos cuya alimentación pueda ser interrumpida cuando el dispositivo de protección funcione en las condiciones de defecto.

5. PUESTAS A TIERRA POR RAZONES FUNCIONALES

Las puestas a tierra por razones funcionales deben ser realizadas de forma que aseguren el funcionamiento correcto del equipo y permitan un funcionamiento correcto y fiable de la instalación.

6. PUESTA A TIERRA POR RAZONES COMBINADAS DE PROTECCIÓN Y FUNCIONALES

Cuando la puesta a tierra sea necesaria a la vez por razones de protección y funcionales, prevalecerán las prescripciones de las medidas de protección.

INSTALACIONES INTERIORES EN VIVIENDAS. LOCALES QUE CONTIENEN UNA BAÑERA O DUCHA ITC-BT-27

2.2. Protección para garantizar la seguridad

Cuando se utiliza MBTS, cualquiera que sea su tensión asignada, la protección contra contactos directos debe estar proporcionada por:

– Barreras o envolventes con un grado de protección mínimo IP 2X o IPXXB, según UNE 20324 o
– Aislamiento capaz de soportar una tensión de ensayo de 500 V en valor eficaz en alterna durante 1 minuto.

Una conexión equipotencial local suplementaria debe unir el conductor de protección asociado con las partes conductoras accesibles de los equipos de Clase I en los volúmenes 1, 2 y 3, incluidas las tomas de corriente y las siguientes partes conductoras externas de los volúmenes 0, 1, 2 y 3:

– Canalizaciones metálicas de los servicios de suministro y desagües (por ejemplo agua, gas).
– Canalizaciones metálicas de calefacciones centralizadas y sistemas de aire acondicionado.
– Partes metálicas accesibles de la estructura del edificio. Los marcos metálicos de puertas, ventanas y similares no se consideran partes externas accesibles, a no ser que estén conectadas a la estructura metálica del edificio.
– Otras partes conductoras externas, por ejemplo partes que son susceptibles de transferir tensiones.

Estos requisitos no se aplican al volumen 3, en recintos donde haya una cabina de ducha prefabricada con sus propios sistemas de drenaje, distintos de un cuarto de baño, por ejemplo un dormitorio.

Las bañeras y duchas metálicas deben considerarse partes conductoras externas susceptibles de transferir tensiones , a menos que se instalen de forma que queden aisladas de la estructura y de otras partes metálicas del edificio.

Las bañeras y duchas metálicas pueden considerarse aisladas del edificio, si la resistencia de aislamiento entre el área de los baños y duchas y la estructura del edificio, medido de acuerdo con la norma UNE 20460-6-61, anexo A, es de como mínimo 100 Ω.

INSTALACIONES CON FINES ESPECIALES. PISCINAS Y FUENTES ITC-BT-31

4. PRESCRIPCIONES PARTICULARES DE EQUIPOS ELÉCTRICOS DE BAJA TENSIÓN INSTALADOS EN EL VOLUMEN 1 DE LAS PISCINAS Y OTROS BAÑOS

3.2. Conexión equipotencial suplementaria

En los volúmenes 0 y 1 deben instalarse una conexión equipotencial suplementaria local. Todas las partes conductoras accesibles de tamaño apreciable, por ejemplo: surtidores, elementos metálicos y sistemas de tuberías metálicas deberán estar interconectadas conductivamente por un conductor de conexión equipotencial.

Los equipos eléctricos fijos especialmente destinados a ser utilizados en las piscinas y otros baños (por ejemplo equipos de filtrado, contracorrientes, etc.) alimentados en baja tensión, que no sea MBTS, límitada a 12 V en corriente alterna o 30 V en corriente continua, se admiten en el volumen 1, siempre que cumplan los siguientes requisitos:

a) Los equipos eléctricos deberán estar situados en un recinto cuyo aislamiento sea equivalente a un aislamiento suplementario y con una protección mecánica AG2 (choques medios), según UNE 20460-3.

b) Los equipos eléctricos no deben ser accesibles más que por un registro (o puerta), por medio de llave o útil. La apertura del registro (o de la puerta) debe cortar todos los conductores activos de los equipos. La instalación del dispositivo de seccionamiento y la entrada del cable debe ser de clase II o tener una protección equivalente.

c) Cuando el registro (o puerta) esté abierta, el grado de protección para los equipos eléctricos debe ser al menos IPxxB según UNE 20324.

d) La alimentación de estos equipos estará protegida:
- Bien por MBTS con una tensión asignada no superior a 25 V en corriente alterna o 60 V en corriente continua, siempre que la fuente de alimentación de seguridad esté situada fuera de los volúmenes 0, 1 y 2, o
- Por separación eléctrica, cuya fuente de separación esté instalada fuera de los volúmenes 0, 1 y 2.

Para las piscinas pequeñas donde no es posible instalar luminarias fuera del volumen 1, su instalación se admite a 1,25 m a partir del borde del volumen 0 y estarán protegidas:
- Bien por MBTS, o
- Bien por un dispositivo de corte diferencial como máximo de 30 mA, o
- Bien por separación eléctrica, cuya fuente de separación esté instalada fuera de los volúmenes 0 y 1.

Además las luminarias deben poseer una envolvente con un aislamiento de clase II o similar y protección a los choques AG2 (choques medios) según UNE 20460-3.

INSTALACIONES CON FINES ESPECIALES. REQUISITOS PARTICULARES PARA LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN QUIRÓFANOS Y SALAS DE INTERVENCIÓN ITC-BT-38

Las salas de anestesia y demás dependencias donde puedan utilizarse anestésicos u otros productos inflamables, serán considerados como locales con riesgo de incendio o explosión Clase I, Zona 1, salvo indicación en contra, y como tales las instalaciones deberán satisfacer las indicaciones que para ellas establecidas en la ITC-BT-29.
Las bases de toma de corriente para diferentes tensiones, tendrán separaciones o formas distintas para las espigas de las clavijas correspondientes.
Cuando la instalación de alumbrado general se sitúe a una altura del suelo inferior a 2,5 metros, o cuando sus interruptores presenten partes metálicas accesibles, deberá ser protegida contra los contactos indirectos mediante un dispositivo diferencial, conforme a lo establecido en la ITC-BT-24.
Las características de aislamiento de los conductores, responderán a lo dispuesto en la ITC-BT-19 y, en su caso, la ITC-BT-29.

2. CONDICIONES GENERALES DE SEGURIDAD E INSTALACIÓN

2.1. Medidas de protección

2.1.1. Puestas a tierra de protección

La instalación eléctrica de los edificios con locales para la práctica médica y en concreto para quirófanos o salas de intervención, deberán disponer de un suministro trifásico con neutro y conductor de protección. Tanto el neutro como el conductor de protección serán conductores de cobre, tipo aislado, a lo largo de todas la instalación.
La impedancia entre el embarrado común de puesta a tierra de cada quirófano o sala de intervención y las conexiones a masa, o los contactos de tierra de las bases de toma de corriente, no deberá exceder de 0,2 ohmios.

2.1.2. Conexión de equipotencialidad

Todas las partes metálicas accesibles han de estar unidas al embarrado de equipotencialidad (EE en la figura 1) mediante conductores de cobre aislados e independientes.
La impedancia entre estas partes y el embarrado (EE) no deberá exceder de 0,1 ohmios.
Se deberá emplear la identificación verde amarillo para los conductores de equipotencialidad y para los de protección.
El embarrado de equipotencialidad (EE) estará unido al de puesta a tierra de protección (PT en la figura 1) por conductor aislado con la identificación verde-amarillo, y de sección no inferior a 16 mm^2 de cobre.
La diferencia de potencial entre las partes metálicas accesibles y el embarrado de equipotencialidad (EE) no deberá exceder de 10 mV eficaces en condiciones normales.

2.1.3. Suministro a través de un transformador de aislamiento

Es obligatorio el empleo de transformadores de aislamiento o de separación de circuitos, como mínimo uno por cada quirófano o sala de intervención, para aumentar la fiabi-

lidad de la alimentación eléctrica a aquellos equipos en los que una interrupción del suministro puede poner en peligro, directa o indirectamente, al paciente o al personal implicado y para limitar las corrientes de fuga que pudieran producirse (ver figura 1).
Se realizará una adecuada protección contra sobreintensidades del propio transformador y de los circuitos por él alimentados. Se concede importancia muy especial a la coordinación de las protecciones contra sobreintensidades de todos los circuitos y equipos alimentados a través de un transformador de aislamiento, con objeto de evitar que una falta de uno de los circuitos pueda dejar fuera de servicio la totalidad de los sistemas alimentados a través del citado transformador
El transformador de aislamiento y el dispositivo de vigilancia del nivel de aislamiento, cumplirán la norma UNE 20615.
Se dispondrá de un cuadro de mando y protección por quirófano o sala de intervención, situado fuera del mismo, fácilmente accesible y en sus inmediaciones. Éste deberá incluir la protección contra sobreintensidades, el transformador de aislamiento y el dispositivo de vigilancia del nivel de aislamiento. Es muy importante que en el cuadro de mando y panel indicador del estado de aislamiento, todos los mandos queden perfectamente identificados y sean de fácil acceso. El cuadro de alarma del dispositivo de vigilancia del nivel de aislamiento deberá estar en el interior del quirófano o sala de intervención y ser fácilmente visible y accesible, con posibilidad de sustitución fácil de sus elementos.

2.1.4. Protección diferencial y contra sobreintensidades

Se emplearán dispositivos de protección diferencial de alta sensibilidad ($\leqslant$ 30 mA) y de clase A, para la protección individual de aquellos equipos que no estén alimentados a través de un transformador de aislamiento, aunque el empleo de los mismos no exime de la necesidad de puesta a tierra y equipotencialidad.
Se dispondrán las correspondientes protecciones contra sobreintensidades.
Los dispositivos alimentados a través de un transformador de aislamiento no deben protegerse con diferenciales en el primario ni en el secundario del transformador.

2.1.5. Empleo de muy baja tensión de seguridad

Las instalaciones de muy baja tensión de seguridad (MBTS) tendrán una tensión asignada no superior a 24 V en corriente alterna y 50 V en corriente continua y cumplirá lo establecido en la ITC-BT-36.

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN PUERTOS Y MARINAS PARA BARCOS DE RECREO ITC-BT-42

3. PROTECCIONES DE SEGURIDAD

Las protecciones contra contactos directos e indirectos serán conformes a lo establecido en la ITC-BT-24, con las siguientes consideraciones:

3.1. Protección por muy baja tensión de seguridad (MBTS)
Cuando se utilice muy baja tensión de seguridad (MBTS), la protección contra los contactos directos debe estar asegurada, cualquiera que sea la tensión asignada, por un aislamiento que pueda soportar un ensayo dieléctrico de 500 V durante un minuto.

3.2. Protección por corte automático de la alimentación
Cualquiera que sea el esquema utilizado, la protección debe estar asegurada por un dispositivo de corte diferencial-residual. En el caso de un esquema TN, se utilizará sólo la variante TN-S.

3.3. Aplicación de las medidas de protección contra los choques eléctricos

3.3.1. Protección por obstáculos
No se admiten las medidas de protección por obstáculos ni por puesta fuera del alcance.

3.3.2. Protección contra contactos indirectos
Contra los contactos indirectos en locales no conductores no son admitidas las conexiones equipotenciales no unidas a tierra.

INSTALACIONES EN LOCALES DE CARACTERÍSTICAS ESPECIALES ITC-BT-30

1. INSTALACIONES EN LOCALES HÚMEDOS

Locales o emplazamientos húmedos son aquellos cuyas condiciones ambientales se manifiestan momentáneamente o permanentemente bajo la forma de consideración en el techo y paredes, manchas salinas o moho aún cuando no aparezcan gotas, ni el techo o paredes estén impregnados de agua.
En estos locales o emplazamientos el material eléctrico cuando no se utilice muy bajas tensiones de seguridad, cumplirá con las siguientes condiciones:

1.1. Canalizaciones eléctricas

Las canalizaciones serán estancas, utilizándose, para terminales, empalmes y conexiones de las mismas, sistemas o dispositivos que presenten el grado de protección correspondiente a la caída vertical de gotas de agua (IPx1). Este requisito lo deberán cumplir las canalizaciones prefabricadas.

1.1.1. Instalación de conductores y cables aislados en el interior de tubos

Los conductores tendrán una tensión de 450/750 V y discurrirán por el interior de tubos:
– Empotrados: según lo especificado en la Instrucción ITC-BT-21.
– En superficie: según lo especificado en la ITC.BT-24, pero que dispondrán de un grado de resistencia a la corrosión 3.

1.1.2. Instalación de cables aislados con cubierta en el interior de canales aislantes

Se instalarán en superficie y las conexiones, empalmes y derivaciones se realizarán en el interior de cajas.

1.1.3. Instalación de cables aislados y armados con alambres galvanizados sin tubo protector

Los conductores tendrán una tensión asignada de 0,6/1 kV y discurrirán por:
– En el interior de huecos de la construcción
– Fijado en superficie mediante dispositivos hidrófugos y aislantes.

1.2. Aparamenta

Las cajas de conexión, interruptores, tomas de corriente y, en general, toda la aparamenta utilizada, deberá presentar el grado de protección correspondiente a la caída vertical de gotas de agua, IPx1. Sus cubiertas y las partes accesibles de los órganos de accionamiento no serán metálicos.

1.3. Receptores de alumbrado y aparatos portátiles de alumbrado

Los receptores de alumbrado estarán protegidos contra la caída vertical de agua, IPx1 y no será de Clase 0.
Los aparatos de alumbrado portátiles serán de Clase II, según la instrucción ITC-BT-43.

2. INSTALACIONES EN LOCALES MOJADOS

Locales o emplazamientos mojados son aquellos en que los suelos, techos y paredes estén o puedan estar impregnados de humedad y donde se vean aparecer, aunque sólo sea temporalmente, lodo o gotas gruesas de agua debido a la consideración o bien estar cubiertos con vaho durante largos períodos.
Se considerarán como locales o emplazamientos mojados los lavaderos públicos, las fábricas de apresto, tintorerías, etc., así como las instalaciones a la intemperie.
En estos locales o emplazamientos se cumplirán, además de las condiciones para locales húmedos del apartado 1, las siguientes:

2.1. Canalizaciones

Las canalizaciones serán estancas, utilizándose para terminales, empalmes y conexiones de las mismas, sistemas y dispositivos que presenten el grado de protección correspondiente a las proyecciones de agua, IPx4. Las canalizaciones prefabricadas tendrán el mismo grado de protección IPx4.

2.1.1. Instalaciones de conductores y cables aislados en el interior de tubos

Los conductores tendrán una tensión asignada de 450/750 V y discurrirán por el interior de tubos:
– Empotrados: según lo especificado en la ITC-BT-21
– En superficie: según lo especificado en la TC-BT-21, pero que dispondrán de un grado de resistencia a la corrosión 4.

2.1.2. Instalación de cables aislados con cubierta en el interior de canales aislantes

Los conductores tendrán una tensión asignada de 450/750 V y discurrirán por el interior de canales que se instalarán en superficie y las conexiones, empalmes y derivaciones se realizarán en el interior de cajas.

2.2. Aparamenta

Se instalarán los aparatos de mando y protección y tomas de corriente fuera de estos locales. Cuando esto no se pueda cumplir, los citados aparatos serán, del tipo protegido contra las proyecciones de agua IPx4, o bien se instalarán en el interior de cajas que les proporcionen un grado de protección equivalente.

2.3. Dispositivos de protección
De acuerdo con lo establecido en la ITC-BT-22, se instalará, en cualquier caso, un dispositivo de protección en el origen de cada circuito derivado de otro que penetre en el local mojado.

2.4. Aparatos móviles portátiles
Queda prohibido en estos locales la utilización de aparatos móviles o portátiles, excepto cuando se utilice como sistema de protección la separación de circuitos o empleo de muy bajas tensiones de seguridad, MBTS según la Instrucción ITC-BT-36.

2.5. Receptores de alumbrado
Los receptores de alumbrado estarán protegidos contra las proyecciones de agua, IPx4. No serán de Clase 0.

Capítulo H1
Los circuitos y su dimensionado

Metodología del capítulo H1

La normativa internacional distingue entre las prescripciones de las instalaciones y las prescripciones de los materiales, de ello realiza su filosofía de normalización y certificación.

Al determinar las protecciones de los circuitos eléctricos, desarrollan toda una serie de normativas como la CEI 60364 y en España sus homólogas las UNE 60430, que especifican las prescripciones de las instalaciones y por tanto las correspondientes a las protecciones de los circuitos.
En esta normativa también definen el nivel en la elección de los materiales, pero no intervienen en la normativa propia de los materiales.

Hemos considerado conveniente seguir esta filosofía y determinar las condiciones de las protecciones de los circuitos eléctricos y las operaciones de dimensionado en este capítulo H1 y las correspondientes a los materiales en el capítulo H2.

No obstante no todos los conceptos de protección han podido tener el mismo tratamiento de exposición. Ya hemos comentado que las protecciones contra los choques eléctricos hemos considerado unificarlas en un solo capítulo, el G.

También encontraremos que las protecciones a los efectos térmicos las expondremos en el capítulo H1, apartado 2 “Las medidas de protección contra los efectos térmicos” de una forma genérica, pero en el transcurso de la obra al tratar cada tema expondremos las pertinentes previsiones a tomar a los efectos térmicos; por ejemplo: al determinar las intensidades capaces de transportar los conductores, deberemos tener en consideración las condiciones ambientales y las de instalación y aplicar los coeficientes correspondientes a las interferencias térmicas, y estas estarán en el capítulo correspondiente a las canalizaciones.

En estas mismas condiciones también se encuentran las medidas de protección contra las influencias electro magnéticas (IEM).

Un tema especial son las medidas de protección a los efectos de las bajadas de tensión.
Es un tema complejo y no dispone de una solución única, normalmente son medidas que están ubicadas en soluciones múltiples; por ejemplo:
- Las bobinas de detección de mínima tensión incorporadas a los interruptores automáticos.
- Las medidas de control de la calidad de la energía eléctrica.
- Las unidades de suministro de la alimentación ininterrumpida (SAI).
- Los cálculos de la determinación de las bajadas de tensión en los arranques.

Todas ellas las trataremos en sus capítulos correspondientes sin tener un capítulo con dimensión propia.

Indice

Los circuitos y su dimensionado

1. Las medidas de protección contra los choques eléctricos H1/25

2. Las medidas de protección contra los efectos térmicos H1/27

Regla fundamental de la protección contra los efectos térmicos H1/27

2.1. Protección contra incendios H1/27
Consideraciones de los materiales y las instalaciones con su entorno H1/27
Consideraciones de los materiales y las instalaciones eléctricas con las condiciones de evacuación en caso de urgencia H1/30
Consideraciones de los materiales y las instalaciones eléctricas con la naturaleza de las materias tratadas o almacenadas en su entorno H1/31
Consideraciones de los regímenes de neutro de las instalaciones eléctricas con la naturaleza de las materias tratadas o almacenadas en su entorno H1/32
Régimen TT H1/32
Régimen TN H1/33
Régimen IT H1/33
Construcciones combustibles H1/33
Estructuras propagadoras de incendio H1/34
Detectores automáticos H1/34
Elección de detectores automáticos H1/34
Protección por corte de la alimentación H1/35

2.2. Protección contra las quemaduras H1/35
¿Qué sucede térmicamente en los cuadros eléctricos? H1/35
Por ejemplo H1/36
Comportamiento de las fuentes de calor H1/36
Los juegos de barras H1/36
La aparamenta H1/37
Fórmula de desplazamiento H1/39
Decalaje por temperatura H1/39
Decalaje por temperatura de los Compact NS equipados de bloques de relés magnetotérmicos H1/41
Compact NS equipados de unidades de control electrónicas H1/42
Compact NS100…NS250 ..... H1/43
Compact NS400 y NS630 ..... H1/43
Compact NS630b a NS3200 ..... H1/44
Interruptores automáticos magnetotérmicos para el control o la proteción de motores H1/44
Interruptores automáticos magnéticos acoplados a relés térmicos LRD H1/45
Relés de protección Tipos LR2-K y LRD, de acompañamiento a contactores H1/46

2.3. La gestión térmica de los cuadros eléctricos.
Sistema funcional Prisma H1/47
Cálculo de la temperatura interna de un cuadro H1/47
Método según la norma CEI 60890 ..... H1/47
Gráficos de determinación rápida para Prisma H1/48
Potencia disipada por polo de la aparamenta de Schneider Electric H1/48
Medios más usuales para controlar la temperatura interna del cuadro H1/56
Sistemas de ventilación H1/56
Ventilación de los cuadros H1/56
Ejemplo H1/57
¿Cuál debe ser el caudal del ventilador? H1/57
Calefacción de los cuadros H1/58
Ventilación de las salas de los cuadros H1/58
Volumen de aire a renovar H1/58
Recordatorio H1/59

H1

3. El dimensionado de las conducciones y sus protecciones a los efectos de las sobreintensidades

3.1. Generalidades H1/61
Metodología H1/61
Definiciones H1/61
Corriente de empleo I_B H1/61
Corriente admisible I_z H1/62
Constitución del cable de la canalización H1/62
Sobreintensidad H1/62
Podemos distinguir dos tipos de sobreintensidades H1/62
Diagrama de proceso para la definición de una conducción H1/63
Regla fundamental de las protecciones contra las sobreintensidades H1/64
Naturaleza de los dispositivos de protección H1/64
Dispositivos que aseguran a la vez la protección contra corrientes de sobrecarga y la protección contra las corrientes de cortocircuito H1/64
Dispositivos que aseguran únicamente la protección contra las corrientes de sobrecarga H1/64
Dispositivos que aseguran únicamente la protección contra corrientes de cortocircuito H1/64
Características de los dispositivos de protección H1/65
Protección contra las corrientes de sobrecarga H1/65
Regla general H1/65
Coordinación entre los conductores y los dispositivos de protección H1/65
Protección de los conductores en paralelo H1/65
Protección contra las corrientes de cortocircuito H1/66
Regla general H1/66
Determinación de las corrientes de cortocircuito supuestas H1/66
Características de los dispositivos de protección contra los cortocircuitos H1/66

Defecto alejado de los alternadores H1/68
Defecto en la proximidad de los alternadores H1/70
Protección contra los cortocircuitos de conductores en paralelo H1/72
Coordinación entre la protección contra las sobrecargas y la protección contra los cortocircuitos H1/72
Protección asegurada por el mismo dispositivo H1/72
Limitación de las sobreintensidades por las características de alimentación H1/73

3.2. Determinación práctica de la sección mínima de una conducción H1/74
3.2.1. Determinación de la sección en función de la densidad de corriente H1/74
Líneas aéreas con conductores desnudos H1/75
Líneas aéreas con conductores aislados H1/75
Instalaciones en zonas con temperaturas diferentes a 40 °C H1/75
Instalaciones con agrupamiento de cables H1/75
Líneas subterráneas sin entubar H1/76
Instalaciones en zonas con temperaturas del terreno diferentes a 25 °C H1/76
Instalaciones en zonas con terrenos de resistividad térmica diferente a 1 k·m/W H1/76
Instalaciones con agrupamiento de cables H1/76
Instalaciones con los conductores a profundidades diferentes de 0,7 m H1/77
Líneas subterráneas entubadas H1/77
Factores de corrección por instalación de conductores enterrados en zanjas bajo tubo, o similar H1/77
Líneas al aire en galerías subterráneas ventiladas H1/77
Instalaciones en zonas con temperaturas del terreno diferentes a 40 °C H1/78
Instalaciones con agrupamiento de cables H1/78
Métodos de instalación para todos los casos considerados que no son enterrados H1/78
Descripción de los métodos de referencia H1/78
Configuración de los circuitos H1/80
Número de conductores cargados H1/80
Consideraciones de instalación H1/80
Variación en función de las condiciones de instalación en un recorrido H1/80
Intensidades admisibles H1/80
Intensidades admisibles en cables subterráneos H1/81
Instalaciones en zonas con temperaturas del terreno diferentes a 25 °C H1/81
Instalaciones con agrupamiento de cables H1/82
3.2.2. Determinación de la sección en función de la caída de tensión H1/82
Límite máximo de la caída de tensión H1/82
Cálculo de la caída de tensión en la línea a régimen permanente H1/83
Cálculo por medio de fórmulas H1/83
Cálculo por sistema simplificado por medio de tablas H1/84

Ejemplos H1/85
3.2.3. Determinación de la sección en función de la corriente de cortocircuito H1/88
Corrientes de cortocircuito trifásico en los bornes secundarios de un transformador de MT/BT H1/88
Caso de un solo transformador H1/88
Ejemplo H1/89
Caso de varios transformadores conectados en paralelo H1/90
Corriente de cortocircuito trifásica en cada punto de la instalación BT H1/90
Método de cálculo de Z_T H1/91
Determinación de las impedancias de una red H1/91
Red aguas arriba H1/91
Transformadores H1/91
Interruptores automáticos H1/92
Juego de barras H1/92
Conducciones H1/92
Los motores H1/93
Resistencia del arco de defecto H1/94
Cálculo de la corriente de cortocircuito de forma simplificada, aguas abajo de una conducción, en función de la sección de la conducción y la corriente de cortocircuito aguas arriba H1/95
Ejemplo H1/98
Casos particulares en que es necesario realizar el cálculo de la intensidad de cortocircuito mínima H1/99
Ejemplos de tales configuraciones H1/99
Condiciones a respetar H1/100
Método práctico de cálculo de la longitud máxima de conducción que protege un interruptor automático o un fusible H1/101
Formas de cálculo H1/101
Utilización de la tabla adjunta para determinar la $L_{máx.}$ H1/103
Ejemplos H1/105
Verificación de los efectos de las corrientes de cortocircuito sobre los conductores H1/105
Efectos térmicos H1/105
Ejemplo H1/106
Efectos electrodinámicos H1/106
Para conductores H1/106
Para las canalizaciones prefabricadas H1/106
Intensidades máximas que pueden soportar los conductores en condiciones de cortocircuito H1/107
Conductores aislados para redes aéreas H1/107
Intensidades de cortocircuito máximas, admisibles en los conductores H1/107
Conductores para líneas subterráneas, enterradas, entubadas o en galerías H1/107
Intensidades de cortocircuito máximas, admisibles en los conductores H1/107
Temperaturas admisibles en los conductores H1/108
3.2.4. Los conductores de protección PE H1/108
Conexionado y elección H1/108
Los conductores de protección H1/109

Los conductores deben H1/109
Conexiones H1/109
Los conductores de protección (símbolo PE) H1/109
Régimen TT H1/109
Régimen IT y TN H1/109
Esquema TN-C H1/109
Paso de un esquema TN-C a un esquema TN-S H1/110
Tipos H1/110
Dimensionamiento H1/111
El método adiabático (económico) H1/111
El método simple (valores superiores) H1/111
Valores del coeficiente K a considerar en las fórmulas H1/113
Conductor de protección entre el transformador MT/BT, la unión equipotencial principal y el CGBT H1/113
Los conductores instalados aguas arriba del interruptor general de BT H1/113
Conductor equipotencial H1/114
Conductor equipotencial principal H1/114
Conductor equipotencial suplementario H1/114
3.2.5. El conductor neutro H1/114
Dimensionado del conductor neutro H1/114
Influencia del régimen de neutro H1/114
Esquemas TT, TN-S e IT H1/114
Esquema TN-C H1/115
Esquema IT H1/115
Protección del conductor neutro H1/115
Seccionamiento H1/115
Corte H1/115
Protección contra los choques eléctricos H1/115
Ejemplos H1/117

3.3. El sistema de cálculo informático de Schneider Electric H1/121
Documentos normativos de referencia H1/121
Hipótesis de cálculo H1/121
El condensador H1/121
Parámetros de entrada de primer nivel H1/121
Valores calculados H1/121
Variador de velocidad H1/121
Parámetros de entrada de primer nivel H1/121
Valores calculados H1/122
El transformador H1/123
Parámetros de entrada de primer nivel H1/123
Parámetros de entrada de segundo nivel H1/124
Valores calculados H1/124
Valores visibles en el trazado del cálculo H1/124
El generador H1/125
Parámetros de entrada de primer nivel H1/125
Parámetros de entrada de segundo nivel H1/125
Valores calculados H1/126
Valores visibles en el trazado del cálculo H1/126
Cualquier fuente H1/126
Juego de barras H1/126
Los cables H1/127
Parámetros de entrada de primer nivel H1/127
Parámetros de entrada de segundo nivel H1/127

Canalizaciones eléctricas prefabricadas de distribución (repartidas) ... H1/128
Receptores ... H1/129
Alumbrado ... H1/129
Transformadores BT/BT ... H1/130
Valores calculados ... H1/131
Interruptor automático ... H1/131
Parámetros de entrada de primer nivel ... H1/131
Cómo disminuir la protección magnética ... H1/132
Protección y mando ... H1/132
Parámetros de entrada de primer nivel ... H1/132
Parámetros de entrada de segundo nivel ... H1/132
Interruptor ... H1/132
El juego de barras no calculable (o derivación) ... H1/133
Reenvío del proyecto aguas arriba ... H1/133
Parámetros de entrada de primer nivel ... H1/133
Características generales ... H1/133
Motor ... H1/133
Parámetros de entrada de primer nivel ... H1/133
Parámetros de entrada de segundo nivel ... H1/134

3.4. Principios de la protección de los circuitos contra las sobreintensidades ... H1/134
El principio ... H1/134
Determinación de la protección ... H1/136
Regla general ... H1/136
Dispositivos de protección contra las sobreintensidades ... H1/137
Disposiciones generales ... H1/137
Elección de los dispositivos de protección contra sobrecargas ... H1/137
Elección de los dispositivos de protección contra cortocircuitos ... H1/137
Consideraciones comunes a los fusibles y a los interruptores automáticos ... H1/137
Protección con interruptores automáticos ... H1/138
Protección con fusibles ... H1/138
Aplicación de las medidas de protección contra las sobreintensidades ... H1/139
Emplazamiento de las protecciones ... H1/139
Regla general ... H1/139
A. Protección contra las corrientes de sobrecarga ... H1/139
A.1. Emplazamiento de los dispositivos de protección contra las sobrecargas ... H1/139
B.1. Emplazamiento del dispositivo de protección contra los cortocircuitos ... H1/139
Sin necesidad de protección específica ... H1/140
A.2. Omisión de protección contra las sobrecargas ... H1/140
A.3. Emplazamiento u omisión de protección contra las sobrecargas en el esquema IT ... H1/142
A.4. Casos en que se recomienda omitir la protección contra las sobrecargas por razones de seguridad ... H1/142
B.2. Desplazamientos del dispositivo de protección contra los cortocircuitos ... H1/142
B.3. Casos donde se puede omitir la protección contra los cortocircuitos ... H1/143
Cables en paralelo ... H1/143

A.5. Protección contra la sobrecarga de los conductores en paralelo H1/144
A.6. Protección contra los cortocircuitos de conductores en paralelo H1/145
Disposiciones según la naturaleza de los circuitos H1/146
C.1. Protección de los conductores de fase H1/146
C.2. Protección del conductor neutro H1/147
C.3. Corte y conexión del conductor neutro H1/147
Asociación de dispositivos de protección H1/148
Alejamiento del dispositivo de protección H1/149

3.5. Sistema de distribución eléctrica mediante CEP H1/150
Normas CEI-UNE 60439-2 ..... H1/150
Definiciones H1/150
Características eléctricas del material H1/150
Disposiciones de construcción H1/150
Prescripciones sobre ensayos H1/150
Protección de Canalizaciones Eléctricas Prefabricadas H1/150
Protección contra las sobrecargas H1/150
Exactitud reglaje H1/152
Amplio margen de reglaje de los disyuntores con relés electrónicos H1/152
Protección contra los cortocircuitos mediante disyuntor H1/152
Características intrínsicas de las CEP H1/152
Características del interruptor automático H1/153
Aplicaciones H1/153
Combinación interruptor automático/canalización H1/153
Interruptor automático no limitador o temporizado H1/155
Interruptor automático limitador H1/155
Coordinación de las protecciones H1/156
Coordinación de la distribución eléctrica mediante CEP H1/156
Continuidad de servicio y selectividad H1/156

4. Las medidas de protección a los efectos de las sobretensiones transitorias

4.1. Generalidades H1/157
Los diferentes tipos de sobretensiones transitorias H1/157
Los diferentes modos de propagación H1/157
El modo común H1/157
El modo diferencial H1/157
Origen de las sobretensiones transitorias H1/158
Las sobretensiones transitorias atmosféricas H1/158
Clasificación en categorías de las formas de combatir las sobretensiones H1/158
Descripción de las categorías de los materiales H1/158
Disposiciones para controlar las sobretensiones H1/159
Situación natural H1/159
Situación controlada H1/159
Elección de los materiales en la instalación H1/159
Sobretensiones de maniobra H1/160
Solicitaciones de aislamiento de los materiales para circuitos de BT H1/160
Leyenda general H1/161

Puestas a tierra de los centros de transformación H1/161
Requisitos aplicables según el esquema de las conexiones a tierra de las instalaciones de baja tensión H1/162
Limitación de las solicitaciones de tensión en los materiales de BT del centro de transformación H1/165
Esquemas TN y TT H1/165
Esquema IT H1/165
Solicitaciones de tensión en caso de rotura del conductor neutro en esquemas TN y TT H1/165
Solicitaciones de tensión en caso de puesta a tierra accidental en esquema IT H1/165
Ábaco de la relación tiempos de desconexión tensiones de contacto H1/165
Solicitaciones de tensión en caso de cortocircuito entre fase y neutro H1/166

4.2. Las protecciones contra las sobretensiones H1/166
Tipos de protecciones H1/166
Las protecciones primarias H1/166
Las protecciones secundarias H1/168
Los limitadores de sobretensiones transitorias o descargadores de sobretensiones H1/170
Los limitadores de sobretensiones transitorias de pequeñas intensidades H1/171
Las tecnologías utilizadas en los limitadores de sobretensiones transitorias H1/171
Los componentes H1/171
Los diodos zener H1/171
Descargadores a gas H1/172
La varistancia (de óxido de cinc ZnO) H1/172
Cuadro comparativo de las características de los elementos limitadores de sobretensiones transitorias utilizados en protecciones paralelas H1/172
Los esquemas de los limitadores de sobretensiones transitorias H1/173
La constitución de un limitador de sobretensiones transitorias H1/173
La acometida H1/175

4.3. La normativa sobre los limitadores de sobretensiones transitorias H1/175
Definición de los limitadores de sobretensiones transitorias H1/175
Características principales de los limitadores de sobretensiones transitorias H1/175
Ondas de ensayo H1/176
Elección de los limitadores de sobretensiones transitorias en la instalación H1/177
Instalación de los limitadores de sobretensiones transitorias ... H1/177
La normativa internacional H1/178
La CEI H1/178
El CENELEC H1/178
Las normas de los materiales H1/178
Deben responder a ensayos tales como H1/178
Normas actuales propias de un estado H1/178

4.4. Reglas generales de instalación H1/179
Instalación de los limitadores de sobretensiones transitorias en función del régimen de neutro H1/179
Los limitadores de sobretensiones transitorias H1/179
Sistema común H1/179
Sistema diferencial H1/179
Ejemplo H1/179
Instalación de limitadores de sobretensiones transitorias en esquemas de régimen TT H1/181
Instalación de limitadores de sobretensiones transitorias en esquemas de régimen TNC H1/181
Instalación de limitadores de sobretensiones transitorias en esquemas de régimen TNS H1/182
Esquema de unión a la tierra TNC-S H1/183
Esquema de unión a la tierra IT H1/184
Los cables de tierra y masas H1/185
La instalación en cascada de los limitadores de sobretensiones transitorias H1/185
Principio H1/185
Coordinación de limitadores de sobretensiones transitorias . H1/186
Instalación H1/187
Las protecciones de los limitadores de sobretensiones transitorias H1/187
Protección contra el envejecimiento H1/187
Protección contra los cortocircuitos H1/188
Protección contra los contactos indirectos H1/190
La coordinación de las protecciones H1/190
Principio H1/190
Caso con dispositivos diferenciales H1/190
La instalación de los limitadores de sobretensiones transitorias en los cuadros eléctricos H1/191
Las conexiones H1/191
Las reglas de cableado H1/192
Esquemas de implantación de un limitador de sobretensiones transitorias en un cofret H1/194
Alimentación por la parte superior H1/195
Alimentación por la parte inferior H1/196
Sección de los cables H1/196

5. Medidas de protección contra las influencias electromagnéticas (CEM)

5.1. Generalidades H1/197
Medidas a tomar H1/197
CEM en edificios con equipos de tratamiento de la información H1/199
Medidas para la conexión de corrientes débiles H1/201
Ejemplos de técnicas de base que pueden utilizarse para procurar una inmunidad, total o parcial, contra las perturbaciones electromagnéticas incidentes H1/201
Método 1. Conductores de protección en estrella H1/202
Método 2. Utilización de una red equipotencial horizontal local (mallado) H1/202
Metódo 3. Sistemas equipotencial horizontal y vertical H1/203

6. Medidas de protección a los efectos de las bajadas de tensión

Prescripciones generales H1/205

7. Medidas para la seguridad en el seccionamiento y mando

Seccionamiento H1/207
Corte por mantenimiento mecánico H1/207
Corte y parada de emergencia H1/208
Mando funcional H1/208
Circuitos de mando (circuitos auxiliares) H1/208
Mando de motores H1/209

Tablas

1. Las medidas de protección contra los choques eléctricos

2. Las medidas de protección contra los efectos térmicos

H1-2-001: para la elección automática de detectores H1/34
H1-2-002: temperaturas máximas en servicio normal de las partes accesibles de los materiales eléctricos en el interior del volumen de accesibilidad al contacto H1/35
H1-2-004: valores térmicos relativos a los juegos de barras situados en un ambiente dado H1/37
H1-2-007: decalaje de intensidades en función de la temperatura del entorno para interruptores automáticos e interruptores automaticos a corriente diferencial residual H1/39
H1-2-008: coeficientes de decalaje para los bloques de relés TM16 a TM125 y TM160 a TM250 ..... H1/41
H1-2-009: desplazamiento en función de la temperatura de la intensidad asignada de los interruptores automáticos NS magnetotérmicos H1/41
H1-2-010: coeficientes de decalaje al añadir un bloque Vigi o de vigilancia de aislamiento a los interruptores automáticos NS H1/42
H1-2-011: coeficientes de decalaje con un bloque de vigilancia de aislamiento H1/43
H1-2-012: decalaje de intensidades en función de la temperatura del entorno para interruptores automáticos e interruptores automáticos NS 100, 160 y 250 A H1/43
H1-2-013: desplazamiento en función de la temperatura de la intensidad asignada de los interruptores automáticos NS400 y NS630 con relés LR H1/43
H1-2-014: desplazamiento en función de la temperatura de la intensidad asignada de los interruptores automáticos NS630b a NS3200 ..... H1/44
H1-2-018: potencia disipada por los interruptores, interruptores automáticos e interruptores a corriente diferencial residual Schneider Electric H1/52

H1-2-019: potencia disipada por los contactores Telemecanique H1/49
H1-2-020: potencia disipada por los arrancadores progresivos H1/48
H1-2-021: potencia disipada por los variadores de velocidad..... H1/54
H1-2-023: métodos de control de la temperatura del sistema Prisma H1/56

3. El dimensionado de las conducciones y sus protecciones a los efectos de las sobreintensidades

H1-3-010: valores para el cálculo del factor k, en función del conductor H1/73
H1-3-011: valores para el cálculo del factor k, en función del aislante H1/73
H1-3-014: fórmulas de cálculo de la caída de tensión H1/84
H1-3-015: tabla de las caídas de tensión ΔU en (V)/amperios/km en un circuito H1/85
H1-3-018: tabla de los valores de la tensión de cortocircuito (en %), de los transformadores de MT/BT estandarizados H1/89
H1-3-019: tabla de la Icc trifásica a los bornes de un transformador MT/BT alimentado por una red de 500 MVA H1/89
H1-3-022: tabla de los valores de las componentes de la impedancia de las redes de MT en función de la Pcc H1/92
H1-3-023: tabla de la impedancia, resistencia y reactancia de los transformadores normalizados H1/93
H1-3-024: tabla resumen de las diferentes impedancias de una red de BT H1/94
H1-3-025: ejemplo de cálculo de las corrientes de cortocircuito de una instalación MT/BT de 1.000 kVA/400 V H1/95
H1-3-026: tabla para la evaluación de la Icc en un punto determinado, en función de la Icc aguas arriba y las características de la conducción H1/96
H1-3-035: tabla de las longitudes máximas que quedan protegidas en función de la sección y la intensidad de desconexión instantáneas del dispositivo de protección H1/103
H1-3-036: tabla de las longitudes máximas de los conductores protegidos con interruptores multi 9 de Merlin Gerin .. H1/104
H1-3-037: factor de corrección a aplicar a las longitudes máximas de las tablas H1-5-008 y 009 ..... H1/105
H1-3-038: valor de la constante K^2 ..... H1/106
H1-3-039: energía térmica máxima admisible en los conductores en función de su naturaleza ($A^2 \cdot s \cdot 10^6$) H1/106
H1-3-040: Intensidades máximas de cortocircuitos en kA H1/107
H1-3-041a: densidad de corriente de cortocircuito, en A/mm^2, para conductores de aluminio H1/107
H1-3-041b: densidad de corriente de cortocircuito, en A/mm^2, para conductores de cobre H1/107
H1-3-042: cables aislados con aislamiento seco; temperatura máxima, en °C, asignada al conductor H1/108
H1-3-044: tabla de referentes para la elección de los conductores de protección H1/110
H1-3-045: tabla de secciones mínimas de los conductores de protección y de puesta a tierra H1/112
H1-3-046: tabla de los valores más usuales del factor K, según CEI 60724, para los conductores de protección H1/112

H1-3-048: tabla de la sección de los conductores de protección, protegidos en MT, en función de la potencia del transformador, la naturaleza del conductor y el tiempo de extinción del cortocircuito del dispositivo de protección..... H1/113
H1-3-050: tabla para la elección de la protección del conductor neutro.....H1/116
H1-3-054: coeficientes de corrección en función de la distancia de los conductores H1/128
H1-3-067: protecciones contra las sobreintensidades en los diferentes circuitos, fases y neutros H1/148
H1-3-074: tabla resumen para las protecciones de las CEP H1/155

H1

4. Las medidas de protección a los efectos de las sobretensiones transitorias
H1-4-003: tabla resumen de las principales características de las sobretensiones H1/158
H1-4-004: tensiones asignadas a la resistencia a los choques eléctricos, prescritas para los materiales H1/160
H1-4-005: tabla de solicitaciones de aislamiento mínimas en redes de BT H1/160
H1-4-024: tabla comparativa de las características de los diferentes elementos de protección en paralelo de las sobretensiones H1/172
H1-4-032: tabla de elección de limitadores de sobretensiones transitorias en función de la tensión de red y la resistencia a los choques eléctricos H1/177
H1-4-036: tabla de conexiones para los limitadores de sobretensiones transitorias H1/180
H1-4-047: tabla de la distribución de las intensidades en función de la distancia entre limitadores de sobretensiones transitorias H1/186

Figuras

1. Las medidas de protección contra los choques eléctricos

2. Las medidas de protección contra los efectos térmicos
H1-2-003: comportamiento térmico de una envolvente H1/36
H1-2-005: curvas de desplazamiento tipo de los relés en función de la temperatura H1/38
H1-2-006: curva de desconexión de un interruptor automático H1/38
H1-2-015: características de desconexión en frío y en caliente de los guardamotores H1/46
H1-2-016: características de desconexión en frío y en caliente de los relés de acompañamiento a los contactores H1/47
H1-2-017: comparación de los cálculos de temperatura del aire a media altura en los armarios de distribución H1/48
H1-2-022: ábacos de definición de la temperatura en función de la potencia de pérdidas en el interior del armario H1/55
H1-2-024: ábaco para determinar el caudal de aire de evacuación H1/57
H1-2-025: ábacos para la determinación de la potencia de la resistencia calefactora para las envolventes de Schneider Electric H1/58

H1-2-026: parámetros para la evacuación del aire de una sala de cuadros eléctricos H1/59

3. El dimensionado de las conducciones y sus protecciones a los efectos de las sobreintensidades

H1-3-001: ejemplo de cálculo de la corriente de empleo de un circuito H1/62
H1-3-002: diagrama de proceso de cálculo de la sección de las canalizaciones y de la intensidad de los dispositivos de protección H1/63
H1-3-003: esquema simplificado de una red H1/67
H1-3-004: representación gráfica y descomposición de la corriente de un cortocircuito producido en un punto alejado del alternador H1/68
H1-3-005: imagen simétrica H1/69
H1-3-006: imagen asimétrica H1/69
H1-3-007: variación del factor k en función de la relación R/X o R/L (CEI 60909) H1/70
H1-3-008: contribución a la corriente total de cortocircuito Icc (e) de: la reactancia subtransitoria, transitoria, permanente y a la componente unidireccional H1/71
H1-3-009: las corrientes de cortocircuito cerca de un alternador (trazado esquemático) H1/72
H1-3-012: diagrama de la determinación de la sección de una canalización H1/74
H1-3-013: caída de tensión máxima H1/83
H1-3-016: ejemplo 1.º H1/86
H1-3-017: ejemplo 2.º H1/88
H1-3-020: esquema en cortocircuito con transformadores en paralelo H1/90
H1-3-021: triángulo de impedancias H1/91
H1-3-027: determinación de la Icc aguas abajo H1/98
H1-3-028: circuito protegido por fusible H1/99
H1-3-029: circuito protegido por interruptor automático, sólo magnético (Compact tipo MA) H1/99
H1-3-030: el interruptor automático del punto D debe asegurar la protección de la carga H1/99
H1-3-031: protección con interruptor automático H1/100
H1-3-032: protección con fusibles tipo aM H1/100
H1-3-033: protección con fusibles tipo gl H1/100
H1-3-034: ejemplo de longitud máxima a proteger H1/101
H1-3-043a: conexionado del conductor de protección, siempre en paralelo H1/108
H1-3-043b: conexionado del conductor de protección PE al borne de masa H1/109
H1-3-043c: desdoblamiento del conductor de protección en conductor PE y N, pasando de esquema TN-C a TN-S ... H1/110
H1-3-047: conductor de protección hasta el CGBT H1/113
H1-3-049: conductor equipotencial suplementario H1/114
H1-3-051: esquema ejemplo 1.° H1/117
H1-3-052: esquema ejemplo 2.° H1/118
H1-3-053: esquema ejemplo 3.° H1/120
H1-3-055: principio de la protección de un circuito con interruptor automático..... H1/135
H1-3-056: principio de protección de un circuito con fusibles H1/135

H1-3-057: característica I^2t de un conductor en función de la temperatura ambiente H1/135
H1-3-058: diagrama de las corrientes definitorias de la protección H1/136
H1-3-059: ejemplo de situación de los aparatos de protección ... H1/139
H1-3-060: emplazamiento de los dispositivos de protección contra las sobrecargas en cambios de sección de las canalizaciones H1/140
H1-3-061: ramales sin necesidad de protección H1/140
H1-3-062: situaciones en que no es imperativa la situación de una protección contra las sobreintensidades, en un cambio de sección H1/141
H1-3-063: situaciones en que no es imperativa la situación de una protección contra las sobreintensidades por sobredimensionamiento o por falta de capacidad de sobrecargas H1/141
H1-3-064: condiciones a cumplir por un dispositivo de protección contra los cortocircuitos situado aguas arriba de un cambio de sección H1/143
H1-3-065: protecciones contra las sobrecargas en conductores en paralelo H1/145
H1-3-066: protección contra cortocircuitos de los conductores en paralelo, situaciones en caso de defecto H1/146
H1-3-068: ejemplo de situación de los aparatos de protección alejados del origen del ramal H1/149
H1-3-069: diagramas de las protecciones contra las sobrecargas para fusibles e interruptores automáticos H1/151
H1-3-070: situación de la protección de una CEP H1/153
H1-3-071: valor de la corriente de la 1.ª cresta en función de la I_{cc} eficaz H1/154
H1-3-072: régimen transitorio y establecido de un cortocircuito de corta duración H1/154
H1-3-073: comprobaciones a realizar (intensidad de cresta y energía a asumir) H1/155
H1-3-075: interruptor automático no limitador H1/156
H1-3-076: interruptor automático limitador H1/156

4. Las medidas de protección a los efectos de las sobretensiones transitorias

H1-4-001: sobretensiones de modo común H1/157
H1-4-002: sobretensiones de modo diferencial H1/157
H1-4-006: esquema TT neutro conectado a la misma toma de tierra de la masa del transformador H1/162
H1-4-007: esquema TT neutro conectado a otra toma de tierra de la de la masa del transformador H1/162
H1-4-008: esquema IT neutro conectado a la misma toma de tierra de la masa del transformador y de las masas de la red de BT H1/163
H1-4-009: esquema IT masa del transformador y del circuito de BT conectadas a una toma de tierra diferente a la del neutro de la instalación H1/163
H1-4-010: esquema IT neutro conectado a la misma toma de tierra de las masas de la red de BT y otra toma para las masas del transformador H1/163

H1-4-011: esquema IT masa del transformador conectada a una toma de tierra diferente a la del neutro y a las masas de la red de BT. Neutro conectado a tierra a través de una impedancia H1/163
H1-4-012: esquema IT neutro conectado a la misma toma de tierra de las masas del transformador, a través de una impedancia H1/163
H1-4-013: esquema TN neutro conectado a la toma de tierra de la de la masa del transformador H1/164
H1-4-014: esquema TT neutro conectado a otra toma de tierra de la de la masa del transformador H1/164
H1-4-015: duración máxima de la tensión U_f debida a un defecto en la instalación de AT/MT H1/165
H1-4-016: ejemplo de pararrayos de antena común H1/167
H1-4-017: cables de guarda de edificios H1/167
H1-4-018: cables de guarda en líneas H1/168
H1-4-019: la caja mallada o caja de Faraday H1/168
H1-4-020: sistema de protección en serie H1/169
H1-4-021: sistema de protección en paralelo H1/170
H1-4-022: curva característica U/I de la protección ideal H1/170
H1-4-023: esquema de instalación del limitador de sobretensiones ... H1/171
H1-4-025: diodo zener bidireccional H1/173
H1-4-026A: esquema de principio de un limitador de sobretensiones transitorias a descarga de gas mejorado H1/173
H1-4-026B: principio de un limitador de sobretensiones transitorias unipolar a varistancia H1/174
H1-4-027: principio de un limitador de sobretensiones transitorias bipolar a varistancia H1/174
H1-4-028: principio de un limitador de sobretensiones transitorias a varistancia con protección a distancia H1/174
H1-4-029: representación gráfica de las características U_c, U_p, I_n e $I_{máx.}$ H1/176
H1-4-030: onda de tensión 1,2/50 µs H1/176
H1-4-031: onda de corriente 8/20 µs H1/177
H1-4-033: esquema de conexión de un limitador de sobretensiones transitorias H1/177
H1-4-034: protección sistema común H1/179
H1-4-035: protección sistema diferencial H1/180
H1-4-037: esquema monofásico régimen TT H1/180
H1-4-038: esquema trifásico régimen TT H1/181
H1-4-039: esquema trifásico régimen TNC H1/182
H1-4-040: esquema monofásico régimen TNS H1/182
H1-4-041: esquema monofásico régimen TT H1/183
H1-4-042: esquema trifásico régimen TNC-S H1/183
H1-4-043: esquema monofásico régimen IT H1/184
H1-4-044: esquema trifásico régimen IT H1/184
H1-4-045: esquema de protección en cascada H1/185
H1-4-046: coordinación de limitadores de sobretensiones transitorias H1/186
H1-4-048: instalación en cascada H1/187
H1-4-049: desconectador protector incorporado H1/188
H1-4-050: protección con desconectador externo H1/188
H1-4-051: protección externa con continuidad de servicio H1/189
H1-4-052: limitador de sobretensiones transitorias con desconexión exterior asociada H1/190

H1-4-053: limitadores de sobretensiones transitorias situado aguas abajo del interruptor automático diferencial general H1/191
H1-4-054: limitador de sobretensiones transitorias situado aguas arriba del interruptor diferencial H1/191
H1-4-055: las conexiones de un limitador de sobretensiones transitorias; L < 50 cm H1/192
H1-4-056: representación esquemática de las conexiones H1/192
H1-4-057: las distancias de las conexiones se consideran desde los bornes de los aparatos H1/193
H1-4-058: ejemplo comparativo de las precauciones de las conexiones y la situación de los cables y los aparatos (reglas 2, 3, 4 y 5) H1/193
H1-4-059: ejemplo de esquema de implantación de los limitadores de sobretensiones transitorias para usos domésticos .. H1/194
H1-4-060: ejemplo de cableado con las conexiones más cortas posibles, para equipos terciarios o industriales H1/194
H1-4-061: ejemplo de cableado con las conexiones más cortas posibles, para equipos con el interruptor automático y el limitador de sobretensiones transitorias en dos carriles simétricos separados H1/195
H1-4-062: ejemplo de cableado con las conexiones más cortas posibles, para equipos con el interruptor automático y el limitador de sobretensiones transitorias contiguos en un carril simétrico H1/195
H1-4-063: ejemplo de cableado con las conexiones más cortas posibles, para equipos con el interruptor automático y el limitador de sobretensiones transitorias contiguos en un carril simétrico, alimentación inferior H1/196

5. Medidas de protección contra influencias electromagnéticas (CEM)
H1-5-001: medidas contra los efectos de la CEM en un edificio existente H1/198
H1-5-002: vista general de un sistema de puesta a tierra del edificio H1/199
H1-5-003: esquema TN-C en un edificio H1/200
H1-5-004: esquema TN-C-S en un edificio H1/200
H1-5-005: esquema TN-s en un edificio H1/200
H1-5-006: esquema TN-C-S en un edificio H1/200
H1-5-007: penetración de conducciones metálicas o armadas en un edificio H1/201
H1-5-008: esquema correspondiente al método 1. Conductores de protección en estrella H1/202
H1-5-009: esquema correspondiente al método 2. Utilización de una red equipotencial horizontal local (mallado) H1/203
H1-5-010: esquema correspondiente al método 3. Sistemas equipotencial horizontal y vertical H1/203

Reglamento electrotécnico para BT e Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC-BT)

2. Las medidas de protección contra los efectos térmicos

Instalaciones en locales de características especiales ITC-BT-30

5. Instalaciones en locales a temperatura elevada H1/211
6. Instalaciones en locales a muy baja temperatura H1/211
9. Instalaciones en otros locales de características especiales... H1/211
   9.1. Clasificación de las influencias externas H1/212

3. El dimensionado de las conducciones y sus protecciones a los efectos de las sobreintensidades

Instalaciones interiores o receptoras. Protección contra sobreintensidades ITC-BT-22

1. Protección de las instalaciones H1/212
   1.1. Protección contra sobreintensidades H1/212
   1.2. Aplicación de las medidas de protección H1/213

Instalaciones interiores o receptoras. Prescripciones generales ITC-BT-19

1. Campo de aplicación H1/214
2. Prescripciones de carácter general H1/214
   2.1. Regla general H1/214
   2.2. Conductores activos H1/214
      2.2.1. Naturaleza de los conductores H1/214
      2.2.2. Sección de los conductores. Caídas de tensión H1/214
      2.2.3. Intensidades máximas admisibles H1/216
      2.2.4. Identificación de conductores H1/216
   2.3. Conductores de protección H1/216
   2.4. Subdivisión de las instalaciones H1/218

Redes aéreas para distribución en baja tensión ITC-BT-06

4. Intensidades admisibles por los conductores H1/218
   4.1. Generalidades H1/218
   4.2. Cables formados por conductores aislados con polietileno reticulado (XLPE), en haz, a espiral visible H1/218
      4.2.1. Intensidades máximas admisibles H1/218
         4.2.1.1. Cables con neutro fiador de aleación de aluminio-magnesio-silicio (Almelec) para instalaciones de cables tensados .. H1/219
         4.2.1.2. Cables sin neutro fiador para instalaciones de cables posados, o tensados con fiador de acero H1/219
      4.2.2. Factores de corrección H1/219
         4.2.2.1. Instalación expuesta directamente al sol ... H1/219
         4.2.2.2. Factores de corrección por agrupación de varios cables H1/219
         4.2.2.3. Factores de corrección en función de la temperatura ambiente H1/220
      4.2.3. Intensidades máximas de cortocircuito admisible en los conductores de los cables H1/220
   4.3. Conductores desnudos de cobre y aluminio H1/221
   4.4. Otros cables u otros sistemas de instalación H1/221

Redes subterráneas para distribución en baja tensión ITC-BT-07
1. Cables H1/221
3. Intensidades máximas admisibles H1/222
3.1. Intensidades máximas permanentes en los conductores de los cables H1/222
3.1.1. Temperatura máxima admisible H1/223
3.1.2. Condiciones de instalación enterrada H1/223
3.1.2.1. Condiciones tipo de instalación enterrada .. H1/223
3.1.2.2. Condiciones especiales de instalación enterrada y factores de corrección de intensidad admisible H1/225
3.1.2.2.1. Cables enterrados en terrenos cuya temperatura sea distinta de 25 °C H1/226
3.1.2.2.2. Cables enterrados directamente o en conducciones, en terreno de resistividad térmica distinta de 1 k·m/W H1/226
3.1.2.2.3. Cables tripolares o tetrapolares o ternos de cables unipolares agrupados bajo tierra H1/226
3.1.2.2.4. Cables enterrados en zanjas a diferentes profundidades ... H1/227
3.1.3. Cables enterrados en zanja en el interior de tubos o similares H1/227
3.1.4. Condiciones de instalación al aire (en galerías, zanjas registrables, atarjeas o canales revisables) .. H1/227
3.1.4.1. Condiciones tipo de instalación al aire (en galerías, zanjas registables, etc.) ... H1/227
3.1.4.2. Condiciones especiales de instalación al aire en galerías ventiladas y factores de corrección de la intensidad admisible H1/229
3.1.4.2.1. Cables instalados al aire en ambientes de temperatura distinta a 40 °C H1/230
3.1.4.2.2. Cables instalados al aire en canales o galerías pequeñas .. H1/230
3.1.4.2.3. Grupos de cables instalados al aire H1/230
3.2. Intensidades de cortocircuito admisibles en los conductores H1/232
3.3. Otros cables o sistemas de instalación H1/233

Sistemas de conexión del neutro y de las masas en redes de distribución de energía eléctrica ITC-BT-08
2. Prescripciones especiales en las redes de distribución para la aplicación del esquema TN H1/233

Instalaciones de enlace. Línea general de alimentación ITC-BT-14
3. Cables H1/234

Instalaciones de puesta a tierra ITC-BT-18
3.2. Conductores de tierra H1/235
3.4. Conductores de protección H1/236

7. Conductores CPN (también denominados PEN) H1/237
8. Conductores de equipotencialidad H1/238

4. Las medidas de protección a los efectos de las sobretensiones

Instalaciones interiores o receptoras. Protección contra sobretensiones ITC-BT-23
1. Objeto y campo de aplicación H1/238
2. Categoría de las sobretensiones H1/239
   2.1. Objeto de las categorías H1/239
   2.2. Descripción de las categorías de sobretensiones H1/239
3. Medidas para el control de las sobretensiones H1/240
   3.1. Situación natural H1/240
   3.2. Situación controlada H1/240
4. Selección de los materiales en la instalación H1/241

Instalaciones de puesta a tierra ITC-BT-18
10. Tomas de tierra independientes H1/241
11. Separación entre las tomas de tierra de las masas de las instalaciones de utilización y de las masas de un centro de transformación H1/241

5. Medidas de protección contra las influencias electromagnéticas

Artículo 5. Perturbaciones en las redes H1/243

7. Medidas para la seguridad en el seccionamiento y mando

Instalaciones interiores o receptoras. Prescripciones generales ITC-BT-19
   2.6. Posibilidad de separación de la alimentación H1/243
   2.7. Posibilidad de conectar y desconectar en carga H1/244

1. Las medidas de protección contra los choques eléctricos

Este apartado lo hemos incluido en el capítulo G “La protección contra los choques eléctricos”.

2. Las medidas de protección contra los efectos térmicos

Para cumplimentar en este apartado nos hemos basado en las prescripciones de la norma UNE-EN 20460-90, parte 4-42 y 20460-90, parte 4-473.

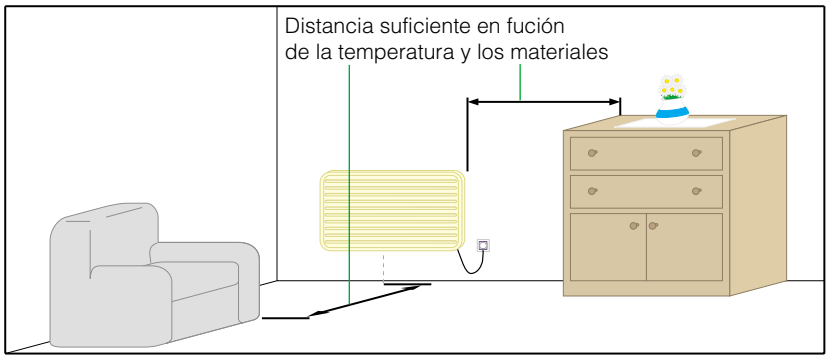
Regla fundamental de la protección contra los efectos térmicos

Las personas, los animales domésticos, los materiales, los objetos próximos a los materiales y el entorno no debe estar sometido a temperaturas que puedan destruirlos o lesionar sus características normales. Las posibles manifestaciones térmicas, por conducción, radiación o convección deben ser aisladas por materiales resistentes y no accesibles a las personas, animales domésticos, materiales no resistentes, a los objetos próximos y al entorno.

2.1. Protección contra incendios

Consideraciones de los materiales y las instalaciones con su entorno

Los materiales eléctricos deben estar diseñados e instalados de forma que no presenten peligro de incendio en su entorno.
Cuando las temperaturas de las superficies exteriores de los materiales puedan alcanzar valores susceptibles de provocar un incendio en su entorno, los materiales de este entorno deben cumplir una de las siguientes consideraciones:

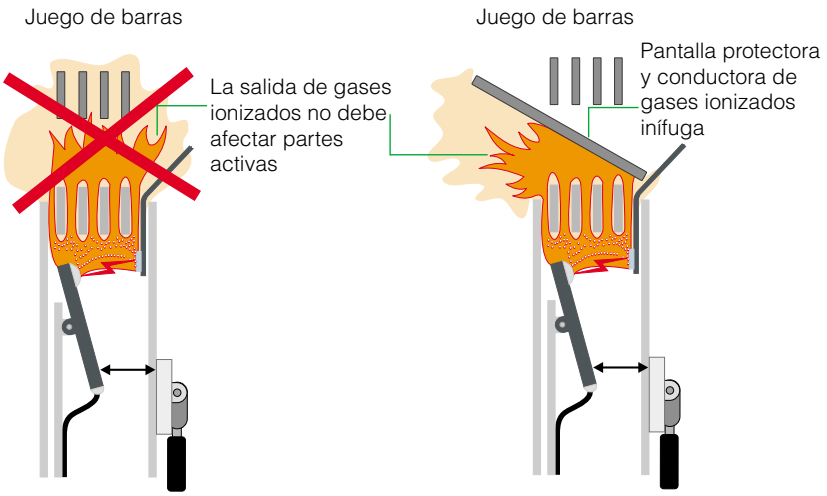


■ Estar instalados sobre o en el interior de materiales que soporten tales temperaturas y que sean de poca conductividad térmica.
■ Estar separados de los elementos de construcción por materiales que soporten tales temperaturas y que sean de poca conductividad térmica.
■ Estar instalados a una distancia suficiente de cualquier material cuya conservación podría ser comprometida por tales temperaturas, permitiendo una disipación segura del calor teniendo los soportes de los materiales poca conductividad térmica.

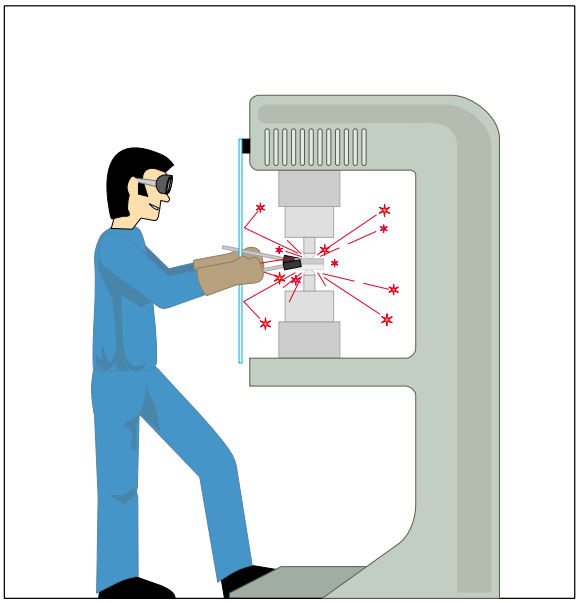
Las partes activas susceptibles de producir arcos o chispas en servicio normal deben cumplir una de las siguientes condiciones:
■ Estar completamente encerrados en materiales resistentes a los arcos.
■ Estar separados de los elementos de construcción (en el que los arcos podrían tener efectos perjudiciales) con pantallas de materiales resistentes a los arcos.

■ Estar instalados a una distancia suficiente de los elementos de construcción y los manipuladores, en los cuales los arcos y las chispas podrían desarrollar efectos perjudiciales, permitiendo una extinción segura de los mismos.

Los materiales resistentes a los arcos utilizados para estas medidas de protección deben ser incombustibles, tener poca conductibilidad térmica y presentar un espesor apropiado para asegurar una estabilidad mecánica.



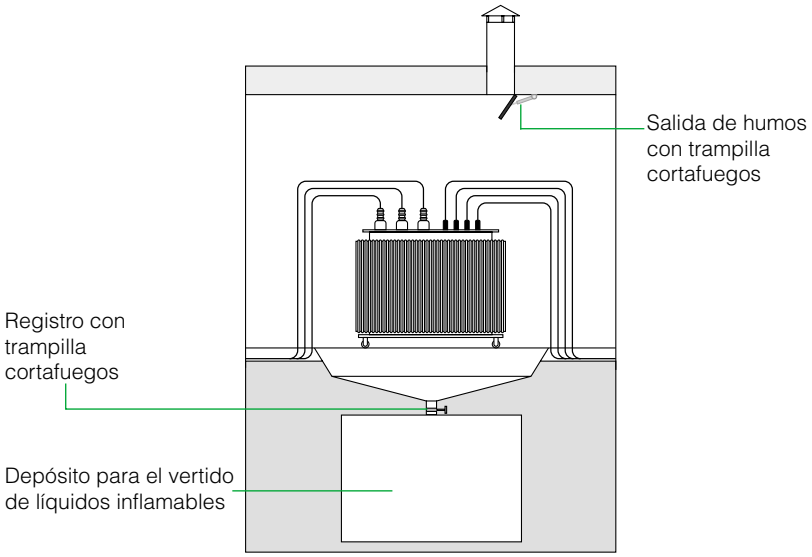
Los materiales fijos que presenten un defecto de focalización o de concentración de calor, deben estar alejados suficientemente de todo objeto fijo y de todo elemento de construcción, de tal forma que estos objetos o elementos no puedan estar sometidos, en condiciones normales, a una temperatura peligrosa.



Nota: las pequeñas partículas metálicas desprendidas de las soldaduras pueden provocar incendios o quemaduras en función de los materiales de su entorno. Deben ser protegidos o alejados.

Cuando los materiales eléctricos, instalados en un mismo local, contengan una importante cantidad de líquidos inflamables, se deben tomar disposiciones para que los líquidos no se inflamen y los productos de combustión del líquido (llama, humo, gas tóxico), se propaguen en otras partes del edificio.
Como ejemplo de tales prescripciones se pueden citar:

- Una fosa de extinción que recoja las fugas de líquidos y asegure su extinción en caso de incendio.
- La instalación de los materiales en un lugar construido por paredes resistentes al fuego u otros medios que impidan la propagación de líquido inflamado a otras partes del edificio, estando ventilado este local exclusivamente hacia el exterior.
- Una cantidad de 25 litros se considera generalmente importante.
- Para cantidades inferiores a 25 litros, basta con adoptar medidas para impedir que el líquido se esparza.
- Es conveniente poner fuera de tensión el material en cuanto se inicia un incendio.



Los materiales de las envolventes dispuestas alrededor de los materiales eléctricos, en el momento de su instalación, deben poder soportar las temperaturas más altas susceptibles de ser producidas por el material eléctrico.
Para la construcción de estas envolventes no conviene utilizar materiales combustibles, a menos que se adopten medidas preventivas contra la inflamación, tales como revestimientos con material incombustible o difícilmente combustibles y de poca conductividad térmica.

Consideraciones de los materiales y las instalaciones eléctricas con las condiciones de evacuación en caso de urgencia

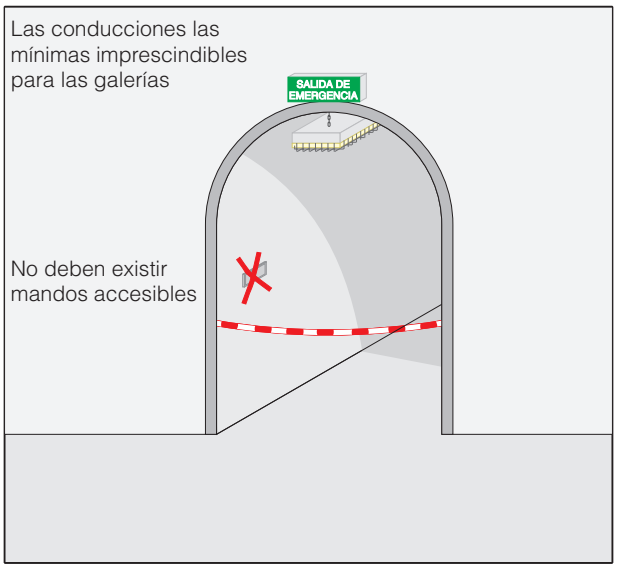
Debemos diferenciar las condiciones propias de las instalaciones no eléctricas:
- Densidad de ocupación pequeña, condiciones difíciles de evacuación.
- Densidad de ocupación importante, condiciones fáciles de evacuación.
- Densidad de ocupación importante, condiciones difíciles de evacuación.

Según el apartado 322.4 de la norma UNE 20460-3.

Nota: estas condiciones pueden ser definidas por las autoridades responsables de la construcción de edificios, de los establecimientos públicos o de los organismos de prevención contra incendios.

Es aconsejable que las canalizaciones eléctricas no transcurran por las salidas de evacuación, pero si esto no fuera posible, las canalizaciones dispondrán de cubiertas o envolturas que no favorezcan ni propaguen el incendio ni alcancen una temperatura suficientemente elevada para inflamar los materiales próximos durante el tiempo especificado por la reglamentación referente a los materiales de construcción de las salidas de evacuación o durante 30 minutos en ausencia de reglamentación.
Las canalizaciones eléctricas que discurren por las salidas de evacuación, deben estar fuera del volumen de accesibilidad con las manos o poseer una protección contra daños mecánicos que puedan producirse en el instante de una evacuación. Tales canalizaciones deberán ser tan cortas como sea posible.
En las condiciones de ocupación importantes los aparatos de mando y protección, con excepción de ciertos dispositivos que faciliten la evacuación, deben ser accesibles solamente a las personas autorizadas. Si estos aparatos están colocados en las salidas de evacuación, deben presentar por construcción o por protección complementaria, el mismo grado de resistencia al fuego que el resto de los materiales situados en el mismo emplazamiento.
En las condiciones de ocupación importantes y en sus salidas de evacuación, está prohibido el empleo de materiales eléctricos que contengan líquidos inflamables.

Nota: no están sometidos a estas prescripciones los condensadores auxiliares individuales incorporados a los aparatos. Esta excepción afecta esencialmente a las lámparas de descarga y a los condensadores de arranque de los motores.

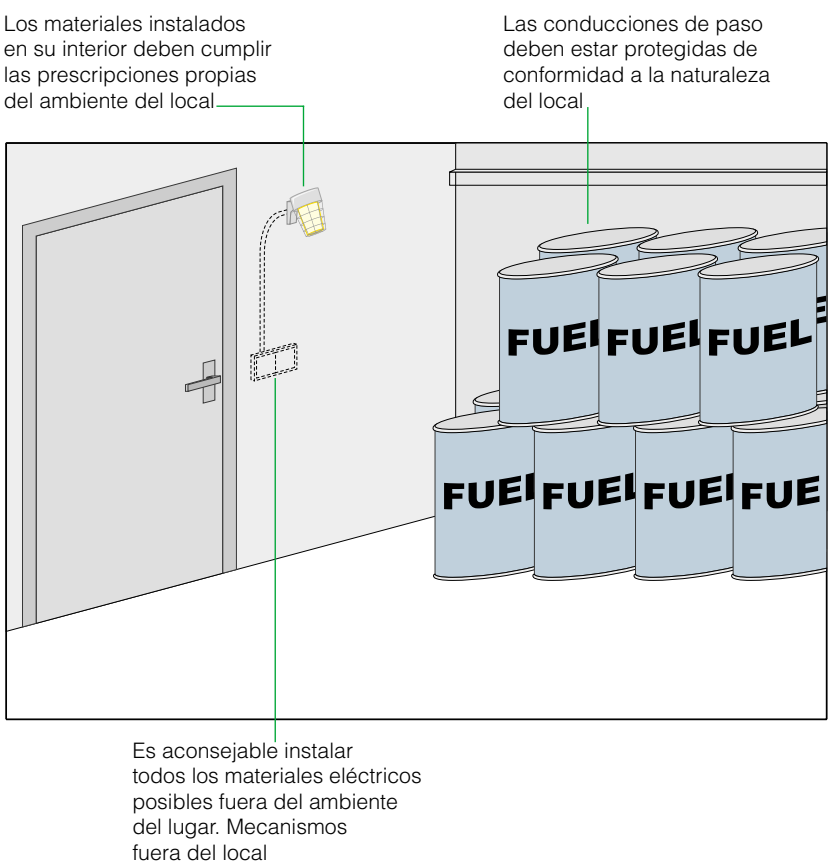


Consideraciones de los materiales y las instalaciones eléctricas con la naturaleza de las materias tratadas o almacenadas en su entorno

Condición: riesgo de incendios (según apartado 322.5 de la norma UNE 20460-3).

Notas:
– Las cantidades de materiales inflamables y las superficies de volúmenes de estos locales deben ser fijadas por reglamentaciones nacionales.
– Para los riesgos de explosión véase la norma UNE 20322 y la ITC-BT-29.

Los equipos eléctricos deben limitarse a los imprescindibles para la explotación de estos locales, a excepción de las canalizaciones que deban traspasar los locales.
Los materiales eléctricos deben estar elegidos e instalados de tal forma que su calentamiento normal o previsible, en caso de defecto, no pueda provocar un incendio.
Las disposiciones tomadas pueden depender, bien de la construcción de los materiales o bien de sus condiciones de instalación.
No se precisa ninguna disposición particular cuando la temperatura de las superficies no es susceptible de provocar la inflamación de las materias que se encuentren en su proximidad.
Los aparatos de protección, de mando y de seccionamiento, deben colocarse fuera de los locales que presenten estas condiciones, a menos que estén encerrados en envolventes que presenten un grado de protección apropiado para tal local, siendo como mínimo IP4X en ausencia de polvo y de IP5X en presencia de polvo.



Cuando las canalizaciones no están empotradas en materiales incombustibles, deben tomarse precauciones para que estas canalizaciones no puedan propagar fácilmente la llama.

Nota: por ejemplo, los cables con cubierta de PVC cumplen esta prescripción y las canalizaciones prefabricadas con envolventes metálicas.

Las canalizaciones eléctricas que atraviesan tales locales, pero que no son necesarias para la explotación de los mismos, deberán satisfacer las siguientes condiciones:

■ Las canalizaciones estarán realizadas de acuerdo con el párrafo anterior.

■ No incluyan ninguna conexión sobre su recorrido en el interior de los locales, a no ser que estén colocadas en una envolvente resistente al fuego que presente el mismo grado de resistencia al fuego que el resto de los materiales situados en el mismo emplazamiento.

■ Estén protegidas contra las sobreintensidades y cortocircuitos, por dispositivos de protección colocados aguas arriba de los locales.

Los motores accionados automáticamente o a distancia, o que no estén vigilados permanentemente, deberán estar protegidos por dispositivos de protección con cierre manual contra temperaturas excesivas.

Nota: es recomendable por su eficiencia, la utilización de sondas de termistancia para la protección de sobrecalentamientos de los motores. (Ver apartado 9.2.3. “Protección por relés térmicos o sondas PTC”, capítulo J9 del tercer volumen.)

Las luminarias deben ser las apropiadas para cada emplazamiento y deben estar encerradas en envolventes que presenten como mínimo el grado de protección IP4X en ausencia de polvo y de IP5X en presencia de polvo.
Las lámparas y elementos de alumbrado deben estar suficientemente protegidos en los lugares donde se puedan producir daños mecánicos, por ejemplo, por medio de recubrimiento de plástico suficientemente robusto, por rejillas o pantallas robustas. Estas protecciones no deben fijarse sobre huecos, a menos que esté previsto por construcción.
Un conductor aislado de vigilancia que puede ser un conductor de protección, puede estar incorporado a la canalización del circuito correspondiente, a menos que éste no disponga de un revestimiento metálico unido al conductor de protección.
Cuando se disponga de una protección, según el apartado “Limitación de tensión. Fuentes para MBTS (SELV) y MBTP (PELV)” (volumen 5), se utilizan muy bajas tensiones no superiores a 25 V de valor eficaz en ca, las partes activas deben estar:

■ O bien encerradas en envolventes que presenten un grado de protección IP2X.

■ O bien provistas de un aislamiento que pueda soportar una tensión de ensayo de 500 V durante un minuto.

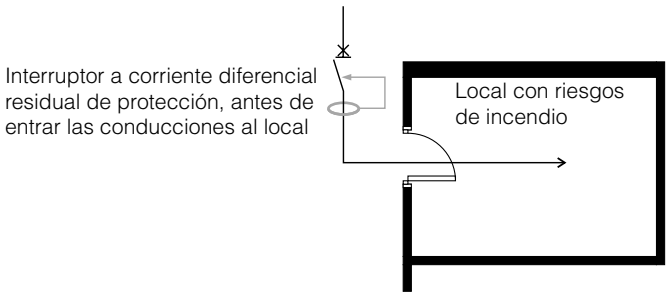
Los conductores PEN no se admitirán en estos locales, a excepción de los circuitos que atraviesan tales locales.

Consideraciones de los regímenes de neutro de las instalaciones eléctricas con la naturaleza de las materias tratadas o almacenadas en su entorno

Nota: ver apartado 4.4. “Criterios de elección de los esquemas TT, TN e IT’, pág. F/81 del 1.er volumen.

Régimen TT

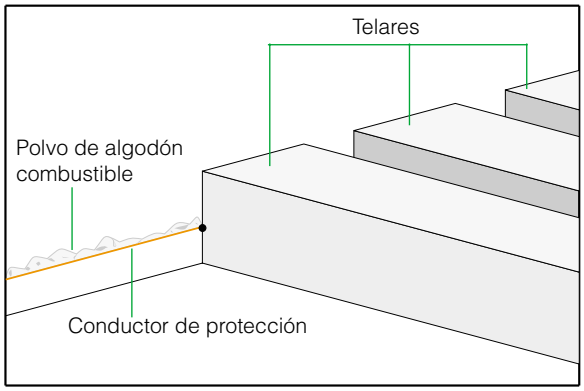
Cuando sea necesario limitar las consecuencias de la circulación de corrientes de defecto en las canalizaciones, bajo el punto de vista de los riesgos de incendio, el circuito correspondiente debe estar protegido por un dispositivo de corriente diferencial residual, de intensidad nominal de actuación de 0,5 A como máximo, o cuando tal dispositivo no pueda ser utilizado, debe preverse un controlador permanente de aislamiento que accione una señal sonora o visual en el instante de aparición de un defecto.



Régimen TN

Es en el régimen que debemos tener mas precauciones, puesto que una fuga es un cortocircuito y los conductores de puesta a tierra suelen ser desnudos y en situaciones de defecto pueden llegar a temperatuas elevadas, capaces de provocar la inflamación del polvo depositado sobre el conductor PEN.

En caso de una fuga en régimen TN, la corriente de fuga es equivalente a una corriente cortocircuito, el conductor de protección PE o PEN puede llegar a temperaturas elevadas en función de la Icc y provocar el incendio del polvo de algodón.



Cuando pueda depositarse polvo sobre la envolvente del material eléctrico, en cantidad suficiente para causar un riesgo de incendio, deberán tomarse medidas que impidan a esta envolvente alcanzar temperaturas excesivas.

Régimen IT

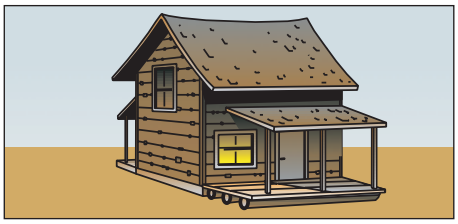
En el primer defecto no existe problema.

En el primer defecto en función de la instalación puede tener un comportamiento como un régimen TT o TN. Por tanto le corresponderan las precauciones propias de cada régimen, Pero siempre deberá disponer del control de aislamiento y de la señalización de los defectos.

Construcciones combustibles

Condición: según el apartado 323.1 de la norma UNE 20460-3.

Deben tomarse precauciones para que los materiales eléctricos no puedan provocar la inflamación de las paredes (muros, pisos, techos).



Estructuras propagadoras de incendio

Condición: según el apartado 323.2 de la norma UNE 20460-3.
Estas condiciones están normalmente reglamentadas por las autoridades responsables de la construcción de edificios, de los establecimientos públicos o de los organismos de prevención contra incendios.
En las estructuras cuya forma y dimensiones faciliten la propagación de un incendio, deben tomarse precauciones para que las instalaciones eléctricas no puedan propagar el incendio (por ejemplo, efecto de chimenea).

Nota: pueden ponerse detectores de incendio que aseguren la puesta en servicio de medidas que se opongan a la propagación del incendio, por ejemplo, el cierre de un cortafuego, en las envolventes de las canalizaciones o de las galerías.

Detectores automáticos

Elección de detectores automáticos

Nota: ver apartado 19.5. "Aplicaciones relacionadas con la protección de bienes y personas", capítulo J19 del tercer volumen.

	Detectores de humos, detectores iónicos	Detector óptico	Detector de calor	Detector termostático	Detector de llama
Principio de funcionamiento	A ionización	Óptico	Termovolumétrico, termostático	Termostático	U.V. óptico
Elemento de detección	Aerosoles, humos, gas de ionización	Humo blanco	Calor	Temperatura	Llamas
Tipo de incendio a detectar	Fuego incubado y abiertos de evolución lenta	Fuego incubado y abiertos de evolución lenta	Fuegos abiertos de evolución rápida	Fuegos abiertos de evolución rápida	Fuego abierto a evolución media y rápida
Precocidad de la detección	Muy buena	Buena	Tardía	Tardía	Buena
Tipo de local	Locales particulares, despachos, pasillos	Todos los locales, talleres, colmados, aparcamientos	Forjas, talleres, cocinas	Forjas, talleres, cocinas	Local industrial, reservas de gas-oil o de gas
Perturbaciones parásitas	Humo en funcionamiento normal, humedad, polvo	Humedad	Variaciones de temperatura en funcionamiento normal		Humos abundantes ocultando las llamas, arcos eléctricos, relámpagos
Mantenimiento	Temor al polvo, reciclar la instalación (como mínimo) cada 4 años y muy frecuentemente en los locales con atmósfera cargada (cartonerías, aserraderos, talleres, filaturas)		Limpieza periódica del captador	Limpieza periódica del captador	Limpieza periódica del captador

Tabla H1-2-001: *para la elección automática de detectores.*

Protección por corte de la alimentación

En un momento que una parte de la instalación supera los límites térmicos, en el umbral de la posibilidad de una catástrofe o el entorno presenta unos niveles térmicos perjudiciales para la instalación, podemos cortar la alimentación del circuito o red, por medio de:
■ Detectores internos del circuito:
□ Detectores térmicos que controlan el nivel de la temperatura.
□ Detectores optoelectrónicos que detectan la luminiscencia de un arco.
■ Detectores externos del circuito:
□ Detectores de llamas.
□ Detectores de humos.
□ Detector térmico ambiental.
Estas medidas permiten, en la mayoría de los casos que se producen las incidencias, paliar los efectos catastróficos de los mismos.

2.2. Protección contra las quemaduras

Las partes accesibles de los materiales eléctricos dispuestos en el interior del volumen de accesibilidad al contacto, no deben alcanzar temperaturas susceptibles de provocar quemaduras a las personas y deben satisfacer los límites apropiados indicados en la tabla H1-2-002. Todas las partes de la instalación, susceptibles de alcanzar en servicio normal, incluso durante cortos períodos, temperaturas superiores a las indicadas en la tabla H1-2-002, deben estar protegidas contra todo contacto accidental.
No obstante los valores de la tabla no se aplican a los materiales conformes a las Normas Europeas o a los documentos de armonización de CENELEC relativos a estos materiales.
Temperaturas máximas en servicio normal de las partes accesibles de los materiales eléctricos en el interior del volumen de accesibilidad al contacto.

Partes accesibles	Materiales de las partes accesibles	Temperaturas máximas en (°C)
Órganos de control manual	Metálicos	55
	No metálicos	65
Previstas para ser tocadas pero no destinadas a ser asidas con la mano	Metálicos	70
	No metálicos	80
No destinadas a ser tocadas en servicio normal	Metálicos	80
	No metálicos	90

Tabla H1-2-002: *temperaturas máximas en servicio normal de las partes accesibles de los materiales eléctricos en el interior del volumen de accesibilidad al contacto.*

¿Qué sucede térmicamente en los cuadros eléctricos?

En el esquema de la fig. H1-2-003 de la página siguiente, se presentan los elementos constituyentes a estudiar, témicamente, en un cuadro eléctrico:
■ Aire ambiente.
■ Envolvente.
■ Aire interno.
■ Las fuentes de calor.
Esta descripción del estado térmico de un cuadro, nos muestra que todos los fenómenos de intercambios descritos, deben tenerse en cuenta y están fuertemente interrelacionados.

Por ejemplo:

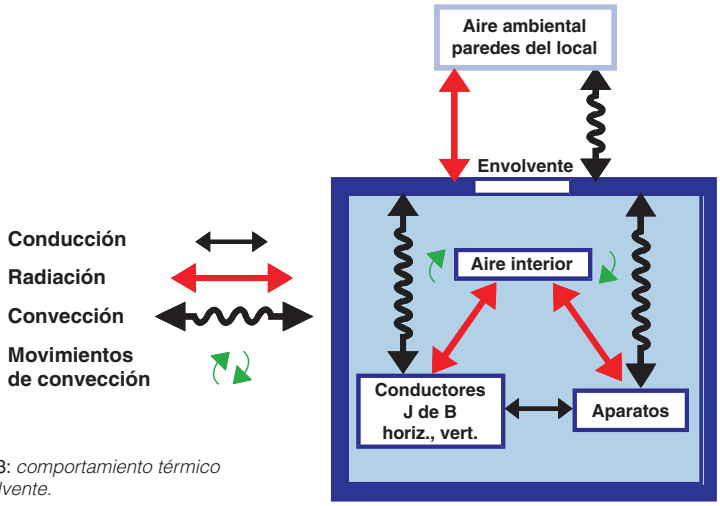


Fig. H1-2-003: *comportamiento térmico de una envolvente.*

■ La temperatura del aire interno resulta:
□ De los intercambios por convección entre el aire interno y las superficies de los diferentes aparatos, de los conductores y de las paredes.
□ Del calor transportado por los movimientos de convectivos del aire.
■ Al nivel de la aparamenta, el calor generado por efecto Joule es intercambiado:
□ Por convección entre su superficie de intercambio y el aire interno.
□ Por conducción entre la barras y los cables.
□ Por radiación con las paredes de las envolvente y la superficie de los otros aparatos.

Los principales fenómenos que intervienen en el comportamiento del conjunto son los fenómenos de convección.

Comportamiento de las fuentes de calor

Las fuentes de calor consideradas son:
■ Los juegos de barras.
■ Los conductores de interconexión y los de alimentación.
■ La aparamenta eléctrica.
En referencia a la aparamenta eléctrica, los consideramos como “cajas negras” disipando calorías y no como unos nudos de una hipotética modelización (ver CT n.º 145, Estudio térmico de los cuadros eléctricos).

Los juegos de barras

Los juegos de barras se calculan de forma que verifique dos condiciones:
■ Poder soportar el paso de la corriente nominal necesaria sin provocar un calentamiento de las barras que pueda provocar un deterioro de los aislantes que las soportan. Por ejemplo, las barras pueden estar dimensionadas de forma que no rebasen, en régimen permanente, una temperatura de 110 °C, valor este que es enteramente dependiente de la naturaleza de los materiales aislantes en contacto con las barras; por ejemplo: los soportes.
En la tabla H1-2-004 damos unos valores térmicos de unas medidas de embarrado de utilización habitual.

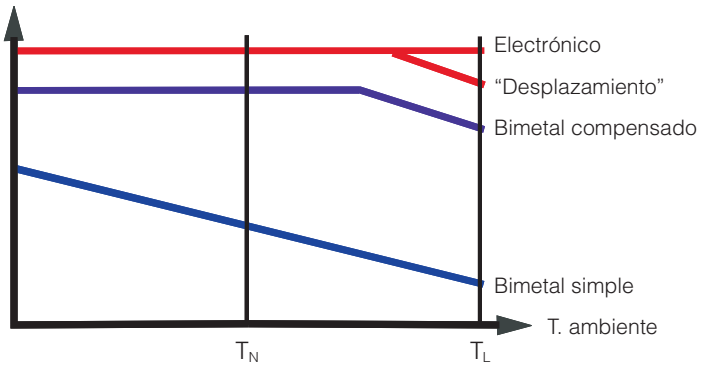
Temperatura aproximada de las barras	Sección	Intensidad	Potencia disipada W/m	Temperatura de las barras
50 °C	1 b 100 · 5	1.000 A	45 W	79 °C
50 °C	1 b 100 · 5	1.500 A	107 W	109 °C
50 °C	3 b 100 · 5	1.500 A	10 W	65 °C
50 °C	3 b 100 · 5	3.400 A	61W	110 °C
65 °C	1 b 100 · 5	1.000 A	45 W	92 °C
65 °C	3 b 100 · 5	1.500 A	11 W	80 °C

Tabla H1-2-004: *valores térmicos relativos a los juegos de barras situados en un ambiente dado.*

■ Poder soportar una corriente de cortocircuito sin provocar deformaciones notables en las barras, rotura de los soportes aislantes o calentamiento excesivo.
La segunda condición corresponde a un problema de esfuerzos electrodinámicos puede estudiarse separadamente; por contra, la primera necesita conocer el nivel de funcionamiento del conjunto.
En particular hay que tener en cuenta la temperatura del aire que envuelve las barras para dimensionarlas de forma precisa y evitar que sobrepasen una temperatura crítica que es función principalmente de la naturaleza del material utilizado para los soportes.
Así, conociendo la temperatura del aire en las diferentes zonas del cuadro, podemos determinar la temperatura de las barras en función de sus características (dimensiones, forma, disposición...) y validar el dimensionamiento.
En referencia a los cálculos de flujo térmico, se considera que las barras disipan el calor principalmente por convección y radiación al aire interno.

La aparamenta

En los armarios de distribución eléctrica, los interruptores automáticos constituyen el núcleo principal de la aparamenta de potencia. Ellos y los demás componentes, que son los contactores y seccionadores-fusibles, disipan sus calorías cuando son recurridos por la corriente eléctrica.
Las tablas H1-2-018, H1-2-019, H1-2-020 y H1-2-021, de las págs. H1/48 a H1/54, nos facilitan las disipaciones térmicas de la aparamenta de Schneider Electric.
Examinemos con más detalle, los interruptores automáticos en vista de su propia influencia de los problemas térmicos:
■ La potencia disipada es proporcional al cuadrado de la intensidad que los recorre: $P_W = P_N \cdot \left(\frac{I}{I_n}\right)^2$ donde PN representa la potencia disipada a la intensidad asignada I_n.
■ La intensidad asignada (I_n) de un interruptor automático corresponde a una temperatura ambiente determinada, por ejemplo 40 °C, fijada por la norma de construcción. De hecho, para ciertos interruptores automáticos, la temperatura ambiente correspondiente a I_n puede alcanzar e incluso rebasar los 50 °C, dato que debe dar una seguridad, por ejemplo, en los países cálidos.
■ La intensidad de funcionamiento (I) puede variar en función de la temperatura ambiente y según el tipo de relé:
□ Térmico simple.
□ Térmico compensado.
□ Electrónico.
Lo que puede permitir definir una corriente máxima de empleo, diferente de la corriente asignada (I_n).
Los parámetros que intervienen en la determinación del desplazamiento por temperatura, tienen en cuenta además de la temperatura del aire a su entorno del aparato (T_i) (ambiental).



Los valores térmicos de desconexión pueden variar en función del tipo de relé, de la temperatura interna y externa.

T_N = temperatura nominal de funcionamiento
T_L = temperatura límite de funcionamiento

Fig. H1-2-005: *curvas de desplazamiento tipo de los relés en función de la temperatura.*

■ La temperatura límite (T_L) de los componentes internos del interruptor automático:
□ Temperatura máxima de funcionamiento del bimetal para un interruptor automático con relé magnetotérmico.
□ Temperatura de los componentes electrónicos para los interruptores automáticos con relés electrónicos incorporados.
□ La temperatura no debe transmitirse por los materiales plásticos, los más expuestos en un interruptor automático con electrónica intercambiable (relé exterior/ interruptor abierto). Estas temperaturas límite están comprendidas entre 100 y 150 °C.
■ La relación entre la I_n del relé y la corriente real disipada cuando este está a la temperatura de definición de I_n: $K_1 = \frac{I_d}{I_n}$

■ Las secciones de los cables o las barras de conexión que juegan un papel de radiador. Su influencia se toma en cuenta para un coeficiente K_2.

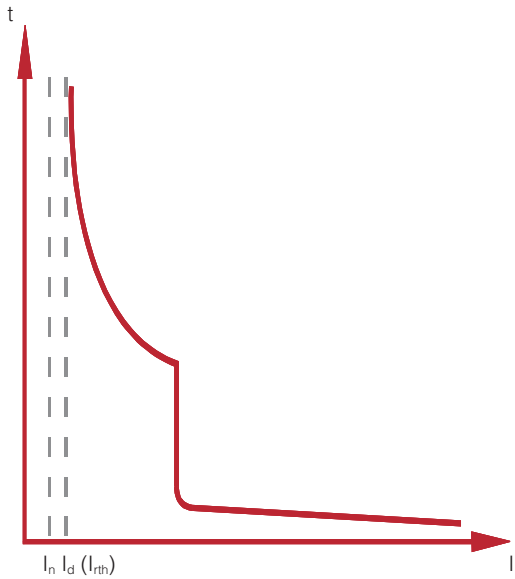


Fig. H1-2-006: *curva de desconexión de un interruptor automático.*

Debe tenerse en cuenta que la sección de los conductores utilizados es circunstancialmente igual a la que se emplea para los ensayos de certificación de los interruptores automáticos, pudiendo aportar energía térmica, si la sección es menor a la del ensayo o absorber energía térmica si es superior, distorsinando el funcionamiento previsto.
El desplazamiento que tiene en cuenta estos diversos criterios puede expresarse matemáticamente.

Fórmula de desplazamiento

El interruptor automático y sus conductores de conexión disipan esencialmente por convección. Aparece, por ello, la relación:
siendo: $W_1 = h \cdot S(T_L - T_i)$
W_1 = potencia disipada en W
h = coeficiente de intercambio en $W/m^2 \cdot °C$
S = superficie de intercambio en m^2
T_L = temperatura del punto caliente en °C (por ejemplo, el bimetal)
T_i = temperatura del aire interno alrededor del aparato en °C

$$h = \text{cste.} \cdot S(T_L - T_i)^{1,25}$$

De donde: $W_1 = \text{cste.} \cdot S(T_L - T_i)^{1,25}$
Cuando el aparato se halla al aire libre a 40 °C se tiene una relación similar:

$$W_2 = \text{cste.} \cdot S(T_L - 40)^{1,25}$$

de donde: $\frac{W_1}{W_2} = \left(\frac{T_L - T_i}{T_L - 40}\right)^{1,25}$

Además, sabemos que: $W_1 = RI_2$ y $W_2 = RI_d^2$

con lo que: $I = I_d \cdot \left(\frac{T_L - T_i}{T_L - 40}\right)_{0,62}$

cuando I es la intensidad que recorre el aparato e $I_d = K_1 \cdot I_n$
Relación final, integrando, además, el efecto de las secciones (coeficiente K_2)

$$I = I_n \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot \left(\frac{T_L - T_i}{T_L - 40}\right)_{0,62}$$

Decalaje por temperatura

DPN, DPN N									
Cal. (A)	20 °C	25 °C	30 °C	35 °C	40 °C	45 °C	50 °C	55 °C	60 °C
1	1,04	1,02	1	0,98	0,96	0,93	0,91	0,89	0,86
2	2,08	2,04	2	1,96	1,91	1,87	1,82	1,77	1,72
3	3,16	3,08	3	2,92	2,83	2,75	2,66	2,57	2,47
6	6,26	6,13	6	5,87	5,73	5,60	5,45	5,31	5,16
10	10,52	10,26	10	9,73	7,45	9,17	8,87	8,57	8,25
16	16,74	16,37	16	15,62	15,23	14,82	14,41	13,99	13,55
20	20,91	20,46	20	19,53	19,05	18,56	18,05	17,53	17
25	26,08	25,55	25	24,44	23,87	23,28	22,68	22,06	21,43
32	33,59	32,81	32	31,17	30,42	20,45	28,55	27,62	26,66
40	41,97	41	40	38,98	37,93	36,85	35,73	34,58	33,39
C60N, C60H: curvas B y C									
1	1,05	1,02	1	0,98	0,95	0,93	0,9	0,88	0,85
2	2,08	2,04	2	1,96	1,92	1,68	1,84	1,80	1,74
3	3,18	3,09	3	2,91	2,82	2,70	2,61	2,49	2,37
4	4,24	4,12	4	3,88	3,76	3,64	3,52	3,36	3,24

C60N, C60H: curvas B y C									
Cal. (A)	20 °C	25 °C	30 °C	35 °C	40 °C	45 °C	50 °C	55 °C	60 °C
6	6,24	6,12	6	5,88	5,76	5,64	5,52	5,40	5,30
10	10,60	10,30	10	9,70	9,30	9,00	8,60	8,20	7,80
16	16,80	16,50	16	15,50	15,20	14,70	14,20	13,80	13,30
20	21	20,60	20	19,40	19	18,40	17,80	17,40	16,80
25	26,20	25,70	25	24,20	23,70	23	22,20	21,50	20,70
32	33,5	32,90	32	31,40	30,40	29,80	28,40	28,20	27,50
40	42	41,20	40	38,80	38	36,80	35,60	34,40	33,20
50	52,50	51,50	50	48,50	47,40	45,50	44	42,50	40,50
63	66,20	64,90	63	61,10	58	56,70	54,20	51,70	49,20
C60N,C60H: curva D C60L: curvas B,C,Z									
1	1,10	1,08	1,05	1,03	1	0,97	0,95	0,92	0,89
2	2,18	2,14	2,08	2,04	2	1,96	1,90	1,86	1,80
3	3,42	3,30	3,21	3,12	3	2,88	2,77	2,64	2,52
4	4,52	4,40	4,24	4,12	4	3,88	3,72	3,56	3,44
6	6,48	5,36	6,24	6,12	6	5,88	5,76	5,58	5,46
10	11,40	11,10	10,70	10,40	10	9,60	9,20	8,80	8,40
16	17,90	17,40	16,90	16,40	16	15,50	15	14,40	13,90
20	22,20	21,60	21,20	20,60	20	19,40	18,80	18,20	17,60
25	27,70	27	26,50	25,70	25	24,20	23,50	22,70	21,70
32	35,20	34,20	33,60	32,90	32	31	30,40	29,40	28,40
40	44,40	43,60	42,40	41,20	40	38,80	37,60	36,40	34,80
50	56	54,50	53	51,50	50	48,50	46,50	45	43
63	71,80	69,90	67,40	65,50	63	60,40	57,90	55,40	52,90
NC 100									
10	11	10,70	10,50	10,30	10	9,50	9	8,70	8,50
16	17	16,50	16	16	16	15,50	15	14,50	14
20	22,50	22	21	20,50	20	19	18,50	18	17
25	27	26,50	26	25,50	25	24	23	22,50	22
32	36	35	34	33	32	31	29,5	28	27
40	45,40	44	43	41,50	40	38,50	37	35	33,50
50	57,50	56	54	52	50	48	45,50	43,50	41
63	72,50	70,50	68	65,50	63	60,50	57,50	54,50	51,50
80	92	89	86	83	80	76,50	73,50	69,50	66
100	115	111,50	108	104	100	96	91,5	87	82,50
DPN Vigi (30 y 300 mA)									
6	6,26	6,13	6	5,87	5,73	5,60	5,45	5,31	5,16
10	10,48	10,24	10	9,75	9,49	9,23	8,96	8,67	8,38
16	16,77	16,39	16	15,60	15,19	14,76	14,33	13,88	13,41
20	20,96	20,48	20	19,50	18,99	18,47	17,93	17,38	16,80
25	26,08	25,55	25	24,44	23,87	23,28	22,68	22,06	21,43
32	33,45	32,73	32	31,25	30,48	29,69	28,89	28,05	27,19
40	41,63	40,82	40	39,16	38,30	37,42	36,51	35,59	34,64
ID									
25		32	30		25		23		20
40		46	44		40		36		32
63		75	70		63		56		50
80		95	90		80		72		65
100		110	120		117		105		90

Tabla H1-2-007: *decalaje de intensidades en función de la temperatura del entorno para interruptores automáticos e interruptores automáticos a corriente diferencial residual.*

Decalaje por temperatura de los Compact NS equipados de bloques de relés magnetotérmicos

■ Estos valores no se modifican para interruptores automáticos fijos equipados de uno de los elementos siguientes:
□ Bloque Vigi.
□ Bloque amperímetro.
□ Bloque de vigilancia de aislamiento.
□ Bloque transformador de intensidad.
■ Son igualmente válidas para interruptores automáticos extraíbles equipados de:
□ Bloque amperímetro.
□ Bloque transformador de intensidad.
■ Para los interruptores automáticos extraíbles equipados de bloques Vigi o de vigilancia de aislamiento deben aplicarse los coeficientes siguientes:

Bloque de relés	Coeficiente
TM 16 a TM125	1
TM160 a TM250	0,9

Tabla H1-2-008: *coeficientes de decalaje para los bloques de relés TM16 a TM125 y TM160 a TM250.*

Cuando la temperatura ambiente excede los 40 °C,las características de la protección contra sobrecargas son ligeramente modificadas.
Para determinar los tiempos de disparo con la ayuda de las curvas, se debe utilizar un valor I_r igual a la regulación térmica indicada en el aparato, corregida por el coeficiente indicado a continuación.

Compact NS bipolares							
Calibre (A)	40 °C	45 °C	50 °C	55 °C	60 °C	65 °C	70 °C
16	16	15,6	15,2	14,8	14,5	14	13,8
25	25	24,5	24	23,5	23	22	21
40	40	39	38	37	36	35	34
63	63	61,5	60	58	57	55	54
80	80	78	76	74	72	70	68
100	100	97,5	95	92,5	90	87,5	85
125	125	122	119	116	113	109	106
160	160	156	152	147,2	144	140	136
200	200	195	190	185	180	175	170
250	250	244	238	231	225	219	213
Compact NS100 a NS250 equipados de bloques de relés TM-D y TM-G							
16	16	15,6	15,2	14,8	14,5	14	13,8
25	25	24,5	24	23,5	23	22	21
32	32	31,3	30,5	30	29,5	29	28,5
40	40	39	38	37	36	35	34
50	50	49	48	47	46	45	44
63	63	61,5	60	58	57	55	54
80	80	78	76	74	72	70	68
100	100	97,5	95	92,5	90	87,5	85
125	125	122	119	116	113	109	106
160	160	156	152	147,2	144	140	136
200	200	195	190	185	180	175	170
250	250	244	238	231	225	219	213

Compact NSA 160							
Calibre (A)	40 °C	45 °C	50 °C	55 °C	60 °C	65 °C	70 °C
16	16	15,6	15,2	14,8	14,5	14	13,8
25	25	24,5	24	23,5	23	22	21
32	32	31,3	30,5	30	29,5	29	28,5
40	40	39	38	37	36	35	34
50	50	49	48	47	46	45	44
63	63	61,5	60	58	57	55	54
80	80	78	76	74	72	70	68
100	100	97,5	95	92,5	90	87,5	85
125	125	122	119	116	113	109	106
160	160	156	152	147,2	144	140	136

Tabla H1-2-009: *desplazamiento en función de la temperatura de la intensidad asignada de los interruptores automáticos NS magnetotérmicos.*

Compact NS equipados de unidades de control electrónicas

■ Al añadir a un interruptor automático NS100 a NS250 fijo:
□ Un bloque Vigi.
□ Un bloque de vigilancia de aislamiento.
□ Un bloque amperímetro.
□ Un bloque transformador de intensidad.
No se modifican sus valores de decalaje.
■ Al añadir a un interruptor NS100 a NS250 extraíble:
□ Un bloque amperímetro.
□ Un bloque transformador de intensidad.
No se modifican sus valores de decalaje.
■ Al añadir a un interruptor NS100 a NS250 extraíble:
□ Un bloque Vigi.
□ Un bloque de vigilancia de aislamiento.
Se modifican los valores de decalaje.
En este caso aplicar los coeficientes siguientes:

Int. automático	Bloque de relés	Coeficiente
NS100N/SX/H/L	STR22SE/GE 40 a 100	1
NS160N/SX/H/L	STR22SE/GE 40 a 160	
NS250N/SX/H/L	STR22SE/GE 100 y 160	1
NS250N/SX/H/L	STR22SE/GE 250	0,86

Tabla H1-2-010: *coeficientes de decalaje al añadir un bloque Vigi o de vigilancia de aislamiento a los interruptores automáticos NS.*

■ Al añadir a un interruptor automático NS400 o NS630 fijo o extraíble:
□ Un bloque amperímetro.
□ Un bloque transformador de intensidad.
No se modifican sus valores de decalaje.
■ Al añadir a un interruptor automático NS400 o NS630 fijo o extraíble:
□ Un bloqueVigi.
□ Un bloque de vigilancia de aislamiento.
Se modifican los valores de decalaje.
En este caso aplicar los coeficientes siguientes:

Int. automático	Bloque de relés	Coeficiente
NS400N/H/L	STR23SE y 53UE STR23SV y 53SV	0,97
NS630N/H/L	STR23SE y 53UE STR23SV y 53SV	0,9

Nota: para asegurar la función VISU, los interruptores automáticos Compact NS con o sin bloque Vigi están asociados a los interruptores en carga INV.

Tabla H1-2-011: *coeficientes de decalage con un bloque de vigilancia de aislamiento.*

Los valores de disparo de atración en función de la asociación escogida están dados en el catálogo Compact.
Las unidades de control electrónicas no presentan sensibilidad a las variaciones de temperatura.
Sin embargo la intensidad admisible del interruptor automático sigue dependiendo de la temperatura ambiente +.

Compact NS100...NS250

La tabla siguiente indica la regulación máxima del umbral LR en función de las temperaturas ambientes.

NS100N/SX/H/L	40 °C	45 °C	50 °C	55 °C	60 °C	65 °C	70 °C
I_n: 40 a 100 A	Sin decalaje						
$I_{r\ máx.}$	1	1	1	1	1	1	1
NS160N/SX/H/L							
I_n: 40 a 160 A	Sin decalaje						
$I_{r\ máx.}$	1	1	1	1	1	1	1
NS250N/SX/H/L							
I_n: 100 A	100	100	100	100	100	100	100
$I_{r\ máx.}$	1	1	1	1	1	1	1
I_n: 160 A	160	160	160	160	160	160	160
$I_{r\ máx.}$	1	1	1	1	1	1	1
I_n: 250 A	250	250	250	237,5	237,5	225	225
$I_{r\ máx.}$	1	1	1	0,95	0,95	0,90	0,90

Tabla H1-2-012: *decalaje de intensidades en función de la temperatura del entorno para interruptores automáticos e interruptores automáticos NS 100, 160 y 250 A.*

Compact NS400 y NS630

La tabla siguiente indica la regulación máxima del umbral LR en función de las temperaturas ambientales.

NS400N/H/L		40 °C	45 °C	50 °C	55 °C	60 °C	65 °C	70 °C
Fijo	I_n: 400	400	400	400	390	380	370	360
	$I_o/I_{r\ máx.}$	1/1	1/1	1/1	1/0,98	1/0,95	1/0,93	1/0,9
Extraíble	I_n: 400	400	390	380	370	360	350	340
	$I_o/I_{r\ máx.}$	1/1	1/0,98	1/0,95	1/0,93	1/0,9	1/0,88	1/0,85
NS630N/H/L								
Fijo	I_n: 630	630	615	600	585	570	550	535
	$I_o/I_{r\ máx.}$	1/1	1/0,8	1/0,95	1/0,93	1/0,9	1/0,88	1/0,85
Extraíble	I_n: 570	570	550	535	520	505	490	475
	$I_o/I_{r\ máx.}$	1/0,9	1/0,88	1/0,85	1/0,83	1/0,8	0,8/0,98	0,8/0,95

Tabla H1-2-013: *desplazamiento en función de la temperatura de la intensidad asignada de los interruptores automáticos NS400 y NS630 con relés LR.*

Compact NS630b a NS3200

La tabla siguiente indica el valor máximo de la intensidad nominal, para cada tipo de conexión,en función de la temperatura.

Versión	**Aparato fijo**									
Tipo de conexión	**Anterior o posterior horizontal** (2)						**Posterior vertical**			
Temp. T_i (1)	**40 °C**	**45 °C**	**50 °C**	**55 °C**	**60 °C**	**40 °C**	**45 °C**	**50 °C**	**55 °C**	**60 °C**
NS630b N/H/L	630	630	630	630	630	630	630	630	630	630
NS800 N/H/L	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
NS1000 N/H/L	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
NS1250 N/H	1.250	1.250	1.250	1.250	1.250	1.250	1.250	1.250	1.250	1.250
NS1600 N/H	1.600	1.600	1.600	1.600	1.550	1.600	1.600	1.600	1.600	1.600
NS1600b N/H	1.600	1.600	1.600	1.600	1.600					
NS2000 N/H	2.000	2.000	2.000	2.000	1.920					
NS2500 N/H	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500					
NS3200 N/H	3.200	3.200	3.200	3.200	3.100					
Versión	**Aparato extraíble**									
Tipo de conexión	**Anterior o posterior horizontal**						**Posterior vertical**			
Temp. T_i (1)	**40 °C**	**45 °C**	**50 °C**	**55 °C**	**60 °C**	**40 °C**	**45 °C**	**50 °C**	**55 °C**	**60 °C**
NS630b N/H/L	630	630	630	630	630	630	630	630	630	630
NS800 N/H/L	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
NS1000 N/H/L	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
NS1250 N/H	1.250	1.250	1.250	1.250	1.250	1.250	1.250	1.250	1.250	1.250
NS1600 N/H	1.600	1.600	1.520	1.480	1.430	1.600	1.600	1.600	1.560	1.510
NS1600b N/H	1.600	1.600	1.600	1.600	1.600	(1) Temperatura interna en el cuadro en los alrededores del aparato y sus conexiones: Ti (CEI 60.947-2). (2) Tomas posteriores horizontales para NS630b a NS1600 únicamente.				
NS2000 N/H	2.000	2.000	2.000	2.000	1.920					
NS2500 N/H	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500					
NS3200 N/H	3.200	3.200	3.200	3.200	3.100					
Versión	**Aparato extraíble**									
Tipo de conexión	**Anterior o posterior horizontal**						**Posterior vertical**			
Temp. T_i (1)	**40 °C**	**45 °C**	**50 °C**	**55 °C**	**60 °C**	**40 °C**	**45 °C**	**50 °C**	**55 °C**	**60 °C**
NS630b N/H/L	630	630	630	630	630	630	630	630	630	630
NS800 N/H/L	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
NS1000 N/H/L	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
NS1250 N/H	1.250	1.250	1.250	1.250	1.250	1.250	1.250	1.250	1.250	1.250
NS1600 N/H	1.600	1.600	1.520	1.480	1.430	1.600	1.600	1.600	1.560	1.510

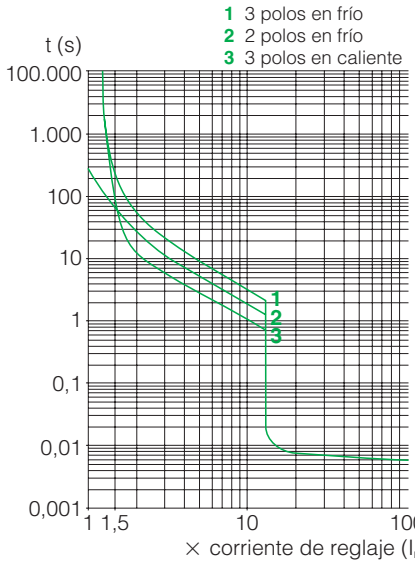
Tabla H1-2-014: *desplazamiento en función de la temperatura de la intensidad asignada de los interruptores automáticos NS630b a NS3200.*

Para una conexión mixta,considerar el mismo decalaje que para una conexión con pletinas planas.
Para temperaturas superiores a 60 °C, consultar.

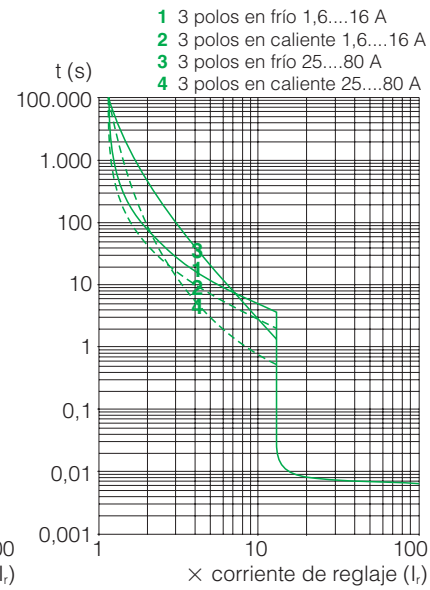
Interruptores automáticos magnetotérmicos para el control o la protección de motores

Modelos GV2-ME, GV2-P, GV3-ME, GV7-RE, GV7-RS y GV7-RT.
Disponen de compensación de la temperatura.
Trabajan normalmente de –20 °C a +60 °C.
Tienen una característica propia de trabajo en estado frío y otra en estado caliente o sea en régimen de temperatura de trabajo.

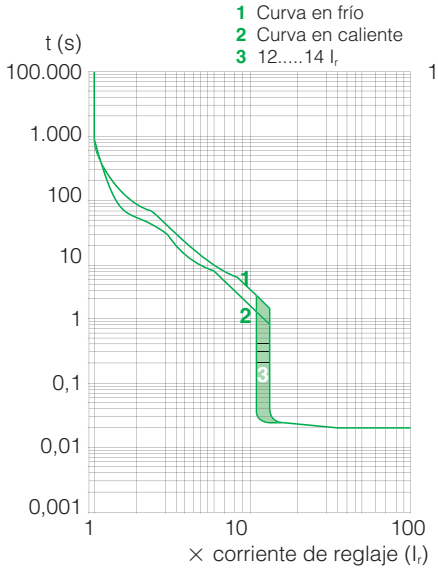
■ Características de desconexión de los GV2-ME y GV2-P:



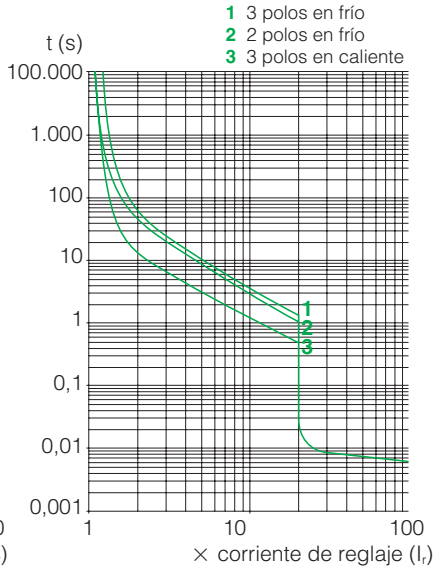
■ Características de desconexión de los GV3-ME:



■ Características de desconexión de los GV7-R:



■ Características de desconexión de los GV2-RT:



Interruptores automáticos magnéticos acoplados a relés térmicos LRD
Características de desconexión de los GK3 asociado a un relé térmico LRD-33:

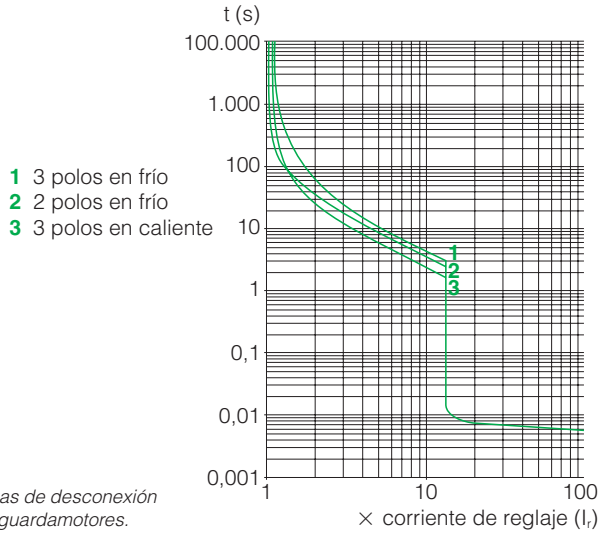
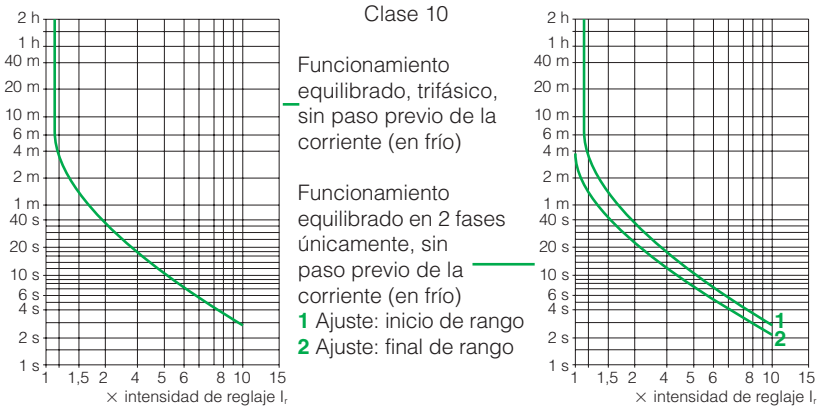


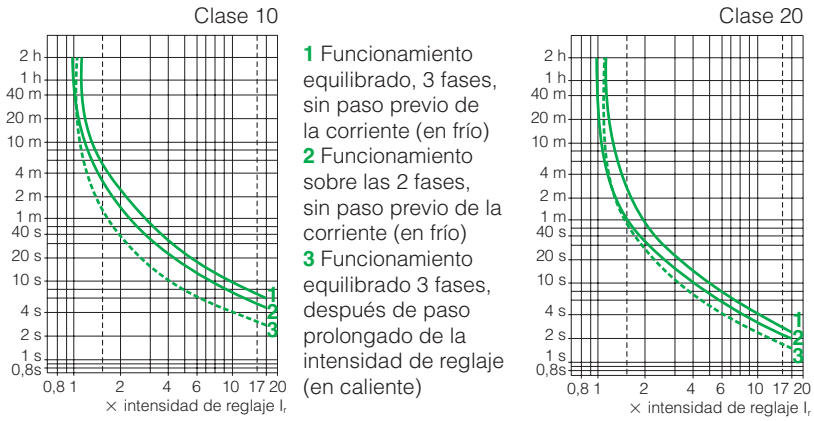
Fig. H1-2-015: *caracteristicas de desconexión en frío y en caliente de los guardamotores.*

Relés de protección Tipos LR2-K y LRD, de acompañamiento a contactores

■ Relés térmicos modelo K:



■ Relés térmicos modelo d:



■ Relés electrónicos modelo LR9-D:

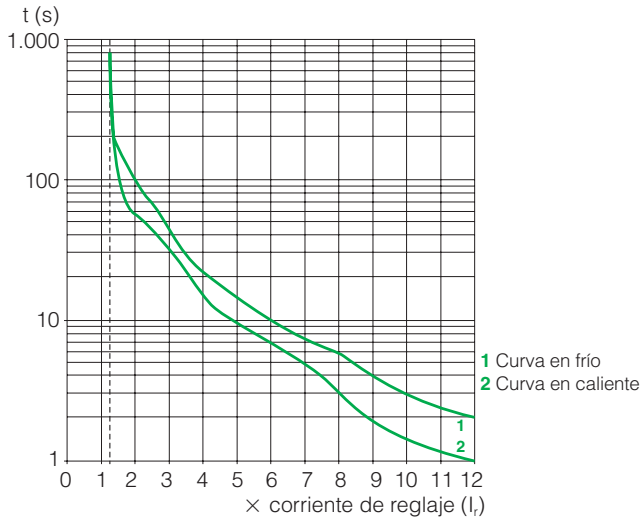


Fig. H1-2-016: *caracteristicas de desconexión en frío y en caliente de los relés de acompañamiento a los contactores.*

2.3. La gestión térmica de los cuadros eléctricos. Sistema funcional Prisma

La mayoría de aparatos eléctricos y electrónicos, instalados en los cuadros funcionan correctamente en un rango de temperaturas comprendido entre +5° a +40 °C.
Es muy importante mantener la temperatura interior del cuadro dentro de este rango de valores recomendados.
Hay que tener en cuenta estos valores en:
□ El momento del proyecto, diseñando un correcto dimensionado del cuadro.
□ La corrección del estado térmico mediante los medios más apropiados.

Cálculo de la temperatura interna de un cuadro

El cálculo de la temperatura interna de un cuadro permite verificar que el límite térmico de los aparatos no se rebasa. En caso contrario hay que determinar el método para controlar la temperatura.

Método según la norma CEI 60890
Esta norma propone un método de cálculo para los cuadros eléctricos en los casos de convección y ventilación. El usuario acudirá a él para cualquier estudio general de un cuadro.
Para una alternativa de cálculo aproximada y rápida utilizar la fórmula:

$P = \Delta T \times S \times K$
P = potencia total disipada en el interior del cuadro
$\Delta T = T_M - T_E$
T_M = temperatura interna máxima
T_i = temperatura interna media
T_E = temperatura externa media
S = superficie exterior del cuadro en contacto con el aire
K = coeficiente de conducción térmica del material de la envolvente con el aire
Para cuadro de chapa pintada K = 5 W/m² °C.
Para cuadro de poliéster K = 4 W/m² °C.

Gráficos de determinación rápida para Prisma

Estos gráficos son el resultado de la experiencia adquirida por Merlin Gerin. Permiten determinar, con una precisión satisfactoria, los saltos de temperatura y las potencias disipadas en función del tipo de cofret o de armario.
En la pág. 7/10 de la "Guía técnica de la Distribución eléctrica en Baja Tensión", enero 2002, encontrará los ábacos correspondientes al material de las marcas de Schneider Electric.

Los cálculos realizados con los ábacos y datos de las marcas de Schneider Electric con su propio material, para cálculo térmico de los cuadros, comparados con los resultados de las recomendaciones de la CEI 60890, son prácticamente iguales para los armarios no compartimentados y con fuentes de calor repartidas en el volumen.

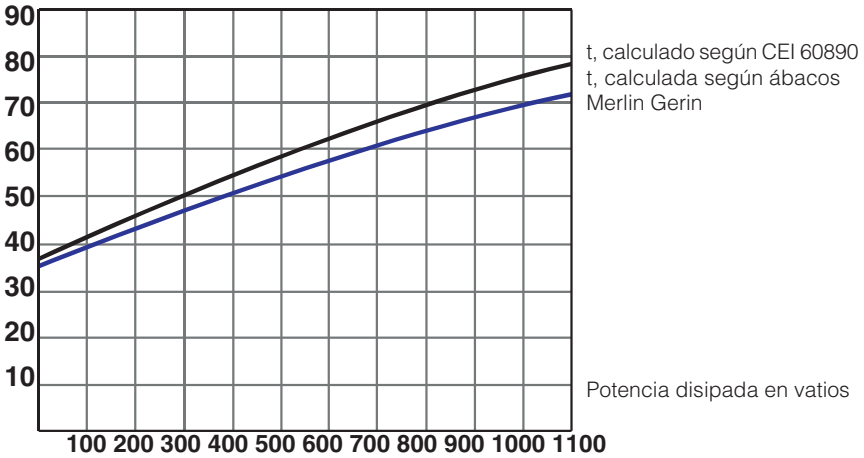


Fig. H1-2-017: *comparación de los cálculos de temperatura del aire a media altura en los armarios de distribución.*

Potencia disipada por polo de la aparamenta de Telemecanique

■ Potencia disipada por los arrancadores ATS, Telemecanique:

Arrancadores progresivos Disipación térmica en vatio/aparato	**Potencia total disipada en carga nominal (W)**					
ATS-46D17N	72	**ATS-46D88N**	310	**ATS-46C41N**	1004
ATS-46D22N	91	**ATS-46C11N**	342	**ATS-46C48N**	1452
ATS-46D32N	104	**ATS1-46C14N**	426	**ATS-46C59N**	1800
ATS-46D38N	121	**ATS-46C17N**	566	**ATS-46C66N**	2022
ATS-46D47N	161	**ATS-46C21N**	670	**ATS-46C79N**	2680
ATS-46D62N	206	**ATS-46C25N**	617	**ATS-46M10N**	3040
ATS-46D75N	285	**ATS-46C32N**	973	**ATS-46M12N**	3640

Tabla H1-2-020: *potencia disipada por los arrancadores progresivos.*

■ Potencia disipada por los contactores y sus bobinas, Telemecanique:

Contactores Disipación térmica en vatio/polo		AC-3	AC-1			Bobina
	LC1-D09	0,2	1,56	–	3	–
	LC1-D12	0,36	1,56	–	3	–
	LC1-D18	0,8	2,5	–	3	–
	LC1-D25	1,25	3,2	–	3,5	–
	LC1-D32	2	5	–	3,5	–
	LC1-D40	2,4	5,4	–	10	–
	LC1-D50	3,7	9,6	–	10	–
	LC1-D65	4,2	6,4	–	10	–
	LC1-D80	5,1	12,5	–	10	–
	LC1-D95	7,2	12,5	–	10	–
	LP1-D09	0,2	1,56	9 (1)	–	–
	LP1-D12	0,36	1,56	9 (1)	–	–
	LP1-D18	0,8	2,5	9 (1)	–	–
	LP1-D25	1,25	3,2	11 (1)	–	–
	LP1-D32	2	5	11 (1)	–	–
	LP1-D40	2,4	5,4	22 (1)	–	–
	LP1-D50	3,7	9,6	22 (1)	–	–
	LP1-D65	4,2	6,4	22 (1)	–	–
	LP1-D80	5,1	12,5	22 (1)	–	–
	LC1-BL	88	115	10 (1)	–	3,5 (2)
	LC1-BM	180	280	10 (1)	–	3,5 (2)
	LC1-BP	290	520	10 (1)	–	3,5 (2)
	LC1-BR	360	680	10 (1)	–	3,5 (2)
	LC1-F115	6	18	–	16	–
	LC1-F150	9	25	–	16	–
	LC1-F185	12	26	–	24	–
	LC1-F225	18	35	–	24	–
	LC1-F265	22	39	–	8	–
	LC1-F330	31	44	–	8	–
	LC1-F400	45	70	–	14	–
	LC1-F500	45	88	–	18	–
	LC1-F630	48	120	–	20	–
	LC1-F630	60	250	–	2X22	–

Nota: la potencia disipada por un contador es igual a la suma de (n.º polos × W/polo + potencia de bobina).
(1) Valores de disipación térmica de la bobina en corriente continua.
(2) Valores de disipación térmica de la bobina + resistencia de reducción de consumo.

Tabla H1-2-019: *potencia disipada por los contactores Telemecanique.*

■ Disipación térmica expresada en vatios/polo:

multi9	**Calibre (A)**	**1**	**1,6**	**2**	**2,5**	**3**	**4**	**6**	**6,3**	**10**	**12,5**	**16**	**20**
	DPN							2		3		3,4	
	XC40							1,4		1,7		2	
	C60	2,3		2,5		2,4	2,4	3		2		2,6	
	C120									1,7		2,3	2,65
	NG125									2		2,5	3
	C60LMA		2,4		2,5		2,4		3	2	2,2	2,6	
	NG125LMA												
Interruptores automáticos Compact NS fijos	**Calibre (A)**		**16**	**25**	**40**	**63**	**80**	**100**	**125**	**160**	**200**	**250**	**320**
	NS100 TM D	2,9	3,6	4,6	5,6	8	7,6						
	NS160 TM D	2,9	3,9	4,6	5,4	7,7	7,1	9,8	12,4				
	NS250 TM D	2,9	3,9	4,4	6	7,2	6,3	8,6	10,4	13,2	15,3		
	NS100 STR			1,2			3,5						
	NS160 STR			1,1			3	7,6					
	NS250 STR			0,9			2,2		5,6		14,1		
	NS400 STR												19
	NS630 STR												
	NSb630												
	NSb800												
	NSb1000												
	NSb1250												
	NSb1600												
Interruptores automáticos Compact NS extraíbles	**Calibre (A)**	**16**	**25**	**40**	**63**	**80**	**100**	**125**	**160**	**200**	**250**	**320**	**400**
	NS100 TM D	2,9	4	4,7	6	8,6	8,5						
	NS160 TM D	2,9	4	4,7	5,8	8,3	8	11,2	14,7				
	NS250 TM D	2,9	4	4,5	5,4	7,8	7,2	10	12,7	16,8	20,9		
	NS100 STR			1,3			4,4						
	NS160 STR			1,2			3,9		9,9				
	NS250 STR			1			3,1		7,9		19,7		
	NS400 STR												30
	NS630 STR												
	NSb630												
	NSb800												
	NSb1000												
	NSb1250												
	NSb1600												
	NS100 NA												
Interruptor Compact NA	**NS160 NA**								9,9				
	NS250 NA										12,7		
	NS400 NA												14,5
	NS630 NA												
	NSb630												
	NSb800												
	NSb1000												
	NSb1250												
	NSb1600												

	25	32	40	50	63	80	100	123	
	3,7	4,7							
	2,4	2,9	3,3						
	2,9	3	3,5	4,6	4,5	6,6			
	2,7	3,3	3,2	3,5	3,9	4,5	5,6	7	
	3,2	3,5	4	4,7	5,5	6	7	9	
	3	4,6							
	400	**500**	**630**	**800**	**1000**	**1250**			
		40							
	500	**630**	**800**	**1000**	**1250**				
		52							
		22							

■ Potencia disipada por polo de los interruptores e interruptores automáticos de Merlin Gerin:

Interruptores sólo magnéticos tipo MA (fijo)	**Calibre (A)**	**1,6**	**2,5**	**4**	**6,3**	**10**	**12,5**	**16**	**25**	**50**	**53**	**80**	**100**
	C60 L	2,4	2,5	2,4	3	2	2,2	2,6	3	4,6	6,6		
	NC100 L	0,07	0,17	0,05	0,12	0,3	0,47	0,48	0,78	2	4,5		
	NS80H MA	0,21	0,56		3		2		1,4	2,6		6	
	NS100 MA												5
	NS160 MA												3,8
	NS250 MA												3
	NS400 MA												
	NS630 MA												
Interpact INS	**Calibre (A)**	**40**	**63**	**80**	**100**	**125**	**160**						
	INS40	0,5											
	INS63		1,2										
	INS80			1,9									
	INS100				2								
	INS125					3,1							
	INS160						5,1						
INS-INV	**Calibre (A)**	**100**	**160**	**200**	**250**	**320**	**400**	**500**	**630**				
	INS/INV250	1,5	4	6	9,5								
	INS/INV320					6,1							
	INS/INV400						9,6						
	INS/INV500							15					
	INS/INV630								24				
IN	**Calibre (A)**	**1000**		**1600**		**2500**							
	IN1000	32											
	IN1600			53									
	IN2500					62,5							

Interruptor Masterpact NT/NW F: fijo E: extraíble	**Calibre (A)**	**630**		**800**		**1000**		**1250**		**1600**		**2000**	
		F	**E**	**F**	**E**	**F**	**E**	**F**	**E**	**F**	**E**	**F**	**E**
	NT06	75											
	NT08			120									
	NT10					200							
	NT12							250					
	NT16									460			
	NW08			137	62								
	NW10					220	100						
	NW12							330	150				
	NW16									480	250		
	NW20											530	250
	NW25												
	NW32												
	NW40												
	NW50												
	NW63												

Tabla H1-2-018: *potencia disipada por los interruptores, interruptores automáticos e interruptores a corriente diferencial residual Merlin Gerin.*

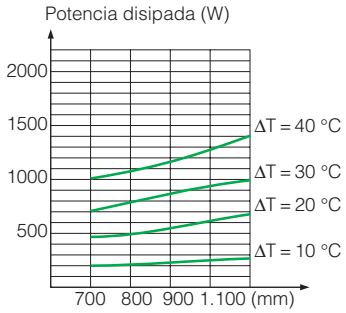
	125	150	220	320	500	
		8,7				
		6,7	14,5			
				12,3		
					25	

■ Potencia disipada por los variadores de velocidad Telemecanique:

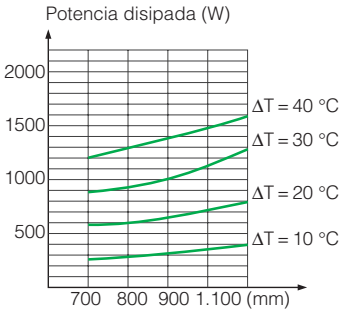
Variadores de velocidad		Monofásico 220/240 V	Monofásico 220/240 V	Trifásico 380/460 V		Trifásicos 380/460 V Frecuencia corte 2 kHz		
Disipación térmica en vatio/ aparato	ATV-08HU05M2	15			ATV-58HU72N4	180		
	ATV-08HU09M2	27			ATV-58HU90N4	220		
	ATV-08HU18M2	39			ATV-58HD12N4	230		
	ATV-18U09M2	23			ATV-58HD16N4	340		
	ATV-18U18M2	39			ATV-58HD23N4	410		
	ATV-18U29M2	60			ATV-58HD28N4	670		
	ATV-18U41M2	78			ATV-58HD33N4	780		
	ATV-18U54M2		104		ATV-58HD46N4	940		
	ATV-18U72M2		141		ATV-58HD54N4	940		
	ATV-18U90M2		200		ATV-58HD64N4	1100		
	ATV-18D12M2		264		ATV-58HD79N4	1475		
	ATV-18U18N4			24	ATV-66U41N4			100-164
	ATV-18U29N4			34	ATV-66U54N4			173-196
	ATV-18U41N4			49	ATV-66U72N4			209-230
	ATV-18U54N4			69	ATV-66U90N4			251-292
	ATV-18U72N4			94	ATV-66D12N4			317-384
	ATV-18U90N4			135	ATV-66D16N4			447-487
	ATV-18D12N4			175	ATV-66D23N4			580-620
	ATV-18D16N4			261	ATV-66D33N4			754-860
	ATV-18D23N4			342	ATV-66D46N4			1.060-1.069
	ATV-58HU09M2	42			ATV-66D54N4		1.159-1.171	
	ATV-58HU18M2	64			ATV-66D64N4		1.159-1.171	
	ATV-58HU29M2	107			ATV-66D79N4		1.610-1.760	
	ATV-58HU41M2	145			ATV-66C10N4		2.175-2.400	
	ATV-58HU72M2	220			ATV-66C13N4		2.525-2.800	
	ATV-58HU90M2	235			ATV-66C15N4		3.000-3.300	
	ATV-58D12M2	310			ATV-66C19N4		3.500	
	ATV-58HU29M2		107		ATV-66C23N4		4.483-5.246	
	ATV-58HU41M2		145		ATV-66C28N4		5.246-5.966	
	ATV-58HU54M2		170		ATV-66C31N4		5.966-6.624	
	ATV-58HU72M2		220		ATV-66U41M2			170-192
	ATV-58HU90M2		235		ATV-66U72M2			239-302
	ATV-58HD12M2		310		ATV-66U90M2			354-414
	ATV-58HU18N4			55	ATV-66D12M2			437-559
	ATV-58HU29N4			65	ATV-66D16M2			589
	ATV-58HU41N4			105	ATV-66D23M2			428-831
	ATV-58HU54N4			145	ATV-66D33M2			1.052-1.260
					ATV-66D46M2			1.439-1.529

Tabla H1-2-021: *potencia disipada por los variadores de velocidad.*

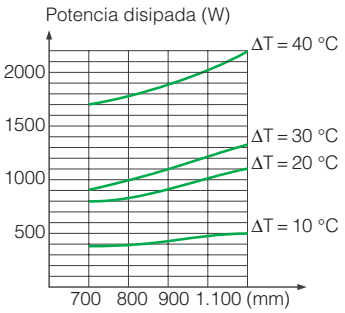
■ Ábacos para determinación rápida de la temperatura media interna de los cofrets de la serie Prisma, en función de la energía calorífica disipada en su interior:



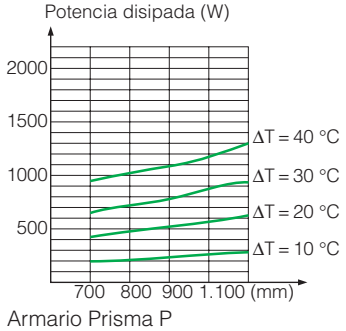
Armario Prisma P
(IP2, profundidad 400)



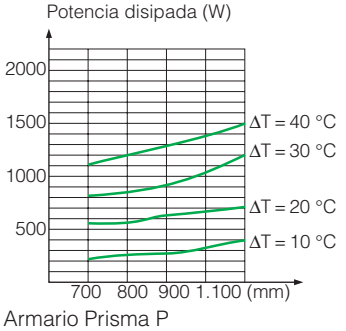
Armario Prisma P
(IP2, profundidad 600)



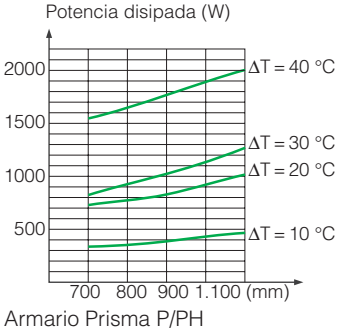
Armario Prisma P
(IP2, profundidad 1000)



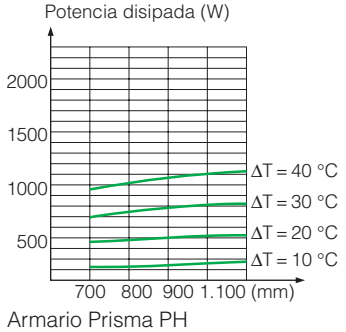
Armario Prisma P
(IP3, profundidad 400)



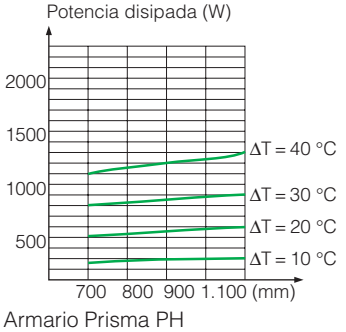
Armario Prisma P
(IP3, profundidad 600)



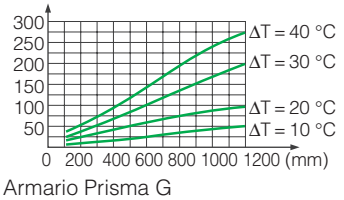
Armario Prisma P/PH
(IP3, profundidad 1.000)



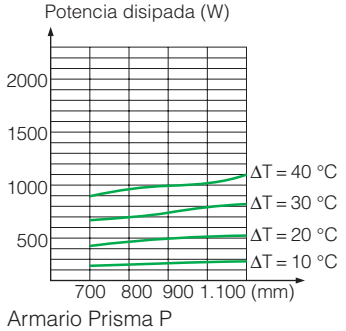
Armario Prisma PH
(IP5, profundidad 500)



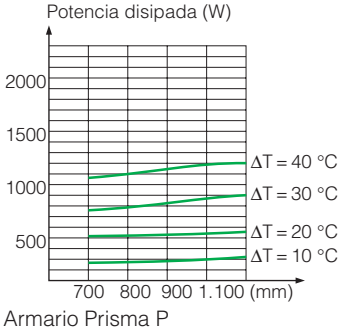
Armario Prisma PH
(IP5, profundidad 700)



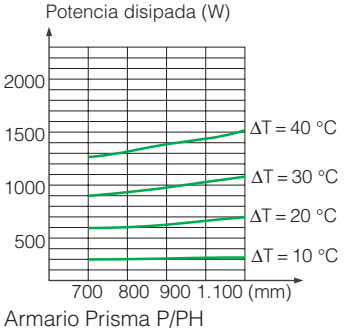
Armario Prisma G



Armario Prisma P
(IP5, profundidad 500)



Armario Prisma P
(IP5, profundidad 600)



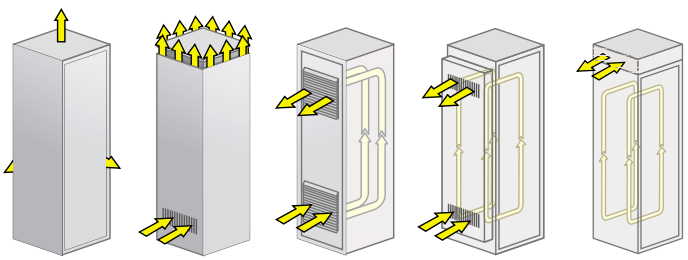
Armario Prisma P/PH
(IP5, profundidad 1.000)

Fig. H1-2-022: *ábacos de definición de la temperatura en función de la potencia de pérdidas en el interior del armario.*

Medios más usuales para controlar la temperatura interna del cuadro:

■ Temperatura muy elevada. Existen varias posibilidades para disipar el calor generado por los aparatos ubicados en el interior del cuadro.
La Tabla H1-2-023 muestra los diversos sistemas para disipar el calor interior del cuadro eléctrico. Las opciones a, b y c están garantizadas con componentes del Sistema Prisma.
■ Temperatura baja o cíclica. El medio utilizado para aumentar la temperatura interna de un cuadro es el calentamiento por resistencias, de esta forma se evita:
□ La formación de agua por condensación.
□ Y en casos extremos, la formación de hielo.

Sistemas de ventilación



	a) Convección	b) Ventilación natural	c) Ventilación forzada con ventilador	Ventilación forzada con intercambiador	Convección forzada con refrigeración
Potencia calorífica máx. a disipar 2000 × 800 × 400	400 W	700 W	2000 W	2000 W	3000 W
T_i temp. interna cuadro T_e temp. externa	Superior a la temperatura externa. Máximo 40 °C				Controlada a +20 o a +40 °C. Máximo 55 °C
IP máximo del cuadro	IP55	IP20	IP54	IP55	IP55
Método	– Disipación del calor de forma natural	– Tapa ventilación – Techo ventilación – Filtro de salida	– Ventilador – Filtro de salida – Techo ventilación		

Tabla H1-2-023: *métodos de control de la temperatura del sistema Prisma.*

Si la capacidad de disipación térmica del cuadro no es suficiente para disipar toda la energía calorífica generada en su interior y la temperatura interna supera los grados recomendados, debemos prever una ventilación del cuadro.

Ventilación de los cuadros

Una vez determinado que es necesario ventilar el cuadro en función de la potencia a disipar, el salto térmico entre la temperatura exterior e interior y el tipo de cuadro utilizado, hay que calcular el caudal de aire necesario con ayuda de la gráfica adjunta, o mediante la fórmula: $D = 3{,}1 \cdot \left(\frac{P}{\Delta T} - (K \cdot S)\right)$

La gráfica adjunta permite determinar el caudal, conocida la potencia a disipar, la diferencia de temperatura (interior-exterior) y la superficie exterior libre del cuadro.

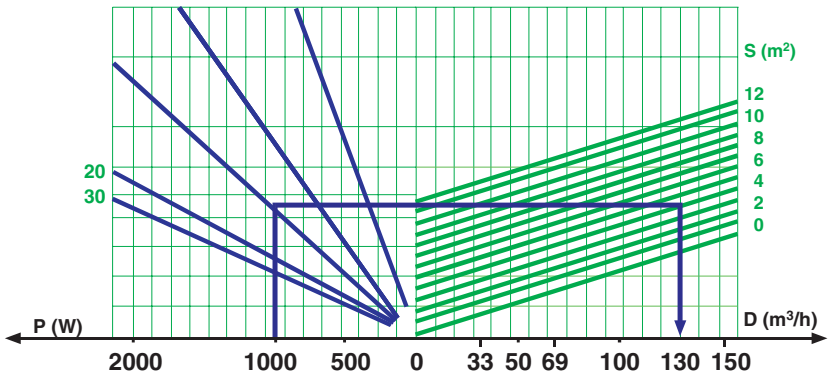


Fig. H1-2-024: *ábaco para determinar el caudal de aire de evacuación.*

El aire se aspira por la parte interior del cuadro a través del ventilador y sale por un filtro de salida por la parte superior contraria a la aspiración o por un techo de ventilación.

Ejemplo:

Un armario Prisma P, profundidad 400 mm; 700 mm; de ancho y 2.000 mm de alto contiene aparamenta (aparellaje, juegos de barras, etc.) disipando 1.000 W. La diferencia de temperatura (interior-exterior) no puede rebasar los 15 °C.

¿Cuál debe ser el caudal del ventilador?
La superficie exterior libre del armario es:
Perímetro lateral = 2 (0,4 + 0,7) = 2,2 m.
Superficie exterior en contacto con el aire, teniendo en cuenta que el armario está asentado en el suelo: S = (Pl · h) + (P · A) = (2,2 m · 2 m) + (0,4 m · 0,7 m) = = 4,68 m².
El caudal del ventilador será de:

$$D = 3{,}1 \cdot \left(\frac{1.000\ W}{15°} - (5{,}5\ W/m^2\ °C \cdot 4{,}68\ m^2) \right) = 126{,}87\ m^3/h$$

Se seleccionará en la gama de accesorios de climatización de los armarios Prisma un ventilador de 38 W con un filtro de salida de aire.
Datos utilizados para los cálculos:

P: potencia disipada por la aparamenta, las conexiones y juegos de barras (expresada en vatios).
T_i: temperatura interna media (expresada en °C).
T_e: temperatura externa media (expresada en °C).
$\Delta T = T_i - T_e$
S: superficie exterior libre del cuadro (expresada en m²).
K: coeficiente de conducción térmica del material, expresado en W/m² °C. K = 5,5 W/m² °C para cuadros de chapa pintada.
D: caudal de ventilación (expresado en m³ /h).

Nota: la potencia disipada por los aparatos es ofrecida por los fabricantes (para el aparellaje de las marcas de Schneider Electric consulte las tablas H1-2-019 a H1-2-021 de las págs. H1/48, H1/49 y H1/54). Añada un 30 % para tener en cuenta las conexiones y juegos de barras. En caso de asociación de cofrets o armarios, disminuir un 10 % menos la potencia disipada calculada.

Calefacción de los cuadros

La resistencia calefactora, instalada en la parte inferior del cuadro, eleva la temperatura a +10 °C con respecto al exterior. Cuando el cuadro no está en servicio, las calorías disipadas por la resistencia compensan la potencia calorífica de la aparamenta.

La potencia de la resistencia calefactora se determina por las gráficas adjuntas, a partir de la superficie exterior libre del cuadro y del salto de temperatura (exterior-interior) o por la fórmula:

P: potencia disipada por la aparamenta, las conexiones y juegos de barras (expresada en vatios).

P_t: potencia de la resistencia calefactora (expresada en vatios).

T_m: temperatura interna máxima del cuadro (expresada en °C).

T_i: temperatura interna media (expresada en °C).

T_e: temperatura externa media (expresada en °C).

$\Delta T_m = T_m - T_e$

$\Delta T = T_i - T_e$

S: superficie exterior libre del cuadro (expresada en m^2).

K: coeficiente de conducción térmica del material, expresado en W/m^2 °C. K = 5,5 W/m^2 °C para cuadros de chapa pintada.

D: caudal de ventilación (expresado en m^3/h).

Ábaco para determinar la resistencia calefactora en cofres pequeños (superficie exterior ⩽ 1 m^2)

Ábaco para determinar la resistencia calefactora para cualquier cofret o armario

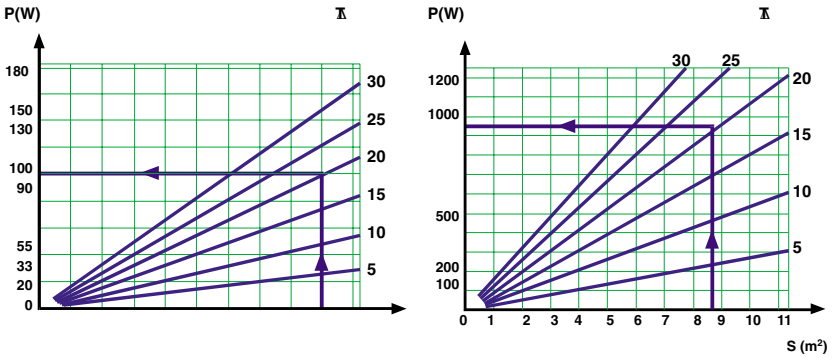


Fig H1-2-025: *ábacos para la determinación de la potencia de la resistencia calefactora para las envolventes de Schneider Electric.*

En los escasos estudios térmicos que se han encontrado, se finaliza en el estudio térmico del cuadro. Pero se debe tener en consideración que en la mayoría de las instalaciones los cuadros eléctricos se sitúan en habitaciones de uso exclusivo a los servicios eléctricos, las cuales también deben aclimatarse para que no se incremente la temperatura ambiente.

Ventilación de las salas de cuadros

Nos hemos ocupado de la climatización del cuadro, pero si no ventilamos la sala donde se sitúan los cuadros, no evacuaremos el calor y se nos desviará la temperatura ambiente de la sala.

La renovación puede realizarse por ventilación natural o forzada.

Volumen de aire a renovar

El volumen de aire a renovar estará en función de las pérdidas del cuadro y del salto térmico entre el aire del interior de la habitación y el exterior.

Si admitimos un gradiente térmico de 10 °C, como valor medio en el territorio español, podremos determinar en función de la diferencia de nivel entre las ventanas de entradas y las de salida de aire, la superficie de las mismas para mantener el gradiente de temperatura deseado.

Recordatorio:

- El calor específico del aire es de 0,24 kcal/kg/°C.
- Peso de un m^3 de aire a 20 °C es de 1,16 kg.
- Que 1 kcal = 4,187 Joule.
- Que la capacidad de absorción térmica de 1 m^3 de aire por grado de incremento es de: 0,24 kcal/kg/°C · 1,16 kg · 4,187 joule = 1,15 J/m^3/°C.
- El volumen de aire necesario por segundo para evacuar de la sala la energía calorífica desprendida por el cuadro eléctrico, será:

$$V_a = \frac{P_c}{1{,}16\ \text{kg} \cdot (T_e - T_i)\ °C}\ m^3/s$$

- V_a: volumen de aire necesario.
- P_c: pérdidas del cuadro.
- $T_e - T_i$: diferencia de temperatura de entrada y salida del aire (10 o 15 °C).
- La sección de la ventana para evacuar este volumen de aire será:

$$S_v = \frac{V_a}{V_s}\ (m^2)$$

- S_v: superficie efectiva de la ventana.
- V_a: el volumen de aire necesario de evacuar.
- V_s: la velocidad de circulación de este aire.
- La velocidad de circulación del aire.
- Será función de la diferencia de altura entre la ventana de entrada de aire y la de la salida y del gradiente térmico del aire de entrada y del de salida:

$$V_s = 4{,}6\ \frac{\sqrt{H}}{T_e - T_i}\ (m/s)$$

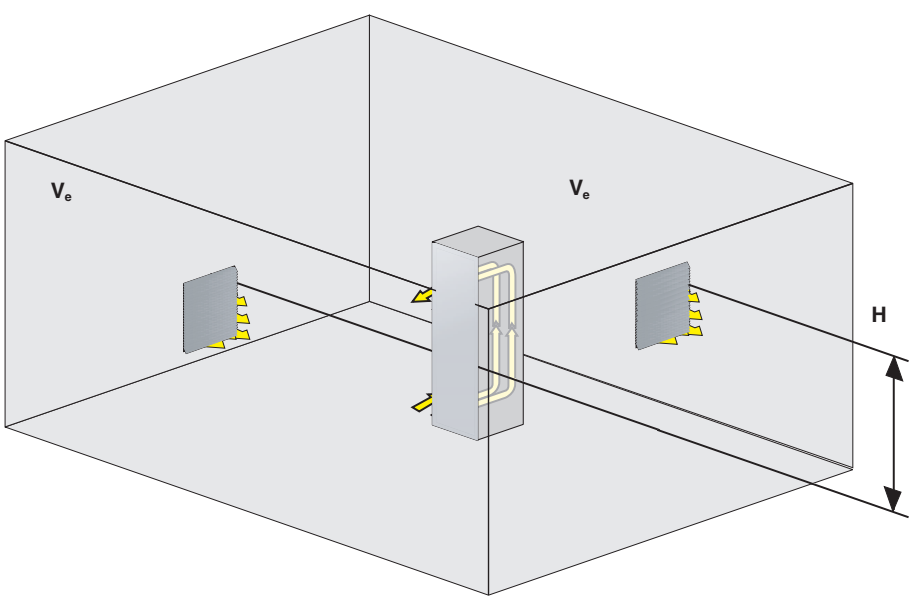


Fig. H1-2-026: *parámetros para la evacuación del aire de una sala de cuadros eléctricos.*

3. El dimensionado de las conducciones y sus protecciones a los efectos de las sobreintensidades

3.1. Generalidades

Las protecciones de los circuitos se han de determinar de forma que cubran la protección de todas las solicitaciones que el circuito es capaz de atender. El programa informático de cálculo de circuitos de Schneider Electric, **ECOdial**, nos permite determinar el dimensionado de las líneas y sus protecciones en función de la alimentación y las cargas.

Metodología

El estudio de una instalación consiste en determinar las cargas, su situación geográfica, la determinación de los circuitos y sus protecciones, desde el origen hasta el último ramal.

■ Cada línea se constituye con la conjunción de la canalización y sus protecciones, debiendo atender las condiciones propias del circuito para asegurar su perfecto funcionamiento con seguridad:

□ Permitiendo la circulación de la corriente permanente y sus puntas de empleo, propias de las cargas.

□ No debe generar caídas de tensión que perjudiquen a la alimentación de las cargas. Por ejemplo, las caídas de tensión producidas por las corrientes de arranque de motores.

■ Las protecciones (interruptores automáticos o fusibles) deben:

□ Proteger las canalizaciones de todas las sobreintensidades e incluso las corrientes de cortocircuito.

□ Asegurar la protección de las personas contra contactos indirectos en regímenes TN e IT.

La sección de los conductores se define por el método general descrito en el apartado 3.2 de este capítulo, pág. H1/74.

El método define la sección mínima necesaria para poder atender las necesidades de las cargas. Pero el RBT impone, para algunos casos, dimensiones mínimas.

Algunos tipos de receptores especiales necesitan un sobredimensionamiento de la sección de alimentación y de sus protecciones (lo especificaremos en el capítulo J del tercer volumen).

Definiciones

Corriente de empleo I_B

A nivel de circuito terminal.

Es la corriente que corresponde a la potencia aparente de los receptores.

En el caso de arranques o puestas en servicio frecuentes (motores de ascensores, equipos de soldadura por puntos) se han de tener en cuenta los calentamientos de las corrientes de arranque, puesto que no da tiempo de enfriamiento y se acumulan los efectos de las sobreintensidades de conexión o arranque.

A nivel de circuitos de distribución (principales o secundarios).

Es la corriente que corresponde a la potencia de utilización, después de tener en consideración los coeficientes de utilización y simultaneidad.

Corriente admisible I_z

Es la corriente máxima que la canalización puede transportar permanentemente, sin perjuicio por su vida.
Esta corriente depende, por una sección determinada, de diversos parámetros:

Constitución del cable de la canalización:
- ■ Conductor:
  - □ Naturaleza (Cu, Al, Fe...).
  - □ Número 1, 2, 3, 4, poli.
  - □ Aislante (PVC, PR...).
- ■ Temperatura ambiente.
- ■ Formas de colocación.
- ■ Forma de sujeción.
- ■ Influencia de los elementos conductores próximos (efectos de proximidad).

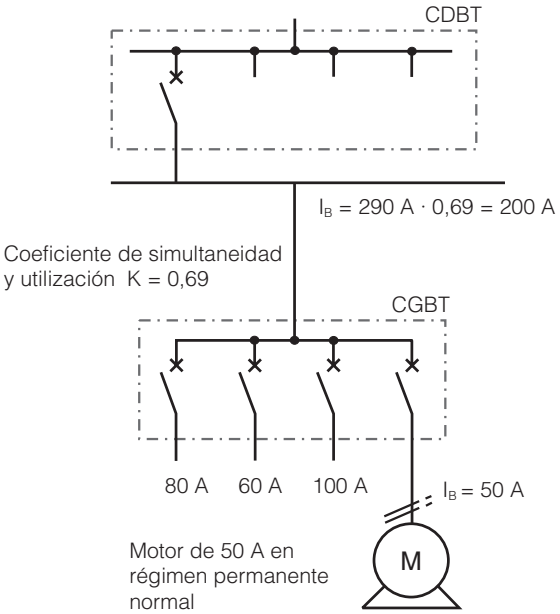


Fig. H1-3-001: *ejemplo de cálculo de la corriente de empleo de un circuito.*

Sobreintensidad

Consideramos que existe sobreintensidad cuando la corriente que circula por un circuito es superior a su corriente de empleo.
Esta corriente sólo se puede mantener durante un tiempo corto, tanto más corto cuanto mayor es.
Podemos distinguir dos tipos de sobreintensidades:
- ■ Las sobrecargas.

Son las sobreintensidades que se producen en un circuito sano, por ejemplo, las corrientes de arranque de motores (sobreabundancia momentánea de intensidad en las cargas en funcionamiento).
- ■ Las corrientes de cortocircuito.

Son consecuencia de un defecto en un circuito entre conductores:
- □ Cortocircuito trifásico (entre tres conductores de fase).
- □ Cortocircuito bifásico (entre dos conductores de fase).
- □ Cortocircuito monofásico (entre dos conductores: uno de fase y el otro el neutro o el de protección).

Diagrama de proceso para la definición de una conducción

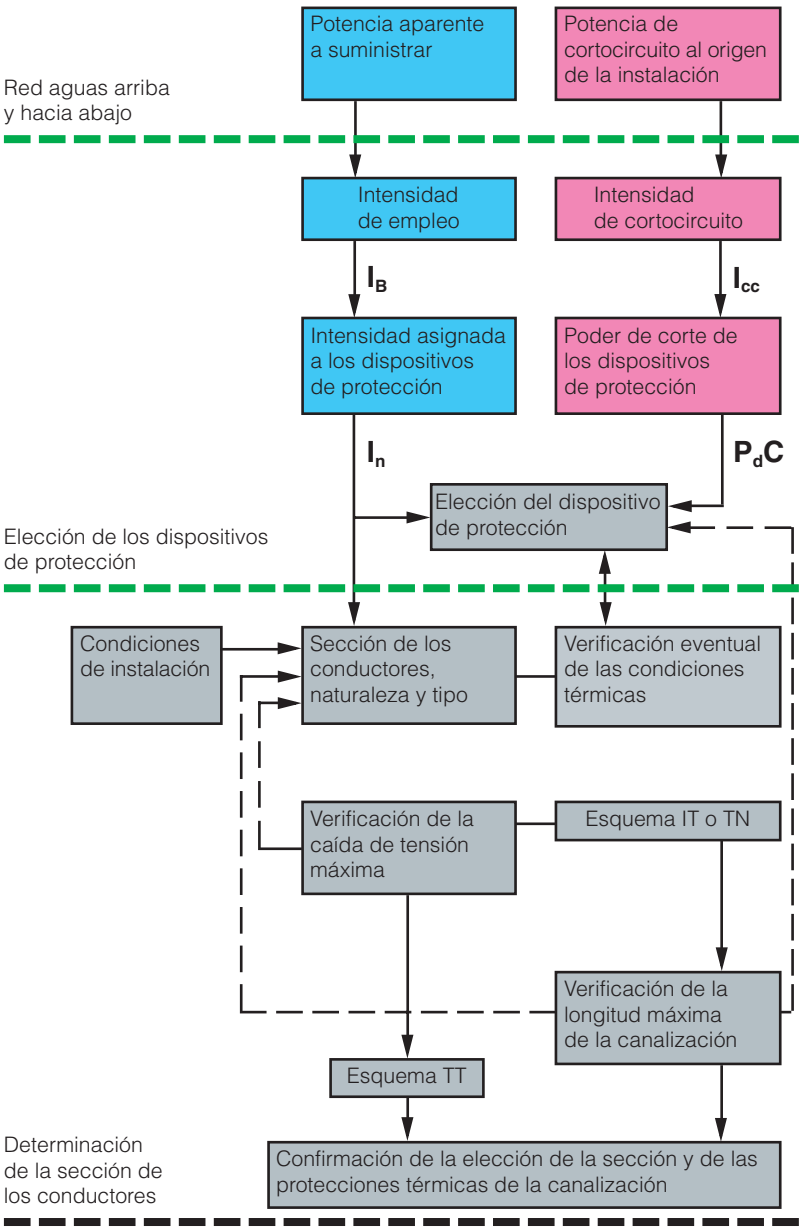


Fig. H1-3-002: *diagrama de proceso de cálculo de la sección de las canalizaciones y de la intensidad de los dispositivos de protección.*

Regla fundamental de las protecciones contra las sobreintensidades

Los conductores activos y las cargas, deben estar protegidos por uno o varios dispositivos de corte automático contra las sobrecargas y los cortocircuitos, salvo cuando las sobreintensidades están limitadas a valores tolerables por los conductores o las cargas y su aislamiento principal.
Además, la protección contra las sobrecargas y la de los cortocircuitos deben estar coordinadas.

Notas:
– Los conductores activos protegidos contra sobrecargas según las instrucciones de este apartado, se consideran como protegidos igualmente contra todo defecto susceptible de producir sobreintensidades en la gama de corrientes de sobrecarga.
– La protección de los conductores flexibles en las instalaciones fijas está comprendida en las prescripciones de este capítulo.
– Los cables flexibles conectados a equipos unidos a las instalaciones fijas por mediación de tomas de corriente, no están necesariamente protegidos contra las sobrecargas; la protección de tales cables contra cortocircuitos está en estudio.

Naturaleza de los dispositivos de protección

Dispositivos que aseguran a la vez la protección contra corrientes de sobrecarga y la protección contra las corrientes de cortocircuito

Estos dispositivos de protección deben poder interrumpir toda sobreintensidad inferior o igual a la corriente de cortocircuito esperada en el punto donde el dispositivo está instalado. Tales dispositivos de protección deben ser:
■ Interruptores automáticos con relés de sobrecarga.
■ Interruptores automáticos asociados con cortacircuitos fusibles.
■ Los tipos siguientes de cortacircuitos fusibles de reemplazamiento:
□ Fusibles del tipo gI ensayados de conformidad a normas UNE 21103-2, UNE 21103-3 y UNE 21103-3-1C.
□ Fusibles que incluyen elementos de reemplazamiento del tipo gII ensayados en un dispositivo especial de ensayo que tenga una conductibilidad térmica elevada.

Notas:
– El fusible comprende todas las partes que forman el conjunto del dispositivo de protección.
– Las condiciones de ensayo de los elementos de reemplazamiento del tipo gII en un dispositivo especial de ensayo, están en estudio por la CEI.
– La utilización de un dispositivo que posea un poder de corte inferior a la corriente de cortocircuito supuesta en el punto donde esté instalado, está sujeta a las prescripciones del apartado referente a su poder de corte.

Dispositivos que aseguran únicamente la protección contra las corrientes de sobrecarga

Éstos son dispositivos que poseen generalmente una característica de funcionamiento a tiempo inverso y que pueden tener un poder de corte inferior a la corriente de cortocircuito supuesta, en el punto donde están instalados. Deben satisfacer los requisitos del apartado “Protección contra las corrientes de sobrecarga”, pág. H1/65.

Dispositivos que aseguran únicamente la protección contra corrientes de cortocircuito

Estos dispositivos pueden utilizarse cuando la protección contra las sobrecargas se realiza por otros medios o cuando la norma UNE 20460, parte 4-473 admite el no instalar la protección contra las sobrecargas. Deben poder interrumpir toda corriente de cortocircuito inferior o igual a la corriente de cortocircuito supuesta. Deben satisfacer las prescripciones del apartado “Protección contra las corrientes de cortocircuito”, pág H1/66.

Tales disposiciones de protección pueden ser:
■ Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima intensidad.
■ Cortacircuitos fusibles.

Características de los dispositivos de protección

Las características tiempo/corriente de los dispositivos de protección contra las sobreintensidades deben estar conformes con las especificadas en las normas UNE 21103, UNE 21103-2, UNE 21103-3 y UNE 21103-3-1C y UNE 20115-1.

Nota: lo citado no se opone a la utilización de otros dispositivos de protección, a condición de que sus características tiempo/corriente aseguren un nivel de protección equivalente al especificado al presente capítulo.

Protección contra las corrientes de sobrecarga

Regla general

Los dispositivos de protección deben estar previstos para interrumpir toda corriente de sobrecarga en los conductores del circuito antes de que pueda provocar un calentamiento perjudicial al aislamiento, a las conexiones, a las cargas, a las propias canalizaciones o al medio ambiente del entorno.

Coordinación entre los conductores y los dispositivos de protección

Las características de funcionamiento de un dispositivo que proteja una canalización contra las sobrecargas debe satisfacer las condiciones siguientes:
1) $I_B \leqslant I_n \leqslant I_Z$ **2)** $I_2 \leqslant 1{,}45\ I_Z$
donde:
□ I_B: es la intensidad utilizada en el circuito.
□ I_Z: es la intensidad admisible en la canalización según la norma UNE 20460, parte 5-523.
□ I_n: es la intensidad nominal del dispositivo de protección.

Nota: para los dispositivos de protección regulables, I_n es la intensidad de regulación escogida.

□ I_2: es la intensidad que asegura efectivamente el funcionamiento del dispositivo de protección. En la práctica I_2 se toma igual:
■ A la intensidad de funcionamiento en el tiempo convencional, para los interruptores automáticos.
■ A la intensidad de fusión en el tiempo convencional, para los fusibles del tipo gI.
■ A 0,9 veces la intensidad de fusión en el tiempo convencional para los fusibles gII.

Notas:
– El factor 0,9 tiene en cuenta la influencia de las diferencias de las condiciones de ensayo entre los fusibles gI y gII ya que los últimos se ensayan, generalmente, en un dispositivo convencional de ensayo en el cual las condiciones de disipación térmica son mejores.
– La protección prevista por este apartado no asegura una protección completa en algunos casos, por ejemplo: contra las sobreintensidades prolongadas inferiores a I_2 y no conducen necesariamente a la solución más económica. Es por lo que se supone que el circuito está concebido de tal forma que no se producen frecuentemente pequeñas sobrecargas de larga duración.

Protección de los conductores en paralelo

Cuando un dispositivo de protección protege varios conductores en paralelo, el valor de I_Z es la suma de las intensidades admisibles en los diferentes conductores, con la condición de que los conductores estén dispuestos de forma que transporten corrientes sensiblemente iguales.

Nota: en la práctica, esta disposición no es aceptable más que si las canalizaciones tienen las mismas características eléctricas (naturaleza, forma de colocación, longitud, sección) y no incluyen ninguna derivación sobre su recorrido.

Protección contra las corrientes de cortocircuito

Esta prescripción solo considera los casos de cortocircuitos previstos entre conductores de un mismo circuito.

Regla general

Deben preverse dispositivos de protección para interrumpir toda corriente de cortocircuito antes de que esta pueda resultar peligrosa, debido a los efectos térmicos y mecánicos producidos en los conductores y en las conexiones.

Determinación de las corrientes de cortocircuito supuestas

Las corrientes de cortocircuito supuestas deben determinarse en los lugares de la instalación que se consideren necesarios.
Esta determinación puede efectuarse bien por cálculo, bien por medición.

Características de los dispositivos de protección contra los cortocircuitos

Todo dispositivo que asegure la protección contra los cortocircuitos debe responder a las dos condiciones siguientes:

■ Su poder de corte debe ser como mínimo igual a la corriente de cortocircuito supuesta en el punto donde está instalado, salvo en el caso admitido en el párrafo siguiente.

Se admite un dispositivo que posea un poder de corte inferior, con la condición de que otro aparato protector que tenga el necesario poder de corte sea instalado aguas arriba. En este caso, las características de los dispositivos deben estar coordinadas de tal forma que la energía que dejan pasar los dispositivos no sea superior a la que pueden soportar sin perjuicio, el dispositivo situado aguas abajo y las canalizaciones protegidas por estos dispositivos.

Nota: en algunos casos, puede ser necesario tomar en consideración otras características tales como esfuerzos electrodinámicos y energía de arco para los dispositivos situados aguas abajo. Las informaciones necesarias deben obtenerse de los fabricantes de los dispositivos.

■ El tiempo de corte de toda corriente que resulte de un cortocircuito que se produzca en un punto cualquiera del circuito, no debe ser superior al tiempo que tarda en alcanzar la temperatura límite admisible por los conductores.
Para los cortocircuitos de una duración (t) como máximo igual a cinco segundos, la duración necesaria para que una corriente de cortocircuito eleve la temperatura de los conductores al límite admisible en servicio normal al valor límite, puede calcularse, en primera aproximación, con ayuda de la siguiente fórmula: $\sqrt{t} = k \cdot \frac{S}{I}$ donde:

t = es la duración en segundos.
S = es la sección en mm^2.
I = es la corriente de cortocircuito efectiva en A, expresada en valor eficaz.
k = 115 para los conductores de cobre aislados con policloruro de vinilo.
135 para los conductores de cobre aislados con caucho para uso general, con butilo, con polietileno reticulado o con etileno propileno.
74 para conductores de aluminio aislados con policloruro de vinilo.
87 para los conductores de aluminio aislados con caucho para uso general, con butilo, con polietileno reticulado o con etileno propileno.
115 par conexiones soldadas con estaño en los conductores de cobre, correspondientes a una temperatura de 160 °C.

Notas:
– Para tiempos de duración del cortocircuito muy cortos (< 0,1s) donde la asimetría es importante y para los dispositivos que limitan la corriente, $k^2 \cdot s^2$, deben ser superior al valor de la energía (I^2t) que deja pasar el dispositivo de protección, indicado por el fabricante.
– Otros valores de k están en estudio por la CEI para:
• Los conductores de poca sección (especialmente para secciones inferiores a 10 mm^2).
• Las duraciones de cortocircuito superiores a 5 s.
• Los otros tipos de conexiones en los conductores.
• Los conductores desnudos.
• Los conductores blindados con aislamiento mineral.
– La intensidad nominal del dispositivo de protección contra los cortocircuitos puede ser superior a la corriente admisible de los conductores del circuito.

Esta nota de observación de la normalización obliga a realizar una puntualización sobre las corrientes de cortocircuito.

Una red simplificada se reduce a una fuente de tensión alterna constante, un interruptor y una impedancia Z_{cc} que representa todas las impedancias situadas aguas arriba del interruptor y una impedancia de carga Z_s.

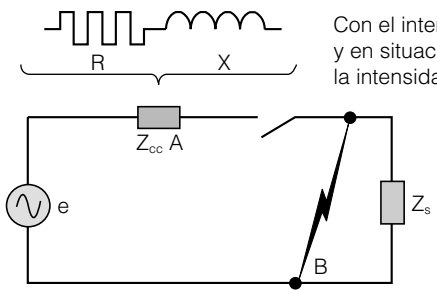


Fig. H1-3-003: *esquema simplificado de una red.*

Realmente, la impedancia del generador está compuesta de todo lo que haya arriba del circuito con las redes de tensiones diferentes (AT/BT) y de los conductores que presentan, en serie, secciones y longitudes diferentes.
En el esquema de la fig. H1-3-003, con el interruptor cerrado, la intensidad I_s, de servicio, circula por la red.
Un defecto de impedancia despreciable que aparece entre los puntos A y B provoca la aparición de una intensidad de cortocircuito muy elevada I_{cc}, limitada tan sólo por la impedancia Z_{cc}.
La intensidad I_{cc} se establece siguiendo un régimen transitorio en función de las reactancias X y de las resistencias R, componiendo la impedancia Z_{cc}:

$$Z_{cc} = \sqrt{R^2 + X^2}$$

En una distribución de potencia, la reactancia $X = L\omega$ es generalmente mucho más elevada que la resistencia R y la relación R/X se sitúan entre 0,1 y 0,3.
Prácticamente, para estos valores, es igual la relación R/X que el cos φ_{cc}.

$$\cos \varphi_{cc} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X^2}}$$

Sin embargo, el régimen transitorio de establecimiento de una corriente de cortocircuito, a menudo, se define según sea el alejamiento eléctrico del punto de defecto respecto a los alternadores. Este alejamiento no implica necesariamente una distancia geográfica pero podemos sobreentender, que las impedancias de los alternadores son inferiores a las impedancias de unión entre ellos y el punto de defecto.

Defecto alejado de los alternadores

Es el caso más frecuente. El régimen transitorio es entonces el resultante de la aplicación a un circuito inductivo-resistente de una tensión: $e = E \cdot \text{sen}(\omega t + \alpha)$.

■ La intensidad (i) es, entonces, la suma de dos componentes: $i = i_a + i_c$

□ Una de ellas es alterna y senoidal: $i_a = I \cdot \text{sen}(\omega t + \alpha)$

con: I = intensidad – máxima = $\frac{E}{Z_{cc}}$

α: ángulo eléctrico que caracteriza el desfase, en el tiempo, entre el instante inicial del defecto y el origen de la onda de tensión.

□ La otra componente (i_c) es una onda unidireccional amortiguada:

$i_c = I \cdot \text{sen}\alpha \cdot e^{\frac{-R}{L}t}$ cuyo valor inicial depende, como puede verse, de α y su amortiguamiento es tanto más rápido cuando mayor es la relación R/L.

■ En el instante inicial del cortocircuito, (i) es nula por definición (despreciando el valor de la intensidad de servicio), por lo que:

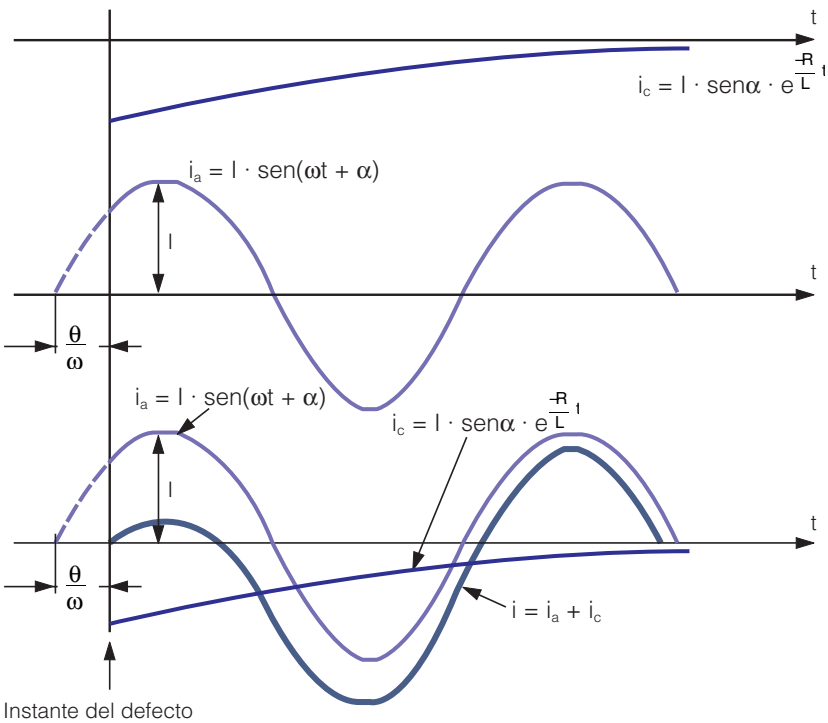


Fig. H1-3-004: *representación gráfica y descomposición de la corriente de un cortocircuito producido en un punto alejado del alternador.*

La fig. H1-3-004 nos muestra la construcción gráfica de (i) por la suma de valores algebraicos de las ordenadas de sus dos componentes i_a e i_c.

La figura fig. H1-3-005 y H1-3-006 nos presenta los dos casos extremos posibles de establecimiento de una corriente de cortocircuito I_{cc}, que para facilitar la comprensión se presentan con una tensión alterna monofásica.

En el instante de aparición del defecto o de cierre con relación al valor de la tensión de la red, caracterizado por el ángulo de desfase α (aparición del defecto), la tensión podemos expresarla: $u = E \cdot \text{sen}(\omega t + \alpha)$.

La evolución de la corriente, es de la forma:

$i = \frac{E}{Z}\left[\text{sen}(\omega t + \alpha - \varphi) - \text{sen}(\alpha - \varphi) \cdot e^{\frac{-R}{L}t}\right]$ con sus dos componentes; una alterna senoidal, desfasada en φ respecto a la tensión y la otra tendiendo a (0) para (t) al infinito.

■ Se presenta con dos casos extremos, cuando:

□ $\alpha = \varphi = \frac{\pi}{2}$ o régimen simétrico.

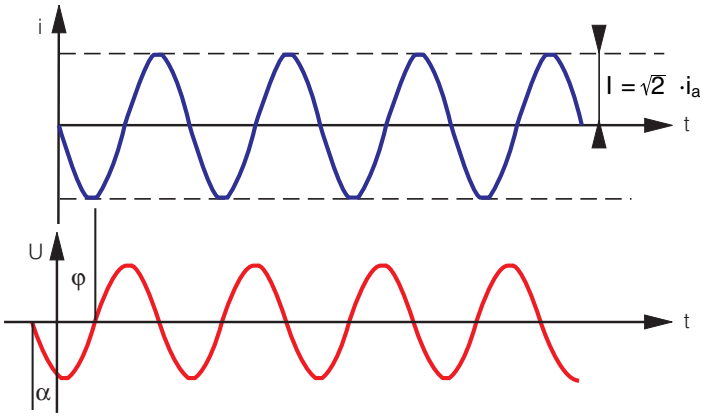


Fig. H1-3-005: *imagen simétrica.*

con: $i = \frac{E}{Z} \operatorname{sen} \omega t$ que, desde el inicio presenta los valores coincidentes con el régimen permanente, con un valor de cresta E/Z

□ $\alpha = 0$ o régimen asimétrico.

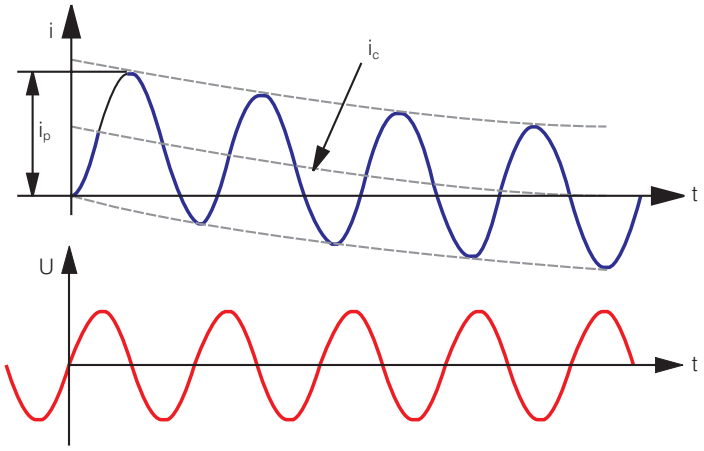


Fig. H1-3-006: *imagen asimétrica.*

La corriente de defecto es de la forma $i = \frac{E}{Z}\left[\operatorname{sen}(\omega t - \varphi) - \operatorname{sen}\alpha \cdot e^{\frac{-R}{L}t}\right]$, con un primer valor de cresta i_p que es función de φ y por tanto, de la relación;

$\frac{R}{X} = \cos\varphi$ del circuito.

El factor $e^{\frac{-R}{L}t}$ es tanto más elevado cuanto más débil es la amortiguación de la componente unidireccional.

Es pues necesario calcular (i_p) para determinar el poder de cierre de los interruptores automáticos a instalar y también para definir los esfuerzos electrodinámicos, que deberá soportar el conjunto de la instalación.

Su valor se deduce del valor eficaz de la corriente de cortocircuito simétrico por la relación: $i_P = k\sqrt{2} \cdot i_a$, el coeficiente k viene dado por la curva de la fig. H1-3-007, pág. H1/70; en función de la relación R/X o R/L.

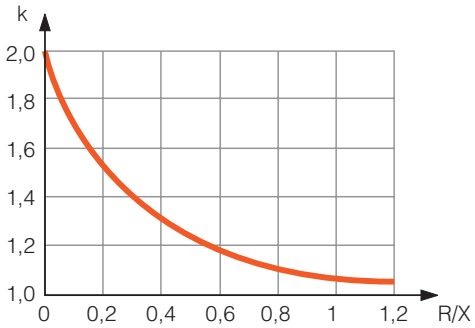


Fig. H1-3-007: *variación del factor k en función de la relación R/X o R/L (CEI 60909).*

Defecto en la proximidad de los alternadores

Cuando el defecto se produce en la proximidad inmediata del alternador que alimenta el circuito interesado, la variación de la impedancia, entonces predominante del alternador, provoca una amortiguación de la corriente de cortocircuito.

■ En efecto, en este caso, el régimen transitorio de establecimiento de la corriente se complica por la variación de la f.e.m. (fuerza electromotriz) resultante del cortocircuito. Como simplificación, consideramos el valor de la f.e.m. constante pero la reactancia interna de la máquina como variable: esta reactancia evoluciona según tres estados o períodos:

□ Subtransitorio: presente durante los 10 o 20 primeros milisegundos del defecto.

□ Transitorio: a continuación del anterior y prolongandose hasta 500 milisegundos.

□ Permanente o reactancia asíncrona.

A tener en cuenta que esta reactancia, según el orden presentado, va tomando, a cada período, un valor mayor; la reactancia subtransitoria es inferior a la transitoria y esta inferior a la permanente.

En realidad el cortocircuito reduce la impedancia del circuito y permite una mayor circulación de intensidad. Esta intensidad al aumentar, genera mayor impedancia en los circuitos internos del generador, oponiéndose al incremento de esta misma intensidad. Por tanto en los primeros milisegundos es mayor que en los posteriores.

■ Esta intervención sucesiva de las tres reactancias provoca una disminución progresiva de cortocircuito, intensidad que es suma de cuatro componentes.

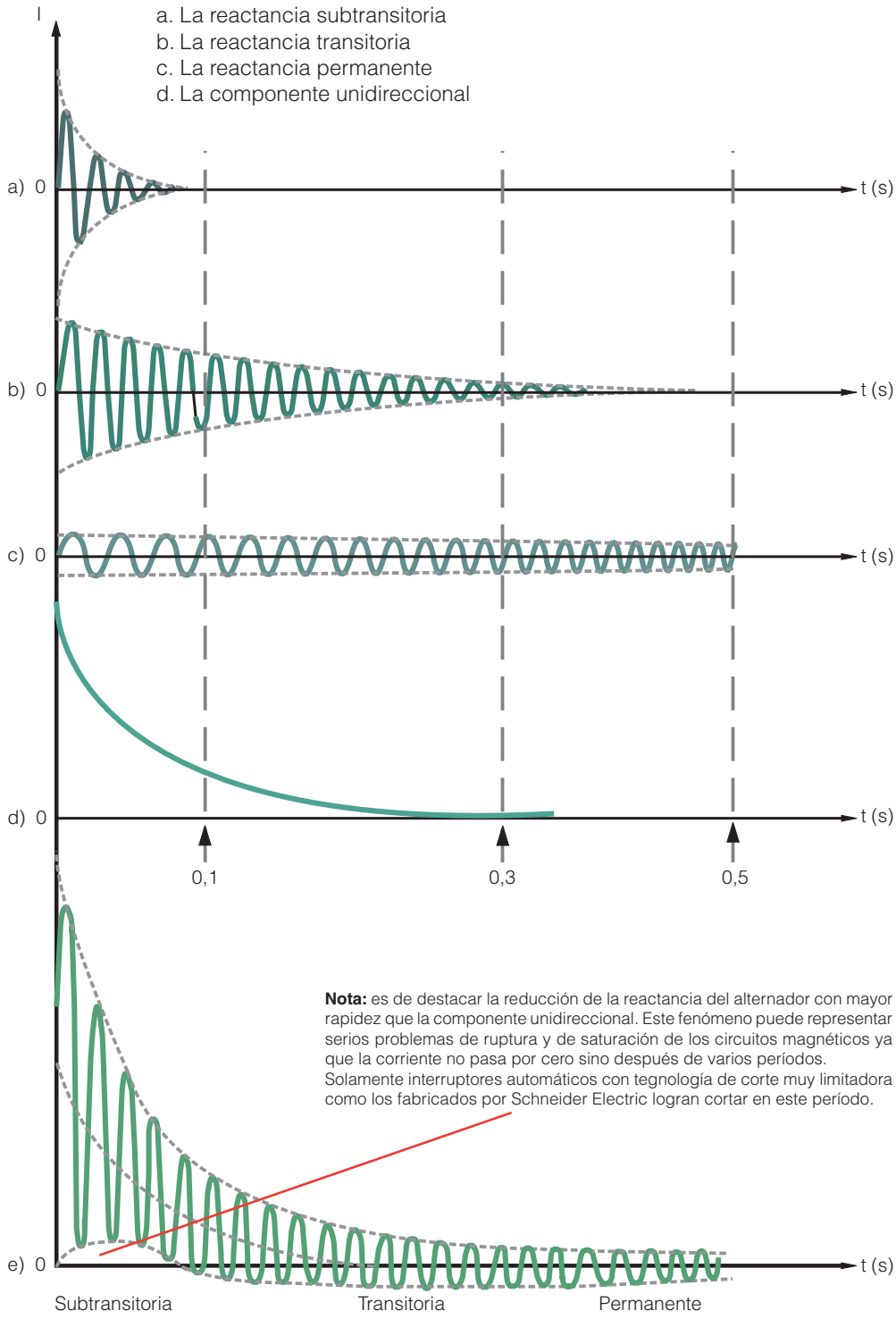
□ Las tres componentes alternas (subtransitoria, transitoria y permanente)

□ La componente unidireccional que resulta del establecimiento de la corriente en el circuito (inductivo).

En la práctica, el conocimiento de la evolución de la corriente de cortocircuito en función del tiempo no es indispensable.

□ En baja tensión, como consecuencia de la velocidad de actuación de los aparatos de corte, el conocimiento de la corriente de cortocircuito subtransitoria, indicada I''k, y de la amplitud máxima de cresta asimétrica i_p, es suficiente para la determinación del poder de ruptura (PdC) de los aparatos de protección y de los esfuerzos electrodinámicos en el circuito.

□ Por contra, en distribución en baja tensión de potencia y en media y alta tensión, la corriente de cortocircuito transitoria está presente a menudo, si la ruptura o interrupción se produce antes de llegar a la corriente de cortocircuito permanente. Es, en este caso, interesante conocer la corriente de cortocircuito cortada, denominada I_b, que determina el PdC de los interruptores automáticos retardados con selectividad cronométrica.



Nota: es de destacar la reducción de la reactancia del alternador con mayor rapidez que la componente unidireccional. Este fenómeno puede representar serios problemas de ruptura y de saturación de los circuitos magnéticos ya que la corriente no pasa por cero sino después de varios períodos. Solamente interruptores automáticos con tegnología de corte muy limitadora como los fabricados por Schneider Electric logran cortar en este período.

Fig. H1-3-008: *contribución a la corriente total de cortocircuito Icc (e) de: la reactancia subtransitoria, transitoria, permanente y a la componente unidireccional.*

I_b es el valor de la corriente de cortocircuito en el instante de la ruptura efectiva, es decir, después de un tiempo (t), a partir del establecimiento del cortocircuito, con $t = t_{min}$ (tiempo muerto mínimo) es la suma del retardo (temporización) mínimo de funcionamiento de un relé de protección y del tiempo de apertura más corto del interruptor automático que le está asociado. Se trata del tiempo más corto, transcurrido entre la aparición de la corriente de cortocircuito y la primera separación de los contactos, en un polo del aparato de maniobra.
La fig. H1-3-009 presenta las diferentes corrientes de cortocircuito así definidas.

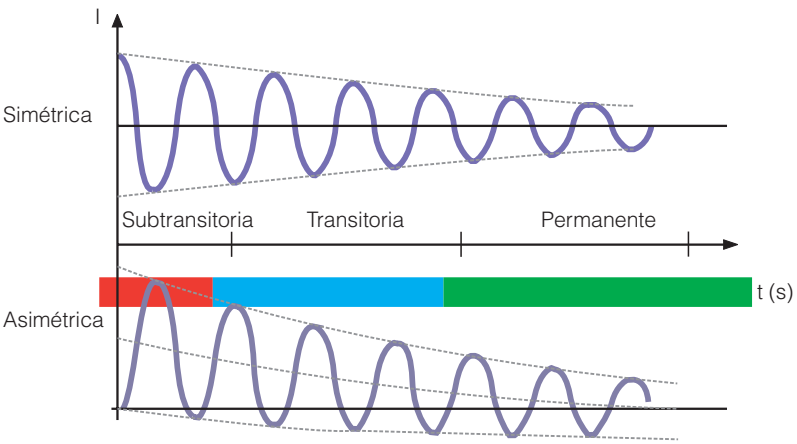


Fig. H1-3-009: *las corrientes de cortocircuito cerca de un alternador (trazado esquemático).*

Protección contra los cortocircuitos de conductores en paralelo

Un mismo dispositivo de protección puede proteger varios conductores en paralelo contra los cortocircuitos, con la condición de que las características de funcionamiento del dispositivo y el modo de colocación de los conductores en paralelo sean coordinados de forma apropiada. Para la elección del dispositivo de protección de “Aparamenta: protección, seccionamiento y mando”, ver capítulo H2.

Nota: procede tener en cuenta condiciones susceptibles de producirse en el momento de un cortocircuito que no daña a todos los conductores.

Coordinación entre la protección contra las sobrecargas y la protección contra los cortocircuitos

Protección asegurada por el mismo dispositivo

Si un dispositivo de protección contra las sobrecargas que responda a las prescripciones del apartado “Protección contra las corrientes de sobrecarga”, pág. H1/65, posee un poder de corte al menos igual a la corriente de cortocircuito supuesta en el punto donde esté instalado, se considera que asegura igualmente la protección contra las corrientes de cortocircuito de la canalización situada aguas abajo.

Nota: lo citado puede no ser válido para toda la gama de corrientes de cortocircuito para ciertos tipos de interruptores automáticos, particularmente para los que no limitan la corriente. La verificación se efectúa conforme a las prescripciones del apartado “Características de los dispositivos de protección contra los cortocircuitos” del capítulo H2.

Protecciones aseguradas por dispositivos distintos. Las prescripciones de los apartados “Protección contra las corrientes de sobrecarga”, pág. H1/65, y “Protección contra las corrientes de cortocircuito”, pág. H1/66, se aplican respectivamente al dispositivo de protección contra las sobrecargas y contra los cortocircuitos.
Las características de los dispositivos deben estar coordinadas de tal forma que la energía que deja pasar el dispositivo de protección contra los cortocircuitos no sea superior a la que pueda soportar sin daño el dispositivo de protección contra sobrecargas.

Nota: esta prescripción no excluye los tipos de coordinación especificados en la norma UNE 20115-1.

La norma UNE 20115-1 “Arrancadores de baja tensión en corriente alterna” se refiere a los arrancadores que se desarrollan en el capítulo M “La seguridad en las máquinas” de este tratado.

Limitación de las sobreintensidades por las características de alimentación

Se estima que están protegidos contra toda sobreintensidad los conductores alimentados por una fuente cuya impedancia es tal que la corriente máxima que puede suministrar no puede ser superior a la intensidad admisible en los conductores (tales como ciertos transformadores para timbres, ciertos transformadores de soldadura, ciertas generatrices impulsadas por motor térmico).
Diagrama de las protecciones.
Ver fig. H1-3-061: diagrama de las corrientes definitorias de la protección, pág. H1/140.
Método para determinar el factor k

$$k = \sqrt{\frac{Q_c(B_o + 20)}{\rho_{20}} \cdot I_n \left(1 + \frac{\theta_f - \theta_i}{B_o + \theta_i}\right)}$$

donde:
Q_c = es la capacidad térmica volumétrica del material conductor (J/°C·m^3).
B_o = es la inversa del coeficiente de temperatura de la resistividad a 0 °C para el conductor (°C).
ρ_{20} = es la resistividad eléctrica del material conductor a 20 °C (Ω·m).
θ_i = es la temperatura inicial del conductor (°C).
θ_f = es la temperatura final del conductor (°C).
k = es la expresión (A·s$^{1/2}$ · mm^{-2}).

Material	B_0 (°C)	C_v (J/°C · m^3)	ρ_{20} (Ω · m)
Cobre	234,5	3,45 · 10^6	17,241 · 10^{-9}
Aluminio	228	2,5 · 10^6	28,264 · 10^{-9}

Tabla H1-3-010: *valores para el cálculo del factor k, en función del conductor.*

Aislamiento	θ_i (°C)	θ_f (°C)
Policloruro de vinilo	70	160
Polietileno reticulado	85	220
Butiletileno-propileno		

Tabla H1-3-011: *valores para el cálculo del factor k, en función del aislante.*

Los valores resultantes de la aplicación de estas fórmulas son tales que los efectos de las corrientes de cortocircuito pueden ser consideradas como despreciables.

3.2. Determinación práctica de la sección mínima de una conducción

■ En la determinación de la sección mínima adecuada en una conducción intervienen tres conceptos:
□ Que la densidad de corriente sea adecuada para la naturaleza del conductor, el aislante y el sistema de instalación.
□ Que la caída de tensión sufrida en la instalación se mantenga dentro de los límites fijados por la ITC-BT.
□ Que la conducción con sus protecciones sea capaz de soportar las sobreintensidades propias del circuito (sobrecargas temporales y corrientes de cortocircuito).

3.2.1. Determinación de la sección en función de la densidad de corriente

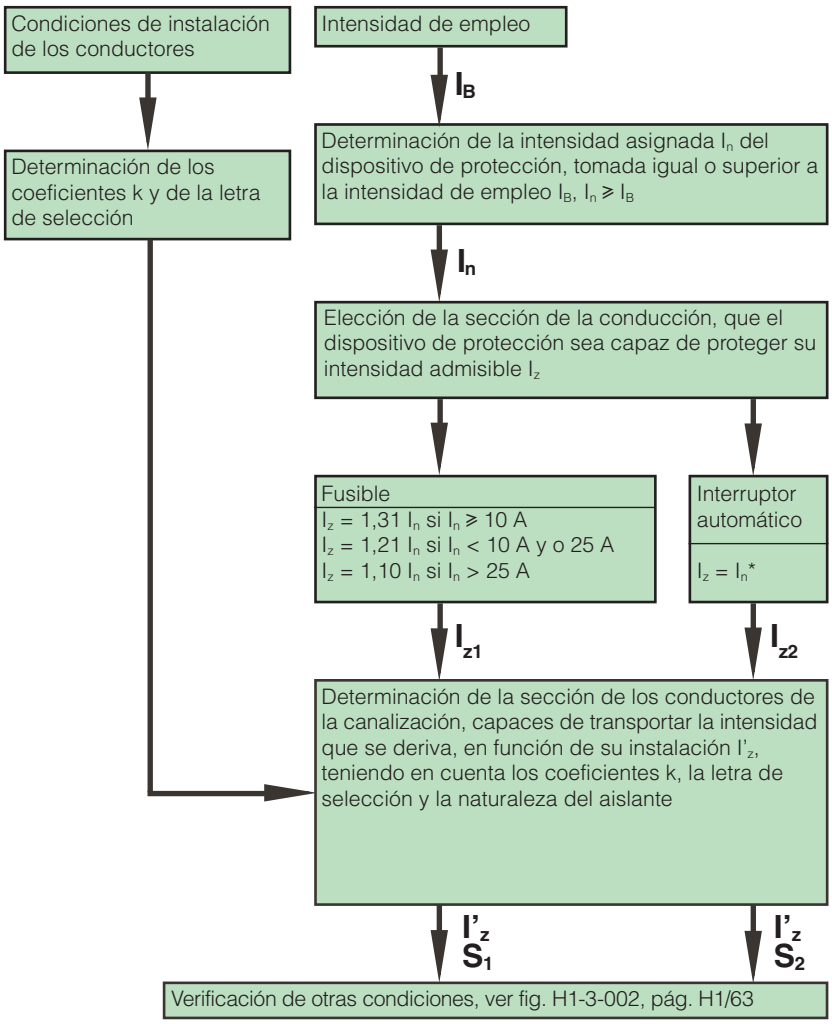


Fig. H1-3-012: *diagrama de la determinación de la sección de una canalización.*

Empezamos por determinar la sección de los conductores de fase. El dimensionamiento del neutro y de los conductores de protección se especifica en los apartados –y–.

■ Distinguiremos en el contenido de este capítulo:
□ Conducciones aéreas.
□ Conducciones subterráneas.
□ Conducciones interiores.
Las tablas correspondientes permiten determinar la sección mínima de los conductores en función de la intensidad que han de transportar.
Según el nuevo Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión del 2002 se especifican estos tres tipos de instalaciones de conducciones con conductores desnudos o aislados.
Siguiendo esta filosofía en el volumen 1.º, apartado F7 "Las conducciones", hemos desarrollado toda esta nueva filosofía de las conducciones eléctricas.
■ En el apartado "7.1.1 Líneas aéreas", pág. F/169.

Líneas aéreas con conductores desnudos

La tabla F7-026 de la pág. F/172 nos indica las densidades de corriente máximas para los conductores desnudos.
■ Podemos utilizar estos valores de forma general en el territorio español, teniendo en cuenta dos condiciones:
□ En zonas con insolación importante, corregir las densidades con un factor de 0,9.
□ En zonas de condiciones especiales realizar los cálculos de conformidad a la UNE 21144.

Líneas aéreas con conductores aislados

Definiremos tres posibilidades de conductores:
■ Cables con neutro fiador de aleación de Aluminio-Magnesio-Silicio (Almelec) para instalaciones de cables tensados. Tabla F7-020, pág. F/170.
■ Cables sin neutro fiador para instalaciones de cables posados, o tensados con fiador de acero. Tabla F7-021, pág. F/170.
■ Cables con fiador de acero posados o tensados. Tabla F7-022, pág. F/170.

Instalaciones en zonas con temperaturas diferentes a 40 °C
Deberemos utilizar la tabla de coeficientes k para la corrección de la intensidad en función de la temperatura. Tabla F7-023, pág. F/171.
■ Ejemplo:
□ Un conductor sin neutro fiador para instalación tensado con fiador de acero de 4 conductores de aluminio, aislado con polietileno reticulado, que puede conducir 144 A.
□ Instalado en una zona de temperatura media de 45 °C, corregir la intensidad por el factor K = 0,95.
□ En realidad el cable podrá conducir: 144 A · K = 144 A · 0,95 = 136,8 A.
Instalaciones con agrupamiento de cables
Deberemos utilizar la tabla de coeficientes k para la corrección de la intensidad en función del agrupamiento. Tabla F7-024, pág. F/171.
■ Ejemplo:
□ Un conductor sin neutro fiador para instalación de cables posados, dos cables de 3 · 95/50 de Al, que pueden conducir 207 A, al juntarse dos conducciones debemos aplicar el coeficiente K = 0,89.
□ En realidad el cable podrá conducir: 207A · K = 207 A · 0,89 = 184,23 A.
■ En el apartado 7.1.2 "Líneas subterráneas, enterradas, entubadas o en galerías", pág. F/189.

Líneas subterráneas sin entubar

■ Las características de las tablas estan dadas para unas condiciones de instalación fijas.
■ En caso de desviaciones de las condiciones de instalación se deben aplicar los coeficientes k de compensación:
□ Temperatura del terreno: 25 °C.
□ Profundidad de instalación: 0,70 m.
□ Resistividad térmica del terreno: 1 k·m/W.
■ Intensidad máxima admisible, en amperios para cables tetrapolares con conductores de aluminio y conductor neutro de cobre, en instalaciones enterradas (servicio permanente):
□ La tabla F7-052 de la pág. F/191 nos indica las intensidades de corriente máximas para los conductores de aluminio y neutro de cobre.
■ Intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con conductores de aluminio en instalación enterrada (servicio permanente):
□ La tabla F7-053 de la pág. F/191 nos indica las intensidades de corriente máximas para los conductores de aluminio.
■ Intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con conductores de cobre en instalación enterrada (servicio permanente):
□ La tabla F7-054 de la pág. F/192 nos indica las intensidades de corriente máximas para los conductores de cobre.

Instalaciones en zonas con temperaturas del terreno diferentes a 25 °C
Deberemos utilizar la tabla de coeficientes k para la corrección de la intensidad en función de la temperatura. Tabla F7-055, pág. F/193.
■ Ejemplo:
□ Un conductor tetrapolar con conductores de aluminio y conductor neutro de cobre de 3 · 95 Al + 30 Cu, en instalación enterrada (servicio permanente), con un aislamiento de una temperatura de trabajo máxima de 90 °C, que permite conducir 235 A.
□ Instalado en una zona de temperatura media del terreno de 35 °C. Corregir la intensidad por el factor K = 0,92.
□ En realidad el cable podrá conducir: 235A · K = 235 A · 0,92 = 216,2 A.

Instalaciones en zonas con terrenos de resistividad térmica diferentes a 1 k·m/W
Deberemos utilizar la tabla de coeficientes k para la corrección de la intensidad en función de la resistividad térmica del terreno. Tabla F7-056, pág. F/193.
■ Ejemplo:
□ Un conductor tetrapolar de 120 mm^2, de aluminio con aislamiento EPR, permite conducir 350 A.
□ Instalado en un terreno de resistividad térmica de 1,65 k·m/W. Corregir la intensidad por el factor k = 0,84.
□ En realidad el cable podrá conducir: 350 A · K = 350 A · 0,84 = 294 A.

Instalaciones con agrupamiento de cables
Deberemos utilizar la tabla de coeficientes k para la corrección de la intensidad en función del agrupamiento. Tabla F7-057, pág. F/193.
■ Ejemplo:
□ Un conductor tetrapolar de 400 mm^2, de cobre con aislamiento PVC, permite conducir 570 A.
□ Al juntarse dos conducciones debemos aplicar el coeficiente K que está en función de la distancia entre ellos. En el caso que nos ocupa la distancia es de 0,15 m. El coeficiente K correspondiente tine un valor de 0,87.
□ En realidad el cable podrá conducir: 570 A · K = 570 A · 0,87 = 495,9 A.

Instalaciones con los conductores a profundidades diferentes de 0,7 m

Deberemos utilizar la tabla de coeficientes k para la corrección de la profundidad. Tabla F7-058, pág. F/194.

■ Ejemplo:

□ Una terna de tres conductores unipolares de cobre y con aislamiento XLPE y sección de 630 mm^2, separados entre 0,10 m, que pueden conducir 885 A. Instalados a 0,80 m de profundidad.

□ Por estar instalados a una distancia de 0,10 m entre ellos deberemos aplicar un coeficiente de k = 0,76. Tabla F7-057, pág. F/193.

□ Por estar instalado a una profundidad de 0,80 m debemos aplicar el coeficiente k = 0,90.

□ En realidad el cable podrá conducir: 885 A · K · K = 570 A · 0,76 · 0,90 = 605,34 A.

Líneas subterráneas entubadas

Factores de corrección por instalación de conductores enterrados en zanjas bajo tubo, o similar

En este tipo de instalaciones es de aplicación todo lo establecido en el apartado “Intensidades en función de las condiciones de instalación enterradas”, pág. F7/190, además de lo indicado a continuación.

Se instalará un circuito por tubo. La relación entre el diámetro interior del tubo y el diámetro aparente del circuito será superior a 2, pudiéndose aceptar excepcionalmente 1,5.

■ Canalizaciones bajo tubo de corta longitud:

□ Se entiende por corta longitud instalaciones que no superen los 15 m.

□ En este caso si el tubo se rellena con aglomerados especiales no será necesario aplicar factor de corrección de intensidad por este motivo.

■ Otras canalizaciones entubadas:

□ En el caso de una línea con cable tripolar o con un terno de cables unipolares en el interior del mismo tubo, se aplicará un factor de corrección de 0,8.

□ Si se trata de una línea con cuatro cables unipolares situados en sendos tubos, podrá aplicarse un factor de corrección de 0,9.

□ Si se trata de una agrupación de tubos, el factor dependerá del tipo de agrupación y variará para cada cable según esté colocado en un tubo central o periférico. Cada caso deberá estudiarse individualmente.

Líneas al aire en galerías subterráneas ventiladas

■ Las características de las tablas estan dadas para unas condiciones de instalación fijas.

■ En caso de desviaciones de las condiciones de instalación se deben aplicar los coeficientes k de compensación:

□ Un solo cable tripolar o

□ Un cable tetrapolar o

□ Un terno de cables unipolares en contacto mutuo, con una colocación tal que permita una eficaz renovación del aire.

□ Temperatura ambiente media de 40 °C.

■ Intensidad máxima admisible, en amperios, en servicio permanente, para cables tetrapolares con conductores de aluminio y con conductor neutro de cobre, en instalación al aire en galerías ventiladas. Tabla F7-059, pág. F/195.

■ Intensidad máxima admisible, en amperios, en servicio permanente para cables conductores de aluminio en instalación al aire en galerías ventiladas (temperatura ambiente 40 °C). Tabla F7-060, pág. F/195.

■ Intensidad máxima admisible, en amperios, en servicio permanente para cables conductores de cobre en instalación al aire en galerías ventiladas (temperatura ambiente 40 °C). Tabla F7-061, pág. F/196.

Instalaciones en zonas con temperaturas del terreno diferentes a 40 °C

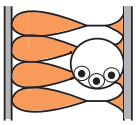
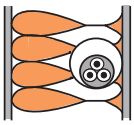
Deberemos utilizar la tabla de coeficientes k para la corrección de la intensidad en función de la temperatura. Tabla F7-062, pág. F/196.
■ Ejemplo:
□ Un conductor tetrapolar con conductores de aluminio y conductor neutro de cobre de 3 ·95 Al + 30 Cu, en instalación en galería ventilada (servicio permanente), con un aislamiento de una temperatura de trabajo máxima de 90 °C, que permite conducir 195 A.
□ Instalado en una zona de temperatura media del del aire de de 30 °C. Corregir la intensidad por el factor K = 1,10.
□ En realidad el cable podrá conducir: 195 A · K = 195 A · 1,10 = 214,5 A.

Instalaciones con agrupamiento de cables
Deberemos utilizar la tabla de coeficientes k para la corrección de la intensidad en función del agrupamiento y la forma del agrupamiento.
■ Factor de corrección para agrupaciones de cables unipolares instalados al aire. Tabla F7-063, pág. F/197.
■ Factor de corrección para agrupaciones de cables trifásicos. Tabla F7-064, pág. F/198.
■ Ejemplo:
□ Un conductor tetrapolar de 150 mm^2, de cobre con aislamiento PVC, permite conducir 275 A.
□ Un conductor tetrapolar de 35 mm^2, de cobre con aislamiento XLPE, permite conducir 135 A.
□ Un conductor tetrapolar de 16 mm^2, de cobre con aislamiento EPR, permite conducir 80 A.
□ Al juntarse tres conducciones debemos aplicar el coeficiente K que está en función de la distancia entre ellos, de la dorma de apilamiento y del tipo de soporte y si el recorrido es horizontal o vertical.
En el caso que nos ocupa la situación es de contiguos y situados sobre una bandeja perforada en situación horizontal.
El coeficiente K correspondiente tine un valor de 0,85 .
□ En realidad el cable de 150 mm^2 podrá conducir: 275 A · K = 275 A · 0,85 = = 233,75 A.
□ En realidad el cable de 35 mm^2 podrá conducir: 135 A · K = 135A · 0,85 = = 114,75 A.
□ En realidad el cable de 16 mm^2 podrá conducir: 80 A · K = 80 A · 0,85 = 68 A.
■ En el apartado 7.2 “Instalaciones de reparto de energía en instalaciones receptoras”, pág. F/214.
Las conducciones pueden tener diferentes métodos de instalación, de los cuales distinguiremos dos grupos genéricos los enterrados y los otros de los cuales defineremos los métodos de instalación.

Métodos de instalación para todos los casos considerados que no son enterrados

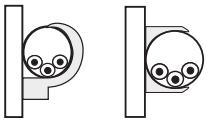
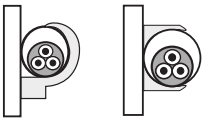
Descripción de los métodos de referencia
■ Método de referencia A y A2.
A: cables unipolares aislados en el interior de tubos de paredes térmicamente aislantes.
A2: cables multiconductores en el interior de tubos en paredes térmicamente aislantes.

A) **A2)**

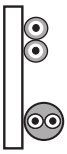



□ El muro o tabique está constituido por un revestimiento exterior estanco, un aislamiento térmico y un revestimiento interior de madera o material análogo, con una conductancia térmica de 10 W/m·k.
□ El tubo está fijado próximo, pero sin tocarlo necesariamente, a la capa de revestimiento interior.
□ El tubo puede ser metálico o de materia plástica.
□ El calor desprendido del cable se disipa solamente a través de esta capa interior.
■ Método de referencia B y B2.
B: cables unipolares aislados bajo tubo sobre un tabique de madera.
B2: cables multiconductores aislados bajo tubo sobre un tabique de madera.

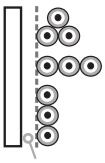
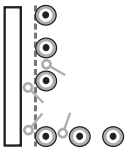
B) **B2)**

□ El tubo está montado de tal forma que la distancia entre el tubo y el tabique de madera es inferior a 0,3 veces el diámetro del tubo.
□ El tubo puede ser metálico o de material plástico.
□ Si el tubo está fijado sobre un muro o tabique de obra los conductores podrían soportar corrientes admisibles más elevadas (en estudio).
■ Método de referencia C.
C: Cables unipolares o multiconductores sobre un tabique de madera.



□ El cable está montado de tal forma que la distancia entre el y el tabique de madera es inferior a 0,3 veces su diámetro.
□ Si el cable está fijado sobre un muro o tabique de obra los conductores podrían soportar corrientes admisibles más elevadas (en estudio).
■ Método de referencia E, F y G.
E, F y G:Cable unipolar o multiconductor al aire libre.

□ El cable está montado de tal forma que no existen dificultades para la disipación del calor.
□ El calentamiento por radiación solar o por otras fuentes de calor se tendrán en cuenta.
□ Deben tomarse precauciones para no impedir la convección natural del aire. En la práctica una separación entre el cable y toda superficie adyacente debe ser al menos de 0,3 veces el diámetro exterior del cable, para cables multi conductores y 0,1 para cables unipolares, para poder considerar las corrientes admisibles correspondientes a instalaciones al aire.

Configuración de los circuitos

Las corrientes admisibles indicadas en la tabla F7-131, pág. F/255, de la columna C1 a la C6 y de la C13 a la C14 son válidas para circuitos sencillos constituidos por el siguiente número de conductores:

■ Métodos de referencia.

A y B:

□ Dos conductores aislados o dos cables unipolares.

□ Tres conductores aislados o tres cables unipolares.

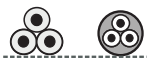
A2 y B2:

□ Un cable de dos o tres conductores.

C:

□ Dos cables unipolares o un cable de dos conductores.

□ Tres cables unipolares o un cable de tres conductores.



E, F y G:

□ Las corrientes admisibles indicadas en la tabla F7-131, pág. F/255 de las columnas C7 a la C12, son válidas para cables de dos o tres conductores, dos o tres cables unipolares dispuestos según se indica para cada método de referencia.

Número de conductores cargados

Los valores de corriente admisibles indicados para los conductores cargados son válidos, para un cable de dos conductores.

Los cables de tres conductores pueden soportar corrientes admisibles más elevadas cuando solamente están cargados dos conductores.

Los valores de corrientes admisibles indicadas para tres conductores cargados son igualmente válidos en un sistema trifásico con neutro equilibrado.

Los cables de cuatro o cinco conductores, pueden transportar corrientes admisibles más elevadas, cuando solamente se cargan tres conductores. Este tema está en estudio por la CEI.

Consideraciones de instalación

Para determinar las corrientes admisibles en un cable se considera una bandeja no perforada cuando los agujeros ocupan menos del 30 % de su superficie. Una bandeja de escalera se considera como soporte metálico si la superficie sobre la que se apoyan los cables ocupan menos del 10 % de la superficie.

Variación de función de las condiciones de instalación en un recorrido

■ Cuando por razones de protección mecánica se dispone un cable en un conducto o canal para instalaciones (canaleta), en una longitud no superior a un metro, no será necesaria la reducción de corrientes admisibles, siempre que el conducto o canal para instalaciones (canaleta) esté al aire o instalado sobre una superficie vertical.

■ Cuando una canalización está empotrada o instalada sobre un material de resistencia térmica superior a 2 K · m/W, no será necesaria una reducción de corriente admisible, siempre que su longitud no supere los 0,2 m.

Intensidades admisibles

■ Métodos de instalación definidos en la tabla F7-097, pág. F/226 (52-B1): A, B, C. Con las intensidades correspondientes a la tabla F7-131, pág. F/255.

■ Temperatura ambiente: 40 °C.
■ Aislantes de los conductores y naturaleza de los conductores:
□ C01 - Policloruro de vinilo - Dos conductores cargados. T. conductor –70 °C.
□ C02 - Polietileno reticulado o etileno propileno - Dos conductores cargados. T. conductor –90 °C.
□ C03 - Policloruro de vinilo - Tres conductores cargados. T. conductor –70 °C.
□ C04 - Polietileno reticulado o etileno propileno - Tres conductores cargados. T. conductor –90 °C.
□ C05 - Mineral - Cobre - Cubierta de PVC o desnudo y accesible. T. cubierta 70 °C.
□ C06 - Mineral - Conductor y cubierta de cobre - Cable desnudo inaccesible. T. cubierta 105 °C.
□ C07 - Mineral - Conductor y cubierta de cobre - Envolvente de PVC o desnudo y accesible. T. cubierta 70 °C.
□ C08 - Mineral - Conductor y cubierta de cobre - Desnudo e inaccesible. T. cubierta 105 °C.
□ C09 - Policloruro de vinilo - Conductor de cobre. T. conductor –70 °C.
□ C10 - Policloruro de vinilo - Conductor de aluminio. T. conductor –70 °C.
□ C11 - Polietileno reticulado o etileno propileno - Conductores de cobre. T. conductor 90 °C.
□ C12 - Polietileno reticulado o etileno propileno - Conductores de aluminio. T. conductor 90 °C.
□ C13 - Policloruro de vinilo - Dos o tres conductores cargados. T. conductor de cobre o aluminio –70 °C.
□ C14 - XLPE o EPR - Dos o tres conductores cargados. T. conductor de cobre o aluminio –90 °C.
En el volumen 1.º hemos situado una tabla reducida para la determinación de las intensidades posibles a conducir, la F7-132, pág. F/257. Esta tabla necesita la aplicación de factores para las desviaciones.
■ Factores de corrección por desviaciones de temperatura ambiente diferentes a 40 °C. Tabla F7-133, pág. F/257.
■ Factores de corrección por agrupamiento de conductores. Tabla F7-134, pág. F/257.
■ Factores de corrección por agrupamiento, para aplicar a cables multiconductores instalados al aire libre. Tabla F7-135 pág. F/258.
■ Factores de corrección por agrupamiento, para aplicar a cables monoconductores instalados al aire libre. Tabla F7-136 pág. F/259.

Intensidades admisibles en cables subterráneos

■ Intensidades máximas admisibles, en (A), en servicio permanente de los cables directamente enterrados en las condiciones siguientes (según UNE):
□ Temperatura del terreno –25 °C.
□ Resistividad térmica del terreno –1 °K·m/W.
□ Profundidad de instalación de los conductores –0,7 m.
□ Un conductor trifásico o un terno de cables unipolares en contacto mutuo.
Tabla F7-137, pág. F/260.

Instalaciones en zonas con temperaturas del terreno diferentes a 25 °C
Deberemos utilizar la tabla de coeficientes k para la corrección de la intensidad en función de la temperatura. Tabla F7-138, pág. F/260.
■ Ejemplo:
□ Un conductor tripolar con conductores de cobre de 185 mm^2, en instalación enterrada (servicio permanente), con un aislamiento de XLPE, que permite conducir 450 A.

□ Instalado en una zona de temperatura media del terreno de 30 °C. Corregir la intensidad con el factor K = 0,97.
□ En realidad el cable podrá conducir: 450 A · K = 450 A · 0,97 = 436,5 A.

Instalaciones con agrupamiento de cables
Deberemos utilizar la tabla de coeficientes k para la corrección de la intensidad en función del agrupamiento.
Instalación con conductores no entubados. Tabla F7-139, pág. F/260.
Instalación con conductores entubados. Tabla F7-140, pág. F/261.
■ Ejemplo:
□ Dos circuitos con conductores trifásicos separados entre ellos el diámetro de un conductor, de 400 mm^2, de cobre con aislamiento PVC, donde un conductor permite conducir 520 A.
□ Al juntarse dos circuitos debemos aplicar el coeficiente K que está en función de la distancia entre ellos. En el caso que nos ocupa la distancia es de un diámetro. El coeficiente K correspondiente tiene un valor de 0,80.
□ En realidad el cable podrá conducir: 520 A · K = 520 A · 0,80 = 416 A.

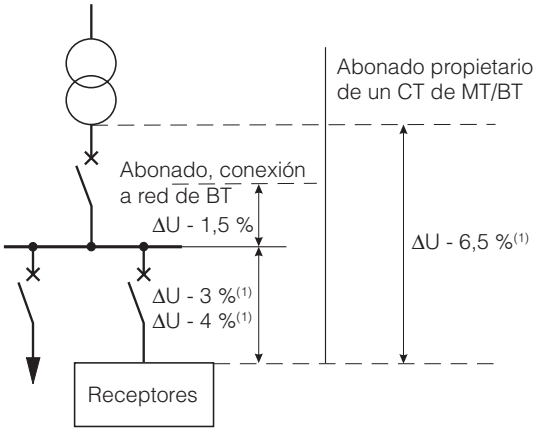
3.2.2. Determinación de la sección en función de la caída de tensión

La impedancia de una conducción es pequeña, pero no nula. Al ser recorrida por la intensidad de empleo, da origen a una caída de tensión desde el origen hasta el punto que consideremos.
Para el buen funcionamiento de las cargas (motores, alumbrado, etc.) es adecuado que la tensión de alimentación, en sus bornes, sea su tensión nominal. Por tanto, es necesario limitar las caídas de tensión en la red para poder facilitar una buena calidad de suministro.
Este capítulo permite determinar las caídas de tensión en las líneas, a fin de poder ajustar las secciones de las conducciones para:
■ Efectuar las instalaciones de acuerdo a la normativa y los reglamentos.
■ Obtener las tensiones adecuadas para los receptores.
■ Atender a la calidad de suministro propia de la instalación.

Límite máximo de la caída de tensión

El Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión en las instrucciones ITC-BT-14 “Línea general de alimentación”, la ITC-BT-15 “Derivaciones individuales” y la ITC-BT-19 “Prescripciones generales” prescribe, para los usos domésticos e industriales las caídas de tensión, desde la conexión con la red pública de BT hasta la carga más alejada.
■ ITC-BT-14 “Línea general de alimentación”.
La caída de tensión máxima permitida será:
□ Para líneas generales de alimentación destinadas a contadores totalmente centralizados: 0,5 por 100.
□ Para líneas generales de alimentación destinadas a centralizaciones parciales de contadores: 1 por 100.
■ ITC-BT-15 “Derivaciones individuales”.
La caída de tensión máxima admisible será:
□ Para el caso de contadores concentrados en más de un lugar: 0,5 %.
□ Para el caso de contactores totalmente concentrados : 1 %.
□ Para el caso de derivaciones individuales en suministros para un único usuario en que no existe línea general de alimentación: 1,5 %.
■ ITC-BT-19 “Prescripciones generales”.
La caída de tensión entre el origen de la instalación interior y cualquier punto de utilización sea, salvo lo prescrito en las instrucciones particulares, menor del 3 % de la tensión nominal para cualquier circuito interior de viviendas, y para

otras instalaciones interiores o receptoras, del 3 % para alumbrado y del 5 % para los demás usos. Esta caída de tensión se calculará considerando alimentados todos los aparatos de utilización susceptibles de funcionar simultáneamente. El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior y la de las derivaciones individuales, de forma que la caída de tensión total sea inferior a la suma de los valores límites especificados para ambas, según el tipo de esquema utilizado.
Para instalaciones industriales que se alimenten directamente en alta tensión mediante un transformador de distribución propio, se considerará que la instalación interior de baja tensión tiene su origen en la salida del transformador. En este caso las caídas de tensión máximas admisibles serán del 4,5 % para alumbrado y del 6,5 % para los demás usos.
La caída de tensión se entiende en servicio normal y con los aparatos susceptibles de poder trabajar simultáneamente en funcionamiento (ver capítulo B del primer volumen, apartado 4.4 “Potencia de utilización”, pág. B/69, Factor de utilización ku (Fu) y Factor de simultaneidad ks (Fs)).
Si la caída de tensión es superior a los valores prescritos, será necesario incrementar la sección de los conductores, hasta poder llegar a valores inferiores a los límites.



(1) Entre el punto de conexión del abonado en BT y el receptor más alejado.

Fig. H1-3-013: *caída de tensión máxima.*

¡Atención!
La tensión nominal de servicio, que hasta la fecha es de 220/380 V, está en período de modificación para 197 países, entre ellos España, a una normalización de 230/400 V.
Los fabricantes de transformadores fabrican los mismos a 237/410 V en vacío y 220/380 V en carga, y pasarán a 242/420 V en vacío y 230/400 V en carga.
■ Los casos peligrosos se darán cuando:
□ Transformador de carga nuevo con motores viejos: riesgos de tensiones elevadas.
□ Transformador de carga viejo al 100 % de carga y motores nuevos: riesgos de tensiones bajas, dificultades o no arranque.

Cálculo de la caída de tensión en la línea a régimen permanente

Cálculo por medio de fórmulas

El cuadro adjunto expone las fórmulas que permiten calcular las caídas de tensión de un circuito por kilómetro de longitud.

■ Si:
□ I_B = corriente de empleo en (A).
□ L = longitud del cable en km.
□ R = resistencia lineal de un conductor en Ω/km.

$$R_{cu} = \rho\frac{L}{S} = 22{,}5\ \Omega mm^2/km\ \frac{1\ km}{S_{cu}\ mm^2}$$

El valor de la resistividad para el cálculo de la caída de tensión se toma de una forma convencional un 25 % de incremento sobre la resistividad a 20 °C.

$$R_{Al} = \rho\frac{L}{S} = 22{,}5\ \Omega mm^2/km\ \frac{1\ km}{S_{Al}\ mm^2}$$

Nota: el valor de la resistencia, en comparación con la reactancia, es despreciable a partir de secciones de 500 mm^2.

■ X = reactancia lineal de un conductor en Ω/km.

Nota: el valor de la resistencia, en comparación con la reactancia, es despreciable a partir de secciones inferiores de 50 mm^2.

En ausencia de otra indicación podemos tomar X = 0,08 Ω/km.
El cos φ = defasaje de la corriente sobre la tensión en el circuito considerado; generalmente:
■ Alumbrado: cos φ = 1 (0,92).
■ Fuerza motriz:
□ En arranque, cos φ = 0,35.
□ En servicio normal, cos φ = 0,5.
■ U_n = tensión nominal entre fase.
■ U_0 = tensión nominal entre fase y neutro.
En las canalizaciones prefabricadas, los fabricantes indican el valor de R y X.

Circuito	Caída de tensión	
	En voltios	En %
Monofásico, dos fases	$\Delta U = 2 \cdot I_B \cdot L\ (R \cdot \cos\varphi + X \cdot \text{sen}\ \varphi)$	$100 \cdot \Delta U / U_n$
Monofásico, fase y neutro	$\Delta U = 2 \cdot I_B \cdot L\ (R \cdot \cos\varphi + X \cdot \text{sen}\ \varphi)$	$100 \cdot \Delta U / U_0$
Trifásico equilibrado	$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_B \cdot L\ (R \cdot \cos\varphi + X \cdot \text{sen}\ \varphi)$	$100 \cdot \Delta U / U_n$

Tabla H1-3-014: *fórmulas de cálculo de la caída de tensión.*

Cálculo por sistema simplificado por medio de tablas
Muy simple. La tabla H1-3-015 de la página siguiente da unos coeficientes, con una buena aproximación, para calcular la caída de tensión, en función de la intensidad en A, por km, para cada sección de conductor.
■ El tabulado presenta unas alternativas en función de la utilización:
□ Para fuerza motriz con un cos φ = 0,8, este coeficiente también es aplicable, prácticamente, para el alumbrado fluorescente semicompensado cos φ = 0,85.
□ Para alumbrado con un cos φ próximo a 1.
□ Para el arranque de motores cos φ = 0,35.
Todos ellos para líneas monofásicas o trifásicas: $\Delta U\ (V) = K \cdot I_B \cdot L$.
K = coeficiente dado en la tabla.
I_B = corriente de empleo en (A).
L = longitud de cable en km.
La columna “fuerza motriz cos φ = 0,35” de la tabla H1-3-015, permite realizar el cálculo de la caída de tensión en el momento del arranque de un motor.

Ejemplos:

■ **Ejemplo 1.º:**

□ Un cable trifásico de Cu.

□ Sección de S = 35 mm².

□ Longitud L = 50 m.

□ Tensión, U_n = 400 V.

□ Consumo:

■ En régimen permanente:

I_n = 100 A, cos φ = 0,8 A.

■ En régimen transitorio (arranque):

5 I_n = 500 A, cos φ = 0,35.

La caída de tensión al origen de la línea, en régimen normal, es de 10 V entre fases (para un consumo total del cuadro de 1.000 A).

■ ¿Cuál es la caída de tensión en los bornes del motor?:

□ En servicio normal.

□ En período transitorio (arranque).

Sección en mm²		Circuito monofásico			Circuito trifásico		
		Fuerza motriz		Alumbrado	Fuerza motriz		Alumbrado
Cu	Al	Servicio normal cos φ = 0,8	Arranque cos φ = 0,35	cos φ = 1	Servicio normal cos φ = 0,8	Arranque cos φ = 0,35	cos φ = 1
1,5		24	10,6	30	20	9,4	25
2,5		14,4	6,4	18	12	5,7	15
4		9,1	4,1	11,2	8	3,6	9,5
6	10	6,1	2,9	7,5	5,3	2,5	6,2
10	16	3,7	1,7	4,5	3,2	1,5	3,6
16	25	2,36	1,15	2,8	2,05	1	2,4
25	35	1,5	0,75	1,8	1,3	0,65	1,5
35	50	1,15	0,6	1,29	1	0,52	1,1
50	70	0,86	0,47	0,95	0,75	0,41	0,77
70	120	0,64	0,37	0,64	0,56	0,32	0,55
95	150	0,48	0,3	0,47	0,42	0,26	0,4
120	185	0,39	0,26	0,37	0,34	0,23	0,31
150	240	0, 33	0,24	0,30	0,29	0,21	0,27
185	300	0,29	0,22	0,24	0,25	0,19	0,2
240	400	0,24	0,2	0,19	0,21	0,17	0,16
300,0	500	0,21	0,19	0,15	0,18	0,16	0,13

Tabla H1-3-015: *tabla de las caídas de tensión ΔU en (V)/amperios/km en un circuito.*

■ Caída de tensión en régimen normal:

La tabla H1-3-015 indica que, para una sección de 35 mm² en alimentación trifásica, la caída de tensión es de 1 voltio/amperio/km, por tanto:

$$\Delta U_{(V)} = K \cdot I_B \cdot L = 1 \cdot 100\ A \cdot 0{,}05\ km = 5\ V$$

$$\Delta U_{total} = 10\ V + 5\ V = 15\ V$$

$$\Delta U_{\%} = 100\ \frac{\Delta U}{U_n} = 100\ \frac{15\ V}{400\ V} = 3{,}75\ \%$$

Valor máximo de la norma 6,5 %.

■ Caída de tensión al arranque.

En el cable: $\Delta U = K \cdot I_B \cdot L = 0{,}52 \cdot 500\ A \cdot 0{,}05\ km = 13\ V$

La caída de tensión aguas arriba será superior a los 10 V, en régimen normal, y proporcional al incremento de intensidad en el arranque. Si consideramos que la intensidad en el momento del arranque será de:

$$I_{(arranque)} = 900\ A + 500\ A = 1.400\ A$$

La caída de tensión al nivel del cuadro valdrá:

$$\Delta U_{(cuadro)} = 10\ V\ \frac{1.400\ V}{1.000\ V} = 14\ V$$

$$\Delta U_{total} = 14\ V + 13\ V = 27\ V$$

$$\Delta U_{\%} = 100\ \frac{\Delta U}{U_n} = 100\ \frac{27\ V}{400\ V} = 6{,}75\ \%$$

A pesar de todo, la caída de tensión es aceptable en el arranque del motor.

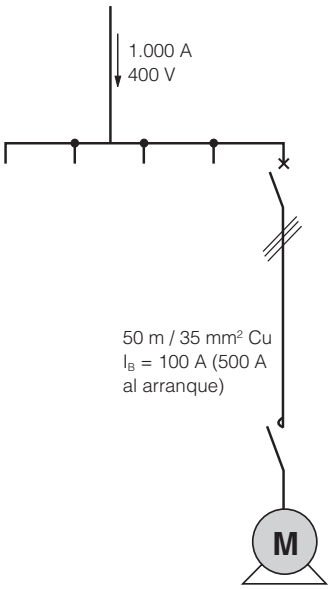


Fig. H1-3-016: *ejemplo 1.º*.

■ **Ejemplo 2.º:**
□ Un cable trifásico + N de Cu.
□ Sección de S = 70 mm².
□ Longitud L = 50 m.
□ Tensión Un = 400 V.
■ Circuito para la alimentación de las lámparas de descarga compensadas:
□ En régimen permanente: In = 150 A.
■ Alimenta tres circuitos más, formados cada uno por:
□ Un cable trifásico + N de Cu.
□ Sección de S = 2,5 mm².
□ Longitud L = 20 m.
□ Tensión Un = 400 V.
□ Consumo:
□ En régimen permanente: In = 20 A.
Las puntas de arranque de las lámparas de descarga compensadas pueden estar entre 15 y 20 veces el valor nominal, debido a la carga del condensador.

□ ¿Cuál es la caída de tensión al extremo de las líneas de alumbrado?:
■ Caída de tensión en régimen normal del conductor de 70 mm^2:

$$\Delta U_{\%} = 100 \frac{\Delta U}{U_n}$$

La tabla H1-3-015, pág. H1/85, indica que, para una sección de 70 mm^2 en alimentación trifásica compensada totalmente, cos φ = 1, la caída de tensión es de 0,55 voltio/amperio/km, por tanto:
□ Entre fases:

$$\Delta U_{(\text{cable } 3+n)} = K \cdot I_B \cdot L = 0{,}55 \cdot 150 \cdot 0{,}05 = 4{,}125 \text{ V}$$

□ Entre fase y neutro:

$$\Delta U_{(f-n)} = \frac{\Delta U}{\sqrt{3}} = \frac{4{,}125 \text{ V}}{\sqrt{3}} = 2{,}38 \text{ V}$$

■ Caída de tensión, en régimen normal, del conductor monofásico de alimentación de las lámparas:

$$\Delta U_{\%} = 100 \frac{\Delta U}{U_n}$$

La tabla H1-3-015, pág. H1/85, indica que, para una sección de 2,5 mm^2 en alimentación monofásica compensada totalmente, cos φ = 1, la caída de tensión es de 18 voltio/amperio/km, por tanto:

$$\Delta U_{(\text{cable } 1+n)} = K \cdot I_B \cdot L = 18 \cdot 20 \cdot 0{,}02 = 7{,}2 \text{ V}$$

$$\Delta U_{\text{total}} = 7{,}2 \text{ V} + 2{,}38 \text{ V} = 9{,}58 \text{ V}$$

$$\Delta U_{\%} = 100 \frac{\Delta U}{U_n} = 100 \frac{9{,}6 \text{ V}}{230 \text{ V}} = 4{,}2 \%$$

□ Valor inferior al máximo de la norma 6,5 %.
□ ¿Cuál es la caída de tensión, al extremo de las líneas de alumbrado, en el arranque de las lámparas?
El incremento en el arranque, 20 % de 20 A, equivale a 4 A:
Para el cable trifásico, pasar de 150 A a 154 A no es considerable.
Para el cable de alimentación de las lámparas, pasar de 20 A a 24 A representa:

$$\Delta U_{(\text{cable } 1+n)} = K \cdot I_B \cdot L = 18 \cdot 24 \cdot 0{,}02 = 8{,}64 \text{ V}$$

$$\Delta U_{\text{total}} = 8{,}64 \text{ V} + 2{,}4 \text{ V} = 11{,}04 \text{ V}$$

$$\Delta U_{\%} = 100 \frac{\Delta U}{U_n} = 100 \frac{11{,}04 \text{ V}}{230 \text{ V}} = 4{,}42 \%$$

Valor inferior al máximo de la norma 6,5 %.

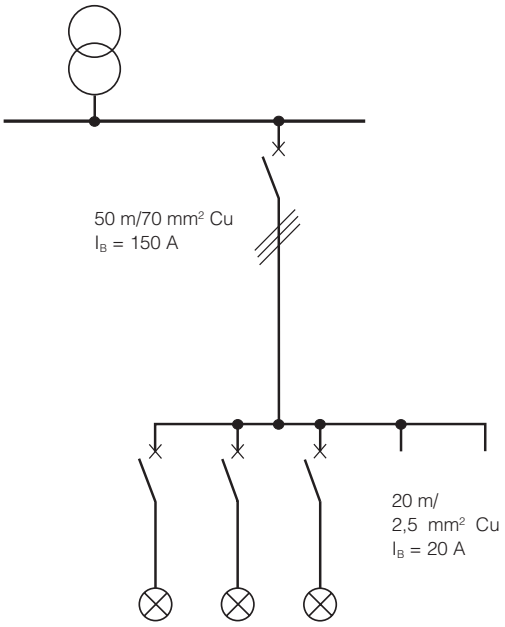


Fig. H1-3-017: *ejemplo 2.º*.

3.2.3. Determinación de la sección en función de la corriente de cortocircuito

El conocimiento de las intensidades de cortocircuito (Icc), en los diferentes puntos vitales de una instalación, es indispensable para la concepción de una red.

El conocimiento de las intensidades de cortocircuito (Icc), en los diferentes puntos vitales de una instalación, es indispensable para la concepción de la red (poder de corte de la aparamenta, capacidad térmica de las conducciones, capacidad electrodinámica, selectividad, filiación, etc.).
El cortocircuito trifásico, en una instalación alimentada por un transformador I, será esencialmente examinado como referente: corresponde, por regla general, al valor más elevado de intensidad de cortocircuito (cortocircuito franco entre tres fases).
Los cálculos de las corrientes de cortocircuito, en una red alimentada por un alternador o en corriente continua, son examinados en el capítulo K, apartados 1 y 4.
Las reglas prácticas y cálculos simplificados, expuestos a continuación, son una aproximación suficiente para el cálculo de las corrientes de cortocircuito Icc, en la mayoría de los casos.

Corrientes de cortocircuito trifásico en los bornes secundarios de un transformador de MT/BT

Caso de un solo transformador

En primera aproximación (podemos suponer que la potencia de la red aguas arriba es infinita), podemos considerar:

$$Icc = \frac{In}{Ucc} = \frac{\frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_{20}}}{Ucc}$$

Tensión de cortocircuito de los transformadores normalizados en Ucc en %		
Potencia en (kVA)	Tensión del secundario en vacío U_{20} en (V)	
	410 V	237 V
de 50 a 630	4,0%	4,0%
800	4,5%	5,0%
1.000	5,0%	5,5%
1.250	5,5%	6,0%
1.600	6,0%	6,5%
2.000	6,5%	7,0%
2.500	7,0%	7,5%
3.150	7,0%	7,5%

Tabla H1-3-018: *tabla de los valores de la tensión de cortocircuito (en %), de los transformadores de MT/BT estandarizados.*

Corrientes de cortocircuito a bornes de BT de un transformador normalizado conectado a redes con una potencia de cortocircuito de 500 MVA										
Potencia del transformador en kVA										
	16	25	40	50	63	80	100	160	250	315
Tensión en vacío U_{20} = 237 V										
In (A)	39	61	97	122	153	195	244	390	609	767
Icc (A)	973	1.521	2.431	3.038	3.825	4.853	6.060	9.667	15.038	18.887
Tensión en vacío U_{20} = 410 V										
In (A)	23	35	56	70	89	113	141	225	352	444
Icc (A)	563	879	1.405	1.756	2.210	2.805	3.503	5.588	8.692	10.917
Potencia del transformador en kVA										
	400	500	630	800	1.000	1.250	1.600	2.000	2.500	3.150
Tensión en vacío U_{20} = 237 V										
In (A)	974	1.218	1.535	1.949	2.436	3.045	3.899	4.872	6.090	7.673
Icc (A)	23.883	29.708	37.197	41.821	42.738	46.721	57.151	65.840	76.127	94.337
Tensión en vacío U_{20} = 410 V										
In (A)	563	704	887	1.127	1.408	1.760	2.253	2.816	3.520	4.435
Icc (A)	13.806	17.173	21.501	24.175	27.080	30.612	35.650	40.817	46.949	58.136

Tabla H1-3-019: *tabla de la Icc trifásica a los bornes de un transformador MT/BT alimentado por una red de 500 MVA.*

P = potencia del transformador en (kVA).
U_{20} = tensión en vacío del transformador en (V).
In = intensidad nominal en (A).
Icc = intensidad de cortocircuito en (A).
Ucc = tensión de cortocircuito en (%).
Esta fórmula no tiene en cuenta la impedancia de la red aguas arriba del transformador. Para los transformadores de distribución, la Ucc se da en la tabla adjunta (H1-3-018).

Ejemplo
Transformador de:
Potencia = 400 kVA.
Tensión (BT) = 410 V.
Tensión de cortocircuito = 4 %.

$$Icc = \frac{In}{Ucc} = \frac{\frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_{20}}}{Ucc} = \frac{\frac{400\ kVA}{\sqrt{3} \cdot 410\ V}}{\frac{4}{100}} = 14\ kA$$

En la práctica, la corriente de cortocircuito es ligeramente inferior al valor calculado, según el método precedente. En efecto, la potencia de la red aguas arriba del transformador no es nunca infinita. Las compañías eléctricas españolas de distribución de energía suelen trabajar con unas potencias de 300 o 500 MVA en cortocircuito.
La tabla H1-3-019, pág. H1/89, da las corrientes de cortocircuito Icc a bornes de un transformador de MT/BT, teniendo en cuenta la impedancia de la red de aguas arriba, con una potencia de cortocircuito de 500 MVA, la diferencia real con redes de potencia de cortocircuito de 300 MVA es despreciable para nuestra utilización.

Caso de varios transformadores conectados en paralelo

La intensidad de cortocircuito resultante (en el juego de barras del acoplamiento) puede estimarse como la suma de las Icc en los bornes de BT de los transformadores, conectados en paralelo. Este es el caso más desfavorable, no tiene en cuenta ni la impedancia del juego de barras ni las impedancias de los dispositivos de protección y corte.
La elección de los dispositivos de protección contra los cortocircuitos la desarrollamos en el apartado 4.4 de este capítulo, pág. H1/179.

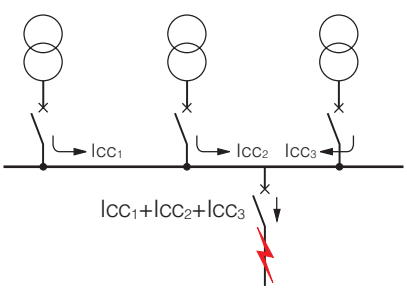


Fig. H1-3-020: *esquema en cortocircuito con transformadores en paralelo.*

Corriente de cortocircuito trifásica en cada punto de la instalación BT

En una instalación trifásica, la Icc trifásica en un punto de la red se da por la fórmula:

$$Icc_{(tri)} = \frac{U_{20}}{\sqrt{3} \cdot Z_T}\ (en\ A)$$

U_{20} = tensión entre fases, en vacío, en los bornes del transformador de MT/BT (V).
Z_T = impedancia total por fase de la red aguas arriba del defecto (Ω).

Método de cálculo de Z_T

Cada red (red de MT transformador, cable, interruptor automático, barras, etc.) se caracteriza por una impedancia Z, compuesta por un elemento resistente (R) y por un elemento inductivo (X), llamado reactancia (ver fig. H1-3-021). La impedancia, la resistencia y la reactancia se expresan en ohmios.
El método consiste en la descomposición en partes de la red, calculando para cada uno la resistencia, la reactancia y la impedancia, efectuando la adición aritmética hasta cada punto a considerar:

$$R_T = \sum R$$
$$X_T = \sum X$$

Conociendo R_T y X_T, podemos conocer Z_T:

$$Z_T = \sqrt{R_T^2 + X_T^2}$$

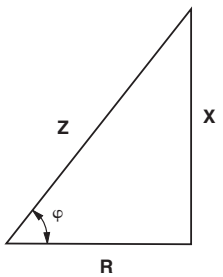


Fig. H1-3-021: *triángulo de impedancias.*

Determinación de las impedancias de una red

Red aguas arriba:

■ La potencia de cortocircuito aguas arriba de una red MT (Pcc) es determinada por el distribuidor de energía. La impedancia de la red aguas arriba influye en el secundario del transformador de MT/BT:

$$Za = \frac{U_0^2}{Pcc}$$

■ La resistencia Ra, de la red de MT, puede ser considerada como despreciable y tener solo en consideración la reactancia Xa. Por tanto, la impedancia y la reactancia las podemos considerar del mismo valor.

■ Si el cálculo exacto es necesario, podemos considerar una mayor aproximación tomando:

$$\frac{Ra}{Xa} = 0{,}15$$

■ La tabla adjunta da los valores de Ra y de Xa para las potencias de cortocircuito de 250 y 500 MVA.

Transformadores:

■ La impedancia Z_{TR} de un transformador, en los bornes del secundario, es función de la tensión de cortocircuito:

$$Z_{TR} = \frac{U_{20}^2}{P} \cdot Ucc$$

U_{20} = tensión entre fases, en vacío del secundario.
P = potencia del transformador.
Ucc = tensión de cortocircuito en %.

Valores de las componentes de la impedancia en redes de MT, en función de la potencia de cortocircuito en MVA			
Potencia (MVA)	Tensión en vacío (V)	Resistencia (mΩ)	Reactancia (mΩ)
250	237	0,033	0,222
	410	0,1	0,7
500	237	0,017	0,111
	410	0,05	0,35

Tabla H1-3-022: *tabla de los valores de las componentes de la impedancia de las redes de MT en función de la Pcc.*

■ La resistencia se calcula en función de las pérdidas en el cobre Pcu, de un transformador:

$$P_{cu} = 3\,R_{TR} \cdot I_n^2 \qquad R_{TR} = \frac{P_{cu}}{3\,I_n^2}$$

■ La reactancia es deducida del valor de la impedancia y la resistencia, según:

$$X_{TR} = \sqrt{Z_{TR}^2 - R_{TR}^2}$$

■ Para realizar cálculos rápidos, con una aceptable aproximación, podemos considerar la reactancia del mismo valor que la resistencia.

Interruptores automáticos
La impedancia de un interruptor automático no es necesario tomarla en consideración, excepto para los interruptores automáticos aguas arriba que, por repulsión, abren el circuito, añadiendo impedancias en serie en el momento de un cortocircuito. Podemos considerar una reactancia de 0,15 mΩ y una resistencia despreciable.
Debemos tener en consideración el valor de la corriente, a partir de la cual los contactos de un interruptor automático actúan por repulsión. Si su valor de actuación es superior al valor de la corriente de cortocircuito considerada, no debemos considerar ningún valor de impedancia.

Juego de barras
La resistencia de un juego de barras es, generalmente, despreciable, puesto que sus secciones son sobredimensionadas y sus longitudes muy reducidas. Por tanto, la impedancia de un juego de barras es, esencialmente, inductiva. Podemos considerar un valor de 0,15 mΩ/m.
En caso de juegos de barras con longitudes considerables, consultar los valores de las canalizaciones eléctricas similares.

Conducciones
■ De conductores:
□ La resistencia de un conductor se calcula con la expresión:

$$Rc = \rho \cdot \frac{L}{S}$$

□ ρ = resistividad de los conductores a la temperatura de trabajo, considerando:
Para el Cu, ρ_{Cu} = 22,5 mΩ/mm²/m.
Para el Al, ρ_{Al} = 36 mΩ/mm²/m.
– L = longitud en (m) del conductor.
– S = sección del conductor en (mm²).
□ La reactancia de los cables puede ser dada con precisión por los fabricantes. En términos generales, podemos considerar:
– S ⩽ 50 mm², despreciable.
– S > 50 mm², X = 0,08 mΩ/m.

Impedancia de los transformadores normalizados								
Tensión	U_{20} = 237 V				U_{20} = 410 V			
Potencia (kVA)	U_{cc} (%)	R_{TR} (mΩ)	X_{TR} (mΩ)	Z_{TR} (mΩ)	U_{cc} (%)	R_{TR} (mΩ)	X_{TR} (mΩ)	Z_{TR} (mΩ)
100	4	11,790	19,13	22,47	4	35,300	57,23	67,240
160	4	5,150	13,06	14,04	4	15,630	39,02	42,030
250	4	2,920	8,50	8,99	4	8,930	25,37	26,900
315	4	2,210	6,78	7,13	4	6,810	20,22	21,340
400	4	1,614	5,38	5,62	4	5,030	16,04	16,810
500	4	1,235	4,32	4,49	4	3,900	12,87	13,450
630	4	0,920	3,45	3,57	4	2,950	10,25	10,670
800	4,5	0,895	3,03	3,16	4,5	2,880	9,00	9,450
1.000	5,5	0,680	3,01	3,09	5	2,240	8,10	8,405
1.250					5,5	1,813	7,16	7,390
1.600					6	1,389	6,14	6,300
2.000					6,5	1,124	5,34	5,460

Tabla H1-3-023: *tabla de la impedancia, resistencia y reactancia de los transformadores normalizados.*

■ Canalizaciones prefabricadas:
□ La resistencia.
Igual a los conductores.
□ La reactancia.
Cada constructor debe definir en su catálogo las características de la canalización pero, para una aproximación, podemos considerar una interpolación entre:
– Canalización para 4.700 A, X = 0,011 mΩ/m.
– Canalización para 1.250 A, X = 0,063 mΩ/m.

Los motores
En el momento de un cortocircuito, un motor se comporta como un generador, aportando la energía que crea a la red e incrementando la potencia de cortocircuito propia de la alimentación. Generalmente, los motores instalados en BT son de poca potencia y su actuación como generadores es muy débil. En los casos de centros de control de motores, o concentraciones de gran cantidad de motores, sobre una misma línea, podemos tener en consideración la energía aportada de la siguiente forma:

$$Icc_{(motor)} = 3,5\ In\ (m)$$

donde In (m) = suma de las intensidades nominales de los motores susceptibles de funcionar en aquel momento del cortocircuito (motores que actúan simultáneamente).

Debemos sumar la intensidad de cortocircuito, considerada de los motores, a la intensidad de cortocircuito propia de la alimentación.

Resistencia del arco de defecto

En un circuito, un arco puede tomar en su formación un valor resistivo, actuando como una resistencia limitadora de la corriente.

El valor de esta resistencia es difícil de determinar *a priori*, en función de la variedad de los arcos posibles. Pero podemos dar un valor medio fundamentado en la experiencia, del orden del 20 % de la corriente de cortocircuito de cálculo. Este valor sólo se puede tener en consideración para el valor de corte de los interruptores automáticos, pero jamás para el poder de conexión.

Tabla resumen de las impedancias de un circuito en cortocircuito

Elementos considerados	Resistencia R	Reactancia X
Red de MT tabla H1-3-022 pág. H1/92	$\frac{Ra}{Xa} = 0,15$ R puede ser despreciable con respecto a X	$Xa = Za = \frac{U_{20}^2}{Pcc}$
Transformador tabla H1-3-023 pág. H1/93	$R_{TR} = \frac{P_{CU}}{3I_n^2}$ R_{TR} puede ser despreciable con respecto a X_{TR}, para transformadores de P > 100 kVA	$X_{TR} = \sqrt{Z_{TR}^2 - R_{TR}^2}$ $Z_{TR} = \frac{U_{20}^2}{P} . Ucc$
Interruptor automático	Normalmente despreciable	$X_{int} = 0,15\ m\Omega / m$
Juego de barras	R puede ser despreciable con respecto a X, para secciones, S > 200 mm² $Rc = \rho \cdot \frac{L}{S}$ (1)	$X_B = 0,15\ m\Omega / m$
Canalizaciones (2)	$Rc = \rho \cdot \frac{L}{S}$ (1)	$X_C = 0,08\ m\Omega / m$
Motores	Normalmente despreciable	
Corriente de cortocircuito trifásica	$Icc_{(tri)} = \frac{U_{20}}{\sqrt{3} \cdot Z_T}$	

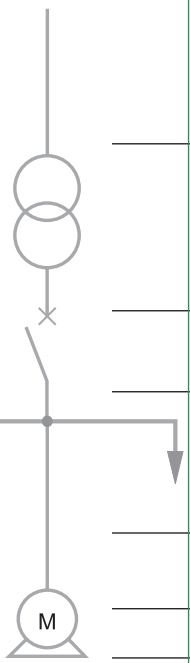


Tabla H1-3-024: *tabla resumen de las diferentes impedancias de una red de BT.*

Leyenda:

U_{20} = tensión entre fases en vacío en el secundario del transformador de MT/BT, en (V).

Pcc = potencia de cortocircuito de la red de MT, aguas arriba en (VA) (dato a facilitar por la empresa suministradora de energía).

Pcu = pérdidas en el cobre del transformador de MT/BT, en (VA).

(1) ρ = resistividad a la temperatura normal de los conductores.

(2) Si hay varios conductores por fase, dividir la resistencia de un conductor por el número de conductores.

La reactancia no es prácticamente modificada.

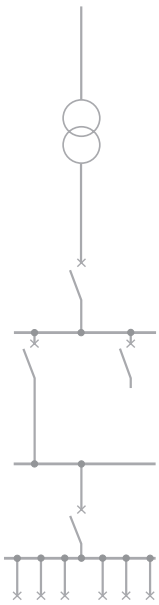
Ejemplo de cálculo de las corrientes de cortocircuito de una instalación de MT/BT de 1.000 kVA a 400 V						
		R_T (mΩ)	X_T (mΩ)	R_T (mΩ)	X_T (mΩ)	$Icc = \frac{410\ V}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_T^2 + X_T^2}}$ (kA)
	Red aguas arriba Pcc = 500 MVA	0,050	0,032			
	Transformador 20 kV/410 V Pn = 1.000 kVA Ucc = 5%	2,24	8,10			
	Cable unipolar L = 5 m S = 4.240 mm² Cu	$R_c = 22,5\frac{5}{4 \cdot 240} = 0,12$	$X_c = 0,08.5 = 0,40$	2,41	8,83	$I_{cc1} = 26$
	Interruptor automático general	$R_{int} = 0$	$X_D = 0,15$			
	Juego de barras L = 10 m	$R_B = 0$	$X_B = 1,5$	2,41	10,48	$I_{cc2} = 22$
	Cable tripolar L = 100 m S = 95 mm² Cu	$R_c = 22,5\frac{100}{95} = 23,68$	$X_C = 100 \cdot 0,08 = 8$	26,09	18,48	$I_{cc3} = 7,40$
	Cable tripolar L = 20 m S = 10 mm² Cu Circuitos terminales	$R_c = 22,5\frac{20}{10} = 45$	$X_C = 20 \cdot 0,08 = 1,6$	71,09	20,08	$I_{cc4} = 3,20$

Tabla H1-3-025: *ejemplo de cálculo de las corrientes de cortocircuito de una instalación MT/BT de 1.000 kVA/400 V.*

Cálculo de la corriente de cortocircuito de forma simplificada, aguas abajo de una conducción, en función de la sección de la conducción y la corriente de cortocircuito aguas arriba

■ Los valores de la tabla han sido establecidos según el método de composición (descrito en el apartado 5.2 del capítulo G, pág. G/140).
■ La tabla facilita una valoración rápida, conociendo:
□ La intensidad de cortocircuito aguas arriba.
□ La longitud y sección de la conducción aguas abajo.
■ Permite el dimensionado del poder de corte y de conexión de los interruptores automáticos.
■ Si deseamos efectuar un cálculo más preciso, podemos utilizar el programa de cálculo **ECOdial 3** o las indicaciones del apartado anterior (4.2).
■ Las técnicas de filiación permiten colocar un interruptor automático, de inferior poder de corte, en función del interruptor automático situado aguas arriba (ver el apartado 3 del capítulo H2, pág. H2/41, o el catálogo de BT de Merlin Gerin. “Coordinación entre los interruptores automáticos”).

Tabla simplificada del cálculo de la corriente de cortocircuito en un punto en función de la corriente de cortocircuito aguas arriba y de la conducción hasta él							
Sección de los conductores de Cu de fase en mm² para una tensión de 230/400 V							
	Longitud de la conducción						
1,5							
2,5							
4							
6							
10							
16							
25							1
35							1,5
50							2
70						1,5	3
95				0,9	1	2	4
120		0,9	1	1,1	1,3	2,5	5
150	0,8	1	1,1	1,2	1,4	2,7	5,5
185	1	1,1	1,3	1,5	1,6	3	6,5
240	1,2	1,4	1,6	1,8	2	4	8
300	1,5	1,7	1,9	2,2	2,4	5	9,5
2 . 120	1,5	1,8	2	2,3	2,5	5,1	10
2 . 150	1,7	1,9	2,2	2,5	2,8	5,5	11
2 . 185	2	2,3	2,8	2,9	3,5	6,5	13
3 . 120	2,3	2,7	3	3,5	4	7,5	15
3 . 150	2,5	2,9	3,5	3,5	4	8	16
3 . 185	2,9	3,5	4	4,5	5	9,5	20
Intensidad de cortocircuito aguas arriba Icc en kA							
	Icc aguas abajo (kA)						
100	94	94	93	92	91	83	71
90	85	85	84	83	83	76	66
80	76	76	75	75	74	69	61
70	67	67	66	66	65	61	55
60	58	58	57	57	57	54	48
50	49	48	48	48	48	46	42
40	39	39	39	39	39	37	35
35	34	34	34	34	34	33	31
30	30	29	29	29	29	28	27
25	25	25	25	24	24	24	23
20	20	20	20	20	20	19	19
15	15	15	15	15	15	15	14
10	10	10	10	10	10	10	9,5
7	7	7	7	7	7	7	7
5	5	5	5	5	5	5	5
4	4	4	4	4	4	4	4
3	3	3	3	3	3	3	3
2	2	2	2	2	2	2	2
1	1	1	1	1	1	1	1
Sección de los conductores de Al de fase en mm² para una tensión de 230/400 V							
	Longitud de la conducción						
2,5							
4							
6							
10							
16							
25							
35							0,9
50							1,3
70						0,9	1,8
95						1,3	2,5
120					0,8	1,7	3
150					0,9	1,7	3,5
185				0,9	1	2	4
240		0,9	1	1,1	1,3	2,5	5
300	0,9	1	1,2	1,4	1,5	3	6
2 . 120	0,9	1,1	1,3	1,4	1,6	3	6,5
2 . 150	1	1,2	1,4	1,5	1,7	3,5	7
2 . 185	1,2	1,4	1,6	1,8	2	4,1	8
2 . 240	1,5	1,8	2	2,3	2,5	5	10
3 . 120	1,4	1,7	1,9	2,1	2,4	4,5	9,5
3 . 150	1,5	1,8	2,1	2,3	2,6	5	10
3 . 185	1,8	2,1	2,4	2,7	3	6	12
3 . 240	2,3	2,7	3	3,5	4	7,5	15

Tabla H1-3-026: *tabla para la evaluación de la Icc en un punto determinado, en función de la Icc aguas arriba y las características de la conducción.*

(Continuación)

Longitud de la conducción																
						0,8	1	1,3	1,6	3	6,5	8	9,5	13	16	32
					1	1,3	1,6	2,1	2,6	5	10	13	16	21	26	50
				0,8	1,7	2,1	2,5	3,5	4	8,5	17	21	25	34	42	85
				1,3	2,5	3	4	5	6,5	13	25	32	38	50	65	130
		0,8	1,1	2,1	4	5,5	6,5	8,5	11	21	42	55	65	85	110	210
0,9	1	1,4	1,7	3,5	7	8,5	10	14	17	34	70	85	100	140	170	340
1,3	1,6	2,1	2,6	5	10	13	16	21	26	50	100	130	160	210	260	
1,9	2,2	3	3,5	7	15	19	22	30	37	75	150	190	220	300	370	
2,7	3	4	5,5	11	21	27	32	40	55	110	210	270	320			
3,5	4,5	6	7,5	15	30	37	44	60	75	150	300	370				
5	6	8	10	20	40	50	60	80	100	200	400					
6,5	7,5	10	13	25	50	65	75	100	130	250						
7	8	11	14	27	55	70	80	110	140	270						
8	9,5	13	16	32	65	80	95	130	160	320						
10	12	16	20	40	80	100	120	160	200	400						
12	15	19	24	49	95	120	150	190	240							
13	15	20	25	50	100	130	150	200	250							
14	17	22	28	55	110	140	170	220	280							
16	20	26	33	65	130	160	200	260	330							
19	23	30	38	75	150	190	230	300	380							
21	25	33	41	80	160	210	250	330	410							
24	29	39	49	95	190	240	290	390								

Icc aguas abajo (kA)																
67	63	56	50	33	20	17	14	11	9	5	2,4	2	1,6	1,2	1	0,5
62	58	52	47	32	20	16	14	11	9	4,5	2,4	2	1,6	1,2	1	0,5
57	54	49	44	31	19	16	14	11	9	4,5	2,4	2	1,6	1,2	1	0,5
52	49	45	41	29	18	16	14	11	9	4,5	2,4	1,9	1,6	1,2	1	0,5
46	44	41	38	27	18	15	13	10	8,5	4,5	2,4	1,9	1,6	1,2	1	0,5
40	39	36	33	25	17	14	13	10	8,5	4,5	2,4	1,9	1,6	1,2	1	0,5
33	32	30	29	22	15	13	12	9,5	8	4,5	2,4	1,9	1,6	1,2	1	0,5
30	29	27	26	21	15	13	11	9	8	4,5	2,3	1,9	1,6	1,2	1	0,5
26	25	24	23	19	14	12	11	9	7,5	4,5	2,3	1,9	1,6	1,2	1	0,5
22	22	21	20	17	13	11	10	8,5	7	4	2,3	1,9	1,6	1,2	1	0,5
18	18	17	17	14	11	10	9	7,5	6,5	4	2,2	1,8	1,5	1,2	1	0,5
14	14	13	13	12	9,5	8,5	8	7	6	4	2,1	1,8	1,5	1,2	0,9	0,5
9,5	9,5	9,5	9	8,5	7	6,5	6,5	5,5	5	3,5	2	1,7	1,4	1,1	0,9	0,5
7	6,5	6,5	6,5	6	5,5	5	5	4,5	4	2,9	1,8	1,6	1,3	1,1	0,9	0,5
5	5	5	5	4,5	4	4	4	3,5	3,5	2,5	1,7	1,4	1,3	1,1	0,8	0,5
4	4	4	4	3,5	3,5	3,5	3	3	2,9	2,2	1,5	1,3	1,2	1,1	0,8	0,4
3	3	3	3	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3	1,9	1,4	1,2	1,1	0,9	0,8	0,4
2	2,9	2,9	2,9	1,9	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7	1,4	1,1	1	0,9	0,8	0,7	0,4
1	1	1	1	1	1	1	0,9	0,9	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,3

Longitud de la conducción																
						0,8	1	1,3	1,6	3	6,5	8	9,5	13	16	32
					1	1,3	1,6	2,1	2,6	5	10	13	16	21	26	50
				0,8	1,6	2	2,4	3	4	8	16	20	24	32	40	80
				1,3	2,6	3,5	4	5,5	6,5	13	26	33	40	55	65	130
		0,8	1,1	2,1	4	5,5	6,5	8,5	11	21	42	55	65	85	105	210
0,8	1	1,3	1,7	3,5	6,5	8,5	10	13	17	33	65	85	100	130	165	330
1,2	1,4	1,8	2,3	4,5	9	12	14	18	23	46	90	120	140	180	230	
1,7	2	2,6	3,5	6,5	13	17	20	26	33	65	130	170	200	260	330	
2,3	2,8	3,5	4,5	9	18	23	28	37	46	90	180	230	280	370		
3	4	5	6,5	13	25	32	38	50	65	130	250	310	380			
4	4,5	6,5	8	17	32	40	47	65	80	160	320	400				
4,5	5	7	8,5	17	34	43	50	70	85	170	340					
5	6	8	10	20	40	50	60	80	100	240	400					
6,5	7,5	10	13	25	50	65	75	100	130	250						
7,5	9	12	15	30	60	75	90	120	150	300						
8	9,5	13	16	32	65	80	95	130	160	320						
9	10	14	17	35	70	85	100	140	170							
10	12	16	20	41	80	100	120	160	200							
13	15	20	25	50	100	130	150	200	250							
12	14	19	24	48	95	120	140	190	240							
13	15	21	26	50	100	130	150	210	260							
15	18	24	30	60	120	150	180	240	300							
19	23	30	38	75	150	190	230	300	380							

Nota: para una tensión trifásica de U = 230 V, dividir la longitud por $\sqrt{3}$ = 1,732.

Ejemplo

Sea una red, según el esquema de la fig. H1-3-027.

Sobre la tabla, con la indicación de los conductores de cobre de la sección indicada en el esquema, trazar una línea hasta la intersección de la columna indicadora de la longitud más próxima al valor real. La intersección de esta columna con la línea del valor de la corriente de cortocircuito por exceso de su valor aguas arriba, indica el valor de la corriente de cortocircuito en el punto considerado, Icc = 19 kA.

Podemos instalar un interruptor automático Multi 9 NC100LH calibre 63 A (PdC 50 kA), para la salida de In = 55 A y un Compact NS160N, calibre 160 (PdC 25 kA) para la salida de In = 160 A.

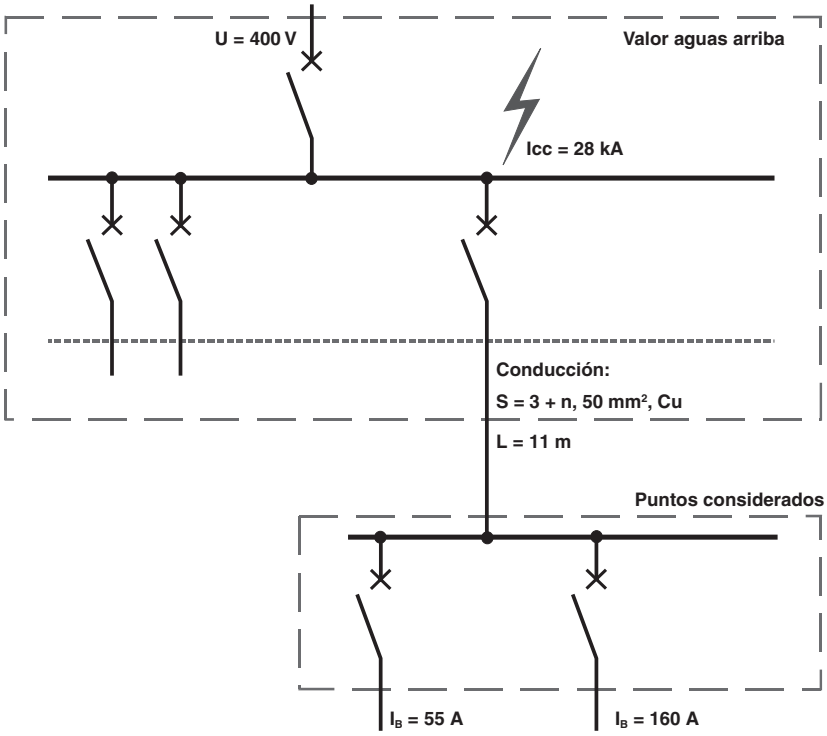


Fig. H1-3-027: *determinación de la Icc aguas abajo.*

Casos particulares en que es necesario realizar el cálculo de la intensidad de cortocircuito mínima

Si el dispositivo de protección de la conducción no asegura totalmente la protección contra los cortocircuitos, como mínimo se debe asegurar que, para la mínima corriente de cortocircuito posible, actúe.

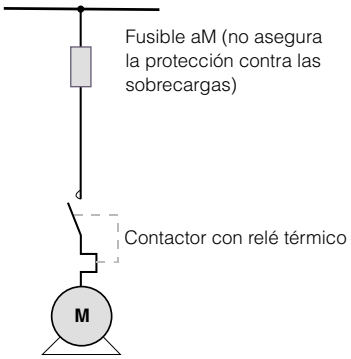


Fig. H1-3-028: *circuito protegido por fusible.*

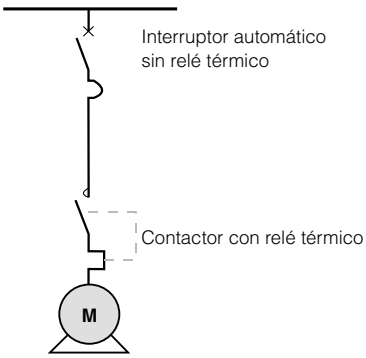


Fig. H1-3-029: *circuito protegido por interruptor automático, sólo magnético (Compact tipo MA).*

En el caso general en que un solo aparato asegure la protección de una canalización para cualquier intensidad, comprendida entre su intensidad de desconexión hasta el valor de su intensidad de cortocircuito, deberemos realizar alguna comprobación suplementaria.
Actualmente, se está consolidando la teoría de separar con dos aparatos de protección las protecciones contra las sobrecargas de las protecciones contra los cortocircuitos.

Ejemplos de tales configuraciones

Las figuras H1-3-028 y 029 exponen ciertas configuraciones donde las funciones de protección contra las sobrecargas y las protecciones contra los cortocircuitos están aseguradas con dos aparatos diferentes.
Es habitual para el caso de los motores, figuras H1-3-028 y 029, y en la protección general de canalizaciones prefabricadas con simple seccionamiento de las derivaciones, fig. H1-3-030.

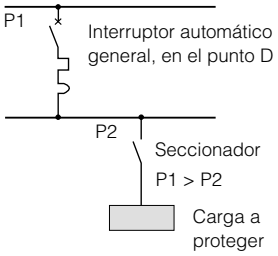


Fig. H1-3-030: *el interruptor automático del punto D debe asegurar la protección de la carga.*

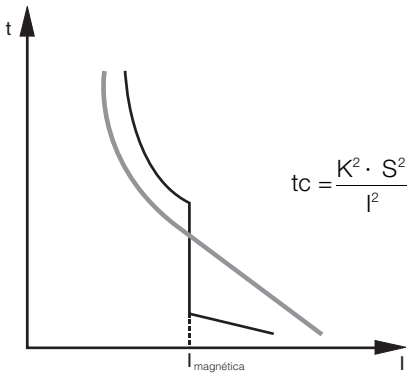


Fig. H1-3-031: *protección con interruptor automático.*

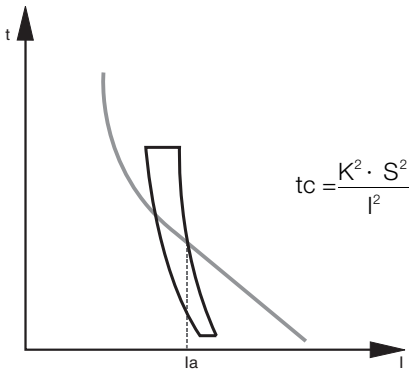


Fig. H1-3-032: *protección con fusibles tipo aM.*

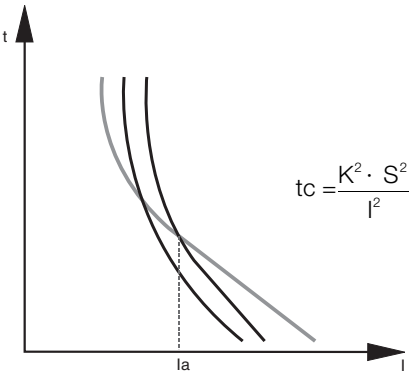


Fig. H1-3-033: *protección con fusibles tipo gl.*

Condiciones a respetar

Que los dispositivos de protección cumplan:

■ ***Interruptores automáticos***

$$Icc_{(min)} > Im$$

■ ***Fusibles***

$$Icc_{(min)} > Ia$$

■ El dispositivo de protección contra los cortocircuitos debe satisfacer las condiciones siguientes:
□ P d C > Icc_{tri}, en el punto donde es instalado.
□ Asegurar la eliminación de la corriente mínima de cortocircuito, que pueda desarrollarse en el circuito protegido, en el tiempo tc, compatible con las características térmicas de los conductores, que son:

$$tc \leqslant \frac{K^2 \cdot S^2}{I^2} \; (tc < 5 \text{ seg.})$$

K = coeficiente térmico del conductor (en función de la naturaleza del elemento conductor y del aislante).
S = sección del conductor en mm^2.
$Icc_{(min)}$ = intensidad de cortocircuito mínima posible en el circuito a proteger.
■ La comparación de las curvas de funcionamiento (o de fusión), de los dispositivos de protección contra los cortocircuitos, y de las curvas límite de característica térmica de las conducciones, muestran que se cumplen estas condiciones cuando:
□ Con protección por interruptor automático (ver fig. H1-3-029, pág. H1/99):
$Icc_{(min)} > Im$.
(Im = valor de desconexión instantánea, o del relé tiempo corto.)
□ Con protección por fusible (ver fig. H1-3-028, pág. H1/99):
$Icc_{(min)} > Ia$.
(Ia = valor de la intensidad de fusión en el tiempo igual o menor al tc de la característica térmica de la canalización.)

Método práctico de cálculo de la longitud máxima de conducción que protege un interruptor automático o un fusible

En la práctica, la $Icc_{(mínima)}$ que protege un elemento de protección se traduce en una longitud máxima de conducción que queda protegida:

$$L_{máx.} = \frac{0{,}8\ U \cdot S_f}{2 \cdot \rho \cdot I_m}$$

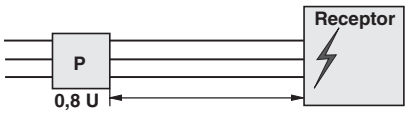


Fig. H1-3-034: *ejemplo de longitud máxima a proteger.*

Las condiciones precedentes se traducen en una longitud máxima de conducción ($L_{máx.}$) que queda protegida, la cual no debe sobrepasarse para asegurar una protección con la I_{cc} mínima.

Formas de cálculo:
■ 1. Cálculo de la $L_{máx.}$ en el caso de un circuito trifásico sin neutro.
El cortocircuito mínimo es el cortocircuito bifásico.
Podemos considerar que la tensión en P es igual al 80 % de la tensión nominal de la red en situación de cortocircuito.

$$0{,}8\ U = Zd \cdot Icc$$

Zd = impedancia del bucle de defecto.
Icc = corriente de cortocircuito.

Para los conductores de sección, menor o igual a 120 mm^2, podemos despreciar la reactancia y considerar solamente la resistencia:

$$Z_d = \rho \frac{2\,L}{S_f}$$

Para que la conducción no sufra ningún desperfecto, se debe cumplir que la Icc > Im, de donde:

$$0{,}8\,U \geqslant \rho \frac{2\,L \cdot I_m}{S_f} \qquad\qquad L_{máx} = \frac{0{,}8\,U \cdot S_f}{2 \cdot \rho \cdot I_m}$$

□ Para una:
U = 400 V.
Resistividad media a la temperatura del conductor en cortocircuito:
$\rho = 0{,}15 \cdot \rho_{20\,°C} = 0{,}15 \cdot 0{,}018$ (Cu) = 0,027 Ωmm^2/m.
S_f = sección de una fase (en mm^2).
Im = valor de la intensidad de desconexión instantánea o de regulación del relé de tiempo corto.
$L_{máx.}$ = longitud máxima (en m).

$$L_{máx.} = 5.930 \frac{S_f}{I_m}$$

■ 2. Cálculo de la $L_{máx.}$ en el caso de un circuito trifásico + neutro 400 V o monofásico fase - neutro a 230 V.
El cortocircuito mínimo es el cortocircuito monofásico.
□ Un cálculo idéntico al precedente nos conduce a la siguiente formulación:
– Para cables de sección inferior o igual a 120 mm^2(1):

$$S_{neutro} = S_f$$

$$L_{máx.} = 3.400 \frac{S_f}{I_m}$$

$$S_{neutro} < S_f$$

$$L_{máx.} = 6.815 \frac{S_f}{I_m} \cdot \frac{1}{1+m}$$

De donde:

$$m = \frac{S_f}{S_n}$$

(1) Para las secciones superiores, debemos tener en consideración la reactancia, incrementando un tanto por ciento la resistencia, para secciones de:
150 mm^2: R + 15 %
185 mm^2: R + 20 %
240 mm^2: R + 25 %
300 mm^2: R + 30 %
También se puede realizar el cálculo teniendo en consideración una reactancia de valor 0,08 mΩ/m.

Utilización de la tabla adjunta para determinar la $L_{máx.}$

Es posible la utilización de la tabla para determinar la longitud máxima a proteger.

Tablas:

La tablas adjuntas indican las longitudes máximas (en m) de las conducciones a proteger:

Trifásicas sin neutro 400 V.

Bifásicas sin neutro 400 V.

Para los demás casos aplicar los factores de corrección de la tabla H1-3-037 de la pág. H1/105.

Cálculos efectuados para una precisión de regulación de la $I_{magnética}$ de ± 20%:

Protegidas con un interruptor automático de uso general, la tabla H1-3-035.

Protegidas con un interruptor automático de carril DIN del tipo B, C o D de uso doméstico, la tabla H1-3-036 de la pág. H1/104.

Tabla de las longitudes máximas protegidas en función de la corriente de desconexión instantánea (m)

Corriente de funcionamiento instantáneo Im (A)	Sección del conductor en mm²														
	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240
50	148	246	394												
63	117	195	313	470											
80	92	154	246	370											
100	74	123	197	296	493										
125	59	99	158	237	395										
160	46	77	123	185	308	494									
200	37	62	99	148	247	395									
250	30	49	79	118	197	316	494								
320	23	38	62	92	154	247	386								
400	18	31	49	74	123	197	308	432							
500	15	25	39	59	99	158	247	345	494						
560	13	22	35	53	88	141	220	308	441						
630	12	19	31	47	78	125	196	274	392						
700	11	18	28	42	70	113	176	247	353	494					
800	9	15	25	37	61	98	154	215	308	432					
875	8	14	22	34	56	90	141	197	282	395					
1.000	7	12	20	30	49	79	123	173	247	345	469				
1.120	6	11	17	26	44	70	110	154	220	308	419				
1.250	6	10	16	24	39	63	99	138	197	276	375	474			
1.600		7	12	18	31	49	77	108	154	216	293	370	532		
2.000		6	10	15	24	39	62	86	123	173	234	296	425	570	
2.500			8	12	20	31	49	69	99	138	188	237	340	438	592
3.200			6	9	15	25	38	54	77	108	146	185	265	340	462
4.000				7	12	20	31	43	62	86	117	148	212	273	370
5.000				6	10	16	25	34	49	69	94	118	170	218	296
6.300					8	12	20	27	39	55	74	94	134	175	235
8.000					6	10	15	21	31	43	59	74	105	136	185
10.000						8	12	17	25	35	47	59	85	109	147
12.500						6	10	14	20	28	37	47	67	87	118

Tabla H1-3-035: *tabla de las longitudes máximas que quedan protegidas en función de la sección y la intensidad de desconexión instantáneas del dispositivo de protección.*

Tabla de las longitudes máximas protegidas con interruptores automáticos multi 9 en función de la corriente asignada (A)										
Corriente asignada en (A)		Sección del conductor en mm²								
		1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50
Curva	6	296	494	790						
B	10	178	296	474	711					
	13	137	228	385	547	912				
	16	111	185	296	444	741				
	20	89	148	237	356	593	948			
	25	71	119	190	284	474	759			
	32	56	93	148	222	370	593	926		
	40	44	74	119	178	296	474	741		
	50	36	59	95	142	237	379	593	830	
	63	28	47	75	113	188	301	470	658	894
	80	22	37	59	89	148	237	370	519	704
	100	18	30	47	71	119	190	296	415	563
	125	14	24	38	57	95	152	237	331	450
Curva	6	148	247	395	593	988				
C	10	89	148	237	356	593	948			
	13	68	114	182	274	456	729			
	16	56	93	148	222	370	593	926		
	20	44	74	119	178	296	474	741		
	25	36	59	95	142	237	379	593	830	
	32	28	46	74	111	185	296	463	648	880
	40	22	37	59	89	148	237	370	519	704
	50	18	30	47	71	119	190	296	415	563
	63	14	24	38	56	94	150	235	329	446
	80	11	19	30	44	74	119	185	259	351
	100	9	15	24	36	59	95	148	207	281
	125	7	12	19	28	47	76	119	166	225
Curva	6	105	176	283	423	706	1.129			
D	10	63	105	170	254	423	639	1.058		
	13	48	81	130	195	325	521	814	1.140	
	16	40	65	105	158	264	422	661	925	1.255
	20	32	52	84	126	211	337	528	740	1.004
	25	25	41	67	101	169	270	423	592	803
	32	20	32	52	79	132	211	330	462	627
	40	16	26	42	63	105	168	264	370	502
	50	12	20	33	50	84	135	211	296	401
	63	10	16	26	40	67	107	167	234	318
	80	8	13	21	31	52	84	132	185	251
	100	6	10	16	25	42	67	105	148	200
	125	5	8	13	20	33	54	84	118	160

Tabla H1-3-036: *tabla de las longitudes máximas de los conductores protegidos con interruptores Multi 9 de Merlin Gerin.*

Factores de corrección a aplicar a las tablas H1-5-008 y 009			
		$\frac{S_f}{S_n} = 1$	$\frac{S_f}{S_n} = 2$
tri 400 V sin neutro	o bi 400 V sin neutro		
tri 400 V + neutro	o bi 400 V + neutro	0,58	0,39 (1)
mono 230 V fase + neutro		0,58	

Tabla H1-3-037: *factor de corrección a aplicar a las longitudes máximas de las figuras H1-5-008 y H1-5-009, págs. H1/202 y H1/203.*

Ejemplos:

Ejemplo 1.º

■ Red trifásica de 400 V sin neutro.

■ Protección asegurada por un interruptor automático C250N con relé de protección magnético tipo MA, calibre de 250 A, regulados a 2.000 A (precisión + 20 %).

□ Conducción, cables de S = 120 mm^2.

En la tabla H1-3-035, pág. H1/103, para un interruptor automático de uso general, para una Im = 2.000 A (línea de 2.000 A) y una sección de 120 mm^2 (columna 120 mm^2), en la intersección de la línea y la columna encontramos la longitud máxima de: $L_{máx.}$ = 296 m.

El interruptor automático garantiza la protección de la línea de 120 mm^2, hasta una longitud de 296 m.

Ejemplo 2.º

■ Red monofásica 230 V (fase + neutro).

■ Protección asegurada por un interruptor automático C125N con relé de protección magnético tipo MA, calibre de 40 A, regulados a 500 A (precisión + 20 %).

■ Conducción, cables de S = 10 mm^2.

En la tabla H1-3-035, pág. H1/103, para un interruptor automático de uso general, para una Im = 500 A (línea de 2.000 A) y una sección de 10 mm^2 (columna 120 mm^2), en la intersección de la línea y la columna encontramos la longitud máxima de: $L_{máx.}$ = 99 m.

Al tratarse de un circuito monofásico de 230 V, debemos aplicar el factor de corrección, expresado en la tabla H1-3-037. Para estas características le corresponde un factor de 0,58.

El interruptor automático garantiza la protección de la línea de 120 mm^2, hasta una longitud de 99 m · 0,58 = 57 m.

Verificación de los efectos de las corrientes de cortocircuito sobre los conductores

En general la verificación de los efectos térmicos de las corrientes de cortocircuito sobre los conductores es inexistente, a excepción de las conducciones delgadas próximas a CT.

Efectos térmicos

Normalmente el paso de una corriente de cortocircuito por los conductores de una conducción, durante un tiempo muy corto (del orden de mil segundos a un máximo de 5 segundos), produce el calentamiento adiabático, es decir, el calentamiento del alma metálica del conductor. Este no tiene tiempo de disiparse a través de los demás componentes del conductor.

Para tiempos inferiores a 5 segundos podemos considerar que:

$$I^2 \cdot t = K^2 \cdot S^2$$

I = intensidad de circulación en (A).
t = tiempo de duración de la circulación de corriente en (s).
K = constante en función del material del conductor (ver tabla H1-3-038).
S = sección del conductor en (mm^2).

Valores del coeficiente K^2, para los conductores en función de la naturaleza del conductor		
Aislante	Conductor	
	Cobre	Aluminio
PVC	13.225	5.776
PR	20.449	8.836

Tabla H1-3-038: *valor de la constante K^2.*

En realidad, se trata de verificar si el I^2t que deja pasar el elemento protector es menor que el que es capaz de soportar, sin alteración de las propiedades, el propio conductor o canalización.

Energía máxima capaz de soportar un conductor sin alteración de sus propiedades I^2t (en $A^2s \cdot 10^6$)				
S (mm^2)	PVC		PR	
	Cu	Al	Cu	Al
K	115	76	143	94
K^2	13.225	5.776	20.449	8.836
1,5	0,0297	0,0130	0,0460	0,0199
2,5	0,0826	0,0361	0,1278	0,0552
4	0,2116	0,0924	0,3272	0,1414
6	0,4761	0,2079	0,7362	0,3181
10	1,3225	0,5776	2,0450	0,8836
16	3,3856	1,4786	5,2350	2,2620
25	8,2656	3,6100	12,7806	5,5225
35	16,2006	7,0756	25,0500	10,8241
50	29,8390	13,0320	46,1330	19,9360

Tabla H1-3-039: *energía térmica máxima admisible en los conductores en función de su naturaleza ($A^2 \cdot s \cdot 10^6$).*

Ejemplo
Un cable de Cu/PR de S = 4 mm^2 permite un paso de energía de 0,3272 ($A^2 \cdot s \cdot 10^6$), aguas abajo de un C60N bipolar está perfectamente protegido. (Ver catálogo Merlin Gerin.)

Efectos electrodinámicos

Para conductores
Es un trabajo de elaboración de campo porque influye mucho el entorno.
Para las canalizaciones prefabricadas
Es una simple comprobación de la intensidad de cresta en cortocircuito, con las características facilitadas por los constructores.

Intensidades máximas que pueden soportar los conductores en condiciones de cortocircuito

El reglamento Electrotécnico de Baja Tensión se refiere a la normativa UNE para los temas que no detalla y la normativa CEI y UNE limita la corriente de cortocircuito en algunos conductores

Conductores aislados para redes aéreas

■ **Intensidades de cortocircuito máximas, admisibles en los conductores.**
Intensidades de cortocircuito admisible, en función de los diferentes tiempos de duración del cortocircuito y de la naturaleza del conductor.

Conductor	Sección mm²	Duración del cortocircuito en segundos								
		0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Al	16	4,7	3,2	2,7	2,1	1,4	1,2	1,0	0,9	0,8
	25	7,3	5,0	4,2	3,3	2,3	1,9	1,0	1,4	1,3
	50	14,7	10,1	8,5	6,6	4,6	3,8	3,3	2,9	2,7
	95	27,9	19,2	16,1	12,5	8,8	7,2	6,2	5,6	5,1
	150	44,1	30,4	25,5	19,8	13,9	11,4	9,9	8,8	8,1
Cu	10	4,81	3,29	2,70	2,11	1,52	1,26	1,11	1,00	0,92
	16	7,34	5,23	4,29	3,35	2,40	1,99	1,74	1,57	1,44

Tabla H1-3-040: *intensidades máximas de cortocircuitos en kA.*

Conductores para líneas subterráneas, enterradas, entubadas o en galerías

■ **Intensidades de cortocircuito admisibles en los conductores.**
En la tabla H1-3-039 de la página anterior se indican las densidades de corriente de cortocircuito admisibles en los conductores de aluminio y de los cables aislados con diferentes materiales en función de los tiempos de duración del cortocircuito.
■ Densidad de corriente de cortocircuito, en A/mm², para conductores de aluminio.

Tipo de aislamiento	Duración del cortocircuito en segundos								
	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
XLPE y EPR	294	203	170	132	93	76	66	59	54
PVC S ⩽ 300 mm²	237	168	137	106	75	61	53	47	43
S > 300 mm²	211	150	122	94	67	54	47	42	39

Tabla H1-3-041a: *densidad de corriente de cortocircuito, en A/mm², para conductores de aluminio.*

■ Densidad de corriente de cortocircuito, en A/mm², para conductores de cobre.

Tipo de aislamiento	Duración del cortocircuito en segundos								
	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
XLPE y EPR	449	318	259	201	142	116	100	90	82
PVC S ⩽ 300 mm²	364	257	210	163	115	94	81	73	66
S > 300 mm²	322	228	186	144	102	83	72	64	59

Tabla H1-3-041b: *densidad de corriente de cortocircuito, en A/mm², para conductores de cobre.*

■ Para cualquier otro tipo de cable u otro sistema no contemplados en esta instrucción, así como para cables que no figuran en las tablas anteriores, deberá consultarse la norma UNE 20435 o calcularse según la norma UNE 21144.

Temperaturas admisibles en los conductores.

■ Las intensidades máximas admisibles en servicio permanente dependen, en cada caso, de la temperatura máxima que el aislamiento pueda soportar sin alteraciones de sus propiedades dieléctricas, mecánicas y químicas. Esta temperatura es función del tipo de aislamiento y del régimen de carga.

■ En la tabla H1-3-042, se especifican, con carácter informativo, las temperaturas máximas admisibles, en servicio permanente y en cortocircuito, para algunos tipos de cables aislados con aislamiento seco.

■ Cables aislados con aislamiento seco; temperatura máxima, en °C, asignada al conductor.

Tipo de aislamiento seco	Temperatura máxima °C Servicio permanente θ_s	Cortocircuito t ⩽ 5s
Policloruro de Vinilo (PVC) S ⩽ 300 mm²	70	160
S > 300 mm²	70	140
Polietileno reticulado (XLPE)	90	250
Etileno Propileno (EPR)	90	250

Tabla H1-3-042: *cables aislados con aislamiento seco; temperatura máxima, en °C, asignada al conductor.*

3.2.4. Los conductores de protección PE

Conexionado y elección

El programa ECOdial 3 calcula las secciones de los conductores de protección, de conformidad a la norma UNE 20460.

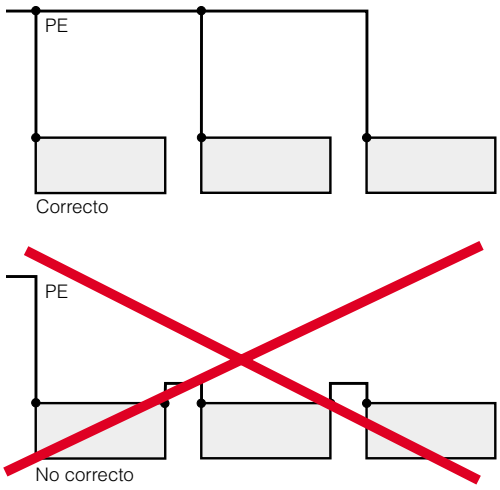


Fig. H1-3-043a: *conexionado del conductor de protección, siempre en paralelo.*

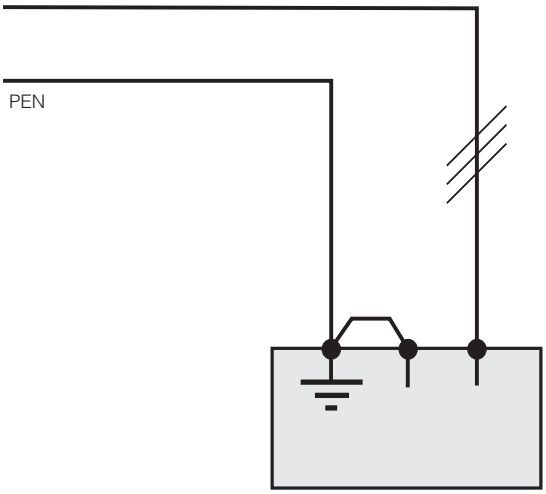


Fig. H1-3-043b: *conexionado del conductor de protección PE al borne de masa.*

Los conductores de protección

Aseguran la interconexión de las masas de los elementos utilizados en una instalación de BT y la conducción de las corrientes de fuga. Están unidos a tierra a través de uno o varios puentes a la "línea de tierra".
La toma de tierra de cada elemento debe poderse desconectar para poder efectuar la medición de la resistencia a tierra.

Los conductores deben:
- Identificarse con una doble coloración, verde y amarillo, si son aislados.
- Protegerse de los impactos mecánicos y de los efectos químicos.
- Situarse en la misma trayectoria (camino, conducción) que los conductores de fase correspondientes, sobre todo en los esquemas de régimen TN e IT.

Conexiones

Los conductores de protección (símbolo PE):
- No deben albergar aparamenta de corte o seccionamiento (cortacircuitos, seccionadores, interruptores automáticos, relés, etc.).
- Deben unir las masas en paralelo, nunca en serie (ver fig. H1-3-043a de la página anterior).
- En los cuadros debe preverse una borna para el conductor de protección PE.

Régimen TT
El conductor de protección puede seguir, más o menos, la traza de los conductores activos, pero siempre el camino más corto.

Régimen IT y TN
Los conductores de protección PE o PEN deben instalarse al lado de los de las fases, sin interposición de materiales ferromagnéticos. Siempre debe estar embornado al borne de masa de un receptor.

Esquema TN-C (el neutro y conductor de protección son el mismo conductor PEN).
La función del conductor de protección PE y todas sus prerrogativas quedan asumidas por el conductor PEN que, además, asume las propias del conductor neutro.

Paso de un esquema TN-C a un esquema TN-S

El conductor PE se deriva del conductor PEN, aguas abajo de éste, y no es posible volverlo a unir para volver a formar un conductor PEN.

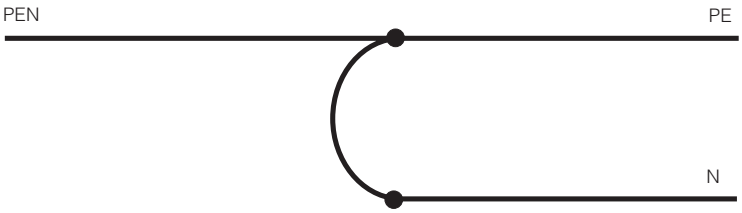


Fig. H1-3-042: *desdoblamiento del conductor de protección en conductor PE y N, pasando de esquema TN-C a TN-S.*

Tipos

Los materiales que se referencian en el cuadro adjunto pueden utilizarse como conductores de protección, pero respetando las condiciones propias de instalación de los conductores de protección.

Tipo de conductor de protección		Régimen IT	Régimen TN	Régimen TT	Condiciones de instalación
Conductor suplementario	Formando parte del conductor activo 3f+n+PE o utilizando la carcasa de la conducción	Muy adecuado	Muy adecuado	Bueno	El conductor de protección debe estar aislado con la misma calidad de las fases
	Independiente de los conductores de fase	Posible (1)	Posible (1) (2)	Bueno	El conductor de protección puede no estar aislado (2) La continuidad eléctrica debe estar asegurada contra los efectos mecánicos, químicos y electroquímicos Su conductividad debe ser suficiente
Envolturas metálicas de las canalizaciones prefabricadas (5)		Posible (3)	PE posible (3) PEN (8)	Bueno	
Protección exterior de los conductores blindados con aislamiento mineral		Posible (3)	PE posible (3) PEN desaconsejable (2) (3)	Posible	
Ciertos elementos conductores (6) tales como: Armaduras Bancadas de máquinas Conducciones de agua (7)		Posible (4)	PE posible (4) PEN prohibido	Posible	
Bandejas o tubos metálicos conductores de cables		Posible (4)	PE posible (4) PEN desaconsejable (2) (4)	Posible	
Prohibidos: las conducciones metálicas, las de gas y calefacción, los blindajes de cables					

Tabla H1-3-044: *tabla de referentes para la elección de los conductores de protección.*

■ (1) El esquema TN e IT, la eliminación de los defectos de aislamiento, es generalmente confiado a los dispositivos de protección de sobreintensidad (interruptores automáticos o fusibles); la impedancia de los bucles de los circuitos de fuga debe asegurarse que sea lo más baja posible. La mejor forma de poder lograr este objetivo es la utilización de un conductor suplementario, formando parte de la misma conducción (o utilizando la carcasa de la conducción de los conductores activos).

■ (2) El conductor PEN, por realizar al mismo tiempo la función de conductor neutro, puede ser recorrido habitualmente por una intensidad importante. Por tanto, es recomendable utilizarlo aislado.
■ (3) El constructor debe indicar los valores de R y X de las impedancias (fase/PE, fase/PEN). Esta información nos permite asegurar el cálculo del bucle de defecto.
■ (4) Posibles pero desaconsejables, puesto que las impedancias de los bucles de defecto no pueden ser conocidas en el momento del proyecto.
Sólo las mediciones de campo nos permiten conocer las impedancias de los bucles de defecto.
■ (5) Debe permitir el embornado de otros conductores de protección.

Atención: estos elementos deben identificarse como conductores de protección, por medio de indicadores visuales de color verde-amarillo, de 15 a 100 mm de longitud, o con las letras PE a 15 cm de los extremos.

■ (6) Estos elementos no deben ser desmontables y, en tal caso, deben ser sustituidos, automáticamente, por elementos que garanticen la continuidad de la protección.
■ (8) En las canalizaciones prefabricadas, la envoltura metálica puede ser utilizada como conductor de protección PEN.

Dimensionamiento

La tabla H1-3-044 de la página anterior es un sinóptico de la norma UNE 20460, prevé dos métodos de dimensionado de los conductores de protección (válidos para los conductores de protección y conductores de puesta a tierra).

El método adiabático (económico)
Asegura la calidad de la protección, ahorrando al máximo las secciones de los conductores que, generalmente, resultan débiles en relación a las secciones de fase.
Estos resultados son incompatibles con los regímenes TN e IT por su elevada impedancia de los bucles de defecto.
Así, estas soluciones sólo son válidas generalmente para:
■ Regímenes TT.
■ El cálculo de líneas de puesta a tierra.

El método simple (valores superiores)
Consiste en utilizar la tabla H1-3-044, donde los conductores de protección son función de la sección del conductor de fase, en igualdad de resistividades de los conductores.
Así:

$S_f \leqslant 16\ mm^2$.....$S_{PE} = S_f$
$16\ mm^2 < S_f \leqslant 35\ mm^2$.....$S_{PE} = 16\ mm^2$
$S_f > 35\ mm^2$.....$S_{PE} = S_f/2$

En caso de utilizar conductores de diferente naturaleza, las secciones a utilizar han de ser de resistividad equivalente a la correspondiente a la de la misma naturaleza:
■ En un esquema TT, si se trata de una conexión en BT a la red de distribución, la puesta a tierra del abonado no es la misma del transformador de MT/BT. En estos casos, puede recomendarse una sección mínima del conductor de protección de 25 mm^2 en Cu o de 35 mm^2 en Al.
■ El neutro y el conductor de protección no pueden confundirse si la sección del PEN es > 10 mm^2 Cu o 16 mm^2 Al.

Sección del conductor de fase S_f mm²			Sección del conductor de protección PE	Sección del conductor de protección PEN	Sección de los conductores de la toma de tierra, entre la toma de tierra y el borne principal de toma de tierra
	Cu	Al			
Método simple	< 16	< 16	$S_{PE} = S_f$ (1)	$S_{PE} = S_f$ mínimo 10 mm² Cu o 16 mm² Al	Protegidos mecánicamente $S_{PE} = \frac{I\sqrt{t}}{Kt}$ (2)
		25	$S_{PE} = 16$		Sin protección mecánica, pero con protección contra la corrosión. La sección mínima será de 16 mm² Cu o 25 mm² acero galvanizado
	25, 35	35		$S_{PE} = \frac{S_f}{2}$ a S_f (3) mínimo 10 mm² Cu o 16 mm² Al	
	> 35	> 35	$S_{PE} = \frac{S_f}{2}$		Sin protección mecánica y sin protección contra la corrosión. La sección mínima será de 25 mm² Cu o 50 mm² acero galvanizado
Método adiabático	Cualquiera		$S_{PE} = \frac{I\sqrt{t}}{Kt}$ (1)(2)		

Tabla H1-3-045: *tabla de secciones mínimas de los conductores de protección y de puesta a tierra.*

■ Los conductores de protección PEN no pueden ser conductores flexibles.
■ Si el conductor de protección PEN asegura la función de neutro, su sección no puede ser inferior a la necesaria a su función de neutro (ver apartado "El conductor neutro" de este capítulo, pág. H1/114).
■ Esta sección no puede ser inferior a la de las fases si:
□ La potencia de los receptores monofásicos sobrepasa la potencia total.
□ La $L_{máx.}$, susceptible de circular por el neutro en servicio normal, es < I admisible.
La protección contra los cortocircuitos debe estar asegurada por la protección de las fases (ver apartado "Protección del conductor neutro", pág. H1/115).

(1) En el caso que el conductor PE no forme parte de la conducción activa, deben respetarse una secciones mínimas:
2,5 mm², si el conductor está protegido mecánicamente.
4 mm², si el conductor no está protegido mecánicamente.
(2) Ver la tabla H1-3-039, pág. H1/106, para la aplicación de la fórmula.
(3) Forma de respetar las condiciones indicadas en la introducción y en la misma tabla.

Valor de K		Naturaleza del aislamiento	
		PVC	PR EPR
Temperatura final (°C)		160	250
Conductores aislados no incorporados a los cables activos		Temperatura inicial 0 inicial = 30 °C	Temperatura inicial 0 inicial = 30 °C
Conductores desnudos en contacto con conductores aislados			
	Cobre	143	176
	Aluminio	95	116
	Acero	52	64
Conductores constitutivos de un cable multiconductor		Temperatura inicial 0 inicial = 30 °C	Temperatura inicial 0 inicial = 30 °C
	Cobre	115	143
	Aluminio	76	94

Tabla H1-3-046: *tabla de los valores más usuales del factor K, según CEI 60724, para los conductores de protección.*

Valores del coeficiente K a considerar en las fórmulas (2)
Efectuamos una recopilación de los valores más usuales de aplicación de la norma CEI 60724 expuestos en la tabla H1-3-045 de la página anterior.

Conductor de protección entre el transformador MT/BT, la unión equipotencial principal y el CGBT

Los conductores instalados aguas arriba del interruptor general de BT
Son protegidos por los dispositivos de protección de MT. Por tanto, deben ser dimensionados en función del tipo de protección y el calibrado de la misma.
■ La tabla H1-3-044, pág. H1/110, nos establece los valores de la sección del conductor de protección, en función de la protección, teniendo en cuenta:
□ La potencia nominal del transformador MT/BT (P en kVA).
□ El tiempo de eliminación de la corriente de cortocircuito por la protección de MT (tiempo en segundos).
□ El aislamiento y la naturaleza del material del conductor de protección.
■ Si la protección de MT se realiza con fusibles, utilizaremos las columnas 0,2 s.
■ Si la protección de MT se realiza con interruptores automáticos, utilizaremos las columnas 0,5 s.
■ En esquema IT, si se instala un dispositivo de protección contra las sobretensiones *(Cadwer)*, el mismo dimensionamiento de sus conductores se aplica para el conductor de protección.

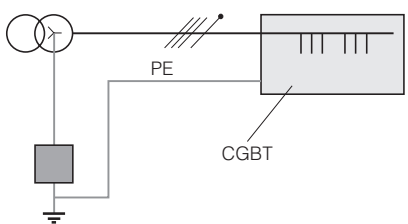


Fig. H1-3-047: *conductor de protección hasta el CGBT.*

Sección del conductor de protección, protegido desde MT											
P. transformador (kVA)		Naturaleza del conductor	Conductores desnudos			Conductores aislados PVC			PR		
Tensión BT		Cu t(s)	0,2 s	0,5 s		0,2 s	0,5 s		0,2 s	0,5 s	
127/ 220 V	230/ 400 V	Al t(s)		0,2 s	0,5 s		0,2 s	0,5 s		0,2 s	0,5 s
< 63	< 100	Sección de los conductores de protección S_{PE} (mm²)	25	25	25	25	25	25	25	25	25
100	160		25	25	35	25	25	50	25	25	35
125	200		25	35	50	25	35	50	25	25	50
160	250		25	35	70	35	50	70	25	35	50
200	315		35	50	70	35	50	95	35	50	70
250	400		50	70	95	50	70	95	35	50	95
315	500		50	70	120	70	95	120	50	70	95
400	630		70	95	150	70	95	150	70	95	120
500	800		70	120	150	95	120	185	70	95	150
630	1.000		95	120	185	95	120	185	70	120	150
800	1.250		95	150	185	120	150	240	95	120	185

Tabla H1-3-048: *tabla de la sección de los conductores de protección, protegidos en MT, en función de la potencia del transformador, la naturaleza del conductor y el tiempo de extinción del cortocircuito del dispositivo de protección.*

Conductor equipotencial

Conductor equipotencial principal

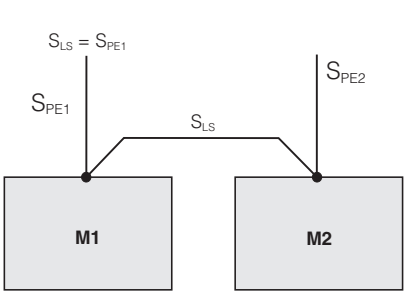
La sección del conductor debe ser, por lo menos, igual a la mitad de la sección mayor del conductor de protección, con un mínimo de 6 mm^2.
Siempre se puede limitar a 25 mm^2 Cu o 35 mm^2 Al.

Conductor equipotencial suplementario

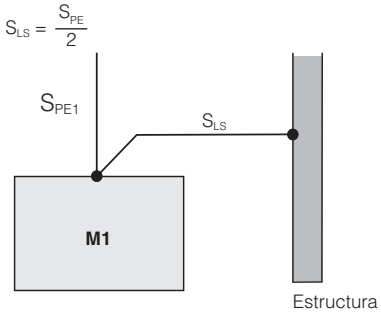
Es la derivación que permite conectar un elemento conductor, alejado de la línea de equipotencialidad principal, a un conductor de protección próximo.
Su sección será, como mínimo, la mitad de la sección del conductor de protección que se conecta.
Si sirve para interconectar dos masas, su sección será, como mínimo, igual a la sección más pequeña del conductor de protección PE.
Los conductores deben estar protegidos contra los impactos mecánicos.

Interconexión equipotencial entre dos masas

Si: $S_{PE1} \leqslant S_{PE2}$



Interconexión equipotencial entre una masa y una estructura



Nota: Como mínimo 2,5 mm^2, si los conductores están protegidos mecánicamente; 4 mm^2, si no están protegidos.

Fig. H1-3-049: *conductor equipotencial suplementario.*

3.2.5. El conductor neutro

La sección y la protección del conductor neutro, así como la intensidad a circular, dependen de varios factores:
■ Del régimen de neutro.
■ Del sistema de protección contra los contactos indirectos (según las modalidades descritas en el capítulo G).

Dimensionado del conductor neutro

Influencia del régimen de neutro

Esquemas TT, TN-S e IT

■ Circuitos monofásicos de sección $\leqslant$ 16 mm^2 Cu o 25 mm^2 Al.
La sección del neutro debe ser igual a la sección de las fases.
■ Circuitos trifásicos de secciones > 16 mm^2 Cu o 25 mm^2 Al.
La sección del neutro tiene dos opciones:
□ Igual a la sección de las fases.
□ Inferior a la sección de las fases:

– La corriente susceptible de circular por el neutro, en servicio normal, sea inferior a la corriente admisible en el conductor (la influencia de los armónicos debe tenerse en cuenta, ver capítulo K).
– La potencia transportada por el circuito, o sea, la efectiva absorbida por las cargas alimentadas entre fases, admitiendo que la potencia monofásica sea < 10 % de la potencia total.
– Que el conductor neutro tenga que ser protegido contra los cortocircuitos, de acuerdo al apartado siguiente (Protección del conductor neutro).

Esquema TN-C
Bajo las mismas condiciones teóricas, pero el interés de un TN-C es el de reducir la sección y el estar prohibido colocar elementos de protección en los conductores de protección. En estos casos, ver la tabla H1-3-044, pág. H1/110 para calcularlo como un conductor de protección PE.

Esquema IT
No es aconsejable distribuir el neutro, pero si es necesario, actuar como si se tratara de un régimen TT o TN-S.

Protección del conductor neutro

- La tabla H1-3-053 resume los diferentes casos posibles.
- La tabla ha sido elaborada de conformidad a la UNE 20460.
- Las soluciones son consecuentes a las utilizaciones.

Seccionamiento
Se considera una buena práctica la posibilidad de seccionamiento de todos los circuitos.

Corte
La tabla H1-3-049 de la página anterior está establecida con interruptores automáticos que, en caso de defecto, cortan todos los polos, en particular el neutro, realizando así el corte omnipolar.
No es aplicable a los fusibles. Sólo si se trata de fusibles asociados a interruptores de corte omnipolar, que actúan a la fusión de un solo cartucho y no permiten la reconexión, si no están reemplazados los cartuchos fundidos.

Protección contra los choques eléctricos

La tabla H1-3-049 de la página anterior tiene en consideración la protección contra los contactos indirectos por corte de la alimentación por DDR, de 300 mA, o por interruptores automáticos para los esquemas TN e IT.

Este símbolo representa los interruptores automáticos de desconexión de sobreintensidad (sobrecargas o cortocircuitos).

- (A) La UNE 20460, parte 473-3-1-2 lo autoriza en un esquema TT y TN en presencia de un DDR, en el origen del circuito o aguas arriba, si ningún neutro artificial es distribuido aguas abajo.
- (B) La UNE 20460, parte 473-3-1-2 lo autoriza en un esquema TT y TN, si el conductor neutro está protegido contra los cortocircuitos por las protecciones tomadas para las fases y, si la corriente de servicio normal es muy inferior a la que es capaz de conducir la sección del conductor neutro.

■ (C)(B) La UNE 20460, parte 473-3-1-2 lo autoriza en un esquema IT en ciertas condiciones: si el circuito forma parte de una unión de partes terminales homogéneas, donde las secciones mayores no son el doble de las menores, y que estén protegidos contra el segundo defecto por un DDR, con una sensibilidad inferior o igual al 15 % de la del calibre del circuito terminal de menor sección.

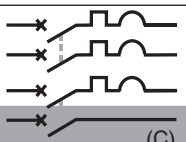
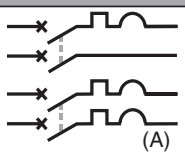
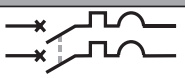
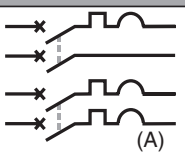
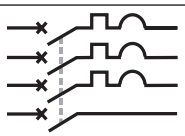
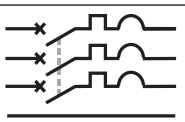
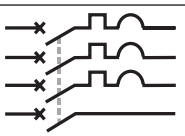
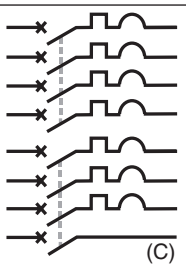
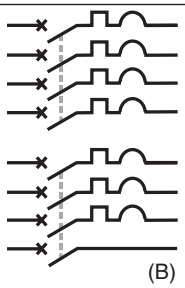
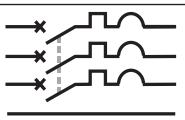
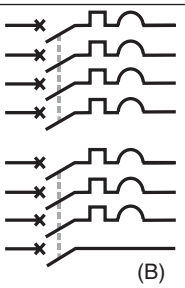
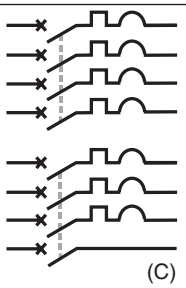
	Régimen de neutro			
	TT	**TN-C**	**TN-S**	**IT**
Protección contra los contactos indirectos	Por DDR	Por interruptores automáticos o fusibles $I_m > I_a/Z_s$	Según forma de protección a elegir	Por interruptores automáticos o fusibles $I_m > I_a/Z_s$ y, por lo menos, un DDR por grupo de masas interconectadas
Circuito a proteger				
Monofásico F - N				 (C)
2 F	 (A)		 (A)	
Trifásico 3 F				
Tetrapolar 3 F + N $S_n = S_f$		 (B)		 (C)
3 F + N $S_n < S_f$	 (B)		 (B)	 (C)

Tabla H1-3-050: *tabla para la elección de la protección del conductor neutro.*

Ejemplos

■ Ejemplo 1.º (ver fig. H1-3-051):

□ Circuito trifásico + neutro.

□ Sección 3 · 95 mm² + 1·50 mm² Cu.

□ Régimen TT.

□ Protección diferencial aguas arriba.

□ Potencia monofásica 70 kVA.

□ Potencia transportada 140 kVA.

□ La relación de la potencia monofásica con respecto a la total es > al 10%:

$$\frac{P_T}{P_{mf}} = \frac{140}{70} = 2 = 50\ \% > 10\ \%$$

□ Podemos instalar una sección menor en el neutro a cambio de que tengamos una protección adecuada para él.

– El interruptor automático a instalar en cabecera será un Compact C250N tetrapolar (3D + N/2).

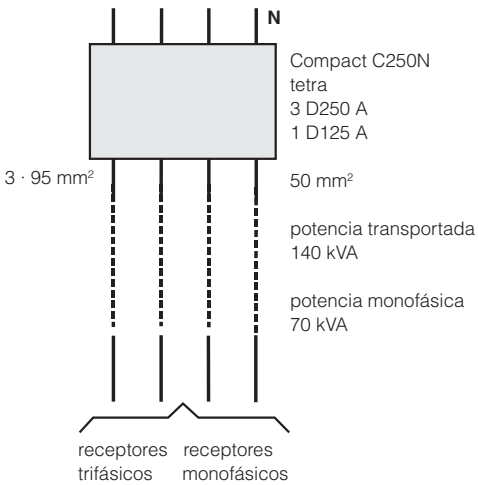


Fig. H1-3-051: *esquema ejemplo 1.º*

■ Ejemplo 2.º (fig. H1-3-052, pág. H1/118):

Red realizada según esquema IT neutro distribuido. Esta solución es poco recomendable, sobre todo por las instalaciones de mediana potencia, pero permite disponer de dos tensiones 230 y 400 V. La interposición de un transformador de BT/BT, como especifica el esquema de la fig. H1-3-052, es preferible.

□ Interruptores automáticos 1, 2 y 3.

Como en el ejemplo 1.º, elegimos una sección del neutro, mitad de la de las fases. Por tanto, instalaremos interruptores automáticos tetrapolares con los cuatro polos protegidos.

□ Interruptor automático 5.

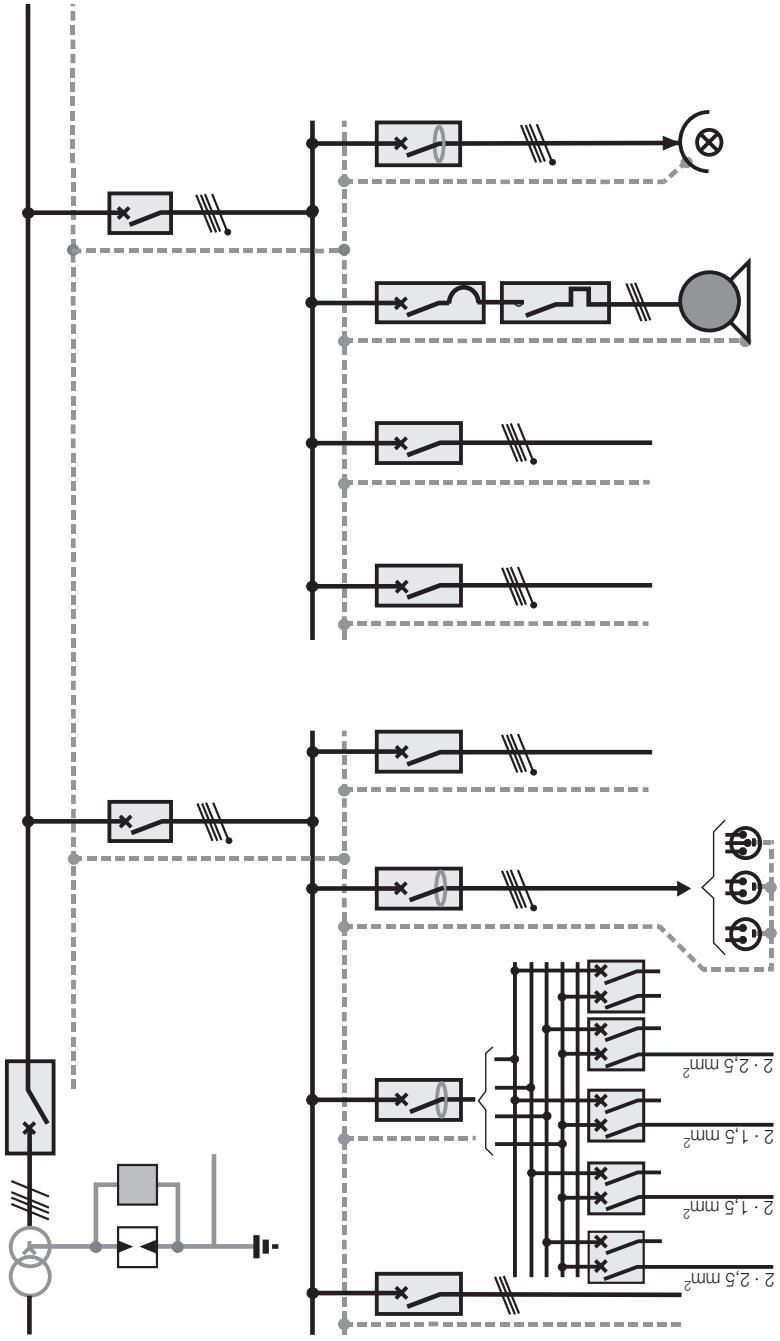


Fig. H1-3-052: *esquema ejemplo 2.º*

Es un claro ejemplo de la condición C de la tabla H1-3-050, pág. H1/116. Alimenta un CGD que alimenta a su vez una serie de circuitos terminales, protegidos con interruptores automáticos de fase y neutro.

□ Interruptor 12.

Protege y comanda un circuito de alumbrado de gran longitud. Se complementa con un interruptor diferencial telecomandado.

Como que la sección de la fase es la misma que la del neutro, podemos utilizar un Vigicompact C161NREH.

■ Ejemplo 3.º (fig. H1-3-053, pág. H1/120):

□ Instalación en esquema TN-C/TN-S.

Ningún aparato insertado en la red podrá cortar el conductor de protección, por tanto, los interruptores automáticos de los puntos 1, 2, 3 y 7 serán tripolares.

La potencia total monofásica es inferior al 10% de la potencia total trifásica.

Por tanto, el conductor PEN del circuito 1 podrá tener una sección mitad de la de la fase.

La protección contra los contactos indirectos se asegura con el mismo interruptor automático, después de verificar que la longitud de la línea es menor que la $L_{máx.}$ (ver capítulo G, apartado 5, pág. G/140).

Para un C60N, regulado a 4 In, con una precisión de +15 %:

$$L_{máx.} = \frac{0{,}8\ U_0 \cdot S_f}{\rho \cdot (1 + m) \cdot I_a} = \frac{0{,}8 \cdot 230\ V \cdot 240\ mm^2}{0{,}0225\ \Omega mm^2/m \cdot (1 + 2) \cdot (4 \cdot 630 \cdot 15\%)\ A} = 305\ m$$

□ Circuitos realizados en esquema TN-S (con conductor PE):

– Interruptor automático 4.

$S_n = S_f$; el relé de desconexión sobre el neutro no es necesario; instalaremos interruptores automáticos tetrapolares y relés trifásicos.

– Interruptor automático 5.

$S_n = 1/2\ S_f$, el neutro debe ser protegido; deberemos instalar interruptores automáticos tetrapolares con los cuatro polos protegidos con relés de 160 A, para las fases, y de 80 A para el neutro.

Corresponde a la condición B de la tabla H1-3-050, pág. H1/116.

– Interruptor automático 6.

Instalación de un interruptor automático diferencial de alta sensibilidad para la protección de las tomas de corriente.

Asociación interruptor automático discontactor 8.

– Instalación de un interruptor automático solo magnético MA, asociado a un discontactor (contactor + relé térmico) con tres relés térmicos para protección de motores.

– Interruptor automático 9.

Protege y comanda un circuito de alumbrado de gran longitud. Se complementa con un interruptor diferencial telecomandado.

Como que la sección de la fase es la misma que la del neutro, podemos utilizar un Vigicompact C161NREH.

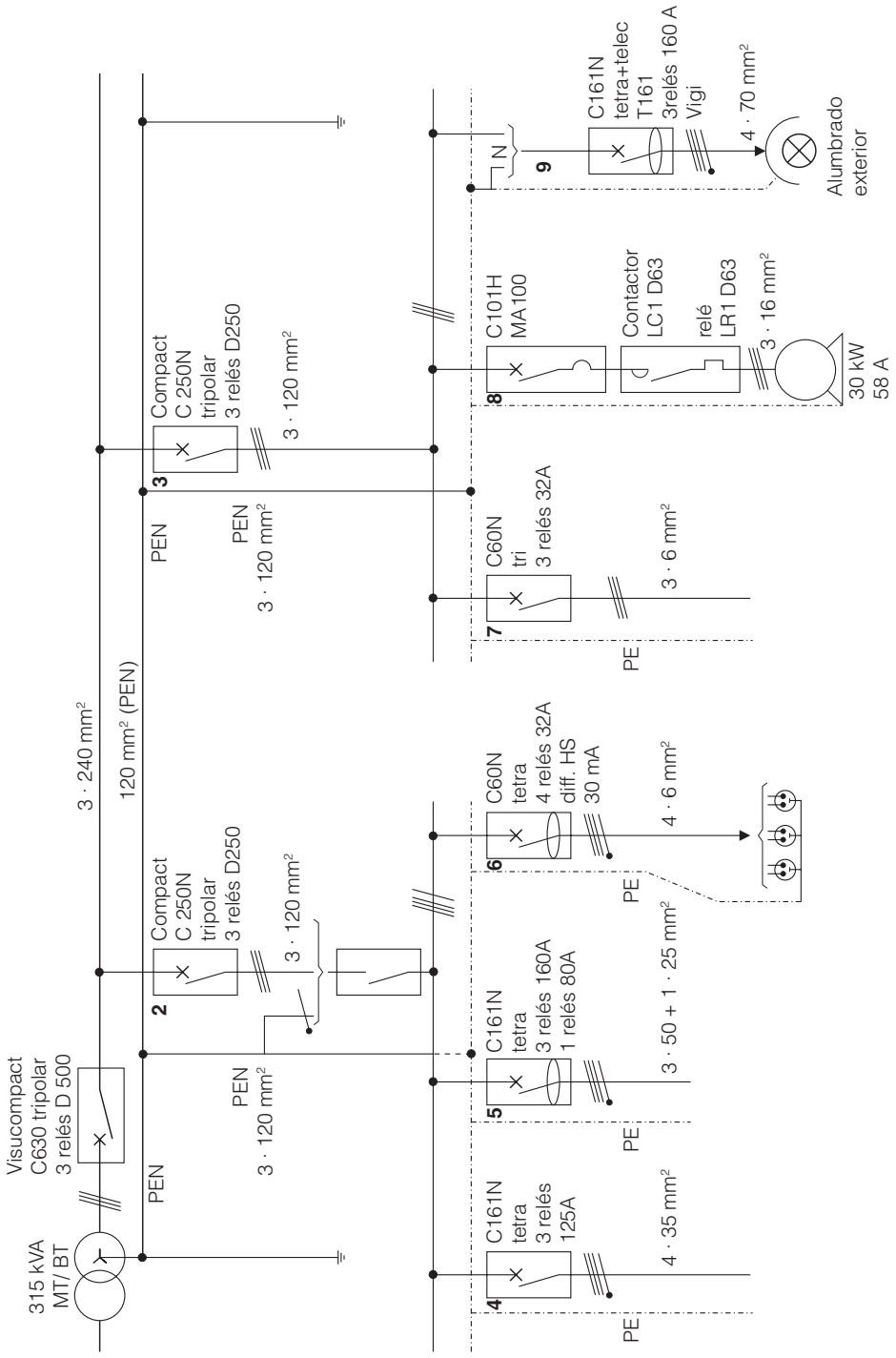


Fig. H1-3-053: *esquema ejemplo 3.°.*

3.3. El sistema de cálculo informático de Schneider Electric

Documentos normativos de referencia

Hipótesis de cálculo
ECO*dial 3* respeta en todo momento el informe europeo CENELEC R064-003 retomado por Francia por la guía UTE C 15-500.
Norma de instalación
ECO*dial 3* está conforme con la norma francesa de instalación NFC 15 100.
La conformidad con esos dos documentos está certificada por el aviso técnico 15L-501 liberado por el UTE.
Los documentos normativos citados en referencia están disponibles en el UTE.

Permite realizar el cálculo de toda una red y de los elementos que la sostienen, aunque en este apartado solo interesa el cálculo de la red y sus protecciones.

El condensador

Parámetros de entrada de primer nivel

■ Designación	■ Contenido
□ Cos φ sin compensación	Valor del cos phi global de la instalación sin compensación Valor calculado y recuperado automáticamente del balance de potencias
□ Cos φ compensado	Valor del cos phi después de compensación Valor derivado automáticamente de las características globales de la instalación
□ Potencia de armónicos	Suma de potencias en kVA de todos los receptores no lineales Valor libre
□ Ib (A)	Corriente nominal en (A)

Valores calculados - Visibles en la plantilla de selección.

□ Potencia (kVAr)	Potencia de la batería de condensadores a instalar en kVAr
□ Tipo de compensación	Tipo de la batería calculada STD - H - SAH
□ Regulación (kVAr)	Número de escalones de compensación (por) potencia unitaria de cada escalón

Variador de velocidad

Parámetros de entrada de primer nivel

■ Designación	■ Contenido
□ Par	Permite definir el nivel de sobre par necesario para la aplicación Par estándar el sobre par y la sobreintensidad asociada es limitada por el variador a un valor tipo de 1,2 a 1 vez la corriente nominal del variador durante 60 s. Esta selección permite optimizar el variador con respecto a las aplicaciones en las que no se exige un par transitorio importante, bombas centrifugas, ventiladores. Fuerte par: E, sobre par y la sobreintensidad asociada es limitado por el variador a un valor tipo de 1,5 a 1,7 veces la corriente nominal

	del variador durante 60 s. Esta selección permite de seleccionar un variador adaptado a las aplicaciones que necesitan un sobre par transitorio importante: manutención, trituradoras, bombas con par de arranque elevado

Valores calculados

Visibles en la plantilla de selección

□ Designación	Designación del variador calculado
□ Potencia nominal (kW)	Potencia nominal del variador
□ Ib (A)	Corriente nominal de entrada del variador en (A)
□ Potencia absorbida (kW)	Potencia absorbida por el variador
□ Factor de forma k	Coeficiente que permite considerar el nivel de armónico generado por el variador en el cálculo de la corriente eficaz
□ Is permanente (A)	Corriente de salida en régimen permanente del variador (A)
□ Is máx. permanente (A)	Corriente de salida máxima en régimen permanente del variador (A)
□ Is máx. 60 s	Corriente máxima que puede suministrar el variador durante 60 s en A. Esta corriente es automáticamente limitada a este valor por el variador. Si las capacidades térmicas son sobrepasadas el variador se protege, activando el disparo por defecto térmico

ECOdial 3 permite dimensionar un circuito arranque motor conteniendo un variador de velocidad para motor asíncrono estándar.

Los Variadores de la gama ALTIVAR, ATV 58E y ATV 68E están particularmente adaptados a las necesidades de instalación, equipamientos de construcción, e infraestructuras.

Es una oferta preparada para su utilización presentada en cofret o en armario, que integra las funcionalidades tipicas para este tipo de instalaciones:

□ Compensación armónicos.
□ Respeto de normas y recomendaciones CEM.
□ Economía de consumo energético.
□ Regulador PI integrado para las regulaciones de caudal o de temperatura.
□ Mando a distancia.

La integración en **ECOdial** es un elemento suplementario a fin de facilitar la selección y la integración del variador de velocidad en las instalaciones

■ ¿Qué es un convertidor de frecuencia?

Un convertidor de frecuencia es un aparato que permite variar la velocidad de un motor asíncrono estándar mediante la variación de la frecuencia de tensiones y corrientes aplicadas al motor.

Este principio posible gracias a la electrónica de potencia es utilizado por los variadores de velocidad y permite responder a las aplicaciones de regulación de caudal, o de movimiento.

■ ¿Cómo funciona un convertidor de frecuencia?

El principio es convertir la red alterna de distribución de 50 o 60 Hz, a corriente continua gracias a un montaje rectificador, y transformar esta tensión continua en componentes alternativas de frecuencia y tensión variables gracias a un ondulador.

Una regulación de velocidad y una regulación de par permite controlar la velocidad, en función de las necesidades y variación de carga del motor.

Esta regulación es realizada sin necesidad de sensor en el motor. Utilización de un motor asincrono estándar.

El control numérico realizado con micro controles integra algoritmos de tipo "control vectorial de flujo sin sensores".

■ ¿Cuál es el cos φ de un motor alimentado por un convertidor de frecuencia?

Antes del convertidor, la corriente, está en fase con la tensión, el cos φ del conjunto es igual a 1.

Destacar que la potencia absorbida dependerá de la velocidad de rotación del motor P = Cω / P es la potencia mecánica, C el par, y ω la velocidad del eje motor.

Por otra parte el escalón de entrada del convertidor no es lineal y aún estando compensado, genera armónicos de rango 5, 7 y 11, etc. El efecto se caracteriza por el factor de forma.

■ ¿Por qué par estándar y par elevado?

Algunas aplicaciones precisan un sobre par durante las transiciones, aceleración y deceleración en estos casos es recomendable utilizar variadores de par elevado.

En caso contrario bombas centrífugas y ventiladores por ejemplo, escoger un variador de par estándar será suficiente.

■ ¿Cuál es el principio de cálculo utilizado?

Las formulas de cálculo están esencialmente basadas en un balance de potencias consumidas.

En función de la potencia mecánica del motor elegido, el programa calcula la potencia eléctrica, añadiendo las diferentes pérdidas de los elementos que constituyen la instalación.

La corriente posterior al variador es la que circula por el motor, el circuito es calculado para el caso más desfavorable, motor alimentado en su punto nominal de potencia, para máximo par y velocidad.

La corriente es calculada suponiendo el motor en carga nominal y considerando el factor de forma del variador.

■ Cómo se asegura la protección térmica del motor.

La protección térmica del motor es asegurada por el variador.

El variador calcula permanentemente el estado térmico del motor en función de la corriente absorbida, y de la eficacia de la ventilación del motor función de la velocidad.

El parámetro de reglaje de esta protección es K y debe ser regulado para el valor de la corriente de salida permanente.

■ Cómo se asegura la protección a los cortocircuitos posteriores al variador.

El variador integra una protección contra cortocircuitos entre fases y entre fases y neutro.

Esta protección está destinada a proteger el variador contra cualquier riesgo de destrucción en caso de cortocircuito accidental, pero dada su gran velocidad de corte protege a partir del variador.

Se consigue una elevada disponibilidad de la instalación puesto que corrigiendo el defecto se puede volver a arrancar la instalación.

■ Cómo se asegura la protección de los cortocircuitos previos al variador.

En este caso la protección es asegurada por el disyuntor de distribución que asegura esta protección en caso de cortocircuito accidental.

El transformador

A partir de la potencia nominal del transformador, de la potencia en cortocircuito de la red AT, **ECOdial 3** va a calcular todas las características de la fuente.

Parámetros de entrada de primer nivel

■ Nivel	■ Contenido
□ Potencia	Potencia del transformador en kVA

□ Régimen de neutro	Régimen de neutro de la instalación BT TT - IT - TNC - TNS Aguas arriba (= éste definido en las características generales)
□ Neutro distribuido	Distribución del neutro para la instalación BT (1) SÍ-NO
□ Fase-fase (V) Compuesta	Tensión nominal entre fase de la instalación BT (2) 220-230-240-380-400-415-440-500-525-660-690 V
□ Tensión de corto circuito (%)	Tensión de cortocircuito del transformador valor automaticamente informado según la norma NFC 52 112-1 Una modificación manual de este valor impone un paso en manual
□ Pcc AT (MVA)	Potencia de cortocircuito de red Alta Tensión 500 MVA por defecto
□ Impedancia del eléctrodo	Valor de la Impedancia del eléctrodo de fuente en mOhm Entrada libre
□ Imp., de fuente (mOhm)	Presentada en función del esquema de las conexiones a tierra
□ Impedancia del eléctrodo	Valor de la Impedancia del eléctrodo de masa en mOhm Entrada libre
□ Imp., de masa (mOhm)	Presentada en función del esquema de las conexiones a tierra
□ Dominio de aplicación	Dominio de aplicación para la elección del CPI en IT Normal - Hospital

(1) En el caso del TNC el conductor de protección (PE) y el neutro estando confundido el neutro, es considerado como distribuido.
(2) La guía de cálculo CENELEC R064-003 incluye dos coeficientes sobre la tensión nominal:
– $C_{máx.}$: igual a 105 para tener en cuenta la tensión vacía del transformador para el cálculo de las corrientes de cortocircuito máximo.
– m: igual a 1,05 para las variaciones de tensión AT.

Parámetros de entrada de segundo nivel

■ Nivel	■ Contenido
□ Conexión	Conexión del transformador Triángulo-Estrella, Estrella-Estrella, Estrella-ZigZag
□ Cos	Coseno fi al secundario del transformador (necesario para el cálculo de la caída de tensión)
□ Frecuencia de red	Frecuencia de red 50 - 60 Hz
□ $T_{func.}$ Protec. AT (ms)	Tiempo de funcionamiento de la protección Alta Tensión 500 ms por defecto

Valores calculados

■ Visibles en la rejilla de selección

□ Tensión de corto circuito (%)	Valor propuesto según la norma NFC 52-112-1 (valor diferente impuesto manualmente)
□ Referencia del CPI	Referencia del CPI elegido en IT

Valores visibles en el trazado del cálculo

■ Nivel	■ Contenido
□ R fase red AT (mOhm)	Resistencia equivalente por fase de red Alta Tensión en mOhm
□ X fase red AT (mOhm)	Impedancia equivalente por fase de red Alta Tensión en (mOhm)
□ R fase transfo. (mOhm)	Resistencia por fase de transformador en (mOhm)

□ X fase transfo. (mOhm)	Impedancia por fase del transformador en (mOhm)
□ Icc max por fuente (kA)	Corriente de cortocircuito máxima Aguas abajo de un transformador
□ Ib (A)	Corriente nominal del transformdor en A

Los valores indicados se considerarán por fuente.

El generador

Parámetros de entrada de primer nivel

■ Nivel	■ Contenido
□ Potencia	Potencia del generador en kVA entrada libre
□ Régimen de neutro	Régimen del neutro de la instalación BT TT - IT - TNC - TNS Aguas arriba (= definido éste en las características generales)
□ Neutro distribuido	Distribución del neutro para la instalación BT SÍ-NO (1)
□ Una fase-fase (V) Compuesta	Tensión nominal durante la fase de la instalación BT (2) 220-230-240-380-400-415-440-500-525-660-690 V
□ Impedancia del electrodo	Valor de la Impedancia del electrodo de fuente en mOhm Entrada libre
□ Imp., de fuente (mOhm)	Presentada en función del esquema de las conexiones a tierra
□ Impedancia del eléctrodo	Valor de la Impedancia del electrodo de masa en mOhm Entrada libre
□ Imp., de masa (mOhm)	Presentada en función del esquema de las conexiones a tierra
□ Dominio de aplicación	Dominio de aplicación para la elección del CPI en IT Normal - Hospital

(1) En el caso del TNC el conductor de protección (PE) y el neutro estando confundido el neutro, es considerado como distribuido.
(2) La guía de cálculo CENELEC R064-003 incluye dos coeficientes sobre la tensión nominal :
– $C_{máx.}$: igual a 1,05 para tener en cuenta la tensión vacía del transformador para el cálculo de las corrientes de cortocircuito máximo.
– m: igual a 1,05 para las variaciones de tensión AT.

Parámetros de entrada de segundo nivel

■ Nivel	■ Contenido
□ Frecuencia de red	Frecuencia de red 50 - 60 Hz
□ x_o	Reactancia homopolar 6 % por defecto o valor constructor
□ x_d	Reactancia transitoria 30 % por defecto o valor constructor
□ x	Reactancia subtransitoria (1) 20 % por defecto o valor constructor
□ Cos φ	Coseno fi a los bornes del grupo (necesario para el cálculo de la caída de tensión)

Notas:
– La guía CENELEC considera los generadores únicamente como grupos de recambio de un transformador. La guía no considera el cálculo de corrientes de cortocircuito máximo si proceden de los generadores.
– **ECOdial** utiliza la reactancia subtransitoria para permitir el cálculo de corrientes de cortocircuito, máximo de las redes alimentadas únicamente por generador.
Para volver a las condiciones de la guía CENELEC tomar el valor de la reactancia sub transitoria igual a la de la reactancia transitoria.
– En el caso de una red con fuente de emergencia, las tensiones, frecuencias, régimenes de neutro y distribución de neutro, deben ser idénticas.

Valores calculados

■ Visibles en la rejilla del cálculo

□ Referencia del CPI	Referencia del CPI elegido en IT

Valores visibles en el trazado del cálculo

■ Nivel	■ Contenido
□ X_d directo transitorio (mOhm)	Resistencia directa transitoria (en mOhm)
□ X_o homopolar (mOhm)	Reactancia homopolar (en mOhm)
□ X mono (mOhm)	Reactancia monofásica (en mOhm)
□ I_{cc} max por fuente (kA)	Corriente de cortocircuito máxima Aguas abajo del generador
□ I_b (A)	Corriente nominal del generador en A

Los valores indicados son considerados por fuente.

Cualquier fuente

La fuente cualquiera se utiliza para el estudio de una parte de la red o para representar una entrada BT de un distribuidor de energía.

■ Nivel	■ Contenido
□ Un Fase-Fase (V)	Tensión nominal durante la fase de instalación BT (1) 220-230-240-380-400-415-440-500-525-660-690 V
□ I_{cc} máx. red	Corriente de cortocircuito máximo de red BT Aguas arriba Valor provisto por el administrador de distribución o procedente del cálculo Aguas arriba
□ Cos φ	Valor del cos φ a nivel de conexión
□ Frecuencia de la red	Frecuencia de la red
□ Suministro. Energía	Suministrador de energía
□ Neutro distribuido	Distribución del conductor del neutro (2)
□ Intensidad de derivacion	Intensidad de conexión en red aguas arriba o intensidad de derivacion
□ I_{cc} mín. red	Corriente de cortocircuito mínimo de red Aguas arriba Valor provisto por el administrador de distribución o procedente del cálculo Aguas arriba
□ Régimen del neutro	TT - IT - TNC - TNS Aguas arriba (= definido éste en las características generales)
□ Impedancia del electrodo	Valor de la Impedancia del electrodo de fuente en mOhm Entrada libre
□ Imp., de fuente (mOhm)	Presentada en función del esquema de las conexiones a tierra
□ Impedancia del electrodo	Valor de la Impedancia del electrodo de masa en (mOhm) Entrada libre
□ Imp., de masa (mOhm)	Presentada en función del esquema de las conexiones a tierra

(1) La guía de cálculo CENELEC R064-003 incluye dos coeficientes sobre la tensión nominal:
– $C_{máx.}$: igual a 1.05 para tener en cuenta la tensión vacía del transformador para el cálculo de las corrientes de cortocircuito máximo.
– m: igual a 1,05 para las variaciones de tensión AT.
(2) En el caso del TNC el conductor de protección (PE) y el neutro son confundidos, y considerado como distribuido.

Juego de barras

El juego de barras calculable.
El juego de barras no calculable (o derivación).

Los cables

Parámetros de entrada de primer nivel

■ Nivel	■ Contenido
□ Longitud (m)	Longitud del cable en metros
□ Tipo de instalacion	Modo de instalación de los cables según la NFC 15-100 cuadro 52C Acceso a la ayuda en elección con un doble clic en su casilla de selección
□ Metal conductor	Metal del conductor Cobre - Aluminio
□ Aislante	Naturaleza de la familia del aislante del conductor familia PR: cables aislantes con elastómeros familia PVC: cables aislantes con policloruro de vinilo familia caucho: cables aislantes con caucho
□ Tipo de conductor	Tipo de conductor: Multipolar - Unipolar - Conductor aislante
□ Disposición de los conductores	Disposición de conductores (sólo C15-100) Trébol En plano En plano espaciados (espacio: 1 diámetro de cable)
□ Disposición de los circuitos	Disposición de los circuitos (únicamente para NFC 15 100)
□ Distancia entre líneas	Distancia entre líneas (únicamente para NFC 15 100)
□ Tensión límite (V)	Valor límite de la tensión de contacto en V 50-25
□ Nb. Fase	Número de conductores por fase
□ S. Fase (mm^2)	Sección normalizada de un conductor de fase en mm^2
□ Nb. N	Número de conductores neutros (N)
□ S. N (mm^2)	Sección normalizada del conductor del neutro en mm^2
□ Nb. PE usuario	Número de conductor de protección (PE)
□ S. PE (mm^2)	Sección normalizada del conductor de protección en mm^2

Parámetros de entrada de segundo nivel

■ Nivel	■ Contenido
□ Tipo de PE	Tipo de conductor de protección PE separado - PE incluido - PE nulo
□ Colocación conjunta	Colocación de varios circuitos juntos SÍ-NO La colocación no conjunta implica un espacio entre conductores al menos igual a dos veces el diámetro exterior del conductor o cable más grueso
□ Nb del circuito	Número de circuitos conjuntos (sin contar el circuito que estamos calculando)
□ Número de capas	Número de capas
□ K usuario	Coeficiente libre para el usuario (1)
□ Temperatura ambiente	Temperatura ambiente
□ Delta U máx. línea	Caída de tensión máxima autorizada para el circuito que estamos calculando

(1) En el caso de conductores enterrados (62 - 63) y seguidos.

Los coeficientes tenidos en cuenta por **ECO*dial 3*** tendrán un espacio entre conductores de 0,25 metros. Para que haya otro espacio, introducir el valor en el cuadro cuando se vuelva a los valores del cuadro 52 GK de la NFC 15-100: Distancia entre cable o agrupamiento de 3 cables monoconductores:

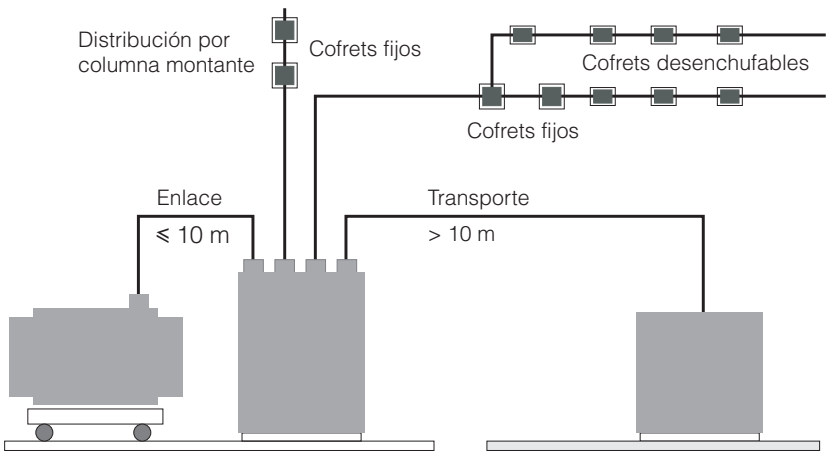
Nb de cable o de circuitos	Distancia entre conductores o circuitos				
	Juntos	U_n O	0,25 m	0,5 m	1,0 m
2	0,9	0,94	1	1,05	1,1
3	0,86	0,91	1	1,07	1,15
4	0,83	0,88	1	1,09	1,19
5	0,8	0,86	1	1,09	1,23
6	0,82	0,88	1	1,15	1,3

Tabla H1-3-054: *coeficientes de corrección en función de la distancia de los conductores.*

Notas:
– **ECO*dial 3*** verifica las compatibilidades entre las informaciones, según las prescripciones de la norma NFC 15-100.
– Los niveles escritos en negrita pueden ser dados por el usuario para imponer el número y la sección de los conductores.
– En el caso del régimen del neutro TNC, el neutro (N) y el conductor de protección (PE) se confundan, **ECO*dial 3*** lo indicará en las casillas del conductor del neutro PE (N).
– La sección del conductor del neutro depende, entre otros, de la elección hecha por el usuario en las características generales.
Si la elección de Sección N = Sección Fase es SI , la sección del neutro será igual a la de las fases, en el caso contrario la base de cálculo para el conductor del neutro será la mitad de la sección de las fases.

Canalizaciones eléctricas prefabricadas de distribución (repartidas)

ECO*dial 3* permite el estudio de los proyectos mediante canalización eléctrica prefabricada CEP.
Para cada tipo de aplicación Ecodial 3 propone el producto adecuado.
En distribución repartida disponemos de 3 aplicaciones:
■ 1. Distribución con cofrets desenchufables: Instalación en evolución, movilidad y evolución de las derivaciones.
■ 2. Distribución con cofrets fijos: Instalación con poca o nula evolución, por ejemplo en la alimentación de lineas secundarias.
■ 3. Distribución por columna montante: distribución vertical con cofrets mono o multisalida.



Cuando se coloca el símbolo CEP de carga repartida **ECOdial 3** abre una hoja de diálogo que permite la elección de la aplicación pero tambien el modo de cálculo asociado. En distribución repartida 2 modos de cálculo son propuestos para el cálculo de la CEP.

■ Distribución repartida:

□ A utilizar cuando la CEP conlleva un gran número de salidas y en particular cuando estas salidas son de circuitos terminales. En este caso no es necesario el declarar el conjunto, con una salida por calibre de cofret es suficiente para dimensionar la protección y el conductor.

□ Se utilizará tambien para dimensionar una CEP cuando no se conoce exactamente el tipo y el número de cofrets que serán conectados. Ulteriormente el cálculo podrá ser afinado declarando las salidas y eligiendo el módulo de cálculo con cualquier carga.

■ Cualquier distribución:

A utilizar para las canalizaciones CEP de media y fuerte potencia cuando el número de salidas y en particular cuando estas salidas son de circuitos de distribución y no de circuitos terminales.

Receptores

Definición de una carga cualquiera en distribución terminal.

■ Nivel	■ Contenido
□ I_b (A)	Corriente nominal del circuito
□ Polaridad del circuito	Polaridad del circuito Tri+N - TRI - Bi - Mono Aguas arriba (= a la polaridad del circuito Aguas arriba)
□ Régimen de neutro	TT - IT - TNC - TNS Aguas arriba (= al régimen de neutro aguas arriba)
□ Potencia (kW)	Potencia nominal del circuito
□ Cos φ	Cos del circuito
□ N.º circuitos idénticos	Número de circuitos idénticos
□ Tipo de corte máx. del	Tiempo de corte máx. del defecto Fase/Tierra defecto Fase/Tierra en TNC/TNS 5 s - < 5 s
□ Fijo / Móvil	Tipo de receptor Fijo (alimentado por una conexión fija) - Móvil (alimentado por una toma por ejemplo)

Notas:

– La polaridad del circuito es fijada por la carga:

Tri+N	Red trifásica con neutro distribuido. Valor impuesto en TNC (PE y N unidos).
Tri	Red trifásica neutra no distribuida.
Bi	Red bifásica.
Mono	Red monofásica.

De esta polaridad depende la protección, el dimensionamiento de los conductores...

– La potencia del circuito y la corriente (Ib) dependen una de otra, el usuario sólo debe dar una información, **ECOdial 3** hará el cálculo del otro valor en función de la polaridad y del coseno de fi.

– Régimen de neutro: permite el paso de TNC a TNS.

Alumbrado

Definición de una carga de tipo alumbrado.

■ Nivel	■ Contenido
□ Alumbrado	Tipo de alumbrado: Tubo flúo - Globo flúo - Sodio BP - Sodio HP - Halógeno - Yodo metálico - Incandescente
□ Número	Número de alumbrados
□ P. unit. Lamp. (W)	Potencia unitaria en Watt de cada alumbrado
□ I_b (A)	Corriente nominal global de la línea

□ Polaridad del circuito	Polaridad del circuito alimentando la línea de alumbrado: Tri+N - Tri - Bi - Mono - Aguas arriba (idéntico al definido en el circuito Aguas arriba) Ecodial 3 mp solo tiene en cuenta los motores trifásicos
□ Cos φ	Cos global del circuito de alumbrado
□ Régimen de neutro	TT - IT - TNC - TNS Aguas arriba (= en régimen de neutro aguas arriba)
□ Potencia (kW)	Potencia global de la línea de alumbrado
□ I_d/I_n	Relación de corrientes a la conexión
□ Coef. conso Apli	Relación entre el consumo global del alumbrado y el consumo propio del alumbrado
□ N.º circuitos idénticos	Número de circuitos idénticos
□ Tipo de corte máx. del defecto Fase/Tierra	Tiempo de corte máx. del defecto Fase/Tierra en TNC/TNS 5 s - < 5 s

En la zona de elección del tipo de aplicación mediante doble clic en la *Designación*, **ECOdial 3** nos propone una guía de valores típicos de calibres, aplicaciones y tipo de canalización prefabricada. Estos valores pueden modificarse manualmente si es necesario.

Nota: estos valores corresponden a una tensión nominal 230 V. En consecuencia, la polaridad del circuito debe adaptarse:
– U (tensión) nominal de la aplicación 400 V mono o Tri + N.
– U (tensión) nominal de la aplicación 230 V Bi o Tri.

Transformadores BT/BT

El transformador BT/BT es utilizado para cambiar de régimen de neutro (ej.: IT) o para cambiar de nivel de tensión (ej.: paso de 400 V trifásico a 230 V trifásico).

■ Nivel	■ Contenido
□ Un f-f secundario (V)	Tensión nominal en fase del secundario del transformador BT/BT 220-230-240-380-400-415-440-500-525-660-690 V
□ Potencia transfo (KVA)	Potencia del transformador en kvA entrada libre
□ Polaridad del circuito	Tri+N - Tri - Bi - Mono Aguas arriba (idéntica a la definida en el circuito Aguas arriba)
□ Régimen de neutro secundario	Régimen de neutro al secundario del transformador BT/ BT TT - IT - TNC - TNS Aguas arriba (= definido éste en las características generales)
□ Neutro distribuido	Distribución del neutro al secundario del transformador BT/ BT SÍ-NO
□ Tensión de corto circuito (%)	Tensión de cortocircuito del transformador valor automáticamente dado según la norma NFC 52 112-1 Si el valor es nulo **ECOdial 3** tiene en cuenta el valor de la tensión de cortocircuito correspondiente a la potencia del transformador
□ Impedancia del electrodo	Valor de la Impedancia del electrodo de fuente en mOhm Entrada libre
□ Imp., de fuente (mOhm)	Presentada en función del esquema de las conexiones a tierra
□ Impedancia del electrodo	Valor de la Impedancia del electrodo de masa en mOhm Entrada libre
□ Imp., de masa (mOhm)	Presentada en función del esquema de las conexiones a tierra

□ Dominio de aplicación	Dominio de aplicación para la elección del CPI en IT Normal - Hospital

Valores calculados

■ Visibles en la rejilla de selección

□ Referencia del CPI	Referencia del CPI elegido en IT

Interruptor automático

Parámetros de entrada de primer nivel

■ Nivel	■ Contenido
□ Gama	Gama de interruptor automático Multi 9 - Compact - Masterpact
□ Designación	Designación técnica del interruptor automático
□ Relé/ curva	Curva de protección del interruptor automático o tipo de relé
□ N.º polos protegidos	Número de polos cortados(xP) y protegidos (xd) 4P4d 4 polos cortados y protegidos 4P3d+Nr 4 polos cortados y 3 polos protegidos más media protección del neutro 3P3d 3 polos cortados y protegidos 2P2d 2 polos cortados y protegidos 1P1d 1 polo cortado y protegido
□ Prot. diferencial	Presencia de una protección diferencial SÍ - NO
□ I regulacion térmica (A)	Valor de reglaje de la protección térmica (valor de reglaje según la carga a proteger)
□ I regulacion magnética (A)	Valor de reglaje de la protección magnética
□ Calibre nominal	Valor del calibre máximo del tipo de interruptor automático elegido
□ Calibre	Calibre de la protección
□ Instalación	Tipo de instalación Fija - Desenchufable
□ Integración al aparato de	Integración del DDR al aparato de protección
□ Clase	Clase del DDR A - AC - SI
□ Descripción de la protección diferencial	Descripción del DDR elegido
□ Sensibilidad	Umbral de salto sobre corriente de fuga
□ Escalón de temporización	Regulación de la temporización del DDR
□ Protección complementaria	Protección complementaria contra los contactos directos SÍ - NO
Contra los contactos directos	En tal caso, la protección diferencial está regulada en 30 mA Inst
Protección contra los incendios	Protección contra los incendios SÍ - NO En tal caso, la protección diferencial tendrá un umbral < 500 mA y una temporización de 50 ms o 90 ms

En el cálculo de la protección de personas **ECO*dial 3*** disminuirá automáticamente el valor del reglaje magnético (si se puede regular) a un valor inferior al que hay por defecto.

Si ésta no fuera suficiente o si el magnético del aparato no se puede reglar, **ECO*dial 3*** aumentará la sección de los conductores. Aparecerá entonces durante el trazado del cálculo un mensaje de optimización solicitando disminuir el valor de reglaje del magnético o de poner una protección diferencial.

Cómo disminuir la protección magnética

□ Gama Compact: para aprovechar la regulación del magnético, seleccionar manualmente (haciendo un clic dos veces en la zona de selección del disparador) una unidad de control electrónica (gama STR xx) y después poner como valor la regulación del magnético el valor indicado en el trazado del cálculo.

□ Gama multi 9: elegir manualmente una curva B.

Regulación I_m	Valor de la regulación sobre la cara anterior del aparato de la protección magnética
Regulación I_r	Valor de la regulación sobre la cara
Regulación I_o	anterior del aparato de la protección térmica
Telemando	Telemando Sin - Con

Protección y mando

Parámetros de entrada de primer nivel

■ Nivel	■ Contenido
□ Gama	Gama de interruptor automático multi 9 - Compact - Masterpact - GV - Integral
□ Designación	Designación técnica del interruptor automático
□ Relé/curva	Curva de protección del interruptor automático o tipo de relé
□ Contactor	Referencia del contactor (definido en función del tipo de asociación definida en motor)
□ Relés térmicos	Referencia de los relés térmicos (definido en función del tipo de asociación definida en motor)
□ Prot. diferencial	Presencia de una protección diferencial SÍ - NO
□ Protección térmica	Tipo de protección térmica: Incluido: incluido en el interruptor automático separado: asegurado por relés térmicos
□ N.º polos protegidos	Número de polos cortados (xP) y protegidos (xd) 4P4d 4 polos cortados y protegidos 4P3d+Nr 4 polos cortados y 3 polos protegidos, más la mitad de la protección del neutro 3P3d 3 polos cortados y protegidos 2P2d 2 polos cortados y protegidos 1P1d 1 polo cortado y protegido
□ I regulación térmico (A)	Valor de reglaje de la protección térmica (valor de reglaje según la carga a proteger)
□ I regulación magnético (A)	Valor de reglaje de la protección magnética
□ Calibre	Calibre de la protección
□ Calibre nominal	Valor del calibre máximo del tipo de interruptor automático elegido

Parámetros de entrada de segundo nivel

□ Regulación Im	Valor del escalón de regulación en el frontal del aparato de la protección magnética
□ Regulación Ir	Valor de los crans de regulación en el frontal
□ Regulación Io	del aparato de la protección térmica
□ Telemando	Selección de un telemando Sin - Con

Interruptor

Prot. diferencial	Presencia de una protección diferencial
N.º de polos	Número de polos cortados
Interruptor	Referencia del interruptor

El juego de barras no calculable (o derivación)

Este juego de barras no calculable (impedancia nula) permite colocar las derivaciones bajo un circuito.
Para colocar un juego de barras no calculable, poner un circuito “Juego de barras” sobre el esquema, después modificar la composición del circuito si es necesario, para pasar de un juego de barras calculable a una derivación.

Reenvío de proyecto aguas arriba

Parámetros de entrada de primer nivel

■ Designación	■ Contenido
□ Proyecto Aguas arriba	Nombre del proyecto Aguas arriba
□ Circuito Aguas arriba	Nombre del circuito del proyecto Aguas arriba
□ Actualización del reenvío	Actualización a efectuar (SÍ/NO) seguida de una modificación del proyecto Aguas arriba

Características generales

La primera pantalla de **ECO*dial 3*** pide las características generales para el estudio de la red Baja Tensión.

□ Un Fase-Fase (V)	Tensión nominal entre fase de la instalación BT 220-230-240-380-400-415-440-500-525-660-690 V
□ Régimen de neutro	Régimen de neutro de la instalación BT TT - IT - TNC - TNS
□ Filiación solicitada	Elección del material utilizando la técnica de filiación SÍ - NO
□ Selectividad solicitada	Elección del material, puesta en marcha la selectividad SÍ - NO
□ Sección máxima autorizada	Sección máxima autorizada por los conductores en mm^2: 95 - 120 - 150 185 - 240 - 300 - 400 - 500 - 630
□ Sección N / Sección Fase	Impone sección del neutro igual a la sección de las fases. 1.º
□ Tolerancia sección	Tolerancia sobre la elección de la sección normalizada de los conductores. Valor libre entre 0 y 5%
□ Cos φ global esperado	Valor del cos fi por defecto (teniendo en cuenta entonces el cálculo de las caídas de tensión)
□ Frecuencia de red	Frecuencia de la red (en Hz) 50-60

Notas:
– Para memorizar esos valores para otros estudios hacer un clic sobre el botón *Por defecto*.
– Para estudiar una variante (por ejemplo, estudio con otro régimen de neutro) cambiar el valor a ese nivel y relanzar un cálculo.

Motor

Definición de un motor trifásico.

Parámetros de entrada de primer nivel

■ Nivel	■ Contenido
□ Potencia mecánica (kW)	Potencia mecánica nominal del motor en kW
□ Rendimiento motor	Rendimiento motor Relación entre la potencia mecánica y la potencia eléctrica absorbida (kVA)

□ I_b (A)	Corriente nominal absorbida por el motor
□ I de arranque	Corriente de arranque motor (sirve de base al cálculo de la caída de tensión en el arranque (limitado a 10 %)
□ Cos fi	Cos nominal del motor
□ Polaridad del circuito	Polaridad del circuito alimentando el motor Tri+N - Tri - Bi - Mono Aguas arriba (idéntica a la definida en el circuito Aguas arriba) **ECO*dial 3*** sólo tiene en cuenta los motores trifásicos
□ Régimen de neutro	TT - IT - TNC - TNS Aguas arriba (= en régimen de neutro Aguas arriba)
□ Potencia (kW)	Potencia eléctrica
□ Tipo de coordinación	Tipo de coordinación para el aparellaje de protección y de mando Tipo1 - Tipo 2
□ Tipo de arranque	Modo de arranque del motor Directo - Estrella triángulo (1) - Electrónico
□ N.º circuitos idénticos	Número de circuitos idénticos
□ Tipo de corte máx. del defecto Fase/Tierra	Tiempo de corte max del defecto Fase/Tierra en TNC/TNS 5 s - < 5 s

En la zona de selección de la potencia mecánica, hacer un doble clic, **ECO*dial 3*** propone una base de datos de las características estándar motor. Seleccionar la potencia motor deseada, y hacer un clic sobre OK, la rejilla de selección se llenará automáticamente.
Los valores pueden ser modificados manualmente.

Parámetros de entrada de segundo nivel.

Clase de arranque	Clase de aparellaje de protección y de mando: estándar (clase 10) - largo (clase 20) (2)

(1) Tomado en cuenta para el cálculo de la corriente de arranque y del mismo modo para la caída de tensión generada por el arranque.
(2) Tomado en cuenta para la elección del aparellaje.

3.4. Principios de la protección de los circuitos contra las sobreintensidades

El principio

■ Consiste en disponer en el origen del circuito de un aparato de protección que:
□ Desconecte en caso de sobreintensidad en un tiempo menor a la característica I^2t de la conducción.
□ No desconecte al paso de la corriente de empleo I_B del circuito o una fracción de ella.
■ Para los cortocircuitos inferiores a 5 segundos, la característica del conductor aislado es muy próxima a la fórmula

$$I^2 \cdot t = K^2 \cdot S^2$$

que expresa que el calor aportado al conductor, por la energía de cortocircuito, es proporcional al cuadrado de la sección del mismo.

t = el tiempo de duración del cortocircuito en segundos.
S = la sección del conductor en mm^2.
I = la corriente eficaz de cortocircuito en A.

K = constante característica del conductor aislado (los valores de K^2 se indican en la tabla H1-3-039, pág. H1/106).

Para un mismo conductor aislado, la intensidad admisible varía en función del ambiente. Por ejemplo, para una temperatura ambiental elevada:

($\theta_{a1} > \theta_{a2}$), I_{z1} es inferior a I_{z2}

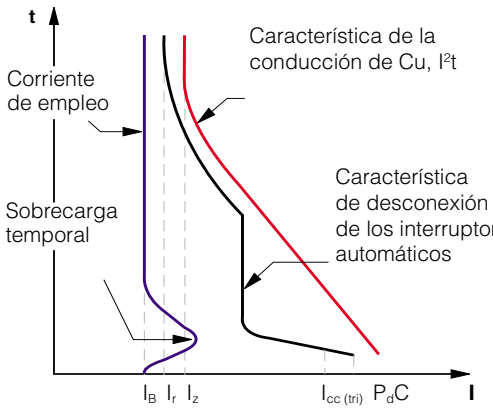


Fig. H1-3-055: *principio de la protección de un circuito con interruptor automático.*

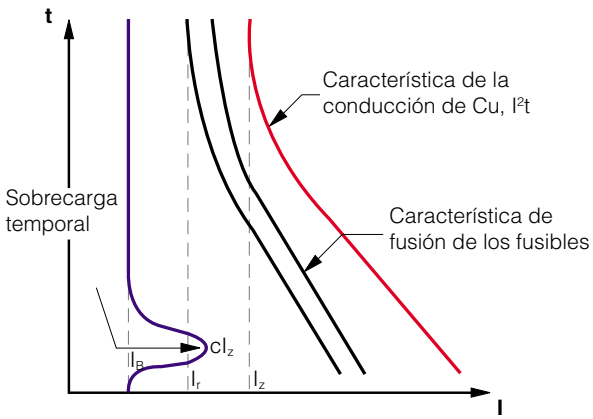


Fig. H1-3-056: *principio de protección de un circuito con fusibles.*

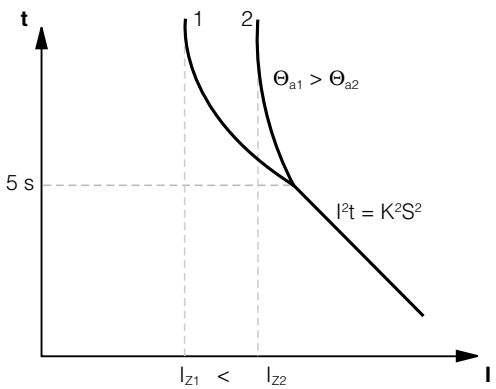


Fig. H1-3-057: *característica I^2t de un conductor en función de la temperatura ambiente.*

Determinación de la protección

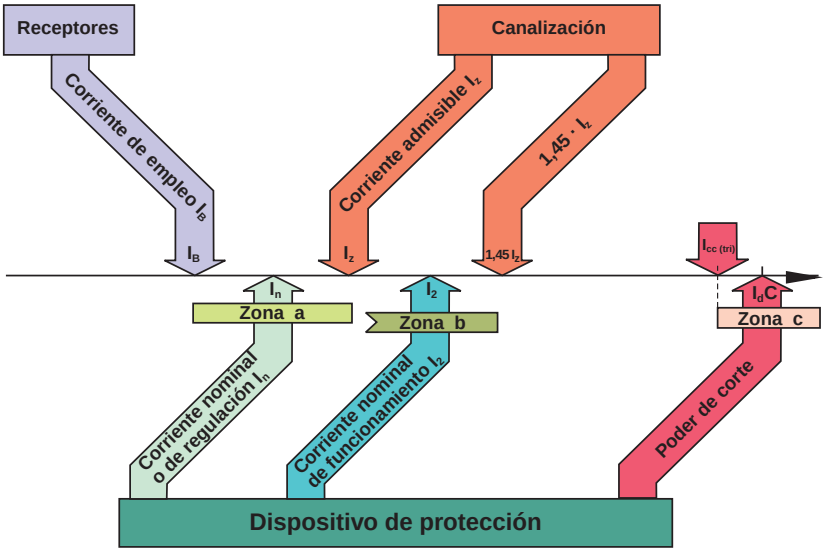


Fig. H1-3-058: *diagrama de las corrientes definitorias de la protección.*

Regla general

$I_B \leqslant I_n \leqslant I_Z$ zona a

$I_2 \leqslant 1{,}45\ I_z$ zona b

$P_dC \geqslant I_{cc\ (tri)}$ zona c

En conformidad con las reglas del buen hacer (Normativa UNE-EN), un dispositivo de protección, interruptor automático o fusible, asegura correctamente su función de protección si:
Su corriente nominal o de regulación I_n se sitúa entre la corriente de empleo I_B y la corriente admisible de la conducción, I_z, que corresponde a la zona a de la fig. H1-3-058.

$$I_B \leqslant I_n \leqslant I_Z$$

Su corriente convencional de desconexión I_2 es inferior a 1,45 I_z, que corresponde a la zona b de la fig. H1-3-058:

■ Para interruptores automáticos de uso doméstico:

$$I_2 < 1{,}45\ I_z$$

■ Para interruptores automáticos de uso industrial:

$$I_2 < 1{,}30\ I_z$$

■ Para fusibles, I_2 es la corriente que asegura la fusión del fusible en un tiempo convencional de 1 o 2 h, denominada corriente de fusión I_f.

Su poder de corte ha de ser superior a la corriente máxima de cortocircuito trifásico del punto de instalación, que corresponde a la zona c de la fig. H1-3-058:

$$P_dC \geqslant I_{cc\ (tri)}$$

Dispositivos de protección contra las sobreintensidades

Disposiciones generales

Las bases de cortacircuitos para fusibles por tornillería debe conectarse de forma que el contacto central se encuentre en el lado del origen de la instalación.
Las bases de cortacircuitos para fusibles de clavija deben disponer de formas que excluyan las posibilidades de establecer contactos entre partes conductoras de bases adyacentes.
Los cortacircuitos fusibles que se instalen en locales distintos de los reservados al servicio eléctrico deben de ser de un modelo tal, que el reemplazamiento de un fusible pueda efectuarse con tensión y sin peligro.
Donde los fusibles sean susceptibles de reemplazamiento por personas no expertas (BA4) o cualificadas (BA5) serán, preferentemente, de un modelo tal que su reemplazamiento no pueda efectuarse, por error, con un fusible de intensidad nominal más elevada.
Los interruptores automáticos cuya maniobra pueda efectuarse por personas no expertas (BA4) o cualificadas (BA5) deben diseñarse o instalarse de forma que no puedan modificarse la regulación de sus relés de sobreintensidad involuntariamente, necesitando para ello el uso de un útil o herramienta apropiada o indicando claramente los trazos visibles de la modificación de su regulación.

Elección de los dispositivos de protección contra sobrecargas

La intensidad nominal (o de regulación) de un dispositivo de protección debe elegirse de acuerdo a la fig. H1-3-058: diagrama de las corrientes definitorias de la protección.

Elección de los dispositivos de protección contra cortocircuitos

La intensidad de cortocircuito mínima prevista es, generalmente, la que corresponde a un defecto franco que se produce en el punto más alejado de la canalización protegida.
La aplicación de las reglas del apartado 3 del capítulo H1 “El dimensionado de las conducciones y sus protecciones a los efectos de las sobreintensidades”, pág. H1/61, nos conduce a las siguientes condiciones para los fusibles e interruptores automáticos, teniendo en cuenta sus características:
a) Fusibles.
La intensidad de cortocircuito mínima prevista I_{cc}, debe ser, como mínimo igual a la fig. H1-3-057, pág. H1/135: principio de protección de un circuito con fusibles, H1-3-056, pág. H1/135.
b) Interruptores automáticos.
En los interruptores automáticos deben respetarse dos condiciones:
■ La corriente de cortocircuito mínima prevista I_{cc} debe ser, al menos, igual a I_a, según se indica en la fig. H1-3-056, pág. H1/135: principio de la protección de un circuito con interruptor automático H1-3-057, pág. H1/135.

Consideraciones comunes a los fusibles y a los interruptores automáticos

Cuando las características de funcionamiento del fusible o la del interruptor automático, se encuentran por debajo de la curva característica de los conductores, para tiempos inferiores a 5 s, la intensidad I_a se toma igual a la intensidad de funcionamiento del dispositivo de protección en 5 s.
Para las intensidades de cortocircuito donde la duración es superior en varios ciclos, la potencia que circula I^2t por el dispositivo de protección puede calcularse multiplicando el cuadrado del valor eficaz de la intensidad de la característica de funcionamiento I(t) del dispositivo de protección por el tiempo de funcionamiento (t).
Para las intensidades de cortocircuito de muy corta duración hay que referirse a las características I^2t facilitadas por el fabricante.

Protección con interruptores automáticos

Criterio de elección de un interruptor automático:

$$I_B \leqslant I_n \text{ (o } I_r) \leqslant I_z$$

$$P_dC \geqslant I_{cc\ (tri)}$$

Independientemente de la gran precisión de los interruptores automáticos en las características de desconexión, donde I_2 siempre es inferior a 1,45 I_n o 1,45 I_r (I_r = intensidad de regulación) y, en consecuencia, el cumplimiento de las condiciones de la zona b.

■ Caso particular.

Si el interruptor automático no asegura por igual la protección de todas las sobrecargas, es necesario asegurar como mínimo que es capaz de desconectar en caso del cortocircuito más suave. Dentro del apartado 3.1, en la pág. H1/65, trataremos este tema de forma más precisa.

Protección con fusibles

Criterio de elección de un fusible:

$$I_B \leqslant I_n \leqslant \frac{I_z}{K_3}$$

$$P_dC \geqslant I_{cc\ (tri)}$$

Debemos tener en consideración que I_2 es la corriente de fusión del fusible que equivale a K_2 (1,6 a 1,9 I_n) veces la intensidad nominal del fusible:

$$I_2 = K_2 \cdot I_n$$

■ Hay autores que utilizan el coeficiente K_3, que corresponde a:

$$K_3 = \frac{K_2}{1{,}45}$$

□ La condición:

$$I_2 \leqslant 1{,}45\ I_z$$

es respetada si:

$$I_n \leqslant \frac{I_z}{K_3}$$

■ Para los fusibles gI:

$I_n \leqslant 10$ A $\quad K_3 = 1{,}31$

$10\ A \leqslant I_n \leqslant 25$ A $\quad K_3 = 1{,}21$

$I_n > 25$ A $\quad K_3 = 1{,}10$

podemos asegurar que el poder de corte es superior a:

$$P_dC \geqslant I_{cc\ (tri)}$$

Aplicación de las medidas de protección contra las sobreintensidades

Emplazamiento de las protecciones

Un aparato de protección debe instalarse, generalmente, al origen de la línea o derivación.

Regla general

Al origen de cada línea o derivación, con cambio de sección o de forma de distribución, o de entorno y correspondiente a una disminución de la intensidad admisible, debemos instalar un aparato de protección.

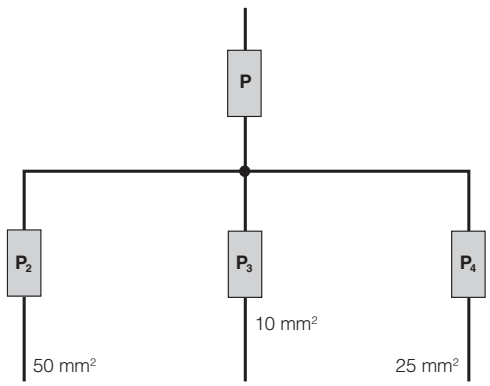


Fig. H1-3-059: *ejemplo de situación de los aparatos de protección.*

A. Protección contra las corrientes de sobrecarga:

A.1. Emplazamiento de los dispositivos de protección contra las sobrecargas:

■ A.1.1. Debe colocarse un dispositivo que asegure la protección contra las sobrecargas en los puntos de la instalación donde se produzca una reducción del valor de la corriente admisible en los conductores, por ejemplo un cambio de sección, de naturaleza, de modo de la instalación o construcción, a excepción de los casos del apartado (A.1.2 y A.2).

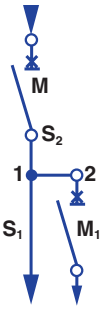
■ A.1.2. El dispositivo que proteja una canalización contra las sobrecargas puede colocarse en el recorrido de esta canalización si la parte de canalización comprendida entre, por una parte, el cambio de sección, de naturaleza, de forma de instalación o de constitución y, por otra, el dispositivo de protección, no contiene ni derivación, ni toma de corriente y responde a uno de los siguientes casos:

□ Está protegida contra los cortocircuitos conforme a las prescripciones enunciadas en el apartado “Protección contra las corrientes de cortocircuito”, pág. H1/66.

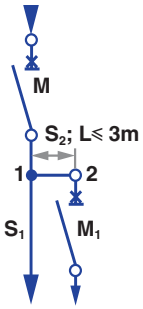
□ Su longitud no es superior a 3 m, está realizada de forma que reduzca al mínimo el riesgo de un cortocircuito y no está situado junto a materiales combustibles (ver apartado B.2.1 en la página H1/142).

B.1. Emplazamiento del dispositivo de protección contra los cortocircuitos

Un dispositivo que asegure la protección contra los cortocircuitos debe colocarse en el lugar donde una reducción de sección de los conductores, o cual-



Nota: en la figura adjunta, el dispositivo de protección M es capaz de proteger igualmente la sección S_1 como la S_2.



Nota: en la figura adjunta, el dispositivo de protección M es capaz de proteger igualmente la sección S_1 como la S_2, si esta no genera una impedancia eleveda, dimensionada en este caso por una longitud de 3 m del conductor S_2.

Fig. H1-3-060: *emplazamiento de los dispositivos de protección contra las sobrecargas en cambios de sección de las canalizaciones.*

quier otro cambio entrañe una modificación de las características definidas en el apartado (A.1.1), a excepción de los casos mencionados en los apartados siguientes (B.2 y B.3).

Sin necesidad de protección específica:

■ El dispositivo de protección aguas arriba P_1 está calibrado para proteger, contra las sobrecargas y los cortocircuitos, un cable de sección correspondiente al ramal S_2.

■ El corte de un circuito presenta un riesgo importante:

□ Circuitos de excitación de máquinas de rotación.

□ Inducidos de máquinas de corriente alterna.

□ Alimentación de electroimanes destinados a elevación o manutención.

□ Secundarios de transformadores de corriente.

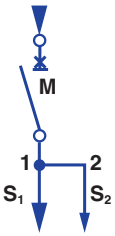


Fig. H1-3-061: *ramales sin necisidad de protección.*

A.2. Omisión de protección contra las sobrecargas:

■ Los diferentes casos enunciados en este apartado no deben aplicarse en las instalaciones situadas en los locales (o emplazamientos) que presenten riesgos de incendios o de explosión, y cuando las reglas particulares en ciertos locales especifiquen condiciones diferentes.

■ Se admite no prever protección contra las sobrecargas:

□ En una canalización situada aguas abajo de un cambio de sección, de naturaleza, de forma de instalación o de construcción, y que esté, efectivamente, protegida contra las sobrecargas por un dispositivo de protección situado aguas arriba.

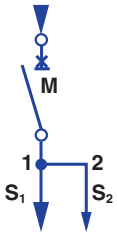


Fig. H1-3-062: *situaciones en que no es imperativa la situación de una protección contra las sobreintensidades, en un cambio de sección.*

Nota: en la figura adjunta, el dispositivo de protección M es capaz de proteger igualmente la sección S_1 como la S_2.

□ En una canalización que no es susceptible de ser recorrida por corrientes de sobrecarga, a condición de que esté protegida contra los cortocircuitos de conformidad al apartado “Protección contra las corrientes de cortocircuito”, pág. H1/66, y que no incluya ni derivación ni toma de corrientes.

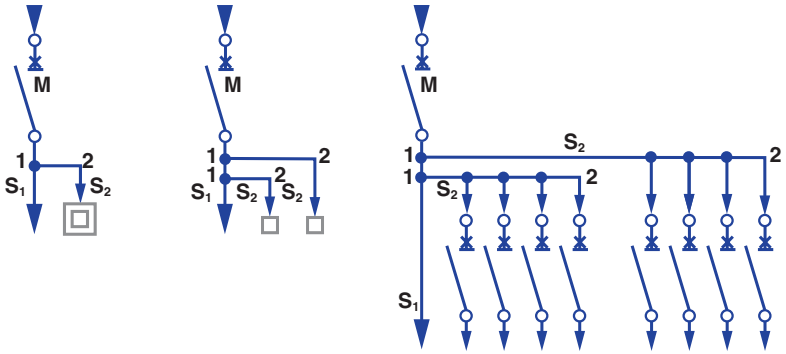


Fig. (I) Fig. (II) Fig. (III)

Fig. H1-3-063: *situaciones en que no es imperativa la situación de una protección contra las sobreintensidades por sobredimensionamiento o por falta de capacidad de sobrecargas.*

Notas:
– En la figura adjunta (I). Canalización que alimenta un equipo de utilización que dispone de protección contra las sobrecargas incorporado, a menos que el dispositivo de protección del equipo sea apropiado a la canalización.
– En la figura adjunta (II). Canalización que alimenta un equipo de utilización conectado de forma fija, no susceptible de producir sobrecargas, y no protegido contra las sobrecargas, la corriente de utilización de este equipo no será superior a la corriente admisible en la canalización.
– Los aparatos de calentamiento (calentadores de agua, radiadores, cocinas) son ejemplos de aparatos no susceptibles de producir sobrecargas.
– Una toma de corriente es un punto susceptible de dar lugar a sobrecargas.
– Un motor cuya corriente a rotor frenado no es superior a la corriente admisible en la canalización se considera como no susceptible de producir sobrecargas.
Los equipos A no son susceptibles de dar lugar a sobrecargas, las canalizaciones (1-2) no necesitan protección.
– En la figura adjunta (III). Canalización que alimenta varias derivaciones protegidas individualmente contra sobrecargas, a menos que la suma de las corrientes nominales de los dispositivos de protección de las derivaciones sea inferior a la corriente nominal del dispositivo que protegería contra las sobrecargas la canalización considerada.
– Las canalizaciones (1-2) no pueden estar sometidas a sobrecargas, siendo determinada la sección S_2 en función de la suma de las corrientes absorvidas por las derivaciones en (2).

□ Sobre las instalaciones de telecomunicación, control, señalización y análogas.
□ En algunas líneas subterráneas o líneas aéreas en las que las sobrecargas no representan ningún peligro.

A.3. Emplazamiento u omisión de protección contra las sobrecargas en el esquema IT

Las posibilidades de desplazar o de omitir la colocación del dispositivo de protección contra las sobrecargas, previstas en los apartados (A.1.1. y A.1.2), no son aplicables en el esquema IT, a menos que cada circuito no protegido contra las sobrecargas esté protegido por una medida de protección siguiente:
■ Utilización de medidas de protección correspondientes al apartado "Protección empleando materiales de clase II o mediante aislamiento equivalente", pág. G/53.
■ Protección de cada circuito por un dispositivo de protección de corriente diferencial residual, que actúe a partir del segundo defecto.
■ Utilización de un controlador permanente de aislamiento que actúe o:
□ Seccionando el circuito al primer defecto.
□ Seccionando el circuito al segundo defecto y avisando al primer defecto para poder ser eliminado y asumiendo las medidas necesarias de conformidad al riesgo ocasionado.

A.4. Casos en los que se recomienda omitir la protección contra las sobrecargas por razones de seguridad

Se recomienda no colocar dispositivos de protección contra las sobrecargas sobre los circuitos que alimentan los equipos, en el caso que la apertura inesperada del circuito pueda causar peligros.
■ Ejemplos de tales casos son:
□ Los circuitos de excitación de máquinas giratorias.
□ Los circuitos de alimentación de electroimanes de manipulación o de elevación.
□ Los circuitos secundarios de los transformadores de intensidad.
□ Los circuitos que alimentan los dispositivos de extinción de incendios.

Nota: en tales casos puede ser útil un dispositivo de aviso de las sobrecargas.

B.2. Desplazamientos del dispositivo de protección contra los cortocircuitos

Los diferentes casos enunciados en este apartado no deben ser aplicados en las instalaciones situadas en los locales (o emplazamientos) que presenten riesgos de incendios o de explosión y cuando las reglas particulares de ciertos locales especifiquen condiciones diferentes.

Nota: las reglas particulares serán definidas en cada tipo de instalación.

Se admite no colocar dispositivos de protección contra los cortocircuitos en un lugar tal como se define en el apartado (B.1) y en los casos enunciados en los dos apartados siguientes (B.2.1 y B.2.2)
■ B.2.1. La parte de canalización comprendida entre, por una parte, la reducción de sección u otro cambio y el dispositivo de protección, por otra parte, y si responde simultáneamente a las tres siguientes condiciones:
□ Su longitud no es superior a 3 m.
□ Está realizada de forma que reduzca al mínimo el riesgo de un cortocircuito.

Nota: esta condición puede obtenerse, por ejemplo, por un refuerzo de las protecciones de la canalización contra las influencias externas.

□ Está dispuesta de forma que reduzca al mínimo los riesgos de incendio, o de peligro para las personas.

■ B.2.2. Un dispositivo de protección situado aguas arriba de la reducción de sección u otro cambio posee una característica de funcionamiento tal que proteje contra los cortocircuitos, de conformidad al segudo párrafo del apartado "Características de los dispositivos de protección contra los cortocircuitos", pág. H1/66).
□ La prescripción del apartado puede cumplirse utilizando el método siguiente:

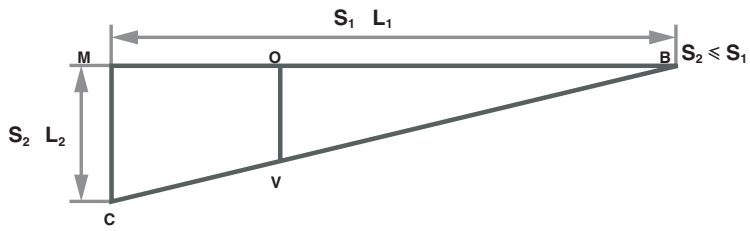


Fig. H1-3-064: *condiciones a cumplir por un dispositivo de protección contra los cortocircuitos situado aguas arriba de un cambio de sección.*

□ La longitud de la canalización situada aguas abajo, de sección S_2, no debe ser superior a la determinada por el siguiente diagrama triangular:
– MB = L_1 Longitud máxima de canalización de sección S_1, protegida contra los cortocircuitos por el dispositivo de protección colocado en M.
– MC = L_2 Longitud máxima de canalización de sección S_2 protegida contra los cortocircuitos por el dispositivo de protección colocado en M.
La longitud máxima de canalización derivada en O, de sección S_2, protegida contra los cortocircuitos por el dispositivo colocado en M, viene dada por la longitud OV.

Notas:
– Este método puede aplicarse igualmente al caso de tres canalizaciones sucesivas de secciones diferentes.
– Cuando, para la sección S_2, las longitudes de canalizaciones difieren según la naturaleza de aislamiento, el método es aplicable tomando como longitud: MB = $L_2 \cdot S_1/S_2$ cuando, para la sección S_2, las longitudes de canalizaciones son las mismas, cualquiera que sea la naturaleza del aislamiento, el método es aplicable tomando como longitud: MB = L_1.

B.3. Casos donde se puede omitir la protección contra los cortocircuitos

Se puede omitir la protección contra los cortocircuitos en los siguientes casos:
■ Canalizaciones que unen las máquinas generadoras, los transformadores, los rectificadores, las baterías de acumuladores a los paneles de control correspondientes, estando situados los dispositivos de protección en estos paneles.
■ Circuitos cuyo corte podría entrañar peligros para el funcionamiento de las instalaciones afectadas, tales como los citados en el apartado (A.4).
■ Ciertos circuitos de medida; con la condición de que se cumplan, simultáneamente, los dos requisitos siguientes:
□ La canalización se realiza de forma que reduzca al mínimo el peligro de incendio (ver la segunda condición del apartado B.2.1).
□ La canalización no debe situarse junto a materiales combustibles.

Cables en paralelo

Los conductores de la misma sección, de la misma longitud y del mismo tipo, pueden ser usados en paralelo.

La corriente admisible de la unión de los conductores es la suma de las corrientes admisibles en cada uno de los conductores, determinada, nominalmente, en función del tipo de canalización y forma de colocación.
Las protecciones contra las sobrecargas y los cortocircuitos se aseguran con un solo dispositivo de protección.
Las siguientes precauciones se deben tomar a lo largo del recorrido de los cables:
■ Reforzar la protección mecánica y contra la humedad, con ayuda de una protección complementaria.
■ Evitar la proximidad de materiales combustibles.

A.5. Protección contra la sobrecarga de los conductores en paralelo
Si un solo dispositivo de protección sirve para la protección de varios conductores en paralelo, no deben existir derivaciones, seccionadores o dispositivos de corte en los conductores en paralelo.
Este apartado no se refiere a los circuitos de bucle.
El reparto de la corriente entre los conductores en paralelo es función de su impedancia.
Para los conductores unipolares de gran sección, la componente inductiva de la impedancia es superior a la resistiva, teniendo mas influencia la inductancia que la resistencia en el reparto de la corriente.
La componente inductiva depende de la situación física y de la naturaleza del entorno relativo para cada conductor. Si, por ejemplo, un circuito lleva dos conductores, de sección importante por fase, de la misma longitud, de las mismas características de construcción y sección, si tenemos una disposición desfavorable (por ejemplo cables de cada fase agrupados), el reparto de la corriente puede ser 70%/30% en vez de 50%/50%.
■ A.5.1. Conductores en paralelo con intensidades de circulación prácticamente iguales.
Si un solo dispositivo de protección actúa sobre varios conductores en paralelo, con un reparto de la intensidad prácticamente igual, el valor de la corriente I_Z a utilizar en el apartado “Coordinación entre los conductores y los dispositivos de protección”, pág. H1/65, es la suma de las corrientes admisibles en los diversos conductores.
Se supone que el reparto de la intensidad es prácticamente igual en todos los conductores cuando los conductores son del mismo material, la misma sección, aproximadamente la misma longitud, y no hay derivaciones a lo largo de su recorrido.
■ A.5.2. Conductores en paralelo con intensidades de circulación no iguales.
Si la utilización de un solo conductor por fase no es posible y si las corrientes en los conductores en paralelo no son iguales (por ejemplo con diferencias superiores al 10 %), la corriente prevista y las prescripciones de protección contra las sobrecargas en cada conductor deben ser consideradas de forma individual.
La corriente en cada conductor puede calcularse partiendo de la carga total y de la impedancia de cada conductor.
Para un número total de conductores (m) en paralelo, la corriente I_{Bk} del conductor (k), se obtiene por:

$$I_{Bk} = \frac{I_B}{\left(\frac{Z_k}{Z_1} + \frac{Z_k}{Z_2} + \ldots + \frac{Z_k}{Z_{k-1}} + \frac{Z_k}{Z_k} + \frac{Z_k}{Z_{k+1}} + \ldots + \frac{Z_k}{Z_m}\right)}$$

donde:

I_B es la corriente de empleo del circuito.
I_{Bk} es la corriente en el conductor k.
Z_k es la impedancia del conductor k.
Z_1 y Z_m son las impedancias respectivas de los conductores de (1) a (m).

Para los cables unipolares, la impedancia depende de las posiciones relativas a los cables así como su naturaleza, por ejemplo apantallados o no. Los métodos de cálculo de las impedancias son complicados por la propia función del entorno. Es recomendable conocer la intensidad de reparto en cada conductor por medición.
Atendiendo el apartado “Coordinación entre los conductores y los dispositivos de protección”, pág. H1/65, tendremos:
– La corriente prevista I_{Bk}: $I_{Bk} \leq I_n \leq I_{Zk}$
– El valor utilizado para I_Z:
□ Si la corriente admisible de cada conductor es I_{Zk}, y se instala un dispositivo de protección para cada conductor, debemos considerar: $I_{Bk} \leq I_{nk} \leq I_{Zk}$.
□ Si la suma de las corrientes admisibles en cada conductor, ΣI_{Zk}, y se instala un solo dispositivo de protección , debemos considerar: $I_B \leq I_n \leq \Sigma I_{Zk}$
donde:

I_{nk} es la corriente asignada al dispositivo de protección del cable (k).
I_{zk} es la corriente admisible del conductor (k).
I_n es la corriente asignada del dispositivo de protección.
ΣI_{Zk} es la suma de corrientes admisibles de los (m) conductores en paralelo.

□ Protección individualizada. □ Protección colectiva.

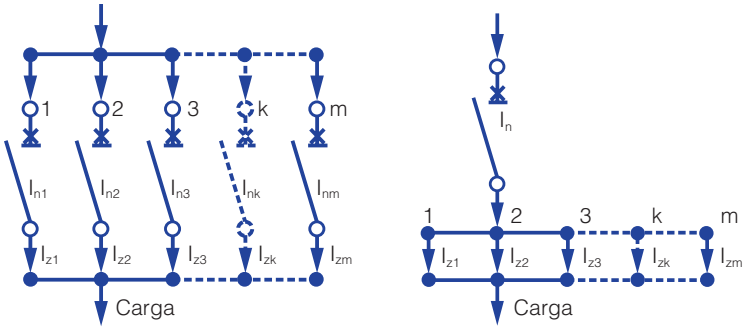


Fig. H1-3-065: *protecciones contra las sobrecargas en conductores en paralelo.*

Nota: *para las canalizaciones prefabricadas, las indicaciones deben ser dadas por los constructores de conformidad a la UNE-EN 60439.*

A.6. Protección contra los cortocircuitos de conductores en paralelo.

Puesto que los conductores están conectados en paralelo, debemos considerar la eventualidad de un cortocircuito entre los conductores.
Si dos conductores están conectados en paralelo, y si el funcionamiento de un solo dispositivo de protección no puede asegurar la protección, entonces es conveniente colocar un dispositivo de protección para cada conductor.
Si más de dos conductores son conectados en paralelo, pueden existir múltiples defectos, puede ser necesario prever una protección contra los cortocircuitos a cada cabecera de cada conductor en paralelo.

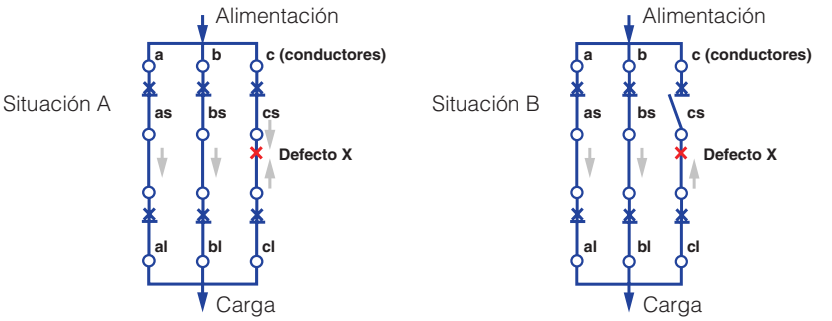


Fig. H1-3-066: *protección contra cortocircuitos de los conductores en paralelo, situaciones en caso de defecto.*

La fig. H1-3-066 situación A, muestra que, si aparece un defecto en el conductor (c) en el punto (x), la corriente de defecto circula por todos los conductores. El valor y la parte de corriente de defecto circulante a través de los dispositivos de protección (cs) y (cl) depende del emplazamiento del defecto.
En el caso del ejemplo se observa que la mayor parte de la corriente de defecto circula a través de (cs).
La fig. H1-3-066 situación B, muestra que después de desconectar la protección (cs), el defecto del punto (x) continua siendo alimentado a través de los conductores (a) y (b), y se repartirá inversamente en función de su propia impedancia. Lo más probable la mitad para cada uno, pudiendo ser que esta cantidad de intensidad de defecto no sea suficiente para desconectar sus dispositivos de protección en el tiempo adecuado.
En este caso el dispositivo (cl) es necesario, él debe desconectar aunque la corriente circulante por cl sea inferior a la que circule por (cs).
Si el defecto (x) se sitúa más cerca de (cl) que de (cs) el proceso descrito sería inverso.
La misma situación tendríamos si el defecto (x) estuviera en los conductores (a) o (b), por tanto los dispositivos de protección (al) y (bl) son necesarios.

Disposiciones según la naturaleza de los circuitos

C.1. Protección de los conductores de fase:

■ C.1.1. La detección de sobreintensidades debe preverse sobre todos los conductores de fase; debe provocar el corte del conductor en el que la sobreintensidad es detectada, pero no debe provocar necesariamente el corte de los otros conductores activos, a excepción del caso mencionado en el apartado (C.2).

■ C.1.2. En el esquema TT, sobre los circuitos alimentados entre fases y en los que el conductor neutro no es distribuido, la detección de sobreintensidad puede no estar prevista sobre uno de los conductores de fase, con la condición de que las cláusulas siguientes se cumplan simultáneamente:

□ Existe, sobre el mismo circuito por delante, una protección de corriente diferencial residual que debe provocar el corte de todos los conductores de fase.

□ No existe distribución del conductor neutro a partir de un punto neutro artificial sobre los circuitos situados por detrás del dispositivo de protección de corriente diferencial residual, mencionado en el anterior apartado.

Nota: para los dos apartados. si el corte de una sola fase puede entrañar un peligro, por ejemplo en el caso de motores trifásicos, deben tomarse precauciones apropiadas.

C.2. Protección del conductor neutro:

■ C.2.1. Esquemas TT o TN.

□ Cuando la sección del conductor neutro es como mínimo igual o equivalente a los conductores de fase, no es necesario prever una detección de sobreintensidad ni un dispositivo de corte sobre el conductor neutro.

□ Cuando la sección del conductor neutro es inferior a la de los conductores de fase, es necesario prever una detección de sobreintensidad sobre el conductor neutro, apropiada a la sección de este conductor; esta detección debe efectuar el corte de los conductores de fase, pero no necesariamente el conductor neutro.

No obstante, se admite no prever detección de sobreintensidad sobre el conductor neutro si las dos cláusulas siguientes se cumplen simultáneamente:

□ El conductor neutro está protegido contra los circuitos por el dispositivo de protección de los conductores de fase del circuito.

□ La intensidad máxima susceptible de recorrer el conductor neutro es, en servicio normal, netamente inferior al valor de la intensidad admisible en este conductor.

Notas:

– Esta segunda cláusula se cumple si la potencia transportada se reparte lo más uniformemente posible entre las diferentes fases, por ejemplo, si la suma de las potencias absorbidas por los equipos de consumo alimentados entre cada fase y el neutro (alumbrado y tomas de corriente) es muy inferior a la potencia total transportada por el circuito interesado. La sección del conductor neutro será como mínimo igual al valor especificado en una norma de instalación particular.

– Se recuerda que en el esquema TN-C, el conductor PEN no debe jamás ser cortado.

■ C.2.2. Esquema IT.

En los esquemas IT, se recomienda encarecidamente no distribuir el conductor neutro.

No obstante, cuando se distribuye el conductor neutro, debe preverse una detección de sobreintensidad sobre el conductor neutro de todo el circuito, detección que debe producir el corte de todos los conductores activos del circuito correspondiente, incluido el conductor neutro. Esta disposición no es necesaria si:

□ El conductor neutro considerado está efectivamente protegido contra los cortocircuitos por un dispositivo de protección situado aguas arriba, por ejemplo, en el origen de la instalación, conforme al apartado “Características de los dispositivos de protección contra los cortocircuitos”, pág. H1/66.

o bien:

□ Si el circuito considerado está protegido por un dispositivo de protección de corriente diferencial residual, cuyo umbral de desconexión como máximo sea igual a 0,15 veces la corriente admisible en el conductor neutro correspondiente. Este dispositivo debe cortar todos los conductores activos del circuito correspondiente, incluido el conductor neutro.

C.3. Corte y conexión del conductor neutro

Cuando el corte del conductor neutro sea obligatorio, el corte y la conexión del conductor neutro deben ser tales que el conductor neutro no sea cortado antes que los conductores de fase y que se conecte al mismo tiempo o antes que los conductores de fase.

La tabla siguiente indica como se aplican las prescripciones enunciadas en el apartado C.

P significa que debe preverse un dispositivo de protección sobre el conductor correspondiente.
S_n sección del conductor neutro (N).
S_f sección del conductor de fase (f).
(1) Supone que se cumplen las dos condiciones.
(2) Salvo en caso de protección por corriente diferencial residual.
(3) Se aplica en el apartado (C.3).
(4) Salvo en el caso del apartado (C.1.2).
(5) Salvo en elcaso del segundo párrafo del apartado (C.2.1).
(6) Salvo si el conductor neutro está efectivamente protegido contra los cortocircuitos o si existe por delante una protección por corriente diferencial-residual conforme al apartado (C.2.2).

Esquemas	Circuitos																			
	III + N											III				I + N			II		
	$S_n \geq S_f$					$S_n < S_f$															
	f	f	f	N		f	f	f	N			f	f	f		f	N		f	f	
TN-C	P	P	P	–		P	P	P	–	(1)		P	P	P		P	–		P	P	
TN-S	P	P	P	–		P	P	P	P	(3) (5)		P	P	P		P	–		P	P	
TT	P	P	P	–		P	P	P	P	(3) (5)		P	P	P	(2) (4)	P	–		P	P	(2)
IT	P	P	P	P	(6) (3)	P	P	P	P	(3) (6)		P	P	P		P	P	(6) (3)	P	P	(2)

Tabla H1-3-067: *protecciones contra las sobreintensidades en los diferentes circuitos, fases y neutros.*

Asociación de dispositivos de protección

La utilización de aparatos de protección, con poderes de corte inferiores a la corriente de cortocircuito del punto de instalación, está regulada por las normas UNE-EN, bajo las siguientes condiciones:

■ Si se ha instalado aguas arriba un dispositivo de protección con poder de corte suficiente.

■ Que la energía que deja pasar el dispositivo de protección aguas arriba es inferior a la que es capaz de soportar el dispositivo y las conducciones aguas abajo sin deterioros. Esta posibilidad es utilizada:

□ En la asociación de interruptores automáticos y fusibles.

□ En las técnicas de filiación que utilizan la gran capacidad limitadora de algunos interruptores automáticos.

□ En las técnicas de corte con repulsión de contactos, serie Compact.

Las asociaciones posibles y sus valores quedan definidas en los catálogos de los fabricantes.

Alejamiento del dispositivo de protección

El dispositivo de protección puede estar situado a lo largo de la derivación (AB) si:

Nota: entendemos por (AB) la distancia desde el origen de la derivación hasta el emplazamiento del dispositivo de protección.

■ La distancia (AB) no transcurre en la proximidad de algún material combustible.
■ Ninguna derivación o toma de corriente está situada en ella.

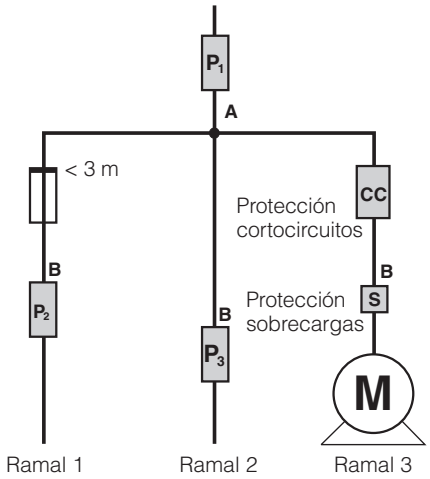


Fig. H1-3-068: *ejemplo de situación de los aparatos de protección alejados del origen del ramal.*

□ Ramal 1.
AB l 3 m.
AB reforzado por una canalización para reducir al mínimo el riesgo de cortocircuito.
□ Ramal 2.
El dispositivo de protección P_1 aguas arriba protege contra los cortocircuitos a la longitud AB, de conformidad al apartado “Casos particulares en que es necesario realizar los cálculos de la intensidad de cortocircuito mínima”, pág. H1/99.
□ Ramal 3.
La protección para sobrecargas se sitúa en la proximidad de la carga.
Esta disposición puede ser utilizada, mayoritariamente, para la protección de motores:
– Dispositivo S.
Constituye el órgano de mando y protección de las sobrecargas del motor.
– Dispositivo CC.
Constituye el elemento de protección a los cortocircuitos: fusible, interruptor automático de característica MA.
La protección a los cortocircuitos se sitúa en la cabecera del ramal para asegurar la protección.

3.5. Sistema de distribución eléctrica mediante CEP

Normas CEI-UNE 60439-2

Esta norma afecta al conjunto del material de baja tensión. Las canalizaciones prefabricadas deben responder al conjunto de normas enumeradas en la publicación 60439-1 y 2.

Definiciones

Canalización prefabricada:
Sistema modular formado por un conjunto de barras conductoras debidamente aisladas y protegidas mediante una envolvente.
Dicho sistema puede estar formado por:
- elementos de canalización con o sin derivación,
- una alimentación, elementos flexibles,
- elementos de derivación.

Características eléctricas del material

El fabricante debe reflejar los siguientes valores de los conductores:
R: resistencia óhmica media por metro de la canalización prefabricada.
X: reactancia media por metro de la canalización prefabricada.
Zf: impedancia por metro de la longitud del bucle, incluido el circuito de protección (PE) y la fase de mayor impedancia.
Protección contra los contactos indirectos, por corte automático de la alimentación, por medio de dispositivos de protección por sobreintensidad.

Disposiciones de construcción

Las canalizaciones prefabricadas deben diseñarse de serie como el conjunto del material de baja tensión (ES).
Según las indicaciones del fabricante, las CEP pueden soportar cargas mecánicas.
Una CEP con posibilidad de derivación debe ser diseñada, por razones de seguridad, para impedir la conexión incorrecta de los elementos de derivación.
Si la corriente es alterna trifásica, se deberá mantener el orden de sucesión de las fases a lo largo de la CEP.
Los límites de calentamiento se especifican en las envolventes y las bornas de conexión.

Prescripciones sobre los ensayos

La finalidad de los ensayos es la de verificar la conformidad con las recomendaciones expuestas para un determinado tipo de CEP.
Los ensayos se realizan sobre un ejemplar de CEP o sobre una parte de la CEP ejecutada desde los mismos planos o en planos parecidos.
Los ensayos tipo constan de: la verificación de los límites de calentamiento, de las propiedades dieléctricas, de la resistencia a los cortocircuitos, de la continuidad eléctrica del circuito de protección, de las distancias de aislamiento y de las líneas de fuga, del funcionamiento mecánico, del grado de protección, de la resistencia, de la reactancia y de la impedancia y de la solidez de la construcción.
La norma describe todas las condiciones y disposiciones de los ensayos mencionados y, en caso de necesidad, los resultados que se deben obtener.

Protección de Canalizaciones Eléctricas Prefabricadas

Debe ser conforme a las normas de instalación.

Protección contra las sobrecargas

La canalización alimenta a los receptores: la corriente total de carga es IT.

Las características de dimensionamiento para elegir la CEP y la protección contra las sobrecargas son:

■ La corriente de empleo $I_b = k1 \times IT$ (k1 coeficiente de aumento de volumen).

■ La corriente nominal de la canalización Inc > I_b.

■ La corriente admisible en función de la temperatura $I_z = f_1 \times I_{nc}$ (f_1 coeficiente de temperatura).

■ El coeficiente de desclasificación k_2 relacionado con el tipo de equipo:

□ Fusible k_2 = 1,1.

□ Disyuntor k_2 = 1.

Para poder realizar ampliaciones, las canalizaciones están protegidas para su corriente nominal I_{nc} (o para su corriente admisible I_z en caso de aplicar el coeficiente de temperatura f_1).

Para tener en cuenta la protección contra las sobrecargas térmicas de las canalizaciones, es necesario tener en cuenta también las distintas tecnologías de los equipos de protección y las máximas corrientes de intervención de las protecciones en régimen de sobrecarga.

■ Calibrado de las asíntotas térmicas:

□ El fusible de distribución se calibra para intervenir en caso de sobrecargas comprendidas entre 1,25 y 1,6 veces su corriente nominal (I_n fusible).

□ El disyuntor se calibra para intervenir en caso de sobrecargas comprendidas entre 1,05 y 1,3 (1,2 para los disyuntores con protección electrónica) veces su corriente de reglaje (I_r función de la I_n del disyuntor).

■ Corriente máxima de intervención.

Esta corriente se fija al máximo, por las normas de instalación (CEI 60364, NFC 15-100…), en 1,45 veces la corriente admisible por la canalización.

■ Ejemplo para una corriente I_b = 400 A a temperatura ambiente de 35 °C:

□ Protección mediante fusible:
$I_{nc} = I_b \times f1 \times k_2 = 400 \times 1 \times 1{,}1 = 440$ A
La elección de la canalización es KSA 50 (I_{nc} = 500 A)

□ Protección mediante disyuntor:
$I_{nc} = I_b \times f_1 \times k_2 = 400 \times 1 \times 1 = 400$ A
La elección de la canalización es KSA 40 (I_{nc} = 400 A)

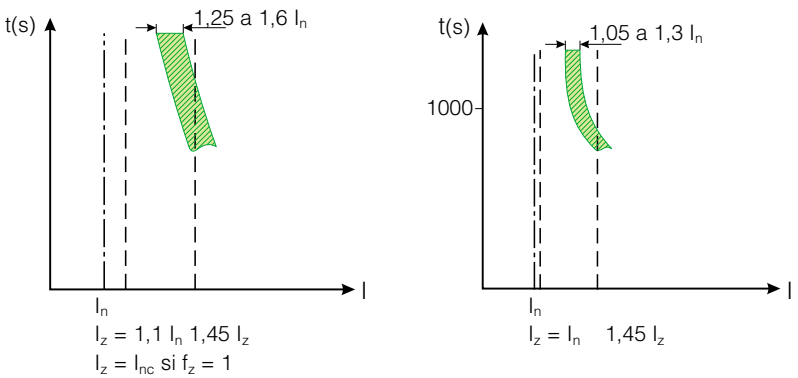


Fig. H1-3-069: *diagramas de las protecciones contra las sobrecargas para fusibles e interruptores automáticos.*

En la protección mediante fusible, un desfase de un 20 % de las corrientes de intervención se traduce en un sobrecalibrado mínimo del 10 % de la canalización.

■ Si las condiciones de explotación son distintas de las condiciones nominales de empleo, el disyuntor permite optimizar la protección de la canalización (ej.: explotación a elevadas temperaturas ambiente 45/50 °C).

■ Reglaje de los disyuntores con relé electrónico:

□ Protección térmica Ir regulable de 0,4 I_n a I_n.

□ Protección cortocircuito de 2 I_r a 10 I_r.

□ Ganancia de flexibilidad y evolutividad.

Exactitud reglaje

■ El fusible presenta una intensidad fija. El cambio de intensidad implica un cambio de fusible.

La diferencia entre 2 intensidades de fusible es de un 25 % aproximadamente. Las intensidades típicas se definen según la serie de números característicos de la serie de “Renard”.

Ejemplo: 40 - 50 - 63 - 80 - 100 - 125 - 160 - 200 - etc.

■ El disyuntor ofrece una exactitud de reglaje:

□ De un 5 % para disyuntores con relés magnetotérmicos tradicionales.

□ De un 3 % para disyuntores con relés electrónicos.

Ejemplo: un disyuntor de intensidad nominal 100 A se puede ajustar fácilmente a valores de I_r = 100 A, 95 A, 90 A, 85 A, 80 A.

Ejemplo: para proteger una canalización KSA 10 (I_{nc} = 100 A) utilizada a una temperatura ambiente de 50 °C (cf. tabla de temperaturas máximas admisibles en función de la temperatura de utilización) se utilizará un disyuntor de intensidad nominal 100 A ajustado a 90 A.

Amplio margen de reglaje de los disyuntores con relés electrónicos

Los disyuntores con relés electrónicos presentan dinámicas de reglaje en:

■ Protección térmica I_r regulable de 0,4 I_n a I_n.

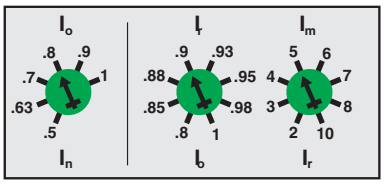
■ Protección cortocircuito de 2 Ir a 10 I_r.

Ejemplo: un disyuntor de 250 A (NS250N con un STR22SE) se puede ajustar fácilmente a:

□ Protección térmica de 100 a 250 A.

□ Protección cortocircuito de 200 a 2500 A.

■ Ejemplo de posibilidades de reglajes.



■ Esto ofrece una gran flexibilidad con respecto:

□ A las modificaciones (flexibilidad), las ampliaciones (evolutividad): las protecciones se adaptan fácilmente a la utilización que se deba proteger y al esquema de conexión a tierra utilizado (protección de bienes y de personas).

□ Al mantenimiento: la utilización de este tipo de dispositivo reduce considerablemente el almacenamiento de componentes de mantenimiento.

Protección contra los cortocircuitos mediante disyuntor

3 tipos de característicasdeterminan el dimensionamiento de las CEP:

■ La corriente de cresta máxima, I de cresta.

■ La corriente eficaz de corta duración máxima, I_{cw}.

■ El esfuerzo térmico (en A^2 s).

Características intrínsecas de las CEP

El dimensionamiento de las CEP con respecto a los cortocircuitos viene determinado por las siguientes características:

■ La corriente de cresta máxima, I de cresta:

Esta característica traduce los límites de resistencia electrodinámica de la canalización de forma instantánea. El valor de la corriente de cresta es, en muchas ocasiones, la característica instantánea más apremiante para la protección.

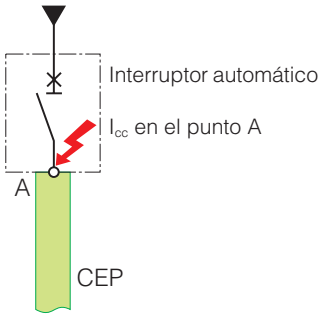
■ La corriente eficaz de corta duración máxima, I_{cw}:
Esta característica traduce el límite de calentamiento admisible de los conductores durante un período de tiempo determinado (de 0,1 a 1 s).
■ El esfuerzo térmico en A^2 s:
Esta característica traduce la resistencia en esfuerzo térmico instantáneo de la CEP.
En general, si el cortocircuito genera condiciones de defecto compatibles con las dos primeras características, dicho esfuerzo se “cumple naturalmente”.
La corriente de cortocircuito presumible que se debe considerar para la protección de la CEP es la corriente existente al nivel de la caja de alimentación.

Características del interruptor automático
El interruptor automático D debe satisfacer las exigencias impuestas por las normas de fabricación (CEI 60947-2...) y de instalación de los productos (CEI 60364 o las normas vigentes en cada país), es decir, que debe presentar un poder de corte (I_{cu}*) superior a la corriente de cortocircuito (Icc) presente en el punto en que se encuentre instalado.

* La norma de instalación CEI 60364 y las normas de fabricación especifican que el poder de corte de un disyuntor es:
– El poder de corte último, Icu si no está combinado con una protección aguas arriba.
– El poder de corte reforzado mediante filiación, si está combinado con una protección aguas arriba.

Aplicaciones
Se deben considerar 2 casos:
■ Canalización directamente protegida.
I_{cu} del interruptor automático ≈ I_{cc} presumible en el punto A.
I de cresta de la CEP ≈ I_{cc} presumible asimétrica o limitada en el punto A.
Resistencia térmica en I_{cw} de la CEP ≈ esfuerzo térmico que atraviesa la CEP.
■ Canalización protegida aguas abajo de un cable.
I_{cu} del disyuntor ≈ I_{cc} presumible en el punto A.
I de cresta de la CEP ≈ I_{cc} presumible asimétrica o limitada en el punto B.
Resistencia térmica en I_{cw} de la CEP ≈ esfuerzo térmico que atraviesa la CEP.

■ CEP directamente protegida



■ CEP protegida aguas abajo de un cable

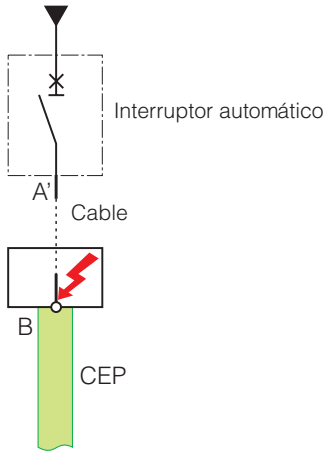


Fig. H1-3-070: *situación de la protección de una CEP.*

Combinación interruptor automático/canalización

Dicha combinación depende del tipo de interruptor automático que proteja la canalización.

Interruptor automático no limitador o temporizado

Son interruptores automáticos no limitadores (instantáneos o temporizados) y interruptores automáticos limitadores temporizados. Se trata principalmente de interruptores automáticos de potencia (≈ 800 A) de bastidor abierto.

Es necesario asegurarse de que la canalización soporta tanto la corriente de cresta del defecto al cual puede ser sometida como la resistencia térmica durante una posible temporización:

■ La corriente de cresta admisible, I de cresta, de la CEP debe ser superior al valor de cresta de la corriente de cortocircuito asimétrica, I_{cc} asimétrica presumible en A. El valor de la corriente de cortocircuito asimétrica se obtiene a partir del valor de la corriente de cortocircuito simétrica I_{cc} multiplicada por un coeficiente de asimetría normalizado (k).

Entonces se tiene en cuenta el primer valor de la 1.ª cresta de asimetría del cortocircuito en régimen transitorio. (Ver fig. H1-3-072.)

■ Ejemplo: para un circuito cuya corriente de cortocircuito es de 50 kA eficaz, la 1.ª cresta alcanza 105 kA (50 kA × 2.1), véase la figura adjunta.

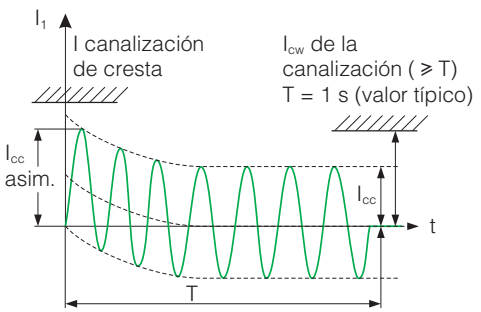


Fig. H1-3-071: *valor de la corriente de la 1.ª cresta en función de la I_{cc} eficaz.*

□ La corriente de cortocircuito de corta duración, I_{cw} de la CEP, debe ser superior a la corriente que atraviesa la instalación mientras dura el cortocircuito I_{cc} (duración T –tiempo total de corte que incluye ocasionalmente la temporización–).

Ejemplo: una CEP KTA16 presenta una característica I_{cw} de 60 kA durante T = 1 segundo, es decir, una resistencia en esfuerzo térmico expresada en A^2 s, igual a 3.6×10^9 A^2s.

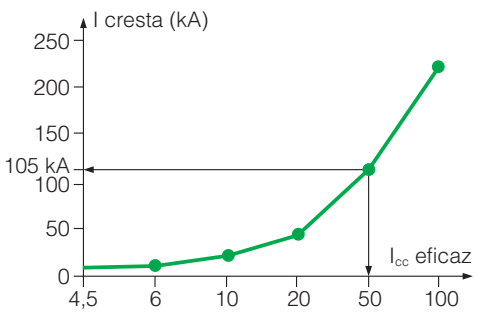


Fig. H1-3-072: *régimen transitorio y establecido de un cortocircuito de corta duración.*

Si no se cumple alguna de estas dos relaciones, la CEP deberá dimensionarse eligiendo una intensidad superior suficiente.

Interruptor automático limitador

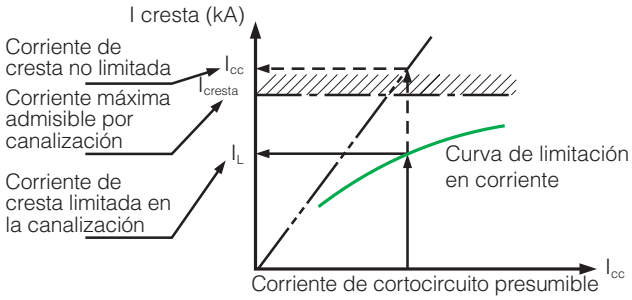
Se trata principalmente de la protección de las CEP mediante interruptores automáticos de tipo de caja moldeada (⩽ 1250 A).

En este caso se confirma que la CEP soporta la corriente de cresta limitada por la protección y el esfuerzo térmico correspondiente.

■ La corriente limitada (I de cresta) por el disyuntor ⩽ que la corriente de cresta admisible por la CEP.

■ El esfuerzo térmico limitado por el disyuntor es ⩽ que el esfuerzo térmico admisible por la CEP.

Comprobación de la resistencia en I de cresta de la CEP



Comprobación de la resistencia en A^2 s de la CEP

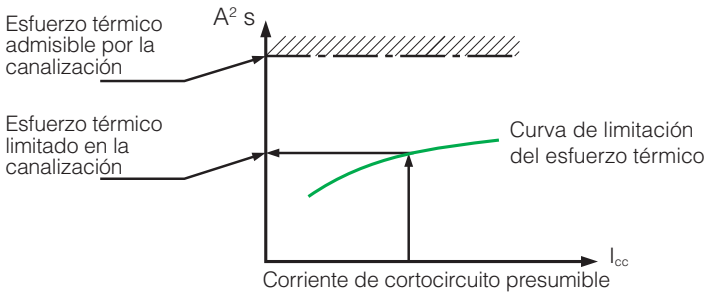


Fig. H1-3-073: *comprobaciones a realizar (intensidad de cresta y energía a asumir).*

Si alguna de estas 2 condiciones no se cumple, será necesario sobredimensionar la CEP.

Tabla resumen para la protección de las CEP

	Características de la red		
	I_{cc}		
	Características del interruptor automático/Limitaciones de cortocircuito		
	$I_{cu} \geqslant I_{cc}$ en el punto A		
	Características de la CEP/Limitaciones de cortocircuito (1)		
	I de cresta Resistencia de la CEP Corriente de cresta kA	I_{cw} durante T (3) Corriente de corta duración admisible kA ef. × f(T)	A^2 s Resistencia térmica instantánea kA^2 s
Int. aut. no limitador o temporizado	I de cresta $\geqslant I_{cc} \times k$ (2)	$I_{cw} \geqslant I_{cc}$	
Int. aut. limitador	I de cresta $\geqslant I_L$ limitada por el int. aut.		kA^2 s (CEP) $\geqslant kA^2$ s limitada por el int. aut.

////// características sin objeto o naturalmente comprobadas.

(1) La I_{cc} de la red a considerar es la del punto de conexión de la CEP (en A o en B).

(2) k: coeficiente de asimetría.

(3) T: tiempo total de corte, incluida la temporización.

Tabla H1-3-074: *tabla resumen para las protecciones de las CEP.*

El nivel de protección contra los cortocircuitos de la canalización puede ser total o parcial:

■ Protección total: la canalización está protegida hasta el poder de corte último del interruptor automático.

■ Protección parcial: la canalización está protegida hasta un elevado nivel de corriente de cortocircuito (ej. 55 kA) pero inferior al poder de corte último (I_{cu}) del interruptor automático (ej. I_{cu} = 70 kA).

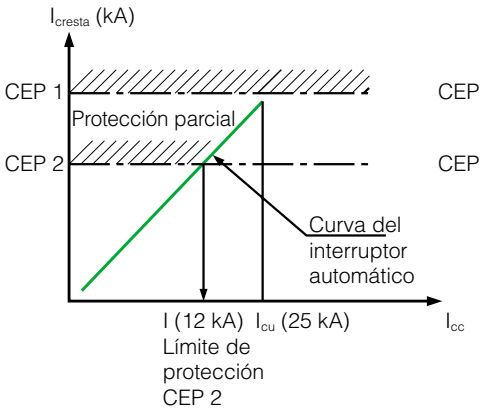


Fig. H1-3-075: *interruptor automático no limitador.*

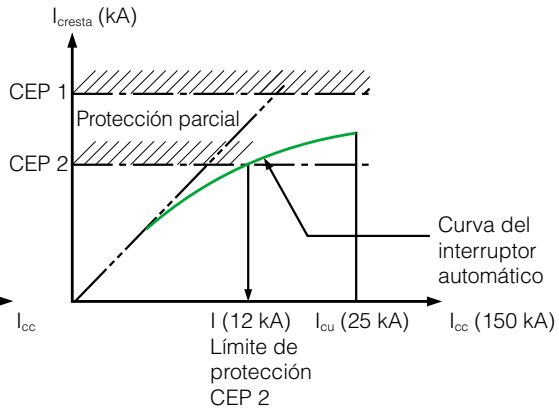


Fig. H1-3-076: *interruptor automático limitador.*

Coordinación de las protecciones

Las prestaciones de un sistema quedan garantizadas por la homogeneización de la protección mediante interruptor automático y por la distribución eléctrica mediante CEP.

La prestación de una distribución eléctrica mediante CEP se relaciona directamente con las características propias de cada uno de sus elementos.

La optimización de dichas prestaciones se obtendrá mediante la correcta combinación que proporciona el diseño del sistema.

Coordinación de la distribución eléctrica mediante CEP

Continuidad de servicio y selectividad

Los apartados anteriores estudian la protección contra las sobrecargas y los cortocircuitos de las CEP.

Una instalación siempre está compuesta por varios niveles de distribución.

La continuidad de servicio debe quedar garantizada por la coordinación ascendente de las protecciones del receptor con la fuente. Dicha coordinación se basa en las técnicas de selectividad.

La selectividad de las protecciones consiste en coordinar los dispositivos de protección automática para que cuando se produzca un defecto en cualquier punto de la red, éste sea eliminado por el interruptor automático colocado inmediatamente aguas arriba del defecto, y sólo por él.

Las prestaciones de un sistema de distribución eléctrica quedan garantizadas por la homogeneización de la protección mediante disyuntor y de la distribución eléctrica mediante CEP.

4. Las medidas de protección a los efectos de las sobretensiones transitorias

4.1. Generalidades

Los diferentes tipos de sobretensiones transitorias

Se deben tener presentes tres puntos esenciales:
■ ***El impacto directo o indirecto del rayo sobre una línea puede causar efectos destructivos a kilómetros de distancia del punto de caída.***
■ ***Las sobretensiones industriales o de maniobra ocasionan igualmente defectos importantes.***
■ ***Las instalaciones de distribución subterráneas, por el solo hecho de serlas, no están protegidas de los rayos, pero reducen el riesgo del impacto directo.***

Los diferentes modos de propagación

El modo común

Las sobretensiones de modo común aparecen entre las partes activas y la tierra: fase neutro o neutro tierra (ver fig. H1-4-001).
Son peligrosas, sobre todo, para los aparatos con las masas conectadas a tierra, por el riesgo de perforación dieléctrica.

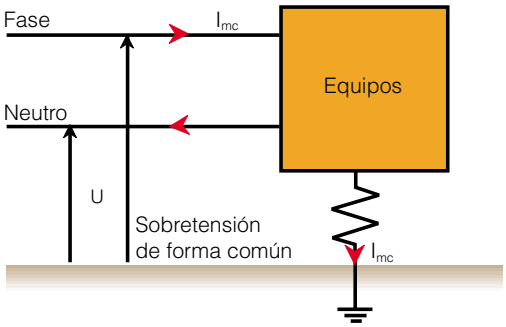


Fig. H1-4-001: *sobretensiones de modo común.*

El modo diferencial

Las sobretensiones de modo diferencial circulan entre los conductores activos: fase fase o fase neutro (ver fig. H1-4-002).
Son peligrosas, sobre todo, por la aparamenta electrónica, como por ejemplo los materiales informáticos.

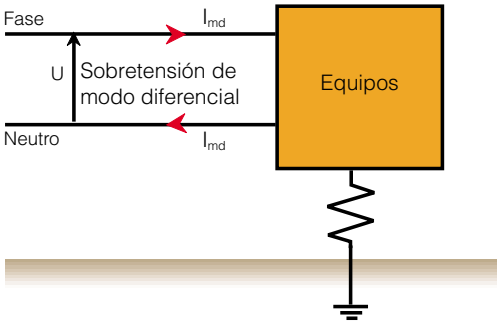


Fig. H1-4-002: *sobretensiones de modo diferencial.*

Resumen de las principales características de las sobretensiones			
Tipo de sobretensión	Coeficiente de sobretensión	Tiempo de duración	Rigidez o frecuencia del frente
A frecuencia industrial (defecto de aislamiento)	⩽ 1,7	Largo de 30 a 100 ms	Frecuencia industrial (50 - 60 - 400 Hz)
De maniobra o descarga electrostática	2 a 4	Corto de 1 a 100 ms	Frecuencia media 1 a 200 kHz
Atmosférica	> 4	Muy corto de 1 a 100 µs	Muy elevada 1 a 1.000 kV/µs

Tabla H1-4-003: *tabla resumen de las principales características de las sobretensiones.*

Origen de las sobretensiones transitorias

- Las sobretensiones transitorias atmosféricas.
- Las sobretensiones transitorias de maniobra.

Las sobretensiones transitorias atmosféricas

Debemos tomar en consideración las sobretensiones que puedan aparecer al origen de una instalación, el nivel Ceraunico presumido en la zona, el emplazamiento y las características de los dispositivos de protección contra las sobretensiones, de forma que la probabilidad de incidentes por sobretensiones sean reducidas a un nivel aceptable para la seguridad de las personas y de los materiales y por la continuidad de servicio.

Clasificación en categorías de las formas de combatir las sobretensiones

Las categorías se basan en distinguir los grados de disponibilidad de los materiales, en función de la probabilidad de continuidad de servicio y el riesgo aceptable de fallo del servicio. Con la elección adecuada en la gama de diferentes resistencia de los materiales a los choques eléctrico, permite realizar una coordinación del aislamiento apropiado en la instalación, reduciendo así el riesgo de fallo a valores aceptables, dominando así los efectos de las sobretensiones.
El concepto de categoría de resistencia a los choques eléctricos es utilizado por los materiales que se alimentan directamente de las redes.

Nota: las sobretensiones de origen atmosférico no se reducen, significativamente, a lo largo del recorrido de una instalación, por tanto el concepto de atenuación forzada es una aplicación útil.

Descripción de las categorías de los materiales:

- Los materiales de I categoría: son los destinados a ser conectados a instalaciones fijas de los edificios.

En este caso, las medidas de protección se toman fuera de los materiales; en la instalación fija o entre la instalación y los materiales, a fin de limitar las sobretensiones transitorias a un nivel determinado.

- Los materiales de II categoría: son los materiales amovibles destinados a ser conectados en las instalaciones eléctricas fijas de los edificios.

Nota: ejemplos de estos materiales pueden ser los electrodomésticos, los útiles portátiles y otras cargas análogas.

- Los materiales de III categoría: son los pertenecientes a la misma instalación fija o materiales que deben desarrollar un alto nivel de fiabilidad.

Nota: ejemplos de estos materiales son los armarios de distribución, los interruptores automáticos, las canalizaciones, los cables, los juegos de barras, las juntas de dilatación, los interruptores, las bases y las tomas de corriente de la instalación fija, de los materiales de uso industrial, y otros materiales tales como los motores fijos con conexión permanente a la instalación fija.

■ Los materiales de IV categoría: son los materiales utilizados al origen de la instalación o cerca del origen, aguas arriba del cuadro general de distribución C.G.D.

Nota: ejemplos de estos materiales son los contadores eléctricos, los materiales principales de protección contra las sobreintensidades y los dispositivos de telemedida.

Disposiciones para controlar las sobretensiones

Situación natural:

■ Cuando las líneas de alimentación en BT son totalmente subterráneas, el umbral de resistencia a la tensión de choque expresada en la tabla H1-004, pág. H1/160, es suficiente y ninguna protección suplementaria contra las sobretensiones de origen atmosférico es necesaria.

Nota: una línea aérea construida con conductores eléctricos aislados y con pantalla metálica unida a la tierra o con un conductor puesto a tierra, se considera equivalente a una línea subterránea.

■ Cuando las líneas de alimentación en BT son total o parcialmente aéreas y están situadas en una zona con una influencia externa AQ 1 (< 25 días por año), ninguna protección suplementaria contra las sobretensiones de origen atmosférico es necesaria.

Notas:
– Una protección adicional contra las sobretensiones puede ser necesaria en las anteriores situaciones y si se requiere un alto nivel de fiabilidad o por alimentar una instalación con gran riesgo (por ejemplo riesgos de incendios).
– Conforme a la CEI 61024-1, 25 días de tormenta por año son equivalentes a 2,24 caídas de rayos por km^2 y por año. Proviene de la fórmula: $N_g = 0{,}04\ T_d^{1{,}25}$.
Donde: N_g es la frecuencia de caídas de rayos por km^2/año.
T_d es el número de días tormentosos por año.

Situación controlada:

■ Cuando las líneas de alimentación en BT son total o parcialmente aéreas y están situadas en una zona con una influencia externa AQ 2 (> 25 días por año), una protección suplementaria contra las sobretensiones de origen atmosférico es necesaria y la tensión residual de los dispositivos de protección aplicados no debe ser superior a la correspondiente a los materiales de clase II en la tabla H1-4-004 de la pág. H1/160.

Notas:
– El nivel de sobretensión puede ser controlado por dispositivos de protección situados sobre la misma línea aérea de alimentación o por descargadores situados en el edificio.
– Una protección adicional, en determinados puntos, contra las sobretensiones puede ser necesaria, si se requiere un alto nivel de fiabilidad o por alimentar una instalación con gran riesgo (por ejemplo riesgos de incendios) y el nivel de riesgo aceptable depende de la utilización de la instalación, el cual siempre pretenderemos que sea el mínimo posible.

■ En estas condiciones, la protección contra las sobretensiones de origen atmosférico situada en el interior del edificio puede ser:
□ Un dispositivo de protección correspondiente a un nivel de categoría II conforme a la CEI/DIS 364-5-534 u.
□ Otro tipo de dispositivo que garantice una atenuación de la sobretensión equivalente a la del dispositivo anterior.

Elección de los materiales en la instalación

Los materiales deben ser elegidos de forma que la tensión asignada a la resistencia de los choques eléctricos no sea inferior al valor correspondiente de la tabla H1-4-004, pág. H1/160. Es responsabilidad de la normalización correspondiente a los productos, de especificar la resistencia a los choques eléctricos de conformidad a la tabla H1-4-004.

Nota: la tensión asignada de resistencia a los choques eléctricos es el valor de resistencia a los choques eléctricos especificado por el constructor del aparato, de conformidad al apartado 1.3.9.2. de la CEI 60664-1).

Los materiales con una resistencia inferior a la tensión de choque especificada en la tabla H1-4-004, pueden ser utilizados si se acepta un mayor riesgo.
Los dispositivos de protección contra los rayos y los materiales de protección en serie (aguas abajo del principal) deben soportar sin dañarse, las sobretensiones temporales expresadas en el apartado 4. “Las medidas de protección a los efectos de las sobretensiones transitorias”, pág. H1/157.

Tensión nominal de la instalación* en (V)		**Tensión de resistencia a los choques eléctricos prescrita en (kV)**			
		Categoría IV	**Categoría III**	**Categoría II**	**Clase I**
Redes trifásicas**	Redes de término medio Instalación	Materiales para el origen de la terminales	Materiales para la distribución y circuitos protegidos	Aparatos de utilización	Materiales especialmente
	120/240	4	2,5	1,5	0,8
230/400**	–	6	4	2,5	1,5
277/480**					
400/690	–	8	6	4	2,5
1.000	–	Valores propuestos por los ingenieros de sistemas			

* Según la CEI 60038.
** En Canadá y USA, para las tensiones superiores a 300 V en relación a la tierra, la tensión en consideración correspondiente a la de la columna inmediata superior.

Tabla H1-4-004: *tensiones asignadas a la resistencia a los choques eléctricos, prescritas para los materiales.*

Sobretensiones de maniobra

■ La circulación de una corriente de defecto en la toma de tierra de masas del centro de transformación provoca una elevación importante del potencial de estas masas con relación al potencial de tierra cuyo valor depende:
□ De la intensidad de corriente de defecto.
□ De la resistencia de la toma de tierra de las masas del centro de transformación.
■ La corriente de defecto puede provocar:
□ Una elevación general del potencial de la instalación de baja tensión con relación a tierra, es decir, solicitaciones de tensión que pueden provocar cebados en el material de baja tensión.
□ Una elevación general del potencial de las masas de la instalación de BT, con relación a tierra que puede aumentar las tensiones de defecto y de contacto.

Solicitaciones de aislamiento de los materiales para circuitos de BT

El valor y la duración de las solicitaciones de aislamiento a tensión y frecuencia industrial de los materiales de las instalaciones de baja tensión, debidas a un defecto a tierra en las instalaciones de AT o MT, no deben ser superiores a los valores de la tabla.
Estas solicitaciones también deben cumplirse para las tensiones inducidas por descargas de origen atmosférico.

Solicitaciones admisibles de aislamiento a tensiones máximas en instalaciones de BT (V) (V en valor eficaz) en VI	**Tiempo de desconexión máximo de los dispositivos de protección en AT o MT a una fuga en (s)**
U_0 + 250 V	> 5
U_0 + 1.200 V	⩽ 5

Tabla H1-4-005: *tabla de solicitaciones de aislamiento mínimas en redes de BT.*

Notas:
– La solicitación de tensión a frecuencia industrial de la tensión que aparece sobre el aislamiento de los materiales de baja tensión y sobre los pararrayos conectados a la red de baja tensión.
– Las reglas relativas a las solicitaciones de tensión para los materiales de BT del centro de transformación, se exponen en el apartado "Limitación de las solicitaciones de tensión en los materiales de BT del centro de transformación".
– La primera línea de la tabla consideran un defecto en una red de AT o MT, que presente tiempos de corte largos, por ejemplo neutro aislado y unido a tierra a través de una impedancia. La segunda línea de la tabla tiene en cuenta las redes de AT o MT, que presenten tiempos de corte cortos, por ejemplo redes de AT o MT unidas a tierra a través de una pequeña impedancia. El conjunto de las dos líneas forma los criterios de diseño adecuados para el aislamiento de los materiales de BT frente a las sobretensiones temporales. (véase apartado 3.7.1. de la CEI 60664-1).
– En una red cuyo neutro está unido a la toma de tierra del centro de transformación, cualquier sobretensión industrial es susceptible de atravesar un aislamiento en una envolvente no puesta a tierra cuando el material está en el exterior del edificio.

Leyenda general

I_E: es la resistencia de defecto a tierra en la instalación de AT/MT, que circula por la toma de tierra de las masas del centro de transformación.
R_E: es la resistencia de la toma de tierra de las masas del centro de transformación.
Los valores de R_E pueden estar influenciados por la impedancia de tierra de la conexión equipotencial principal y de las otras tomas de tierra.
R_A: es la resistencia de la toma de tierra de las masas de los materiales de la instalación de BT.
R_B: es la resistencia de la toma de tierra del neutro de la red de BT, para redes, con la puesta a tierra del neutro y la puesta a tierra de las masas son independientes.
Los valores de R_B pueden estar influenciados por la impedancia de tierra de la conexión equipotencial principal y de las otras tomas de tierra.
U_0: es la tensión entre fase y neutro de la instalación de BT.
U_f: es la tensión que aparece en la instalación de BT, entre las masas y tierra, al producirse un defecto.
U_1: es la solicitación de tensión para los materiales de BT del centro de transformación.
U_2: es la solicitación de tensión para los materiales de la red de BT.
Los símbolos complementarios siguientes se utilizan en el esquema IT, en el que las masas de los materiales de la instalación de BT están unidos a una tierra eléctricamente independiente de la toma de tierra del centro de transformación.
I_h: es la parte de la corriente de defecto que se evacua por la tierra de masas de los materiales de la instalación de BT en presencia del defecto en AT/MT
I_d: es la corriente de defecto que circula por la tierra de las masas de los materiales de la instalación de BT en presencia del primer defecto en las redes de BT.
Z: impedancia de la toma de tierra de neutro de la instalación de BT para instalaciones de BT en las que la toma de tierra del centro de transformación y la del neutro son eléctricamente independientes.
Una toma de tierra puede ser considerada como eléctricamente independiente de otra, si una elevación de potencial con respecto a tierra en una de ellas no entraña un elevación de potencial inaceptable en la otra toma de tierra. Véase el capítulo 9 de prEN 50179, prescripciones relativas a las tomas de tierra independientes.

Puestas a tierra de los centros de transformación

En los centros de transformación deben realizarse las puestas a tierra de conformidad al capítulo 9 de prEN 50179.

Nota: en el capítulo 9 de prEN 50179, se dan las prescripciones para las dimensiones, la construcción y las medidas de las tomas de tierra y para las conexiones, cuando sea preciso, de las masas y de los elementos conductores del centro de transformación.

Requisitos aplicables según el esquema de las conexiones a tierra de las instalaciones de baja tensión:

■ Esquema TT

a) El conductor neutro de la instalación puede estar unido a la toma de tierra de las masas del centro de transformación cuando la relación entre la solicitación de tensión $U_2 = (R_E \cdot I_E + U_0)$ y el tiempo de corte definido por el ábaco de la fig. H1-4-015 de la pág. H1/165, es adecuada para los materiales de BT (esquema TT en la fig. H1-4-006).

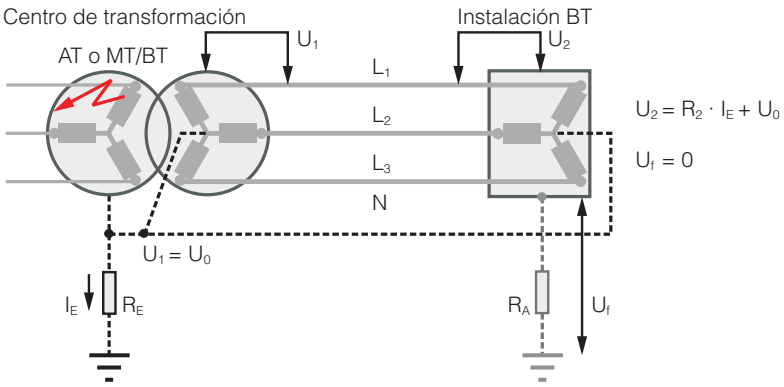


Fig. H1-4-006: *esquema TT neutro conectado a la misma toma de tierra de la masa del transformador.*

Nota: si el centro de transformación forma parte de la toma de tierra global, son aplicables las prescripciones apropiadas del prEN 50179.

b) Si la condición primera (a) no se satisface, el conductor neutro de la instalación de BT debe estar conectado a una toma de tierra eléctricamente distinta (esquema TT-b, fig. H1-4-007). En este caso, son aplicables las condiciones del apartado (esquemas TN y TT).

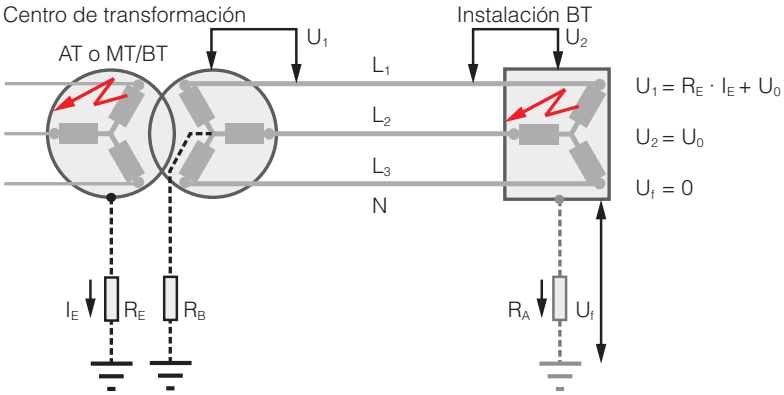


Fig. H1-4-007: *esquema TT neutro conectado a otra toma de tierra de la de la masa del transformador.*

■ Esquema IT.

a) Las masas de la instalación de BT pueden estar conectadas a la toma de tierra de masas del centro de transformación cuando la tensión $U_f = (R_E \cdot I_E)$, es evacuada en el tiempo especificado en el ábaco de la fig. H1-4-015 de la pág. H1/165 (véanse figs. H1-4-008 y H1-4-009 de la página siguiente).

Si esta condición no es satisfecha: las masas de la instalación de BT deben estar conectadas a una toma de tierra distinta de las masas del centro de transformación (véanse las figs. H1-4-010 y H1-4-011 en la página siguiente), y en esquema IT-b (véase fig. H1-4-012 en la página siguiente) la resistencia de la toma de tierra de las masas de los materiales de la instalación de BT

debe ser suficientemente pequeña para que la tensión $U_f = R_A \cdot I_H$ (en este caso), sea evacuada en un tiempo compatible con el ábaco de la fig. H1-4-015 de la pág. H1/165.

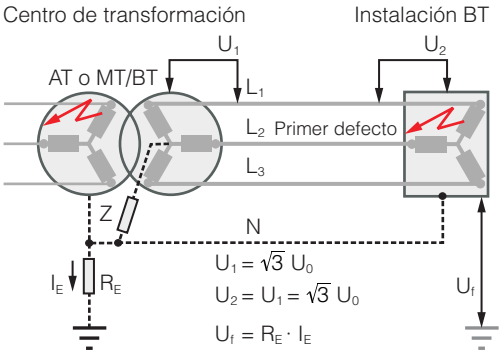


Fig. H1-4-008: *esquema IT neutro conectado a la misma toma de tierra de la masa del transformador y de las masas de la red de BT.*

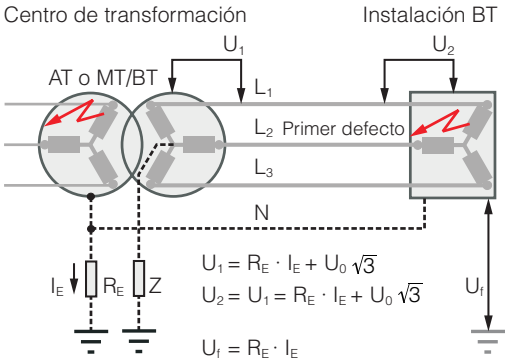


Fig. H1-4-009: *esquema IT masa del transformador y del circuito de BT conectadas a una toma de tierra diferente a la del neutro de la instalación.*

b) La impedancia de neutro de la instalación de BT, si existe, puede ser conectada a la toma de tierra de las masas del centro de transformación (fig. H1-4-012) cuando las masas de la instalación están conectadas a una toma de tierra eléctricamente distinta de las masas del centro de transformación y cuando la relación entre la solicitación de tensión ($R_E \cdot I_E + \sqrt{3}\ U_0$), y el tiempo de corte definido por el ábaco de la fig. H1-4-015, pág. H1/165, es cumplida por los materiales de la instalación.

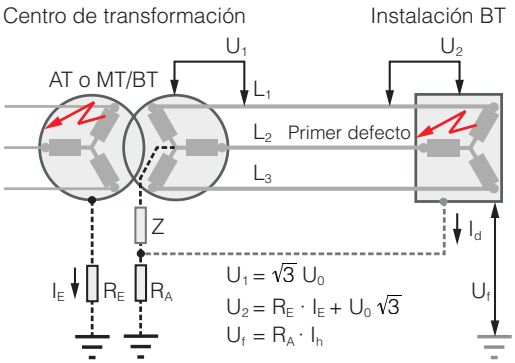


Fig. H1-4-010: *esquema IT neutro conectado a la misma toma de tierra de las masas de la red de BT y otra toma para las masas del transformador.*

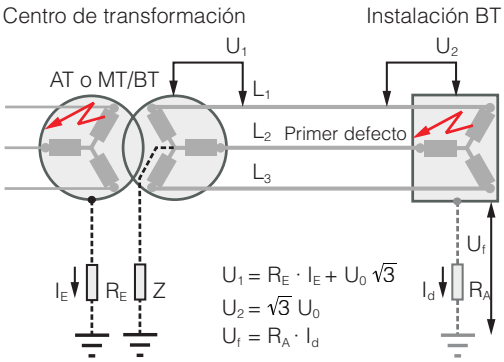


Fig. H1-4-011: *esquema IT masa del transformador conectada a una toma de tierra diferente a la del neutro y a las masas de la red de BT. Neutro conectado a tierra a través de una impedancia.*

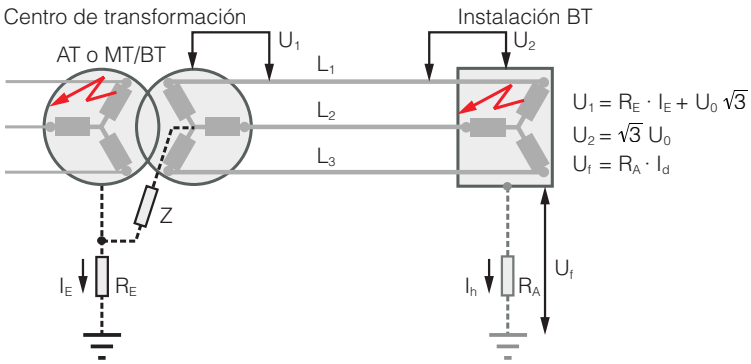


Fig. H1-4-012: *esquema IT neutro conectado a la misma toma de tierra de las masas del transformador, a través de una impedancia.*

Si esta condición no es satisfecha, la impedancia de neutro debe ser unida a una toma de tierra eléctricamente distinta (figs. H1-4-010, H1-4-011 de la pág. H1/163). En este caso, son aplicables las condiciones del esquema IT.

■ Esquema TN.

a) El conductor neutro de la red de baja tensión puede estar conectado a la tierra del centro de transformación si la tensión de defecto $U_f = R_E \cdot I_E$ es evacuada en el tiempo indicado en el ábaco de la fig. H1-4-015 de la página siguiente (véase fig. H1-4-013).

Notas:

■ Esta condición es aplicable, si el conductor neutro de la red de BT (PEN esquema TN-C) está solamente puesto a la tierra del transformador. Si el conductor neutro o el conductor PEN está puesto a tierra en varios puntos, las prescripciones del prEN 50179 pueden ser aplicables.

■ Generalmente, en el esquema TN (ver fig. H1-4-013), en el caso de un edificio con conexión equipotencial, no aparece ninguna tensión de contacto.

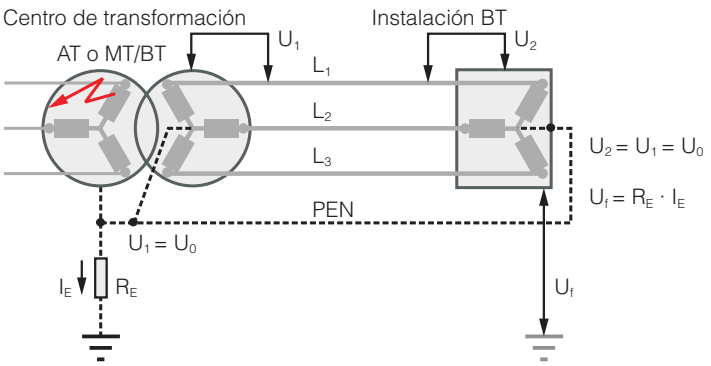


Fig. H1-4-013: *esquema TN neutro conectado a la toma de tierra de la de la masa del transformador.*

b) Si el conductor neutro de la red de BT no está unido a la toma de tierra del centro de transformación conforme a la condición anterior (a), el conductor neutro de la instalación de BT debe estar unido a una toma de tierra eléctricamente distinta (esquema TN, fig. H1-4-014). En este caso son aplicables las condiciones del apartado “Esquemas TN y TT”.

Nota: si el centro de transformación está en el interior de un edificio, las tomas de tierra del centro de transformación y del neutro de la red de baja tensión pueden no ser eléctricamente independientes.

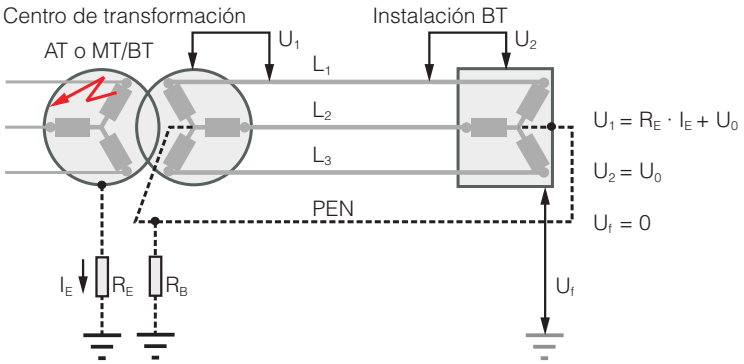


Fig. H1-4-014: *esquema TT neutro conectado a otra toma de tierra de la de la masa del transformador.*

Limitación de las solicitaciones de tensión en los materiales de BT del centro de transformación

Esquemas TN y TT

Cuando en los esquemas TN y TT, la toma de tierra del neutro es eléctricamente distinta de la de las masas del centro de transformación (ver figs. H1-4-007, pág. H1/162, y H1-4-014, pág. H1/164), el nivel de aislamiento de los materiales de baja tensión del centro de transformación debe ser compatible con la solicitación de tensión ($R_E \cdot I_E + U_0$).

Esquema IT

Cuando en el esquema IT, la toma de tierra de las masas de la instalación y la impedancia de neutro eventualmente son eléctricamente distintas de la de las masas del centro de transformación (figs. H1-4-010 y H1-4-011, pág. H1/163), el nivel de aislamiento de los materiales de BT del centro de transformación debe ser compatible con la solicitación de tensión ($R_E \cdot I_E + \sqrt{3}\ U_0$).

Nota: la compañía distribuidora de energía puede dar indicaciones sobre las solicitaciones de tensión susceptibles de producirse.

Solicitaciones de tensión en caso de rotura del conductor neutro en esquemas TN y TT

Se llama la atención sobre el hecho de que en caso de rotura del conductor neutro en esquemas trifásicos TN o TT, los aislamientos principal, doble y reforzado así como las componentes dimensionadas para la tensión simple, pueden estar sometidas temporalmente a la tensión compuesta. La solicitación de tensión puede alcanzar ($U = \sqrt{3}\ U_0$).

Solicitaciones de tensión en caso de puesta a tierra accidental en esquema IT

Ábaco de la relación tiempos de desconexión tensiones de contacto

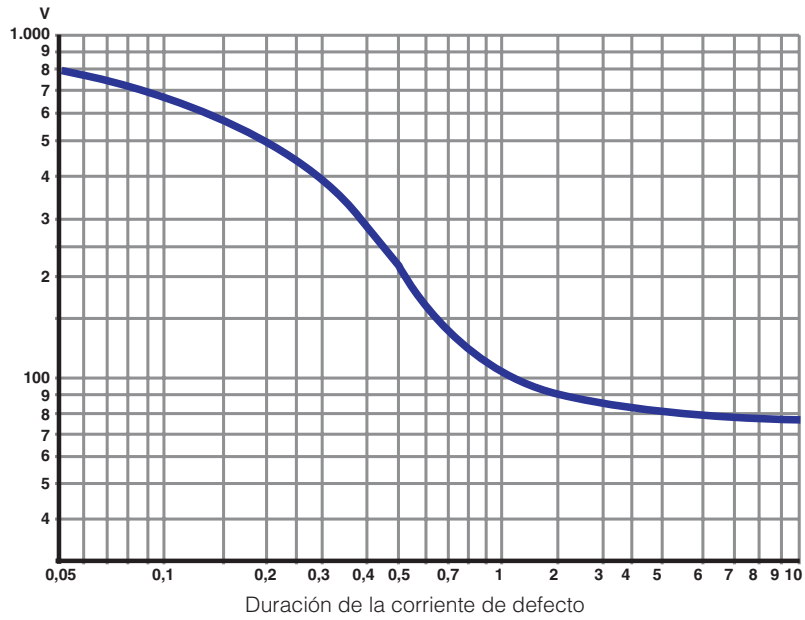


Fig. H1-4-015: *duración máxima de la tensión U_t debida a un defecto en la instalación de AT/MT.*

Se llama la atención sobre el hecho que en caso de puesta a tierra accidental de un conductor de fase en esquema IT, los aislamientos principal, doble y reforzado así como las componentes dimensionadas para la tensión simple, pueden estar sometidas temporalmente a la tensión compuesta. La solicitación de tensión puede alcanzar ($U = \sqrt{3}\ U_0$).

Nota: esta figura se ha deducido de la CEI 60479, teniendo en cuenta las condiciones en las que una persona puede estar sometida a un riesgo de choque eléctrico en la instalación de BT, en caso de defecto en la instalación de AT/MT. Para aclaraciones complementarias, véase el prEN 50179.

Solicitaciones de tensión en caso de cortocircuito entre fase y neutro

Se llama la atención sobre el hecho que en caso de cortocircuito entre fase y neutro, las solicitaciones de tensión pueden alcanzar el valor de 1,45 U_0 en el transcurso de una duración no superior a 5 s.

4.2. Las protecciones contra las sobretensiones

Las protecciones primarias con pararrayos convencional, con cables de guarda o con cajas de Faraday, protegen a las instalaciones de los efectos directos del rayo, pero no protegen de los efectos secundarios del rayo. Para poder paliar estos efectos secundarios, casi tan peligrosos como los directos, se deben instalar pararrayos (descargadores) de BT en las líneas de alimentación y distribución eléctrica, telefónica y de comunicación.

Tipos de protecciones

Dos grandes tipos de protecciones permiten suprimir o limitar las sobretensiones:
- Las protecciones primarias.
- Las protecciones secundarias.

Las protecciones primarias
Su función es la protección contra los impactos directos de los rayos.
Permiten captar y derivar las intensidades de los rayos a tierra.
Se basan en situar un elemento protector y conductor lo más próximo del rayo (más alto) que los elementos a proteger. La eficacia está en provocar el efecto antena, por un poste, un edificio o una estructura metálica suficientemente alta.
Existen tres grandes tipos de protecciones primarias:
- El pararrayos convencional.
- Los cables de guarda.
- La caja mallada o caja de Faraday.
- El pararrayos convencional.

Es una antena afilada, situada encima de los edificios y unida a la tierra por uno o varios conductores, de hierro galvanizado o de cobre.

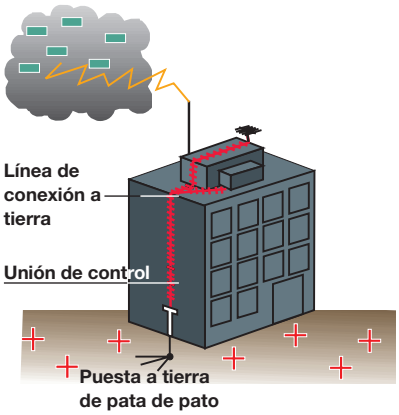


Fig. H1-4-016: *ejemplo de pararrayos de antena común.*

El estudio y la realización de estas instalaciones corresponden a especialistas sobre el tema.
Es necesario poner mucha atención en el dimensionado del conductor de descarga a tierra, que es conveniente que sea de fleje metálico, a poder ser de cobre, y las juntas de control. La puesta a tierra de pata de pato o radial se realiza para favorecer la disipación de las corrientes de alta frecuencia del rayo a distancias suficientes, en relación a las otras canalizaciones (gas, agua, electricidad...).
De otra parte, el paso de la corriente del rayo engendrará inducciones por radiación electromagnética a los circuitos eléctricos del edificio. Estos campos de inducción sobre los circuitos eléctricos generarán tensiones en los mismos, de las cuales deberemos protegerlos puesto que pueden llegar a decenas de kV.
Para poder disminuir la intensidad de los campos de radiación magnéticos de la corriente del rayo, es conveniente dividir la intensidad del rayo trazando varios caminos de conducción en paralelo hasta tierra, minimizando así los efectos electromagnéticos.

■ Los cables de guarda.

Los cables de guarda se extienden a lo largo de la obra a proteger:

□ Cables de guarda de edificios particulares (específicos).

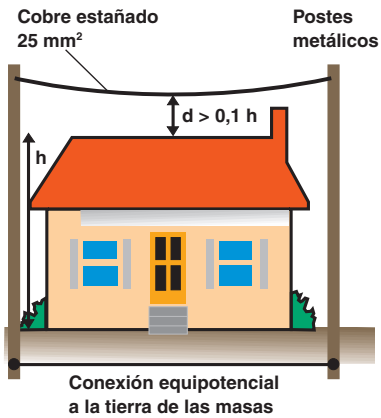


Fig. H1-4-017: *cables de guarda de edificios.*

□ Cables de guarda de líneas.
Normalmente utilizados en líneas de AT y MT, y en función del nivel ceráunico de la zona, en líneas aéreas de BT con conductores desnudos (ver fig. H1-4-018).

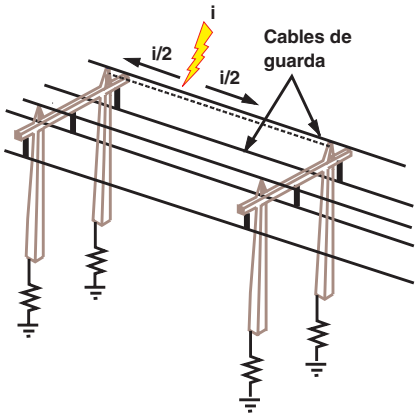


Fig. H1-4-018: *cables de guarda en líneas.*

■ La caja mallada o de Faraday.
El sistema es utilizado en edificios muy sensibles a las sobretensiones, tales como los dedicados a centros de cálculo, de comunicación, fabricación de circuitos integrados... Consiste en subdividir la intensidad del rayo en diferentes conducciones, de forma simétrica a la tierra, para que los campos electromagnéticos sean lo más débiles posible y tengan poca capacidad de inducción. Podemos ayudar con conexiones equipotenciales horizontales si el edificio es alto, por ejemplo, cada dos plantas.

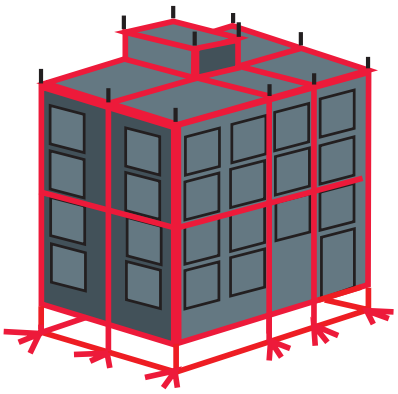


Fig. H1-4-019: *la caja mallada o caja de Faraday.*

Los conductores descendentes se unen a las puestas de tierra de pata de pato o radiales.
Es conveniente obtener mallados con cuadrícula de 15 · 15 m o de 10 · 10 m, obteniendo un conexionado equipotencial al entorno del edificio, facilitando así varias ramificaciones de difusión de la intensidad del rayo.

Las protecciones secundarias
Permiten descargar los efectos de las sobretensiones atmosféricas y las de maniobra a frecuencia industrial.

Se clasifican en función de la forma de conexión a la red en:
□ Protección en serie.
□ Protección en paralelo.

■ La protección en serie.
Se conecta en serie con la red a proteger:

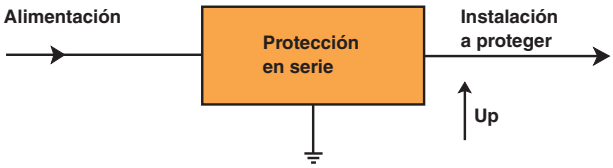


Fig. H1-4-020: *sistema de protección en serie.*

□ Los transformadores atenúan por medio de su impedancia las sobretensiones y hacen desaparecer ciertos armónicos. La protección es poco eficaz.
□ Los filtros a base de resistencias, bobinas y condensadores, se adaptan bien a una banda de frecuencias bien definidas de las perturbaciones industriales o de maniobra. Esta protección no se adapta a las perturbaciones atmosféricas.
□ Los absorbedores de ondas se construyen generalmente con bobinas al aire para limitar la sobretensiones, y con pararrayos para descargar las intensidades.
Se adaptan muy bien a la protección de aparatos electrónicos sensibles y para la informática. Son activos solamente contra las sobretensiones y eficientes a pesar de su volumen y coste. No pueden ser sustituidos por onduladores que garantizan una continuidad de servicio.

Todas las protecciones serie son específicas para un aparato o aplicación. Deben ser dimensionadas para la potencia de la instalación a proteger. Necesitan una protección complementaria de pararrayos.

□ Las unidades de alimentación ininterrumpida (SAI). Estos aparatos se utilizan generalmente para la protección de los servicios informáticos, que necesitan una alimentación energética de muy buena calidad.
Permiten regular la tensión y frecuencia de suministro, suprimir los parásitos y asegurar la continuidad de servicio, en caso de corte temporal de la alimentación del circuito (SAI). En contra no protegen de las sobretensiones importantes de tipo atmosférico, para las cuales una protección con pararrayos es imprescindible.

Existen numerosas protecciones a los efectos secundarios, las más comunes son las de serie, para funciones específicas y precisas, y las de paralelo en términos más generales. Las dos son complementarias.

■ La protección en paralelo.
Su principio de funcionamiento hace que se adapte a cualquier intensidad del circuito a proteger. Es la protección más utilizada contra las sobretensiones.

□ Principales características:

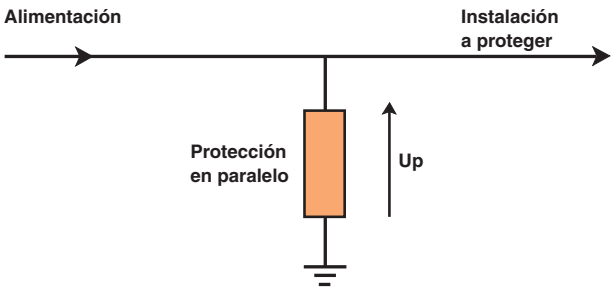


Fig. H1-4-021: *sistema de protección en paralelo.*

– La tensión nominal de alimentación de la protección debe ser la misma que la nominal del circuito a proteger (230/400 V).
– En ausencia de sobretensiones no debe circular ninguna intensidad a través del elemento protector.
– A la aparición de una sobretensión, que sobrepase el umbral mínimo admisible de aislamiento en la instalación, la protección se vuelve conductora y descarga de forma franca la corriente a tierra. En el momento que la energía de la sobretensión se ha diseminado en la tierra, esta sobretensión ha desaparecido de la red y el elemento protector vuelve a convertirse en aislante.

La fig. H1-4-022 nos presenta la curva característica ideal entre la tensión y la intensidad U/I.

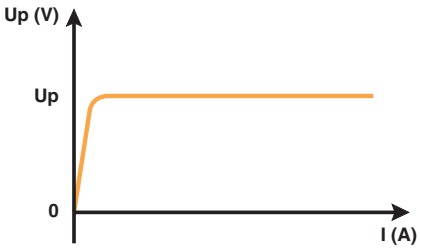


Fig. H1-4-022: *curva característica U/I de la protección ideal.*

– El tiempo de respuesta (tr) de la protección debe ser el menor posible, para limitar al máximo el paso de la energía peligrosa.
– La protección debe dimensionarse en función de la energía presunta, correspondiente a la sobretensión a proteger. Generalmente en función del nivel ceráunico del lugar.
– La protección debe ser capaz de soportar un cierto número de descargas de sobretensiones a In, sin averiarse.
□ Los productos utilizados.
Los limitadores de sobretensiones son utilizados en los centros de transformación de MT/BT a la salida del transformador, y de forma obligatoria en los esquemas con neutro aislado o impedante (IT), permitiendo derivar las sobretensiones a tierra, sobre todo las de frecuencia industrial.

Los limitadores de sobretensiones transitorias o descargadores de sobretensiones
Este término se utiliza para aparatos muy diferentes en cuanto a su tecnología y a su utilización.

Los limitadores de sobretensiones transitorias existen bajo forma modular a instalar en un cuadro eléctrico de BT.
Otros son de forma enchufable para proteger las tomas de corriente. Poseen una buena precisión, pero sólo pueden actuar con pequeñas intensidades.
Hay tipos integrables en los receptores, pero no son útiles con fuertes sobretensiones.

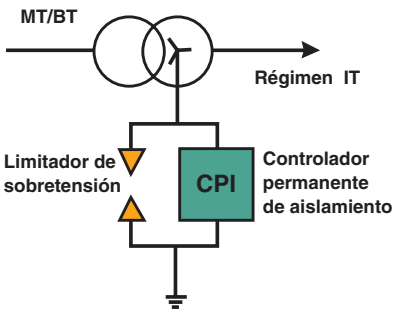


Fig. H1-4-023: *esquema de instalación del limitador de sobretensiones.*

Los limitadores de sobretensiones transitorias de pequeñas intensidades
Protegen las redes telefónicas o de comunicación contra las sobretensiones provenientes del exterior (rayo) o de las que provienen del interior (debidas a la polución de elementos o de sobretensiones de maniobra).
Los limitadores de sobretensiones transitorias de pequeñas intensidades se instalan igualmente en cofres o son integrados a los receptores.

Resumen:
Existen numerosas protecciones secundarias para luchar contra las sobretensiones: protección serie y protección paralela.
■ ***Las protecciones serie son específicas para una aplicación determinada y precisa. Normalmente son complementarias para reforzar protecciones específicas a las protecciones en paralelo.***
■ ***Las protecciones en paralelo son de tipo más general y las más comúnmente utilizadas, tales como la protección general de redes de alimentación, de redes telefónicas o redes de comunicación (bus).***

Las tecnologías utilizadas en los limitadores de sobretensiones transitorias

Los componentes
Infinidad de elementos permiten obtener, más o menos, las características dieléctricas necesarias.

Los diodos zener
La curva característica (ver tabla H1-4-024, pág. H1/172) está próxima a la curva ideal.
El tiempo de respuesta es extremadamente rápido (del orden de picosegundos: 10^{-12} s) para un umbral de tensión preciso (Us). Las corrientes de fuga son normalmente elevadas y los diodos zener presentan el inconveniente de disipar poca energía.
Este tipo de protección no puede situarse en cabecera de las instalaciones, pero es muy eficiente en zonas terminales, de forma complementaria a otras protecciones, donde la intensidad de la perturbación ha sido reducida en diferentes derivaciones.

Descargadores a gas

Se trata de ampollas de gas con dos electrodos. La curva característica (ver tabla H1-4-024) posee una descarga fulgurante, se inicia en función de la tensión y perdura en función de la intensidad, posee una fuerte capacidad de disipación de energía, descarga una intensidad peligrosa en el tiempo, es el elemento que reduce más el envejecimiento por calentamiento de la instalación.
Su inconveniente es el tiempo de respuesta, muy lento, puesto que actúa casi a tensiones de cresta y debemos esperar todo el tiempo de crecimiento de la tensión para la ionización del gas y convertirlo en conductor. En este momento descarga la intensidad mientras la tensión mantiene el gas ionizado.

La varistancia (de óxido de cinc ZnO)

Se trata de un recipiente con dos electrodos relleno de óxido de cinc. La curva característica (ver tabla H1-4-024) está próxima a la curva ideal.
El tiempo de respuesta es rápido (del orden de nanosegundos: 10^{-9} s) para un umbral de tensión (Us).
La potencia disipada es importante.
La corriente de mantenimiento (del umbral) es nula.
El inconveniente es la corriente de fuga que aumenta en función de la importancia y del número de choques eléctricos, hasta la destrucción del elemento.
Debemos colocar un detector de fugas para conocer el fin de la vida eficaz del elemento, para su recambio.

Cuadro comparativo de las características de los elementos limitadores de sobretensiones transitorias utilizados en protecciones paralelas

La tabla siguiente resume las características principales de los elementos utilizados en las protecciones en paralelo a las sobretensiones.

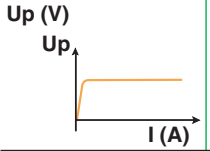
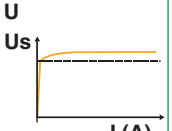
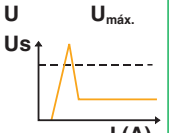
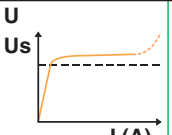
Características de los componentes utilizados en protecciones paralelas							
Característica U/I	Componentes	Símbolos	Corriente de fuga I_f	Energía disipada	Tensión residual	Corriente de acompañamiento	Tiempo de respuesta
	Ideal		0	Elevada	Pequeña	Nula	Rápido
	Diodo zener		Pequeña	Pequeña	Pequeña	Nula	Rápido
	Descargador		0	Elevada	Elevada	Mantenida durante la descarga	Elevado
	Varistancia		Pequeña	Elevada	Pequeña	Nula	Rápido

Tabla H1-4-024: *tabla comparativa de las características de los diferentes elementos de protección en paralelo de las sobretensiones.*

Los esquemas de los limitadores de sobretensiones transitorias

La constitución de un limitador de sobretensiones transitorias

Existen esencialmente tres tipos de composiciones de limitadores de sobretensiones transitorias:

- Diodo zener.
- Descargador a gas.
- Varistancia.

■ Los limitadores de sobretensiones transitorias de diodo zener bidireccionales son utilizados sobre todo en la protección precisa de un punto terminal de la red, jamás para una protección general a causa de su escasa capacidad de disipación energética.

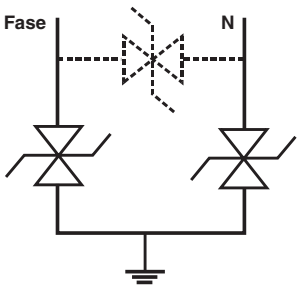


Fig. H1-4-025: *diodo zener bidireccional.*

■ Los limitadores de sobretensiones transitorias de descargas en gas se utilizan asociados a pararrayos de varistancia para compensar sus propios puntos débiles.

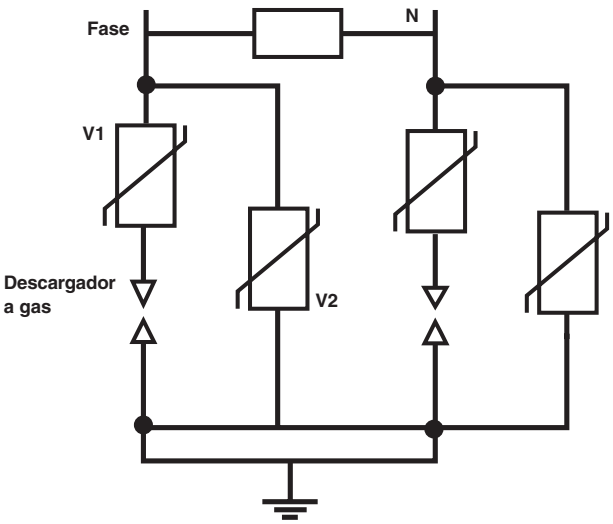


Fig. H1-4-026A: *esquema de principio de un limitador de sobretensiones transitorias a descarga de gas mejorado.*

La varistancia V1 en serie con el descargador a gas permite la extinción de la sobretensión y evita la corriente de acompañamiento.
La varistancia V2 actúa desde el primer instante de la aparición de la sobretensión, es la que impone velocidad de actuación.
En el momento en que actúa la V1, la intensidad se reparte entre las dos, la V1 y la V2, evitando así el envejecimiento por la disipación térmica (I/2) y el corte de la corriente de acompañamiento.
Es un esquema complejo y costoso.
El descargador a gas utilizado sólo activaría las protecciones del circuito o el diferencial a causa de la corriente de acompañamiento.
■ Los limitadores de sobretensiones transitorias a varistancia presentan actualmente la mejor relación calidad precio gracias a su simplicidad y fiabilidad.

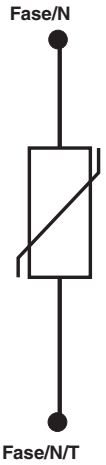


Fig. H1-4-026B: *principio de un limitador de sobretensiones transitorias unipolar a varistancia.*

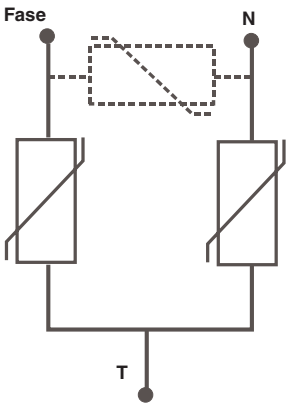


Fig. H1-4-027: *principio de un imitador de sobretensiones transitorias bipolar a varistancia.*

■ La desconexión.
Es adecuada la instalación de un desconectador de fin de vida, integrado o exterior al limitador de sobretensiones transitorias, y un indicador luminoso o acústico para facilitar el mantenimiento.

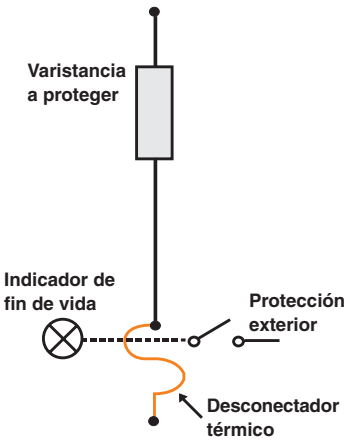


Fig. H1-4-028: *principio de un limitador de sobretensiones transitorias a varistancia con protección a distancia.*

La acometida

Un limitador de sobretensiones transitorias unipolar permite limitar las sobretensiones entre fase y tierra o entre neutro y tierra en forma común.
Permite igualmente limitar las sobretensiones entre fase y neutro en forma diferencial.
Podremos juntar limitadores de sobretensiones transitorias unipolares tanto en las protecciones de forma común o diferencial (ver esquemas de las figuras H1-4-026B, H1-4-027 y H1-4-028 en la página anterior).
La protección de forma diferencial no es obligatoria, pero es muy recomendable en instalaciones con régimen de tierra TT y TNS.

4.3. La normativa sobre los limitadores de sobretensiones transitorias

Definición de los limitadores de sobretensiones transitorias

■ El pararrayos es un dispositivo destinado a limitar las sobretensiones transitorias y a derivar las ondas de corriente a tierra, a fin de limitar la amplitud de las sobretensiones a valores no peligrosos para las instalaciones eléctricas.
■ Los limitadores de sobretensiones transitorias están constituidos de uno o varios elementos no lineales.
■ Los limitadores de sobretensiones transitorias eliminan las sobretensiones:
□ De forma común:
– fase/tierra
– neutro/tierra
□ De forma diferencial:
– fase/neutro
■ En caso de sobretensiones superiores al umbral Uc, el limitador de sobretensiones transitorias se vuelve conductor y descarga rápidamente la energía a la tierra en la forma común, y a otro conductor en forma diferencial (generalmente el neutro que la descarga a tierra).
■ El limitador de sobretensiones transitorias incorpora un autocontrol térmico que indica su estado de vida (en condiciones o finito). Ciertos modelos disponen de una posible indicación a distancia.
■ Una protección exterior permite dejar fuera de servicio el limitador de sobretensiones transitorias en el momento del fin de su vida evitando el consecuente cortocircuito.

Características principales de los limitadores de sobretensiones transitorias

■ **Un:** tensión nominal de la red.
■ **U_0:** tensión simple de la red.
■ **In:** corriente nominal de descarga.
Es la corriente de cresta de la corriente de descarga utilizada para designar el pararrayos. Este valor debe ser soportado 20 veces en onda de corriente 8/20 = µs.
■ **Imáx.:** corriente máxima de descarga.
Es la corriente máxima de descarga que el pararrayos puede soportar, en onda 8/20 µs, una vez sin destruirse.
■ **Ic:** corriente de fuga o corriente de funcionamiento permanente.
Es el valor de la corriente que circula por el pararrayos en el momento que está alimentado en la tensión máxima en régimen permanente Uc (generalmente es inferior a 1 mA).

■ **Uc:** tensión máxima en régimen permanente.
Es la tensión máxima a que puede conectarse permanentemente el limitador de sobretensiones transitorias sin afectar su funcionamiento.
En general Uc es:
Uc > 1,5 U_0 en régimen TT o TN
Uc > 1,73 U_0 en régimen IT.
■ **Up:** nivel de protección.
Es la característica principal del limitador de sobretensiones transitorias que se utiliza para la coordinación del aislamiento, con un grado de seguridad suficiente en relación a la rigidez del material a proteger.
Generalmente para redes de 230/400 V son de: 1 kV a 2,5 kV.
■ **Ur:** tensión residual.
Es la tensión que aparece en los bornes de un limitador de sobretensiones transitorias durante el paso de una sobretensión o una corriente de descarga.
■ Uc, Up, In e Imáx. características del limitador de sobretensiones transitorias:

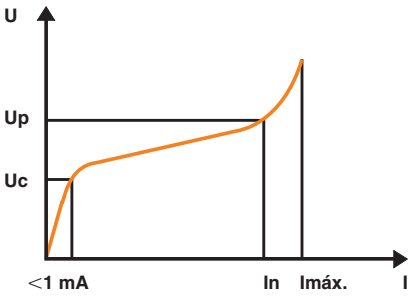


Fig. H1-4-029: *representación gráfica de las características Uc, Up, In e Imáx.*

Ondas de ensayo

A fin de poder ensayar los pararrayos, los organismos de normalización han definido varios tipos de ondas de ensayo, las más comunes y definidas por la CEI son:

■ **Onda de tensión, 1,2/50 µs:**

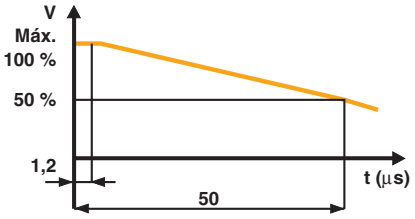


Fig. H1-4-030: *onda de tensión 1,2/50 µs.*

■ **Onda de corriente, 8/20 µs.**

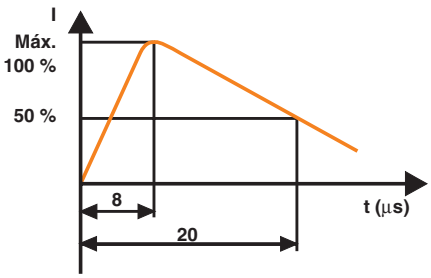


Fig. H1-4-031: *onda de corriente 8/20 µs.*

Elección de los limitadores de sobretensiones transitorias en la instalación

El nivel de protección de los limitadores de sobretensiones transitorias es función del material instalado y de la tensión nominal de la instalación.
Up debe estar comprendido entre Uc y el umbral de tensión a los choques del material a proteger:
Uc < Up < tensión de choque de los materiales = máximo de 2,5 kV.

Tabla de elección de limitadores de sobretensiones transitorias en función de la tensión de red y la resistencia a los choques eléctricos

Tensión nominal de la instalación (V)	Tensión asignada de resistencia a los choques eléctricos			
Redes trifásicas	Materiales con resistencia a los choques eléctricos muy elevada Contadores eléctricos y aparatos de telemedida	Materiales con resistencia a los choques eléctricos elevada Aparamenta de distribución y materiales industriales	Materiales con una resistencia normal a los choques eléctricos Materiales electrodomésticos portátiles	Materiales con poca resistencia a los choques eléctricos Materiales con circuitos electrónicos
230/440	6	4	2,5	1,5
400/690 - 1.000	8	6	4	2,5

Tabla H1-4-032: *tabla de elección de limitadores de sobretensiones transitorias en función de la tensión de red y la resistencia a los choques eléctricos.*

Instalación de limitadores de sobretensiones transitorias

Los limitadores de sobretensiones transitorias se conectan entre fase y tierra o entre fase y PE (esquema TNC e IT), entre fase y PE y también entre neutro y PE (esquema TT y TNS).

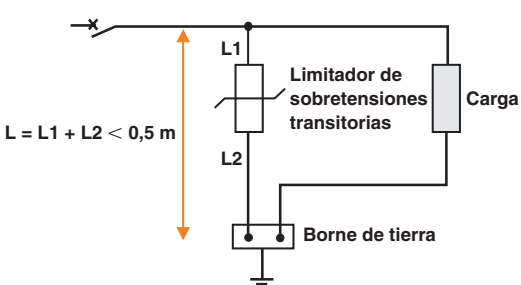


Fig. H1-4-033: *esquema de conexión de un limitador de sobretensiones transitorias.*

Las conexiones de los bornes del pararrayos a los hilos activos y al borne de tierra deben ser lo más cortos posible (< 0,5 m).

La normativa internacional

La CEI
Tiene prevista la norma CEI 61643 (norma general sobre los limitadores de sobretensiones transitorias de BT), se ha publicado en febrero de 1998. Los diferentes estados han de prever su homologación.

El CENELEC
Está pendiente de adaptar la norma CEI 61643 a las necesidades europeas y ha previsto su publicación para el 2000/2004.

Las normas de los materiales

Las normas de los materiales son las que definen sus características propias y los límites mínimos de los parámetros a los que han de responder para dar las garantías de su correcto funcionamiento, su fiabilidad, seguridad y su envejecimiento.

Deben responder a ensayos tales como:
- ■ Ensayos de verificación de las características de funcionamiento:
- □ Envejecimiento.
- □ Número de choques mínimos a In.
- □ Fin de vida.
- □ Medida del nivel de protección.
- □ Funcionamiento a corriente nominal.
- □ Corriente máxima de descarga.
- □ Dieléctricos.
- □ Etc.
- ■ Ensayos de resistencia:
- □ Al calor.
- □ Al fuego.
- □ A la humedad.
- □ Etc.

Normas actuales propias de un estado

Francia
NFC 61740/95: pararrayos a resistencia variable del tipo de óxido de cinc para redes de baja tensión.
Austria
OVE SN 60 1 y 4/1990: uberspannungsableiter fur netze mit nennspannungen bis z 1000 V und = 1500 V.
Australia
AS 1307: surge arresters (diverters). 1/1986: silicon carbide type for AC systems.
Suráfrica
SABS 171: surge arrester fir low voltage distribution systems.
Alemania
En curso de elaboración.
VDE 0675: uberspannungsbleiter. Part 6/11: surge arrester for use in AC supply systems with rated voltages ranging from 100 to 1000 V.

4.4. Reglas generales de instalación

Instalación de los limitadores de sobretensiones transitorias en función del régimen de neutro

Los limitadores de sobretensiones transitorias

Los limitadores de sobretensiones transitorias se instalan en función de una serie de conceptos y elementos tales como:
Las protecciones en cascada.
Las protecciones diferenciales.
Los interruptores automáticos de acompañamiento.
Los regímenes de neutro.

Sistema común

La protección de base consiste en realizar una protección de limitadores de sobretensiones transitorias entre la fase y PE o PEN, cualquiera que sea el régimen de neutro.
Tomamos como ejemplo un esquema TT. Se instala, de forma común, un limitador de sobretensiones transitorias bipolar para proteger la instalación (ver capítulo H2 “Sobretensiones de modo común”).
La resistencia R_1 de la puesta a tierra del neutro, a nivel del poste de la línea aérea de alimentación, es mucho más baja que la resistencia R_2 de la puesta a tierra de la instalación de la casa.
La corriente del rayo realiza el circuito ABCD para salir por la tierra, tomando el camino más fácil.

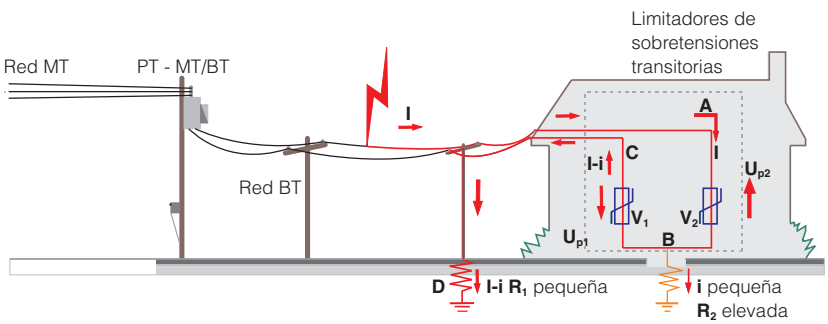


Fig. H1-4-034: *protección sistema común.*

Sistema diferencial

En esquema TT y TNS, la puesta a tierra del neutro introduce una disimetría debida a las impedancias de tierra que crean impedancias de modo diferencial, puesto que la sobretensión inducida por el impacto del rayo es de forma común.
En su recorrido circulará por las varistancias V_1 y V_2 en serie, haciendo aparecer en los bornes A y C, a la entrada de la instalación, una tensión diferencial igual a dos veces la tensión residual del limitador de sobretensiones transitorias (U_{p1} + U_{p2}), en el caso más extremo.
Si el limitador de sobretensiones transitorias aguas abajo tiene una protección diferencial V_3 (apartado 4.1, página H1/157 “El modo diferencial”), el camino recorrido por la corriente del rayo será AHGCD y la tensión entre AC deberá ser limitada al valor de U_{p3}.

Ejemplo:

Este ejemplo muestra la importancia de la protección diferencial en esquema TT y TNS.

La tabla H1-4-036 indica las conexiones a realizar según el régimen de neutro en el caso de sobretensiones atmosféricas.

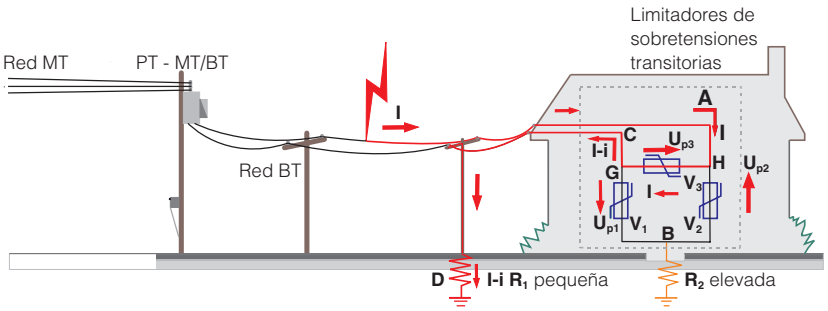


Fig. H1-4-035: *protección sistema diferencial.*

Esta tabla indica claramente que un limitador de sobretensiones transitorias monobloc multipolar, integrando la protección del tipo diferencial además de una común, se adapta perfectamente a los régimenes de neutro TT y TNS. Los limitadores de sobretensiones transitorias unipolares comunes se adaptan mejor a los regímenes TNC o IT.

Conexiones a realizar según el régimen de neutro				
Tipo	TT	TN-S	TN-C	IT
Diferencial				
Fase-N	Sí	Sí		
Común				
Fase-tierra	Sí	Sí	Sí	Sí
N-tierra	Sí	Sí		Sí (*)

Tabla H1-4-036: *tabla de conexiones para los limitadores de sobretensiones transitorias.*

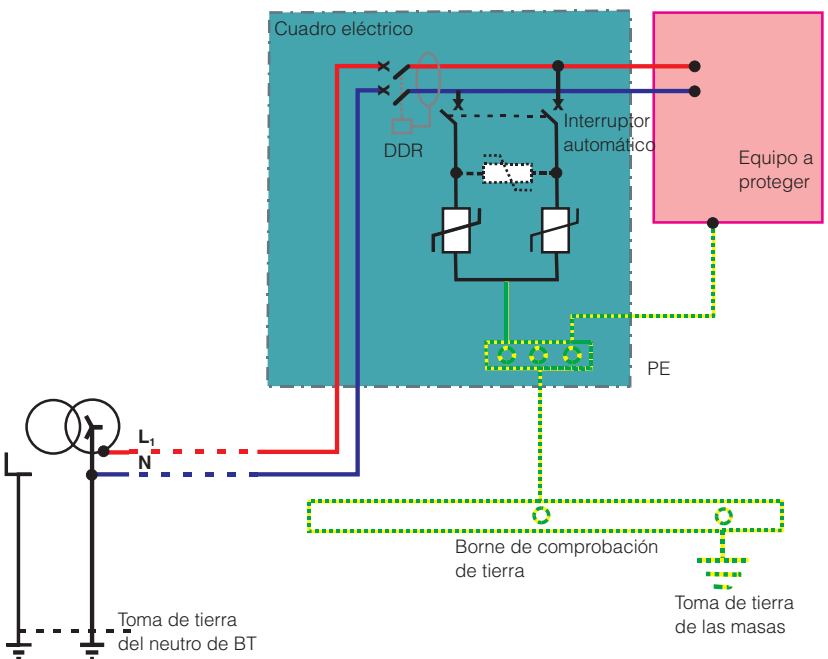


Fig. H1-4-037: *esquema monofásico régimen TT.*

Instalación de limitadores de sobretensiones transitorias en esquemas de régimen TT

Es el esquema habitual en la distribución pública de la energía eléctrica.
El neutro está puesto a tierra en el centro de transformación.
Las masas están unidas a otra puesta a tierra, es la tierra del abonado.

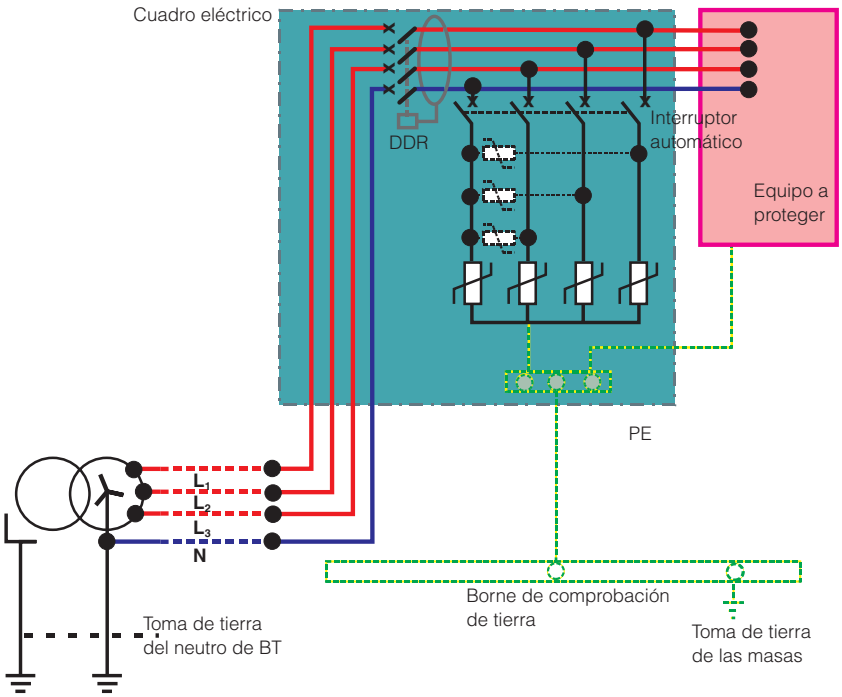


Fig. H1-4-038: *esquema trifásico régimen TT.*

La protección contra los contactos indirectos se realiza con interruptores diferenciales. Los interruptores diferenciales aguas arriba de los limitadores de sobretensiones transitorias deben ser retardados, puesto que el paso de la corriente de la sobretensión provocaría su desconexión.
Un incremento de potencial en las partes activas automáticamente incrementa la diferencia de potencial entre las partes activas y las masas, situación peligrosa porque este incremento de potencial puede pasar a las masas y a las personas que están en contacto con ellas.
La instalación de limitadores de sobretensiones transitorias de forma común es la más adecuada, y aunque en el RBT de 1973 sólo se refiere a las sobretensiones de origen atmosférico, en zonas pertinentes, deberían ser obligatorias para cualquiera que fuera su origen y dimensionarlas adecuadamente.
Las protecciones de tipo diferencial para alguna instalación terminal ayudan a la protección.

Instalación de limitadores de sobretensiones transitorias en esquemas de régimen TNC

El neutro del transformador está unido directamente a la tierra del CT.
Las masas están unidas al conductor de protección PEN, que a la vez realiza la función de neutro.
La protección se realiza con un interruptor automático.
La equipotencialidad es estable en todas la masas.

Hay instalaciones que refuerzan la equipotencialidad efectuando puestas a tierra de apoyo a lo largo de la instalación, por tanto es prácticamente imposible que exista una diferencia de potencia entre el neutro y la tierra.
La protección de limitadores de sobretensiones transitorias será solamente entre fases y neutro.

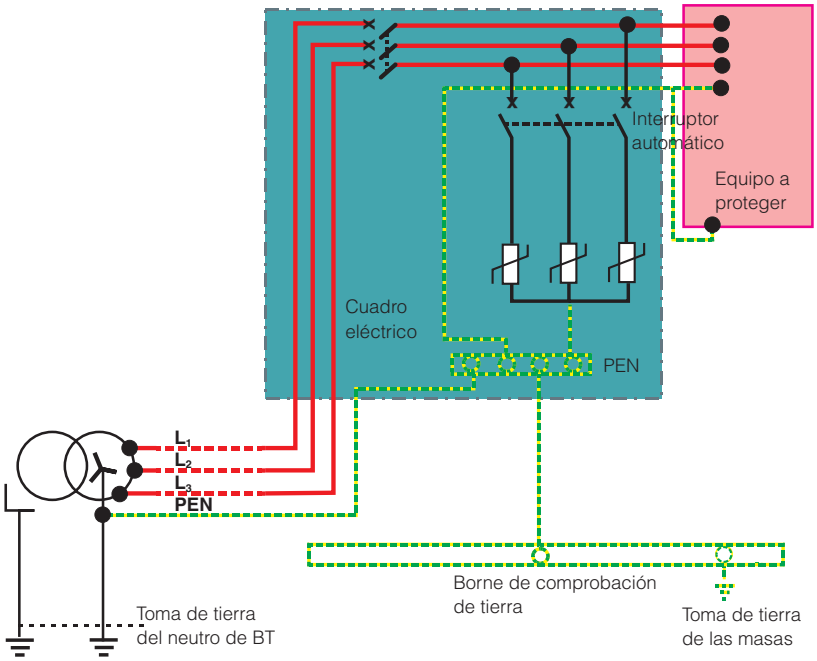


Fig. H1-4-039: *esquema trifásico régimen TNC.*

Instalación de limitadores de sobretensiones transitorias en esquemas de régimen TNS

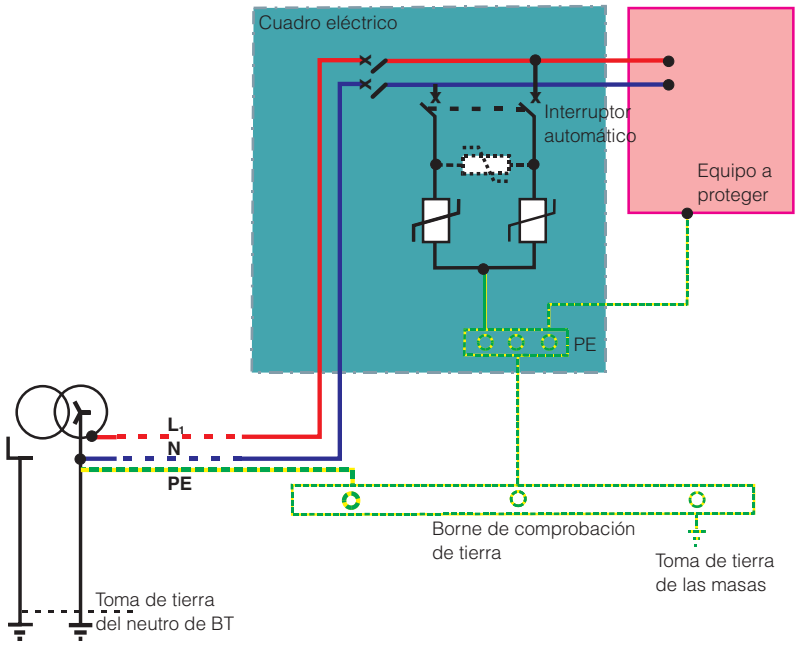


Fig. H1-4-040: *esquema monofásico régimen TNS.*

El neutro del transformador está unido directamente a la tierra del CT.
Las masas están unidas al conductor de protección PE.
El conductor de protección y el conductor neutro son distintos.
La protección se realiza con un interruptor automático.
Este esquema es parecido al TT.
Es conveniente proteger los conductores activos en relación a la tierra de forma común y las fases en relación al neutro de forma diferencial.

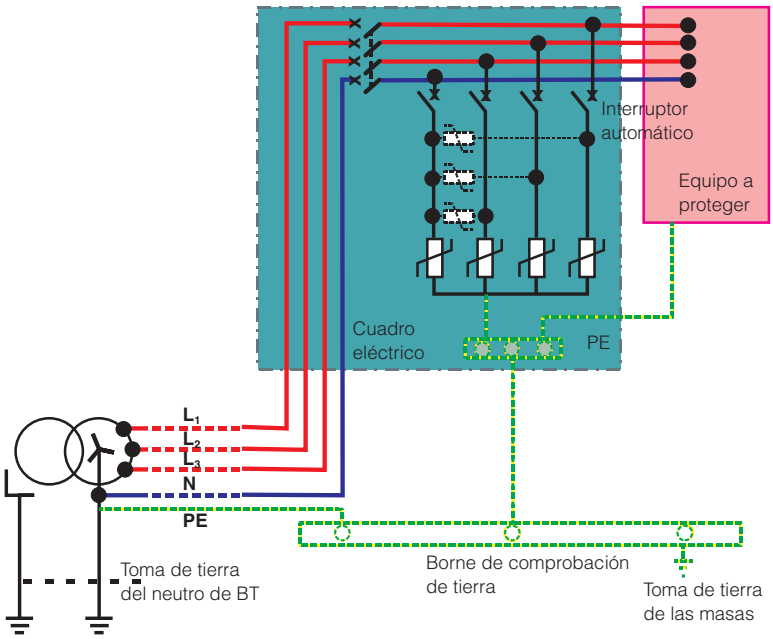


Fig. H1-4-041: *esquema monofásico régimen TT.*

Esquema de unión a la tierra TNC-S

Los esquemas de TNC y TNS pueden ser utilizados en una misma instalación.
El esquema TNC será obligatoriamente la zona de aguas arriba del TNS.
El esquema TNS es obligatorio para secciones de conductores $< 10\ mm^2$ en Cu y $16\ mm^2$ en Al o por cables flexibles.

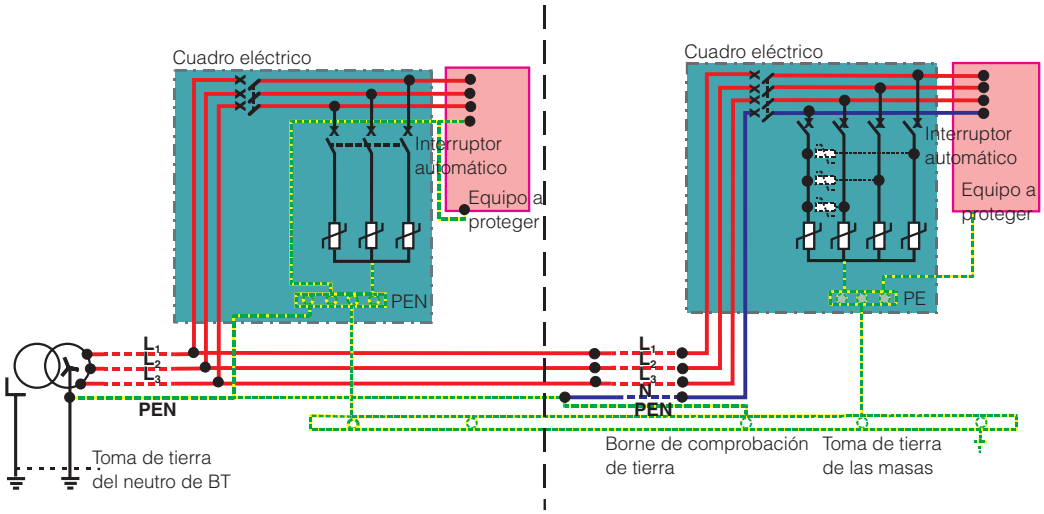


Fig. H1-4-042: *esquema trifásico régimen TNC-S.*

Esquema de unión a la tierra IT

El neutro del transformador es aislado de tierra, o unido a la tierra por medio de una impedancia para poder fijar el potencial de la red con respecto a tierra y disminuir el nivel de sobretensión de forma común.
Las masas están unidas a la tierra.

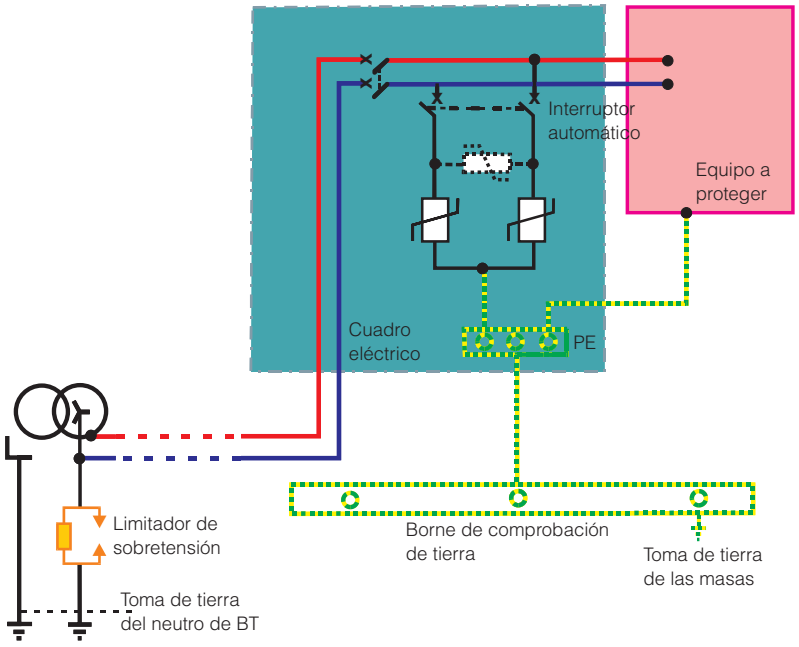


Fig. H1-4-043: *esquema monofásico régimen IT.*

La protección se realiza por medio de un interruptor automático al segundo defecto simultáneo.

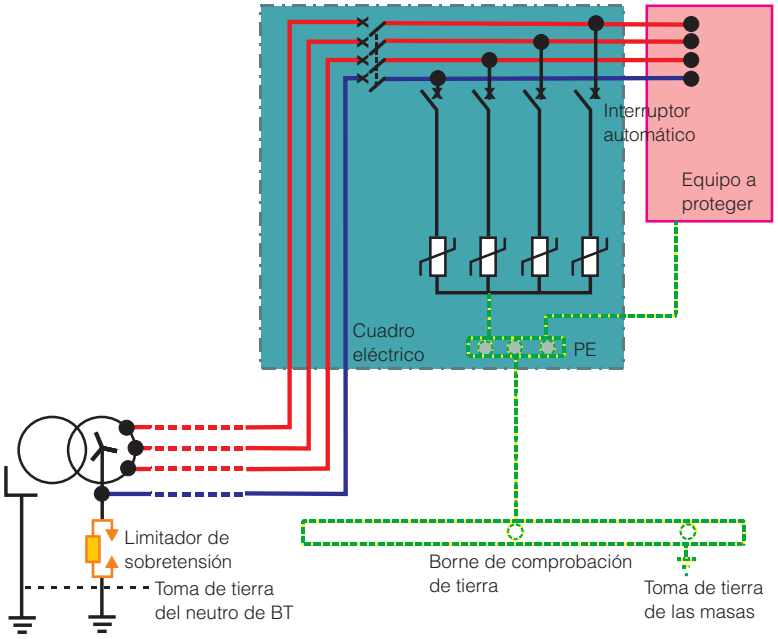


Fig. H1-4-044: *esquema trifásico régimen IT.*

La detección y la señalización del primer defecto se realiza por medio de un controlador permanente de aislamiento (CPI).
Un limitador de sobretensión en cabecera de la instalación entre el neutro y la tierra garantiza un buen nivel de aislamiento a la red.
Para la instalación de pararrayos podemos elegir en régimen:
■ TT y TNS: una protección de forma común general y de forma diferencial en casos específicos terminales.
■ IT y TNC: una protección de forma común.
Dos pararrayos de forma común se colocan entre la fase y la tierra, y entre el neutro y la tierra.
Si el neutro está distribuido, una protección suplementaria es obligatoria.

Los cables de tierra y masas

En el capítulo F, apartado 5 “Realización y medida de las puestas a tierra”, pág. F/87, y en el capítulo F, apartado 7.3. “Las conducciones y la compatibilidad electromagnética CEM”, pág. F/264, encontrarán las soluciones para el cálculo de las puestas a tierra y la forma de colocación de las líneas de tierra y equipotenciales, para obtener una máxima calidad energética en la instalación.

La instalación en cascada de los limitadores de sobretensiones transitorias

Principio

En el estudio de la protección de una instalación contra las sobretensiones, puede resultar que el lugar esté fuertemente expuesto a las sobretensiones y que el material a proteger sea muy sensible a ellas.
El pararrayos deberá ser capaz de descargar las intensidades importantes, pero siempre tendremos una derivación a la red, la cual solamente la podremos disminuir con un limitador de sobretensiones transitorias P1 y si no es suficiente con un segundo limitador de sobretensiones transitorias P2, por tanto deberemos prever un segundo aparato.
El primer dispositivo P1 se situará en cabecera de la instalación.
Su función será la de derivar el máximo de energía a la tierra, con un nivel de protección ⩽ 2.000 V, soportable por los equipos electrónicos y aparamenta.
El segundo aparato P2 se situará en el cuadro de distribución que alimente los aparatos más sensibles.
Tendrá un poder de derivación menor del primero pero una gran capacidad de descrestación de las ondas (⩽ 1.500 V), para proteger al máximo los aparatos más sensibles.

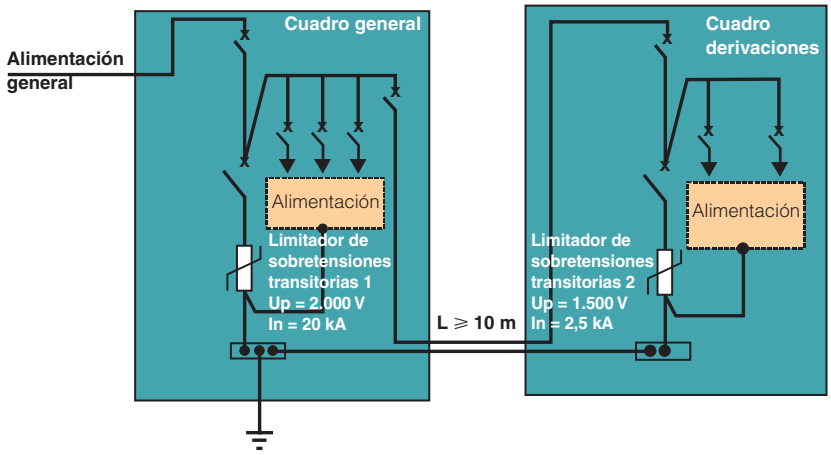


Fig. H1-4-045: *esquema de protección en cascada.*

Coordinación de limitadores de sobretensiones transitorias

La protección P2 se instala en paralelo con respecto a P1. Si la distancia L es muy pequeña, con respecto a la llegada de la sobretensión.
P2 de nivel de protección U2 = 1.500 V funcionará antes que P1 de nivel U1 = 2.000 V. A P2 le será difícil resistir el trabajo más duro, por tanto debemos coordinar las dos protecciones para que la primera en actuar sea P1 y después P2.
La solución será colocar el limitador de sobretensiones transitorias P2 a una distancia L, para que la caída de tensión provocada permita actuar correctamente al aparato P2.

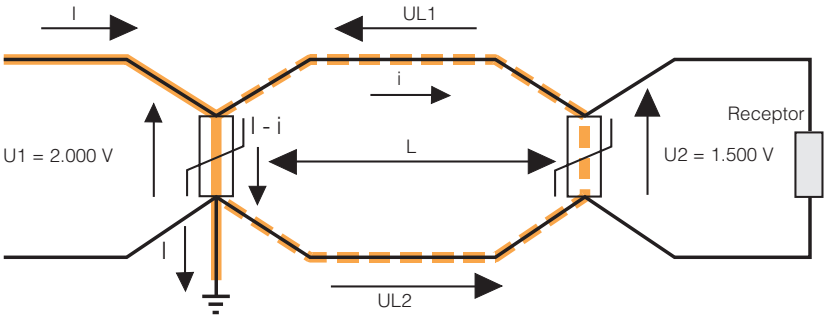


Fig. H1-4-046: *coordinación de limitadores de sobretensiones transitorias.*

Un metro de cable presenta una reactancia de 1 µH aproximadamente.

La protección en cascada impone una distancia mínima de por lo menos 10 m entre los dispositivos de protección.
Es factible cualquiera que sea la aplicación: doméstica, terciaria o industrial.

La regla $\Delta U = L \frac{di}{dt}$ da una caída de tensión del orden de 100 V/m/kA en onda de 8/20 µs.
Para una longitud de L = 10 m tendremos:

$$UL1 = UL2 \cong 1.000 \text{ V}$$

Para que P2 funcione con un nivel de protección de 1.500 V, debemos tener en consideración:

$$U1 = UL1 + UL2 + U2 = 1.000 \text{ V} + 1.000 \text{ V} + 1.500 \text{ V} = 3.500 \text{ V}$$

Por tanto P2 funciona antes de los 2.000 V y protege así a P2.
El cuadro adjunto muestra la influencia de la distancia de separación de los pararrayos en cascada sobre la repartición de las intensidades entre P1 y P2.
La distancia óptima está en 10 m como mínimo.

Relación distancias intensidades en los limitadores de sobretensiones transitorias en cascada

Intensidad I = (kA)	Distancia L = (m)	Intensidades I_{P1} = (A)	I_{P2} = (A)
I = 20	1	16,7	3,3
	10	19	1
	50	19,7	0,3
I = 10	1	7,4	2,6
	10	9,2	0,8
	50	9,7	0,3

Tabla H1-4-047: *tabla de la distribución de las intensidades en función de la distancia entre limitadores de sobretensiones transitorias.*

Instalación

El limitador de sobretensiones transitorias “protección principal” (P1) se instala en el cuadro general. Los limitadores de sobretensiones transitorias P2 se instalan en los cuadros de distribución.

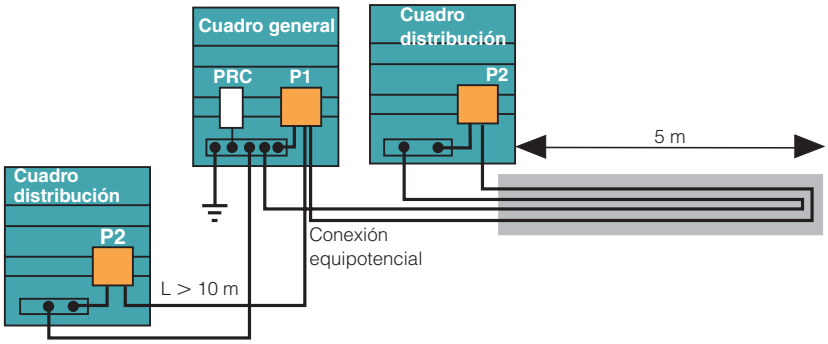


Fig. H1-4-048: *instalación en cascada.*

Si los dos cuadros están uno al lado de otro, debemos colocar la longitud del conductor en una canalización de por lo menos 5 m de longitud al entorno de los limitadores de sobretensiones transitorias para respetar le regla de los 10 m de longitud del cable.
Podremos instalar protecciones de precisión aguas abajo de la protección general para cargas precisas y específicas en función de la configuración y necesidades de la red.
No debemos olvidar las conexiones equipotenciales a realizar con las protecciones de corrientes débiles, tales como la telefónica o las de comunicación... (PRC).

Nota: si la distancia entre el limitador de sobretensiones transitorias de cabecera y el material a proteger sobrepasan los 30 m, la puesta en cascada de limitadores de sobretensiones transitorias es recomendable puesto que existe el riesgo de que la tensión residual del pararrayos tienda a doblarse.

Las protecciones de los limitadores de sobretensiones transitorias

Tres tipos de protecciones debemos considerar para los limitadores de sobretensiones transitorias:
- La protección interna contra el envejecimiento.
- La protección externa contra las corrientes de cortocircuito.
- La protección contra los contactos indirectos, si es necesaria.

Protección contra el envejecimiento

Desconexión integrada al limitador de sobretensiones transitorias

Los limitadores de sobretensiones transitorias a varistancia se caracterizan por una corriente de fuga muy pequeña (< 1 mA). Esta corriente de fuga se incrementa ligeramente en función de las descargas. Esta corriente comporta un calentamiento del pararrayos y a la larga un envejecimiento perceptible de los componentes.
Un desconectador térmico deja fuera de servicio al limitador de sobretensiones transitorias antes que el incremento de la corriente de fuga pueda llegar al calentamiento máximo y destruirlo.
Un indicador pone en conocimiento del estado al utilizador. Ciertos limitadores de sobretensiones transitorias disponen de un contacto, en reposo, para facilitar la indicación del estado a distancia.
La vida de un limitador de sobretensiones transitorias es importante si está elegido correctamente para la función a realizar, es comparable a otros productos modulares instalados en el cuadro.

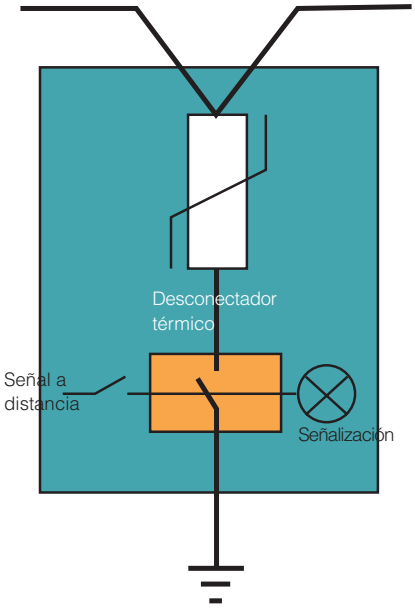


Fig. H1-4-049: *desconectador protector incorporado.*

Protección contra los cortocircuitos

Desconexión exterior de los limitadores de sobretensiones transitorias

Uno de los parámetros del limitador de sobretensiones transitorias es el valor máximo de la corriente, en onda 8/20 µs, que puede soportar sin degradación. Si este valor es superado, el limitador de sobretensiones transitorias puede

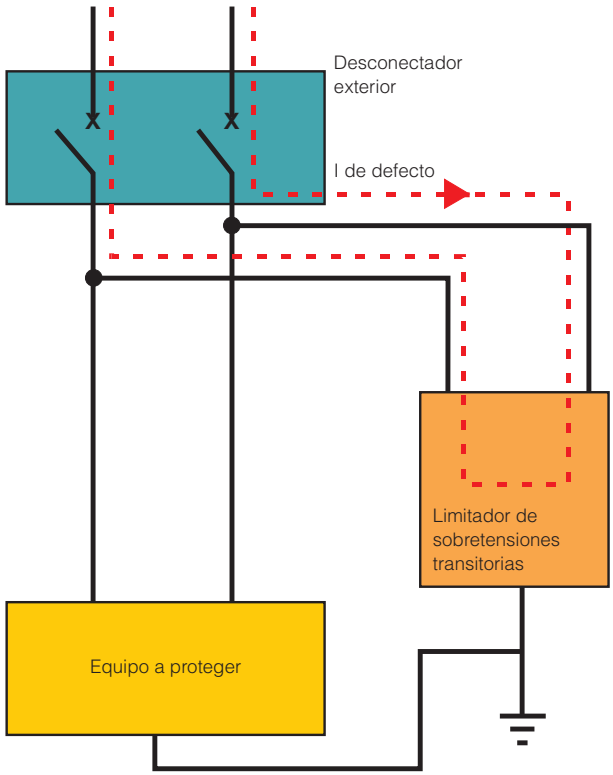


Fig. H1-4-050: *protección con desconectador externo.*

destruirse y quedar cortocircuitado. En estas condiciones deberá ser sustituido inmediatamente.
La corriente de defecto deberá ser eliminada por un desconectador situado aguas arriba.
Solamente un interruptor automático debidamente calibrado es capaz de asegurar una protección de un pararrayos cumpliendo las condiciones de protección:
■ Soportar los ensayos de ondas de choque de 8/20 µs y 1,2/50 µs:
□ No debe desconectar con 20 choques a intensidad nominal (In).
□ Desconectar a la intensidad máxima ($I_{máx.}$) sin autodestruirse.
■ Asegurar la desconexión del pararrayos en caso de cortocircuitarse.
El desconectador interno solamente es sensible a los calentamientos permanentes producidos por el mantenimiento de las pequeñas fugas, o por una excesiva repetición de los choques en un corto espacio de tiempo.
En tanto que el pararrayos cortocircuitado no sea reemplazado, el interruptor automático no se podrá rearmar.

El cambio del limitador de sobretensiones transitorias es obligatorio en los siguientes casos:
■ Cuando el señalizador de envejecimiento lo indica.
■ Cuando el interruptor automático de protección ha desconectado y no permite rearmarse (limitadores de sobretensiones transitorias cortocircuitados).

Para poder mantener una continuidad de servicio durante el proceso de recambio del limitador de sobretensiones transitorias, es conveniente instalar un interruptor automático seccionador de protección inmediatamente aguas arriba del limitador de sobretensiones transitorias.

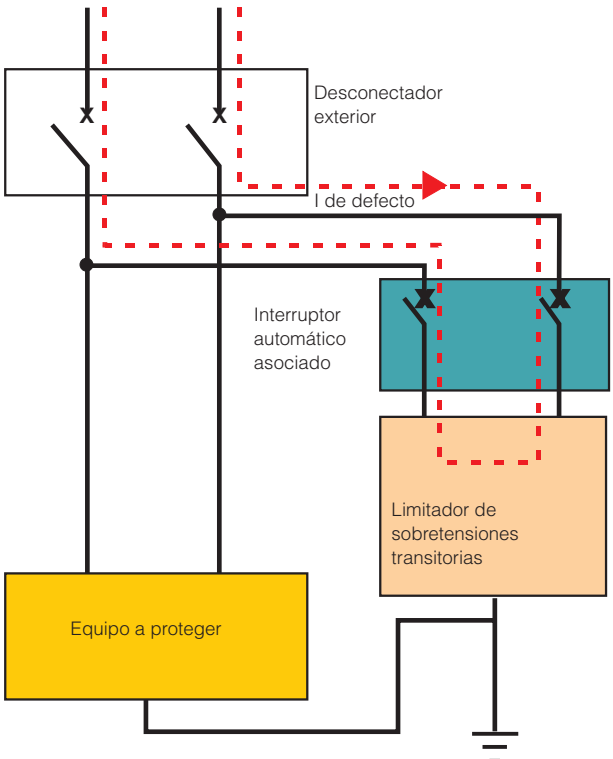


Fig. H1-4-051: *protección externa con continuidad de servicio.*

Protección contra los contactos indirectos
Se asegura con dispositivos diferenciales residuales DDR.

La coordinación de las protecciones

Principio
Los limitadores de sobretensiones transitorias se sitúan aguas abajo del interruptor general de mando y protección. El interruptor general de mando y protección puede que:
- No disponga de relé de protección de corrientes residuales (diferencial).
- Sea un diferencial del tipo G (no selectivo).
- Sea un diferencial del tipo S (selectivo).
- Sea un diferencial temporizado.

La coordinación entre la protección general y el interruptor automático asociado al limitador de sobretensiones transitorias debe ser realizado para un funcionamiento normal (la derivación de la corriente del limitador de sobretensiones transitorias) y para el fin de vida del limitador de sobretensiones transitorias.
Existe coordinación si el interruptor automático asociado al limitador de sobretensiones transitorias elimina los defectos de éste y el interruptor general de mando asegura el servicio.

No instalar nunca un limitador de sobretensiones transitorias sin protección asociada.
La coordinación entre el interruptor automático asociado y el interruptor general de mando y protección general de la instalación es primordial para la continuidad de servicio.
Los interruptores automáticos con protección diferencial del tipo S son los que mejor se adaptan para la coordinación con las protecciones de los limitadores de sobretensiones transitorias.

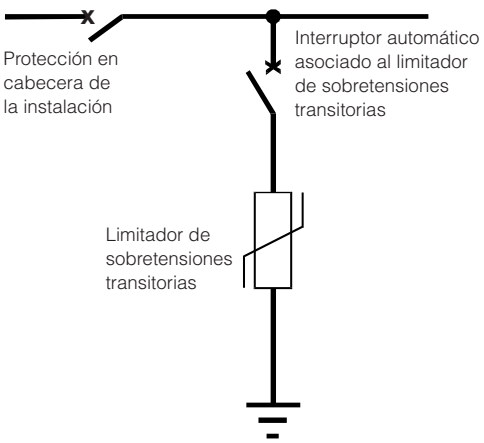


Fig. H1-4-052: *limitador de sobretensiones transitorias con desconexión exterior asociada.*

Caso con dispositivos diferenciales
En el caso de instalaciones con interruptor general de protección con relés residuales (diferenciales), es aconsejable situar el limitador de sobretensiones transitorias aguas arriba del interruptor general.
En el caso que la instalación no permita colocar el diferencial aguas arriba del interruptor general, con protección diferencial, es aconsejable dotar al interruptor general de un relé tipo S selectivo o retardado para evitar su desconexión en el momento que el limitador de sobretensiones transitorias deriva a tierra la corriente de una sobretensión.

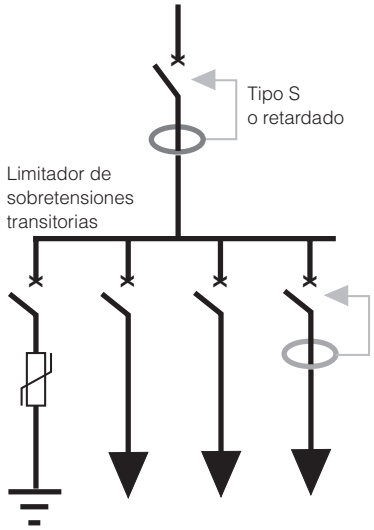


Fig. H1-4-053: *limitador de sobretensiones transitorias situado aguas abajo del interruptor automático diferencial general.*

Otra solución puede ser: utilizar un interruptor automático en cabecera no diferencial, asociado a un interruptor diferencial o a un núcleo toroidal exterior. El limitador de sobretensiones transitorias se conectará aguas abajo del interruptor general y aguas arriba del interruptor diferencial o núcleo toroidal.

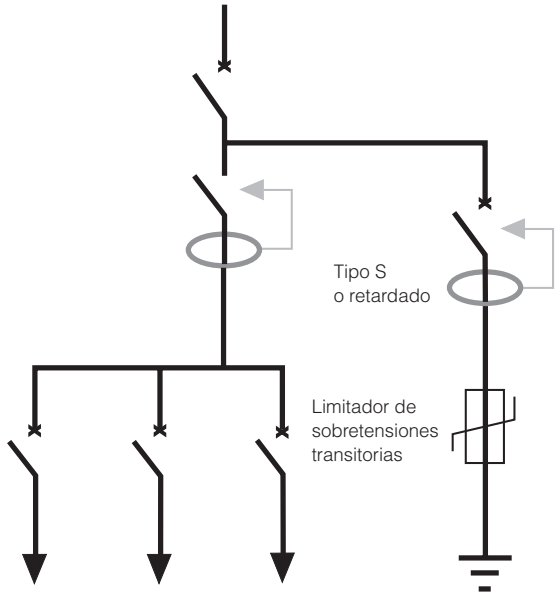


Fig. H1-4-054: *limitador de sobretensiones transitorias situado aguas arriba del interruptor diferencial.*

La instalación de los limitadores de sobretensiones transitorias en los cuadros eléctricos

Las conexiones

Deben ser lo más cortas posible.
En efecto, para proteger un equipo una de las condiciones esenciales es el nivel de tensión máximo que soporta en sus bornes. Por tanto elegiremos un

limitador de sobretensiones transitorias con un nivel de protección adecuado para proteger el equipamiento deseado.
La longitud total de las conexiones será L = L1 + L2 + L3. Podemos considerar una impedancia del orden de 1 µH/m para las corrientes de alta frecuencia.
La aplicación de la regla:

$$\Delta U = L \frac{di}{dt}$$

con una onda 8/20 µs y una corriente de 8 kA, conduce a una caída tensión de 1.000 V de cresta por metro de conductor:

$$\Delta U = 1 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{8 \cdot 10^{3}}{8 \cdot 10^{-6}} = 1.000 \text{ V}$$

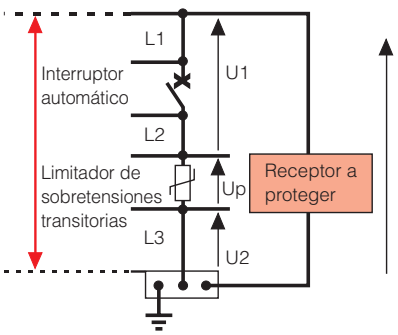


Fig. H1-4-055: *las conexiones de un limitador de sobretensiones transitorias; L < 50 cm.*

Puesto que en un equipo la tensión será: U_{equipo} = Up + U1 + U2.
Si L1 + L2 + L3 = 50 cm, habrá 500 V de sobretensión por los 8 kA de corriente.

Las reglas del cableado

Regla 1.ª
La primera regla es la de no sobrepasar los 50 cm en el conexionado del limitador de sobretensiones transitorias y el interruptor automático de protección asociado.

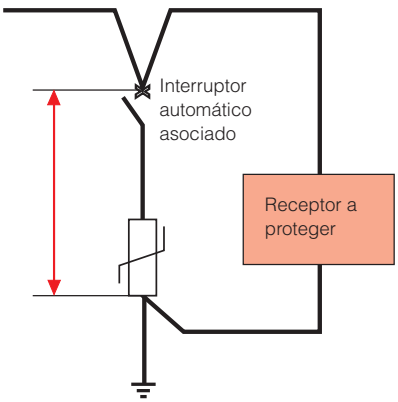


Fig. H1-4-056: *representación esquemática de las conexiones.*

Regla 2.ª

Las distancias de los cables de conexión deben ser tomadas desde los bornes del interruptor automático asociado y los bornes del limitador de sobretensiones transitorias.

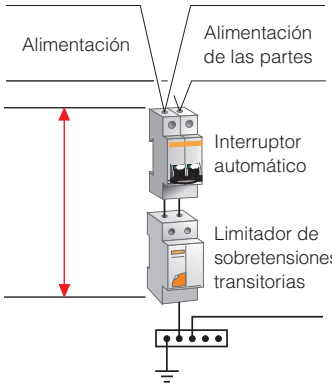


Fig. H1-4-057: *las distancias de las conexiones se consideran desde los bornes de los aparatos.*

Regla 3.ª

Los conductores de alimentación, los de las fases, el del neutro y el del conductor de protección PE, deben estar bien sujetos entre sí para evitar las superficies de los posibles bucles entre ellos (ver fig. H1-4-058).

Regla 4.ª

Debemos separar los cables de alimentación del limitador de sobretensiones transitorias de los cables de las salidas, para evitar mezclar cables polucionados con las conexiones a proteger.

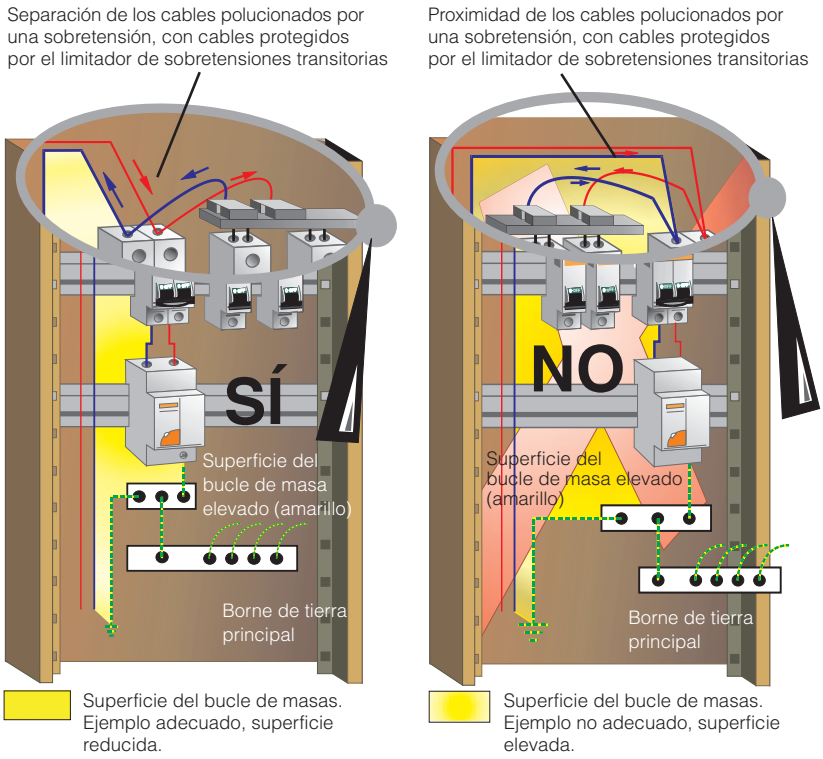


Fig. H1-4-058: *ejemplo comparativo de las precauciones de las conexiones y la situación de los cables y los aparatos (reglas 2, 3, 4 y 5).*

Regla 5.ª

Es importante aplacar los cables contra las estructuras metálicas del cuadro para reducir los bucles de masas y reducir así los campos de las perturbaciones.
Si el cuadro es aislante cambiarlo por uno metálico, si por imperativos de aislamiento o protección debe ser aislante, utilizar un armazón de fijación interno de hierro puesto a tierra.
Siempre debemos procurar que las estructuras metálicas de los cuadros estén conectadas al conductor de protección o tierra, con conexiones lo más cortas posible.
Si utilizamos cables blindados también procuraremos que sus longitudes sean lo más cortas posible, a fin de mantener su eficacia.

Esquemas de implantación de un limitador de sobretensiones transitorias en un cofret

Para poder respetar la regla de la distancia más corta de los cables, L < 50 cm, podemos conectar el cable de alimentación a los bornes del interruptor automático, las fases y el neutro y el conductor de tierra en el borne de tierra del limitador de sobretensiones transitorias.

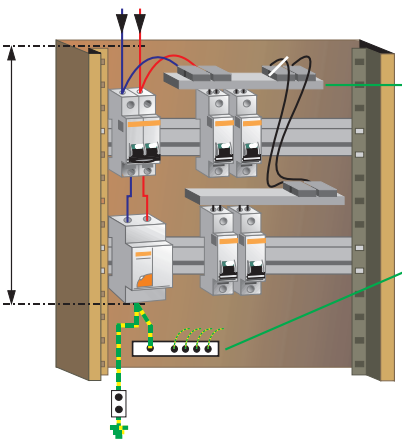


Fig. H1-4-059: *ejemplo de esquema de implantación de los limitadores de sobretensiones transitorias para usos domésticos.*

El cableado es utilizado prácticamente en todas las instalaciones domésticas.
En lo posible es aconsejable utilizar conexiones prefabricadas del tipo de peine.

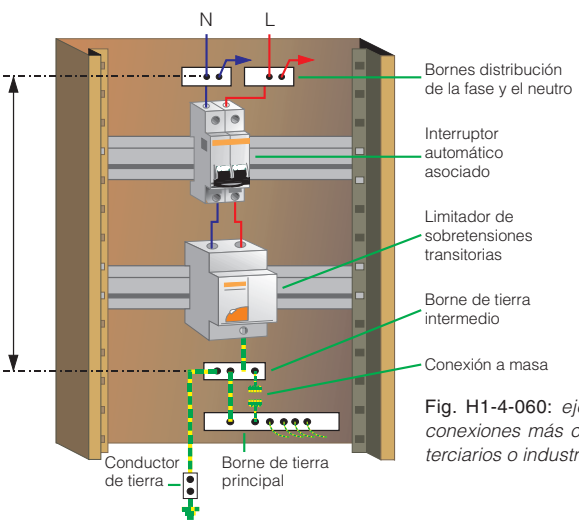


Fig. H1-4-060: *ejemplo de cableado con las conexiones más cortas posibles, para equipos terciarios o industriales.*

Si utilizamos en instalaciones domésticas o terciarias cuadros precableados, procuraremos aquellas soluciones que utilizan bornes de múltiples conexiones, lo más cerca posible de los bornes del interruptor automático y un borne de tierra intermedio lo más próximo posible del borne de tierra del pararrayos. La alimentación de equipos sensibles se realizará desde estos bornes, evitando así la influencia de los cables polucionados.

Alimentación por la parte superior

Ejemplo de implantación de limitadores de sobretensiones transitorias e interruptor automático asociado, en dos carriles separados:

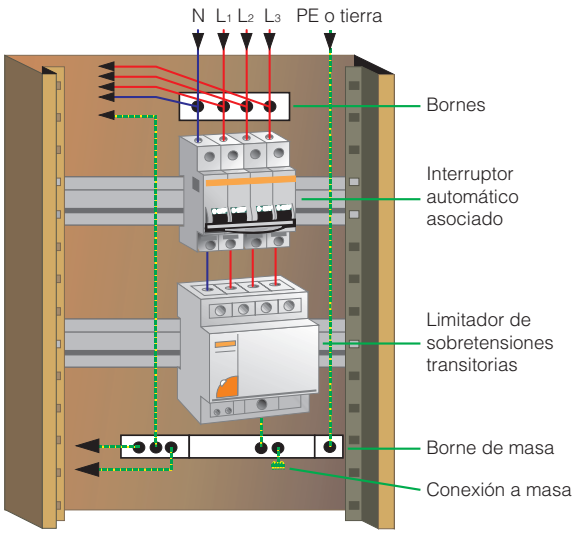


Fig. H1-4-061: *ejemplo de cableado con las conexiones más cortas posibles, para equipos con el interuptor automático y el limitador de sobretensiones transitorias en dos carriles simétricos separados.*

Ejemplo de implantación de limitadores de sobretensiones transitorias e interruptor automático asociado, contiguos en un mismo carril.

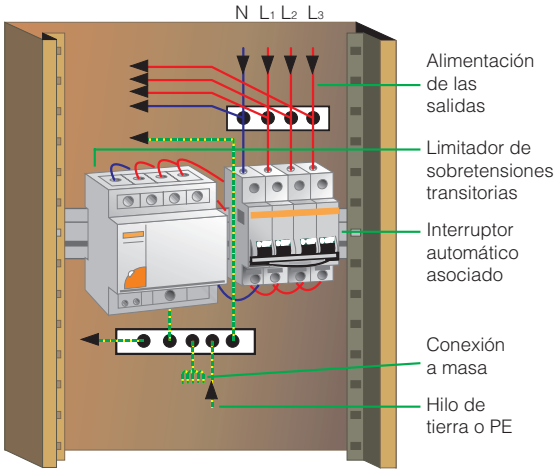


Fig. H1-4-062: *ejemplo de cableado con las conexiones más cortas posibles, para equipos con el interruptor automático y el limitador de sobretensiones transitorias contiguos en un carril simétrico.*

Alimentación por la parte inferior

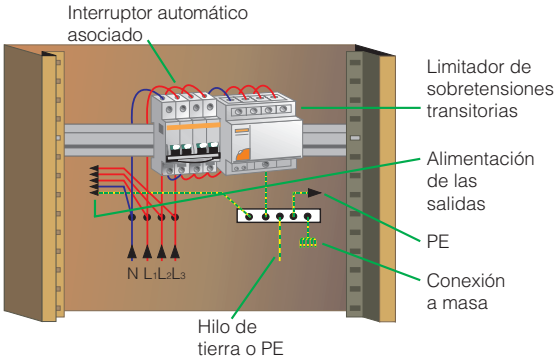


Fig. H1-4-063: *ejemplo de cableado con las conexiones más cortas posibles, para equipos con el interruptor automático y el limitador de sobretensiones transitorias contiguos en un carril simétrico, alimentación inferior.*

Sección de los cables

La normativa recomienda una sección mínima para la conexión de los pararrayos de 10 mm^2.

5. Medidas de protección contra las influencias electromagnéticas (CEM)

En el transcurso de la obra se especifican las CEM correspondientes al tema tratado. En este punto se exponen las medidas a tomar en los edificios.

5.1. Generalidades

■ Las interferencias electromagnéticas (IEM) pueden perturbar o degradar los sistemas o los materiales de tratamiento de la información. Materiales con componentes electrónicos o circuitos.
■ Las corrientes de los rayos, descargas o sobretensiones de maniobra, los cortocircuitos y otros fenómenos electromagnéticos pueden provocar sobretensiones e interferencias electromagnéticas.
Estos fenómenos aparecen:
□ Si existen grandes bucles metálicos.

Nota: los sistemas equipotenciales o las estructuras metálicas de los edificios, los sistemas de canalizaciones no eléctricas por ejemplo, las alimentaciones de agua, gas, calefacción o aire acondicionado, pueden formar tales bucles de inducción.

□ Si canalizaciones eléctricas de sistemas eléctricos diferentes, son instalados en trazados diferentes, por ejemplo para la alimentación de potencia y para señales de tratamiento de la información en el interior del edificio.
El valor de la tensión inducida depende del gradiente (di/dt) de la corriente perturbadora y de la dimensión del bucle.
■ Los cables de potencia que transportan intensidades de crecimiento rápido (di/dt), por ejemplo las corrientes de arranque de motores o las de mando de rectificadores, pueden inducir sobretensiones en los conductores de materiales de tratamiento de la información, pudiendo llegar a perturbar o degradar estos materiales u otros análogos.
■ En los locales destinados a prácticas médicas o en sus proximidades, los campos eléctricos o magnéticos propios de las instalaciones eléctricas (mal ejecutadas), pueden alterar los materiales de electromedicina.

Medidas a tomar
Todo material eléctrico es conveniente que satisfaga las recomendaciones de este capítulo y las correspondientes de la CEM del material.
■ El fabricante y el instalador de material o circuitos eléctricos deben tener en consideración los siguientes puntos, para reducir los efectos de las sobretensiones inducidas y las interferencias electromagnéticas:
■ Edificios existentes:
□ Distanciar el emplazamiento de las fuentes perturbadoras con respecto a los materiales sensibles a las perturbaciones.
□ Distanciar el emplazamiento de los materiales sensibles en relación a los conductores o materiales recorridos por fuertes intensidades, tales como los embarrados generales o los ascensores.
□ Instalar descargadores de sobretensiones o filtros en los circuitos de alimentación de materiales sensibles.
□ Elección de los dispositivos de protección con retardos, para evitar desconexiones no deseadas perjudiciales a los transistores.
□ Equipotencialidad de las envolventes metálicas y las pantallas.
□ Asegurar una separación apropiada, por alejamiento o apantallado, de los cables de potencia con respecto a los de corrientes débiles y el cruzamiento en ángulo recto de los mismos.

■ Edificios de nueva instalación:
□ Desplazar el emplazamiento de las fuentes perturbadoras con respecto a los materiales sensibles a las perturbaciones.
□ Desplazar el emplazamiento de los materiales sensibles en relación a los conductores o materiales recorridos por fuertes intensidades, tales como los embarrados generales o los ascensores.

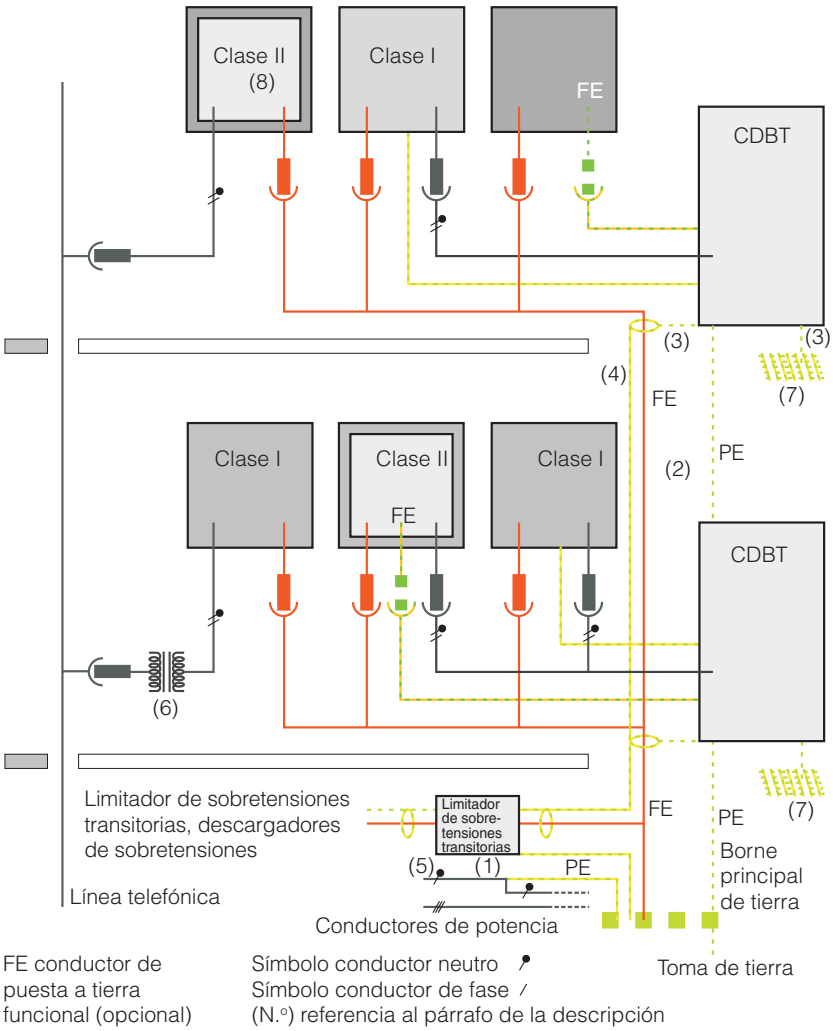


Fig. H1-5-001: *medidas contra los efectos de la CEM en un edificio existente.*

□ Instalar descargadores de sobretensiones o filtros en los circuitos de alimentación de materiales sensibles.
□ Elección de los dispositivos de protección con retardos, para evitar desconexiones no deseadas perjudiciales a los transistores.
□ Equipotencialidad de las envolventes metálicas y las pantallas.
□ Separación apropiada, por alejamiento o apantallado, de los cables de potencia con respecto a los de corrientes débiles y el cruzamiento en ángulo recto de los mismos.
□ Separación apropiada, por alejamiento o apantallado, de las conducciones de grandes intensidades y los de corriente débiles, en relación a los conductores de conducción de las descargas eléctricas (ver CEI 61024-1.)

□ Reducción de los bucles de inducción por elección de un camino común por las canalizaciones de diversos sistemas (2).
□ Utilización de cables blindados y o de pares trenzados para las corrientes débiles (4).
□ Conexiones equipotenciales lo mas cortas posibles (3).
□ Canalizaciones con conductores separados y apantallados con puesta a tierra o equivalentes
□ Evitar el esquema TN-C en instalaciones con materiales sensibles (ver apartado siguiente) (X).

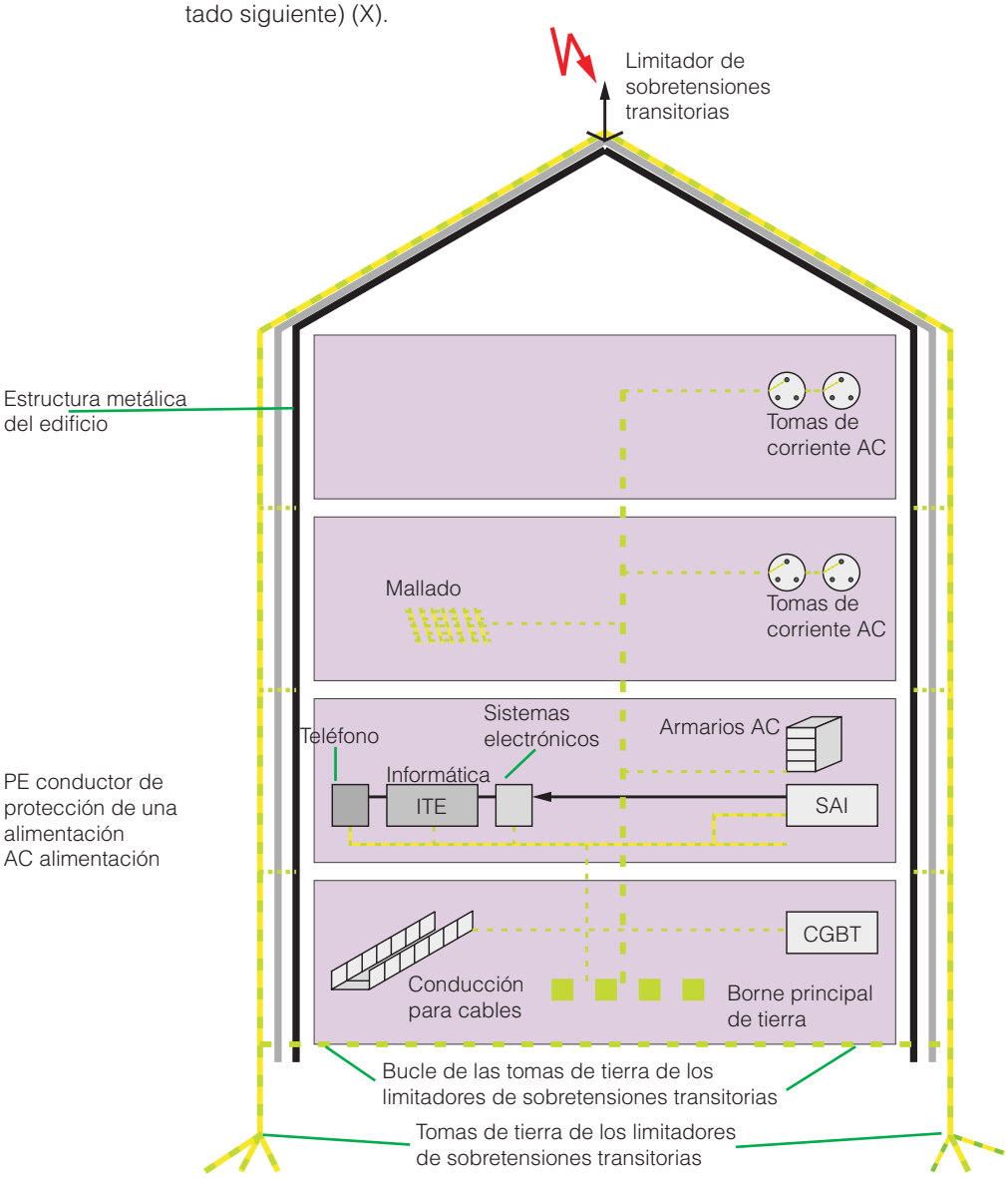


Fig. H1-5-002: *vista general de un sistema de puesta a tierra del edificio.*

CEM en edificios con equipos de tratamiento de la información

Para los edificios que comportan o son susceptibles de albergar de forma significativa, materiales de tratamiento de la información, debe tomarse en consideración la utilización de conductores de protección (PE), separados

del conductor neutro (N), a fin de minimizar los posibles problemas electromagnéticos o destructivos del paso de la corriente del neutro por los conductores de corrientes débiles (5).
En esquema TN-C-S en el interior de un edificio, existen dos posibilidades según las disposiciones tomadas por la interconexión de materiales y partes conductoras:
■ Transformar la sección TN-C de un esquema TN-C-S en una sección TN-S, en el tramo del interior del edificio.

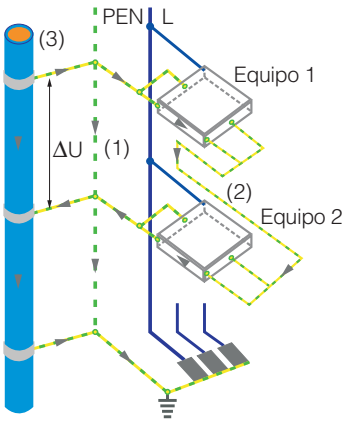


Fig. H1-5-003: *esquema TN-C en un edificio.*

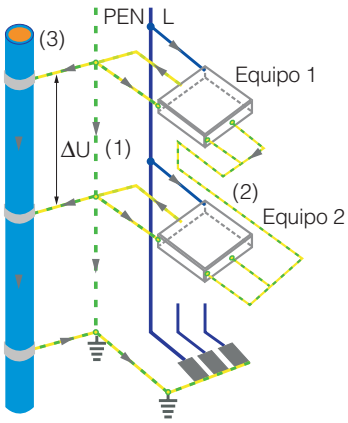


Fig. H1-5-004: *esquema TN-C-S en un edificio.*

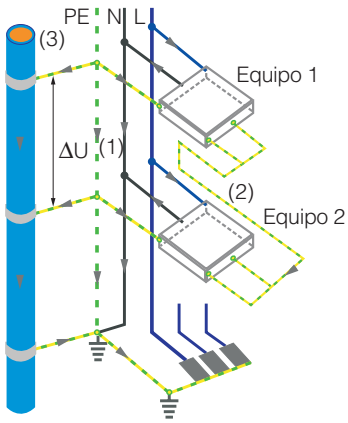
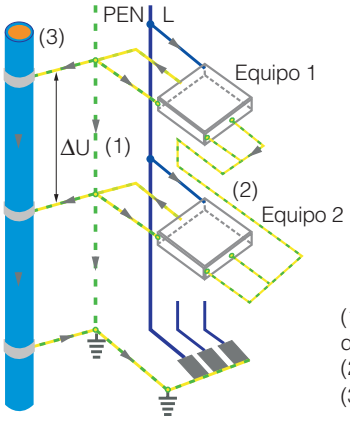


Fig. H1-5-005: *esquema TN-s en un edificio.*

(1) Caída de tensión a lo largo del conductor de protección PEN o PE.
(2) Bucle de fase restringido.
(3) Elemento conductor.

■ Evitar los bucles excesivos entre las diferentes secciones TN-S del esquema TN-C-S en el interior del edificio.



(1) Caída de tensión a lo largo del conductor de protección PEN.
(2) Bucle de fase restringido.
(3) Elemento conductor.

Fig. H1-5-006: *esquema TN-C-S en un edificio.*

Es conveniente que las canalizaciones metálicas (por ejemplo las del agua, el gas, la calefacción...) y los cables de alimentación de un edificio se introduzcan en el por un mismo camino o por caminos muy próximos.
Los blindajes, las pantallas, las tuberías metálicas y sus conexiones deben estar unidas entre ellas y a la unión equipotencial principal (UEP) del edificio en ayuda de los conductores de baja impedancia (1).

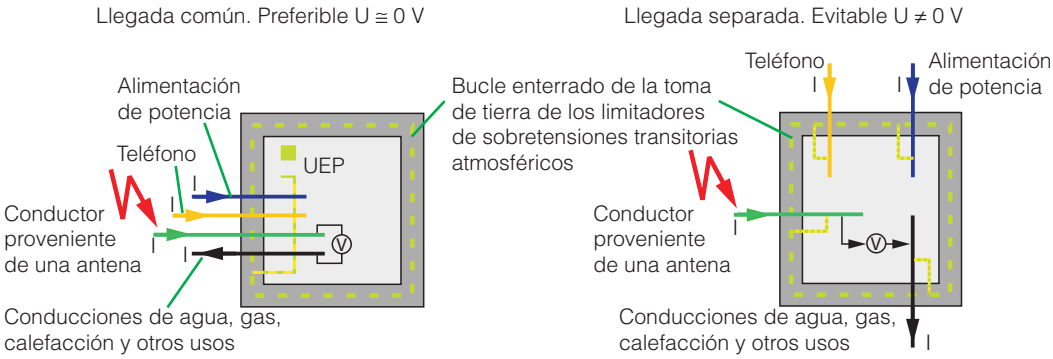


Fig. H1-5-007: *penetración de conducciones metálicas o armadas en un edificio.*

En el caso de la unión de materiales de zonas distintas, a través de uniones equipotenciales separadas, es conveniente la unión de señal entre estos materiales con fibra óptica o elementos no conductores (infrarrojos).

Medidas para la conexión de corrientes débiles

En los edificios que disponen de un conductor PEN y puesto que las perturbaciones electromagnéticas aparecen en los conductores de corrientes débiles, en función de la inapropiada instalación eléctricas, los métodos siguientes pueden ser tomados en consideración para evitar o minimizar el fenómeno (7):

■ Utilización de conexiones de fibra óptica para las corrientes débiles.

■ Utilización de material de clase II (8).

■ Utilización local de transformadores de bobinados separados (transformadores con dos arrollamientos aislados y apantallados) para la alimentación de materiales de tratamiento de la información, teniendo en cuenta las recomendaciones que expresaremos en el volumen 5.º, apartados:

□ "Características generales", volumen 5.

□ "Esquema IT", volumen 5.

□ "Esquema TN", volumen 5.

□ "Esquema TT", volumen 5.

□ "Protección mediante seccionamiento eléctrico", pág. L2/20, por ejemplo transformadores de conformidad a la CEI 60742 (6).

■ Utilización de trazados apropiados de las canalizaciones (o de los cables) a fin de minimizar las áreas de los bucles formados por los conductores de potencia (alimentación) y los de corrientes débiles.

Ejemplos de técnicas de base que pueden utilizarse para procurar una inmunidad, total o parcial, contra las perturbaciones electromagnéticas incidentes:

■ Instalar en el circuito una inmunidad propia a la instalación o al material de tratamiento de la información, bien sea eléctricamente o por utilización de corrección de error.

■ Separar eléctricamente la instalación o el material de tratamiento de la información de las fuentes de perturbación.

■ Instalar una equipotencialidad entre los materiales para la banda apropiada de frecuencias.

■ Instalar una red de equipotencialidad unida a tierra para minimizar las diferencias de potencial y construir un blindaje.

Existen diversos métodos de puesta a tierra o de equipotencialidad para realizar el tratamiento de la CEM.

Método 1. Conductores de protección en estrella

Este método utiliza la asociación de conductores de protección y de alimentación. El conductor de protección de cada material presenta un trazado suficientemente impedante a las perturbaciones electromagnéticas (no provenientes de los transistores de la alimentación) para que los cables de interconexión sean afectados por un amplia proporción del flujo incidente. Los materiales deben, consecuentemente, presentar una inmunidad elevada para funcionar correctamente.

Separando el circuito de alimentación y la puesta a tierra de los materiales para el tratamiento de la información, de otros circuitos de alimentación y también de las puestas a tierra de los elementos conductores metálicos, pueden reducirse muy favorablemente las incidencias de perturbaciones.

Cualquiera que sea, el punto de estrella (por ejemplo el borne PE en el cuadro de distribución correspondiente) los conductores de protección y de puesta a tierra funcional unidos en estrella, los materiales de tratamiento de la información, pueden ser conectados a tierra por un conductor aislado unido al borne principal de tierra.

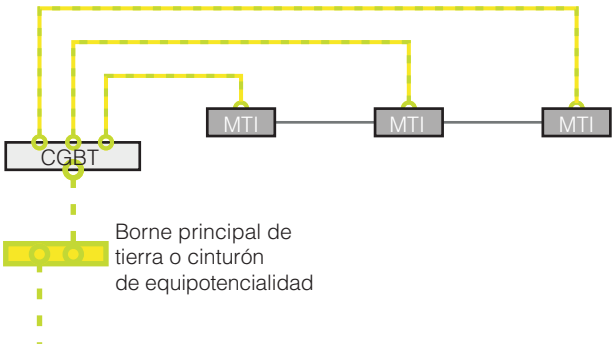


Fig. H1-5-008: *esquema correspondiente al método 1. Conductores de protección en estrella.*

Método 2. Utilización de una red equipotencial horizontal local (mallado)

Los conductores de protección (normales) y sus uniones a los materiales de tratamiento a la información, son complementados por la equipotencialidad que ofrece una red mallada.

En función de la frecuencia y de la red mallada, este método puede crear un plan de equipotencialidad de baja impedancia para las señales de interconexión los equipos interconectados y próximos al mallado.

Exactamente igual al método, se obtiene una inmunidad complementaria, separando el circuito de alimentación y la puesta a tierra de los materiales para el tratamiento de la información de otros circuitos de alimentación y también de las puestas a tierra de los elementos conductores metálicos, así como de las partes metálicas de los edificios, pueden reducirse muy favorablemente las incidencias de perturbaciones.

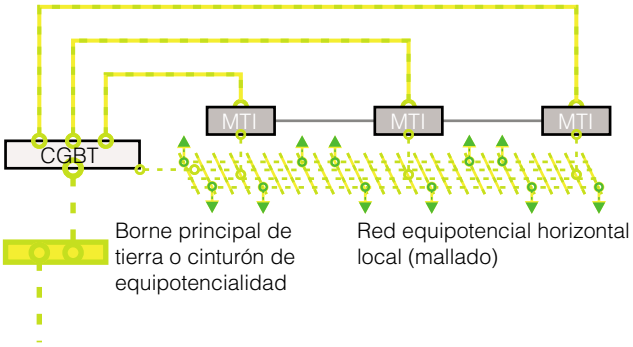


Fig. H1-5-009: *esquema correspondiente al método 2. Utilización de una red equipotencial horizontal local (mallado).*

Método 3. Sistemas equipotencial horizontal y vertical

En este método, las disposiciones normales de los conductores de protección son reforzadas por mallados equipotenciales en cada planta del edificio. Estos mallados soportan las conexiones de todas las partes metálicas del edificio, las partes conductoras de la instalación y las partes metálicas de otros servicios. Una equipotencialidad vertical entre plantas puede realizarse. En este método en la puesta a tierra se puede utilizar un cinturón de equipotencialidad que prolonga el borne principal de tierra por todo el edificio.

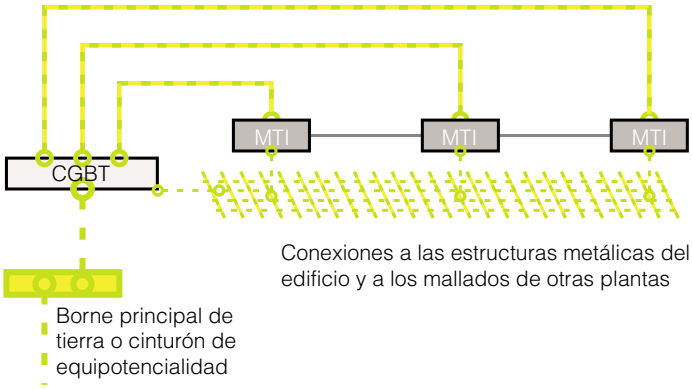


Fig. H1-5-010: *esquema correspondiente al método 3. Sistemas equipotencial horizontal y vertical.*

No es fácil tratar el tema de la CEM como una temática específica, porque ella misma está formada por diversas temáticas, de las cuales sale el concepto de CEM.
En todos los capítulos de la obra se trata directa o indirectamente la CEM en función del capítulo que se desarrolla y se seguirá efectuando para lograr una fácil comprensión.
De una forma directa se ha realizado en los capítulos:
- ***"Compatibilidad electromagnética CEM", pág. F\|41. 1.er Volumen.***
- ***"5.3. Las puestas a tierra y la compatibilidad electromagnética", pág. F\|103. 1.er Volumen.***
- ***"6.8. Los cuadros eléctricos y la CEM", pág. F\|152. 1.er Volumen.***
- ***"7.3. Las conducciones y la compatibilidad electromagnética CEM", pág. F\|264. 1.er Volumen.***
- ***"5. Medidas de protección contra las influencias electromagnéticas (CEM)", pág. H1\|197 de este volumen.***

En los volúmenes siguientes se seguirán efectuando las consideraciones oportunas con respecto al concepto de CEM.

6. Medidas de protección a los efectos de las bajadas de tensión

Para cumplimentar este apartado nos hemos basado en las prescripciones de la norma UNE-EN 20460-90, parte 4-45.

Prescripciones generales:

■ Deben tomarse precauciones en función de que la falta de tensión y su restablecimiento pueden causar ocasiones peligrosas para las personas y los materiales. De igual forma deben tomarse las precauciones adecuadas cuando una parte de la instalación o algún material pueda sufrir alguna avería por una bajada de tensión.
No se exige dispositivo de protección contra las bajadas de tensión, si los perjuicios sufridos por la instalación o por el material constituyen un riesgo aceptable sin causar peligro para las personas.
■ Los dispositivos de protección contra las bajadas de tensión pueden ser retardados, si el funcionamiento del aparato que protegen admite sin ningún peligro una interrupción o bajada de tensión de corta duración.
■ Si se utilizan contactores, el retardo a la apertura y el cierre no debe impedir el corte instantáneo por los dispositivos de mando o de protección.
■ Las características de los dispositivos de protección contra las bajadas de tensión deben ser compatibles con las prescripciones de las normas UNE relativas a la puesta en servicio y a la utilización del material.
■ Cuando el rearme de un dispositivo de protección sea susceptible de crear una situación peligrosa, el rearme no debe ser automático.

7. Medidas para la seguridad en el seccionamiento y mando

Para cumplimentar en este apartado nos hemos basado en las prescripciones de la norma UNE-EN 20460-90, parte 4-46.

Según la función deseada, todo dispositivo previsto para el seccionamiento o mando deberá estar de acuerdo con lo indicado en el apartado ("Dispositivos de seccionamiento y mando", volumen 5).
En el esquema TN-C, el conductor PEN no podrá estar ni cortado ni seccionado. En el esquema TN-S, el conductor neutro, puede no estar cortado ni seccionado, si las condiciones de alimentación son tales que el conductor neutro sea ciertamente considerado como que está al potencial de tierra.

Notas:
– En Francia y Noruega el conductor neutro no es considerado como que está ciertamente al potencial de tierra.
– En todos los esquemas el conductor de protección no estará ni cortado ni seccionado.

Seccionamiento

Cualquier circuito debe poder seccionarse en cada uno de sus conductores activos, a excepción de las citadas anteriormente.
Estas disposiciones deben poder efectuarse para el seccionamiento de un conjunto de circuitos y por un mismo dispositivo, si las condiciones de servicio lo permiten.
Se preverán los medios necesarios para impedir toda puesta en tensión de las instalaciones de forma imprevista.

Nota: estos medios pueden comprender una o varias de las siguientes medidas:
– Bloqueo por candados
– Panel indicador de peligro
– Ubicación dentro de un local con cierre por llave o dentro de una envolvente.

La puesta en cortocircuito y a tierra podrá utilizarse como medida complementaria.
Cuando un material o una envolvente contenga partes activas unidas a varias alimentaciones se dispondrá un panel indicador de peligro, de tal forma que cualquier persona que accede a las partes activas sea prevenida de la obligatoriedad de seccionar estas partes de las diferentes alimentaciones, a menos que se haya previsto un dispositivo de enclavamiento para asegurar que todos los circuitos afectados están seccionados.
Estarán previstos los medios necesarios para asegurar la descarga de la energía almacenada.

Corte por mantenimiento mecánico

Se dispondrán los medios de corte necesarios para evitar que por mantenimiento mecánico se produzcan daños corporales.

Notas:
– Por material mecánico alimentado con energía eléctrica se entiende tanto las máquinas rotativas como los sistemas de calefacción y los aparatos electromagnéticos.
– Estas reglas no se aplican por sistemas alimentados por otras energías, por ejemplo bajo forma neumática, hidráulica o de vapor. En tales casos el corte de la alimentación eléctrica correspondiente puede no ser suficiente.

Estarán previstos los medios apropiados que impidan la puesta en funcionamiento inesperado del material durante el mantenimiento mecánico, a menos que los medios de corte estén bajo la vigilancia continua de todas las personas que efectúan dicho mantenimiento.

Nota: estos medios pueden comprender una o varias de las siguientes medidas:
– Bloqueo por candados.
– Paneles indicadores de peligro.
– Ubicación dentro de un local con cierre por llave o dentro de una envolvente.

Corte y parada de emergencia

Estarán previstos los medios necesarios de corte por emergencia para toda parte de una instalación que necesite un control de su alimentación a fin de suprimir un peligro inesperado.
Cuando exista un riesgo de choque eléctrico, el dispositivo de corte por emergencia debe cortar todos los conductores activos, teniendo en cuenta lo indicado en el apartado inicial (pág. H1/161).
Los medios de corte y parada de emergencia, deben actuar lo más directamente posible sobre los conductores de alimentación.
Los dispositivos deben ser tales que una sola acción mantenga el corte apropiado de la alimentación.
Los dispositivos del sistema de corte de emergencia deberán ser tales que su funcionamiento no provoque otro peligro ni interfiera en la operación de supresión del peligro.
Los medios de parada de emergencia deberán preverse cuando los movimientos producidos por medios eléctricos puedan ser causa de peligros.

Mando funcional

Está previsto un dispositivo de mando funcional sobre todo elemento de un circuito que necesite un mando independiente del resto de la instalación.
Los dispositivos de mando funcional no cortarán necesariamente todos los conductores activos de un circuito.
En el conductor neutro no se instalará el dispositivo de mando unipolar.
En general, cualquier aparato de una instalación que necesite ser mandado, lo será por un dispositivo de mando funcional apropiado.
Un mismo dispositivo de mando puede mandar varios aparatos destinados a funcionar simultáneamente.
La tomas de corriente pueden asegurar el mando funcional cuando su corriente nominal sea de 16 A como máximo.
Los dispositivos de mando funcional que aseguren la conmutación de fuentes de alimentación deben cortar todos los conductores activos y no podrán hacer funcionar las fuentes de alimentación en paralelo, a menos que la instalación esté especialmente prevista según esta condición.
En estos casos no será tomada ninguna disposición para seccionar los conductores PEN o de protección.

Circuitos de mando (circuitos auxiliares)

Los circuitos de mando serán diseñados, instalados y protegidos de tal forma que sean limitados los peligros resultantes de un defecto entre el circuito de mando y otras partes conductoras susceptibles de provocar un mal funcionamiento del aparato a mandar (por ejemplo: una maniobra imprevista).

Mando de motores

Los circuitos de mando para motores serán diseñados de tal forma que impidan un arranque automático de los motores después de una parada por caída o falta de tensión, si tal arranque fuera susceptible de provocar un peligro.

Si se ha previsto el frenado por contracorriente de un motor, se tomarán las precauciones necesarias para evitar la inversión del sentido de giro al final del frenado, cuando tal inversión pueda provocar un peligro.

Cuando la seguridad depende del sentido de rotación de un motor, se tomarán las medidas que eviten el funcionamiento de sentido inverso, provocando por ejemplo por falta de una fase.

2. LAS MEDIDAS DE PROTECCIÓN CONTRA LOS EFECTOS TÉRMICOS

5. INSTALACIONES EN LOCALES A TEMPERATURA ELEVADA

INSTALACIONES EN LOCALES DE CARACTERÍSTICAS ESPECIALES ITC-BT-30

Locales o emplazamientos a temperatura elevada son aquellos donde la temperatura del aire ambiente es susceptible de sobrepasar frecuentemente los 40 °C, o bien se mantiene permanentemente por encima de los 35 °C
En estos locales o emplazamientos se cumplirán las siguientes condiciones:

– Los cables aislados con materias plásticas o elastómeras podrán utilizarse para un temperatura ambiente de hasta 50 °C aplicando el factor de reducción, para los valores de la intensidad máxima admisible, señalados en la norma UNE 20460-5-523.
  Para temperaturas ambientes superiores a 50 °C se utilizarán cables especiales con un aislamiento que presente una mayor estabilidad térmica.
– En estos locales son admisibles las canalizaciones con conductores desnudos sobre soportes aislantes. Los soportes estarán constituidos con un material cuyas propiedades y estabilidad queden garantizadas a la temperatura de utilización.
– Los aparatos utilizados deberán poder soportar los esfuerzos resultantes a que se verán sometidos debido a las condiciones ambientales. Su temperatura de funcionamiento a plena carga no deberá sobrepasar el valor máximo fijado en la especificación del material.

6. INSTALACIONES EN LOCALES A MUY BAJA TEMPERATURA

Locales o emplazamientos a muy baja temperatura son aquellos donde pueden presentarse y mantenerse temperaturas ambientales inferiores a –20 °C.
Se considerarán como locales a temperatura muy baja las cámaras de congelación de las plantas frigoríficas.
En estos locales o emplazamientos se cumplirán las siguientes condiciones:

– El aislamiento y demás elementos de protección del material eléctrico utilizado, deberá ser tal que no sufre deterioro a la temperatura de utilización.
– Los aparatos eléctricos deberán poder soportar los esfuerzos resultantes a que se verá sometidos debido a las condiciones ambientales.

9. INSTALACIONES EN OTROS LOCALES DE CARACTERÍSTICAS ESPECIALES

Cuando en los locales o emplazamientos donde se tenga que establecer instalaciones eléctricas concurran circunstancias especiales no especificadas en estas instrucciones y que puedan originar peligro para las personas o cosas, se tendrá en cuenta lo siguiente:

3. EL DIMENSIONADO DE LAS CONDUCCIONES Y SUS PROTECCIONES A LOS EFECTOS DE LAS SOBREINTENSIDADES

1. PROTECCIÓN DE LAS INSTALACIONES

– Los equipos eléctricos deberán seleccionarse e instalarse en función de las influencias externas definidas en la Norma UNE 20460-3, a las que dichos materiales pueden estar sometidos de forma que garanticen su funcionamiento y la fiabilidad de las medidas de protección.
– Cuando un equipo no posea por su construcción, las características correspondientes a las influencias externas del local (o las derivadas de su ubicación), podrá utilizarse realización de la instalación, una protección complementaria adecuada. Esta protección no deberá perjudicar la condiciones de funcionamiento del material así protegido.
– Cuando se produzcan simultáneamente diferencias externas, sus efectos podrán ser independientes o influirse mutuamente, y los grados de protección deberán seleccionarse en consecuencia.

9.1. Clasificación de las influencias externas
La norma UNE 20460-3 establece una clasificación y una codificación de las influencias que deben ser tenidas en cuenta para el proyecto y la ejecución de las instalaciones eléctricas.

Esta codificación no está prevista para su utilización en el marcado de los equipos.

INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS. PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES ITC-BT-22

1.1. Protección contra sobreintensidades
Todo circuito estará protegido contra los efectos de las sobreintensidades que puedan presentarse en el mismo, para lo cual la interrupción de este circuito se realizará en un tiempo conveniente o estará dimensionado para las sobreintensidades previsibles.
Las sobreintensidades pueden estar motivadas por:
– Sobrecargas debidas a los aparatos de utilización o defectos de aislamiento de gran impedancia.
– Cortocircuitos.
– Descargas eléctricas atmosféricas.

a) Protección contra sobrecargas. El límite de intensidad de corriente admisible en un conductor ha de quedar en todo caso garantizada por el dispositivo de protección utilizado.
El dispositivo de protección podrá estar constituido por un interruptor automático de corte omnipolar con una curva térmica de corte, o por cortocircuitos fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas.

b) Protección contra cortocircuitos. En el origen de todo circuito se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos para todos los circuitos derivados. Se admiten como dispositivos de protección contra cortocircuitos los fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas y los interruptores automáticos con sistema de corte omnipolar.

La norma UNE 20460-4-43 recoge en su articulado todos los aspectos requeridos para los dispositivos de protección en sus apartados:
432 - Naturaleza de los dispositivos de protección.
433 - Protección contra las corrientes de sobrecarga.
434 - Protección contra las corrientes de cortocircuito.
435 - Coordinación entre la protección contra las sobrecargas y la protección contra cortocircuitos.
436 - Limitación de las sobreintensidades por las características de alimentación.

1.2. Aplicación de las medidas de protección

La norma UNE 20460-4-473 define la aplicación de las medidas de protección expuestas en la norma UNE 20460-4-43 según por causa de sobrecargas o cortocircuito, señalando en cada caso su emplazamiento u omisión, resumiendo los diferentes casos en la siguiente tabla.

Tabla 1

Circuitos	3F + N								3F			F + N		2F	
	$S_N > S_F$				$S_N < S_F$										
Esquemas	F	F	F	N	F	F	F	N	F	F	F	F	N	F	F
TN - C	P	P	P	-	P	P	P	(1)	P	P	P	P	-	P	P
TN - S	P	P	P	-	P	P	P	P (3)(5)	P	P	P	P	-	P	P
TT	P	P	P	-	P	P	P	P (3)(5)	P	P	P (2)(4)	P	-	P	P (2)
IT	P	P	P	P (3)(6)	P	P	P	P (3)(6)	P	P	P	P	P (6)(3)	P	P (2)

NOTAS:
P: significa que debe preverse un dispositivo de protección (detección) sobre el conductor correspondiente.
S_N: sección del conductor neutro.
S_F: sección del conductor de fase.
(1): admisible si el conductor de neutro está protegido contra los cortocircuitos por el dispositivo de protección de los conductores de fase y la intensidad máxima que corre el conductor neutro en servicio normal es netamente inferior al valor de intensidad admisible en este conductor.
(2): excepto cuando haya protección diferencial.
(3): en este caso el corte y la conexión del conductor de neutro debe ser tal que el conductor neutro no sea cortado antes que los conductores de fase y que se conoce al mismo tiempo o antes que los conductores de fase.
(4): en el esquema TT sobre los circuitos alimentados entre fases y en los que el conductor neutro no es distribuido, la detección de sobreintensidades puede no estar prevista sobre uno de los conductores de fase, si existe sobre el mismo circuito aguas arriba, una protección diferencial que corte todos los conductores de fase y si no existe distribución del conductor de neutro a partir de un punto neutro artificial en los circuitos situados aguas abajo del dispositivo de protección diferencial antes mencionado.

(5): salvo que el conductor de neutro esté protegido contra los cortocircuitos por el dispositivo de protección de los conductores de fase y la intensidad máxima que recorre el conductor neutro en servicio normal sea netamente inferior al valor de intensidad admisible en este conductor.
(6): salvo si el conductor neutro esta efectivamente protegido contra los cortocircuitos o si existe aguas arriba una protección diferencial cuya corriente diferencial residual nominal sea como máximo igual a 0,15 veces la corriente admisible en el conductor neutro correspondiente. Este dispositivo debe cortar todos los conductores activos del circuito correspondiente, incluido el conductor neutro.

INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS. PRESCRIPCIONES GENERALES ITC-BT-19

1. CAMPO DE APLICACIÓN

Las prescripciones contenidas en esta instrucción se extienden a las instalaciones interiores dentro del campo de aplicación del articulo 2 y con tensión asignada dentro de los márgenes de tensión fijados en el artículo 4 del presente Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

2. PRESCRIPCIONES DE CARÁCTER GENERAL

2.1. Regla general

La determinación de las características de la instalación deberá efectuarse de acuerdo con lo señalado en la Norma UNE 20460-3.

2.2. Conductores activos

2.2.1. Naturaleza de los conductores

Los conductores y cables que se empleen en las instalaciones serán de cobre o aluminio y serán siempre aislados, excepto cuando vayan montados sobre aisladores, tal como se indica en la ITC-BT-20.

2.2.2. Sección de los conductores. Caídas de tensión

La sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación interior y cualquier punto de utilización sea, salvo lo prescrito en las instrucciones particulares, menor del 3 % de la tensión nominal para cualquier circuito interior de viviendas, y para otras instalaciones interiores o receptoras, del 3 % para alumbrado y del 5 % para los demás usos. Esta caída de tensión se calculará considerando alimentados todos los aparatos de utilización susceptibles de funcionar simultáneamente. El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior y la de las derivaciones individuales, de forma que la caída de tensión total sea inferior a la suma de los valores límites especificados para ambas, según el tipo de esquema utilizado.
Para instalaciones industriales que se alimenten directamente en alta tensión mediante un transformador de distribución propio, se considerará que la instalación interior de baja tensión tiene su origen en la salida del transformador. En este caso las caídas de tensión máximas admisibles serán del 4,5 % para alumbrado y del 6,5 % para los demás usos.

Tabla 1. Intensidades admisibles (A) al aire 40 °C. N.º de conductores con carga y naturaleza del aislamiento

A		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes		3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR					
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR						
B		Conductores aislados en tubos[2] en montajes superficial o empotrados en obra				3x PVC	2x PVC			3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
B2		Cables multiconductores en tubos[2] en montaje superficicial o empotrados en obra			3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR		2x XLPE o EPR			
C		Cables multiconductores directamente sobre la pared[3]					3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
E		Cables multiconductores al aire libre[4] Distancia a la pared no inferior a 0,3 D[5]						3x PVC		2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR	
F		Cables unipolares en contacto mutuo[4] Distancia a la pared no inferior a D[5]							3x PVC			3x XLPE o EPR[1]	
G		Cables unipolares separados mínimo de D[5]									3x PVC[1]		3x XLPE o EPR
Cobre		**mm²**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
		1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	–	18	21	24	–
		2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	–	25	29	33	–
		4	20	21	23	24	27	30	–	34	38	45	–
		6	25	27	30	32	36	37	–	44	49	57	–
		10	34	37	40	44	50	52	–	60	68	76	–
		16	45	49	54	59	66	70	–	80	91	105	–
		25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
		35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	206
		50		94	103	117	125	133	145	159	175	188	250
		70				149	160	171	188	202	224	244	321
		95				180	194	207	230	245	271	296	391
		120				208	225	240	267	284	314	348	455
		150				236	260	278	310	338	363	404	525
		185				268	297	317	354	386	415	464	601
		240				315	350	374	419	455	490	552	711
		300				360	404	423	484	524	565	640	821

1) A partir de 25 mm² de sección
2) Incluyendo canales para instalaciones –canaletas– y conductos de sección no circular.
3) O en bandeja no perforada
4) O en bandeja perforada.
5) D es el diámetro del cable.

El número de aparatos susceptibles de funcionar simultáneamente, se determinará en cada caso particular, de acuerdo con las indicaciones incluidas en las instrucciones del presente reglamento y en su defecto con las indicaciones facilitadas por el usuario considerando una utilización racional de los aparatos.
En instalaciones interiores, para tener en cuenta las corrientes armónicas debidas a cargas no lineales y posibles desequilibrios, salvo justificación por cálculo, la sección del conductor neutro será como mínimo igual a la de la fases.

2.2.3. Intensidades máximas admisibles
Las intensidades máximas admisibles, se regirán en su totalidad por lo indicado en la Norma UNE 20460-5-523 y su anexo Nacional.
En la siguiente tabla se indican las intensidades admisibles para una temperatura ambiente del aire de 40 °C y para distintos métodos de instalación, agrupamientos y tipos de cables. Para otras temperaturas, métodos de instalación, agrupamientos y tipos de cable, así como para conductores enterrados, consultar la Norma UNE 20460-5-523.

2.2.4. Identificación de conductores
Los conductores de la instalación deben ser fácilmente identificables, especialmente por lo que respeta al conductor neutro y al conductor de protección. Esta identificación se realizará por los colores que presenten sus aislamientos. Cuando exista conductor neutro en la instalación o se prevea para un conductor de fase su pase posterior a conductor neutro, se identificarán éstos por el color azul claro. Al conductor de protección se le identificará por el color verde-amarillo. Todo los conductores de fase, o en su caso, aquellos para los que no se prevea su pase posterior a neutro, se identificarán por los colores marrón o negro.
Cuando se considere necesario identificar tres fases diferentes, se utilizará también el color gris.

2.3. Conductores de protección
Se aplicará lo indicado en la Norma UNE 20460-5-54 en su apartado 543. Como ejemplo, para los conductores de protección que estén constituidos por el mismo metal que los conductores de fase o polares, tendrán una sección mínima igual a la fijada en la tabla 2, en función de la sección de los conductores de fase o polares de la instalación; en caso que sean de distinto material, la sección se determinará de forma que presente una conductividad equivalente a la que resulta de aplicar la tabla 2.
Para otras condiciones se aplicará la norma UNE 20460-5-54, apartado 543.

Tabla 2

Secciones de los conductores de fase o polares de la instalación (mm^2)	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm^2)
$S \leqslant 16$	S (*)
$16 < S \leqslant 35$	16
$S > 35$	S / 2

(*) Con un mínimo de:
– 2,5 mm^2 si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica.
– 4 mm^2 si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen una protección mecánica.

En la instalación de los conductores de protección se tendrá en cuenta:
– Si se aplican diferentes sistemas de protección en instalaciones próximas, se empleará para cada uno de los sistemas un conductor de protección distinto. Los sistemas a utilizar estarán de acuerdo con los indicados en la norma UNE 20460-3. En los pasos a través de paredes o techos estarán protegidos por un tubo de adecuada resistencia mecánica, según ITC-BT-21 para canalizaciones empotradas.
– No se utilizará un conductor de protección común para instalaciones de tensiones nominales diferentes.
– Si los conductores activos van en el interior de una envolvente común, se recomienda incluir también dentro de ella el conductor de protección, en cuyo caso presentará el mismo aislamiento que los otros conductores. Cuando el conductor de protección se instale fuera de esta canalización seguirá el curso de la misma.
– En una canalización móvil todos los conductores incluyendo el conductor de protección, irán por la misma canalización.
– En el caso de canalizaciones que incluyan conductores con aislamiento mineral, la cubierta exterior de estos conductores podrá utilizarse como conductor de protección de los circuitos correspondientes, siempre que su continuidad quede perfectamente asegurada y su conductividad sea como mínimo igual a la que resulte de la aplicación de la Norma UNE 20460-5-54, apartado 543.
– Cuando las canalizaciones estén constituidas por conductores aislados colocados bajo tubos de material ferromagnético, o por cables que contienen una armadura metálica, los conductores de protección se colocarán en los mismos tubos o formarán parte de los mismos cables que los conductores activos.
– Los conductores de protección estarán convenientemente protegidos contra el deterioro mecánicos y químicos, especialmente en los pasos a través de los elementos de la construcción.
– Las conexiones en estos conductores se realizarán por medio de uniones soldadas sin empleo de ácido o por piezas de conexión de apriete por rosca, debiendo ser

accesibles para verificación y ensayo. Estas piezas serán de material inoxidable y los tornillos de apriete, si se usan, estarán previstos para evitar su desapriete. Se considera que los dispositivos que cumplen con la norma UNE-EN 60998-2-1 cumplen con esta prescripción.
– Se tomarán las precauciones necesarias para evitar el deterioro causado por efectos electroquímicos cuando las conexiones sean entre metales diferentes (por ejemplo: cobre-aluminio).

2.4. Subdivisión de las instalaciones

Las instalaciones de subdividirán de forma que las perturbaciones originadas por averías que puedan producirse en un punto de ellas, afecten solamente a ciertas partes de la instalación, por ejemplo a un sector del edificio, a un piso, a un solo local, etc., para lo cual los dispositivos de protección de cada circuito estarán adecuadamente coordinados y serán selectivos con los dispositivos generales de protección que les precedan.
Toda instalación se dividirá en varios circuitos, según las necesidades, a fin de:
– Evitar las interrupciones innecesarias de todo el circuito y limitar las consecuencias de un fallo.
– Facilitar las verificaciones, ensayos y mantenimientos.
– Evitar los riesgos que podría resultar del fallo de un solo circuito que pudiera dividirse, como por ejemplo si sólo hay un circuito de alumbrado.

REDES AÉREAS PARA DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN ITC-BT-06

4. INTENSIDADES ADMISIBLES POR LOS CONDUCTORES

4.1. Generalidades

Las intensidades máximas admisibles que figuran en los siguientes apartados de esta instrucción, se aplican a los cables aislados de tensión asignada de 0,6/1 kV y a los conductores desnudos utilizados en redes aéreas.

4.2. Cables formados por conductores aislados con polietileno reticulado (XLPE), en haz, a espiral visible

Satisfarán las exigencias especificadas en UNE 21030

4.2.1. Intensidades máximas admisibles

En las tablas 3, 4 y 5 figuran las intensidades máximas admisibles en régimen permanente, para algunos de estos tipos de cables, utilizados en condiciones normales de instalación.
Se definen como condiciones normales de instalación las correspondientes a un solo cable, instalado al aire libre, y a una temperatura ambiente de 40 °C.
Para condiciones de instalación diferentes u otras variables a tener en cuenta, se aplicarán los factores de corrección definidos en el apartado 4.2.2.

4.2.1.1. Cables con neutro fiador de aleación de aluminio-magnesio-silicio (Almelec) para instalaciones de cables tensados

Tabla 3. Intensidad máxima admisible en amperios a temperatura ambiente de 40 °C	
Número de conductores por sección mm²	Intensidad máxima A
1 · 25 Al/54,6 Alm	110
1 · 50 Al/54,6 Alm	165
3 · 25 Al/54,6 Alm	100
3 · 50 Al/54,6 Alm	150
3 · 95 Al/54,6 Alm	230
3 · 150 Al/80 Alm	305

4.2.1.2. Cables sin neutro fiador para instalaciones de cables posados, o tensados con fiador de acero

Tabla 4. Intensidad máxima admisible en amperios a temperatura ambiente de 40 °C		
Número de conductores por sección mm²	Intensidad máxima en A	
	Posada sobre fachadas	Tendida con fiador de acero
2 · 16 Al	73	81
2 · 25 Al	101	109
4 · 16 Al	67	72
4 · 25 Al	90	97
4 · 50 Al	133	144
3 · 95/50 Al	207	223
3 · 150/95 Al	277	301

Tabla 5. Intensidad máxima admisible en A a una temperatura ambiente de 40 °C		
Número de conductores por sección mm²	Intensidad máxima en A	
	Posada en fachadas	Tendida con fiador
2 · 10 Cu	77	85
4 · 10 Cu	65	72
4 · 16 Cu	86	95

4.2.2. Factores de corrección

4.2.2.1. Instalación expuesta directamente al sol

En zonas en las que la radiación solar es muy fuerte, se deberá tener en cuenta el calentamiento de la superficie de los cables con relación a la temperatura ambiente, por lo que en estos casos se aplica un factor de corrección 0,9 o inferior, tal como recomiendan las normas de la serie UNE 20435.

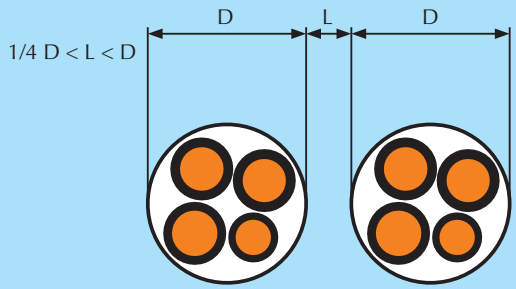
4.2.2.2. Factores de corrección por agrupación de varios cables

En la tabla 6 figuran los factores de corrección de la intensidad máxima admisible, en caso de agrupación de varios

cables en haz al aire. Estos factores se aplican a cables separados entre sí, una distancia comprendida entre un diámetro y un cuarto de diámetro en tendidos horizontales con cables en el mismo plano vertical.
Para otras separaciones o agrupaciones consultar la norma UNE 21144-2-2.

Tabla 6. Factores de corrección de la intensidad máxima admisible en caso de agrupación de cables aislados en haz, instalados al aire

Número de cables	1	2	3	Más de 3
Factor de corrección	1,00	0,89	0,80	0,75



A efectos de cálculo se considera como diámetro de un cable en haz, 2,5 veces el diámetro del conductor de fase.

4.2.2.3. Factores de corrección en función de la temperatura ambiente

En la tabla 7 figuran los factores de corrección para temperaturas diferentes a 40 °C.

Tabla 7. Factores de corrección de la intensidad máxima admisible para cables aislados en haz, en función de la temperatura ambiente

Temperatura °C	20	25	30	35	40	45	50
Aislados con polietileno reticulado	1,18	1,14	1,10	1,05	1,00	0,95	0,90

4.2.3. Intensidades máximas de cortocircuito admisible en los conductores de los cables

En la tabla 8 y 9 se indican las intensidades de cortocircuito admisible, en función de los diferentes tiempos de duración del cortocircuito.

Tabla 8. Intensidades máximas de cortocircuitos en kA para conductores de aluminio

Sección del conductor mm²	Duración del cortocircuito en segundos								
	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
16	4,7	3,2	2,7	2,1	1,4	1,2	1,0	0,9	0,8
25	7,3	5,0	4,2	3,3	2,3	1,9	1,0	1,4	1,3
50	14,7	10,1	8,5	6,6	4,6	3,8	3,3	2,9	2,7
95	27,9	19,2	16,1	12,5	8,8	7,2	6,2	5,6	5,1
150	44,1	30,4	25,5	19,8	13,9	11,4	9,9	8,8	8,1

Tabla 9. Intensidades máximas de cortocircuitos en kA para conductores de cobre

Sección del conductor mm²	Duración del cortocircuito en segundos								
	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
10	4,81	3,29	2,70	2,11	1,52	1,26	1,11	1,00	0,92
16	7,34	5,23	4,29	3,35	2,40	1,99	1,74	1,57	1,44

4.3. Conductores desnudos de cobre y aluminio

Las intensidades máximas admisibles en régimen permanente serán las obtenidas por aplicación de la tabla siguiente:

Tabla 10. Densidad de corriente en A/mm² para conductores desnudos al aire

Sección nominal mm²	Densidad de corriente A/mm²	
	Cobre	Aluminio
10	8,75	–
16	7,60	6,00
25	6,35	5,00
35	5,75	4,55
50	5,10	4,00
70	4,50	3,55
95	4,05	3,20
120	–	2,90
150	–	2,70

4.4. Otros cables u otros sistemas de instalación

Para cualquier otro tipo de cable o composiciones u otro sistema de instalación no contemplado en esta instrucción, así como para cables que no figuran en las tablas anteriores, deberán consultarse las normas de la serie UNE 20485, o calcularse según la norma UNE 21144.

REDES SUBTERRÁNEAS PARA DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN ITC-BT-07

1. CABLES

Los conductores de los cables utilizados en las líneas subterráneas serán de cobre o de aluminio y estarán aislados con mezclas apropiadas de compuestos poliméricos. Estarán además debidamente protegidos contra la corrosión que pueda provocar el terreno donde se instalen y tendrán la resistencia mecánica suficiente para soportar los esfuerzos a que puedan estar sometidos.

Los cables podrán ser de uno o más conductores y de tensión asignada no inferior a 0,6/1 kV, y deberán cumplir los requisitos especificados en la parte correspondiente de la Norma UNE-HD 603. La sección de estos conductores será la adecuada a las intensidades y caídas de ten-

sión previstas y, en todo caso, esta sección no será inferior a 6 mm² para conductores de cobre y a 16 mm² para los de aluminio.
Dependiendo del número de conductores que se haga la distribución, la sección mínima del conductor neutro será:

a) Con dos o tres conductores: Iguales a la de los conductores de fase.

b) Con cuatro conductores, la sección del neutro será como mínimo la de la tabla 1.

Tabla 1. Sección mínima del conductor neutro en función de la sección de los conductores de fase

Conductores de fase (mm²)	Sección neutro (mm²)	Conductores de fase (mm²)	Sección neutro (mm²)
6 (Cu)	6	70	35
10 (Cu)	10	95	50
16 (Cu)	10	120	70
Conductores de fase (mm²)	Sección neutro (mm²)	Conductores de fase (mm²)	Sección neutro (mm²)
16 (Al)	16	150	70
25	16	185	95
35	16	240	120
50	25	300	150
		400	185

3. INTENSIDADES MÁXIMAS ADMISIBLES

3.1. Intensidades máximas permanentes en los conductores de los cables

En las tablas que siguen se dan los valores indicados en la Norma UNE 20435.
En la tabla 2 se dan la temperaturas máximas admisibles en el conductor según los tipos de aislamiento.
En las tablas 3, 4 y 5 se indican las intensidades máximas permanentes admisibles en los diferentes tipos de cables, en las condiciones tipo de instalación enterrada indicadas en el apartado 3.1.2.1. En las condiciones especiales de instalación indicadas en el apartado 3.1.2.2 se aplicarán los factores de corrección que correspondan según las tablas 6 a 9. Dichos factores de corrección se indican para cada condición que pueda diferenciar la instalación considerada de la instalación tipo.
En las tablas 10, 11 y 12 se indican las intensidades máximas permanentes admisibles en los diferentes tipos de cables, en las condiciones tipo de instalación al aire indicadas en el apartado 3.1.4.1. En las condiciones especiales de instalación indicadas en el apartado 3.1.4.2 se aplicarán los factores de corrección que corresponda, tablas 13 a 15. Dichos factores de corrección se indican para cada condición que pueda diferenciar la instalación considerada de la instalación tipo.

3.1.1. Temperatura máxima admisible

Las intensidades máximas admisibles en servicio permanente dependen en cada caso de la temperatura máxima que el aislamiento pueda soportar sin alteraciones de sus propiedades eléctricas, mecánicas y químicas. Esta temperatura es función del tipo de aislamiento y del régimen de carga.

En la tabla 2 se especifican, con carácter informativo, las temperaturas máximas admisibles, en servicio permanente y en cortocircuito, para algunos tipos de cables aislados con aislamiento seco.

Tabla 2. Cables aislados con aislamiento seco; temperatura máxima, en ºC, asignada al conductor

Tipo de aislamiento seco	Temperatura máxima ºC	
	Servicio permanente Θs	Cortocircuito t ⩽ 5 s
Policloruro de vinilo (PVC)		
S ⩽ 300 mm²	70	160
S > 300 mm²	70	140
Polietileno reticulado (XLPE)	90	250
Etileno Propileno (EPR)	90	250

3.1.2. Condiciones de instalación enterrada

3.1.2.1. Condiciones tipo de instalación enterrada

A los efectos de determinar la intensidad máxima admisible, se considera la siguiente instalación tipo:

Un solo cable tripolar o tetrapolar o una terno de cables unipolares en contacto mutuo, o un cable bipolar, o dos cables unipolares en contacto mutuo, directamente enterrados en toda su longitud en una zanja de 0,70 m de profundidad, en un terreno de resistividad térmica media de 1 k·m/W y temperatura ambiente del terreno a dicha profundidad, de 25 °C.

Tabla 3. Intensidad máxima admisible en amperios para cables tetrapolares con conductores de aluminio y conductor neutro concéntrico de cobre, en instalación enterrada (servicio permanente)

Cables	Sección nominal de los conductores (mm²)	Intensidad
3·50 Al + 16 Cu	50	160
3·95 Al + 30 Cu	95	235
3·150 Al + 50 Cu	150	305
3·240 Al + 80 Cu	240	395

– Temperatura máxima en el conductor: 90 °C.
– Temperatura del terreno: 25 °C.
– Profundidad de instalación: 0,70 m.
– Resistividad térmica del terreno: 1 k·m/W.

Tabla 4. Intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con conductores de aluminio en instalación enterrada (servicio permanente)

Sección nominal mm²	Terna de cables unipolares (1) (2)			1 cable tripolar o tetrapolar (3)		
	Tipo de aislamiento					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
16	97	94	86	90	86	76
25	125	120	110	115	110	98
35	150	145	130	140	135	120
50	180	175	155	165	160	140
70	220	215	190	205	220	170
95	260	255	225	240	235	210
120	295	290	260	275	270	235
150	330	325	290	310	305	265
185	375	365	325	350	345	300
240	430	420	380	405	395	350
300	485	475	430	460	445	395
400	550	540	480	520	500	445
500	615	605	525	–	–	–
630	690	680	600	–	–	–

Tipo de aislamiento:
XLPE Polietileno reticulado. Temperatura máxima en el conductor 90 °C (Servicio permanente).
EPR Etileno propileno. Temperatura máxima en el conductor 90 °C (Servicio permanente).
PVC Policloruro de vinilo. Temperatura máxima en el conductor 70 °C (Servicio permanente).
Temperatura del terreno: 25 °C.
Profundidad de instalación: 0,70 m.
Resistividad térmica del terreno: 1 k·m/W.

(1) Incluye el conductor neutro, si existe.
(2) Para el caso de dos cables unipolares, la intensidad máxima admisible será la correspondiente a la columna de la terna de cables unipolares de la misma sección y tipo de aislamiento, multiplicada por 1,225.
(3) Para el caso de un cable bipolar, la intensidad máxima admisible será la correspondiente a la columna del cable tripolar o tetrapolar de la misma sección y tipo de aislamiento, multiplicada por 1,225.

Tabla 5. Intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con conductores de cobre e instalación enterrada (servicio permanente)

Sección nominal mm²	Terna de cables unipolares (1) (2)		1 cable tripolar o tetrapolar (3)			
	Tipo de aislamiento					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
6	72	70	63	66	64	56
10	96	94	85	88	85	75
16	125	120	110	115	110	97
25	160	155	140	150	140	125
35	190	185	170	180	175	150
50	230	225	200	215	205	180
70	280	270	245	260	250	220
95	335	325	290	310	305	265
120	380	375	335	355	350	305
150	425	415	370	400	390	340
185	480	470	420	450	440	385
240	550	540	485	520	505	445
300	620	610	550	590	565	505
400	705	690	615	665	645	570
500	790	775	685	–	–	–
630	885	870	770	–	–	–

Tipo de aislamiento:
XLPE Polietileno reticulado. Temperatura máxima en el conductor 90 °C (Servicio permanente).
EPR Etileno propileno. Temperatura máxima en el conductor 90 °C (Servicio permanente).
PVC Policloruro de vinilo. Temperatura máxima en el conductor 70 °C (Servicio permanente).
Temperatura del terreno: 25 °C.
Profundidad de instalación: 0,70 m.
Resistividad térmica del terreno: 1 k·m/W.

(1) Incluye el conductor neutro, si existe.
(2) Para el caso de dos cables unipolares, la intensidad máxima admisible será la correspondiente a la columna de la terna de cables unipolares de la misma sección y tipo de aislamiento, multiplicada por 1,225.
(3) Para el caso de un cable bipolar, la intensidad máxima admisible será la correspondiente a la columna del cable tripolar o tetrapolar de la misma sección y tipo de aislamiento, multiplicada por 1,225.

3.1.2.2. Condiciones especiales de instalación enterrada y factores de corrección de intensidad admisible

La intensidad admisible de un cable, determinada por las condiciones de instalación enterrada cuyas características se han especificado en los apartados 2.1.1 y 3.1.2.1, deberán corregirse teniendo en cuenta cada una de las magnitudes de la instalación real que difieran de aquellas, de forma que el aumento de temperaturas provocado por la circulación de la intensidad calculada, no dé lugar a una temperatura en el conductor superior a la prescrita en la tabla 2. A continuación se expone algunos casos particulares de instalación, cuyas características afectan al valor máximo de la intensidad admisible, indicando los factores de corrección a aplicar.

3.1.2.2.1. Cables enterrados en terrenos cuya temperatura sea distinta de 25 °C

En la tabla 6 se indican los factores de corrección, F, de la intensidad admisible para temperaturas del terreno θ_t distintas de 25 °C, en función de la temperatura máxima de servicio θ_s, de la tabla 2.

Tabla 6. Factor de corrección F, para temperatura del terreno distinto de 25 °C

Temperatura de servicio θ_s (°C)	Temperatura del terreno, θ_t, en °C								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
90	1,11	1,07	1,04	1	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78
70	1,15	1,11	1,05	1	0,94	0,88	0,82	0,75	0,67

El factor de corrección para otras temperaturas del terreno, distintas de las de la tabla, será:

$$F = \sqrt{\frac{\theta_s - \theta_t}{\theta_s - 25}}$$

3.1.2.2.2. Cables enterrados directamente o en conducciones, en terreno de resistividad térmica distinta de 1 k·m/W

En la tabla 7 se indican para distintas resistividades térmicas del terreno, los correspondientes factores de corrección de la intensidad admisible.

Tabla 7. Factor de corrección para resistividad térmica del terreno distinta de 1 k·m/W

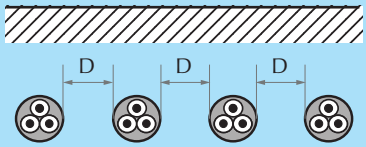
Tipo de cable	Resistividad térmica del terreno, en k·m/W										
	0,80	0,85	0,90	1	1,10	1,20	1,40	1,65	2,00	2,50	2,80
Unipolar	1,09	1,06	1,04	1	0,96	0,93	0,87	0,81	0,75	0,68	0,66
Tripolar	1,07	1,05	1,03	1	0,97	0,94	0,89	0,84	0,78	0,71	0,69

3.1.2.2.3. Cables tripolares o tetrapolares o ternos de cables unipolares agrupados bajo tierra

En la tabla 8 se indican factores de corrección que se deben aplicar, según el número de cables tripolares o ternos de unipolares y la distancia entre ellos.

Tabla 8. Factor de corrección para agrupaciones de cables trifásicos o ternos de cables unipolares

Separación entre los cables o ternos	Factor de corrección							
	N.º de cables o ternos de la zanja							
	2	3	4	5	6	8	10	12
d = 0 (en contacto)	0,80	0,70	0,64	0,60	0,56	0,53	0,50	0,47
d = 0,07 m	0,85	0,75	0,68	0,64	0,60	0,56	0,53	0,50
d = 0,10 m	0,85	0,76	0,69	0,65	0,62	0,58	0,55	0,53
d = 0,15 m	0,87	0,77	0,72	0,68	0,66	0,62	0,59	0,57
d = 0,20 m	0,88	0,79	0,74	0,70	0,68	0,64	0,62	0,60
d = 0,25 m	0,89	0,80	0,76	0,72	0,70	0,66	0,64	0,62



3.1.2.2.4. Cables enterrados en zanjas a diferentes profundidades

En la tabla 9 se indican los factores de corrección que debe aplicarse para profundidades de instalación distintas de 0,70 m.

Tabla 9. Factores de corrección para diferentes profundidades de instalación

Profundidad de instalación (m)	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,2
Factor de corrección	1,03	1,02	1,01	1	0,99	0,98	0,97	0,95

3.1.3. Cables enterrados en zanja en el interior de tubos o similares

En este tipo de instalaciones es de aplicación todo lo establecido en el apartado 3.1.2, además de lo indicado a continuación.

Se instalará un circuito por tubo. La relación entre el diámetro interior del tubo y el diámetro aparente del circuito será superior a 2, pudiéndose aceptar excepcionalmente 1,5.

En el caso de una línea con cable tripolar o con una terna de cables unipolares en el interior de un mismo tubo, se aplicará un factor de corrección de 0,8.

Si se trata de una línea de cuatro cables unipolares situados en sendos tubos, podrá aplicarse un factor de corrección de 0,9.

Si se trata de una agrupación de tubos, el factor dependerá del tipo de agrupación y variará para cada cable según esté colocado en un tubo central o periférico. Cada caso deberá estudiarse individualmente.

En el caso de canalizaciones bajo tubos que no superen los 15 m, si el tubo se rellena con aglomerados especiales no será necesario aplicar factor de corrección de intensidad por este motivo.

3.1.4. Condiciones de instalación al aire (en galerías, zanjas registrables, atarjeas o canales revisables)

3.1.4.1. Condiciones tipo de instalación al aire (en galerías, zanjas registrables, etc.)

A los efectos de determinar la intensidad máxima admisible, se considera la siguiente instalación tipo:

Un solo cable tripolar o tetrapolar o una terna de cables unipolares en contacto mutuo, con una colocación tal que permita una eficaz renovación del aire, siendo la temperatura del medio ambiente de 40 °C. Por ejemplo, con el cable colocado sobre bandejas o fijado a una pared, etc.

Tabla 10. Intensidad máxima admisible, en amperios, en servicio permanente, para cables tetrapolares con conductores de aluminio y con conductor neutro concéntrico de cobre, en instalación al aire en galerías ventiladas

Cables	Sección nominal de los conductores (mm^2)	Intensidad
3 · 50 Al + 16 Cu	50	125
3 · 95 Al + 30 Cu	95	195
3 · 150 Al + 50 Cu	150	260
3 · 240 Al + 80 Cu	240	360

– Temperatura máxima en el conductor: 90 °C.
– Temperatura del aire ambiente: 40 °C.
– Disposición que permita una eficaz renovación del aire.

Tabla 11. Intensidad máxima admisible, en amperios, en servicio permanente para cables con conductores de aluminio en instalación al aire en galerías ventiladas (temperatura ambiente 40 °C)

Sección nominal mm^2	Tres cables unipolares (1)		1 cable trifásico			
	Tipo de aislamiento					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
16	67	65	55	64	63	51
25	93	90	75	85	82	68
35	115	110	90	105	100	82
50	140	135	115	130	125	100
70	180	175	145	165	155	130
95	220	215	180	205	195	160
120	260	255	215	235	225	185
150	300	290	245	275	260	215
185	350	345	285	315	300	245
240	420	400	340	370	360	290
300	480	465	390	425	405	335
400	560	545	455	505	475	385
500	645	625	520	–	–	–
630	740	715	600	–	–	–

– Temperatura del aire ambiente: 40 °C.
– Un cable trifásico al aire o un conjunto (terna) de cables unipolares en contacto mutuo.
– Disposición que permita una eficaz renovación del aire.

(1) Incluye el conductor neutro, si existiese.

Tabla 12. Intensidad máxima admisible, en amperios, en servicio permanente para cables con conductores de cobre en instalación al aire en galerías ventiladas (temperatura ambiente 40 °C)

Sección nominal mm²	Tres cables unipolares (1)		1 cable trifásico			
	Tipo de aislamiento					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
6	46	45	38	44	43	36
10	64	62	53	61	60	50
16	86	83	71	82	80	65
25	120	115	96	110	105	87
35	145	140	115	135	130	105
50	180	175	145	165	160	130
70	230	225	185	210	220	165
95	285	280	235	260	250	205
120	335	325	275	300	290	240
150	385	375	315	350	335	275
185	450	440	365	400	385	315
240	535	515	435	475	460	370
300	615	595	500	545	520	425
400	720	700	585	645	610	495
500	825	800	665	–	–	–
630	950	915	765	–	–	–

– Temperatura del aire: 40 °C.
– Un cable trifásico al aire o un conjunto (terna) de cables unipolares en contacto mutuo.
– Disposición que permita una eficaz renovación del aire.

(1) Incluye el conductor neutro, si existiese.

3.1.4.2. Condiciones especiales de instalación al aire en galerías ventiladas y factores de corrección de la intensidad admisible

La intensidad admisible de un cable, determinada por las condiciones de instalación al aire en galerías ventiladas cuyas características se han especificado en el apartado 3.1.4.1, deberá corregirse teniendo en cuenta cada una de las magnitudes de la instalación real que difieran de aquellas, de forma que el aumento de temperatura provocado por la circulación de la intensidad calculada no de lugar a una temperatura en el conductor, superior a la prescrita en la tabla 2. A continuación, se exponen algunos casos particulares de instalación, cuyas características afectan al valor máximo de la intensidad admisible, indicando los coeficientes de corrección a aplicar.

3.1.4.2.1. Cables instalados al aire en ambientes de temperatura distinta a 40 °C

En la tabla 13 se indican los factores de corrección F, de la intensidad admisible para temperaturas del aire ambiente, θ_a, distintas de 40 °C, en función de la temperatura máxima de servicio θ_s en la tabla 2.

Tabla 13. Coeficiente de corrección F para temperatura ambiente distinta de 40 °C

Temperatura de servicio θ_s (°C)	Temperatura ambiente, θ_s, en °C										
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
90	1,27	1,22	1,18	1,14	1,10	1,05	1	0,95	0,90	0,84	0,77
70	1,41	1,35	1,29	1,22	1,15	1,08	1	0,91	0,81	0,71	0,58

El factor de corrección para otras temperaturas, distintas de las de la tabla, será:

$$F = \sqrt{\frac{\Theta_s - \Theta_a}{\Theta_s - 40°}}$$

3.1.4.2.2. Cables instalados al aire en canales o galerías pequeñas

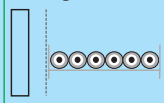
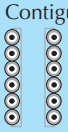
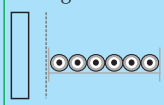
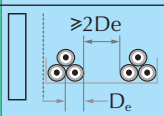
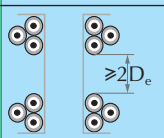
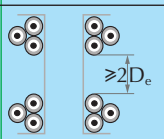
Se observa que en ciertas condiciones de instalaciones (en canalillos, galerías pequeñas, etc.), en los que no hay una eficaz renovación de aire, el calor disipado por los cables no puede difundirse libremente y provoca un aumento de la temperatura del aire.

La magnitud de este aumento depende de muchos factores y debe ser determinada en cada caso como una estimación aproximada. Debe tenerse en cuenta que el incremento de temperatura por este motivo puede ser del orden de 15 k. La intensidad admisible en las condiciones de régimen deberá, por tanto, reducirse con los coeficientes de la tabla 13.

3.1.4.2.3. Grupos de cables instalados al aire

En las tablas 14 y 15 se dan los factores de corrección a aplicar en los agrupamientos de varios circuitos constituidos por cables unipolares o multipolares en función del tipo de instalación y número de circuitos.

Tabla 14. Factor de corrección para agrupaciones de cables unipolares instalados al aire

Tipo de instalación		N.º de bandejas	N.º de circuitos trifásicos (2)			A utilizar para (1)
			1	2	3	
Bandejas perforadas (3)	Contiguos 	1	0,95	0,90	0,85	Tres cables en capa horizontal
		2	0,95	0,85	0,80	
		3	0,00	0,85	–	
Bandejas verticales perforadas (4)	Contiguos 	1	0,95	0,85	–	Tres cables en capa vertical
		2	0,90	0,85	–	
Bandejas escalera, soporte, etc. (3)	Contiguos 	1	1,00	0,95	0,95	Tres cables en capa horizontal
		2	0,95	0,90	0,90	
		3	0,95	0,90	0,85	
Bandejas perforadas (3)		1	1,00	1,00	0,95	Tres cables dispuestos en trébol
		2	0,95	0,95	0,90	
		3	0,95	0,90	0,85	
Bandejas verticales perforadas (4)		1	1,00	0,90	0,90	
		2	1,00	0,90	0,85	
Bandejas escalera, soporte, etc. (3)		1	1,00	1,00	1,00	
		2	0,95	0,95	0,95	
		3	0,95	0,95	0,90	

Notas:

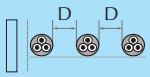
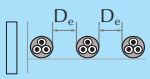
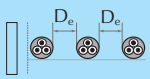
(1) Incluye además el conductor neutro, si existiese.

(2) Para circuitos con varios cables en paralelo por fase, a los efectos de la aplicación de esta tabla, cada grupo de tres conductores se considera como un circuito.

(3) Los valores están indicados para una distancia vertical entre bandejas de 300 mm. Para distancias más pequeñas, se reducirán los factores.

(4) Los valores están indicados para una distancia horizontal entre bandejas de 225 mm, estando las bandejas montadas dorso con dorso. Para distancias más pequeñas se reducirán los factores.

Tabla 15. Factor de corrección para agrupaciones de cables trifásicos

Tipo de instalación		N.º de circuitos trifásicos (1)						
		N.º de bandejas	1	2	3	4	6	9
Bandejas perforadas (2)	Contiguos 	1	1,00	0,90	0,80	0,80	0,75	0,75
		2	1,00	0,85	0,80	0,75	0,75	0,70
		3	1,00	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65
	Espaciados 	1	1,00	1,00	1,00	0,95	0,90	–
		2	1,00	1,00	0,95	0,90	0,85	–
		3	1,00	1,00	0,95	0,90	0,85	–
Bandejas verticales perforadas (3)	Contiguos	1	1,00	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70
		2	1,00	0,90	0,80	0,75	0,70	0,70
	Espaciados	1	1,00	0,90	0,90	0,90	0,85	–
		2	1,00	0,90	0,90	0,85	0,85	–
Bandejas escalera, soportes, etc. (2)	Contiguos	1	1,00	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80
		2	1,00	0,85	0,80	0,80	0,75	0,75
		3	1,00	0,85	0,80	0,75	0,75	0,70
	Espaciados 	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	–
		2	1,00	1,00	1,00	0,95	0,95	–
		3	1,00	1,00	0,95	0,95	0,75	–

(1) Incluye además el conductor neutro, si existiese.
(2) Los valores están indicados para una distancia vertical entre bandejas de 300 mm. Para distancias más pequeñas, se reducirán los factores.
(3) Los valores están indicados para una distancia horizontal entre bandejas de 225 mm, estando las bandejas montadas dorso con dorso. Para distancias más pequeñas se reducirán los factores.

3.2. Intensidades de cortocircuito admisibles en los conductores

En las tablas 16 y 17 se indican las densidades de corriente de cortocircuito admisibles en los conductores de aluminio y de cobre de los cables aislados con diferentes materiales en función de los tiempos de duración del cortocircuito.

Tabla 16. Densidad de corriente de cortocircuito, en A/mm², para conductores de aluminio

Tipo de aislamiento	Duración del cortocircuito en segundos								
	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
XLPE y EPR	294	203	170	132	93	76	66	59	54
PVC									
S ⩽ 300 mm²	237	168	137	106	75	61	53	47	43
S > 300 mm²	211	150	122	94	67	54	47	42	39

Tabla 17. Densidad de corriente de cortocircuito, en A/mm², para conductores de cobre

Tipo de aislamiento	Duración del cortocircuito en segundos								
	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
XLPE y EPR	449	318	259	201	142	116	100	90	82
PVC									
S ⩽ 300 mm²	364	257	210	163	115	94	81	73	66
S > 300 mm²	322	228	186	144	102	83	72	64	59

3.3. Otros cables o sistemas de instalación

Para cualquier otro tipo de cable u otro sistema no contemplados en esta instrucción, así como para cables que no figuran en las tablas anteriores, deberá consultarse la norma UNE 20435 o calcularse según la norma UNE 21144.

SISTEMAS DE CONEXIÓN DEL NEUTRO Y DE LAS MASAS EN REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA ITC-BT-08

2. PRESCRIPCIONES ESPECIALES EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN PARA LA APLICACIÓN DEL ESQUEMA TN

Para que las masas de la instalación receptora puedan estar conectadas a neutro como medida de protección contra contactos indirectos, la red de alimentación debe cumplir las siguientes prescripciones especiales:

a) La sección del conductor neutro debe, en todo su recorrido, ser como mínimo igual a la indicada en la tabla siguiente, en función de la sección de los conductores de fase.

Tabla 1. Sección del conductor neutro en función de la sección de los conductores de fase

Sección de los conductores de fase (mm²)	Sección nominal del conductor neutro (mm²)	
	Redes aéreas	Redes subterráneas
16	16	16
25	25	16
35	35	16
50	50	25
70	50	35
95	50	50
120	70	70
150	70	70
185	95	95
240	120	120
300	150	150
400	185	185

b) En las líneas aéreas, el conductor neutro se tendrá con las mismas precauciones que los conductores de fase.

c) Además de las puestas a tierra de los neutros señaladas en las instrucciones ITC-BT-06 e ITC-BT-07, para las líneas principales y derivaciones serán puestos a tierra igualmente en los extremos de éstas cuando la longitud de las mismas sea superior a 200 metros.

d) La resistencia de tierra del neutro no será superior a 5 ohmios en las proximidades de la central generadora o del centro de transformación, así como en los 200 últimos metros de cualquier derivación de la red.

e) La resistencia global de tierra, de todas las tomas de tierra del neutro, no será superior a 2 ohmios.

f) En el esquema TN-C, las masas de las instalaciones receptoras deberán conectarse al conductor neutro mediante conductores de protección.

INSTALACIONES DE ENLACE. LÍNEA GENERAL DE ALIMENTACIÓN ITC-BT-14

3. CABLES

Los conductores a utilizar, tres de fase y uno de neutro, serán de cobre o aluminio, unipolares y aislados, siendo su tensión asignada 0,6/1 kV.
Los cables y sistemas de conducción de cables deben instalarse de manera que no se reduzcan las características de la estructura del edificio en la seguridad contra incendios. Los cables serán no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida. Los cables con características equivalentes a las de las normas UNE 21123 parte 4 o 5 cumplen con esta prescripción.
Siempre que se utilicen conductores de aluminio, las conexiones del mismo deberán realizarse utilizando las técnicas apropiadas que eviten el deterioro del conductor debido a la aparición de potenciales peligrosos originados por los efectos de los pares galvánicos.
La sección de los cables deberá ser uniforme en todo su recorrido y sin empalmes, exceptuándose las derivaciones realizadas en el interior de cajas para alimentación de centralizaciones de contadores. La sección mínima será de 10 mm^2 en cobre o 16 mm^2 en aluminio.
Para el cálculo de la sección de los cables se tendrá en cuenta, tanto la máxima caída de tensión permitida, como la intensidad máxima admisible.
La caída de tensión máxima permitida será:
– Para líneas generales de alimentación destinadas a contadores totalmente centralizados: 0,5 por 100.
– Para líneas generales de alimentación destinadas a centralizaciones parciales de contadores: 1 por 100.

La intensidad máxima admisible a considerar será fijada en la UNE 20460-5-523 con los factores de corrección correspondientes a cada tipo de montaje, de acuerdo con la previsión de potencias establecidas en la ITC-BT-10.
Para la sección del conductor neutro se tendrán en cuenta el máximo desequilibrio que puede preverse, las corrientes armónicas y su comportamiento, en función de las protecciones establecidas ante las sobrecargas y cortocircuitos que pudieran presentarse. El conductor neutro tendrá una sección de aproximadamente el 50 por 100 de la correspondiente al conductor de fase, no siendo inferior a los valores especificados en la tabla 1.

Tabla 1

Secciones (mm^2)		Diámetro exterior de los tubos (mm)
Fase	Neutro	
10 (Cu)	10	75
16 (Cu)	10	75
16 (Al)	16	75
25	16	110
35	16	110
50	25	125
70	35	140
95	50	140
120	70	160
150	70	160
185	95	180
240	120	200

INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA ITC-BT-18

3.2. Conductores de tierra

La sección de los conductores de tierra tienen que satisfacer las prescripciones del apartado 3.4 de esta instrucción y, cuando estén enterrados, deberán estar de acuerdo con los valores de la tabla 1. La sección no será inferior a la mínima exigida para los conductores de protección.

Tabla 1. Secciones mínimas convencionales de los conductores de tierra

Tipo	Protegido mecánicamente	No protegido mecánicamente
Protegido contra la corrosión*	Según apartado 3.4	16 mm^2 cobre 16 mm^2 acero galvanizado
No protegido contra la corrosión	25 mm^2 cobre 50 mm^2 hierro	

* La protección contra la corrosión puede obtenerse mediante una envolvente.

Durante la ejecución de las uniones entre conductores de tierra y electrodos de tierra debe extremarse el cuidado para que resulten eléctricamente correctas.
Debe cuidarse, en especial, que las conexiones, no dañen ni a los conductores ni a los electrodos de tierra.

3.4. Conductores de protección

Los conductores de protección sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación a ciertos elementos con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.
En el circuito de conexión a tierra, los conductores de protección unirán las masas al conductor de tierra.
En otros casos reciben igualmente el nombre de conductores de protección, aquellos conductores que unen las masas:
– Al neutro de la red.
– A un relé de protección.

La sección de los conductores de protección será la indicada en la tabla 2, o se obtendrá por cálculo conforme a lo indicado en la Norma UNE 20460-5-54 apartado 543.1.1.

Tabla 2. Relación entre las secciones de los conductores de protección y los de fase

Secciones de los conductores de fase de la instalación S (mm^2)	Secciones mínimas de los conductores de protección Sp (mm^2)
$S \leqslant 16$	$Sp = S$
$16 < S \leqslant 35$	$Sp = 16$
$S > 35$	$Sp = S / 2$

Si la aplicación de la tabla conduce a valores no normalizados, se han de utilizar conductores que tengan la sección normalizada superior más próxima.
Los valores de la tabla 2 solo son válidos en el caso de que los conductores de protección hayan sido fabricados del mismo material que los conductores activos; de no ser así, las secciones de los conductores de protección se determinarán de forma que presenten una conductividad equivalente a la que resulta aplicando la tabla 2.
En todos los casos los conductores de protección que no forman parte de la canalización de alimentación serán de cobre con una sección, al menos de:
– 2,5 mm^2, si los conductores de protección disponen de una protección mecánica.
– 4 mm^2, si los conductores de protección no disponen de una protección mecánica.
Cuando el conductor de protección sea común a varios circuitos, la sección de este conductor debe dimensionarse en función de la mayor sección de los conductores de fase.
Como conductores de protección pueden utilizarse:
– Conductores en los cables multiconductores, o

– Conductores aislados o desnudos que posean una envolvente común con los conductores activos, o
– Conductores separados desnudos o aislados.

Cuando la instalación consta de partes de envolventes de conjuntos montadas en fábrica o de canalizaciones prefabricadas con envolvente metálica, estas envolventes pueden ser utilizadas como conductores de protección si satisfacen, simultáneamente, las tres condiciones siguientes:

a) Su continuidad eléctrica debe ser tal que no resulte afectada por deterioros mecánicos, químicos o electroquímicos.

b) Su conductibilidad debe ser, como mínimo, igual a la que resulta por la aplicación del presente apartado.

c) Deben permitir la conexión de otros conductores de protección en toda derivación predeterminada.

La cubierta exterior de los cables con aislamiento mineral, puede utilizarse como conductor de protección de los circuitos correspondientes, si satisfacen simultáneamente las condiciones a) y b) anteriores. Otros conductos (agua, gas u otros tipos) o estructuras metálicas, no pueden utilizarse como conductores de protección (CP o CPN).

Los conductores de protección deben estar convenientemente protegidos contra deterioros mecánicos, químicos y electroquímicos y contra los esfuerzos electrodinámicos.

Las conexiones deben ser accesibles para la verificación y ensayos, excepto en el caso de las efectuadas en cajas selladas con material de relleno o en cajas no desmontables con juntas estancas.

Ningún aparato deberá ser intercalado en el conductor de protección, aunque para los ensayos podrán utilizarse conexiones desmontables mediante útiles adecuados.

Las masas de los equipos a unir con los conductores de protección no deben ser conectadas en serie en un circuito de protección, con excepción de las envolventes montadas en fábrica o canalizaciones prefabricadas mencionadas anteriormente.

7. CONDUCTORES CPN (TAMBIÉN DENOMINADOS PEN)

En el esquema TN, cuando en las instalaciones fijas el conductor de protección tenga una sección al menos igual a 10 mm^2, en cobre o aluminio, las funciones de conductor de protección y de conductor neutro pueden ser combinadas, a condición de que la parte de la instalación común no se encuentre protegida por un dispositivo de protección de corriente diferencial residual.

Sin embargo, la sección mínima de un conductor CPN puede ser de 4 mm^2, a condición de que el cable sea de cobre y del tipo concéntrico y que las conexiones que aseguran la continuidad estén duplicadas en todos los puntos de conexión sobre el conductor externo. El con-

ductor CPN concéntrico debe utilizarse a partir del transformador y debe limitarse a aquellas instalaciones en las que se utilicen accesorios concebidos para este fin.
El conductor CPN debe estar aislado para la tensión más elevada a la que puede estar sometido, con el fin de evitar las corrientes de fuga.
El conductor CPN no tiene necesidad de estar aislado en el interior de los aparatos.
Si a partir de un punto cualquiera de la instalación, el conductor neutro y el conductor de protección están separados, no estará permitido conectarlos entre si en la continuación del circuito por detrás de este punto. En el punto de separación, deben preverse bornes o barras separadas para el conductor de protección y para el conductor neutro. El conductor CPN debe estar unido al borne o a la barra prevista para el conductor de protección.

8. CONDUCTORES DE EQUIPOTENCIALIDAD

El conductor principal de equipotencialidad debe tener una sección no inferior a la mitad de la del conductor de protección de sección mayor de la instalación, con un mínimo de 6 mm^2. Sin embargo, su sección puede ser reducida a 2,5 mm^2, si es de cobre.
Si el conductor suplementario de equipotencialidad uniera una masa a un elemento conductor, su sección no será inferior a la mitad de la del conductor de protección unido a esta masa.
La unión de equipotencialidad suplementaria puede estar asegurada, bien por elementos conductores no desmontables, tales como estructuras metálicas no desmontables, bien por conductores suplementarios, o por combinación de los dos.

4. LAS MEDIDAS DE PROTECCIÓN A LOS EFECTOS DE LAS SOBRETENSIONES

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS. PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES ITC-BT-23

Esta instrucción trata de la protección de las instalaciones eléctricas interiores contra las sobretensiones transitorias que se tramiten por las redes de distribución y que se originan, fundamentalmente, como consecuencia de las descargas atmosféricas, conmutaciones de redes y defectos en las mismas.
El nivel de sobretensión que puede aparecer en la red es función del: nivel isoceraúnico estimado, tipo de acometida aérea o subterránea, proximidad del transformador de MT/BT, etc. La incidencia que la sobretensión puede tener en la seguridad de las personas, instalaciones y equipos, así como su repercusión en la continuidad del servicio es función de:

– La coordinación del aislamiento de los equipos.
– Las características de los dispositivos de protección contra sobretensiones, su instalación y su ubicación.
– La existencia de una adecuada red de tierras.

Esta instrucción contiene las indicaciones a considerar para cuando la protección contra sobretensiones está prescrita o recomendada en las líneas de alimentación principal 230/400 V en corriente alterna, no contemplándose en la misma otros casos como, por ejemplo, la protección de señales de medida, control y telecomunicación.

2. CATEGORÍA DE LAS SOBRETENSIONES

2.1. Objeto de las categorías

Las categorías de sobretensiones permiten distinguir los diversos grados de tensión soportada a las sobretensiones en cada una de las partes de la instalación, equipos y receptores. Mediante una adecuada selección de la categoría, se puede lograr la coordinación del aislamiento necesario en el conjunto de la instalación, reduciendo el riesgo de fallo a un nivel aceptable y proporcionando una base para el control de la sobretensión.

Las categorías indican los valores de tensión soportada a la onda de choque de sobretensión que deben de tener los equipos, determinando, a su vez, el valor límite máximo de tensión residual que deben permitir los diferentes dispositivos de protección de cada zona para evitar el posible daño de dichos equipos. La reducción de las sobretensiones de entrada a valores inferiores a los indicados en cada categoría se consigue con una estrategia de protección en cascada que integra tres niveles de protección: basta, media y fina, logrando de esta forma un nivel de tensión residual no peligroso para los equipos y una capacidad de derivación de energía que prolonga la vida y efectividad de los dispositivos de protección.

2.2. Descripción de las categorías de sobretensiones

En la tabla 1 se distinguen 4 categorías diferentes, indicando en cada caso el nivel de tensión soportada a impulsos, en kV, según la tensión nominal de la instalación.

Categoría I

Se aplica a los equipos muy sensibles a las sobretensiones y que están destinados a ser conectados a la instalación eléctrica fija. En este caso, las medidas de protección se toman fuera de los equipos a proteger, ya sea en la instalación fija o entre la instalación fija y los equipos, con objeto de limitar las sobretensiones a un nivel específico.

Ejemplo: ordenadores, equipos electrónicos muy sensibles, etc.

Categoría II

Se aplica a los equipos destinados a conectarse a una instalación eléctrica fija.

Ejemplo: electrodomésticos, herramientas portátiles y otros equipos similares.

Categoría III
Se aplica a los equipos y materiales que forman parte de la instalación eléctrica fija y a otros equipos para los cuales se requiere un alto nivel de fiabilidad.
Ejemplo: armarios de distribución, embarrados, aparamenta (interruptores, seccionadores, tomas de corriente...), canalizaciones y sus accesorios (cables, caja de derivación..), motores con conexión eléctrica fija (ascensores, máquinas industriales...), etc.

Categoría IV
Se aplica a los equipos y materiales que se conectan en el origen o muy próximos al origen de la instalación, aguas arriba del cuadro de distribución.
Ejemplo: contadores de energía, aparatos de telemedida, equipos principales de protección contra sobreintensidades, etc.

3. MEDIDAS PARA EL CONTROL DE LAS SOBRETENSIONES

Es preciso distinguir dos tipos de sobretensiones:
– Las producidas como consecuencia de la descarga directa del rayo. Esta instrucción no trata este caso.
– Las debidas a la influencia de la descarga lejana del rayo, conmutaciones de la red, defectos de red, efectos inductivos, capacitativos, etc.

Se pueden presentar dos situaciones diferentes:
– Situación natural: cuando es preciso la protección contra las sobretensiones transitorias.
– Situación controlada: cuando es preciso la protección contra sobretensiones transitorias.

3.1. Situación natural

Cuando se prevé un bajo riesgo de sobretensiones en una instalación (debido a que está alimentada por una red subterránea en su totalidad), se considera suficiente la resistencia a las sobretensiones de los equipos se indica en la Tabla 1 y no se requiere ninguna protección suplementaria contra las sobretensiones transitorias.
Una línea aérea constituida por conductores aislados con pantalla metálica unida a tierra en sus dos extremos, se considera equivalente a una línea subterránea.

3.2. Situación controlada

Cuando una instalación se alimenta por, o incluye, una línea aérea con conductores desnudos o aislados, se considera necesaria una protección contra sobretensiones de origen atmosférico en el origen de la instalación.
El nivel de sobretensiones puede controlarse mediante dispositivos de protección contra las sobretensiones colocados en las líneas aéreas (siempre que estén suficientemente próximos al origen de la instalación) o en la instalación eléctrica del edificio.
También se considera situación controlada aquella situación natural en que es conveniente incluir dispositivos de protección para una mayor seguridad (por ejemplo, con-

tinuidad de servicio, valor económico de los equipos, pérdidas irreparables, etc.).
Los dispositivos de protección contra sobretensiones de origen atmosférico deben seleccionarse de forma que su nivel de protección sea inferior a la tensión soportada a impulso de la categoría de los equipos y materiales que se vayan a instalar.
En redes TT o IT, los descargadores se conectarán entre cada uno de los conductores, incluyendo el neutro o compensador y la tierra de la instalación. En redes TN-S, los descargadores se conectarán entre cada uno de los conductores de fase y el conductor de protección. En redes TN-C, los descargadores se conectarán entre cada uno de los conductores de fase y el neutro o compensador. No obstante se permiten otras formas de conexión, siempre que se demuestre su eficacia.

4. SELECCIÓN DE LOS MATERIALES EN LA INSTALACIÓN

Los equipos y materiales deben escogerse de manera que su tensión soportada a impulsos no sea inferior a la tensión soportada prescrita en la tabla 1, según su categoría.
Los equipos y materiales que tengan una tensión soportada a impulsos inferior a la indicada en la Tabla 1, se pueden utilizar no obstante:
– En situación natural.
– En situación controlada, si la protección contra las sobretensiones es adecuada.
– Cuando el riesgo sea aceptable.

Tabla 1

Tensión nominal de la instalación		Tensión soportada a impulsos 1,2 / 50 (kV)			
Sistemas		Categorías			
Trifásicos	Monofásicos	IV	III	II	I
230/400	230	6	4	2,5	1,5
1.000		8	6	4	2,5

INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA ITC-BT-18

10. TOMAS DE TIERRA INDEPENDIENTES

Se considera independiente una toma de tierra respecto a otra, cuando una de las tomas de tierra, no alcance, respecto a un punto de potencial cero, una tensión superior a 50 V cuando por la otra circula la máxima corriente de defecto a tierra prevista.

11. SEPARACIÓN ENTRE LAS TOMAS DE TIERRA DE LAS MASAS DE LAS INSTALACIONES DE UTILIZACIÓN Y DE LAS MASAS DE UN CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Se verificará que las masas puestas a tierra en una instalación de utilización, así como los conductores de protección asociados a estas masas o a los relés de protección de masa, no están unidas a la toma de tierra de las masas de un centro de transformación, para evitar que durante la evacuación de un defecto a tierra en el centro de trans-

formación, las masas de la instalación de utilización puedan quedar sometidas a tensiones de contacto peligrosas. Si no se hace el control de independencia del punto 10, entre la puesta a tierra de las masas de las instalaciones de utilización respecto a la puesta a tierra de protección o masas del centro de transformación, se considera que las puestas a tierra son eléctricamente independientes cuando se cumplen todas y cada una de las condiciones siguientes:

a) No exista canalización metálica conductora (cubierta metálica de cable no aislada especialmente, canalización de agua, gas etc.) que una la zona de tierras del centro de transformación con la zona donde se encuentran los aparatos de utilización.

b) La distancia entre las tomas de tierra del centro de transformación y las tomas de tierra u otros elementos conductores enterrados en los locales de utilización es al menos igual a 15 metros para terrenos cuya resistividad no sea elevada (< 100 ohmios·m). Cuando el terreno sea muy mal conductor, la distancia se calculará, aplicando la fórmula:

$$D = \frac{\rho \cdot Id}{2 \cdot \pi \cdot U}$$

siendo:

D: distancia entre electrodos, en metros

ρ: resistividad media del terreno en ohmios metro

Id: intensidad de defecto a tierra, en amperios, para el lado de alta tensión, que será facilitado por la empresa eléctrica

U: 1.200 V para sistemas de distribución TT, siempre que el tiempo de eliminación del defecto en la instalación de alta tensión sea menor o igual a 5 segundos y 250 V, en caso contrario. Para redes TN, U será inferior a dos veces la tensión de contacto máxima admisible de la instalación definida en el punto 1.1 de la MIE-RAT 13 del Reglamento sobre Condiciones técnicas y Garantía de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.

c) El centro de transformación está situado en un recinto aislado de los locales de utilización o bien, si está contiguo a los locales de utilización o en el interior de los mismos, está establecido de tal manera que sus elementos metálicos no están unidos eléctricamente a los elementos metálicos constructivos de los locales de utilización.

Sólo se podrán unir la puesta a tierra de la instalación de utilización (edificio) y la puesta a tierra de protección (masas) del centro de transformación, si el valor de la resistencia de puesta a tierra única es lo suficientemente baja para que se cumpla que en caso de evacuar el máximo valor previsto de la corriente de defecto a tierra (Id) en el centro de transformación, el valor de la tensión de

defecto (Vd = Id · Rt) sea menor que la tensión de contacto máxima aplicada, definida en el punto 1.1 de la MIE RAT 13 del Reglamento sobre Condiciones técnicas y Garantía de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.

5. MEDIDAS DE PROTECCIÓN CONTRA LAS INFLUENCIAS ELECTROMAGNÉTICAS

ARTÍCULO 5. PERTURBACIONES EN LAS REDES

Las instalaciones de baja tensión que pudieran producir perturbaciones sobre las telecomunicaciones, las redes de distribución de energía o los receptores, deberán estar dotadas de los adecuados dispositivos de protectores, según se establece en las disposiciones vigentes relativas a esta materia.

7. MEDIDAS PARA LA SEGURIDAD EN EL SECCIONAMIENTO Y MANDO

INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS. PRESCRIPCIONES GENERALES ITC-BT-19

2.6. Posibilidad de separación de la alimentación
Se podrán desconectar de la fuente de alimentación de energía, las siguientes instalaciones:

a) Toda instalación cuyo origen esté en una línea general de alimentación.

b) Toda instalación con origen en un cuadro de mando o de distribución.

Los dispositivos admitidos para esta desconexión, que garantizarán la separación omnipolar excepto en el neutro de las redes TN-C, son:
– Los cortacircuitos fusibles
– Los seccionadores
– Los interruptores con separación de contactos mayores de 3 mm o con un nivel de seguridad equivalente.
– Los bornes de conexión, sólo en caso de derivación de un circuito.

Los dispositivos de desconexión se situarán y actuarán en un mismo punto de la instalación, y cuando esta condición resulte de difícil cumplimiento, se colocarán instrucciones o avisos aclaratorios. Los dispositivos deberán ser accesibles y estarán dispuestos de forma que permitan la fácil identificación de la parte de la instalación que separan.

2.7. Posibilidad de conectar y desconectar en carga

Se instalarán dispositivos apropiados que permitan conectar y desconectar en carga en una sola maniobra, en:

a) Toda instalación interior o receptora en su origen, circuitos principales y cuadros secundarios. Podrán exceptuarse de esta prescripción los circuitos destinados a relojes, a rectificadores para instalaciones telefónicas cuya potencia nominal no exceda de 500 VA y los circuitos de mando o control, siempre que su desconexión impida cumplir alguna función importante para la seguridad de la instalación. Estos circuitos podrán desconectarse mediante dispositivos independientes del general de la instalación.

b) Cualquier receptor.

c) Todo circuito auxiliar para mando o control, excepto los destinados a la tarificación de la energía.

d) Toda instalación de aparatos de elevación o transporte, en su conjunto.

e) Todo circuito de alimentación en baja tensión destinado a una instalación de tubos luminosos de descarga en alta tensión.

f) Toda instalación de locales que presenten riesgo de incendio o de explosión.

g) Las instalaciones a la intemperie.

h) Los circuitos con origen en cuadros de distribución.

i) Las instalaciones de acumuladores.

j) Los circuitos de salida de generadores.

Los dispositivos admitidos para la conexión y desconexión en carga son:
– Los interruptores manuales.
– Los cortacircuitos fusibles de accionamiento manual, o cualquier otro sistema aislado que permita estas maniobras siempre que tenga poder de corte y de cierre adecuado e independiente del operador.
– Las clavijas de las tomas de corriente de intensidad nominal no superior a 16 A.

Deberán ser de corte omnipolar los dispositivos siguientes:
– Los situados en el cuadro general y secundarios de toda instalación interior o receptora.
– Los destinados a circuitos excepto en sistemas de distribución TN-C, en los que el corte del conductor neutro está prohibido y excepto en los TN-S en los que se pueda asegurar que el conductor neutro está al potencial de tierra.

– Los destinados a receptores cuya potencia sea superior a 1.000 W, salvo que prescripciones particulares admitan corte no omnipolar.
– Los situados en circuitos que alimenten a lámparas de descarga o autotransformadores.
– Los situados en circuitos que alimenten a instalaciones de tubos de descarga en alta tensión.

En los demás casos, los dispositivos podrán no ser corte omnipolar.

El conductor neutro o compensador no podrá ser interrumpido salvo cuando el corte se establezca por interruptores omnipolares.

Capítulo H2
La aparamenta de protección

Metodología del capítulo H2

La normativa internacional distingue entre las prescripciones de las instalaciones y las prescripciones de los materiales, de ello realiza su filosofía de normalización y certificación.

Al determinar las protecciones de los circuitos eléctricos, desarrollan toda una serie de normativas como la CEI 60364 y en España sus homólogas las UNE 60430, que especifican las prescripciones de las instalaciones y por tanto las correspondientes a las protecciones de los circuitos.
En esta normativa también definen el nivel en la elección de los materiales, pero no intervienen en la normativa propia de los materiales.

Hemos considerado conveniente seguir esta filosofía y determinar las condiciones de las protecciones de los circuitos eléctricos y las operaciones de dimensionado de los circuitos en el capítulo H1 de este volumen y las correspondientes al dimensionado de los materiales en este capítulo H2

No obstante no todos los conceptos de protección han podido tener el mismo tratamiento de exposición. Ya hemos comentado que las protecciones contra los choques eléctricos hemos considerado unificarlas en un solo capítulo, el G, el primero de este volumen.

También encontraremos que las protecciones a los efectos térmicos las expondremos en el capítulo H1, apartado 2 “Las medidas de protección contra los efectos térmicos”, pág. H1/27, de una forma genérica, pero en el transcurso de la obra al tratar cada tema expondremos las pertinentes previsiones a tomar a los efectos térmicos; por ejemplo: al determinar las intensidades capaces de transportar los conductores, deberemos tener en consideración las condiciones ambientales y las de instalación y aplicar los coeficientes correspondientes a las interferencias térmicas, y éstas estarán en el capítulo correspondiente a las canalizaciones.
Los materiales correspondientes en exclusividad para tratar los efectos térmicos los hemos incluido en el capítulo H1, debido a su tratamiento

En estas mismas condiciones también se encuentran las medidas de protección contra las influencias electromagnéticas (IEM).

Un tema especial son las medidas de protección a los efectos de las bajadas de tensión.
Es un tema complejo y no dispone de una solución única, normalmente son medidas que están ubicadas en soluciones múltiples; por ejemplo:
- Las bobinas de detección de mínima tensión incorporadas a los interruptores automáticos.
- Las medidas de control de la calidad de la energía eléctrica.
- Las unidades de suministro de la alimentación ininterrumpida (SAI).
- Los cálculos de la determinación de las bajadas de tensión en los arranques.

Todas ellas las trataremos en sus capítulos correspondientes sin tener un capítulo con dimensión propia y de una forma especial en la especificación de las funciones de los relés electrónicos asociados a los interruptores automáticos.

Indice

La aparamenta de protección

Los materiales para los circuitos y su dimensionado

1. Los materiales para las medidas de protección contra los choques eléctricos

2. Los materiales para las medidas de protección contra los efectos térmicos

3. La aparamenta de protección contra las sobreintensidades

3.1. Las exigencias de la distribución eléctrica H2/41
Los distintos niveles de una instalación eléctrica de BT..... H2/41
Nivel A H2/41
Nivel B H2/41
Nivel C H2/41
Seguridad y disponibilidad de la energía H2/42
Funcionalidad y tecnología de los interruptores automáticos .. H2/42
Las funciones de los interruptores automáticos H2/42
Nivel A: el CGBT H2/42
Nivel B: los cuadros secundarios H2/43
Nivel C: la distribución terminal H2/44
La norma UNE 60947-2 ..... H2/45
Los principios H2/45
Categoría de los interruptores H2/46
Recordatorio de las características eléctricas H2/46
Coordinación entre interruptores H2/48
La filiación, “efecto cascada” o protección de acompañamiento H2/48
La selectividad H2/48
La limitación H2/50
Principios H2/50
Poder de limitación de un interruptor H2/51
Ventajas H2/51
Curvas de limitación H2/52
La filiación H2/53
Area de aplicación H2/53
Principios H2/54
Ventajas H2/54
La selectividad H2/54
Generalidades H2/55
Glosario H2/55
Técnicas de selectividad H2/56
Selectividad amperimétrica H2/56
Selectividad cronométrica H2/56
Mejora de la selectividad amperimétrica y cronométrica H2/57
Selectividad lógica o “Zona selectiva lógica (ZSI)” H2/58
Las reglas de selectividad H2/59
Protección contra las sobrecargas H2/59
Protección contra los cortocircuitos H2/59

La selectividad de las protecciones diferenciales H2/60
Coordinación de las protecciones y normas de instalación H2/60
Normas de producto UNE 60947-2 ..... H2/60
Normas de instalación H2/61
Tecnología de los polos H2/62
Para los interruptores de potencia H2/62
La tecnología del polo selectivo H2/62
La tecnología del polo limitador H2/62
Las innovaciones técnicas de los nuevos Masterpact para unas mejores prestaciones H2/62
Masterpact NT y NW, N1 y H1 ..... H2/62
Masterpact NW H2 ..... H2/63
Masterpact NW H3 ..... H2/63
Masterpact NW y NT L1 ..... H2/64
Masterpact NT L1 ..... H2/65
Para los Interruptores Automáticos de Caja Moldeada (IACM) H2/66
Bloques de relés H2/67
Para los interruptores miniatura DMI H2/67
Las reglas de selectividad de 1 a 6300 A H2/68
Reglas generales de selectividad (en distribución) H2/68
Protección contra las sobrecargas H2/68
Protección contra los cortocircuitos H2/68
Reglas de selectividad para Masterpact NT y NW H2/69
Masterpact NT y NW de tipo H1 y N1 ..... H2/69
Masterpact NW tipo H2 y H3 ..... H2/69
Reglas de selectividad “natural” entre Compact NS H2/69
Selectividad entre interruptores automáticos de distribución H2/69
Protección contra las sobrecargas: selectividad amperimétrica H2/69
Protección contra los cortocircuitos de valor débil H2/70
Protección contra los cortocircuitos elevados: selectividad energética H2/70
Principio H2/70
Selectividad reforzada por filiación con los Compact NS H2/71
Ventaja de la selectividad total en estándar con Compact NS H2/72
Aplicaciones particulares H2/72
Comparación con los fusibles H2/72
Selectividad entre un interruptor automático de distribución y uno de protección H2/72
Síntesis H2/73
Tablas de selectividad H2/73
Condiciones de utilización H2/73
Lectura de las tablas H2/74
Tablas de selectividad reforzada por filiación con Compact NS H2/74
Tablas de filiación H2/74
Caso de varios transformadores en paralelo H2/74
Estudio de la selectividad AT/BT de 1 a 6300 A H2/74
Al nivel del CGBT H2/74
Selectividad con la parte de AT H2/75
Selectividad con la parte de BT aguas abajo H2/75
Filiación H2/75

Al nivel del cuadro de distribución de potencia H2/77
Al nivel del cuadro secundario H2/77
Interruptor automático de protección motor H2/77
Al nivel del cuadro de distribución terminal H2/78

3.2. La aparamenta de protección contra las sobreintensidades H2/78
Los fusibles H2/78
Generalidades H2/78
Características de los fusibles cilíndricos H2/79
Características de los fusibles NH H2/79
Zonas de fusión-corrientes convencionales H2/79
Fusibles clase gl H2/79
Características de los fusibles Diazed y Neozed H2/80
Características fusión fusibles H2/81
Fusibles clase aM H2/81
Poder de corte H2/81
Los aparatos combinados H2/82
Interruptor fusible H2/82
Seccionador fusible + discontactor e interruptor fusible + discontactor H2/82
Contactor interruptor automático. Discontactor interruptor automático H2/83
Elección de la aparamenta H2/83
Elección del tipo de aparato H2/83
Interruptores seccionadores y pequeños portafusibles modulares H2/84
Seccionadores con fusibles incorporados H2/85
Interruptores seccionadores con fusibles de 32 a 1250 A H2/86
Gama de interruptores automáticos de carril DIN H2/86
Interruptor de control de potencia C60N ICP-M H2/86
Principales aplicaciones H2/86
Descripción H2/86
Características H2/87
Interruptor automático fase + neutro 18 mm DPN H2/87
Principales aplicaciones H2/88
Descripción H2/88
Accesorios H2/88
Interruptor automático fase + neutro 18 mm DPN N H2/88
Principales aplicaciones H2/88
Descripción H2/88
Accesorios H2/89
Interruptor automático K60N H2/89
Principales aplicaciones H2/89
Descripción H2/89
Interruptor automático C60N H2/89
Principales aplicaciones H2/89
Descripción H2/89
Interruptor automático C60H H2/90
Principales aplicaciones H2/90
Descripción H2/90
Interruptor automático C60L H2/90
Principales aplicaciones H2/91
Descripción H2/91
Interruptor automático C60LMA H2/91
Principales aplicaciones H2/91

Descripción H2/91
Interruptor automático C32H-DC H2/92
Principales aplicaciones H2/92
Descripción H2/92
Sistema **Clario** H2/92
Interruptor automático C120 ..... H2/95
Principales aplicaciones H2/95
Descripción H2/95
Características eléctricas interruptores automáticos Sistema **Clario** H2/96
Interruptor automático C120N H2/98
Principales aplicaciones H2/98
Descripción H2/98
Interruptor automático NG125N H2/99
Principales aplicaciones H2/99
Descripción H2/99
Características H2/99
Instalación H2/99
Interruptor automático NG125H H2/100
Principales aplicaciones H2/100
Descripción H2/100
Características H2/100
Instalación H2/100
Interruptor automático NG125L H2/101
Principales aplicaciones H2/101
Descripción H2/101
Características H2/101
Características eléctricas H2/102
Instalación H2/104
Interruptor automático NG125LMA H2/104
Principales aplicaciones H2/104
Descripción H2/104
Características H2/104
Instalación H2/104
Gama de interruptores de caja moldeada H2/105
Funciones H2/105
Protección de la distribución BTP H2/105
Protección de las salidas a motor H2/105
Protección de las máquinas herramientas H2/105
Protección diferencial H2/105
Interruptor en carga H2/106
Inversores de redes H2/106
Aplicaciones UL 489 ..... H2/106
Compact NS de 80 a 1600 A H2/107
5 volúmenes de 80 a 3200 A H2/108
Múltiples conexiones H2/108
Instalación extraíble H2/108
Canalizaciones prefabricadas adaptadas H2/108
Las protecciones de los Compact H2/108
Compact NS100 a 630 ..... H2/109
Compact NS630b a 3200 ..... H2/109
Sistema de bloques adaptables para Compact NS H2/110
Una comunicación abierta H2/111
Respeta el medio ambiente H2/112
Conformidad con la normas H2/112

Grado de polución H2/112
Tropicalización H2/113
Medio ambiente H2/113
Temperatura ambiente H2/113
Selectividad de las protecciones H2/113
Seccionamiento con corte plenamente aparente H2/113
Instalación en cuadro clase II H2/114
Grado de protección H2/114
Aparato desnudo con cubrebornes H2/114
Aparato en cuadro eléctrico H2/114
Protección de la distribución H2/115
Distribución de potencia H2/115
Distribución 1000 V H2/116
Distribución terminal H2/117
Características de los interruptores automáticos
Compact H2/118
Características interruptores Compact NS100 ..... H2/118
Compact NSA160 para distribución en posición terminal H2/119
Características interruptores Compact NS100-630 ..... H2/120
Características interruptores Compact NS630b-NS3200 ..... H2/122
Características de los Compact para redes de 1000 V H2/124
Dispositivo diferencial residual Vigi H2/126
Características H2/126
Auxiliares y accesorios H2/126
Compact CM de 1250 a 3200 A H2/127
Funciones y características H2/127
Una referencia internacional H2/127
Interruptor automático Compact CM H2/127
Designación de aparatos H2/127
Concepción modular H2/127
Composición del Compact CM H2/127
Bobinas de disparo H2/128
Gama Compact CM H2/128
Prestaciones H2/129
Poder de corte H2/129
Selectividad H2/129
Protección y mando de circuitos H2/129
Protección selectiva de circuitos H2/129
Otras funciones H2/129
Bloques de relés H2/129
Conformidad con las normas H2/129
CEI 60947-2 ..... H2/130
Tropicalización H2/130
Seguridad máxima H2/130
Seccionamiento de corte plenamente aparante H2/131
Instalación H2/131
Grado de protección H2/131
Gama de interruptores de ruptura al aire “Masterpact” H2/131
Características interruptores automáticos Compact CM H2/132
Las nuevas gamas Masterpact H2/134
Masterpact NT H2/134
Masterpact NW H2/134
Masterpact NT y NW proponen 5 niveles de prestaciones H2/135
Ambito de aplicación H2/135

Aplicaciones particulares H2/135
Más inteligencia... ..... H2/135
Más seguridad con... ..... H2/136
El corte filtrado H2/136
El mecanismo de desembrague H2/136
Más sencillez... ..... H2/136
Anticipación al futuro H2/136
El respeto a la conservación del medio ambiente H2/136
La integración en una red de comunicación H2/136
La modernización y la evolución de las instalaciones H2/137
Interruptores automáticos e interruptores en carga H2/137
Unidades de control Micrologic H2/137
Comunicación H2/138
Conexionados H2/138
Enclavamientos H2/138
Contactos de señalización H2/138
Contactos programables H2/138
Mando eléctrico H2/138
Accesorios H2/139

3.3. La regulación de los interruptores automáticos magnetotérmicos o electrónicos H2/139
La gama de relés para los interruptores automáticos de la línea multi 9 ..... H2/139
Curva B H2/139
Características comunes de los interruptores Masterpact TN H2/140
Curva C H2/144
Curva D H2/144
Curva MA H2/144
Curva Z H2/144
Curvas de disparo ICP-M, DPN/DPN N/DPNa Vigi/DPN N Vigi “si” H2/145
Curva de disparo ICP-M H2/145
Curvas de disparo DPN, DPN N, DPNa Vigi y DPN N Vigi “si” H2/145
Curvas de disparo C32H-DC, K60, C60, C120 y NG125 .. H2/146
Características de desconexión de los guardamotores P25 M H2/148
Relés de control de las sobreintensidades para la gama Compact H2/149
Los relés para la serie Compact NS H2/149
Bloques de relés magnetotérmicos TM H2/149
Protecciones H2/150
Unidades de control electrónicas STR22 ..... H2/150
Protecciones H2/150
Señalización H2/150
Test H2/150
Ejemplo de regulación H2/151
Bloques de relés MP y STR para Compact NS400 a 630 ..... H2/151
Bloques de relés electrónicos STR23SE (U ⩽ 525 V) y STR23SV (U > 525 V) H2/152
Protecciones H2/152
Señalización H2/153
Test H2/153

Unidades de control electrónicas STR53UE (U ⩽ 525 V)
y STR53SV (U > 525 V) H2/153
Protecciones H2/153
Testigo luminoso de sobrecargas (%I_r) H2/154
Señalización luminosa del tipo de defecto H2/154
Test H2/154
Autovigilancia H2/154
Opciones H2/154
Ejemplo de regulación H2/154
Respuesta H2/154
Protección “defecto a tierra” T H2/154
Opciones de la unidad de control electrónica STR53UE H2/155
Protección “defecto a tierra” T H2/155
Amperímetro I H2/155
Selectividad lógica ZSI H2/156
Salidas optoelectrónicas H2/156
Comunicación COM H2/156
Bloque de relés para corriente continua MP H2/156
Unidades de control Micrologic H2/157
Regulación de las protecciones H2/157
Protecciones Micrologic 2.0 y 5.0 ..... H2/158
Regulación de las protecciones H2/158
Medidas amperímetro H2/159
Opción de comunicación H2/159
Accesorios de las unidades de control Micrologic H2/161
Captadores exteriores H2/161
Módulo de alimentación externa H2/162
Piezas de recambio de las unidades de control
Micrologic H2/162
Características de desconexión de los relés para la
gama Compact H2/163
Compact NS80H-MA H2/163
Compact NSA160 TM16D / TM25D / TM32 / TM40D H2/163
Compact NSA160 TM50D / TM63D / TM80D H2/163
Compact NSA160 TM100D H2/163
Compact NSATM125D / TM160D H2/163
Compact NS100 A 250 TM16D / TM16G H2/163
Compact NS100 A 250 TM25D / TM25G H2/164
Compact NS100 A 250 TM32D-TM40D / TM40G H2/164
Compact NS100 A 250 TM50D-TM63D / TM63G H2/164
Compact NS100 A 250 TM80D / TM100D H2/164
Compact NS100 A 250 TM125D / TM160D H2/164
Compact NS100 A 250 TM200D / TM250D H2/164
STR22SE - 40…100 A H2/165
STR22SE - 160…250 A H2/165
STR22GE - 40…100 A H2/165
STR22GE - 160…250 A H2/165
MA2,5.... MA100 ..... H2/165
MA150 y MA220 ..... H2/165
STR22ME - 10…220 A H2/166
STR22SE / STR23SV H2/166
STR22UE / STR53SV H2/166
STR53UE protección “defecto a tierra” H2/166
MA320...MA500 ..... H2/166
STR43ME protección - 120 a 500 A - clase 10 A H2/166

STR43ME - 120 a 500 A - clase 10 ..... H2/167
STR43ME - 120 a 500 A - clase 20 ..... H2/167
Micrologic 2.0 ..... H2/167
Micrologic 5.0, 6.0, 7.0 - Micrologic 5.0 A, 6.0 A, 7.0 A H2/167
Protección de tierra (Micrologic 6.0) H2/167
Curvas de disparo reflejo de los Compact NS H2/168
Bloques de relés para Compact CM1250 a CM3200 ..... H2/168
Intensidad de regulación H2/168
Señalización de defectos y rearme H2/169
Unidades Micrologic utilizadas en los interruptores automáticos Masterpact H2/170
Protecciones en intensidades H2/170
Medidas y otras protecciones H2/172
Denominación de los Micrologic H2/172
Micrologic A “amperímetro” H2/173
Regulación de las protecciones H2/173
Protección contra las sobrecargas H2/173
Protección contra los defectos a tierra H2/173
Protección diferencial residual (Vigi) H2/173
Protección del neutro H2/173
Micrologic 2.0 A H2/174
Micrologic 5.0 / 6.0 / 7.0 A H2/174
Selectividad lógica ZSI H2/175
Medidas amperímetro H2/175
Opción de comunicación H2/175
Unidades Micrologic P “potencia” H2/175
Regulación de las protecciones H2/176
Parametrización de alarmas y otras protecciones H2/176
Conexión-desconexión H2/176
Medidas H2/176
Históricos e indicadores de mantenimiento H2/176
Opción de señalización por contactos programables H2/177
Opción de comunicación H2/177
Diagramas de regulación Micrologic 5.0 / 6.0 / 7.0 P H2/177
Medidas H2/179
Valores instantáneos H2/179
Valores medios (demandados) H2/179
Maxímetros y minímetros H2/180
Históricos H2/180
Indicadores de mantenimiento H2/180
Con la opción de comunicación H2/180
Medidas complementarias, maxímetros y minímetros H2/180
Informe de eventos H2/181
Registro de mantenimiento H2/181
Características técnicas complementarias H2/181
Elección de idioma H2/181
Funciones de protección H2/181
Funciones de medida H2/181
Modo de cálculo de las medidas H2/182
Precisión de las medidas (captadores incluidos) H2/182
Memorización H2/182
Fechado H2/182
Puesta a cero H2/182
Unidad Micrologic H “armónicos” H2/182
Medidas H2/182

Valores instantáneos visualizados por pantalla H2/183
Valores medios (demandados) H2/183
Maxímetros H2/183
Históricos e indicadores de mantenimiento H2/183
Con la opción de comunicación H2/184
Medidas complementarias, maxímetros y minímetros H2/184
Captura de ondas H2/184
Programación de alarmas personalizables H2/184
Informe de eventos y registro de mantenimiento H2/184
Características técnicas complementarias H2/185
Elección de idioma H2/185
Funciones de protección H2/185
Funciones de medida H2/185
Modo de cálculo de las medidas H2/185
Precisión de las medidas (captadores incluidos) H2/185
Memorización H2/185
Puesta a cero H2/185
Accesorios H2/185
Captadores exteriores H2/185
Transformadores de intensidad para protección del neutro H2/185
Transformador sumador para protección diferencial H2/186
Transformador de intensidad para la protección de tierra (SGR) H2/186
Tomas de tensión H2/186
Calibrador largo retardo H2/186
Márgenes de regulación H2/186
Módulo de alimentación externa H2/186
Características H2/187
Módulo batería H2/187
Características H2/187
Piezas de recambio H2/187
Tapa de precinto H2/187
Pila de recambio H2/187
Contactos programables M2C, M6C H2/187
Características H2/187
Equipos para el control del consumo H2/188
Equipo de test H2/188
Caja de test H2/188
Maleta de test H2/188
La comunicación H2/188
La opción de comunicación COM H2/188
Módulo de comunicación “aparato” H2/189
Módulo de comunicación “chasis” H2/189
Bobinas de disparo XM y XF comunicantes H2/189
La comunicación Masterpact H2/189

3.4. Complementación tecnológica para la utilización de la gama de interruptores automáticos Schneider Electric H2/191
Curvas de limitación de los Compact NS H2/191
Longevidad de las instalaciones eléctricas H2/191
Efectos térmicos H2/191
Efectos mecánicos H2/191
Efectos electromagnéticos H2/192
Economía gracias a la filiación H2/192

Curvas de limitación H2/192
Ejemplo H2/192
Solicitaciones admisibles por los cables H2/192
Ejemplo H2/192
Complementos técnicos: tablas de selectividad y filiación H2/195
Filiación H2/195
¿Qué es la filiación? H2/195
Utilización habitual de la filiación H2/195
Asociación entre interruptores automáticos H2/195
Red 220/240 V aguas abajo de red 380/415 V H2/196
Filiación y selectividad de las protecciones H2/196
Ahorro por uso de la filiación H2/196
Filiación a tres niveles H2/196
Tablas de filiación H2/197
Filiación en el caso de varios transformadores en paralelo H2/198
Características de los transformadores de MT/BT H2/199
Selectividad de las protecciones H2/200
¿Qué es la selectividad? H2/200
Selectividad total H2/200
Selectividad parcial H2/200
Sin selectividad H2/200
Selectividad natural con los interruptores automáticos Compact NS H2/200
Selectividad total en estándar con los nuevos interruptores automáticos Masterpact NT/NW H2/201
Condiciones de utilización de las tablas de selectividad H2/201
Entre dos interruptores automáticos de distribución H2/201
Entre un interruptor automático y un conjunto de protección y mando de motor H2/202
Simbología H2/202
Tablas de selectividad de la guía de distribución eléctrica de BT H2/204
Selectividad reforzada por filiación H2/205
Ejemplo H2/206
Selectividad reforzada - 380/415 V H2/206
Principio de funcionamiento H2/206
Selectividad reforzada por filiación H2/207

3.5. Elección de los interruptores automáticos H2/207
Estudio de una instalación H2/207
Ejemplo H2/208
1. Situación geográfica de las cargas H2/208
2. Identificación de las zonas según la influencia que ejercen en la instalación H2/208
3. Determinación de las líneas y las conducciones físicamente H2/209
4. Determinación del régimen de neutro o regímenes de neutro H2/210
5. Determinación de las intensidades a circular por las líneas H2/210
6. Determinación de los calibres I_n de los relés de los interruptores automáticos H2/210
7. Determinación de la sección de los conductores H2/210
8. Determinación de las caídas de tensión, en régimen normal y transitorio H2/210

Determinación de las caídas de tensión en el arranque H2/211
9. Determinación de las corrientes de cortocircuito H2/212
10. Determinación de los dispositivos de protección H2/212
11. Determinación de la selectividad de las protecciones H2/212
12. Aplicación de las técnicas de filiación H2/213
13. Optimización de la coordinación de las protecciones .. H2/215
Cómo elegir los interruptores de la gama de Schneider Electric H2/216

3.6. Interruptores automáticos para aplicaciones específicas H2/217
Interruptores automáticos para circuitos alimentados a 400 Hz H2/217
Interruptores automáticos y diferenciales multi 9 ..... H2/217
Interruptores automáticos Compact H2/220
Poder de corte de los interruptores automáticos Compact para ser utilizados en redes de 400 Hz H2/221
Elección del interruptor automático para una red de corriente continua H2/222
Criterios de elección H2/222
Intensidad de cortocircuito en los bornes de una batería de acumuladores H2/222
Ejemplo H2/222
Respuesta H2/223
Ejemplos H2/224
Interruptores automáticos para aplicaciones de marina mercante y *offshore* H2/225
Interruptores C60 y NC100 para aplicaciones en marina mercante y *offshore* H2/225
Homologaciones de los productos multi 9 ..... H2/226

3.7. Los interruptores automáticos y las canalizaciones prefabricadas H2/226
La evolutividad de la instalación en el tiempo H2/227
La sencillez del sistema de distribución eléctrica mediante CEP H2/227
La seguridad H2/227
Sistema de distribución eléctrica mediante CEP H2/227
En grandes edificios > a 5000 m^2 ..... H2/227
En medianos y pequeños edificios < a 5000 m^2 ..... H2/229
Funciones H2/229
CEP en el transporte y la distribución de baja densidad y derivación H2/229
CEP en la distribución de alta densidad de derivación .. H2/229
Cuadro final H2/230
Nivel A: el transporte y la distribución de baja densidad de derivación H2/230
Nivel B: la distribución de alta densidad de derivación H2/230
Nivel C: el cuadro final H2/231
Sistema Telemecanique de distribución eléctrica mediante CEP ... H2/232
En grandes edificio > a 5000 m^2 ..... H2/233
En pequeños y medianos edificios < a 5000 m^2 ..... H2/235
Combinación CEP Telemecanique e interruptor automático Merlin Gerin H2/236

Protección de una CEP de transporte o de distribución situada aguas abajo del CGBT H2/236
Protección de una CEP de distribución mediante interruptor automático Compact NS H2/236
Poder de limitación H2/236
Aplicación del poder de limitación a la protección de las CEP H2/237
Exclusividades del sistema Schneider: la coordinación reforzada de la distribución eléctrica mediante CEP H2/238
Aplicación: protección reforzada de la CEP H2/239
Cuadro final H2/240
Ventajas del sistema Schneider H2/241
Protección de la CEP H2/241
Cofre de derivación H2/242
Cuadro final H2/242
Ventajas y exclusividades del sistema Schneider H2/243
Coordinación interruptores automáticos Merlin Guerin/ canalizaciones eléctricas prefabricadas Canalis Telemecanique H2/244
Elección tradicional de un interruptor automático H2/244
¿Qué interruptores automáticos se deben elegir en los puntos D_1 y D_2 para garantizar la protección de la instalación frente a cortocircuitos? H2/245
Coordinación interruptores automáticos Merlin Guerin/ canalizaciones eléctricas prefabricadas Canalis Telemecanique filiación y selectividad reforzada H2/246
Introducción H2/246
La filiación H2/246
La selectividad H2/246
Filiación, selectividad reforzada y protección reforzada de las canalizaciones eléctricas prefabricadas (CEP) .. H2/247

4. Los materiales para las protecciones contra las sobretensiones

4.1. Elección de las protecciones H2/249
Evaluación del riesgo a las sobretensiones de la instalación a proteger H2/249
Principio general H2/249
El diagnóstico de los receptores a proteger H2/249
La sensibilidad del material H2/249
El coste del material H2/249
Indisponibilidad del material y sus consecuencias H2/250
El diagnóstico del lugar H2/250
Atención H2/251
La gama de productos Schneider H2/251
Definiciones H2/252
Características comunes de los PRD H2/253
Limitador de sobretensiones PRC paralelo, PRC serie H2/253
Características comunes del PRC H2/253
Limitador de sobretensiones PRI H2/254
Características comunes del PRI H2/254
Limitadores de sobretensiones transitorias clase I, PRF 1 ..... H2/254
Limitadores de sobretensiones transitorias clase II, PRD H2/254

Protección de cabecera H2/254
Protección de acompañamiento H2/256
Auxiliares para señalización a distancia EM/RM, para los limitadores de sobretensiones transitorias PRD, PRC y PRI H2/256
Elección de limitadores de sobretensiones transitorias H2/256
Complementación de la elección H2/256
Elección del interruptor automático de acompañamiento H2/257
Bobina de desacoplo L40A H2/257
Ejemplo de evaluación de riesgos H2/257
Esquemas de instalación de los limitadores de sobretensiones transitorias y señalización del estado a distancia H2/258
Instalación de limitadores de sobretensiones transitorias PDR65r - PDR30r H2/258
Esquemas de instalación de los limitadores de sobretensiones transitorias PRD65r - PRD30r, y señalización del estado a distancia por medio de un contacto auxiliar del interruptor automático de protección H2/259
Esquemas de instalación de los limitadores de sobretensiones transitorias PRD65r - PRD30r, y señalización separada del estado a distancia, por medio de un contacto auxiliar del interruptor automático de protección H2/259
Ejemplo de una casa de campo H2/260
Emplazamiento H2/260
Los receptores H2/260
Estudio del riesgo de los receptores H2/260
Estudio del riesgo del lugar H2/260
Elección del limitador de sobretensiones transitorias para BT H2/260
Interruptor automático de acompañamiento H2/260
Elección de limitadores de sobretensiones transitorias para la red telefónica e informática H2/260
La instalación H2/260
El cableado ha de respetar las reglas base H2/262
Ejemplo de instalación de limitadores de sobretensiones transitorias en los cuadros H2/262
Ejemplo de un hotel restaurante H2/263
Emplazamiento H2/263
Los receptores H2/263
Estudio del riesgo de los receptores H2/263
Estudio del riesgo del lugar H2/263
Elección del limitador de sobretensiones transitorias para BT H2/263
Interruptor automático de acompañamiento H2/263
Elección de limitadores de sobretensiones transitorias para red telefónica e informática H2/263
La instalación H2/263

4.2. Instalación de protecciones contra las sobretensiones, en los ejemplos arrastrados H2/267
Cálculo de las protecciones contra las sobretensiones, para el grupo de viviendas unifamiliares pareadas H2/267
Suministro H2/267

Derivación y línea repartidora H2/267
Instalación de limitadores de sobretensiones transitorias convencionales contra las descargas atmosféricas . H2/268
Estudio de los limitadores de sobretensiones transitorias para las sobretensiones de la red H2/269
Emplazamiento H2/269
Los receptores H2/269
Estudio del riesgo de los receptores H2/269
Estudio del riesgo del lugar H2/269
Elección de limitadores de sobretensiones transitorias para BT H2/269
Interruptor automático de acompañamiento H2/269
Elección de limitadores de sobretensiones transitorias para red telefónica e informática H2/269
La instalación H2/269
Cálculo de las protecciones contra las sobretensiones para las viviendas unifamiliares de una urbanización rural H2/271
Suministro H2/271
Potencia contratada 5,7 kW H2/271
Tensión de suministro H2/271
El ICPM H2/271
La CGP H2/271
Derivación H2/271
Línea repartidora H2/271
Instalación de limitadores de sobretensiones transitorias convencionales contra las descargas atmosféricas . H2/272
Estudio de los limitadores de sobretensiones transitorias de la red H2/272
Emplazamiento H2/272
Los receptores H2/273
Estudio del riesgo de los receptores H2/273
Estudio del riesgo del lugar H2/273
Elección del limitador de sobretensiones transitorias para BT H2/273
Interruptor automático de acompañamiento H2/273
Elección del limitador de sobretensiones transitorias para red telefónica e informática H2/273
La instalación H2/273
Esquema de instalación H2/274
Cálculo de las protecciones contra las sobretensiones para el alumbrado público de una urbanización H2/275
Suministro H2/275
La CGP H2/275
La CGPM H2/275
Derivación H2/275
Línea repartidora H2/275
Instalación de limitadores de sobretensiones transitorias convencionales contra las descargas atmosféricas ... H2/275
Estudio de los limitadores de sobretensiones transitorias de la red H2/275
Emplazamiento H2/275
Los receptores H2/275
Estudio del riesgo de los receptores H2/275
Estudio del riesgo del lugar H2/275
Elección del limitador de sobretensiones transitorias para la red de BT H2/276

Interruptor automático de acompañamiento H2/276
La instalación H2/276
Esquema de instalación H2/276
Cálculo de las protecciones contra las sobretensiones para un bloque de viviendas y locales comerciales H2/276
Suministro H2/276
Potencia contratada viviendas, 36 unidades a 5,7 kW ... H2/276
Potencia contratada locales comerciales, 2 unidades a 24 kW H2/277
Potencia contratada servicios generales, 25 kW H2/277
Esquema de situación en alzado de las tierras y el limitador de sobretensiones transitorias convencional .. H2/277
Caja general de protección (CGP) H2/277
Derivación H2/277
Línea general de alimentación (LGA) H2/277
Centralización de contadores de doble aislamiento H2/277
Derivación individual H2/277
Estudio de los limitadores de sobretensiones transitorias de la red H2/278
1) Para las viviendas H2/278
Emplazamiento H2/278
Los receptores H2/278
Estudio del riesgo de los receptores H2/279
Estudio del riesgo del lugar H2/279
Elección de limitadores de sobretensiones transitorias para la red de BT H2/279
Interruptor automático de acompañamiento H2/279
2) Para los locales comerciales H2/279
Emplazamiento H2/279
Los receptores H2/279
Estudio del riesgo de los receptores H2/279
Estudio del riesgo del lugar H2/279
Elección del limitador de sobretensiones transitorias para la red de BT H2/280
Interruptor automático de acompañamiento H2/280
3) Para los servicios generales H2/280
Emplazamiento H2/280
Los receptores H2/280
Estudio del riesgo de los receptores H2/280
Estudio del riesgo del lugar H2/280
Elección de limitadores de sobretensiones transitorias para la red de BT H2/280
Interruptor automático de acompañamiento H2/280
La instalación H2/280
Esquema viviendas H2/281
Esquema locales comerciales H2/282
Esquema servicios generales H2/282
Cálculo de las protecciones contra las sobretensiones de un bloque de oficinas y locales comerciales, con tres plantas de sótanos para aparcamientos y servicios generales H2/283
Suministro H2/283
Abonado n.º 1, local comercial H2/284
Abonado n.º 2, de las plantas 2.ª, 3.ª y 4.ª H2/284
Abonado n.º 3, de las plantas 4.ª y 5.ª H2/284
Abonado n.º 4, de la planta 6.ª - 1.ª H2/284

Abonado n.º 5, de la planta 6.ª - 2.ª H2/284
Abonado n.º 6, de la planta 6.ª - 3.ª H2/284
Abonado n.º 7, de la planta 7.ª H2/284
Abonado n.º 8, servicios generales H2/285
Descripción del limitador de sobretensiones transitorias común H2/285
Esquema de situación en planta de las puestas a tierra .. H2/285
Esquema de situación en alzado de las tomas de tierra y el limitador de sobretensiones transitorias convencional H2/286
Estudio de los limitadores de sobretensiones transitorias de la red H2/287
1) Para el local comercial H2/287
Emplazamiento H2/287
Los receptores H2/287
Estudio del riesgo de los receptores H2/287
Estudio del riesgo del lugar H2/287
Elección de limitadores de sobretensiones transitorias para la red de BT H2/287
Interruptor automático de acompañamiento H2/287
Elección de limitadores de sobretensiones transitorias para la red telefónica e informática H2/287
2) Para abonados plantas 1.ª, 2.ª y 3.ª H2/287
Emplazamiento H2/287
Los receptores H2/287
Estudio del riesgo de los receptores H2/288
Estudio del riesgo del lugar H2/288
Elección del limitador de sobretensiones transitorias para la red de BT H2/288
Interruptor automático de acompañamiento H2/288
Elección de limitadores de sobretensiones transitorias para la red telefónica e informática H2/288
Elección de limitadores de sobretensiones transitorias para la red de régimen IT H2/288
Interruptor automático de acompañamiento H2/288
3) Para abonados plantas 4.ª y 5.ª H2/288
Emplazamiento H2/288
Los receptores H2/288
Estudio del riesgo de los receptores H2/289
Estudio del riesgo del lugar H2/289
Elección de limitadores de sobretensiones transitorias para la red de BT H2/289
Interruptor automático de acompañamiento H2/289
Elección de limitadores de sobretensiones transitorias para la red de telefónica e informática H2/289
4) Para abonados planta 6.ª H2/289
Emplazamiento H2/289
Los receptores H2/289
Estudio del riesgo de los receptores H2/289
Estudio del riesgo del lugar H2/289
Elección de limitadores de sobretensiones transitorias para la red de BT H2/290
Interruptor automático de acompañamiento H2/290
Elección de limitadores de sobretensiones transitorias para la red telefónica e informática H2/290

5) Para abonado planta 7.ª H2/290
Emplazamiento H2/290
Los receptores H2/290
Estudio del riesgo de los receptores H2/290
Estudio del riesgo del lugar H2/290
Elección de limitadores de sobretensiones transitorias para la red de BT H2/290
Interruptor automático de acompañamiento H2/290
Elección de limitadores de sobretensiones transitorias para la red telefónica e informática H2/291
6) Para los servicios generales H2/291
Emplazamiento H2/291
Los receptores H2/291
Estudio del riesgo de los receptores H2/291
Estudio del riesgo del lugar H2/291
Elección de limitadores de sobretensiones transitorias para la red de BT H2/291
Interruptor automático de acompañamiento H2/291
Elección de limitadores de sobretensiones transitorias para la red telefónica e informática H2/292
La instalación H2/292
Cálculo de las protecciones contra las sobretensiones de una industria con oficinas H2/301
Suministro H2/301
Caja general de protección (CGP) H2/301
Derivación H2/301
Línea repartidora H2/301
Descripción del limitador de sobretensiones transitorias común H2/301
Esquema de situación en alzado de las tomas de tierra y el limitador de sobretensiones transitorias convencional H2/302
Esquema de situación en planta de las puestas a tierra .. H2/302
Estudio de los limitadores de sobretensiones transitorias descargadores de las sobretensiones de la red H2/303
Emplazamiento H2/303
Los receptores H2/303
Estudio del riesgo de los receptores H2/303
Estudio del riesgo del lugar H2/303
Elección de limitadores de sobretensiones transitorias para la red de BT H2/303
Interruptor automático de acompañamiento H2/303
Elección de limitadores de sobretensiones transitorias para la red telefónica e informática H2/303
La instalación H2/304

5. Los materiales para las medidas de protección contra las influencias electromagnéticas (IEM) en los edificios

Generalidades H2/305

6. Los materiales para las medidas de protección contra las bajadas de tensión

Generalidades H2/307

7. La aparamenta para las medidas de seguridad en el seccionamiento y mando

7.1. Criterios prácticos de elección de los interruptores H2/309
Recordatorio de las normas y características de los interruptores H2/309
Ejemplo H2/309
Criterios de elección de los interruptores H2/309

7.2. Aparamenta para el seccionamiento y mando H2/310
Aparamenta de carril simétrico multi 9 ..... H2/311
Interruptor I 20 A a 125 A H2/311
Principales aplicaciones H2/311
Características I 63 A H2/311
Características I 100 A H2/311
Características del auxiliar NO/OF H2/311
Interruptores-seccionadores I-NA 40 y 63 A H2/312
Principales aplicaciones H2/312
Características I-NA H2/312
Contacto auxiliar OF.S montado H2/312
Conmutadores de aparatos de medida CM/CMB/CMD/CMV/CMA/CME H2/313
Principales aplicaciones H2/313
CMB H2/313
CMD H2/313
CMV H2/313
CMA H2/313
CME H2/313
Características H2/313
Conmutador CM H2/313
Conmutadores rotativos CMB/CMD/CMV/CMA/CME H2/314
Características particulares CME H2/314
Esquemas H2/314
Mando y telemando H2/315
Pulsadores BP H2/315
Características H2/315
Telemandos TM para C60 y para C120 ..... H2/315
Principales aplicaciones H2/315
Características H2/316
Interruptores Mini Vario H2/317
Interruptores Vario H2/318
Interruptores seccionadores Mini Vario y Vario H2/320
Interruptores en carga Compact H2/324
Compact NSA160NA H2/325
Mando de apertura de seguridad H2/325
Bobina de mínima tensión MN H2/325
Retardador para MN (Compact NS80H-MA) H2/325
Bobina a emisión de corriente MX H2/325

Funcionamiento H2/325
Características mecánicas H2/325
Características eléctricas H2/325
Enclavamientos H2/325
Interruptores en carga Compact H2/326
Indicador de presencia de tensión H2/331
Instalación H2/331
Características eléctricas H2/331
Bloque de control de aislamiento H2/331
Instalación H2/331
Características eléctricas H2/331
Interruptores en carga, seccionadores de corte visible Visucompact H2/332
Instalación H2/333
Enclavamientos e interenclavamientos H2/333
Masterpact NT y NW interruptores en carga H2/333
Interpact INS e INV H2/333
Características H2/334
Interpact IN 1000, 1600 y 2500 A H2/334
Seccionamiento con corte plenamente aparente H2/334
Seccionamiento con corte visible H2/335
Interruptor de paro de emergencia o de seguridad H2/335
Montaje sobre carril simétrico o sobre panel H2/336
Accesorios de conexionado H2/336
Bornero de reparto Distribloc H2/336
El espaciador Monobloc H2/336
Contacto auxiliar (idéntica a la del Compact NS) H2/337
Aparato de clase II en frontal H2/338
Tropicalización H2/338
Grado de contaminación H2/338
Temperatura ambiente H2/338
Grado de protección (según norma UNE-EN 60529) H2/339
Conformidad con todas las normas internacionales H2/339
Interruptores-seccionadores Interpact INS H2/340
Un interruptor de carga Interpact para cada aplicación H2/341
Interruptores-seccionadores Interpact INV e IN H2/344

7.3. Enclavamientos H2/348
Enclavamientos para los seccionadores e interruptores automáticos de carril simétrico H2/348
Dispositivo de enclavamiento para candado H2/348
Dispositivo de enclavamiento para los NG H2/348
Enclavamientos para los seccionadores e interruptores automáticos Compact NS H2/348
Enclavamientos para Compact NS100 a NS250 ..... H2/348
Interenclavamientos H2/348
Función seccionable con corte visible H2/349
Enclavamientos para Compact NS400 a NS630 ..... H2/349
Enclavamiento H2/349
Interenclavamiento H2/349
Compact NSB160E H2/350
Accesorios H2/350
Enclavamientos H2/350
Compact NSB630b a NS1600 ..... H2/350
Enclavamientos para aparato con mando manual H2/350

Mandos rotativos para aparato con mando manual H2/350
Enclavamientos y accesorios para aparato con mando eléctrico H2/350
Compact CM de 1250 a 3200 A H2/350
Accesorios de precintado H2/350
Dispositivo de enclavamiento H2/351
Masterpact NT y NW H2/351
Protección de los botones pulsadores H2/351
Enclavamiento del aparato en posición “abierto” H2/351
Compatibilidad de los accesorios H2/352
Enclavamiento en posición “desenchufado” H2/352
Enclavamiento en posición “enchufado”, “desenchufado”, “test” H2/352
Enclavamiento de puerta aparato enchufado H2/353
Enclavamiento de enchufado puerta abierta H2/353
Interenclavamiento BPO - acceso manivela H2/353
Desarme automático a la extracción H2/353
Dispositivo antierror H2/353

7.4. Auxiliares de mando y control H2/353
Aparamenta multi 9 ..... H2/353
Principales aplicaciones H2/353
Descripción H2/354
Disparo a distancia H2/354
Bobina de emisión MX+OF H2/354
Bobina de mínima tensión MN y MNx H2/354
Bobina de mínima tensión retardada MNs H2/354
MSU H2/354
Características H2/354
Señalización a distancia H2/354
Contacto abierto-cerrado OF H2/354
Contacto señalización de defecto SD H2/355
Contacto conmutable OF+SD/OF H2/355
Características H2/355
Intensidad nominal de los contactos auxiliares H2/355
Conexión H2/356
Esquemas de los auxiliares eléctricos para los multi 9 C60 - C120 ..... H2/356
Auxiliares eléctricos para interruptores automáticos NG125 y bloques Vigi NG125 ..... H2/357
De conformidad a las normas H2/357
Funciones H2/357
Descripción H2/357
Bobinas de emisión MX+OF, MXV H2/357
Bobinas de mínima tensión MN H2/358
Bobina de mínima tensión MN S H2/358
Contactos OF+OF, OF+SD, OF+OF/SD, SDV H2/358
Señalización de prealarma H2/358
Utilización con H2/358
Conexión H2/358
Esquemas de control, señalización y mando de los interruptores automáticos de caja moldeada H2/360
Contactos de señalización H2/360
Compact NS80-H-MA y Compact NSA160 ..... H2/360
Compact NSA160 a 250 ..... H2/361

Conexión del cableado de los auxiliares para aparatos extraíbles H2/362
Compact NSA400 a 630 ..... H2/362
Conexión del cableado de los auxiliares para aparatos extraíbles H2/364
Compact NS630b a 1600 aparatos fijos H2/364
Compact NS630b a 1600 aparatos seccionables H2/365
Compact N1600b a 3200 aparatos fijos H2/366
Contactos avanzados al cierre H2/366
Compact NS80-H-MA, NS100 a 630 ..... H2/366
Interruptores automáticos Masterpact NT y NW H2/368
Contactos de señalización H2/368
Contactos de posición “abierto/cerrado” OF del aparato H2/368
Contactos “señal de defecto eléctrico” SDE H2/368
Contactos combinados “enchufado/cerrado” EF H2/369
Contactos “enchufado”, “desenchufado” y “test” de chasis H2/369
Accionadores suplementarios H2/369
Contactos programables M2C, M6C H2/370
Consumo H2/371
Motorreductor MCH H2/372
Bobinas de disparo (XF y MX) H2/373
Contacto “preparado para cerrar” (PF) H2/373
Botón pulsador de cierre eléctrico (BPFE) H2/373
Rearme a distancia después de defecto H2/374
Esquema de un cableado de un mando de apertura de seguridad H2/375
Bobina de disparo (2.ª MX) H2/375
Bobina de mínima tensión (MN) H2/375
Temporizadores para MN H2/376

Tablas

3. La aparamenta de protección contra las sobreintensidades

H2-3-005: principales características (anexo K UNE 60947-2) H2/46
H2-3-008: cálculo de cortocircuitos asimétricos (UNE 60947-2 § 4.3.5.3) H2/48
H2-3-010: materiales adecuados a los niveles de un circuito H2/49
H2-3-013: causas y efectos de la limitación H2/51
H2-3-014: características de coordinación de las protecciones de los motores H2/52
H2-3-038: tabla resumen de las condiciones para la selectividad total H2/73
H2-3-042: tabla de características de los fusibles cilíndricos H2/79
H2-3-043: tabla de características de fusibles NH H2/79
H2-3-044: tabla de características de los fusibes Diazed y Neozed H2/80
H2-3-046: tabla de las corrientes asignadas y corriente convencional de fusión y no fusión H2/81
H2-3-052: tabla resumen de las características de la aparamenta H2/84
H2-3-053: guía de elección de los interruptores seccionadores con fusibles de 32 a 1250 A H2/84

H2-3-054: tabla de características de los seccionadores con fusibles incorporados H2/85
H2-3-055: tabla de características de los interruptores seccionadores con fusibles de 32 a 1250 A H2/87
H2-3-056: Características eléctricas interruptores automáticos sistema **Clario** H2/96
H2-3-057: características eléctricas interruptores automáticos NG125L H2/102
H2-3-058: gama de los interruptores Compact NS H2/107
H2-3-060: interruptores automáticos Compact NS100 ..... H2/118
H2-3-061: interruptores automáticos Compact NS100-NS630 ..... H2/120
H2-3-062: interruptores automáticos Compact NS630b-NS3200 .. H2/122
H2-3-063: interruptores automáticos Compact de 1000 V H2/124
H2-3-064: características de los Compact NSA160 ..... H2/119
H2-3-065: características de los bloques Vigi acoplables a los Compact NSA H2/126
H2-3-066: características de los Compact CM H2/132
H2-3-067: características comunes interruptores Masterpact NT .. H2/140
H2-3-068: calibres interruptores Masterpact NT y NW H2/141
H2-3-069: características comunes interruptores Masterpact NW ... H2/142
H2-3-074: relés magnetotérmicos TM H2/149
H2-3-075: características de los relés electrónicos STR H2/151
H2-3-076: características de los bloques de relés para los Compact NS H2/155
H2-3-077: características de la unidad STR53UE con respecto a los defectos a tierra H2/155
H2-3-078: características de las unidades Micrologic 2.0 y 5.0 ... H2/158
H2-3-079: características de las unidades Micrologic 0.2 - 5.0 - 6.0 - 7.0 A H2/160
H2-3-081: rangos de regulación H2/162
H2-3-084: características de los bloques de relés para Compact CM H2/170
H2-3-085: características relés Micrologic 0.5 - 0.6 -0.7 A H2/174
H2-3-086: características relés Micrologic 0.5 - 0.6 - 0.7 P H2/178
H2-3-088: solicitaciones energéticas admisibles en los conductores H2/192
H2-3-089: resumen de la filiación de la aparamenta Merlin Gerin .. H2/195
H2-3-092: tablas de filiación de la aparamenta Merlin Gerin H2/197
H2-3-093: filiación con dos transformadores en paralelo H2/199
H2-3-094: filiación con tres transformadores en paralelo H2/199
H2-3-095: tabla de características de los transformadores de potencia H2/199
H2-3-100: tabla resumen de las condiciones para la selectividad total H2/202
H2-3-101: selectividad de las protecciones H2/203
H2-3-102: listado de las tablas de selectividad H2/205
H2-3-103: tablas de selectividad reforzadas por filiación H2/207
H2-3-105: tabla de las características de los conductores del esquema del ejemplo H2/209
H2-3-106: determinación de los calibres de los relés de los interruptores automáticos H2/210
H2-3-107: tabla de determinación de la sección de los conductores H2/210
H2-3-108: tabla de las caídas de tensión de los tramos del ejemplo H2/211

H2-3-109: tabla de las caídas de tensión en el arranque de los tramos del ejemplo H2/212
H2-3-110: tabla de los valores de cortocircuito en cada punto ... H2/212
H2-3-115: tabla complementaria al diagrama de la fig. H2-3-114 .. H2/218
H2-3-117: tabla complementaria al diagrama de la fig. H2-3-116 .. H2/218
H2-3-119: tabla complementaria al diagrama de la fig. H2-3-118 .. H2/219
H2-3-122: tabla complementaria a los diagramas de las figs. H2-3-120 y H2-3-121 ..... H2/220
H2-3-123: tabla de los valores del poder de corte de los interruptores automáticos Compact a 400 Hz H2/221
H2-3-124: tabla de los coeficientes K1 y K2 a aplicar a los interruptores automáticos Compact para su utilización a 400 Hz H2/221
H2-3-125: tipo de redes en cc y situaciones de defecto H2/222
H2-3-126: elección de los interruptores automáticos en cc H2/223
H2-3-130: características para la utilización en la marina mercante H2/225
H2-3-136: cuadro resumen de las ventajas de la asociación de las CEP de Telemecanique y los interruptores automáticos Merlin Guerin H2/243
H2-3-137: datos del ejemplo H2/245
H2-3-140: valores tabulados del ejemplo que representa el gráfico adjunto H2/247

4. Los materiales para las protecciones contra las sobretensiones
H2-4-001: tabla de valoración del factor S H2/249
H2-4-002: tabla de los valores del concepto coste económico ... H2/249
H2-4-003: tabla de los valores del concepto de disponibilidad ... H2/250
H2-4-006: parámetros en función de la red de baja tensión H2/251
H2-4-007: parámetros en función de la red de media tensión H2/251
H2-4-008: parámetros en función del entorno H2/251
H2-4-011: características de los descargadores de sobretensiones transitoria H2/255
H2-4-012: características de los cartuchos de recambio para los limitadores de sobretensiones transitorias H2/255
H2-4-013: tabla de elección de los limitadores de sobretensiones transitorias en función del riesgo H2/256
H2-4-014: interruptores automáticos adecuados para proteger los limitadores de sobretensiones transitorias H2/256

7. La aparamenta para las medidas de seguridad en el seccionamiento y mando
H2-7-001: tabla de las categorías de empleo de los interruptores automáticos H2/309
H2-7-005: guía de selección de los interruptores Vario, línea económica H2/317
H2-7-006: guía de selección de los interruptores Vario H2/318
H2-7-007: tabla de características de los interruptores Vario H2/320
H2-7-008: características interruptores en carga Compact H2/324
H2-7-009: características de los interruptores en carga NS100 a 630 A H2/326
H2-7-010: características interruptores Compact NS630bNA a NS1600NA H2/328

H2-7-011: características interruptores Compact NS1600bNA a NS3200NA H2/330
H2-7-012: características de los interruptores en carga seccionadores Compact CM de 1250 a 3200 A H2/332
H2-7-013: características Interpact INS H2/340
H2-7-014: características Interpact INS H2/342
H2-7-015: características Interpact INV e IN H2/344
H2-7-016: compatibilidad de los accesorios en los interruptores Masterpact H2/352
H2-7-017: consumos de las bobinas de los accesorios H2/355
H2-7-018: intensidades de los contactos auxiliares para los Multi 9 C60 - C120 ..... H2/355
H2-7-030: características bobina de disparo (2.ª MX) H2/375
H2-7-031: características bobina de mínima tensión (MN) H2/375
H2-7-032: características temporizadores (MN) H2/376

Figuras esquemas y diagramas

3. La aparamenta de protección contra las sobreintensidades

H2-3-001: esquema simplificado de una instalación tipo que globaliza la mayoría de las instaladas H2/41
H2-3-002: esquema de compensación con la propia corriente H2/43
H2-3-003: ejemplo de sistema de repulsión H2/44
H2-3-004: ejemplo de sistema de apertura de contactos por electroimán H2/44
H2-3-006: características de reglaje de los interruptores automáticos H2/47
H2-3-007: intensidades a cortar y limitación H2/47
H2-3-009: diagrama de filiación y selectividad H2/49
H2-3-011: limitación de la intensidad por velocidad de apertura H2/50
H2-3-012: limitación en intensidad y del esfuerzo térmico H2/51
H2-3-015: alimentación del motor H2/52
H2-3-016: curvas de limitación H2/53
H2-3-017: principios de la filiación H2/53
H2-3-018: la asociación de la filiación H2/54
H2-3-019: principios de la selectividad H2/55
H2-3-020: selectividad amperimétrica H2/56
H2-3-021: selectividad cronométrica H2/56
H2-3-022: mejora de la selectividad amperimétrica y cronométrica H2/57
H2-3-023: selectividad lógica H2/58
H2-3-024: selectividad amperimétrica y cronométrica H2/59
H2-3-025: esquemas de los regímenes de neutro H2/61
H2-3-026: compensación electromagnética H2/62
H2-3-027: selectividad cronométrica limitada H2/63
H2-3-028a: desconexión con ayuda de repulsión H2/64
H2-3-028b: tiempo de intervención e intensidad limitada Masterpact NW y NT L1 ..... H2/65
H2-3-029: circuito magnético de un contacto de un Masterpact NW y NT L1 ..... H2/65
H2-3-030: apertura de un contacto móvil de un Masterpact H2/66
H2-3-031: sistema de cortes de los contactos de los interruptores automáticos de caja moldeada de Merlin Gerin H2/67
H2-3-032: desconexión de los interruptores de carril simétrico H2/68

H2-3-033: reglas de selectividad para Masterpact NT y NW H2/69
H2-3-034: curvas de desconexión de un Compact NS100 y 250 y tipos de selectividad H2/70
H2-3-035: principio de la selectividad reforzada por filiación H2/71
H2-3-036: curvas de selectividad reforzada por filiación H2/71
H2-3-037: selectividad de los interruptores automáticos en protección motor H2/73
H2-3-039: selectividad NW16N1/Solefuse corriente reducida al secundario H2/75
H2-3-040: esquema simplificado de una instalación tipo que engloba la mayoría de los casos encontrados en la práctica H2/76
H2-3-041: símbolo de los fusibles H2/78
H2-3-045: zonas de fusión y de no fusión por fusible gl H2/80
H2-3-047: zonas de fusión normalizadas por los fusibles aM H2/81
H2-3-048: corriente de cortocircuito limitada por un fusible H2/81
H2-3-049: símbolo de un interruptor fusible con relé térmico H2/82
H2-3-050: símbolo de un interruptor fusible H2/82
H2-3-051: símbolo de un seccionador fusible y un discontactor (contactor + relé térmico) H2/83
H2-3-059: PowerLogic y Digipact: gestión de una instalación eléctrica H2/111
H2-3-070: características de desconexión de los ICP-M H2/145
H2-3-071: características de desconexión de los DPN, DPN N, DPNa Vigi y DPN N Vigi “si” H2/145
H2-3-072: características de desconexión de los interruptores automáticos C32H-DC, K60, C60, C120 y NG125 ..... H2/148
H2-3-073: curvas de desconexión de los guardamotores P25 M H2/148
H2-3-080: características de desconexión de las unidades Micrologic 2.0 - 5.0 - 6.0 - 7.0 A H2/161
H2-3-082: características de desconexión de los relés H2/167
H2-3-083: características de la desconexión refleja H2/168
H2-3-087: curva de limitación de los Compact NS H2/191
H2-3-090: selectividad entre redes de diferente tensión H2/196
H2-3-091: selectividad a tres niveles H2/197
H2-3-096: esquema de principios de la selectividad H2/200
H2-3-097: selectividad natural con interruptores automáticos Compact NS H2/201
H2-3-098: selectividad entre interruptores automáticos de distribución H2/201
H2-3-099: selectividad de los interruptores automáticos en protección motor H2/202
H2-3-104: esquema para el ejemplo H2/209
H2-3-111: elección de las protecciones en función de la selectividad H2/213
H2-3-112: elección de las protecciones en función de la selectividad y la filiación H2/214
H2-3-113: elección de las protecciones en función de la selectividad y la filiación H2/215
H2-3-114: diagrama de corrección de la sensibilidad a la intensidad de fuga con respecto a la frecuencia de los interruptores diferenciales ID H2/217
H2-3-116: diagrama de corrección de la sensibilidad a la intensidad de fuga con respecto a la frecuencia de los interruptores diferenciales DPN Vigi, DPN N Vigi “si” H2/218

H2-3-118: diagrama de corrección de la sensibilidad a la intensidad de fuga con respecto a la frecuencia de los bloques diferenciales Vigi 60 ..... H2/218
H2-3-120: diagrama de corrección de la sensibilidad a la intensidad de fuga con respecto a la frecuencia de los bloques diferenciales Vigi NC100 y Vigi NC125 .... H2/219
H2-3-121: diagrama de corrección de la sensibilidad a la intensidad de fuga con respecto a la frecuencia de los bloques diferenciales Vigi NG125 ..... H2/219
H2-3-127: esquema ejemplo 1.º H2/224
H2-3-128: esquema ejemplo 2.º H2/224
H2-3-129: esquema ejemplo 3.º H2/224
H2-3-131: distribución con CEP en grandes edificios > a 5000 m^2 .. H2/228
H2-3-132: distribución con CEP en pequeños y medianos edificios < a 5000 m^2 ..... H2/229
H2-3-133: curvas de comportamiento de un interruptor automático limitador H2/237
H2-3-134: ábacos de comportamiento de un interruptor automático limitador H2/238
H2-3-135: protección reforzada de una CEP KSA16 mediante un interruptor automático NS160N coordinado con un disyuntor NS400N H2/239
H2-3-138: esquema del ejemplo H2/245
H2-3-139: esquema del ejemplo H2/247

4. Los materiales para las protecciones contra las sobretensiones

H2-4-004: mapa de distribución en España de los niveles Ng ... H2/250
H2-4-005: estructura de red de alimentación de BT H2/250
H2-4-009: conexión de un descargador de sobretensiones PRC .. H2/253
H2-4-010: conexión de un descargador de sobretensiones PRI ... H2/254
H2-4-015: ejemplo de protección en vivienda unifamiliar urbana .. H2/257
H2-4-016: ejemplo de protección de una unidad productiva rural H2/257
H2-4-017: señalización del estado del limitador de sobretensiones transitorias a distancia H2/258
H2-4-018: señalización del estado del limitador de sobretensiones transitorias a distancia a través de un contacto auxiliar del interruptor automático H2/259
H2-4-019: señalización doble del estado del limitador de sobretensiones transitorias a distancia a través de un contacto auxiliar del interruptor automático H2/259
H2-4-020: ejemplo de casa de campo H2/260
H2-4-021: esquema de protección de una vivienda H2/261
H2-4-022: ejemplo de instalación de un limitador de sobretensiones transitorias con bucles de masas demasiado grande, no adecuado H2/262
H2-4-023: ejemplo de instalación de un limitador de sobretensiones transitorias con bucles de masas pequeño, adecuado H2/262
H2-4-024: esquema de instalación de un limitador de sobretensiones transitorias en un hotel restaurante H2/264
H2-4-025: instalación del limitador de sobretensiones transitorias (descargador de sobretensiones) de cabecera en la acometida H2/265

H2-4-026: instalación no correcta por no respetar la regla de los 50 cm de conexionado y mantener un bucle radiante, con los cables de puesta a tierra, muy grande H2/266
H2-4-027: instalación correcta por respetar la regla de los 50 cm de conexionado y mantener un bucle radiante, con los cables de puesta a tierra, reducido H2/266
H2-4-028: situación en fachada de la CGPM H2/267
H2-4-029: circuito en bucle de alimentación abonados e instalación de limitadores de sobretensiones transitorias convencional para casas unifamiliares pareadas H2/267
H2-4-030: red de puesta a tierra R_A y limitadores de sobretensiones transitorias de protección de las sobretensiones atmosféricas de una vivienda pareada H2/268
H2-4-031: esquema de protección de una vivienda del grupo de viviendas pareadas H2/270
H2-4-032: alimentación abonados e instalación de limitadores de sobretensiones transitorias convencional para casas unifamiliares rurales H2/271
H2-4-033: red de puesta a tierra R_A y limitador de sobretensiones transitorias de protección de las sobretensiones atmosféricas de una vivienda rural H2/272
H2-4-034: esquema de protección de una vivienda rural H2/274
H2-4-035: esquema de protección de un alumbrado de una urbanización rural H2/276
H2-4-036: situación en planta de las puestas a tierra H2/277
H2-4-037: situación en alzado de las puestas a tierra H2/278
H2-4-038: esquema de protecciones diferenciales y contra las sobretensiones de una vivienda en un bloque de pisos . H2/281
H2-4-039: esquema de protecciones diferenciales y contra las sobrecargas de un local comercial H2/282
H2-4-040: esquema de protecciones diferenciales y contra las sobretensiones de los servicios generales H2/283
H2-4-041: situación en planta de las puestas a tierra H2/285
H2-4-042: vista vertical de las tomas de tierra del edificio y del limitador de sobretensiones transitorias convencional .. H2/286
H2-4-043: esquema de protecciones contra los choques eléctricos y las sobretensiones, local comercial H2/292
H2-4-044: esquema de protecciones contra los choques eléctricos y las sobretensiones, abonado plantas 4.ª y 5.ª H2/293
H2-4-045: esquema de protecciones contra los choques eléctricos y sobretensiones, abonado planta 6.ª, 1.ª ... H2/294
H2-4-046: esquema de protecciones contra los choques eléctricos y sobretensiones, abonado planta 6.ª, 2.ª ... H2/295
H2-4-047: esquema de protecciones contra los choques eléctricos y sobretensiones, abonado planta 6.ª, 3.ª ... H2/296
H2-4-048: esquema de protecciones contra los choques eléctricos y sobretensiones, abonado planta 7.ª H2/297
H2-4-049: esquema de protecciones contra los choques eléctricos, abonado plantas 1.ª, 2.ª y 3.ª H2/298
H2-4-050: esquema de protecciones contra los choques eléctricos y sobretensiones, servicios generales H2/300

H2-4-051: vista vertical de la toma de tierra y de la jaula de Faraday del limitador de sobretensiones transitorias convencional H2/302
H2-4-052: situación en planta de la toma de tierra del edificio y del limitador de sobretensiones transitorias común .. H2/302
H2-4-053: esquema protecciones contra los choques eléctricos y sobretensiones de una industria H2/304

7. La aparamenta para las medidas de seguridad en el seccionamiento y mando
H2-7-002: diagrama de los materiales y su aplicación H2/310
H2-7-003: esquemas de los conmutadores de mando H2/315
H2-7-004: esquemas de los telemandos TM H2/317
H2-7-019: esquemas de los auxiliares eléctricos para los multi 9 C60 - C120 ..... H2/357
H2-7-020: esquemas de los auxiliares eléctricos para los NG125 y Vigi NG125 ..... H2/359
H2-7-021: esquemas contactos de señalización NS80-H-MA y NSA160 ..... H2/360
H2-7-022: esquemas conexión bobinas MX y MN H2/360
H2-7-023: esquemas mandos manuales y mandos eléctricos para Compact NSA160 a 250 ..... H2/361
H2-7-024: esquemas mandos manuales y mandos eléctricos para Compact NSA400 a 630 ..... H2/363
H2-7-025: esquemas para los Compact representando circuitos “sin tensión”, todos los aparatos “abiertos” y los relés en posición de “reposo” H2/366
H2-7-026: esquemas para los Compact representando circuitos con contactos adelantados al cierre H2/367
H2-7-027: esquema de cableado de un mando eléctrico “contactos auxiliares” H2/371
H2-7-028: esquema de cableado de un mando eléctrico “bus” .. H2/372
H2-7-029: esquema de apertura de un mando de seguridad H2/375

Reglamento electrotécnico para BT e Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC-BT)

Instalaciones de alumbrado exterior ITC-BT-09
4 Cuadros de protección, medida y control H2/377
8. Equipos eléctricos de los puntos de luz H2/377
9. Protección contra contactos directos e indirectos H2/377

Instalaciones de enlace. Contadores: ubicación y sistemas de instalación ITC-BT-16
3. Concentración de contadores H2/378

Instalaciones de enlace. Dispositivos generales e individuales de mando y protección. Interruptor de control de potencia ITC-BT-17
1. Dispositivos generales e individuales de mando y protección. Interruptor de control de potencia H2/378
1.1. Situación H2/378
1.2. Composición y características de los cuadros H2/379
1.3. Características principales de los dispositivos de protección H2/380

Instalaciones interiores o receptoras. Prescripciones generales ITC-BT-19
2.4. Subdivisión de las instalaciones ... H2/380
2.5. Equilibrado de cargas ... H2/381
2.6. Posibilidad de separación de la alimentación ... H2/381
2.7. Posibilidad de conectar y desconectar en carga ... H2/381
2.8. Medidas de protección contra contactos directos o indirectos ... H2/382

Instalaciones interiores en viviendas. Prescripciones generales de instalación ITC-BT-26
1. Ámbito de aplicación ... H2/383
5. Cuadro general de distribución ... H2/383
7.2. Condiciones generales ... H2/383

Instalaciones en locales de pública concurrencia ITC-BT-28
4. Prescripciones de carácter general ... H2/384
5. Prescripciones complementarias para locales de espectáculos y actividades recreativas ... H2/386
6. Prescripciones complementarias para locales de reunión y trabajo ... H2/387

Instalaciones en locales de características especiales ITC-BT-30
1. Instalaciones en locales húmedos ... H2/387
1.2. Aparamenta ... H2/387
2. Instalaciones en locales mojados ... H2/388
2.2. Aparamenta ... H2/388
2.3. Dispositivos de protección ... H2/388
3. Instalaciones en locales con riesgo de corrosión ... H2/388
4. Instalaciones en locales polvorientos sin riesgo de incendio o explosión ... H2/388
5. Instalaciones en locales a temperatura elevada ... H2/389
6. Instalaciones en locales a muy baja temperatura ... H2/389
7. Instalaciones en locales en que existan baterías ... H2/389
8. Instalaciones en locales afectos a un servicio eléctrico ... H2/390
9. Instalaciones en otros locales de características especiales ... H2/391
9.1. Clasificación de las influencias externas ... H2/391

Instalaciones con fines especiales. Piscinas y fuentes ITC-BT-31
1. Campo de aplicación ... H2/391
2.2.4. Aparamenta y otros equipos ... H2/391
3. Fuentes ... H2/393
3.3. Protección contra la penetración del agua en los equipos eléctricos ... H2/393
4. Prescripciones particulares de equipos eléctricos de baja tensión instalados en el volumen 1 de las piscinas y otros baños ... H2/393

Instalaciones con fines especiales. Máquinas de elevación y transporte ITC-BT-32
1. Ámbito de aplicación ... H2/394
2. Requisitos generales ... H2/394
3. Protección para garantizar la seguridad ... H2/395
3.1. Protección contra los contactos directos ... H2/395
3.2. Protección contra sobreintensidades ... H2/395

4. Seccionamiento y corte H2/396
4.1. Corte por mantenimiento mecánico H2/396
4.2. Corte y parada de emergencia H2/396
5. Aparamenta H2/397
5.1. Interruptores H2/397
5.2. Interruptores en el lado de la alimentación de la instalación . H2/397
6. Disposición de la toma de tierra y condiciones de protección .. H2/397

Instalaciones con fines especiales. Instalaciones provisionales de obras ITC-BT-33
1. Campo de aplicación H2/398
2. Características generales H2/398
2.1. Alimentación H2/398
4. Protección contra los choques eléctricos H2/399
4.1. Medidas de protección contra contactos directos H2/399
4.2. Medidas de protección contra contactos indirectos H2/399
5. Elección e instalación de los equipos H2/399
5.1. Reglas comunes H2/399
6. Aparamenta H2/399
6.1. Aparamenta de mando y seccionamiento H2/399

Instalaciones con fines especiales. Ferias y Stands ITC-BT-34
1. Campo de aplicación H2/400
2. Características generales H2/400
2.1. Alimentación H2/400
2.2. Influencias externas H2/400
3. Protección para garantizar la seguridad H2/401
3.1. Protección contra contactos directos e indirectos H2/401
3.2. Medidas de protección en función de las influencias externas H2/401
3.3. Medidas de protección contra sobreintensidades H2/401
4. Protección contra el fuego H2/401
5. Protección contra altas temperaturas H2/401
6. Aparamenta y montaje de equipos H2/402
6.1. Reglas comunes H2/402
6.4.3. Interruptores de emergencia H2/402
6.7. Cajas, cuadros y armarios de control H2/402

Instalaciones eléctricas en puertos y marinas para barcos de recreo ITC-BT-42
1. Objeto y campo de aplicación H2/402
2. Características generales H2/403
3. Protecciones de seguridad H2/403
3.1. Protección por Muy Baja Tensión de Seguridad (MBTS) .. H2/403
3.2. Protección por corte automático de la alimentación H2/403
3.3. Aplicación de las medidas de protección contra los choques eléctricos H2/403
3.3.1. Protección por obstáculos H2/403
3.3.2. Protección contra contactos indirectos H2/403
4. Selección e instalación de equipos eléctricos H2/403
4.1. Generalidades H2/403
4.3. Aparamenta H2/403
4.3.1. Cuadros de distribución H2/403

Instalaciones de receptores para alumbrado ITC-BT-44
1. Objeto y campo de aplicación H2/404
3.2. Condiciones específicas H2/404

Instalación de receptores. Aparatos de caldeo ITC-BT-45
3.3. Aparatos de soldadura eléctrica por arco H2/405

Instalaciones de receptores. Motores ITC-BT-47
1. Objeto y campo de aplicación H2/405
2. Condiciones generales de instalación H2/406
4. Protección contra sobreintensidades H2/406
5. Protección contra la falta de tensión H2/406
6. Sobreintensidad de arranque H2/407
7. Instalación de reóstatos y resistencias H2/407
8. Herramientas portátiles H2/408

Instalaciones de receptores. Transformadores y autotransformadores, reactancias y rectificadores. Condensadores ITC-BT-48
1. Objeto y campo de aplicación H2/408
2. Condiciones generales de instalación H2/408
2.1. Transformadores y autotransformadores H2/409
2.2. Reactancias y rectificadores H2/409
2.3. Condensadores H2/409
3. Protección de los transformadores contra sobreintensidad H2/410

Tabla de interrelación de las Instrucciones Técnicas Complementarias referentes a las condiciones de ubicación e instalación de los materiales y los apartados del volumen 2.º H2/411

1. Los materiales para las medidas de protección contra los choques eléctricos

Este apartado lo hemos incluido en el capítulo G “La protección contra los choques eléctricos”.

2. Los materiales para las medidas de protección contra los efectos térmicos

Este apartado lo hemos incluido en el capítulo H1 “Las medidas de protección contra los efectos térmicos”.

3. La aparamenta de protección contra las sobreintensidades

3.1. Las exigencias de la distribución eléctrica

Seguridad y disponibilidad de la energía son las exigencias primeras del utilizador de la energía eléctrica.
La calidad de las protecciones y su coordinación permite conseguir estas exigencias a un coste óptimo.

Los distintos niveles de una instalación electrica de BT

Cada nivel de la instalación tiene sus necesidades de seguridad y disponibiliad concretas.

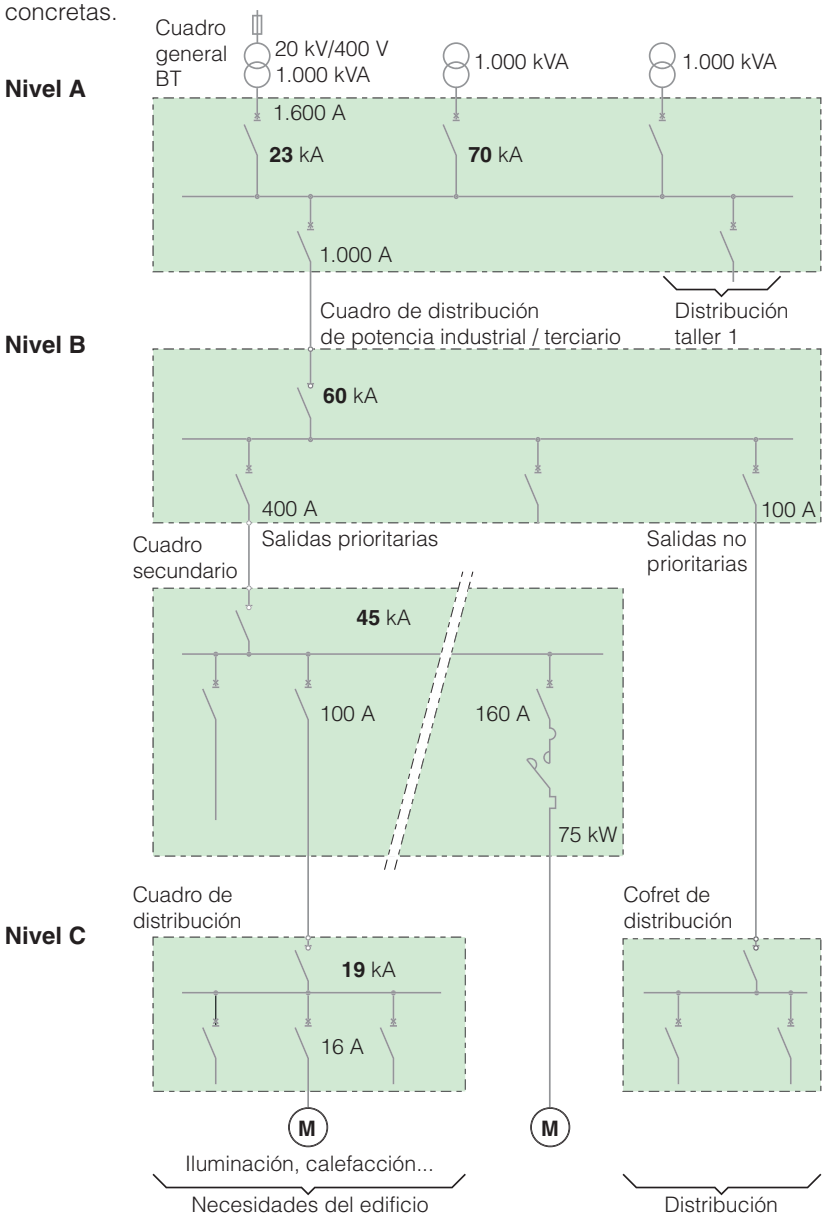


Fig. H2-3-001: *esquema simplificado de una instalación tipo que globaliza la mayoría de las instaladas.*

Seguridad y disponibilidad de la energía

■ La concepción de las instalaciones de baja tensión tienden a prever las protecciones básicas contra tres tipos de defectos:
□ Las sobrecargas.
□ Los cortocircuitos.
□ Los defectos de aislamiento.
■ La implementación de estas protecciones debe tener en cuenta:
□ Los aspectos reglamentarios, particularmente aquellos relacionados con la seguridad de personas.
□ Requerimientos técnicos y económicos.
■ El dispositivo elegido, debe:
□ Soportar y eliminar los defectos con un coste optimizado respecto a la actuación requerida.
□ Limitar la incidencia de un defecto a una parte de la instalación y así asegurar la máxima continuidad de servicio.
■ La obtención de estos objetivos, requiere la coordinación del dispositivo de protección en su trabajo para:
□ Gestionar la seguridad y alargar la vida de la instalación por limitación de esfuerzos.
□ Asegurar la disponibilidad eliminando el defecto immediatamente aguas arriba del disyuntor.
■ Los objetivos de la coordinación entre disyuntores son:
□ La filiación.
□ La selectividad.
■ Si el defecto de aislamiento es tratado específicamente por las protecciones diferenciales, debe asegurar igualmente la selectividad entre dispositivos a corriente diferencial residual.

Funcionalidad y tecnología de los interruptores automáticos

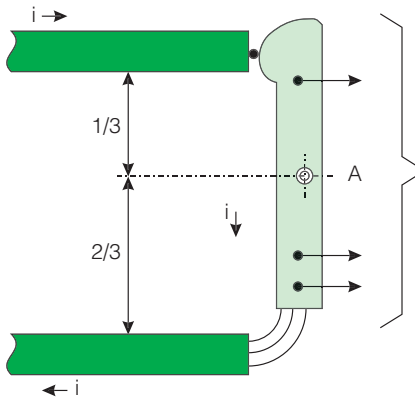
Las protecciones y su coordinación deben adaptarse a las necesidades de cada instalación:
■ A nivel de CGBT, la necesidad de energía es superlativa.
■ A nivel de cuadros de distribución, la limitación de esfuerzos en caso de defecto es importante.
■ A nivel de distribución final, la seguridad de personas es esencial.

Las funciones de los interruptores automáticos

Este aparato de conexión es capaz de cerrar y abrir un circuito para intensidades por debajo de su poder de corte.
Las funciones a asegurar son:
■ Cerrar el circuito.
■ Conducir la corriente.
■ Abrir el circuito y cortar la corriente.
■ Asegurar aislamiento.
Las exigencias de instalación, de optimización de coste, de gestión de la disponibilidad y de seguridad, inducen distintas opciones tecnológicas concernientes al interruptor automático.

Nivel A: el CGBT

El CGBT es la llave de entrada de toda la distribución eléctrica; la disponibilidad de la energía es primordial en esta parte de la instalación.
■ Las corrientes de cortocircuito son elevadas debido a:
□ La proximidad de las fuentes de BT.
□ Los juegos de barras sobredimensionados para vehicular las intensidades de valores elevados.



■ Éste es el dominio de los interruptores automáticos de potencia.
Estos interruptores automáticos son diseñados para la distribución eléctrica de altas intensidades:
□ Se instalan generalmente en los CGBT como protección de entradas y salidas de grandes intensidades.
□ Deben permanecer cerrrados en caso de cortocircuito, a fin de que el interruptor automático aguas abajo elimine el defecto. Generalmente funcionan con temporización.
La atenuación electrodinámica (AED) y la fuerte atenuación térmica caracterizada por una corriente I_{cw} son primordiales.
La (AED) está pensada para que sea lo mayor posible por un propio efecto de compensación de corriente.

Fig. H2-3-002: *esquema de compensación con la propia corriente.*

■ Principales características de estos interruptores automáticos:
□ De tipo industrial, respondiendo a la norma UNE 60947-2.
□ Un alto poder de corte I_{cu} de 40 a 150 kA.
□ Con un calibre nominal de 1.000 hasta 5.000 A.
□ Categoría B:
– Con una gran capacidad térmica I_{cw} de 40 kA hasta 100 kA - 1 s.
– Con una gran atenuación electrodinámica (AED).
□ Con un mecanismo comandado por acumulación de energía, permitiendo el acoplamiento de redes.
La continuidad de servicio está asegurada por la selectividad total:
– Aguas arriba con los fusibles de protección del transformador MT / BT (*).
– Aguas abajo con el ensamble de las salidas (selectividad de tipo cronométrica).

(*) El interés de la selectividad MT/BT reside fundamentalmente en el hecho de que la restitución del servicio se haga de forma menos constringente en BT (accesibilidad, consignación). Esto nos ofrece ventajas considerables para la continuidad de servicio.

Nivel B: los cuadros secundarios

■ Los cuadros secundarios aparecen en la parte intermedia de la instalación:
□ La distribución se hace por los conductores (CEP o cables) con el dimensionado óptimo.
□ Las fuentes están todavía muy cercanas: las intensidades de cortocircuito pueden llegar a 100 kA.
□ La necesidad de continuidad de servicio es aun muy importante.
Las protecciones deben limitar los esfuerzos y estar perfectamente coordinados con la distribución aguas arriba y aguas abajo.
■ Ésta es la zona de los interruptores de caja moldeada.
Los interruptores de caja moldeada deben abrir y cortar la corriente lo más deprisa posible. El principal objetivo es evitar al máximo los esfuerzos al nivel de los cables e incluso al nivel de la carga. Por todo ello, la repulsión al nivel de los contactos debe ser favorecida con el fin de obtener la eliminación del defecto antes de su aparición.
■ Ejemplo de sistema de repulsión.
Los esquemas posibles son:
Un simple bucle de repulsión.
Con doble repulsión.
Con un extractor, un núcleo magnético que accione el contacto móvil.

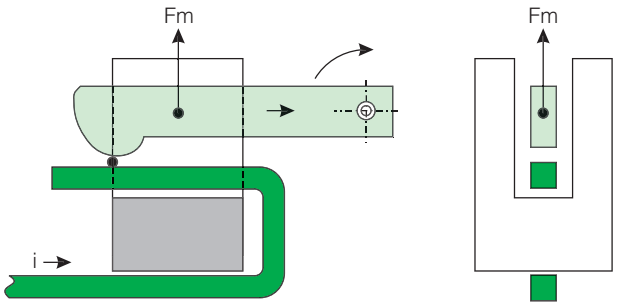


Fig. H2-3-003: *ejemplo de sistema de repulsión.*

■ Los efectos de la repulsión pueden ser reforzados por la implementación de circuitos magnéticos:
□ Con efectos proporcionales al cuadrado de la intensidad (circuito de atracción o repulsión en U).
□ Con efectos proporcionales a la pendiente de la intensidad (di/dt) particularmente eficaces para altas intensidades (Icc).
■ Principales características de los interruptores de caja moldeada:
□ De tipo industrial, respondiendo a la norma UNE 60947-2.
□ Con un poder de corte elevado (de 36 a 150 kA).
□ De calibre nominal de 100 A a 1600 A.
□ De categoría B para los interruptores de alto calibre (> 630 A).
□ De categoría A para los interruptores de bajo calibre (< 630 A).
□ Con rápida apertura y cierre y con tres posiciones de maniobra (ON / OFF / Disparado).
■ La continuidad de servicio está asegurada por la selectividad:
□ Parcial, eventualmente para alimentar circuitos no prioritarios.
□ Total para la distribución aguas abajo requeriendo una alta disponibilidad de energía.

Nivel C: la distribución terminal
Las protecciones están situadas directamente sobre los receptores; la selectividad debe ser realizada en función de las protecciones de los niveles superiores.
La intensidad de cortocircuito acostumbra a ser débil (algunos kA) caracteriza este nivel.
■ Ésta es la zona de los miniinterruptores.
Estos interruptores están diseñados para proteger la distribución terminal. El objetivo es limitar esfuerzos en los cables, en los contactos y en los receptores.

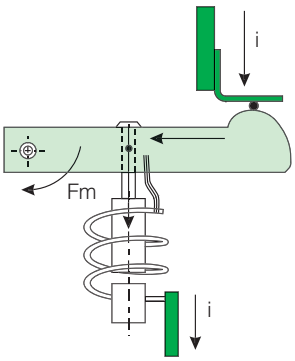


Fig. H2-3-004: *ejemplo de sistema de apertura de contactos por electroimán.*

La tecnología de los miniinterruptores, principalmente utilizada a este nivel de la instalación, limita la aparición de esfuerzos electrodinámicos.
Dentro de los miniinterruptores, la limitación depende en parte del accionador magnético. Una vez el mecanismo ha sido activado, golpeará el contacto móvil dándole de manera precoz una velocidad elevada... La tension de arco se desarrolla muy velozmente en una primera etapa. Para los interruptores de pequeño calibre, la impedancia específica en los polos contribuye a la limitación.
El miniinterruptor es ideal para uso doméstico y para protección de auxiliares, cumpliendo así la norma UNE 60947-2.
■ Principales características de estos interruptores:
□ Poder de corte en función de las necesidades (alrededor de algunos kA de media).
□ Calibre nominal de 1,5 a 125 A en función de las cargas a alimentar.
□ Destinado generalmente a aplicaciones domésticas, cumpliendo la norma UNE 60898.
■ Las protecciones instaladas deben asegurar:
□ La limitación en intensidad.
□ Un confort de explotación.
□ Una seguridad absoluta, ya que estas protecciones son manipuladas por personal no especialista.

La norma UNE 60947-2

■ La norma UNE 60947-2 especifica las características esenciales de los interruptores industriales:
□ La categoría de uso.
□ Las características de reglaje.
□ Las medidas de diseño.
□ Etc.
Establece una serie de tests muy completos y representativos de las condiciones reales de explotación de los interruptores. El anexo A, reconoce y define la Coordinación de las Protectiones - Selectividad y Filiación.
El cumplimiento de la norma UNE 60947-2 por un interruptor es una muestra de la calidad del dispositivo.
■ La evolución de las medidas de seguridad y de la tecnología ha conllevado un incremento significativo en las exigencias de los interruptores industriales. El cumplimiento de la norma CEI 947-2 renombrada CEI 60947-2 (UNE 60947-2) después de 1997, puede considerarse como una seguridad total en el empleo de los interruptores.
Esta norma ha sido aprobada en todos los países.

Los principios

La norma UNE 60947-2 es parte de una serie de normas que definen la prescripción del aparellaje eléctrico de Baja Tensión:
■ Las reglas generales UNE 60947-1, agrupan las definiciones, las prescripciones y los tests comunes a todo el aparellaje industrial BT.
■ Las normas de productos UNE 60947-2 a 7, tratan las prescripciones y tests específicos del producto.
La norma UNE 60947-2 se aplica a los interruptores y a sus unidades de control. Las características de funcionamiento de los interruptores dependen de las unidades de control o de los relés que comandan la apertura en las condiciones definidas.
Esta norma define las características esenciales de los interruptores industriales:
■ Su clasificación: modo de empleo, aptitudes al seccionamiento...

■ Las características eléctricas de regulación.
■ Información del modo de empleo.
■ Las cotas de diseño.
■ La coordinación entre protecciones industriales (en anexo A).
La norma establece así una serie de tests de conformidad que deben pasar los interruptores. Estos tests son muy completos y muy cercanos a las condiciones reales de trabajo. El cumplimiento de estos tests con la norma UNE 60947-2 es verificado por los laboratorios acreditados.

Principales características del anexo K de la UNE 60947-2		
Características de tensión	U_e	Tensión asignada de empleo
	U_i	Tensión asignada de aislamiento
	U_{imp}	Tensión asignada de resistencia a los choques
Características de intensidad	I_n	Intensidad nominal
	I_{th}	Intensidad térmica convencional al aire libre
	I_{the}	Intensidad térmica convencional en envolvente
	I_u	Intensidad nominal ininterrumpida
Características de cortocircuito	I_{cm}	Poder de cierre
	I_{cu}	Poder de corte ultimo
	I_{cs}	Poder de corte en servicio
	I_{cw}	Intensidad asignada de corta duración admisible
Características de la unidad de control	I_r	Intensidad de regulación de sobrecarga ajustable
	$1,05 \times Ir$	Intensidad convencional de no disparo
	$1,30 \times Ir$	Intensidad convencional de disparo
	I_i	Intensidad de regulación de disparo instantáneo
	I_{sd}	Intensidad de regulación de disparo de corto retardo

Tabla H2-3-005: *principales características (anexo K UNE 60947-2).*

Categoría de interruptores
La norma UNE 60947-2 define dos categorías de interruptores:
■ Interruptores de categoría A, para los cuales no hay retardo de disparo previsto.
Éstos generalmente son interruptores de caja moldeada, capaces de realizar una selectividad amperimétrica.
■ Interruptores de categoría B, para los cuales es viable realizar una selectividad cronométrica, siendo posible retardar el disparo (hasta 1 s) para todo cortocircuito de valor inferior a la intensidad I_{cw}.
Es generalmente el caso de interruptores de potencia de caja moldeada de alto calibre. Para los interruptores instalados en los CGBT, es importante tener un I_{cw} igual al I_{cu} con el fin de asegurar naturalmente la selectividad a pleno poder de corte último I_{cu}.

Recordatorio de las características eléctricas
Las características de reglaje son dadas por las curvas de disparo. Estas curvas contienen distintas zonas delimitadas por las siguientes corrientes (definidas en el anexo K de la norma UNE 60947-2).
■ Intensidad nominal (I_n).
I_n (en A eff.) = intensidad ininterrumpida máxima soportada a temperatura ambiente sin sobrecalentamiento anormal.
Ej.: 125 A a 40 °C.
■ Intensidad de regulación de sobrecarga ajustable (I_r).
I_r (en A eff.) está en función de I_n. I_r caracteriza la protección contra las sobrecargas. Para el funcionamiento en sobrecarga, las intensidades convencionales de no disparo I_{nd} y de disparo I_d son:

□ I_{nd} = 1,05 I_r.
□ I_d = 1,30 I_r.
I_d está dada por un tiempo convencional de disparo. Para una intensidad superior a I_d, el disparo por defecto térmico se hará según la curva a tiempo inverso. I_r el nombre de Protección Largo Retardo (PLR).

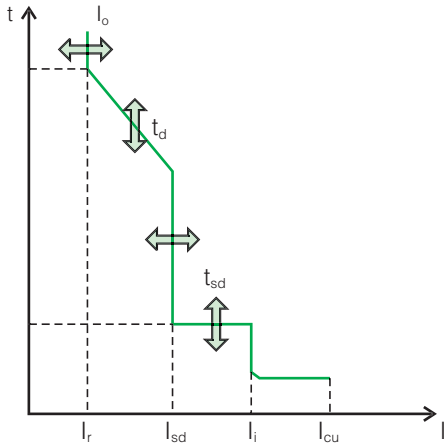


Fig. H2-3-006: *características de reglaje de los interruptores automáticos.*

■ Intensidad de regulación de disparo corto retardo (I_{sd}).
I_{sd} (en kA eff.) está en función de I_r. I_{sd} caracteriza la protección contra los cortocircuitos. La apertura del interruptor se hace según la curva de disparo por corto retardo:
□ Con una temporización t_{sd}.
□ O con I^2t constante.
□ O instantáneamente (análoga a la protección instantánea).
I_{sd} recibe el nombre de Protección Corto Retardo o (PCR).
■ Intensidad de regulación de disparo instantáneo (I_i).
I_i (en kA) está en función de I_n. I_i caracteriza la protección contra los cortocircuitos para todas las categorías de interruptores. Para las sobreintensidades importantes (los cortocircuitos) superiores al valor I_i, el interruptor debe cortar instantáneamente la intensidad de defecto.
Esta protección puede ser deshabilitada según la tecnología y el tipo de interruptor (en particular los interruptores de categoría B).

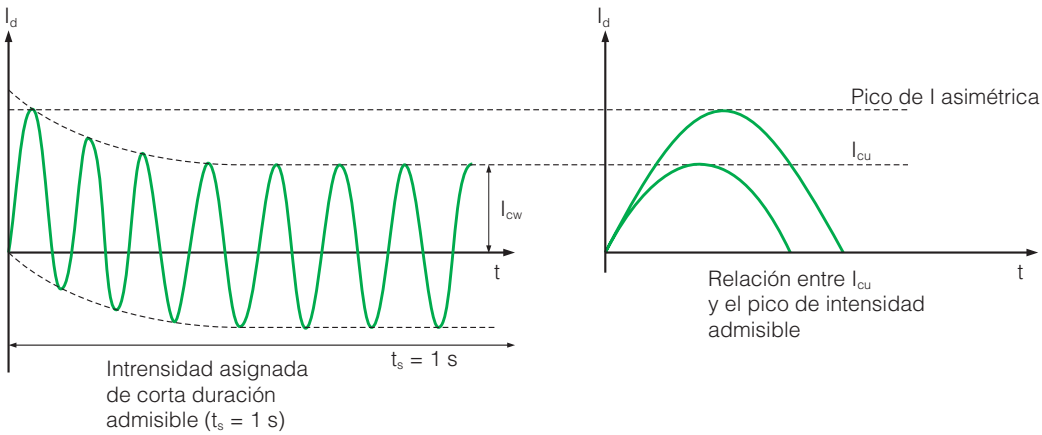


Fig. H2-3-007: *intensidades a cortar y limitación.*

Coeficientes de asimetría aceptados por el CEI	
I_{cc}: cortocircuito presunto simétrico kA (valor efficaz)	Coeficiente de asimetría K
4,5 ⩽ I ⩽ 6	1,5
6 < I ⩽ 10	1,7
10 < I ⩽ 20	2,0
20 < I ⩽ 50	2,1
50 < I	2,2

Tabla H2-3-008: *cálculo de cortocircuitos asimétricos (UNE 60947-2 § 4.3.5.3).*

■ Poder(*) asignado de cierre en cortocircuito (I_{cm}).
I_{cm} (kA pico) es el valor máximo de intensidad de cortocircuito asimétrico que el interruptor puede establecer y cortar. Para un interruptor, el esfuerzo generado es máximo en un cierre por cortocircuito.
■ Poder(*) asignado de corte último (I_{cu}).
I_{cu} (kA eff.) es el valor máximo de intensidad de cortocircuito que el interruptor puede cortar. Está verificado siguiendo una secuencia de ensayos normalizados. Después de esta secuencia, el interruptor no puede ser peligroso. Esta característica está definida por una tensión de empleo Ue determinada.
■ Poder(*) asignado de corte en servicio (I_{cs}).
I_{cs} (kA eff.) valor dado por el constructor. Se expresa en % de I_{cu}.
Esta relación es muy importante ya que nos muestra la aptitud del interruptor a asegurar un normal servicio, después de haber cortado tres veces la corriente de cortocircuito. Cuanto más alto sea el valor Ics, más efectivo será.
■ Intensidad asignada de corta duración admisible (I_{cw}).
Definida por los interruptores de categoría B.
I_{cw} (kA eff.) es la intensidad de cortocircuito máxima que puede soportar el interruptor durante una breve duración (de 0,05 a 1 s) sin alteración de sus características. Este valor se verifica durante la secuencia de ensayos normalizados.

(*) Estas características están definidas por una tensión de empleo U_e determinada.

Coordinación entre interruptores

El concepto de coordinación concierne al comportamiento de dos aparatos instalados en serie en una distribución eléctrica en presencia de un cortocircuito.

La filiación, "efecto cascada" o protección de acompañamiento

Consiste en instalar un interruptor aguas arriba D_1 para ayudar a un interruptor instalado aguas abajo D_2 a cortar las intensidades de cortocircuito superiores a su poder de corte último I_{cu} D_2. Este valor se marca como I_{cu} D_2+D_1.
La UNE 60947-2 reconoce la filiación entre dos interruptores. Para los puntos críticos, donde las curvas de disparo se sobreponen, la filiación debe ser verificada mediante ensayos.

La selectividad

Consiste en asegurar la coordinación entre las características de funcionamiento en serie de tal manera que en caso de defecto aguas abajo, sólo el interruptor situado inmediatamente encima del defecto abre.
La UNE 60947-2 define un valor de intensidad (I_s) cuyo valor es límite de selectividad, tal que:
■ Si la intensidad de defecto es inferior a este valor (I_s), sólo el interruptor D_2 abre.
■ Si la intensidad de defecto es superior a este valor (I_s), los interruptores D_1 y D_2 abren.
Como para la filiación, la selectividad debe ser verificada por ensayos en los puntos críticos.
La selectividad y la filiación sólo pueden ser garantizadas por el fabricante que recoja sus ensayos en tablas.

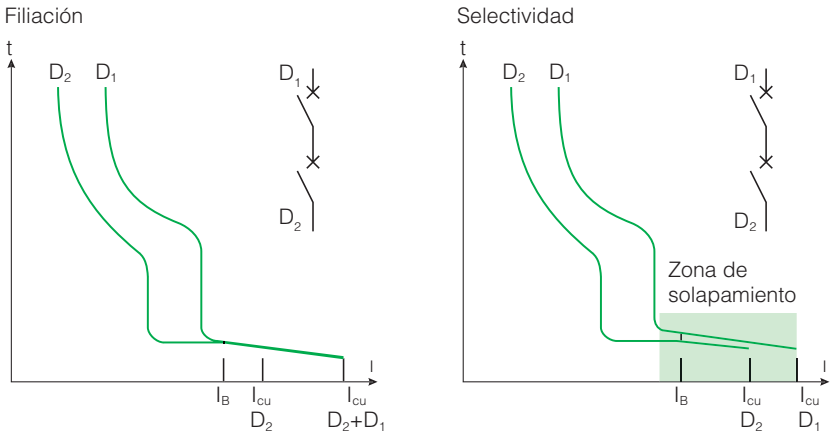
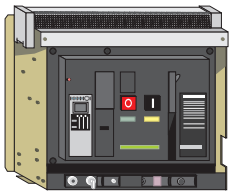
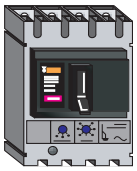


Fig. H2-3-009: *diagramas de filiación y selectividad.*

Glosario:

- I_{cc} (D_1): intensidad de cortocircuito en el punto donde D_1 está instalado.
- I_{cu} D_1: poder de corte último de D_1.

	CGBT **Nivel A**	**Cuadro secundario** **Nivel B**	**Cuadro de distribución final** **Nivel C**
Cuadro características			
I nominal	1000 a 6300 A	100 a 1000 A	1 a 100 A
I_{cc}	50 kA a 150 kA	20 kA a 100 kA	3 kA a 10 kA
Resistencia térmica I_{cw} / TED	***	*	*
Continuidad de servicio	***	***	**
Tipo de Interruptores	Interruptor de potencia o interruptor de caja moldeada alta intensidad	Caja moldeada	Miniinterruptor
			
Norma CEI 60947-2	■	■	■ (1)
Disparo			
Magnetotérmico		q (2) n	
Electrónico	■	■	
Características producto			
I_n típica	800 a 6.300 A	100 a 630 A	1 a 125 A
I_{cn}	50 kA a 150 kA	25 kA a 150 kA	3 kA a 25 kA
Categoría de empleo	B	A	A
Capacidad de limitación	* (3)	***	***

■ Recomendada u obligatoria.
□ Posible.
*** Alta.
** Normal.
* Baja.
(1) Para uso doméstico cumple CEI 60898.
(2) Posible hasta 250 A.
(3) Dimensionamiento del cuadro al Nivel A significa que esta característica no es muy importante para necesidades estándar.

Tabla H2-3-010: *materiales adecuados a los niveles de un circuito.*

La limitación

La limitación es una técnica que permite al interruptor reducir altamente las intensidades de cortocircuito.
Las ventajas de la limitación son multiples:
■ Atenuación de los efectos nefastos de los cortocircuitos:
□ Electromagnéticos.
□ Térmicos.
□ Mecánicos.
■ Base de la técnica de filiación.

Principios

La intensidad de defecto asumida, I_{cc}, es la intensidad de cortocircuito que circularía en ausencia de limitación en el punto de la instalación donde está instalado el interruptor.
Dado que la intensidad de defecto es eliminada antes del primer semiperiodo, sólo el primer pico de corriente $I_{pico\ asimétrico}$ debe ser considerado. Este último es función del cos φ de defecto de la instalación.

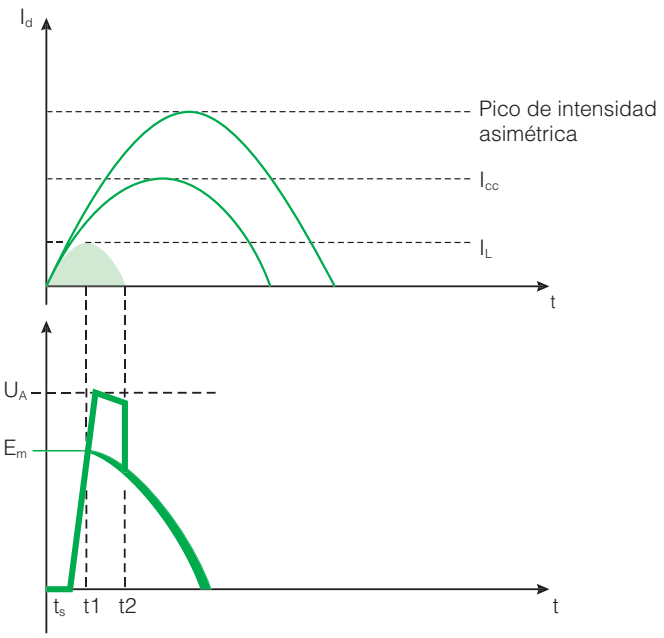


Fig. H2-3-011: *limitación de la intensidad por velocidad de apertura.*

La disminución de esta I_{cresta} acotada en I_L, caracteriza la limitación de un interruptor.
La limitación consiste en crear una fuerza contraelectromotriz que se oponga al incremento de la intensidad de cortocircuito.
Los tres criterios determinantes para la eficacia de la limitación son:
■ El tiempo de intervención, el instante (t_s) cuando aparece la fuerza contraelectromotriz (f_{cem}).
■ La velocidad de incremento de esta (f_{cem}).
■ El valor de esta (f_{cem}).
La fuerza contraelectromotriz es la tensión de arco U_A motivada por la resistencia del arco que se crea entre los contactos en separación. Su rapidez de evolución está ligada a la velocidad de separación de los contactos.
Como muestra la figura anterior, a partir del instante (t_s) donde los contactos se separan, la fuerza contraelectromotriz U_A crece hasta el instante (t_1) donde

ésta es igual a la tensión de la fuente (E_m). La intensidad limitada alcanza entonces su valor máximo y empieza a disminuir hasta extinguirse en (t_2). Esta disminución se debe a la fuerza contraelectromotriz donde el valor es superior a (E_m).

Poder de limitación de un interruptor

El poder de limitación de un interruptor define la capacidad más o menos grande a dejar paso, en un cortocircuito a una intensidad inferior a la intensidad de defecto asumida.

El esfuerzo térmico de la intensidad limitada es el área (gris) definida por la curva del cuadrado de la intensidad limitada I^2_{cc} (t).

En ausencia de limitación, este esfuerzo sería el área, mucho mayor, definida por la curva cuadrado de la intensidad asumida.

Para una intensidad de cortocircuito asumida I_{cc}, una limitación de esta intensidad al 10 % se traduce por menos de un 1 % de esfuerzo térmico asignado.

La elevación de la temperatura en los cables es directamente proporcional al esfuerzo térmico (1).

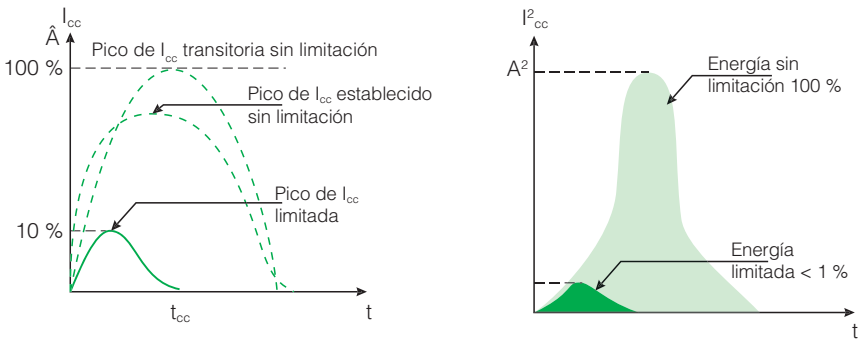


Fig. H2-3-012: *limitación en intensidad y del esfuerzo térmico.*

Ventajas:

■ Aplicación a la distribución eléctrica.

La limitación reduce en gran grado los efectos nefastos de los cortocircuitos de la instalación.

Efectos nefastos de los cortocircuitos	Efectos de la limitación
■ Electromagnéticos	Reducción del campo magnético: □ Riesgo menor de perturbaciones en los dispositivos de medida cercanos
■ Mecánicos	Pico de intensidad limitado: □ Fuerzas electromagnéticas reducidas □ Riesgo menor de deformación o de ruptura al nivel de los contactos eléctricos
■ Térmicos	Esfuerzo térmico limitado (disminución de la amplitud y de la duración): □ Calentamiento de los conductores menos acusado □ Incremento en la vida de las canalizaciones

Tabla H2-3-013: *causas y efectos de la limitación.*

Así, la limitación contribuye a alargar la vida de las instalaciones eléctricas.

(1) Debido a un cortocircuito, existe un calentamiento adiabático de los conductores (sin intercambio de calor con el exterior debido a la rapidez del aporte de energía). El aumento de temperatura en un conductor con sección S es:

$$D_\theta = \frac{K}{S^2}\int_0^T I^2 \cdot dt \cdot c \cdot \int_0^T I^2 \cdot dt$$

recibe el nombre de esfuerzo térmico (A^2S).

■ Aplicación a motores. Funcionalidades.
Las funciones a asegurar en un motor son:
□ Aislamiento.
□ Control.
□ La protencción contra las sobrecargas (específicas).
□ La protección contra los cortocircuitos.
□ Las protectiones complementarias.
La alimentación de un motor puede estar constituida de 1, 2, 3 o 4 aparatos distintos.
En el caso de una asociación de distinto aparellaje –caso más frecuente– es necesario coordinar las distintas funciones realizadas por el aparellaje.
■ Coordinación de los componentes de la alimentación de un motor.
Gracias a la limitación, los efectos nefastos de los cortocircuitos en la alimentación de un motor son altamente atenuados. Una buena limitación en interruptores permite favorecer fácilmente a una coordinación de tipo 2 como propone la UNE 60947-4-1, sin sobredimensionamiento de componentes. Este tipo de coordinación garantiza al explotador un uso óptimo de la alimentación del motor.

Tipo 1 **UNE 60947-4-1**	**Tipo 2** **UNE 60947-4-1**
Sin riesgo para el operador. Los elementos (distintos a contactos) y los relés no deben ser dañados El aislamiento debe conservarse después del incidente Antes de reiniciar, la alimentación del motor debe ser reparada	Ningún daño ni malfuncionamiento es admisible El aislamiento debe conservarse después del incidente, la alimentación del motor debe funcionar después de un cortocircuito El riesgo de soldadura de los contactos del contactor es admisible si pueden ser fácilmente separados. Antes de volver en servicio, es necesaria una rápida inspección Mantenimiento reducido y rápida puesta en servicio

Tabla H2-3-014: *características de coordinación de las protecciones de los motores.*

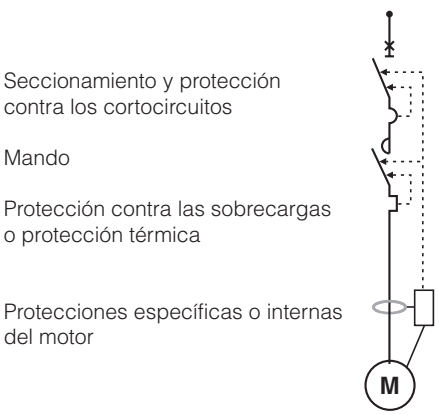


Fig. H2-3-015: *alimentación del motor.*

Curvas de limitación
El poder de limitación de un interruptor es expresado por dos curvas de limitación que dan:
■ Pico de intensidad limitada en función de la intensidad eficaz de intensidad de cortocircuito asumida.

■ Ejemplo: en una alimentación de 160 A donde la I_{cc} asumida es de 90 kA eficaz, el pico I_{cc} no limitado es de 200 kA (factor asimétrico de 2,2) y la I_{cc} limitada es de un pico de 26 kA.
■ El esfuerzo térmico limitado (en A^2 s), en función de la intensidad eficaz de intensidad de cortocircuito asumida.
■ Ejemplo: en una alimentación, el esfuerzo térmico pasa de más de 100 10^6 A^2 s a 6 10^6 A^2 s.
□ Curva de limitación en I_{cc} eff. esperada.
□ Curva de limitación de esfuerzo térmico.

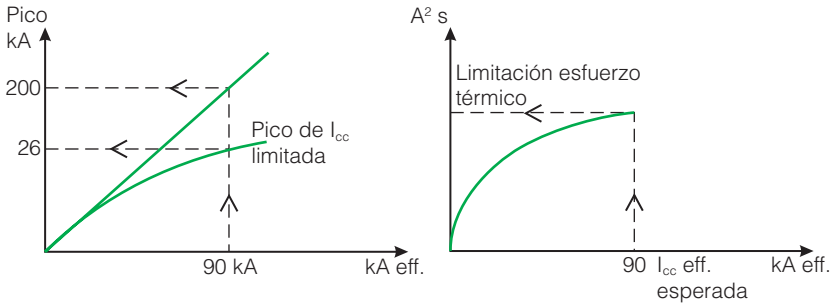


Fig. H2-3-016: *curvas de limitación.*

La filiación

La filiación permite:
■ Ahorrar en las instalaciones.
■ Simplificar la elección de las protecciones, con la utilización de interruptores de comportamiento estándar.
La filiación "refuerza" el poder de corte de los interruptores situados aguas abajo de un interruptor limitador. El interruptor limitador "ayuda" al interruptor situado aguas abajo limitando fuertes corrientes de cortocircuito. La filiación permite utilizar un interruptor de poder de corte inferior a la corriente de cortocircuito calculada en ese punto de la instalación.

Area de aplicación:
■ La filiación:
□ Concierne a todos los aparatos instalados aguas abajo del interruptor.
□ Puede ser extendida a varios dispositivos consecutivos, incluso si se utilizan en diferentes cuadros.

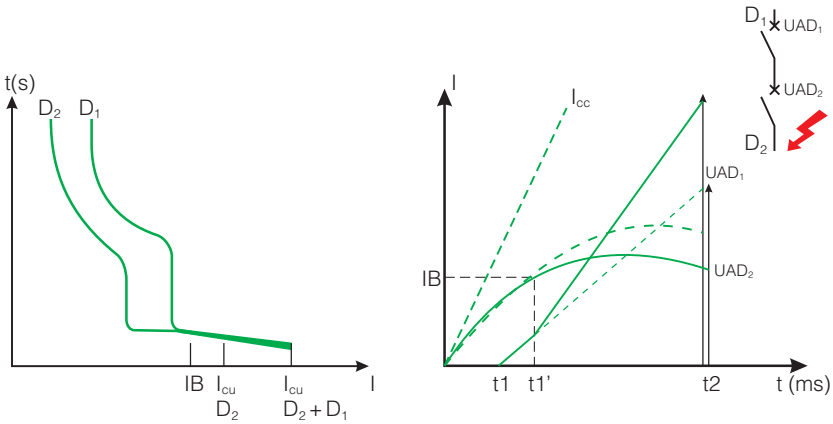


Fig. H2-3-017: *principios de la filiación.*

Las normas de instalación (UNE 60460 y el REBT) imponen que el aparato situado aguas arriba tenga un poder de corte I_{cu} superior o igual a la corriente de cortocircuito asumida en ese punto de la instalación.
Para los interruptores situados aguas abajo, el poder de corte Icu a considerar es el poder de corte reforzado por la coordinación.

Principios
Tan pronto como los dos interruptores disparan (a partir del punto IB), una tensión de arco UAD_1 en la separación de los contactos de D_1 se suma a la tensión UAD_2 y ayuda por limitación complementaria al interruptor D_2 a abrir.
La asociación formada por D_1 + D_2 permite mejorar el comportamiento de D_2 como se muestra en la fig. H2-3-018:
■ Curva de limitación D_2.
■ Curva de limitación D_2 reforzada por D_1.
■ I_{cu} D_2 reforzada por D_1.
De hecho, de acuerdo a las recomendaciones de la UNE 60947-2, los fabricantes dan y garantizan directamente la I_{cu} reforzada por la asociación formada por D_1 + D_2.

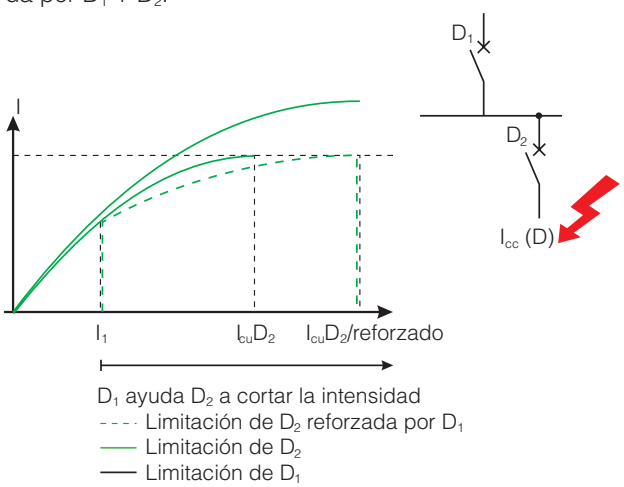


Fig. H2-3-018: *la asociación de la filiación.*

Ventajas
La filiación permite beneficiarse de todas las ventajas de la limitación. De este modo, los efectos de las corrientes de cortocircuito se reducen a:
■ Los efectos electromagnéticos.
■ Los efectos electrodinámicos.
■ Los efectos térmicos.
La instalación de un solo interruptor limitador produce importantes simplificaciones y ahorros en toda la instalación aguas abajo:
■ Simplificación en la elección de los aparatos por las tablas de filiación.
■ Ahorro en los aparatos aguas abajo. La limitación permite utilizar interruptores de comportamiento estándar.

La selectividad
La selectividad de las protecciones es un punto clave para la continuidad de servicio.
■ La selectividad puede ser:
□ Parcial.
□ Total.
Según las características de la asociación de las protecciones.

■ Las técnicas de selectividad establecidas son:
□ Amperimétrica.
□ Cronométrica.
□ Lógica.
La selectividad puede optimizarse mediante el empleo de aparatos limitadores aguas abajo.

Generalidades:
■ Principio.
Recordatorio (ver apartado 1.4 de “la norma UNE 60947-2”).
La selectividad consiste en asegurar la coordinación entre las características de funcionamiento de interruptores automáticos colocados en serie, de tal manera que en caso de defecto aguas abajo solo dispara el aparato situado inmediatamente aguas arriba. Se define una intensidad I_s de selectividad tal que:
□ $I_{defecto} > I_s$: los dos interruptores automáticos disparan.
□ $I_{defecto} < I_s$: solo D_2 elimina el defecto.

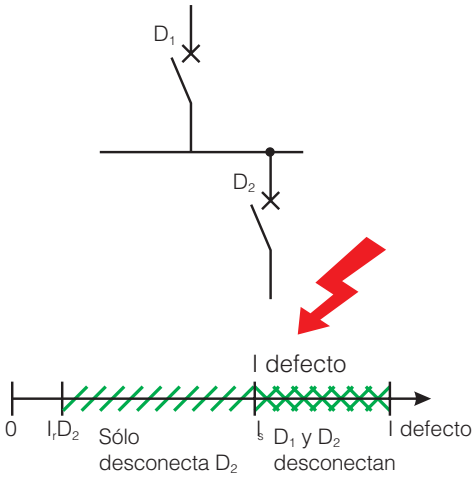


Fig. H2-3-019: *principios de la selectividad.*

■ Calidad de la selectividad.
El valor (I_s) debe ser comparado con el valor I_{cc} (D_2) presunto en el punto D_2 de la instalación.
□ Selectividad total: $I_s > I_{cc}$ (D_2); la selectividad se considera total, es decir, para cualquier valor de intensidad de defecto D_2 sólo lo elimina.
□ Selectividad parcial: $I_s < I_{cc}$ (D_2); la selectividad se considera parcial, es decir, hasta I_s, sólo D_2 elimina el defecto. Por encima de I_s, D_1 y D_2 abren.
■ Datos del constructor.
De hecho, los constructores dan la calidad de la selectividad de manera intrínseca, es decir:
□ Selectividad total, si I_s es igual a $I_{cu}D_1$ (la asociación nunca podrá ver una intensidad de defecto superior a este valor).
□ Selectividad parcial, limitada a I_s. Este valor Is puede, sin embargo, ser superior al de I_{cc} (D_2). Visto por el usuario, la selectividad es total.

Glosario:
■ I_{cc} (D_1): Intensidad de cortocircuito en el punto donde D_1 está instalado.
■ $I_{cu}D_1$: Poder de corte último de D_1.

Técnicas de selectividad

Selectividad amperimétrica

Esta técnica está directamente ligada a la parametrización de las curvas de desconexión.
Largo retardo (LR) de dos interruptores automáticos en serie.

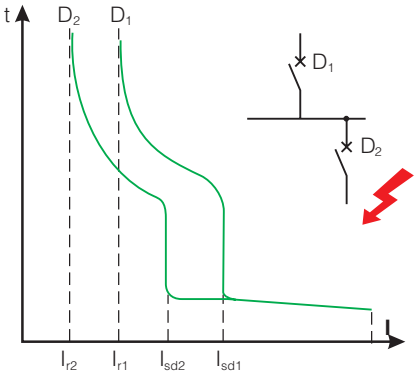


Fig. H2-3-020: *selectividad amperimétrica.*

■ El límite de selectividad I_s es:
□ $I_s = I_{sd2}$ si los umbrales I_{sd1} y I_{sd2} están demasiado próximos o mezclados.
□ $I_s = I_{sd1}$ si los umbrales I_{sd1} y I_{sd2} están suficientemente separados.
■ En general, la selectividad amperímetrica se obtiene cuando:
□ $I_{r1} / I_{r2} < 2$.
□ $I_{sd1} / I_{sd2} > 2$.
■ El límite de selectividad es:
□ $I_s = I_{sd1}$.
■ Calidad de la selectividad.
La selectividad es total si $I_s > I_{cc}$ (D_2), es decir, $I_{sd1} > I_{cc}$ (D_2).
Ello implica generalmente:
□ Un nivel I_{cc} (D_2) poco elevado.
□ Una importante desviación entre los calibres de los interruptores D_1 y D_2.
La selectividad amperimétrica es generalmente utilizada en distribución terminal.

Selectividad cronométrica

Esta es la continuación de la selectividad amperimétrica. Se obtiene por el escalonamiento en el tiempo de las curvas de desconexión. Esta técnica consiste en temporizar Δt el disparo por corto retardo (CR) de D_1.

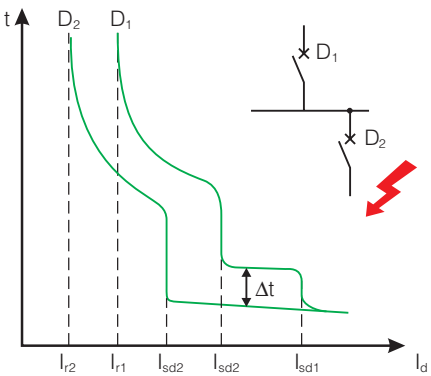


Fig. H2-3-021: *selectividad cronométrica.*

Los umbrales (I_{r1}, I_{sd1}) de D_1 y (I_{r2}, I_{sd2}) respetan las reglas de escalonamiento de la selectividad amperimétrica.
El límite de selectividad (I_s) de la asociación es como mínimo igual a I_{i1}, el umbral instantáneo de D_1.
■ Calidad de la selectividad.
Son posibles dos casos:
□ En salidas terminales y/o intermedias.
Los interruptores automáticos de categoría A pueden utilizarse con un disparo temporizado del interruptor situado aguas arriba. Esto permite prolongar la selectividad amperimétrica hasta el umbral I_{i1} del aparato aguas arriba:

$$I_s \geqslant I_{i1}.$$

Si I_{cc} (D_2) no es muy elevada –caso de una salida terminal–, se puede obtener selectividad total.
□ En las entradas y salidas del CGBT.
A este nivel, la continuidad de servicio es prioritaria, las características de la instalación permiten la utilización de interruptores de categoría B concebidos para un disparo temporizado. Estos interruptores tienen una elevada estabilidad térmica ($I_{cw} \geqslant 50\ \%\ I_{cn}$ para $\Delta t = 1$ s): $I_s \geqslant I_{cw1}$.
Idénticamente para las I_{cc}(D_2) importantes, la selectividad cronométrica asegura generalmente una selectividad total: $I_{cw1} > I_{cc}$ (D_2).

Nota: la utilización de interruptores automáticos de categoría B se debe a que la instalación debe soportar importantes solicitaciones electrodinámicas y térmicas.
De esta manera, los interruptores disponen de un umbral instantáneo (I_i) elevado, regulable e inhibible para proteger eventualmente los juegos de barras.

Mejora de la selectividad amperimétrica y cronométrica:
■ Interruptores automáticos aguas abajo limitadores.
El uso de un inerruptor limitador aguas abajo permite eliminar el límite de selectividad.

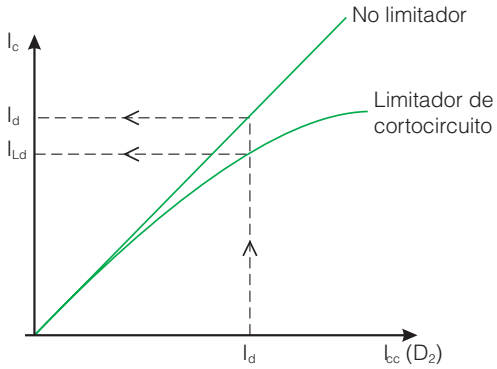


Fig. H2-3-022: *mejora de la selectividad amperimétrica y cronométrica.*

■ De hecho, viendo la figura, una intensidad de defecto (I_d) será vista por D_1:
□ Igual a (I_d) en caso de interruptor no limitador.
□ Igual a ($I_{Ld} - I_d$) en caso de interruptor limitador.
El límite de selectividad amperimétrica y cronométrica (I_s) de la asociación $D_1 + D_2$ es remitido a un valor que aumenta cuando el interruptor aguas abajo es rápido y limitador.
■ Calidad de la selectividad.
La utilización de un interruptor limitador es muy eficaz para lograr una selectividad total cuando las regulaciones de los umbrales (selectividad amperimétrica) y/o el umbral de disparo instantáneo (selectividad cronométrica) del interruptor aguas arriba D_1 son demasiado bajas en relación a la intensidad de defecto (I_d) en $D_2 - I_{cc}$ (D_2).

Selectividad lógica o "Zona selectiva lógica (ZSI)"

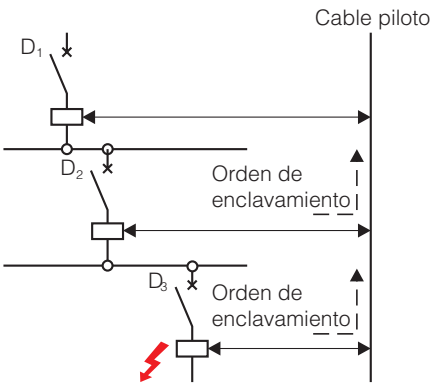


Fig. H2-3-023: *selectividad lógica.*

Este tipo de selectividad se logra con interruptores automáticos equipados con relés electrónicos concebidos a este fin (Compact, Masterpact): sólo las funciones corto retardo (CR) o protección tierra (GFP) de los aparatos pilotados son gestionados por la selectividad lógica. En particular, la función de protección instantánea - función de protección intrínseca no se ve afectada.

■ Regulación de los interruptores pilotados:

□ Temporización: no hay normas, pero debe aplicarse el escalonamiento (si lo hay) de los intervalos de temporización de la selectividad cronométrica ($\Delta tD_1 \geqslant \Delta tD_2 \geqslant \Delta tD_3$).

□ Umbrales: no hay normas a aplicar para los umbrales, pero es necesario respetar el escalonamiento natural de los calibres de las protecciones ($I_{cr}D_1 \geqslant I_{cr}D_2 \geqslant I_{cr}D_3$).

Nota: esta técnica permite obtener selectividad incluso con aparatos de calibres similares.

■ Principios.

La activación de la función selectividad lógica se lleva a cabo mediante la transmisión de información a través del cable piloto:

□ Entrada ZSI:

– Nivel bajo (ausencia de defecto aguas abajo): la función de protección está a la espera con una reducida temporización (⩽ 0,1 s).

– Nivel alto (presencia de defecto aguas abajo): la función de protección afectada pasa al estado de temporización fijado en el aparato.

□ Salida ZSI:

– Nivel bajo: el interruptor no detecta el defecto, no envía ninguna orden.

– Nivel alto: el interruptor detecta un defecto, envía una orden.

■ Funcionamiento.

Un cable piloto conecta en cascada los dispositivos de protección de una instalación (ver fig. H2-3-023). Cuando aparece un defecto, cada interruptor situado aguas arriba del defecto (detectando un defecto) envía una orden (salida a nivel alto) y hace pasar al interruptor aguas arriba a su temporización natural (entrada a nivel alto).

El interruptor situado inmediatamente encima del defecto no recibe la orden (entrada a nivel bajo) y de esta manera dispara casi instantáneamente.

■ Calidad de la selectividad.

Recomendada y muy utilizada en USA, esta técnica permite:

□ Conseguir fácilmente selectividad en standard en 3 o más niveles.

□ Eliminar las tensiones importantes en la instalación, ligadas a una disparo temporizado de la protección, en caso de defecto directamente sobre los jue-

gos de barras aguas arriba. Todas las protecciones son, en consecuencia, casi instantáneas.

■ Realizar fácilmente una selectividad aguas abajo con los aparatos no pilotados.

Las reglas de selectividad

Protección contra las sobrecargas

Cualquiera que sea el valor de la sobreintensidad, la selectividad está asegurada en sobrecarga si el tiempo transcurrido hasta el disparo del interruptor ubicado aguas arriba D_1 es superior al tiempo máximo de corte del interruptor D_2.
Se cumple la condición si la relación entre las regulaciones largo retardo (LR) y corto retardo (CR) es superior a 2.
El límite de selectividad (Is) debe ser como mínimo igual al umbral de regulación de corto retardo (CR) de aguas arriba.

Protección contra los cortocircuitos

■ Selectividad cronométrica.
El disparo del aparato aguas arriba D_1 está temporizado a Δt:
□ Las condiciones requeridas para la selectividad amperimétrica deben cumplirse.
□ La temporización Δt del aparato aguas arriba D_1 debe ser suficiente para que el aparato aguas abajo pueda eliminar el defecto.
La selectividad cronométrica permite aumentar el límite de selectividad (I_s) hasta el umbral de disparo instantáneo del interruptor aguas arriba D_1.
La selectividad será siempre total si el interruptor D_1:
□ Es de categoría B.
□ Tiene una I_{cw} igual a su I_{cu}.
La selectividad es total en los otros casos si el umbral de disparo instantáneo del interruptor aguas arriba D_1 es superior a la I_{cc} presunta en D_2.
■ Selectividad lógica.
La selectividad siempre es total.
■ Caso general.
No hay reglas generales de selectividad al respecto.

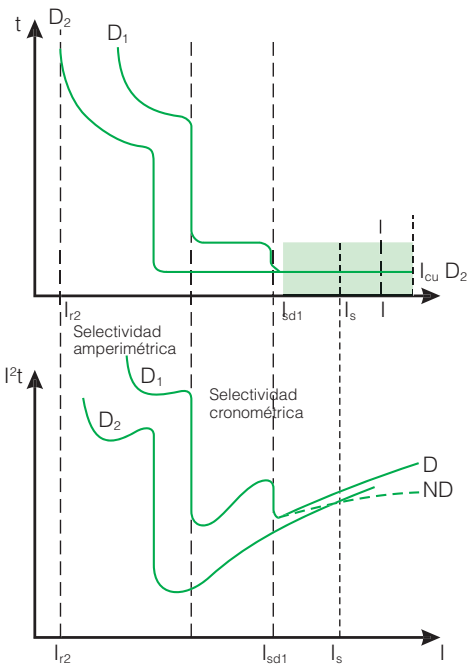


Fig. H2-3-024: *selectividad amperimétrica y cronométrica.*

□ Las curvas tiempo/intensidad muestran “claramente” un valor de I_{cc} (límite o presunto) inferior al disparo corto retardo del interruptor aguas arriba; la selectividad es, en consecuencia, total.
Si este no es el caso estudiado, sólo los ensayos pueden indicar los límites de la selectividad de la coordinación, en particular cuando los interruptores son de tipo limitador.
La determinación del límite de selectividad (I_s) se lleva a cabo mediante la comparación de las curvas:
□ En energía de disparo para el interruptor aguas abajo.
□ En energía de no disparo para el interruptor aguas arriba. El punto de intersección de las dos curvas muestra el límite de selectividad (I_s).
Los constructores indican, en sus tablas, los resultados prácticos de la coordinación.

La selectividad de las protecciones diferenciales

Según el Esquema de Conexionado a Tierra (ECT), la selectividad sólo requiere la coordinación de las protecciones contra las sobreintensidades. Cuando el defecto de aislamiento se trata específicamente para las protecciones diferenciales (por ejemplo, en Esquema TT), es necesario asegurar, de la misma manera, la selectividad de los dispositivos diferenciales entre ellos.
La selectividad de las protecciones diferenciales debe permitir que, en caso de defecto de aislamiento, sólo la salida afectada por el defecto sea puesta fuera de tensión.
El objetivo es optimizar la disponibilidad de energía. Ver capítulo G, apartado 4.4. “Coordinación de las protecciones diferenciales”, pág. G/97.

Coordinación de las protecciones y normas de instalación

La norma de instalación UNE 20460 rige las instalaciones eléctricas de los edificios, recomiendan una buena coordinación entre los aparellajes de protección. Reconocen los principios de la filiación y de la selectividad de los interruptores, apoyándose en la norma de producto UNE 60947-2 y el REBT ITC-BT-22.

Normas de producto UNE 60947-2

En el anexo A, la norma UNE 60947-2 reconoce y define la coordinación entre los interruptores (ver parágrafo 1.4, pág. 11 de la norma). En particular, define las pruebas a realizar:
■ La selectividad.
Se estudia normalmente sobre un plan teórico. En los puntos críticos donde las curvas de disparo se solapan, debe verificarse mediante ensayos. Se garantiza por el fabricante, quien consignará el valor de (I_s) (límite de selectividad) en las tablas.
■ La filiación o coordinación de la protección adjunta.
La norma indica las medidas que deben efectuarse para verificar esta coordinación:
□ Verificación por comparación de características.
En los casos prácticos, este tipo de verificación es suficiente. Es necesario demostrar unívocamente que la $I_{cu}D_2$ de la asociación es compatible con la I^2t, energía máxima admisible por D_2.
□ Verificación por ensayos.
La filiación se verifica normalmente mediante ensayos en los puntos críticos. Los ensayos se realizan con un interruptor D_1 aguas arriba regulado a un máximo de sobreintensidad y un interruptor aguas abajo D_2 con una regulación mínima. Los resultados de los ensayos (los poderes de corte reforzados por la filiación) figuran en una tabla y están garantizados por el constructor.

Normas de instalación

Las normas nacionales de instalación requieren la implementación de estos principios según el Esquema de Conexionado a Tierra considerado, de conformidad con la norma UNE 20460:

■ Selectividad.

La selectividad se define y establece para cualquier régimen de neutro utilizado y para cualquier tipo de defecto (sobrecarga, cortocircuito, defecto de aislamiento). Sin embargo, en caso de defecto de aislamiento en Esquema IT, la ventaja de la continuidad de servicio viene dada por el actual esquema que tolera el 1.er defecto. Esta ventaja debe conservarse para la rápida búsqueda y eliminación del defecto.

■ Filiación.

Por otro lado, las reglas de filiación se dan para un esquema tipo TN o TT.

■ Reglas de base en régimen IT.

Las reglas de filiación no se pueden aplicar en el caso IT debido al doble defecto de aislamiento. Las reglas a utilizar son las que siguen:

□ El interruptor automático debe tener un poder de corte superior o igual a la intensidad de cortocircuito trifásico en el punto considerado.

□ En caso de doble defecto presunto, se establece que la intensidad de cortocircuito de doble defecto será como máximo:

– 15 % de la I_{cc} trifásica para una Icc trifásica ⩽ 10.000 A.

– 25 % de la I_{cc} trifásica para una Icc trifásica ⩾ 10.000 A.

Ver capítulo F, apartado 4. Los regímenes de neutro", pág. F/71 del primer volumen.

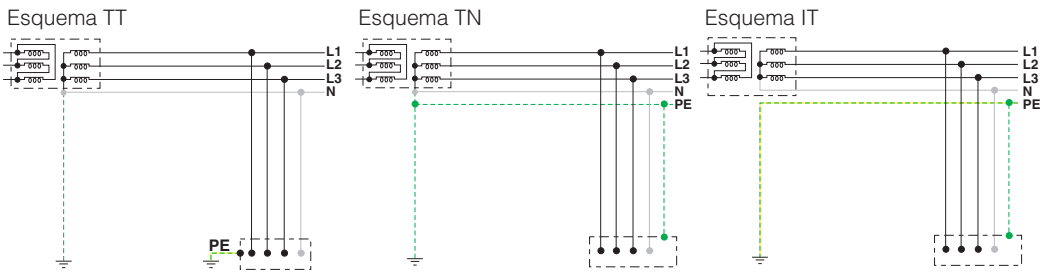


Fig. H2-3-025: *esquemas de los regímenes de neutro.*

Las gamas de interruptores automáticos Merlin Gerin y Telemecanique cubren el conjunto de necesidades de la distribución eléctrica BT, de 0,5 a 6.300 A, esto es:

■ Las gamas de interruptores automáticos de potencia Masterpact NT y NW de Merlin Gerin de 630 a 6300 A.

■ La gama de interruptores de caja moldeada (ICM) Compact:

□ Compact CM de 1250 a 3200 A.

□ Compact C de 800 a 1250 A.

□ Compact NS de 100 a 630 A.

■ Las gamas de interruptores miniatura Multi 9 NG125, C60, DPN de 0,5 a 125 A.

■ Las gamas de interruptores para protección de motor Integral/GV2/GV7 de Telemecanique.

Estos productos responden a las normas de producto UNE 60947-2.

Las gamas de interruptores automáticos Merlin Gerin y Telemecanique de distribución y de protección motor han sido desarrolladas con coherencia. Sus coordinaciones han sido probadas según UNE 60947-2 y están garantizadas por Schneider Electric. Se encuentran disponibles las tablas exhaustivas de coordinación, filiación y selectividad.

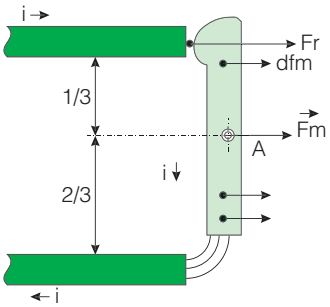
Tecnología de los polos

Para los interruptores de potencia

Las tecnologías de las gamas Masterpact de Merlin Gerin permiten responder perfectamente a las necesidades de selectividad en cabecera de instalación y también a las necesidades específicas de limitación ligadas a ciertas aplicaciones.

La tecnología del polo selectivo

Una fuerte selectividad conlleva el reforzamiento de la resistencia electrodinámica del aparellaje, mediante el efecto de compensación por propia intensidad.



La presión de contacto es proporcional a I^2 en el bucle

Fig. H2-3-026: *compensación electromagnética.*

Esta tecnología se utiliza en todos los Masterpact NT y NW excepto para el modelo L1 de Masterpact NT, que utiliza la tecnología de polo limitador.
Las prestaciones para un poder de corte de 150 kA/415 V en el reducido volumen del Masterpact NT impone el uso de un polo diferente.

La tecnología de polo limitador

Es posible lograr una fuerte capacidad de limitación gracias a:
- Un polo fijo con bucle de intensidad y U magnética.
- Un eje de polo móvil posicionado en el extremo del mismo.

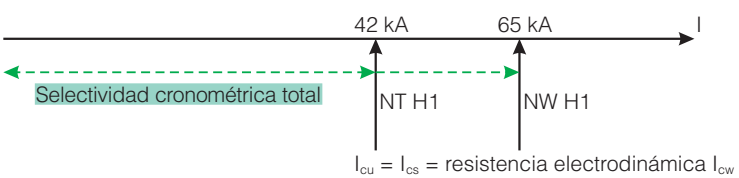
Las innovaciones técnicas de los nuevos Masterpact para unas mejores prestaciones

Masterpact NT y NW, N1 y H1

Estas prestaciones se ajustan perfectamente a las necesidades de las instalaciones industriales o del gran terciario más habituales (I_{cc} < 65 kA). Éstas aseguran una selectividad total con los interruptores Compact NS situados aguas abajo.
Para estas prestaciones, el poder de corte es igual a la resistencia térmica.

$$I_{cs} = I_{cw}$$

Esto permite al aparellaje soportar la intensidad de cortocircuito máxima durante toda la temporización de corto retardo.

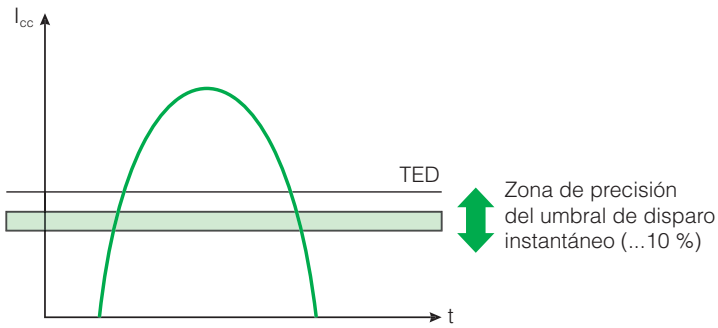


Masterpact NW H2

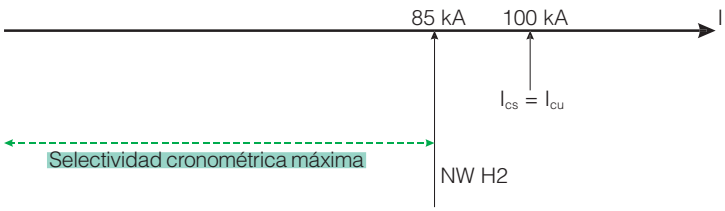
Cuando el nivel de cortocircuito en el punto donde el aparato está ubicado es superior a su resistencia térmica, su poder de corte deberá ser superior a su resistencia térmica $I_{cs} > I_{cw}$.

Es necesaria una protección interna para evitar dañar el aparato.

Se trata de un disparo instantáneo calibrado en fábrica a un umbral justo por debajo de la resistencia electrodinámica (TED).



Zona de precisión del umbral de disparo instantáneo (± 10 %)



I_{cw} = resistencia térmica = umbral DIN de autoprotección

Fig. H2-3-027: *selectividad cronométrica limitada.*

El uso generalizado de transformador de intensidad de aire permite, gracias a una medida más precisa (sin saturación) la aproximación al umbral de resistencia térmica.

Esto mejora sensiblemente el nivel de selectividad, evitando el disparo instantáneo.

Esta prestación asegura para las grandes instalaciones industriales (I_{cc} < 100 kA) una selectividad total con los Compact NS situados aguas abajo.

Masterpact NW H3

Igual que para el Masterpact H2, el nivel de prestación $I_{cs} > I_{cw}$ necesita también el calibraje de un disparo instantáneo.

Para cortar una intensidad presunta de defecto de 150 kA, hace falta intervenir enseguida. Es imposible esperar el paso de la primera onda de intensidad de defecto, ya que la resistencia térmica del aparato es muy inferior.

La tecnología de la cadena electrónica de medida, asociada al accionamiento mecánico de la bobina de disparo, no permite una respuesta suficientemente rápida. La tecnología empleada en los interruptores Masterpact NW ha sido patentada.

Cuando aparece un cortocircuito elevado, este crea una fuerza electromagnética que empuja el polo, separándolo. El movimiento del polo acciona una leva a través de la cadena cinemática. El movimiento de esta leva libera directamente el árbol de los polos antes de la intervención de la cadena de medida electrónica.

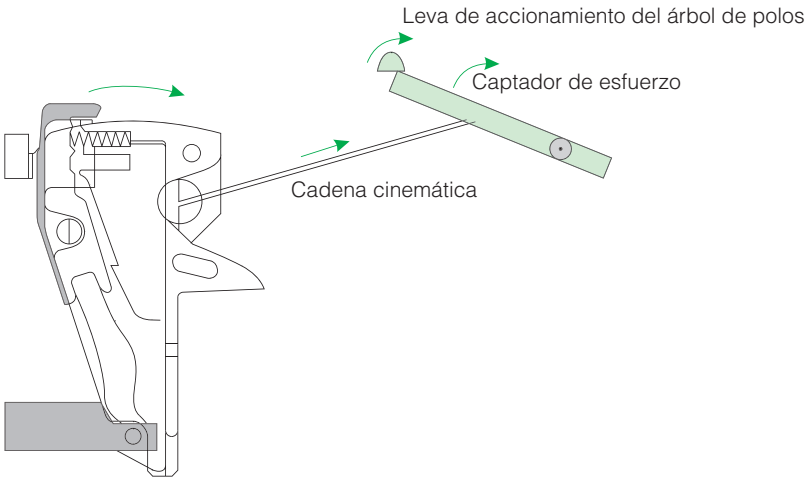


Fig. H2-3-028a: *desconexión con ayuda de repulsión.*

Este disparo por sistema mecánico se hace en paralelo con la cadena de medida electrónica, que confirma la apertura del interruptor e indica el defecto en la cara frontal.
Este sistema permite:
■ Mantener una alta resistencia térmica: I_{cw} = 65 kA 1 s.
■ Por encima de la I_{cw}, provocar un disparo ultra rápido, garantizando una I_{cu} hasta 150 kA.
Esta prestación encaja perfectamente en los casos de instalaciones multifuente con una fuerte intensidad de cortocircuito (> 100 kA) en el juego de barras principal y una imperativa necesidad de continuidad de servicio. La selectividad con los Compact NS situados aguas abajo es total en estándar.

Masterpact NW y NT L1
■ El Masterpact NW L1 recoge todas las prestaciones:
□ Un poder de corte hasta 200 kA/400 V para la gama UL.
□ Una resistencia térmica de 37 kA/400 V.
□ Una importante capacidad de limitación (NW L1 I_{cc} presunta = 390 kA a 380/415 V, I_{cc} limitado = 170 kA).
■ Se utilizan las tecnologías que hemos visto anteriormente:
□ Polo selectivo, al igual que los otros aparatos, para soportar una resistencia térmica de 30 kA/400 V.
□ Sistema de desembrague para abrir más rápidamente bajo cortocircuitos importantes.
Para obtener una capacidad de limitación importante, el polo fijo ha sido modificado. Esta modificación ha sido objeto de una patente.
La capacidad de limitación depende de la tensión de arco creada entre el polo fijo y el polo móvil durante la apertura. Debe establecerse pronto e incrementarse rápidamente a un valor elevado.
Para este fin, se incrementa la fuerza de repulsión y se favorece la proyección del arco dentro de la cámara de corte.
■ Utilización de un bucle de intensidad en U para aumentar el esfuerzo de repulsión.
■ Utilización de una U magnética alrededor del polo fijo para concentrar las líneas de campo y proyectar el arco en la cámara, rápido y alto.
En el momento en el que se produce un cortocircuito fuerte, los polos se abren ligeramente, la U magnética proyecta el arco en las cámaras de corte. La

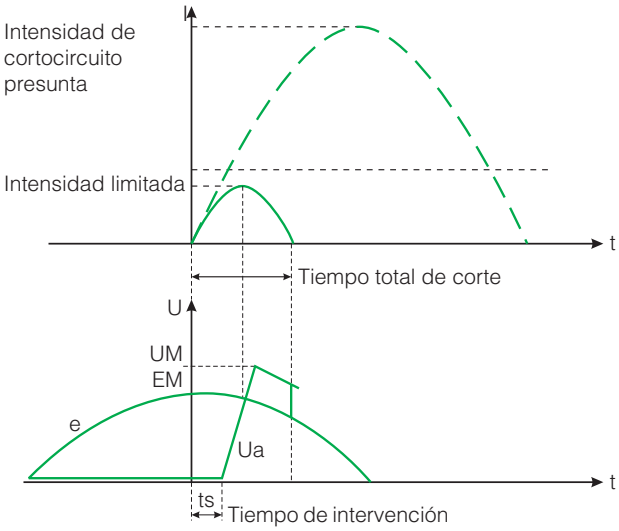


Fig. H2-3-028b: *tiempo de intervención e intensidad limitada Masterpact NW y NT L1.*

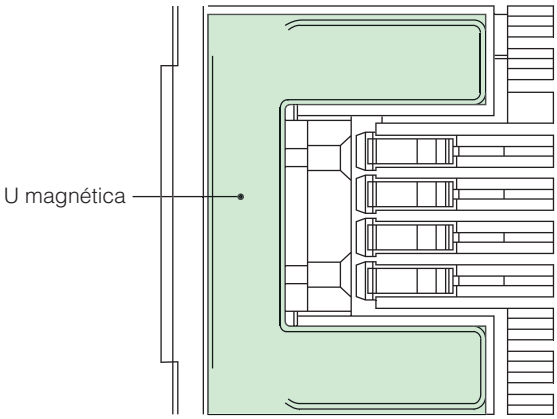


Fig. H2-3-029: *circuito magnético de un contacto de un Masterpact NW y NT L1.*

intensidad de defecto es desviada. El sistema de desembrague abre entonces el interruptor más rápidamente.
Esta prestación satisface las necesidades de limitación de las intensidades de defecto, garantizando un nivel de selectividad de 37 kA inigualado para este tipo de interruptor.

Masterpact NT L1
Utiliza un polo limitador que garantiza una apertura rápida bajo una fuerte intensidad de cortocircuito.
Su capacidad de limitación es muy importante para este tipo de interruptor.
NT L1 I_{cc} presunta = 390 kA e I_{cc} limitada = 75 kA.
Para mejorar las prestaciones de corte y obtener una fuerte limitación de intensidad de cortocircuito en aparatos a priori poco limitadores, se utiliza un relé basado, no en el valor instantáneo de intensidad, sino en una derivación cuya peculiaridad es la de no disparar en la primera semionda de la intensidad de defecto. Cuando aparece una intensidad de cortocircuito, el interruptor aguas abajo abre tan pronto como la intensidad de defecto es superior a

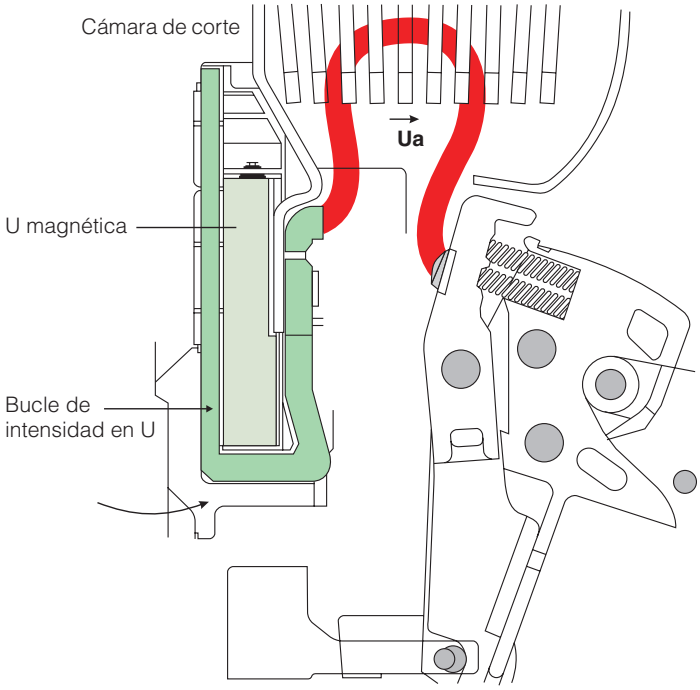


Fig. H2-3-030: *apertura de un contacto móvil de un Masterpact.*

su umbral de disparo y elimina el defecto en menos de una semionda. El Masterpact NT L1 situado aguas arriba no dispara pero sus contactos se repelen; esto es lo que limita las tensiones en el circuito.

Para los Interruptores Automáticos de Caja Moldeada (IACM)

Las gamas de Interruptores Automaticos de Caja Moldeada (IACM) Merlin Gerin y Telemecanique han sido concebidas para asegurar la disponibilidad de la máxima energía para los usuarios.

■ Los interruptores automáticos de caja moldeada (IACM):

□ Dan respuesta de forma óptima a los problemas de selectividad.

□ Son muy limitadores, incluso en cortocircuitos fuertes, para reducir de forma drástica las tensiones en la distribución intermedia.

■ La gama Compact NS de calibre 100 a 630 A se utiliza principalmente:

□ Para la protección de la distribución intermedia.

□ Para proteger las líneas de alimentación de grandes receptores.

Esta gama pone en servicio una técnica novedosa: el **corte rotoactivo**.

Esta técnica de limitación de fuertes intensidades utiliza una nueva energía de disparo, la **presión**, consecuencia de la **energía del arco**.

■ Su funcionamiento se describe a continuación:

□ Cada uno de los polos del interruptor dispone de un recinto en el que un contacto rotativo genera, por repulsión electromagnética, dos arcos en serie coincidiendo con la aparición de la intensidad de cortocircuito.

□ Un dispositivo de pistón y resorte utiliza la presión generada por la energía del arco para provocar, a partir de un determinado valor –aprox. 35 I_n– , un disparo reflejo, aproximadamente 3 ms despues de la repulsión de los contactos.

■ Hasta ese valor, la presión es insuficiente para provocar el disparo y la impedancia de los arcos limita la intensidad de cortocircuito.

■ A partir de entonces, el corte es muy rápido (1 ms) y limita aún más la intensidad de cortocircuito.

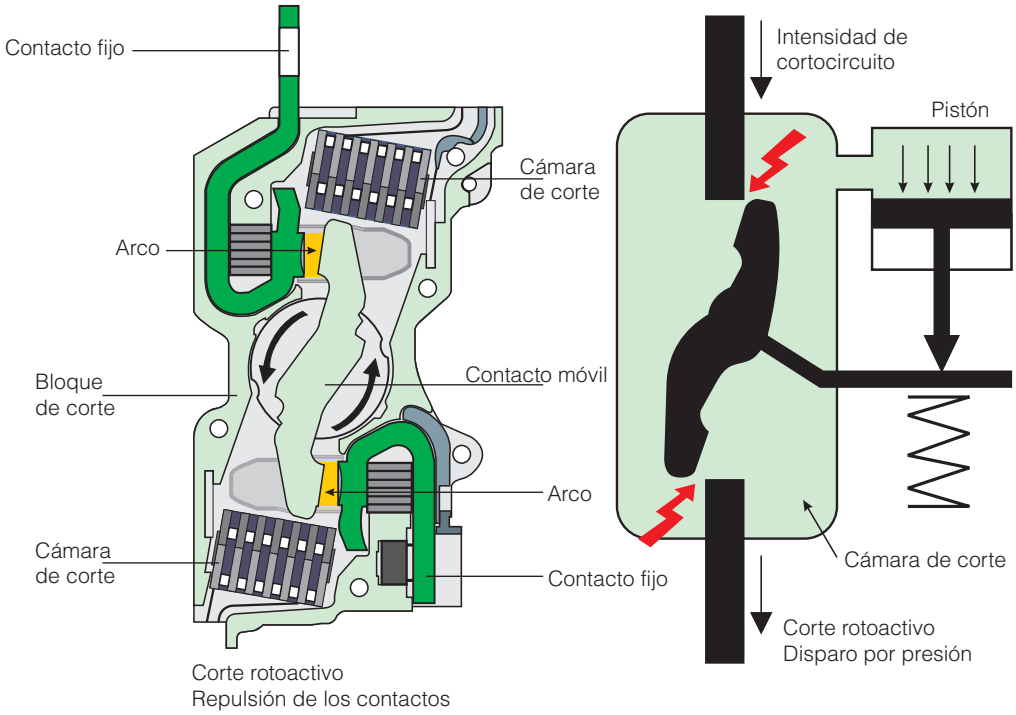


Fig. H2-3-031: *sistema de cortes de los contactos de los interruptores automáticos de caja moldeada de Merlin Gerin.*

Los elementos de los recintos tienen un tamaño vinculado al calibre del aparato.
Asimismo, la limitación es tanto más fuerte cuanto más pequeño es el calibre.
Esta técnica dota al Compact NS de un **poder de limitación excepcional**, le da unas posibilidades de **selectividad** incrementadas.
Esta técnica es también muy interesante para limitar las tensiones en la distribución eléctrica de potencia.

Bloques de relés
Los Compact NS están equipados con un bloque de relés de tipo magnetotérmico o electrónico. La regulación de los umbrales largo retardo (LR) permite asegurar la selectividad amperimétrica.
La protección corto retardo (CR) dispone en estándar de una minitemporización de 5 a 7 ms, que permite una selectividad cronométrica para los cortocircuitos de valor medio a partir del umbral de disparo corto retardo (CR) del interruptor automático D_1 situado aguas arriba.

Para los interruptores miniatura DMI

Los interruptores miniatura multi 9 de las gamas Merlin Gerin ofrecen las prestaciones y características necesarias para satisfacer las exigencias de la distribución terminal:
- Calibre nominal de 0,5 a 125 A.
- Poder de corte hasta 50 kA según CEI 60947-2.
- Curvas de disparo B, C, D y MA.
- Sistema de instalación simple y seguro en carril DIN.

Los interruptores multi 9 han sido concebidos según los principios del actuador magnético, el cual permite generar una tensión de arco muy rápidamente.

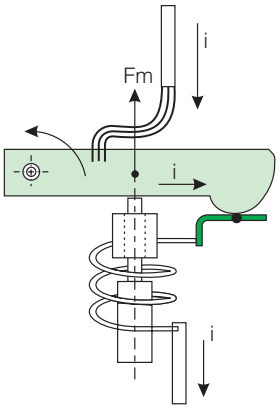


Fig. H2-3-032: *desconexión de los interruptores de carril simétrico.*

Las reglas de selectividad de 1 a 6300 A

Los interruptores automáticos Masterpact N y H aseguran una selectividad total con todos los automaticos situados aguas abajo si se cumplen las 4 condiciones siguientes:
■ El ratio entre las regulaciones de largo retardo de los 2 aparatos es como máximo de 1,6.
■ El ratio entre las regulaciones de corto retardo de los 2 aparatos es como máximo de 1,5.
■ La regulación de los retardos intencionados son compatibles.
■ La regulación del instantáneo, si existe, debe estar en OFF.

Reglas generales de la selectividad (en distribución)

Protección contra las sobrecargas:
■ Interruptores automáticos de aguas arriba y abajo equipados de bloques de reles magnetotérmicos.
La selectividad amperimétrica de los interruptores automáticos Merlin Gerin y Telemecanique está asegurada si el ratio entre los umbrales de disparo:
□ Térmico es superior a 1,6.
□ Magnético es superior a 2.
■ Interruptor automático de aguas arriba equipado de una unidad de control electrónica y de aguas abajo equipado de un bloque de relés magnetotérmico.
La selectividad amperimétrica de los interruptores automáticos Merlin Gerin y Telemecanique está asegurada si el ratio de los umbrales de disparo:
□ Largo retardo (LR) y térmico es superior a 1,6 (*) o 2,5,
□ Corto retardo (CR) y magnético es superior a 1,5.
■ Interruptores automáticos de aguas arriba y abajo equipados de unidades de control electrónicas.
La selectividad amperimétrica de los interruptores automáticos Merlin Gerin y Telemecanique está asegurada si el ratio de los umbrales de disparo:
□ Largo retardo (LR) es superior a 1,2 (*) o 1,6.
□ Corto retardo (CR) es superior a 1,5.
(*) Unidad de control de aguas arriba equipada de un umbral LR temporizable.

Protección contra los cortocircuitos:
■ Selectividad cronométrica.
La selectividad cronométrica de los interruptores automáticos de las gamas Merlin Gerin y Telemecanique está asegurada siempre que haya un decalaje

de un escalón de temporización entre el aparato de aguas arriba y el de aguas abajo.
■ Selectividad lógica.
La selectividad es siempre total.

Reglas de selectividad para Masterpact NT y NW

Masterpact NT y NW de tipo H1 y N1

La selectividad de tipo cronométrico es siempre total con un Masterpact N1 o H1 situado aguas arriba ($I_{cw} = I_{cu}$), cualquiera que sea el interruptor automático colocado aguas abajo.

Masterpact NW de tipo H2 y H3

La selectividad de tipo cronométrico está asegurada hasta el umbral de la resistencia térmica, es decir:
■ 86 kA para un Masterpact NW H2.
■ 65 kA para un Masterpact NW H3.
Al nivel del CGBT:
■ La selectividad sin duda no es total (figura 1) entre una acometida D_1 y una salida D_2.
■ La selectividad es a menudo total (figura 2) entre una salida D_1 y un aparato D_2 situado en un cuadro secundario un poco alejado.

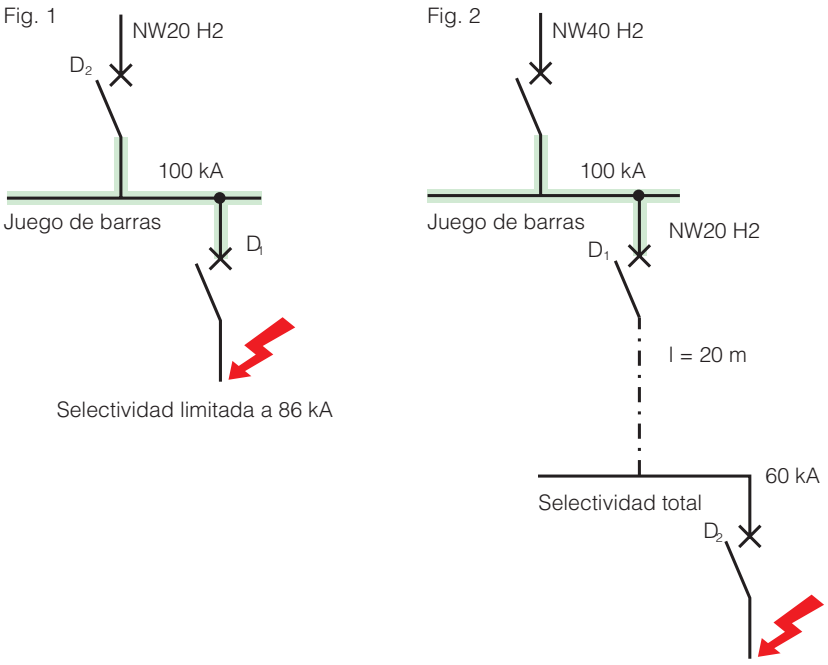


Fig. H2-3-033: *reglas de selectividad para Masterpact NT y NW.*

Reglas de selectividad "natural" entre Compact NS

Selectividad entre interruptores automáticos de distribución

Con Compact NS, pueden establecerse unas reglas simples de selectividad gracias a las nuevas técnicas de corte empleadas.

Protección contra las sobrecargas: selectividad amperimétrica

Como ocurre en general, la selectividad amperimetrica entre interruptores automáticos Compact NS está asegurada si el ratio entre los **umbrales de disparo**:

■ **Largo retardo (LR)** es superior a un valor de **1,2** a **2,5**,
■ **Corto retardo (CR)** es superior a un valor de **1,5** a **2**,
según el tipo de bloques de reles de cada aparato.

Protección contra los cortocircuitos de valor débil
Selectividad cronométrica.
El disparo del aparato de aguas arriba D_1 está ligeramente temporizado hasta el accionamiento reflejo.
Por ello, el interruptor automático de aguas abajo, de un calibre inferior, será mucho más rápido. Éste disparará en un tiempo inferior a la temporización del interruptor automático de aguas arriba.
Esta selectividad, de tipo cronométrico, es aplicable hasta el accionamiento reflejo del aparato de aguas arriba (alrededor de 35 I_n).
La protección entre Compact NS es selectiva si el ratio entre los **calibres** de los interruptores automáticos es superior a **2,5**.

Protección contra los cortocircuitos elevados: selectividad energética
La técnica de corte desarrollada en Compact NS –limitación excepcional y accionamiento reflejo– permite un escalonado natural de las curvas de energía de disparo de D_2 / no disparo de D_1.

Principio
Cuando los aparatos D_1 y D_2 detectan un cortocircuito muy elevado, los contactos de los aparatos se entreabren simultáneamente limitando la corriente.
■ La energía de arco, importante al nivel de D_2, provoca su disparo.
■ La energía de arco, limitada al nivel de D_1, es insuficiente para provocar su disparo.
Por ello, el interruptor automático de aguas abajo, de un calibre inferior, será más limitador. Éste cortará con una limitación en corriente tal que la energía de defecto será muy inferior al umbral de disparo del interruptor automático de aguas arriba.
□ Diagrama tiempo corriente □ Diagrama energía

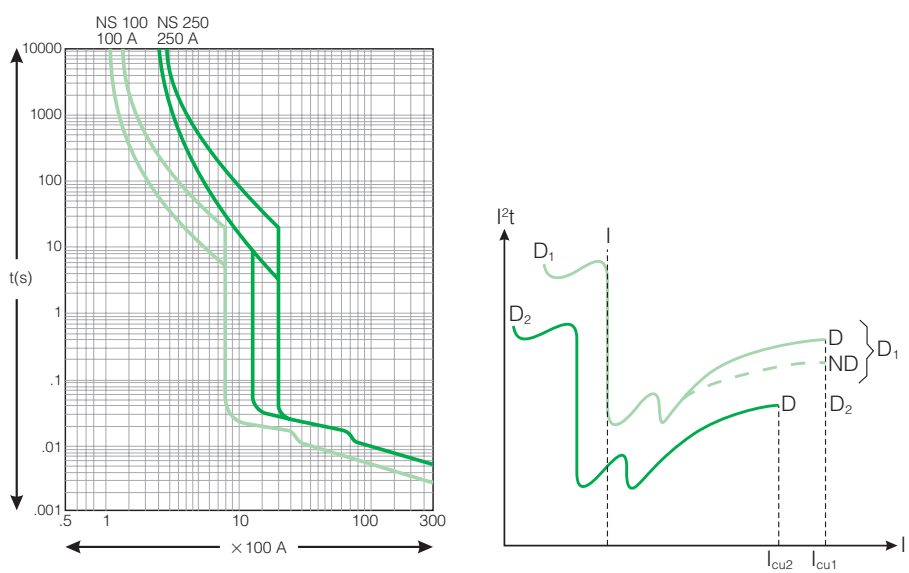


Fig. H2-3-034: *curvas de desconexión de un Compact NS100 y 250 y tipos de selectividad.*

Esta técnica permite hacer estándar las reglas de selectividad entre los aparatos. La protección entre Compact NS es selectiva si el ratio entre los calibres de los interruptores automáticos es superior a 2,5.
Como prolongacion de las selectividades amperimétricas y cronométricas, esta selectividad se denomina **"selectividad energética"**.

Selectividad reforzada por filiación con los Compact NS
Con los interruptores automáticos tradicionales, cuando se utiliza la filiación entre dos aparatos, se hace mediante disparo del interruptor automático de aguas arriba D_1, que ayuda al interruptor automático de aguas abajo D_2 a cortar la corriente. El límite de selectividad tiene un valor (I_s), como máximo igual al poder de corte $I_{cu}D_2$ del interruptor automático de aguas abajo.
Cuando se trata de interruptores automáticos de tipo Compact NS, la técnica de corte utilizada para las corrientes de cortocircuito elevadas permite aumentar el límite de selectividad.

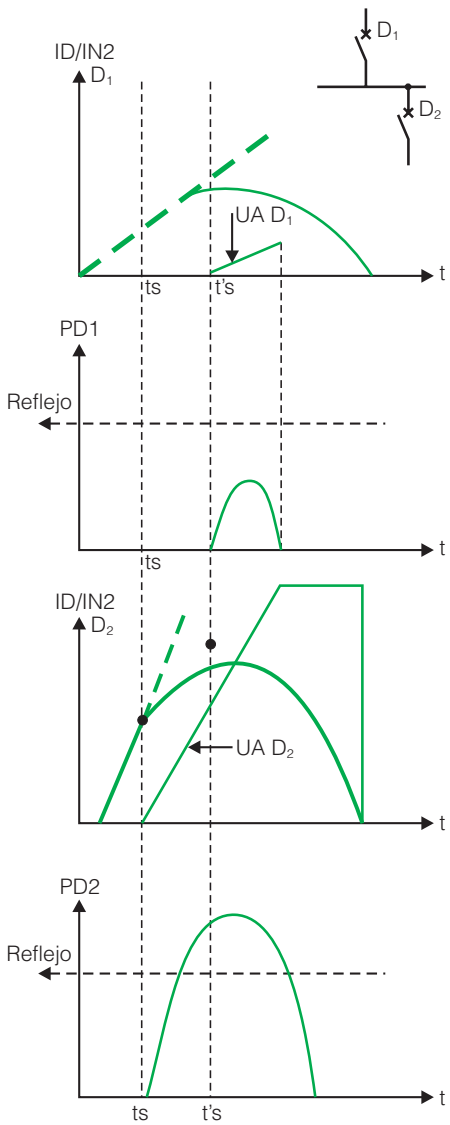


Fig. H2-3-035: *principio de la selectividad reforzada por filiación.*

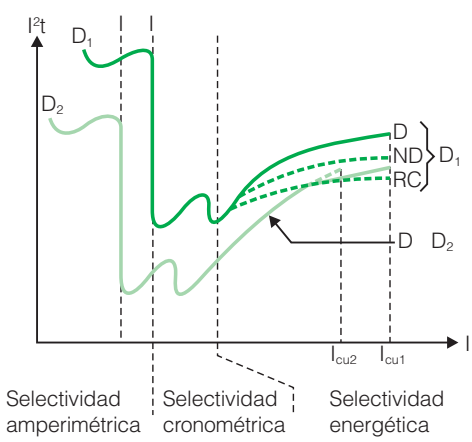


Fig. H2-3-036: *curvas de selectividad reforzada por filiación.*

■ El Compact NS de aguas abajo D_2 ve una corriente de cortocircuito muy importante. El accionamiento reflejo le hace disparar muy rápidamente (< 1 ms) con una fuerte limitación de la corriente de defecto.
■ El Compact NS de aguas arriba D_1 ve una corriente de defecto muy limitada. Esta corriente genera una repulsión de los contactos/curva RC. Esta repulsión da lugar a una tensión de arco que limita aún más la corriente de cortocircuito. Pero la presión de arco es insuficiente para provocar el accionamiento reflejo. Así el Compact NS D_1 ayuda al Compact NS D_2 a cortar la corriente sin dispara r. El límite de selectividad (I_s) puede sobrepasar el poder de corte $I_{cu}D_2$ del interruptor automático de aguas abajo y alcanzar el poder de corte reforzado por filiación.

La selectividad llega entonces a ser total con una optimización del coste de los aparatos.

Ventaja de la selectividad total en estándar con Compact NS
La ventaja inmediata es la de hacer natural la selectividad total con Compact NS siempre que:
■ El escalonamiento de las regulaciones LR y CR es superior o igual a 1,5.
■ El escalonamiento de los calibres nominales de los aparatos es superior o igual a 2,5.
La figura anterior ilustra los tres tipos de selectividad.

Aplicaciones particulares

Comparación con los fusibles
Esta regla es de hecho comparable a la utilizada para las asociaciones de fusibles donde el ratio de las corrientes asignadas (calibres) debe ser superior a 1,6.
Sin embargo, con respecto a las asociaciones con fusibles se tiene:
■ Interruptor automático de distribución.
■ Tablas de selectividad reforzada en función de resultados de ensayos, que permiten a menudo descender a ratios comparables.
■ La posibilidad de obtener la selectividad y la filiación con interruptores automáticos colocados aguas abajo (selectividad reforzada).
■ Interruptor automático de protección motor.
■ Los interruptores automáticos de protección motor están perfectamente dimensionados para el calibre del motor, mientras que el fusible debe estar sobredimensionado con respecto al calibre nominal del motor.
La asociación se beneficia de todas las posibilidades de funciones complementarias integradas ligadas a los interruptores automáticos. El ratio de selectividad es entonces equivalente.
En este sentido, los Compact NS asocian:
■ Las características de los fusibles en los cortocircuitos elevados.
■ Las características naturalmente superiores para el tratamiento de los defectos de sobrecarga y de cortocircuitos de valor débil, con reglas de selectividad.
■ Las ventajas ligadas a la riqueza funcional y a las posiblidades de comunicación de los interruptores automáticos.

Selectividad entre un interruptor automático de distribución y uno de protección
Las características de los Compact NS permiten su utilización en protección motor.

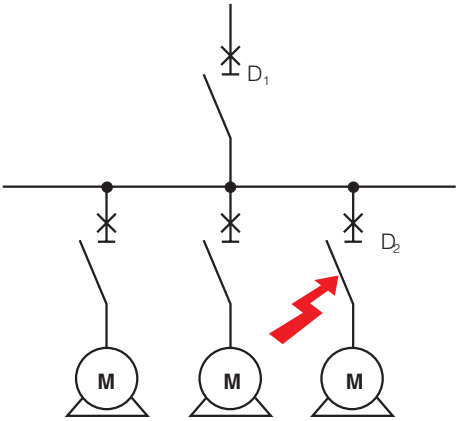


Fig. H2-3-037: *selectividad de los interruptores automáticos en protección motor.*

Síntesis

La tabla siguiente resume las condiciones a cumplir para obtener una selectividad total.

D1	Aplicación	D2	Ratio entre las regulaciones de aguas arriba y aguas abajo	
			Protección térmica I_r arriba / I_r abajo	Protección magnética I_m arriba / I_m abajo
TM…D	Distribución	TM…D	⩾ 1,6	⩾ 2
		STR…SE/GE	⩾ 1,6	⩾ 1,5
	Motor	MA + relé térmico separado	⩾ 3	⩾ 2
		Magnetotérmico motor	⩾ 3	⩾ 2
		STR…ME	⩾ 3	⩾ 1,5
STR…2 o 3 temporización LR fija	Distribución	TM…D	⩾ 2,5	⩾ 1,5
		STR…SE/GE	⩾ 1,6	⩾ 1,5
	Motor	MA + relé térmico separado	⩾ 3	⩾ 1,5
		Magnetotérmico motor	⩾ 3	⩾ 1,5
		STR…ME	⩾ 3	⩾ 1,5
Micrologic 2.0, 5.0, 6.0 y 7.0 STR...4, 5 o 6, temporización LR regulable, decalada en un escalón superior con respecto a la protección de aguas abajo	Distribución	TM…D	⩾ 1,6	⩾ 1,5
		STR…SE/GE, Micrologic	⩾ 1,2	⩾ 1,5
	Motor	MA + relé térmico separado	⩾ 3	⩾ 1,5
		Magnetotérmico motor	⩾ 3	⩾ 1,5
		STR…ME, Micrologic	⩾ 3	⩾ 1,5

Tabla H2-3-038: *tabla resumen de las condiciones para la selectividad total.*

Tablas de selectividad

Las tablas del capítulo de “Complementos técnicos” de la Guía de la distribución eléctrica de Baja Tensión, indican las posibilidades de selectividad de los interruptores automáticos Merlin Gerin entre sí.
Los resultados proceden, según si hay o no filiación, de comparación de características o de ensayos.

Condiciones de utilización

En cada caso se indica si los interruptores automáticos pueden ser utilizados en distribución o en protección motor.

Lectura de las tablas
Las casillas sombreadas o con una letra “T”, corresponden a una selectividad total entre los interruptores automáticos de aguas arriba y de aguas abajo implicados, bajo las condiciones de utilización indicadas en el capítulo “Complementos técnicos”.
En los demás casos se tiene, o bien una selectividad parcial (límite de selectividad indicado), o bien ninguna selectividad (casillas sin ningún valor indicado).

Tablas de selectividad reforzada por filiación con Compact NS
Con los interruptores automáticos de tipo Compact NS, la filiación utilizada entre dos aparatos permite aumentar el límite de la selectividad.
Ésta puede así alcanzar el poder de corte reforzado por filiación y la selectividad se convierte entonces en total.
Esto se traduce en tablas de selectividad denominada “reforzada”, presentadas en el capítulo “Complementos técnicos” de la Guía de la distribución eléctrica de Baja Tensión.

Tablas de filiación

Las tablas del capítulo “Complementos técnicos” de la Guía de la distribución eléctrica de Baja Tensión dan, en distribución 220/240 V y 400/415 V entre fases, así como en protección motor, las posibilidades de filiación conformes a la UNE 60947-2 entre los interruptores automáticos:
■ Multi 9 con multi 9.
■ Compact NS, Compact, Masterpact con multi 9 y entre sí.
En el caso de interruptores automáticos utilizados en red monofásica en régimen TN, se utiliza la tabla 220/240 V.

Nota: las tablas de filiación se dan para un esquema de conexionado a tierra de tipo TN o TT. No son aplicables en esquema IT.

Caso de varios transformadores en paralelo
En este caso, deben utilizarse tablas específicas que indican los tipos de interruptores automáticos a instalar en las salidas de alimentación y en las salidas principales en el caso de 2 o 3 transformadores en paralelo.
■ Se establecen las hipótesis siguientes:
□ Potencia de cortocircuito de la red aguas arriba de 500 MVA.
□ Los transformadores acoplados son idénticos (20 kV/410 V) y tienen un valor corriente de tensión de cortocircuito.
□ La corriente de cortocircuito en el juego de barras no tiene en cuenta las impedancias de las conexiones (caso más desfavorable).
■ Las condiciones de acoplamiento de los transformadores en paralelo están unificadas, es decir, los transformadores tienen:
□ La misma U_{cc}.
□ La misma relación de transformación.
□ Un ratio de potencias - 2.
La (I_{cc}) se da a título indicativo; podrá ser diferente en función de las (U_{cc}) en % dadas por los fabricantes de transformadores; los valores de los poderes de corte reforzados por filiación son entonces dados para valores superiores.

Estudio de la selectividad AT/BT de 1 a 6300 A

La figura H2-3-040, pág. H2/76, muestra la utilización de la coordinación de las diferentes protecciones en una distribución.

Al nivel del CGBT

Los números expresados en (*) relacionan el texto con el diagrama de la fig. H2-3-040, pág. H2/76.

Selectividad con la parte de AT (1)

Los 2 dispositivos de protección están en “serie”. Por ello, las ventajas de continuidad de servicio ligadas a la selectividad entre las protecciones parecen no tener interés. Sin embargo, el interés de la selectividad AT/BT reside sobre todo en el hecho de que la intervención de mantenimiento se realiza de manera menos complicada en BT (accesibilidad, precintado).

La comparación de las curvas de disparo reducidas al secundario del transformador AT/BT muestra que la selectividad entre el Masterpact NW16 y el fusible Solefuse 43 A es:

■ Total: si el Masterpact tiene un disparo sin retardo voluntario.

■ Casi total: si el Masterpact NW tiene un disparo con retardo voluntario en el escalón 0,1 (Micrologic 5.0 A regulable del escalón 0,4 ON a 0,1 ON) en el peor de los casos el límite de selectividad se sitúa en 23 kA (1).

(1) La puesta en paralelo de 2 transformadores crea una (I_{cc}) en el juego de barras común de 70 kA, pero cada uno de los interruptores automáticos de alimentación no ve más que una (I_{cc}) de 23 kA.

Nota: la selectividad es total con un interruptor automático AT aguas arriba.

Selectividad con la parte de BT aguas abajo (2)

Según la regla establecida en el apartado “La reglas de la selectividad de 1 a 6.300 A”, el interruptor automático Masterpact NW16N1 en el escalón 0,1 es totalmente selectivo con todos los interruptores automáticos situados aguas abajo:

■ Si éstos tienen un retardo voluntario un escalón inferior. En este caso, deben estar regulados sin retardo voluntario (escalón 0).

■ Si el ratio de los calibres es < a 1,3.

Por tanto, el Masterpact NW16N1 es totalmente selectivo con el Compact C1001H situado aguas abajo.

Filiación

No hay filiación entre los interruptores automáticos NW16N1 y C1001H.

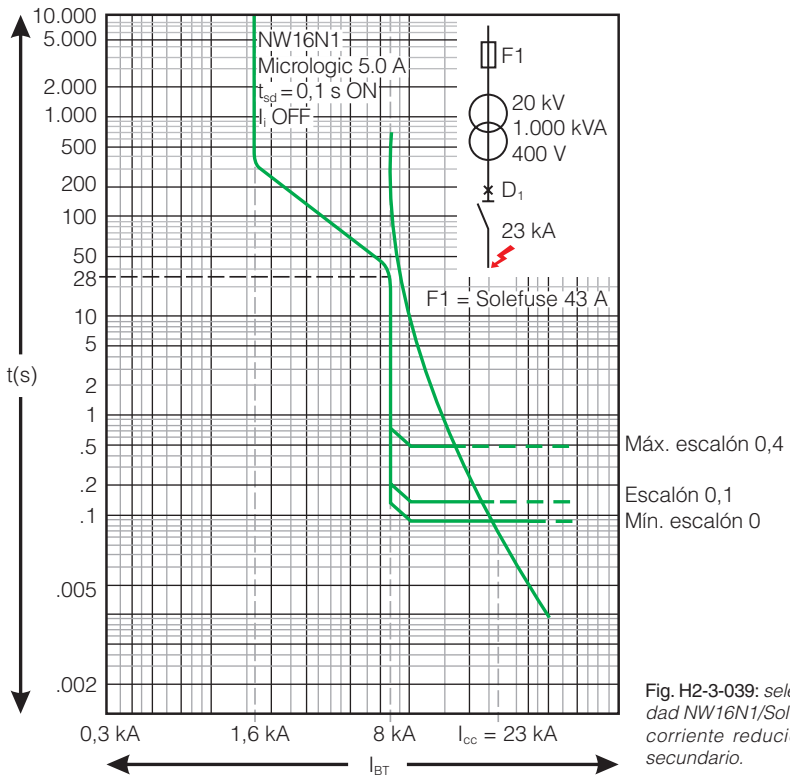


Fig. H2-3-039: *selectividad NW16N1/Solefuse corriente reducida al secundario.*

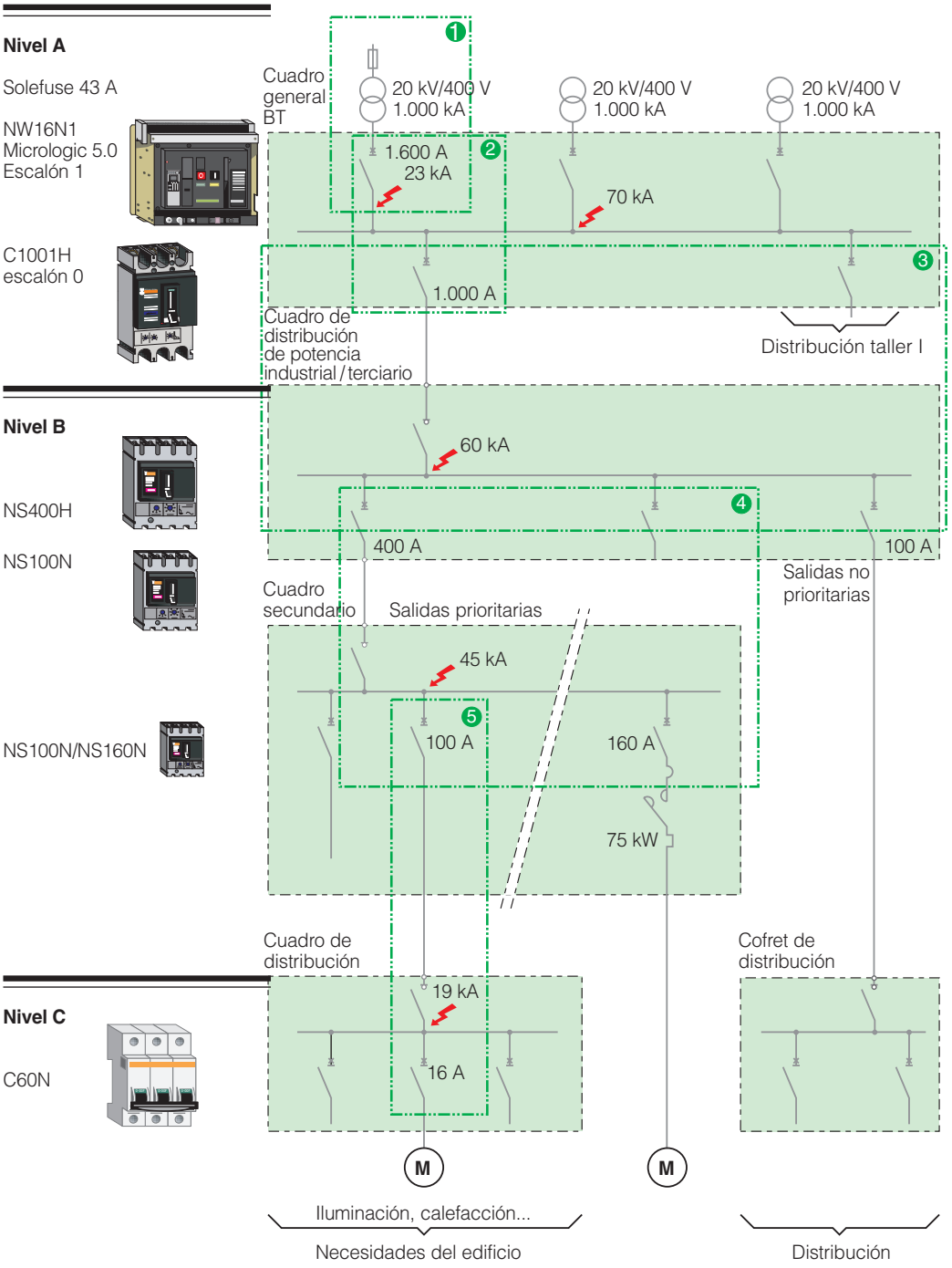


Fig. H2-3-040: *esquema simplificado de una instalación tipo que engloba la mayoría de los casos encontrados en la práctica.*

Al nivel del cuadro de distribución de potencia (3)
La filiación entre el C1001H y los NS400/NS100, reforzando el poder de corte de los NS, permite la utilización de NS tipo N.
Las tablas de selectividad del capítulo "Complementos técnicos" de la Guía de la distribución eléctrica de Baja Tensión, muestran que la utilización de los interruptores automáticos NS de tipo N son "totalmente selectivos" con el C1001H. Esta selectividad se limita al poder de corte intrínseco del aparato de aguas abajo, es decir 25 kA para el NS100N y 45 kA para el NS400N, respectivamente.
Al nivel de la instalación (figura H2-3-040 de la página anterior), el NS100 alimenta salidas no prioritarias. Por tanto, la colocación de un Compact NS100 de tipo N que proporciona una selectividad hasta 25 kA es una solución optimizada de la protección.
En cambio, el NS400 alimenta receptores que necesitan una alta disponibilidad de energía eléctrica. La selectividad total para el usuario, es decir hasta el nivel de la (I_{cc}) presunta, es requerida. Es por tanto necesario colocar un NS400 de tipo H, que asegura estas prestaciones gracias al gran poder de limitación de este interruptor automático.

Al nivel del cuadro secundario (4)
Aguas abajo del interruptor automático NS400H, la coordinación con el interruptor automático NS160N se hace gracias a la selectividad reforzada:
■ Con refuerzo del poder de corte del NS160N (hasta 70 kA).
■ Con refuerzo de la selectividad (hasta el poder de corte reforzado del NS160N, es decir, 70 kA).
La selectividad es total.

Nota: la regla de selectividad entre Compact NS. Es adecuado aplicar los criterios de "Selectividad reforzada por filiación con los Compact NS" (pág. H2/71).

Interruptor automático de protección motor
■ Coordinación con respecto a la distribución de aguas arriba.
La potencia del motor (75 kW) necesita a 400 V una protección a través de un interruptor automático NS160 MA regulado a 150 A. Las prestaciones de la coordinación son idénticas a las establecidas para la protección de distribución, es decir:
□ Refuerzo del poder de corte del NS160 MA.
□ Refuerzo de la selectividad (hasta el poder de corte reforzado del NS160 MA, es decir 70 kA).

Nota: la protección por fusible en este caso se haría con un aM cuyas características son análogas a un fusible de calibre 250 A. El ratio de selectividad interruptor automático/interruptor automático o fusible/fusible es en este caso idéntica.

■ Coordinación al nivel de la salida motor.
La calidad de limitación del interruptor automático NS160 permite una coordinación de tipo 2 con componentes estándar: relés de protección térmica y contactores de Telemecanique. Esta coordinación está garantizada por Schneider Electric.

Nota: la protección por fusible entraña un sobredimensionado de los componentes de la salida motor para obtener una coordinación de tipo 2.

Al nivel del cuadro de distribución terminal (5)
Pese al nivel de (I_{cc}), en este punto de la instalación, las prestaciones de coordinación entre las gamas Compact NS y M9 permiten tener una selectividad total utilizando un C60N estándar.
La selectividad total de esta instalación ha sido realizada entre:
■ La AT y la BT.
■ En 5 escalones de la distribución BT.

Schneider Electric pone igualmente a su disposición un programa informático de ayuda a la definición de los interruptores automáticos, **ECOdial**. Este software permite optimizar la elección de los interruptores automáticos y de sus regulaciones en función del tipo de instalación.

3.2. La aparamenta de protección contra las sobreintensidades

Los fusibles

Dos tipos de fusibles:
■ De uso doméstico.
■ De uso industrial.

Fig. H2-3-041: *símbolo de los fusibles.*

Generalidades:
■ Existen con o sin indicadores mecánicos de fusión.
■ Son esencialmente aparatos de protección, donde la función es de abrir todo o parte de un circuito, por fusión de uno o varios fusibles, cuando la corriente sobrepasa un valor predeterminado durante un tiempo pre-establecido.
■ Las normas definen en función del uso dos tipos de fusibles:
□ Fusibles de uso doméstico, tipo B.
□ Fusibles de uso industrial, tipos gl o aM.
■ Los fusibles domésticos e industriales se diferencian esencialmente por las tensiones de utilización, los calibres y los poderes de corte (ver la tabla H2-3-042 en la página siguiente).

Características de los fusibles cilíndricos				
Tipo	Calibre (A)	Dimensiones (cm)	Tensión (V)	Poder de corte (kA)
Cartuchos cilíndricos domésticos tipo B	2 a 10	8,5 · 23	250	4
	16	10,3 · 28,5	250	4
	20	8,5 · 31,5	380	8
	25	10,3 · 31,5	380	8
	32	10,3 · 38	380	8
Cartuchos cilíndricos industriales tipos gl y aM	Todos	8,5 · 31,5	380	20
	I 10	10 · 38	500	80
	25	10 · 38	660	80
	I 25	14 · 51	660	140 (aM) 100 (gl)
	32 y 40	14 · 51	500	140 (aM) 100 (gl)
	50	14 · 51	400	140 (aM) 100 (gl)

Tabla H2-3-042: *tabla de características de los fusibles cilíndricos.*

Características cartuchos fusibles NH			
Bases tamaño	Cartucho intensidad	Tensión	Intensidad
00	160	500 V	o 6 a 160 A
0	160	500 V	o 6 a 160 A
1	250	500 V	o 35 a 250 A
2	400	500 V	o 80 a 400 A
3	630	500 V	o 315 a 630 A
4a	1.250	500 V	o 500 a 1.250 A
00	160	660 V	o 6 a 160 A
1	250	660 V	o 35 a 250 A
2	400	660 V	o 80 a 400 A
3	630	660 V	o 315 a 500 A

Tabla H2-3-043: *tabla de características de fusibles NH.*

Zonas de fusión-corrientes convencionales

Las condiciones de fusión en un cortocircuito son definidas por las normas. Se clasifican en:

- ■ Cartuchos cilíndricos (UTE):
- □ Protección líneas gl.
- □ Protección motores aM.
- ■ Cartuchos Diazed, Neozed y NH:
- □ Protección líneas gl, gI < 100 A y gI > 100 A.
- □ Protección motores gl.

Fusibles clase gl

El fusible permite asegurar la protección contra las sobrecargas y los cortocircuitos:

La corriente convencional de no fusión y de fusión son normalizadas (ver tabla H2-3-046 en la pág. H2/81).

La corriente convencional de no fusión Inf es el valor de la corriente que puede soportar el elemento fusible durante un tiempo específico sin fundir (la expresión de un tiempo preciso, en vez de permanente, es debido al propio envejecimiento del fusible).

Ejemplo: Un fusible de 32 A en el que circula una corriente de 1,3 I_n (41,6 A) no debe fundir antes de una hora.

Características de los fusibles Diazed y Neozed							
Fusibles Diazed			Diazed - Neozed		Fusibles Neozed		
Bases			Cartucho		Bases		
Tamaño	Rosca	Tensión	Intensidad	Identificación	Tamaño	Rosca	Tensión
DII - otro	E27-E16	500 V	2 A	Rosa	D0 1	E14	380 V
	E27-E16	500 V	4 A	Marrón		E14	380 V
	E27-E16	500 V	6 A	Verde		E14	380 V
	E27-E16	500 V	10 A	Rojo		E14	380 V
	E27-E16	500 V	16 A	Gris		E14	380 V
	E27-E16	500 V	20 A	Azul		E14	380 V
	E27-E16	500 V	25 A	Amarillo		E14	380 V
DIII	E33	500 V	35 A	Negro	D0 2	E18	380 V
	E33	500 V	50 A	Blanco		E18	380 V
	E33	500 V	63 A	Cobre		E18	380 V
DIV	R 1 1/4"	500 V	80 A	Plata	D0 3	M30-2	380 V
	R 1 1/4"	500 V	100 A	Rojo		M30-2	
DIII	E33	660 V	2 A	Rosa			
	E33	660 V	4 A	Marrón			
	E33	660 V	6 A	Verde			
	E33	660 V	10 A	Rojo			
	E33	660 V	16 A	Gris			
	E33	660 V	20 A	Azul			
	E33	660 V	25 A	Amarillo			
	E33	660 V	35 A	Negro			
	E33	660 V	50 A	Blanco			
	E33	660 V	63 A	Cobre			

Tabla H2-3-044: *tabla de características de los fusibes Diazed y Neozed.*

La corriente convencional de fusión If es la corriente que provoca la fusión antes de la extinción de un tiempo específico.

Ejemplo: Un fusible de 32 A en el que circula una corriente de 1,6 I_n (52,1 A) debe fundir antes de una hora.

■ Estas dos características explican que:

□ Los fusibles no son adecuados para pequeñas sobreintensidades.

□ Es necesario tomar una sección superior de conductor a la correspondiente a la de la intensidad de empleo, a fin de evitar el deterioro del conductor con sobreintensidades pequeñas de larga duración, en las que el fusible no actúa.

■ En comparación con un interruptor automático Compact:

□ La corriente convencional de no desconexión antes de 1 hora es 1,05 I_n.

□ La corriente convencional de desconexión antes de 1 hora es 1,25 I_n.

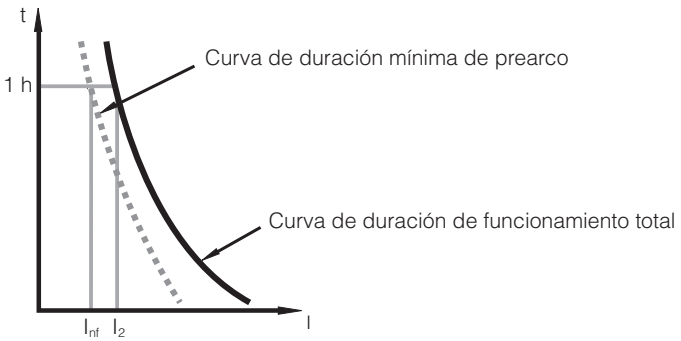


Fig. H2-3-045: *zonas de fusión y de no fusión por fusible gl.*

Características fusión fusibles			
Clase		Corriente en (A)	
	Asignada I_n	De no fusión I_{nf}	De fusión I_{nf}
gI	I_n I 4 A	1,5 I_n	2,1 I_n
	4 I I_n I 10 A	1,5 I_n	1,9 I_n
	10 I I_n I 25 A	1,4 I_n	1,75 I_n
	I_n L 25	1,3 I_n	1,6 I_n

Tabla H2-3-046: *tabla de las corrientes asignadas y corriente convencional de fusión y no fusión.*

Fusibles clase aM (acompañamiento motor):
Este fusible sólo asegura la protección contra los cortocircuitos y se utilizan sobre todo en asociación con otros aparatos (relés térmicos, interruptores automáticos) a fin de asegurar la protección contra las sobrecargas menores de 4 I_n. Por tanto no son autónomos. Los fusibles aM no están previstos para la protección de las pequeñas sobrecargas.

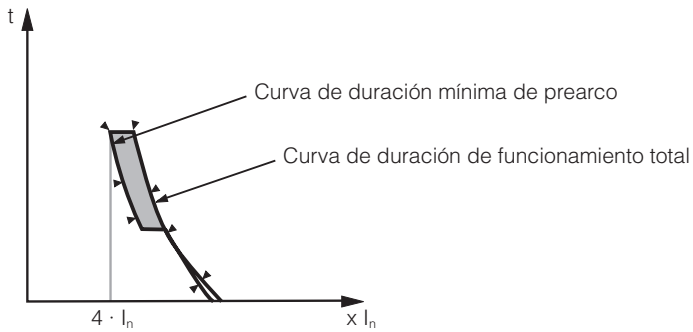


Fig. H2-3-047: *zonas de fusión normalizadas por los fusibles aM.*

Las corrientes convencionales de fusión y no fusión no son valores fijos, funcionan a partir de 4 I_n, y el tiempo de fusión depende de las características de fabricación y de su envejecimiento.

Poder de corte
Los fusibles se caracterizan por un excelente poder de corte, apreciado en caso de cortocircuitos importantes.
Su eficacia está en la rapidez de la fusión, que logra que la corriente de cortocircuito posible de establecerse no alcance su valor máximo.
Es lo que llamamos capacidad de limitación de la corriente de cortocircuito.
Reduciendo así los efectos de la corriente sobre el circuito y los receptores.

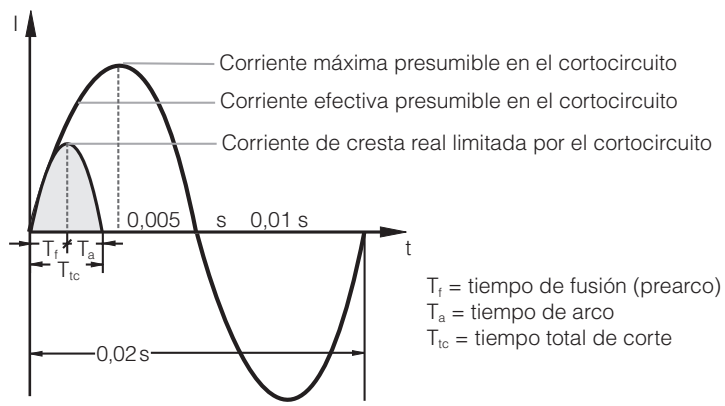


Fig. H2-3-048: *corriente de cortocircuito limitada por un fusible.*

Los aparatos combinados

Permiten realizar las instalaciones con menos aparamenta y menos estudios de compatibilidad.
Los aparatos simples no realizan simultáneamente las tres funciones base: protección, mando y seccionamiento.
Cuando la solución interruptor automático no es posible (generalmente porque la frecuencia de maniobras solicitadas es importante), se resuelve con la asociación de dos funciones.
Las combinaciones de aparatos más frecuentes son las de:

Interruptor fusible

Distinguimos:
■ Aquellos en que la fusión de un fusible comporta la apertura del interruptor. Permite acoplar una serie de accesorios tales como bobinas de mínima tensión, bobinas de emisión, fusibles a percutor, contactos de fusión, contactos de señalización de posición, etc., que actúan con un interruptor general de desconexión libre.
■ Este género de aparatos existe principalmente para intensidades importantes (a partir de 100 A), donde frecuentemente llevan adjuntos relés térmicos de fase para poder actuar en las sombras de las sobrecargas de los fusibles.
■ Si el interruptor es de clase AC-22 o AC-23, y puesto que está asociado a un relé térmico que sea adecuado para la protección de motores, esta combinación la podemos utilizar para la maniobra de motores, de baja frecuencia de maniobras.
■ Los que están simplemente constituidos por un interruptor y fusibles sin ser unidos en un mismo chasis o cofret y sin carácter de servidumbre. La normativa los contempla hasta valores de 63 A/400 V y los clasifica como aparatos combinados para usos domésticos o análogos.
Atención: esta denominación nos puede inducir a confusión con la denominación comercial de los interruptores fusibles.

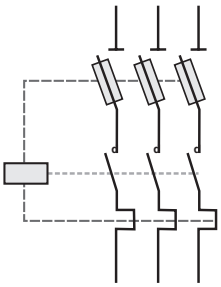


Fig. H2-3-049: *símbolo de un interruptor fusible con relé térmico.*

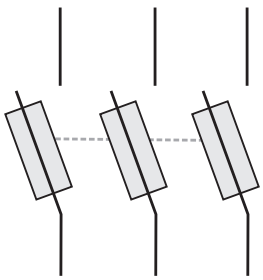


Fig. H2-3-050: *símbolo de un interruptor fusible.*

Seccionador fusible + discontactor e interruptor fusible + discontactor

Un discontactor no asegura la protección contra las corrientes de cortocircuito. Adjuntamos unos fusibles (generalmente de clase aM) para poder suplir esta función.
Este acoplamiento está regulado por la normativa y se utiliza generalmente para la protección de motores.
El seccionador o el interruptor automático permite con máxima seguridad:
■ El recambio de los fusibles fuera de tensión.
■ Los trabajos de mantenimiento o reparación aguas abajo, sin riesgo de accionamiento a distancia del contactor.

El seccionador deberá ser enclavado con el contactor para que nunca pueda ser accionado en carga.
El interruptor deberá ser de clase AD-22 o AC-23, puesto que trabaja en la protección de un motor.

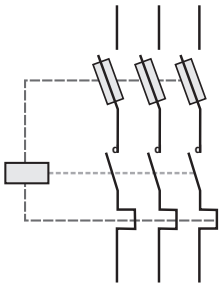


Fig. H2-3-051: *símbolo de un seccionador fusible y un discontactor (contactor + relé térmico).*

Contactor interruptor automático. Discontactor interruptor automático
Estas asociaciones utilizadas en distribución y telemando a gran cadencia de maniobras (contactor interruptor automático) o en mando y protección de un circuito de alimentación de motores (discontactor interruptor automático) son estudiados en detalle en el capítulo J5 “La protección de motores asíncronos” del tercer volumen.

Elección de la aparamenta

Después de un estudio de las funciones básicas de la aparamenta y los diferentes tipos de aparamenta que estudiamos en este apartado, la tabla H2-3-052 de la página siguiente resume las aptitudes a las funciones básicas de algunos aparatos.

Elección del tipo de aparato

■ Los programas **ECOdial** aportan una ayuda muy grande en este campo, estudiando circuito a circuito.
■ Para cada circuito se determina la lista de funciones necesarias a la protección y a la utilización de la instalación, relacionadas en la tabla H2-3-052, pág. H2/84.
■ Además, coordinándolas con aquellas que se han realizado aguas arriba (por ejemplo: la protección contra contactos indirectos por DDR), con la finalidad de obtener:
□ Un buen funcionamiento.
□ La compatibilidad de los elementos elegidos, en función de la I_n y la I_{cc}.
□ La compatibilidad de acoplamiento, con los aparatos emplazados aguas arriba y teniendo en cuenta su aportación,
□ Todas las prescripciones de seguridad.
■ Para determinar el número de polos de la aparamenta, con ayuda del capítulo H1, apartado 3, tabla H1-3-050, pág. H1/116.
■ Los aparatos multifunción, más costosos de compra, pero que ahorran costos de instalación y tiempos de uso y mantenimiento, acostumbran a ser la mejor solución.

Elección de la aparamenta								
	Aislamiento	Maniobra				Protección		
	Seccionamiento	Funcional	Corte de emergencia	Paro de emergencia (mecánico)	Corte por mantenimiento mecánico	Sobrecarga	Cortocircuito	Diferencial
Seccionador	■							
Interruptor	■	■	■	■ (1)	■ (1) (2)			
Interruptor diferencial (5)	■	■	■	■ (1)	■ (1) (2)			■
Interruptor / seccionador	■	■	■	■ (1)	■ (1) (2)			
Contactor		■	■	■ (1)	■ (1) (2)	■ (3)		
Telerruptor		■	■		■ (1) (2)			
Fusibles	■					■	■	
Interruptor automático (5)		■	■	■ (1)	■ (1) (2)	■	■	
Interruptor automático seccionador	■	■	■	■ (1)	■ (1) (2)	■	■	
Interruptor automático diferencial (5)	■	■	■	■ (1)	■ (1) (2)	■	■	■
Unión con la instalación (principio general)	Al origen de cada circuito	Por cualquier motivo de explotación podemos interrumpir el suministro	En general al al origen de cada cuadro	Al nivel de los circuitos que alimentan las máquinas	Al nivel de los circuitos que alimentan las máquinas	Al origen de cada circuito	Al origen de cada circuito	
Textos reglamentarios (2)	UNE 20460 (462 y 537-2) REBT	UNE 20460 (465 y 537-5) REBT	UNE 20460 (464 y 537-4) REBT	UNE 20460 REBT	UNE 20460 (463 y 537-3) REBT	UNE 20460 (43)	UNE 20460 (43)	UNE 20460 (413 y 532-2)

Tabla H2-3-052: *tabla resumen de las características de la aparamenta.*

(1) Corte de todos los conductores activos.
(2) El mantenimiento de la alimentación por necesidades de frenado.
(3) Si es asociado a un relé térmico se acostumbra a llamar discontactor.
(4) El REBT lo impone en cabecera de una instalación.
(5) Ciertos aparatos pueden ser aptos para el seccionamiento sin llevar la marca correspondiente por el solo hecho de cumplir su normativa de construcción.

Interruptores seccionadores y pequeños portafusibles modulares			
Tipo de aparato	Portafusibles	Seccionadores con fusibles	Interruptores seccionadores con fusibles
Características			
Corte en carga	No	Posible únicamente con un contactor asociado	Sí
Tipo de fusible	NF C o DIN		NF C, DIN o BS
Cartuchos fusibles	1...125 A	1...500 A	1...1250 A
Referencias	DF6, GK1-C, D, E, F	LS1, GK1 (sin fusibles)	GS1
Aplicaciones	Protección de circuitos de control o transformadores	Protección de motores	Protección de motores o de variadores de velocidad

Tabla H2-3-053: *guía de elección de los interruptores seccionadores con fusibles de 32 a 1250 A.*

Seccionadores con fusibles incorporados					
Características					
Tipo de seccionadores			LS1-D25	GK1-E•	GK1-F
Entorno					
Conformidad a normas	NF EN 60947-3		•	•	•
	CEI 60947-3		•	•	•
Certificación de productos			BV	–	–
			ASE	–	–
Tratamiento de protección			"TH"	"TC"	"TC"
Temperatura del aire ambiente, funcionamiento con puentes sin disminución de las características		°C	–50...+70	–50...+70	–50...+70
Inclinación máxima, en relación a la posición vertical de montaje normal			± 23°	± 23°	± 23°
Características de los polos					
Tamaño de los fusibles			10 · 38	14 · 51	22 · 58
Tensión asignada de empleo, con puentes, c.a.		V	690	690	690
Corriente permanente máxima, con una temperatura ambiente de 40 °C		0 min			
	– Con puentes	Cable/I_e	4/25	10/50	35/125
		mm^2/A	2,5/16	6/40	25/100
	– Con fusibles aM	mm^2/A	4/22	10/50	35/125
		mm^2/A	2,5/20	6/35	25/100
	– Con fusibles gl	mm^2/A	2,5/20	10/40	25/100
		mm^2/A	1,5/16	6/32	16/80

Seccionadores con fusibles incorporados (continuación)					
Tipo de seccionadores			LS1-D25	GK1-E•	GK1-F
Características de los contactos de precorte		mm^2/A			
Tensión asignada de empleo			500	500	500
		V CA	440	440	220
Corriente convencional térmica		V CC	10	6	6
Características de los cartuchos fusibles		A			
Tamaño del cartucho			10 · 38	14 · 51	22 · 58
Tipo aM	400 V CA		25	50	125
	500 V CA	A	16	40	80
	660 V CA	A	–	25	50
Tipo gl	400 V CA	A	20	40	100
	500 V CA	A	20	40	80
	660 V CA	A	–	25	50
Potencia disipada máxima del cartucho		A	3,2	8,5	18
Capacidad de los bornes mín./máx.					
Conductor	Rígido	w	1/4	2,5/25	16/70
	Flexible con terminal	mm^2	1/6	2,5/25	16/50
	Flexible sin terminal	mm^2	1/4	2,5/16	6/–
Forma de conexionado		mm^2	Conector	Conector	Conector
Par de apriete		Nm	1,2	2	2

Tabla H2-3-054: *tabla de características de los seccionadores con fusibles incorporados.*

Interruptores seccionadores con fusibles de 32 a 1250 A									
Aplicaciones	Los interruptores seccionadores de fusibles GS1 aseguran el corte y el cierre en carga, el seccionamiento de seguridad y la protección contra las sobreintensidades. Se utilizan, generalmente, como interruptor general de un cuadro eléctrico, comprendiendo el paro de emergencia								
Tipo de fusibles	NF C o DIN								
Corriente térmica (I_{th})	50 A	63 A	100 A	125 A	160 A	250 A	400 A	630 A	1250 A
Número de polos	3 o 4								
Dimensiones cartuchos fusibles	14 · 51	T00C	22 · 28	22 · 58 T00	T0 T00	T1	T2	T3	T4
Mando interior enclavable	Lateral						Lateral o frontal		
Mando exterior protegido y enclavable	Lateral o frontal						Lateral o frontal		
Tensión asignada de empleo (U_e)	690 V								

H2
3

Gama de interruptores automáticos de carril DIN

Merlin Gerin dispone de una gama de interruptores automáticos de carril DIN de las mas completas de Europa. Además ha incorporado el sistema **Clario** para facilitar la instalación de la aparamenta en los cuadros eléctricos y la comunicación de todas las protecciones: contra los choques eléctricos, contra las sobreintensidades, a base de peines y bornes complementarios de los cuales realizaremos una descripción al final del capítulo.

Interruptor de control de potencia C60N ICP-M

Interruptor de control de potencia, 6000.
Aprobación de la Dirección General de Energía, B.O.E. n.º 192 del 11 de agosto de 1992 (de 1,5 a 45 A) y B.O.E. n.º 287 del 1 de diciembre de 1998 (de 50 y 63 A) y de conformidad a UNESA 6101 C y UNE 20317-88.

Principales aplicaciones

Como interruptor de control de potencia (ICP) de los abonados:
- En instalaciones domésticas.
- En distribución terminal terciaria (hoteles, edificios públicos, escuelas, bancos, grandes almacenes...) e industrial.

Descripción:

- 18 mm por polo.
- Número de maniobras (A-C): 20.000.
- Bornes para cables rígidos de hasta:
  - 25 mm^2 para calibre 25 A.
  - 35 mm^2 para calibre > 25 A.

Interruptores seccionadores con fusibles de 32 a 1.250 A (continuación)									
Corriente asignada de empleo (I_e) a 400 V, AC - 23B	50 A	63 A	100 A	125 A	160 A	250 A	400 A	630 A	1250 A
Poder asignado de corte a 400 - 23B	400 A	500 A	800 A	1000 A	1280 A	2000 A	3200 A	5040 A	10000 A
Poder asignado de cierre a 400 V, AC - 23B	500 A	630 A	1000 A	1250 A	1600 A	2500 A	4000 A	6300 A	12500 A
Corriente eficaz asignada de cortocircuito condicional a 400 V, con fusibles, gG (gl)	100 kA	100 kA	100 kA	100 kA	100 kA	100 kA	100 kA	100 kA	100 kA
Tipos de interruptores seccionadores con fusibles	GS1-F	GS1-G	GS1-J	GS1-K o KK	GS1-L o LL	GS1-N	GS1-QQB	GS1-S	GS1-V

Garantizan simultáneamente la protección y el seccionamiento, con todas las funciones de seguridad anexas, tales como los candados y cerraduras.
Su compacidad les permite, igualmente, ser instalados en equipos de automatismos extensos o simples, asegurando las mismas funciones de interrupción y protección en cabecera del equipo, de grupos o terminales de salidas tales como motores.

BS										
32 A	63 A	100 A	160 A	200 A	250 A	315 A	400 A	630 A	800 A	1250 A
3 o 4										
A1	A2-A3	A4 O ⩽ 31 mm	A4-B1-B2	B1-B2	B1...B3	B1...B3	B1...B4	C1 - C2	C1...C3	D1
Lateral							Lateral o frontal			
Lateral o frontal							Lateral o frontal			
690 V										
32 A	63 A	100 A	160 A	200 A	250 A	250 A	400 A	630 A	800 A	1000 A
260 A	500 A	800 A	1280 A	1600 A	2000 A	2000 A	3200 A	5040 A	6400 A	10000 A
320 A	630 A	1000 A	1600 A	2000 A	2500 A	2500 A	4000 A	6300 A	8000 A	8000 A
100 kA	100 kA	100 kA	80 kA	80 kA	80 kA	55 kA	100 kA	100 kA	100 kA	100 kA
GS1-DB	GS1-GB	GS1-JB	GS1-LB o LLB	GS1-MB	GS1-NB	GS1-PB	GS1-QB	GS1-SB	GS1-TB	GS1-VB

Tabla H2-3-055: *tabla de características de los interruptores seccionadores con fusibles de 32 a 1250 A.*

Características:
- Calibre In: 1,5 a 63 A.

N.º de polos I – I + N – II – III – IV.
- Temperatura de referencia: 20 °C.
- Tensión de empleo: 230/400 V CA.
- Poder de corte: según UNE 20317-88 y RU 6101 C. 6 kA.

Interruptor automático fase + neutro 18 mm DPN
UNE-EN 60898: curva C 4500.

3

Principales aplicaciones
Mando y protección de los circuitos monofásicos, contra las sobrecargas y los cortocircuitos, con corte omnipolar, en las distribuciones terminales de vivienda, terciario (oficinas, servicios), agricultura, industria, en régimen de neutro a tierra TT o puesta a neutro TNS (sección del neutro = sección de las fases).

Descripción
Todo ello con una anchura de tan sólo 18 mm.
■ Homologación: producto certificado por AENOR conforme a la Norma UNE-EN 60898.
■ Bornes de caja para cables rígidos de hasta 16 mm^2 (conformidad con EN 50027).
■ Tropicalización: ejecución 2 (humedad relativa 95 % a 55 °C).
■ Poder de corte: según UNE-EN 60898: 4500 A.
■ Endurancia o número de ciclos (A-C):
□ Mecánica: 20 000.
□ Eléctrica: 16 A 20.000 - 20 A 15.000 - 25-40 A 10.000.
■ Curva de disparo: curva C. El disparo magnético se produce entre 5 y 10 I_n.
■ Auxiliares eléctricos: no permite incorporar.

Accesorios
El DPN permite incorporar los mismos accesorios mecánicos que el interruptor automático C60 que se detallan a continuación:
■ Accesorios mecánicos:
□ Etiquetas de identificación.
□ Dispositivo de enclavamiento por candado.
■ Existen unos peines de conexión especiales para el DPN y DPN Vigi que permiten la alimentación rápida de varios aparatos.
■ Alimentación:
□ Bien conectando el cable directamente en los bornes del DPN con cable de 16 mm^2.
□ O bien mediante conectores de 25 mm^2 sobre el propio peine.

Interruptor automático fase + neutro 18 mm DPN N

UNE-EN 60898: curva B y C 6000.

3

Principales aplicaciones
Mando y protección de los circuitos monofásicos, contra las sobrecargas y los cortocircuitos, con corte omnipolar, en las distribuciones terminales de vivienda, terciario (oficinas, servicios), agricultura, industria, en régimen de neutro a tierra TT o puesta a neutro TNS (sección del neutro = sección de las fases).

Descripción
Todo ello con una anchura de tan sólo 18 mm.
■ Homologación: producto certificado por AENOR conforme a la Norma UNE-EN 60898
■ Bornes de caja para cables rígidos de hasta 16 mm^2 (conformidad con EN 50027).
■ Tropicalización: ejecución 2 (humedad relativa 95 % a 55 °C).
■ Poder de corte: según UNE-EN 60898: 4500 A.
■ Endurancia o número de ciclos (A-C):
□ Mecánica: 20 000.
□ Eléctrica: 16 A 20.000 - 20 A 15.000 - 25-40 A 10.000.
■ Curva de disparo: curva B. Mando y protección contra las sobreintensidades. Para longitudes de cables más importantes que con la curva C.

□ Curva B: el disparo magnético se produce entre 3 y 5 I_n.
□ Curva C: el disparo magnético se produce entre 5 y 10 I_n.
■ Calibre I_n: 1 a 40 A (DPN N, curva C), 6 a 40 A (DPN N, curva B).
■ Cierre brusco.
■ Seccionamiento con corte plenamente aparente.

Accesorios
El DPN N permite incorporar las mismas funciones auxiliares que el interruptor automático C60.
■ Auxiliares de señalización:
□ OF posición ON-OFF del DPN N.
□ SD posición de disparo por defecto.
■ Auxiliares para el disparo:
□ MX + OF bobina de disparo a emisión de corriente.
□ MN bobina de disparo a mínima tensión.
■ Accesorios mecánicos:
□ Etiquetas de identificación.
□ Dispositivo de enclavamiento por candado.
■ Accesorios específicos DPN y DPN Vigi.
Existen unos peines de conexión especiales para el DPN y DPN Vigi que permiten la alimentación rápida de varios aparatos.
□ Bien conectando el cable directamente en los bornes del DPN con cable de 16 mm^2.
□ O bien mediante conectores de 25 mm^2 sobre el propio peine.

Interruptor automático K60N
UNE-EN 60898: curva C 6000.
3

Principales aplicaciones
Mando y protección contra las sobrecargas y cortocircuitos:
■ En instalaciones domésticas.
■ En distribución terminal terciaria e industrial.

Descripción
Todo ello con una anchura de tan sólo 18 mm por polo.
■ Homologación: producto certificado por AENOR conforme a la Norma UNE-EN 60898.
■ Bornes para cables rígidos de hasta 25 mm^2.
■ Tropicalización: ejecución 2 (humedad relativa 95 % a 55 °C).
■ Poder de corte: según UNE-EN 60898. tipo tensión PdC 6 kA.
■ Curva C: los disparos magnéticos son entre 5 y 10 I_n.
■ Calibre I_n: 6 a 40 A.
■ Seccionamiento con corte plenamente aparente.
■ Instalación: compatible con toda la aparamenta multi 9 y los envolventes Merlin Gerin.

Interruptor automático C60N
UNE-EN 60898: 6000 UNE-EN 60947-2: 10 kA. Curvas B, C y D.

Principales aplicaciones
Mando y protección contra las sobrecargas y cortocircuitos en:
■ Instalaciones domésticas.
■ Distribución terminal, terciaria e industrial.

Descripción
Todo ello con una anchura de tan sólo 18 mm por polo.

■ Homologación: producto certificado por AENOR conforme a la Norma UNE-EN 60898.
■ Bornes para cables rígidos de hasta:
□ 25 mm^2 para calibre 25 A.
□ 35 mm^2 para calibres 32 a 63 A.
■ Tropicalización: ejecución 2 (humedad relativa 95 % a 55 °C).
■ Poder de corte:
□ Según UNE-EN 60898. 6 kA.
□ Según UNE-EN 60947-2.

1P	230/240 V	10 kA
2, 3, 4P	230/240 V	20 kA
1+N	230/240 V	20 kA
2, 3, 4P	400/415 V	10 kA
1+N	400/415 V	10 kA

■ Curvas de disparo:
□ Curva B: disparo magnético entre 3 y 5 I_n.
□ Curva C: disparo magnético entre 5 y 10 I_n.
□ Curva D: disparo magnético entre 10 y 14 I_n.
■ Calibre I_n: 0,5 a 63 A.
■ Seccionamiento con corte plenamente aparente.
■ Instalación: compatible con toda la aparamenta multi 9.

Interruptor automático C60H

UNE-EN 60898: 10000; UNE-EN 60947-2: 15 kA curvas B, C y D.

Principales aplicaciones

Mando y protección contra las sobrecargas y cortocircuitos:
■ En instalaciones domésticas.
■ En distribución terminal, terciaria e industrial.

Descripción

Todo ello con una anchura de tan sólo 18 mm por polo.
■ Homologación: producto certificado AENOR conforme a la norma UNE-EN 60898.
■ Bornes para cables rígidos de hasta:
□ 25 mm^2 para calibre 25 A.
□ 35 mm^2 para calibres 32 a 63 A.
■ Tropicalización: ejecución 2 (humedad relativa 95 % a 55 °C).
■ Poder de corte:
□ Según UNE-EN 60898. 10 kA.
□ Según UNE-EN 60947-2.

1P	230/240 V	15 kA
2, 3, 4P	230/240 V	30 kA
2, 3, 4P	400/415 V	15 kA

■ Curvas de disparo:
□ Curva B: disparo magnético entre 3 y 5 I_n.
□ Curva C: disparo magnético entre 5 y 10 I_n.
□ Curva D: disparo magnético entre 10 y 14 I_n.
■ Calibre I_n: 0,5 a 63 A.
■ Seccionamiento con corte plenamente aparente.
■ Instalación: compatible con toda la aparamenta multi 9.

Interruptor automático C60L

UNE-EN 60947-2: 25 kA (hasta 25 A) y 20 kA (32 a 40 A); curvas B, C y Z.

Principales aplicaciones:

■ Curvas B y C: mando y protección contra las sobrecargas y cortocircuitos:
□ En instalaciones domésticas.
□ En distribución terminal, terciaria e industrial.
■ Curva Z: protección de circuitos electrónicos:
□ Rectificadores (convertidores estáticos) con componentes electrónicos del tipo diodos, triacs, tiristores, etc.
Estos automáticos protegen los componentes electrónicos de débiles sobrecargas de larga duración y de los cortocircuitos.

Descripción

Todo ello con una anchura de tan sólo 18 mm por polo.
■ Homologación: producto certificado AENOR conforme a la norma UNE-EN 60947-2.
■ Bornes para cables rígidos de hasta:
□ 25 mm^2 para calibre 25 A.
□ 35 mm^2 para calibres 32 a 40 A.
■ Tropicalización: ejecución 2 (humedad relativa 95 % a 55 °C).
■ Poder de corte: Según UNE-EN 60947-2.
□ Calibres de 1 a 25 A.

1P	230/240 V	25 kA
1P(1)	400/415 V	6 kA
2, 3, 4P	230/240 V	50 kA
2, 3, 4P	400/415 V	25 kA
2, 3, 4P	400 V	20 kA

(1) Poder de corte para 1 polo en régimen de neutro aislado

□ Calibres de 32 a 40 A.

2, 3, 4P	230/240 V	40 kA
2, 3, 4P	400/415 V	20 kA
2, 3, 4P	400 V	15 kA

■ Curvas de disparo:
□ Curva B: disparo magnético entre 3,2 y 4,8 I_n.
□ Curva C: disparo magnético entre 7 y 10 I_n.
□ Curva Z: disparo magnético entre 2,4 y 36 I_n.
■ Calibre I_n: 1 a 40 A (curvas B y C),
1,6 a 40 A (curva Z).
■ Seccionamiento con corte plenamente aparente.
■ Instalación: compatible con toda la aparamenta multi 9.

Interruptor automático C60LMA

UNE-EN 60947-2: 25 kA (hasta 25 A) y 20 kA (40 A); curvas MA.

Principales aplicaciones

Los automáticos C60LMA tienen por función proteger los circuitos de alimentación de motores (cables y arrancador) contra las corrientes de cortocircuito. Ello no implica que debamos omitir la protección térmica del mismo.

Descripción

Todo ello con una anchura de tan sólo 18 mm por polo.
■ Homologación: producto certificado AENOR conforme a la norma UNE-EN 60947-2.
■ Bornes para cables rígidos de hasta:
□ 25 mm^2 para calibres hasta 25 A.
□ 35 mm^2 para calibre de 40 A.

■ Tropicalización: ejecución 2 (humedad relativa 95 % a 55 °C).
■ Poder de corte: según UNE-EN 60947-2.
□ Calibres de 1,6 a 25 A.

2, 3P	230/240 V	50 kA
2, 3P	400/415 V	25 kA
2, 3P	400 V	50 kA

□ Calibre de 40 A.

2, 3P	230/240 V	40 kA
2, 3P	400/415 V	20 kA
2, 3P	400 V	15 kA

■ Calibre I_n: 1,6 a 40 A, característica de desconexión sólo magnética.
■ Cierre brusco: permite soportar corrientes de cierre elevadas de ciertos receptores.
■ Seccionamiento con corte plenamente aparente: la apertura está señalizada por una banda verde sobre la maneta de mando del aparato. Esta indicación implica la apertura de todos los polos.

Interruptor automático C32H-DC

UNE-EN 60947-2: 10 kA; curvas C.

Principales aplicaciones

Los interruptores automáticos realizan las siguientes funciones:
■ Protección de los circuitos contra las corrientes de cortocircuito.
■ Protección de los circuitos contra las corrientes de sobrecarga.
■ Control.
■ Seccionamiento.
Los interruptores automáticos C32H-DC se utilizan en los circuitos alimentados en corriente continua (alumbrado de seguridad, automatismos, electrólisis, telefonía, etc.).

Descripción

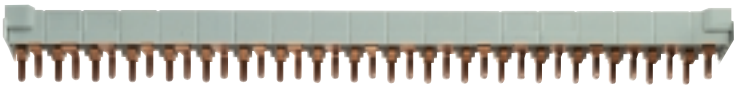
Todo ello con una anchura de tan sólo 18 mm por polo.
■ Bornes de caja para cable flexible de 16 mm^2 o rígido de 25 mm^2.
■ Tropicalización: ejecución 2 (humedad relativa 95 % a 55 °C).
■ Poder de corte: según UNE-EN 60947-2.
■ Calibres de 1,6 a 25 A.

1P	125 V	10 kA
2P	125 V	20 kA
2P	250 V	10 kA

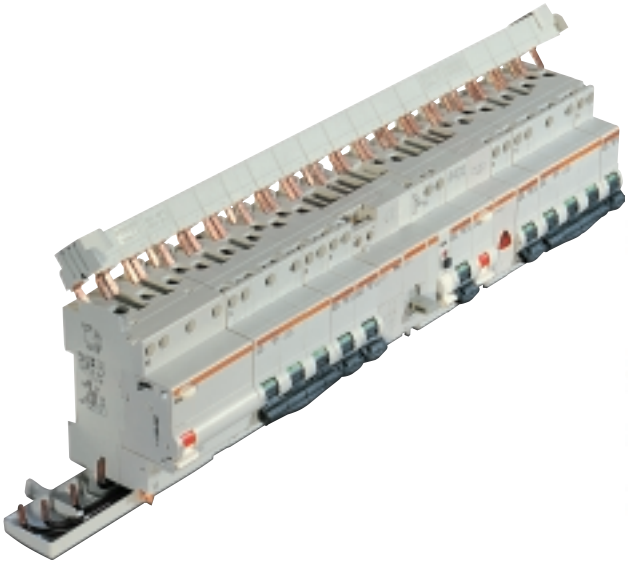
■ Es obligatorio respetar las polaridades en función de la alimentación.
■ Curvas de disparo C: los relés magnéticos actúan entre 7 y 10 I_n.
■ Accesorios:
□ Dispositivo de enclavamiento:
Permite enclavar la maneta de control de los interruptores automáticos 1P, 2P, 3P o 4P en posición “abierto” o “cerrado” (mediante candado Ø 8 mm).

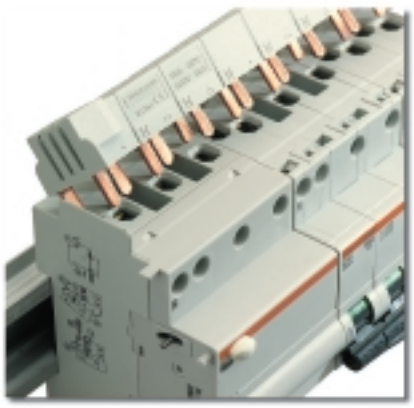
Sistema Clario

Clario es un nuevo sistema de repartición y de aparamenta modular Merlin Gerin que acaba con las limitaciones de los sistemas de peine tradicionales. Basado en la introducción de un peine innovador, **Clario** incorpora, además, una nueva gama de aparamenta de carril:
Interruptores automáticos magnetotérmicos, interruptores diferenciales, bloques diferenciales Vigi adaptables a interruptores automáticos magnetotérmicos. Aparamenta de control y mando tal como contactores, telerruptores, pilotos, botones pulsadores, conmutadores, contadores de energía...



Permite mezclar bajo el mismo peine:
- Aparamenta de distintas polaridades (1 + N, 3P, 3 + N).
- Aparamenta de distinta naturaleza: diferenciales, automáticos, contactores, telerruptores, pilotos...





La protección diferencial está por primera vez disponible en una versión de bloque diferencial Vigi de 18 mm. Una amplia gama de versiones en bloques Vigi adaptables a los interruptores magnetotérmicos *i*DPN, para ofrecer la solución que más se adapte a cada aplicación.

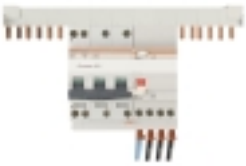
Cabeceras de grupo *c*

DPN Vigi*c* 3P + N

*i*DPN + Vigi DPN*c*

ID*c* 2 polos

Salidas *i*



Vigi *i*DPN 3P + N

Vigi *i*DPN 3p

Vigi *i*DPN P + N

Las nuevas propuestas en aparamenta de control y mando: contactores, telerruptores, también se benefician de una fácil unión a los automáticos *i*DPN 1P + N a través de unas patillas prefabricadas.

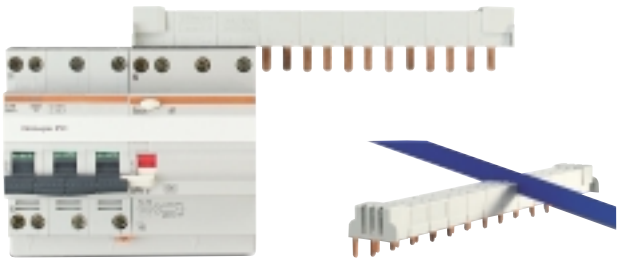
Clar*i*o, de esta forma multiplica las respuestas posibles, y aporta la libertad de proponer soluciones variadas: “Cabecera de grupo”, salidas, protección inmunizada..., ahorrando siempre el trabajo de cableado al máximo.

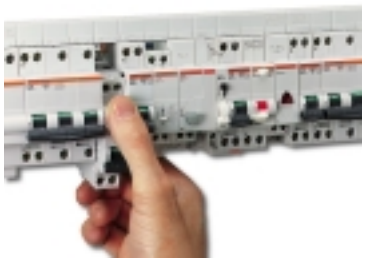
El peine dispone de forma repetida de un diente de neutro entre cada dos dientes de fase.

Han sido previstos rebajes en la parte superior de los aparatos de protección para permitir el libre emplazamiento de los dientes no utilizados del peine.

Todos los productos de control y mando se benefician, igualmente, de unos huecos en la parte superior permitiendo que se asocien a los aparatos de protección bajo el mismo peine.

Tanto la peculiar disposición de los dientes en el peine como el diseño específico de la aparamenta (en cuanto a su compatibilidad con dicho peine) proporcionan al sistema sus virtudes más representativas.





Interruptor automático C120N

UNE-EN 60898: 10000; UNE-EN 60947-2: 10 kA; curvas B, C y D.

3

Principales aplicaciones

■ Protección contra las sobrecargas y los cortocircuitos en distribución terminal.
■ Permite el mando manual y es apto al seccionamiento.
■ Protección diferencial por asociación con funciones de un bloque Vigi C120 sin decalaje por temperatura: según la norma UNE-EN 61009.
■ Disparo y señalización a distancia mediante la incorporación de idénticos auxiliares que la gama C60.

Descripción:

■ Conformes a la norma UNE-EN 60898: aparatos utilizables por personas no expertas.
■ Dimensiones conformes al estándar modular, compatibles con los cofrets Pragma F, Prisma G/GX/GK y armarios Prisma P.
■ Conexionado mediante bornes de caja para cables de cobre:
□ Para cable flexible: de 1,5 a 35 mm^2.
□ Para cable rígido: de 1 a 50 mm^2.
□ Estos bornes permiten asegurar:
– Grado de protección IP2.
– Correcto apriete de los cables de gran sección.
– Alta resistencia al arranque de los cables.
– Guiado automático al introducir el cable para conseguir la posición correcta.
■ Etiquetado:
□ Es posible engatillar etiquetas en las bornas superiores.
□ Portaetiquetas en la maneta (sólo en bi, tri, tetra).
■ Grado de polución: 3 (apto para uso industrial).
■ Grado de protección:
□ Aparato sin envolvente: IP2.
□ Aparato en cofret Pragma o Prisma: IP4 (IPxxD).
■ Poder de corte:
□ Según UNE-EN 60898. 6 kA: 2, 3, 4P 230...400 V 10 kA
□ Según UNE-EN 60947-2:

1P	130 V	20 kA	2, 3, 4P	230/240 V	20 kA
	230/240 V	10 kA		400/415 V	10 kA
	400/415 V	3(1) kA		400 V	6 kA

(1) Poder de corte con 1 polo en régimen de neutro aislado IT (en el caso de defecto doble).

■ Curva B:
□ El disparo magnético se produce entre 3,2 y 4,8 I_n.
□ Protección de cables de gran longitud.
□ Protección de líneas alimentadas por generadores.
■ Curva C:
□ El disparo magnético se produce entre 7 y 10 I_n.
□ Protección de receptores estándar.
■ Curva D:
□ El disparo magnético se produce entre 7 y 10 I_n.
□ Protección de receptores con fuertes puntas de arranque, transformadores, motores...
■ Calibre I_n: 63 a 125 A.
■ Seccionamiento con corte plenamente aparente.
■ Cierre brusco asegurando un cierre simultáneo de los polos. La velocidad de cierre de los contactos es independiente de la velocidad con que cierre la maneta el operario.

Características eléctricas interruptores automáticos sistema Clario											
Modelo			**K60N**	**DPN - iDPN**	**DPN N iDPN N**		**C60N**				
Tensión de empleo máxima Categoría de empleo	(V)	U_e	400 V CA A	230 V CA A	230 V CA A		440 V CA A				
Tensión asignada de aislamiento	(V)	U_i	500	440	440		500				
Tensión asignada impulsional	(kV)	U_{imp}	6	6	6		6				
Número de polos			**1, 1+N, 2**	**1+N**	**1+N**		**1**	**1+N, 2, 3, 4**			
Poder de corte	(kA)										
CA UNE-EN 60898	I_{cn}	230/400 V	6	4,5	6		6	6			
	I_{cs}	230/400 V	6	4,5	6		6	6			
CA UNE-EN 60947-2	I_{cu}	127 V					20				
		240 V					10	20			
		415 V					3	10			
		440 V						6			
	I_{cs}	127 V					75 %				
	(% I_{cu})	240 V					75 %	75 %			
		415 V					75 %	75 %			
		440 V						75 %			
CC UNE-EN 60947-2 const. de tiempo del circuito L/R < 0,015 s	I_{cu}	48/60 V					15 (1P)				
		125 V					20 (2P)				
							30 (3P)				
		250 V					40 (4P)				
	I_{cs}	48/60 V					100 %				
	(% I_{cu})	125 V					100 %				
		250 V					100 %				
Curvas de disparo			C	B	C	B	B	C	D		
	I_n (A) corriente asignada						1	1	1		
					1		2	2	2		
					2		3	3	3		
				3	4		4	4			
			6	6	6	6	6	6	6		
			10	10	10	10	10	10	10		
			16	16	16	16	16	16	16		
			20	20	20	20	20	20	20		
			25	25	25	25	25	25	25		
			32	32	32	32	32	32	32		
			40	40	40	40	40	40	40		
							50	50			
							63	63			
Endurancia eléctrica (kciclos cierre-apertura)			20	20 a 10	20 a 10		20				
Temperatura de referencia (°C)			30	30	30		30	30	30		
Cierre brusco				■	■						
Corte plenamente aparente					■						
Botón de test											
Auxiliares					■		■	■	■		
Grado de contaminación 3							■	■	■		

Tabla H2-3-056: *características eléctricas interruptores automáticos sistema Clario.*

C60H			C60L (25 A)			C60L (32 y 40 A)			C60LMA	C32H-DC
440 V CA A			440 V CA A			440 V CA A			440 V CA A	250 V CA A
500			500			500			500	400
6			6			6			6	
1	**2, 3, 4**		**1**	**2, 3, 4**		**1**	**3, 3, 4**		**2, 3**	**1, 2**
10	10									
7,5	7,5									
30			50			50				
15	30		25	50		20	40		50	
4	15		6	25		5	20		25	
	10			20			15		20	
50 %			50 %			50 %				
50 %	50 %		50 %	50 %		50 %	50 %		50 %	
50 %	50 %		50 %	50 %		50 %	50 %		50 %	
	50 %			50 %			50 %		50 %	
20 (1P)			25 (1P)			20 (1P)				
25 (2P)			30 (2P)			30 (2P)			30 (2P)	10 (1P)
40 (3P)			50 (3P)			50 (3P)			50 (3P)	20 (2P)
50 (4P)			60 (4P)			60 (4P)			10 (2P)	
100 %			100 %			100 %			100 %	
100 %			100 %			100 %			100 %	
100 %			100 %			100 %			100 %	
B	C	D	B	C	Z	B	C	Z	MA	C
	1	1		1	1,6	32	32	32	1,6	1
	2	2		2	2	40	40	40	2,5	2
	3	3		3	3				4	3
	4	4		4	4				6,3	6
6	6	6	6	6	6				10	10
10	10	10	10	10	10				12,5	16
16	16	16	16	16	16				16	20
20	20	20	20	20	20				25	25
25	25	25	25	25	25				40	32
32	32	32								40
40	40	40								
50	50									
63	63									
20			20			20			20	10
30	30	30	40	40	40	40	40	40	40	40
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Interruptor automático C120N

UNE-EN 60898: 15000; UNE-EN 60947-2: 15 kA; curvas B, C y D.

3

Principales aplicaciones:

■ Protección contra las sobrecargas y los cortocircuitos en distribución terminal.
■ Permite el mando manual y es apto al seccionamiento.
■ Protección diferencial por asociación con funciones de un bloque Vigi C120 sin decalaje por temperatura: según la norma UNE-EN 61009.
■ Disparo y señalización a distancia mediante la incorporación de idénticos auxiliares que la gama C60.

Descripción:

■ Conformes a la norma UNE-EN 60898: aparatos utilizables por personas no expertas.
■ Dimensiones conformes al estándar modular, compatibles con los cofrets Pragma F, Prisma G/GX/GK y armarios Prisma P.
■ Conexionado mediante bornes de caja para cables de cobre:
□ Para cable flexible: de 1,5 a 35 mm^2.
□ Para cable rígido: de 1 a 50 mm^2.
□ Estos bornes permiten asegurar:
– Grado de protección IP2.
– Correcto apriete de los cables de gran sección.
– Alta resistencia al arranque de los cables.
– Guiado automático al introducir el cable para conseguir la posición correcta.
■ Etiquetado:
□ Es posible engatillar etiquetas en las bornas superiores.
□ Portaetiquetas en la maneta (sólo en bi, tri, tetra).
■ Grado de polución: 3 (apto para uso industrial).
■ Grado de protección:
□ Aparato sin envolvente: IP2.
□ Aparato en cofret Pragma o Prisma: IP4 (IPxxD).
■ Poder de corte:
□ Según UNE-EN 60898. 6 kA: 2, 3, 4P 230...400 V 15 kA
□ Según UNE-EN 60947-2:

1P	130 V	30 kA	2, 3, 4P	230/240 V	30 kA
	230/240 V	15 kA		400/415 V	15 kA
	400/415 V	4,5(1) kA		400 V	10 kA

(1) Poder de corte con 1 polo en régimen de neutro aislado IT (en el caso de defecto doble).

■ Curva B:
□ El disparo magnético se produce entre 3,2 y 4,8 I_n.
□ Protección de cables de gran longitud.
□ Protección de líneas alimentadas por generadores.
■ Curva C:
□ El disparo magnético se produce entre 7 y 10 I_n.
□ Protección de receptores estándar.
■ Curva D:
□ El disparo magnético se produce entre 10 y 14 I_n.
□ Protección de receptores con fuertes puntas de arranque, transformadores, motores...
■ Calibre I_n: 10 a 125 A.
■ Seccionamiento con corte plenamente aparente.
■ Cierre brusco asegurando un cierre simultáneo de los polos. La velocidad de cierre de los contactos es independiente de la velocidad con que cierre la maneta el operario.

Interruptores automáticos NG125N

UNE-EN 60947-2: 25 kA curvas B, C, D.

Principales aplicaciones

Protección y mando de circuitos con corriente de cortocircuito elevada.
Interruptor automático indicado para efectuar las funciones siguientes:
■ Interruptor automático general de cuadro de distribución.
■ Cabecera de un grupo de salidas.
■ Protección de las cargas alimentadas directamente desde un armario de potencia (o cuadro general baja tensión).

Descripción:

■ Conexión.
■ Calibres I_n i 63 A:
□ Bornes de caja para cable de cobre:
– Cable flexible: de 1 a 35 mm^2.
– Cable semirrígido: de 1,5 a 50 mm^2.
■ Calibres I_n = 80, 100 y 125 A:
□ Bornes de caja para cable de cobre:
– Cable flexible: de 10 a 50 mm^2.
– Cable semirrígido: de 16 a 70 mm^2.
□ Estos bornes pueden sustituirse por los accesorios de conexionado para:
– Cable de aluminio.
– Cable de cobre con terminal.
– Barras (ver accesorios de conexión).
□ En las versiones de 3 y 4 polos se incluyen de serie tomas de tensión aguas arriba en cada polo mediante terminal Fast-on de 6,35 mm, para alimentar los circuitos auxiliares.

Características:

■ Tropicalización según UNE-EN 60068-1: ejecución 2 (humedad relativa 95 % a 55 °C).
■ Poder de corte: según UNE-EN 60947-2:

1P	230/240 V 25 kA	2, 3, 4P	3800/415 V 25 kA
	380/415 V 6(1) kA		

(1) Poder de corte con 1 polo en régimen de neutro aislado IT (en el caso de defecto doble).

■ Curvas de disparo:
□ Curva B: los relés magnéticos actúan a 4 I_n ± 20 %.
□ Curva C: los relés magnéticos actúan a 8 I_n ± 20 %.
□ Curva D: los relés magnéticos actúan a 12 I_n ± 20 %.
■ Calibre I_n: 10 a 125 A.
■ Seccionamiento con corte plenamente aparente.
■ Maneta de mando con 3 posiciones: abierto-disparado-cerrado.
■ Dispositivo de enclavamiento para candado integrado en las versiones de 3P y 4P.
■ Visualización de defecto en la cara delantera:
□ Indicador mecánico rojo de defecto.
□ Maneta en posición central (disparado).
■ Botón de test para comprobar el correcto funcionamiento del mecanismo de disparo.
■ Cierre brusco: la velocidad de cierre de los contactos es independiente de la velocidad con que cierre la maneta el operario.

Instalación:

■ Sobre carril DIN de 35 mm mediante clip de altas prestaciones.
■ Dimensiones conforme al estándar modular, compatible con los cofrets Pragma F, Prisma G/GX/GK y armarios Prisma P.

■ Grado de protección: IP20B a nivel de bornes (IP40D para el frontal situado fuera del cofret).

Interruptores automáticos NG125H

UNE-EN 60947-2: 36 kA curvas C.

Principales aplicaciones

Protección y mando de circuitos con corriente de cortocircuito elevada.
Interruptor automático indicado para efectuar las funciones siguientes:
■ Interruptor automático general de cuadro de distribución.
■ Cabecera de un grupo de salidas.
■ Protección de las cargas alimentadas directamente desde un armario de potencia (o cuadro general baja tensión).

Descripción

■ Conexión.
■ Calibres I_n i 63 A:
□ Bornes de caja para cable de cobre:
– Cable flexible: de 1 a 35 mm^2.
– Cable semirrígido: de 1,5 a 50 mm^2.
■ Calibres I_n = 80 A:
□ Bornes de caja para cable de cobre:
– Cable flexible: de 10 a 50 mm^2.
– Cable semirrígido: de 16 a 70 mm^2.
□ Estos bornes pueden sustituirse por los accesorios de conexionado para:
– Cable de aluminio.
– Cable de cobre con terminal.
– Barras (ver accesorios de conexión).
□ En las versiones de 3 y 4 polos se incluyen de serie tomas de tensión aguas arriba en cada polo mediante terminal Fast-on de 6,35 mm, para alimentar los circuitos auxiliares.

Características:

■ Tropicalización según UNE-EN 60068-1: ejecución 2 (humedad relativa 95 % a 55 °C).
■ Poder de corte: según UNE-EN 60947-2:

1P	230/240 V	36 kA	2, 3, 4P	3800/415 V	36 kA
	380/415 V	6(1) kA			

(1) Poder de corte con 1 polo en régimen de neutro aislado IT (en el caso de defecto doble).
■ Curvas de disparo:
□ Curva C: los relés magnéticos actúan a 8 I_n ± 20 %.
■ Calibre I_n: 10 a 80 A.
■ Seccionamiento con corte plenamente aparente.
■ Maneta de mando con 3 posiciones: abierto-disparado-cerrado.
■ Dispositivo de enclavamiento para candado integrado en las versiones de 3P y 4P.
■ Visualización de defecto en la cara delantera:
□ Indicador mecánico rojo de defecto.
□ Maneta en posición central (disparado).
■ Botón de test para comprobar el correcto funcionamiento del mecanismo de disparo.
■ Cierre brusco: la velocidad de cierre de los contactos es independiente de la velocidad con que cierre la maneta el operario.

Instalación:

■ Sobre carril DIN de 35 mm mediante clip de altas prestaciones.
■ Dimensiones conforme al estándar modular, compatible con los cofrets Pragma F, Prisma G/GX/GK y armarios Prisma P.

■ Grado de protección: IP20B a nivel de bornes (IP40D para el frontal situado fuera del cofret).

Interruptores automáticos NG125L

UNE-EN 60947-2: 25 kA curvas B, C, D.

Principales aplicaciones

Protección y mando de circuitos con corriente de cortocircuito elevada.
Interruptor automático indicado para efectuar las funciones siguientes:
■ Interruptor automático general de cuadro de distribución.
■ Cabecera de un grupo de salidas.
■ Protección de las cargas alimentadas directamente desde un armario de potencia (o cuadro general baja tensión).

Descripción

■ Conexión.
■ Calibres I_n i 63 A:
□ Bornes de caja para cable de cobre:
– Cable flexible: de 1 a 35 mm^2.
– Cable semirrígido: de 1,5 a 50 mm^2.
■ Calibres I_n = 80 A:
□ Bornes de caja para cable de cobre:
– Cable flexible: de 10 a 50 mm^2.
– Cable semirrígido: de 16 a 70 mm^2.
□ Estos bornes pueden sustituirse por los accesorios de conexionado para:
– Cable de aluminio.
– Cable de cobre con terminal.
– Barras (ver accesorios de conexión).
□ En las versiones de 3 y 4 polos se incluyen de serie tomas de tensión aguas arriba en cada polo mediante terminal Fast-on de 6,35 mm, para alimentar los circuitos auxiliares.

Características:

■ Tropicalización según UNE-EN 60068-1: ejecución 2 (humedad relativa 95 % a 55 °C).
■ Poder de corte: según UNE-EN 60947-2:

1P	230/240 V	50 kA	2, 3, 4P	3800/415 V	50 kA
	380/415 V	12(1) kA			

(1) Poder de corte con 1 polo en régimen de neutro aislado IT (en el caso de defecto doble).

■ Curvas de disparo:
□ Curva B: los relés magnéticos actúan a 4 I_n ± 20 %.
□ Curva C: los relés magnéticos actúan a 8 I_n ± 20 %.
□ Curva D: los relés magnéticos actúan a 12 I_n ± 20 %.
■ Calibre I_n: 10 a 80 A.
■ Seccionamiento con corte plenamente aparente.
■ Maneta de mando con 3 posiciones: abierto-disparado-cerrado.
■ Dispositivo de enclavamiento para candado integrado en las versiones de 3P y 4P.
■ Visualización de defecto en la cara delantera:
□ Indicador mecánico rojo de defecto.
□ Maneta en posición central (disparado).
■ Botón de test para comprobar el correcto funcionamiento del mecanismo de disparo.
■ Cierre brusco: la velocidad de cierre de los contactos es independiente de la velocidad con que cierre la maneta el operario.

Características eléctricas

Modelo			C120N			C120H			NG125H	
Tensión de empleo máxima	(V)	U_e	440 V CA			440 V CA			500 V CA	
Categoría de empleo			A			A			A	
Tensión asignada de aislamiento	(V)	U_i	500			500			690	
Tensión asignada impulsional	(kV)	U_{imp}	6			6			8	
Número de polos			**1**	**2, 3, 4**		**1**	**2, 3, 4**		**1**	**2, 3, 4**
Poder de corte	(kA)									
CA UNE-EN 60898	I_{cn}	230/400 V	10	10		15	15			
	I_{cs}	230/400 V	10	10		15	15			
CA UNE-EN 60947-2	I_{cu}	127 V	20	30					70	
		240 V	10	20		15	30		36	70
		415 V	3	10		4,5	15		9	36
		440 V	6	10						30
		500 V								10
	I_{cs}	127 V	75 %			75 %			75 %	
	(% I_{cu})	240 V	75 %	75 %		75 %	75 %		75 %	75 %
		415 V	75 %	75 %		75 %	75 %		75 %	75 %
		440 V		75 %			75 %			75 %
CC UNE-EN 60947-2 const. de tiempo del circuito L/R < 0,015 s	I_{cu}	48/60 V							36	25
		125 V								36 (1P)
		250 V								36 (1P)
		500 V								
	I_{cs}	48/60 V							100 %	
	(% I_{cu})	125 V							100 %	
		250 V							100 %	
		500 V							100 %	
Curvas de disparo			B	C	D	B	C	D	C	
	I_n (A) corriente asignada		63	63	63	10	10	10	10	
			80	80	80	16	16	16	16	
			100	100	100	20	20	20	20	
			125	125	125	25	25	25	25	
						32	32	32	32	
						40	40	40	40	
						50	50	50	50	
						63	63	63	63	
						80	80	80	80	
						100	100	100		
						125	125	125		
Endurancia eléctrica (kciclos cierre-apertura)			10 a 5			10 a 5			10.000	
Temperatura de referencia (°C)			30	30	30	30	30	30		
Cierre brusco			■	■	■	■	■	■	■	
Corte plenamente aparente			■	■	■	■	■	■	■	
Botón de test										
Auxiliares			■	■	■	■	■	■	■	
Grado de contaminación 3			■	■	■	■	■	■	■	

Tabla H2-3-057: *características eléctricas interruptores automáticos NG125L.*

NG125N			NG125L			NG125LMA	
500 V CA			500 V CA			500 V CA	
A			A			A	
690			690			690	
8			8			8	
1	**2, 3, 4**		**1**	**2, 3, 4**			**2, 3**
50			100				
25	50		50	100			100
6	25		12,5	50			50
	20			40			40
	8			12			12
75 %			75 %			75 %	
75 %	75 %		75 %	75 %		75 %	75 %
75 %	75 %		75 %	75 %		75 %	75 %
	75 %			75 %			75 %
50							
	25 (1P)			50 (1P)			
	25 (1P)			50 (1P)			
100 %			100 %			100 %	
100 %			100 %			100 %	
100 %			100 %			100 %	
100 %			100 %			100 %	
B	C	D	B	C	D	MA	
80	10	80	10	10	10	1,6	
100	16	100	16	16	16	2,5	
125	20	125	20	20	20	4	
	25		25	25	25	6,3	
	32		32	32	32	10	
	40		40	40	40	12,5	
	50		50	50	50	16	
	63		63	63	63	25	
	80		80	80	80	40	
	100					50	
	125					63	
10.000			10.000			10.000	
■			■			■	
■			■			■	
■			■			■	
■			■			■	
■			■			■	

Instalación:

■ Sobre carril DIN de 35 mm mediante clip de altas prestaciones.

■ Dimensiones conforme al estándar modular, compatible con los cofrets Pragma F, Prisma G/GX/GK y armarios Prisma P.

■ Grado de protección: IP20B a nivel de bornes (IP40D para el frontal situado fuera del cofret).

Interruptores automáticos NG125LMA

UNE-EN 60947-2: 25 kA curva MA.

Principales aplicaciones

Los interruptores automáticos NG125LMA están destinados a proteger los circuitos de alimentación de motores (cables y arrancadores) contra las corrientes de cortocircuito.

Estos aparatos generalmente se deben completar con una protección contra sobrecargas, mediante relé térmico Telemecanique. Ver tablas de coordinación.

Descripción

■ Conexión.

■ Calibres I_n i 63 A:

□ Bornes de caja para cable de cobre:

– Cable flexible: de 1 a 35 mm^2.

– Cable semirrígido: de 1,5 a 50 mm^2.

■ Calibres I_n = 80 A:

□ Bornes de caja para cable de cobre:

– Cable flexible: de 10 a 50 mm^2.

– Cable semirrígido: de 16 a 70 mm^2.

□ Estos bornes pueden sustituirse por los accesorios de conexionado para:

– Cable de aluminio.

– Cable de cobre con terminal.

– Barras (ver accesorios de conexión).

□ En las versiones de 3 y 4 polos se incluyen de serie tomas de tensión aguas arriba en cada polo mediante terminal Fast-on de 6,35 mm, para alimentar los circuitos auxiliares.

Características:

■ Tropicalización según UNE-EN 60068-1: ejecución 2 (humedad relativa 95 % a 55 °C).

■ Poder de corte: según UNE-EN 60947-2. - 2, 3, 4P 3800/415 V - 50 kA.

■ Curvas de disparo MA: los relés magnéticos actúan a 12 I_n ± 20 %.

■ Calibre I_n: 4 a 80 A.

■ Seccionamiento con corte plenamente aparente.

■ Maneta de mando con 3 posiciones: abierto-disparado-cerrado.

■ Dispositivo de enclavamiento para candado integrado en las versiones de 3P y 4P.

■ Visualización de defecto en la cara delantera:

□ Indicador mecánico rojo de defecto.

□ Maneta en posición central (disparado).

■ Botón de test para comprobar el correcto funcionamiento del mecanismo de disparo.

■ Cierre brusco: la velocidad de cierre de los contactos es independiente de la velocidad con que cierre la maneta el operario.

Instalación:

■ Sobre carril DIN de 35 mm mediante clip de altas prestaciones.

■ Dimensiones conforme al estándar modular, compatible con los cofrets Pragma F, Prisma G/GX/GK y armarios Prisma P.

■ Grado de protección: IP20B a nivel de bornes (IP40D para el frontal situado fuera del cofret).

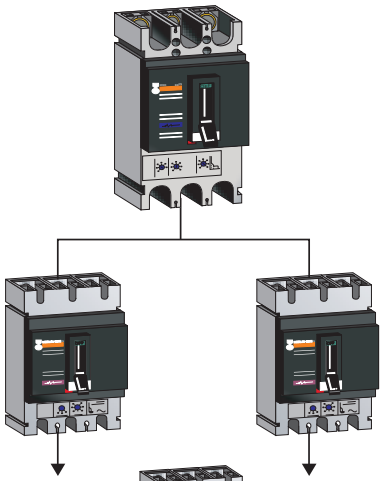
Gama de interruptores de caja moldeada

Funciones

Todos los interruptores automáticos de la gama Compact NS realizan el seccionamiento con corte plenamente aparente, conformes a las normas UNE-EN 60947-1 y 2.

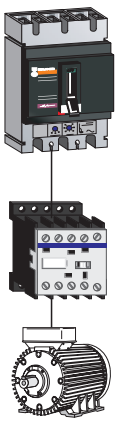
Protección de la distribución BTP:

■ Protección:
□ De redes de distribución alimentadas por transformador.
□ De redes alimentadas por generadores.
□ De cables de gran longitud en regímenes de neutro IT y TN.
■ Instalación:
□ En cuadro de potencia.
□ Carril simétrico.
■ Aplicaciones particulares:
□ Redes 1000 V.
□ Redes 400 Hz.
□ Redes monofásicas o bifásicas.
□ Corriente continua.



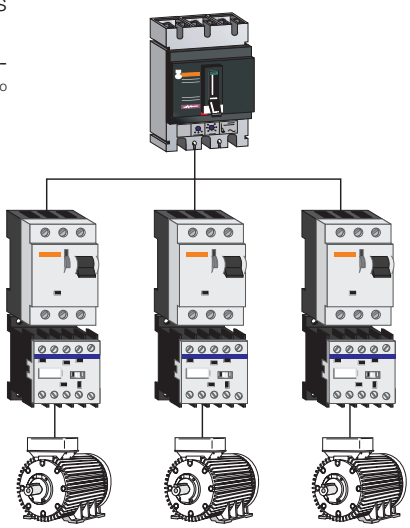
Protección de las salidas motor

Cuando están asociados a un arrancador de motor, los interruptores automáticos Compact NS aseguran la protección de los cables y del arrancador contra los cortocircuitos. Equipados de unidades de control electrónicas, los Compact NS protegen simultáneamente a los cables, al arrancador de motor, conformes a la norma UNE-EN 60947-4-1.



Protección de máquinas herramientas

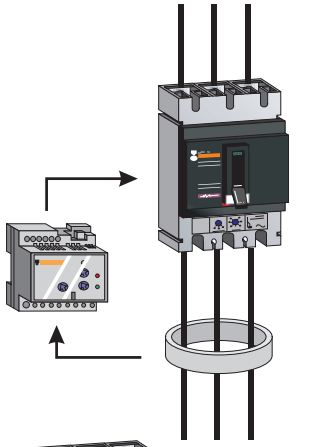
La gama de los interruptores automáticos Compact NS se extiende y se adapta a las especificidades de las máquinas herramienta:
■ Conformidad a las normas internacionales CEI 60947-2, UL 508/CSA 22-2 N.º 14, UNE-EN 60947-2...
■ Conformidad a las normas americanas UL 489.
■ Protección contra la sobrecargas y los cortocircuitos.
■ Seccionamiento con corte plenamente aparente.
■ Instalación en envolventes del tipo universal y funcional.



Protección diferencial

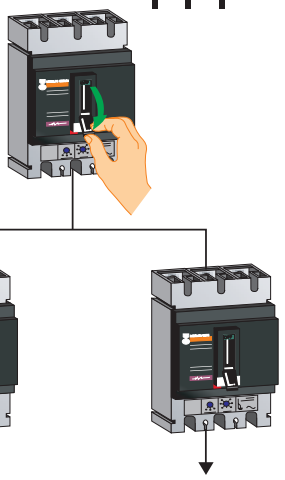
Una protección complementaria del tipo diferencial protege a las personas y a los bienes contra los riesgos de una avería de la instalación.

Esta protección diferencial se realiza de distintas formas en función de los aparatos:
■ Mediante la incorporación de un bloque Vigi al interruptor automático.
■ Mediante la utilización de una unidad de control específica Micrologic.
■ Mediante la utilización de un relé diferencial Vigirex y toros separados.



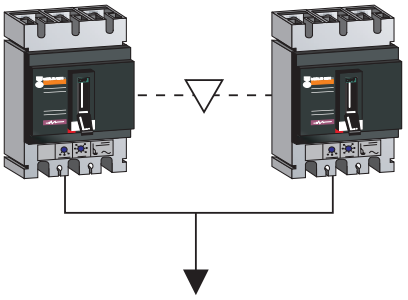
Interruptor en carga

Para el mando de un circuito y su seccionamiento, la gama Compact NS dispone de las versiones de interruptores en carga.
A esta función de base se asocian todas las funciones adicionales de los interruptores automáticos:
■ Protección diferencial.
■ Mando eléctrico.
■ Amperimétrico.
Para poder completar la totalidad de la aparamenta Merlin Gerin ver apartado 7 de este capítulo, “La aparamenta para las medidas de seguridad en el seccionamiento y mando”, pág. H2/309.



Inversores de redes:

■ Ciertas instalaciones eléctricas para poder asegurar una alimentación permanente están conectadas a dos fuentes de energía:
□ Una fuente normal.
□ Una fuente de reserva que alimenta la instalación cuando la fuente normal no está disponible.
■ Un interenclavamiento mecánico y/o eléctrico entre los interruptores automáticos o interruptores en carga Interpact, Compact o Masterpact evita una puesta en paralelo de las dos fuentes durante las maniobras.
■ El inversor de redes puede ser de tipo:
□ Manual con interenclavamiento mecánico de los aparatos.
□ Con mandos eléctricos y además un interenclavamiento eléctrico.
□ Automático, asociando un automatismo que gestiona la maniobra de una fuente a otra en función de parámetros externos.



Aplicaciones UL 489

Los interruptores automáticos Compact NS responden igualmente a las exigencias de las aplicaciones contempladas por la norma UL 489.
El sistema se enriquece y abarca todos los calibres Compact NS de 80 a 3200 A y Compact CM de 1250 a 3200 A:

Compact NS de 80 a 1600 A

Fijos extraíbles, conexiones anteriores o posteriores, con accionamiento manual o mediante mando eléctrico.

Compact NS de 1600 a 3200 A, fijos con conexión anterior y con accionamiento manual.

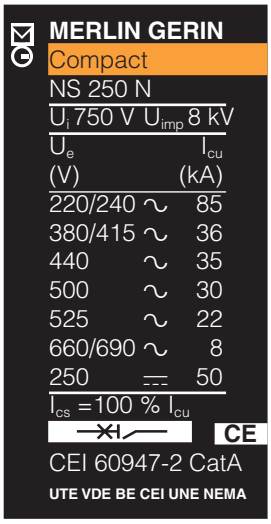
Poder de corte I_{cs} a 415 V en kA. Aparatos NS

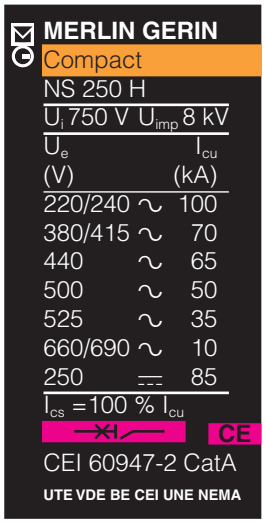
	Compact NS100 a 630				Compact NS630b a 1600						Compact 1600b a 3200		
	100	160	250	400	630	630b	800	1000	1250	1600	1600b	2500	3200
L	150	150	150	150	150	150	150	150					
H	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	85	85	85
SX	50	50	50										
N	36	36	36	50	50	50	50	50	50	50	70	70	70

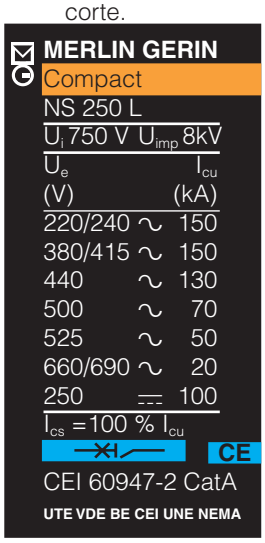
Tabla H2-3-058: *gama de los interruptores Compact NS.*

Las placas de características en el frontal de los aparatos identifican el nivel de poder de corte: N, SX, H o L.

N: poder de corte estándar. **H:** alto poder de corte. **L:** muy alto poder de corte.







Compact NS250 manual con bloque de relés magnetotérmico

Compact NS400 manual con bloque de relés electrónicos

Compact NS250 extraíble con zócalo

Compact NS800 manual

Compact NS800 seccionable con mando eléctrico

Compact NS250 con mando eléctrico

Compact NS250 extraíble con chasis

Compact NS2000 H manual

5 volúmenes de 80 a 3200 A

Los interruptores automáticos Compact NS permiten una estandarización de los cuadros eléctricos, permitiendo un montaje más rápido y seguro.
Todos los aparatos del tipo L (150 kA) tienen el mismo tamaño que los modelos N, SX y H del mismo calibre.
Los interruptores automáticos Compact NS hasta 1.600 A se instalan fácilmente uno al lado de otro en un volumen optimizado.

80 A

100 a 250 A

400 a 630 A

630 a 1600 A

1600 a 3200 A

Múltiples conexiones

Conexiones anteriores o posteriores, para cables con o sin terminal, para barras, igualmente con el aparato extraíble: todas estas posiblidades se ofrecen mediante juegos de accesorios adaptables en los aparatos.

Piezas de conexión para Compact NS

Instalación extraíble

La instalación extraíble permite:
- Extraer o reemplazar rápidamente el interruptor automático sin estar en contacto con los elementos en tensión.
- Prever una salida de reserva que será cableada y equipada posteriormente con su interruptor automático.
- Realizar un seccionamiento con corte visible de los circuitos.

Canalizaciones prefabricadas adaptadas

Los interruptores automáticos Compact NS hasta 630 A pueden instalarse en cajas de derivación de canalizaciones prefabricadas Canalis.

Las protecciones de los Compact

Cada interruptor automático Compact NS realiza diferentes tipos de protección según el bloque de relés o la unidad de control que incorpore.
Nuevas funciones complementarias de medida y señalización:
- Compact NS100 a 630: mediante la adición al interruptor automático de un auxiliar eléctrico.
- Compact NS630b a 3200: mediante la elección de la unidad de control Micrologic.

Compact NS250

Bloque de relés magnetotérmico TM

Unidad de control electrónica STR

Testigo indicador de presencia de tensión

Bloque amperimétrico

Compact NS100 a 630

En los Compact NS100 a NS250 son intercambiables los bloques de relés magnetotérmicos y las unidades de control electrónicas. Es de esta forma posible cambiar rápidamente la protección de una salida cuando se produce una modificación en la instalación.

En los Compact NS400 a NS630, los bloques de relés son unidades de control electrónicas enchufables e intercambiables. La unidad de control STR53UE ofrece un gran número de regulaciones de las protecciones:

■ En estándar:

□ Señalización diferenciada de los defectos (sobrecarga, cortocircuito, etc.).

■ Opcionalmente:

□ Amperímetro integrado.

□ Protección de tierra.

□ Selectividad lógica.

□ Comunicación: transmisión de todas las informaciones relativas al funcionamiento del interruptor automático a un equipo de supervisión, de control o de automatización de la distribución, vía módulos Digipact.

H2
3

Compact NS630b a 3200

Los interruptores automáticos Compact NS630b a 3200 están equipados de unidades de control Micrologic intercambiables in situ.

Las Micrologic 2.0 ofrecen una protección estándar. Las Micrologic 5.0 permiten una protección selectiva completada por una protección de tierra (Micrologic 6.0) o diferencial (Micrologic 7.0).

Una versión “Amperímetro” de las unidades Micrologic permite la medida de las intensidades.

Estas unidades de control están equipadas de una pantalla de cristal líquido y de un indicador de barras asociado a teclas de navegación de fácil uso. El usuario accede de esta forma directamente a los parámetros y regulaciones deseados. La navegación entre las pantallas es intuitiva, las regulaciones extremadamente simplificadas mediante lectura inmediata en la pantalla.

Los textos se visualizan en el idioma escogido.

Compact NS1600

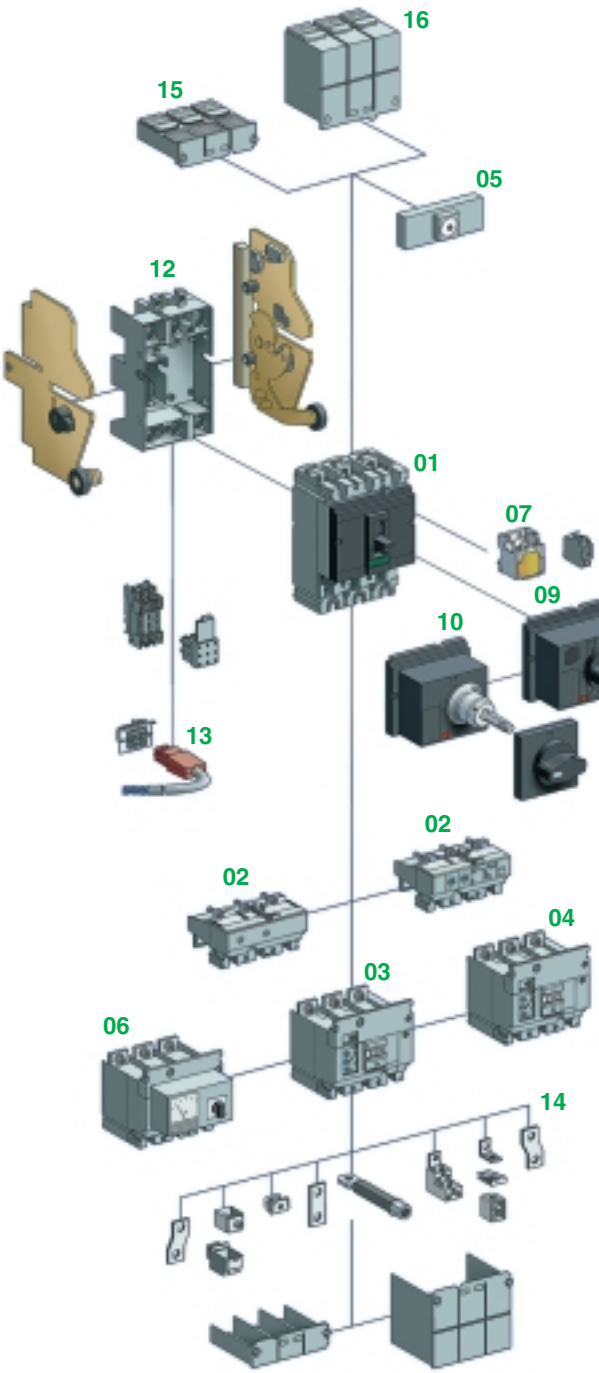
Micrologic 2.0, 5.0, 6.0, 7.0

Micrologic 2.0 A, 5.0 A, 6.0 A, 7.0 A

Sistema de bloques adaptables para Compact NS

Con un mínimo número de referencias, el sistema Compact NS ofrece una disponibilidad inmediata de todas las soluciones.
Bloques de relés, unidades de control, auxiliares, accesorios de instalación y de conexionado se adaptan indistintamente sobre cualquier aparato del mismo tamaño y, a menudo, sobre aparatos de diferente tamaño (contactos auxiliares, bobinas de disparo MN y MX):

- Compact NS80 y NSA160.
- Compact NS100 a NS250.
- Compact NS400 a NS630.
- Compact NS630b a 1600.
- Compact NS1600b a 3200.



01 Bloque de corte.
02 Bloques de relés o unidades de control.
03 Bloque Vigi.
04 Bloque de control del aislamiento.
05 Indicador de presencia de tensión.
06 Bloque amperímetro.
07 Bobina de disparo MN o MX.
08 Contacto auxliar multifunción.
09 Mando rotativo directo.
10 Mando rotativo prolongado.
11 Mando eléctrico.
12 Zócalo extraíble.
13 Conexión de los circuitos auxiliares del zócalo extraíble.
14 Accesorios de conexión.
15 Cubrebornes corto.
16 Cubrebornes largo.

Una comunicación abierta

Los interruptores automáticos Compact NS, equipados de la opción comunicación, se integran en el sistema de gestión de la instalación Digipact o en otros sistemas de supervisión, por ejemplo **Power**Logic.
El usuario puede, de esta forma, a partir de un PC o de un autómata programable:

- Visualizar el estado de los interruptores automáticos y sus regulaciones.
- Mando de interruptores automáticos.
- Visualizar los defectos.
- Disponer de las medidas suministradas por las unidades de control electrónicas.

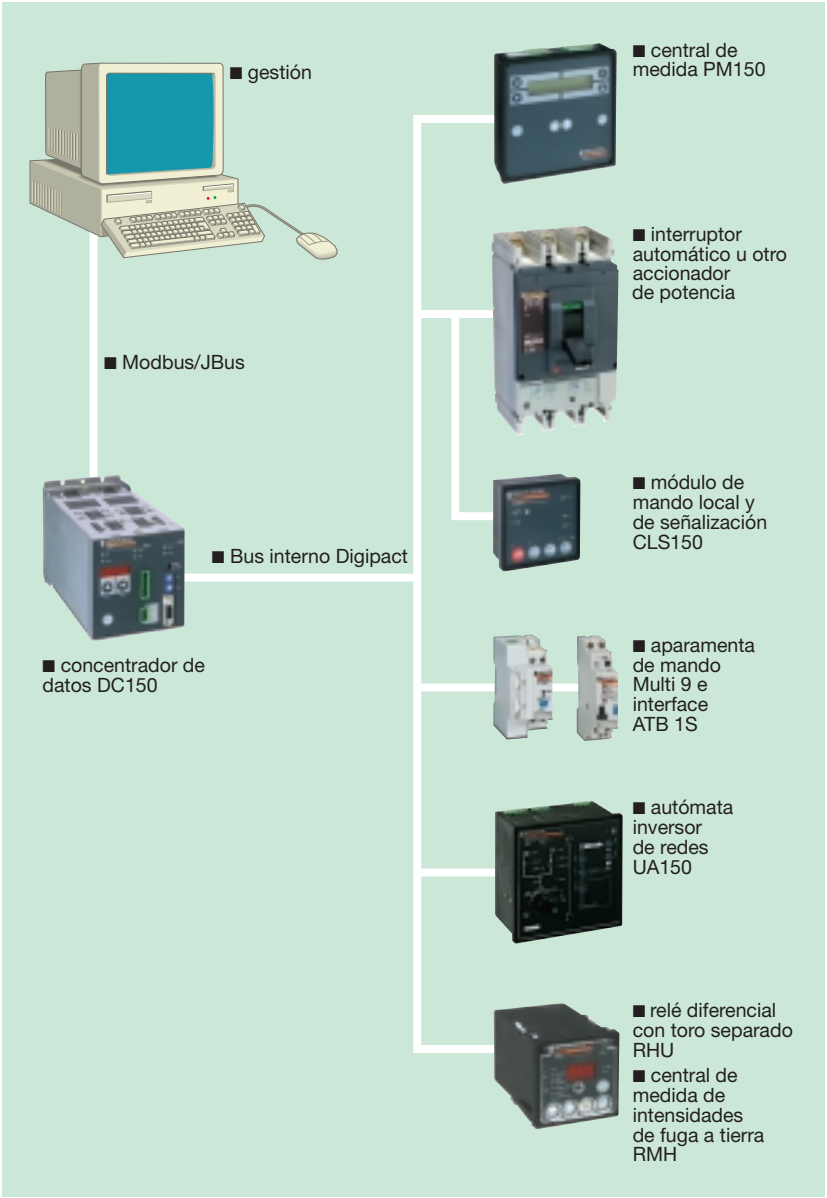


Fig. H2-3-059: *PowerLogic y Digipact: gestión de una instalación eléctrica.*

Respeta el medio ambiente

Merlin Gerin tiene en cuenta la incidencia medioambiental desde la concepción de los aparatos hasta el final de su vida útil:

■ Los Compact NS están concebidos con materiales sin riesgo potencial.

■ Las unidades de fabricación no son contaminantes y son conformes a la norma ISO 14001.

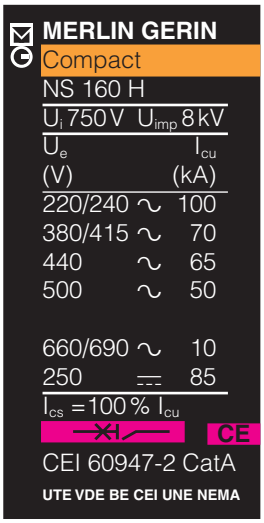
■ En los grandes calibres el corte filtrado suprime la polución en el cuadro eléctrico.

■ La potencia disipada por polo es escasa, dando pérdidas de energía insignificantes.

■ Al final de la vida útil, el marcaje simplifica la identificación de los materiales reciclables.

Especificaciones normativas indicadas en la placa de características de firme:

U_i: Tensión asignada de aislamiento.
U_{imp}: Tensión asignada soportada al impulso.
I_{cu}: Poder de corte último asignado en cortocircuito según la tensión de empleo U_e.
Cat: Categoría de empleo.
I_{cw}: Intensidad de corta duración admisible.
I_{cs}: Poder de corte de servicio asignado en cortocircuito.
Aptitud para el seccionamiento.



Conformidad con las normas

Interruptores automáticos Compact NS y sus auxiliares son conformes:

■ Con las recomendaciones internacionales CEI y las normas europeas EN:
□ CEI-EN 60947-1: reglas generales.
□ CEI-EN 60947-2: interruptores automáticos.
□ CEI-EN 60947-3: interruptores en carga y seccionadores.
□ CEI-EN 60947-4: contactores y arrancadores de motor.
□ CEI-EN 60947-5-1 y siguientes: aparatos y elementos de commutación para circuitos de mando y componentes de automatismo.

■ Con las normas nacionales correspondientes:
□ Española UNE.
□ Francesa NF.
□ Alemana VDE.
□ Británica BS.
□ Australiana AS.
□ Italiana CEI.

■ Con las especificaciones de las sociedades de clasificación Marina (Bureau Veritas, Lloyd's Register of Shipping, Det Norske Veritas, etc.).

■ Con la norma NF C 79-130 y con las recomendaciones del CNOMO para la protección de las máquinas herramientas.

■ Para las normas americana UL, canadiense CSA, mejicana NOM y japonesa JIS: consultarnos.

Grado de polución

Los interruptores automáticos Compact NS están adaptados para funcionar dentro de las condiciones de polución correspondientes, según la norma UNE-EN 60947, en los entornos industriales: grado de polución III.

Tropicalización

Los interruptores automáticos Compact NS han superado con éxito los tests definidos por las normas siguientes en las condiciones atmosféricas extremas:
■ CEI 60068-2-1: frío en atmósfera seca a –55 °C.
■ CEI 60068-2-2: calor en atmósfera seca a +85 °C.
■ CEI 60068-2-30: calor en atmósfera con gran tasa de humedad (temperatura +55 °C, humedad relativa 95 %).
■ CEI 60068-2-52 severidad 2: atmósfera salina.

Medio ambiente

Los interruptores automáticos Compact NS respetan las grandes orientaciones relativas a la protección del medio ambiente. La mayoría de estos productos son reciclables. Las piezas que constituyen des de los Compact NS630b a los NS3200 están registradas según las normas.

Temperatura ambiente:

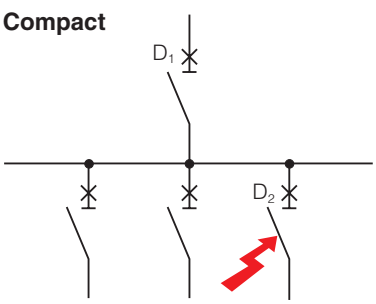
■ Los interruptores automáticos Compact NS pueden utilizarse entre –25 °C y +70 °C. Por encima de los 40 °C (65 °C para los interruptores automáticos destinados a la protección de salidas de motor), es necesario tener en cuenta los decalajes por temperatura contemplados en la documentación.
■ La puesta en servicio debe ser efectuada a la temperatura ambiente de utilización normal. Excepcionalmente la puesta en marcha puede llevarse a cabo a una temperatura ambiente comprendida entre –35 °C y –25 °C.
■ La temperatura de almacenamiento de los interruptores automáticos Compact NS en su embalaje original debe estar comprendida entre –50 °C(1) y +85 °C.

(1) –400 °C para unidades Micrologic con pantalla de cristal líquido.

Selectividad de las protecciones

La gama Compact NS permite, en estándar, asegurar la selectividad entre dos interruptores automáticos colocados en cascada en la instalación.

Compact



Seccionamiento con corte plenamente aparente

■ Todos los interruptores automáticos Compact NS están adaptados al seccionamiento como está definido en la norma UNE-EN 60947-2:
□ La posición de seccionamiento corresponde a la posición O (OFF).
□ La empuñadura o los indicadores únicamente pueden indicar la posición O si los contactos están efectivamente separados.
□ El enclavamiento sólo es posible si los contactos están efectivamente separados.
■ La adaptación de un mando rotativo o de un mando eléctrico conserva la aptitud al seccionamiento del interruptor automático.
■ La función de seccionamiento está certificada por ensayos que garantizan:
□ La fiabilidad mecánica del indicador de posición.
□ La ausencia de corrientes de fuga.
□ La resistencia a las sobretensiones entre aguas arriba y abajo.

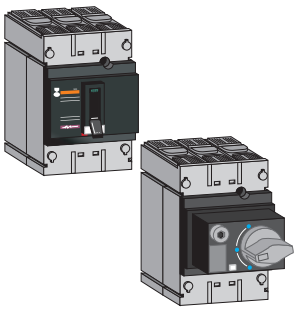
Instalación en cuadro clase II

Todos los interruptores automáticos Compact NS son aparatos de clase II en la cara delantera. Pueden instalarse a través de puerta en los cuadros eléctricos de clase II (según la norma CEI 60664), sin degradar el aislamiento, sin operaciones particulares, y también cuando están equipados con un mando rotativo de un telemando.

Grado de protección

Según las normas UNE-EN 60529 (índice de protección IP) y UNE-EN 50102 (protección contra los impactos mecánicos externos IK).

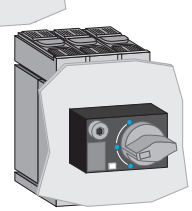
Aparato desnudo con cubrebornes



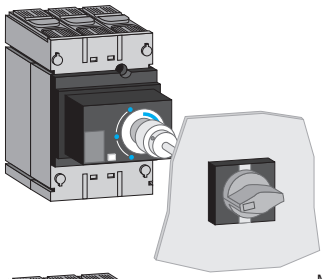
Mando por empuñadura	IP40 IK07
Mando rotativo directo estándar / VDE	IP40 IK07

Aparato en cuadro eléctrico

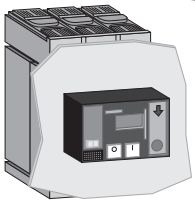
Mando por empuñadura



Mando rotativo directo estándar / VDE CCM IP435 CNOMO IP547	IP40 IK07



Mando rotativo prolongado	IP55 IK08

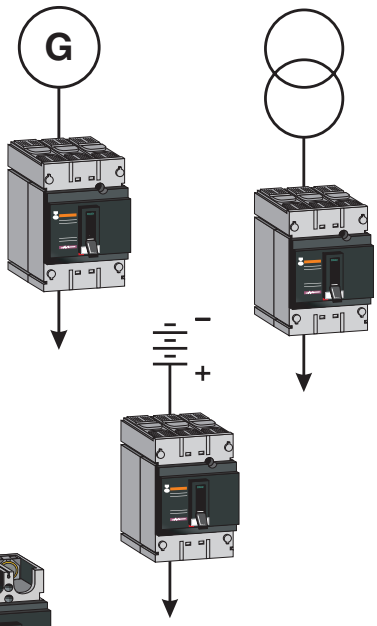


Mando eléctrico	IP40 IK07

H2
3

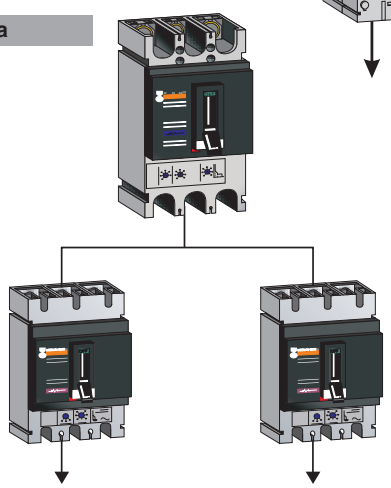
Protección de la distribución

La protección de la distribución es la protección:
- De las redes de distribución alimentadas por transformador.
- De las redes alimentadas por generadores.
- De las grandes longitudes de cable en régimen de neutro IT y TN.



Caso particular con redes en corriente continua:
Los bloques de relés magnetotérmicos TM para Compact NS100 a 250 y los bloques de relés magnéticos MP para los Compact NS400 y 630 permiten la protección de las redes en corriente continua.

Distribución de potencia



Elección de los interruptores automáticos hasta 630 A						
Intensidad nominal (A)		12,5… 100	12,5… 160	12,5… 250	60… 400	250… 630
Compact		NS100	NS160	NS250	NS400	NS630
Poder de corte (kA eff.) 380/415 V	N	25	36	36	45	45
	SX	50	50	50		
	H	70	70	70	70	70
	L	150	150	150	150	150

Bloques de relés asociados hasta 630 A

Bloques de relés magnetotérmicos o electrónicos intercambiables para NS100 a NS250 y electrónicos intercambiables para NS400 y NS630.

Elección de interruptores automáticos de 630 a 3200 A						
Intensidad nominal (A)		250…	320…	400…	500…	640…
		630	800	1000	1250	1600
Compact		NS630b	NS800	NS1000	NS1250	NS1600
Poder de corte (kA eff.) 380/415 V	N	50	50	50	50	50
	H	70	70	70	70	70
	L	150	150	150	–	–
Intensidad nominal (A)		640…	800…	1000…	1250…	
		1600	2000	2500	3200	
Compact		NS1600b	NS2000	NS2500	NS3200	
Poder de corte (kA eff.) 380/415 V	N	70	70	70		
	H	85	85	85		

Unidades de control asociadas hasta 3200 A

Las unidades de control electrónicas Micrologic, intercambiables “in situ”, son comunes a todos los interruptores automáticos Compact NS630b a NS3200.

Distribución 1000 V	
Intensidad nominal (A)	60…400
Compact	NS400 1000 V

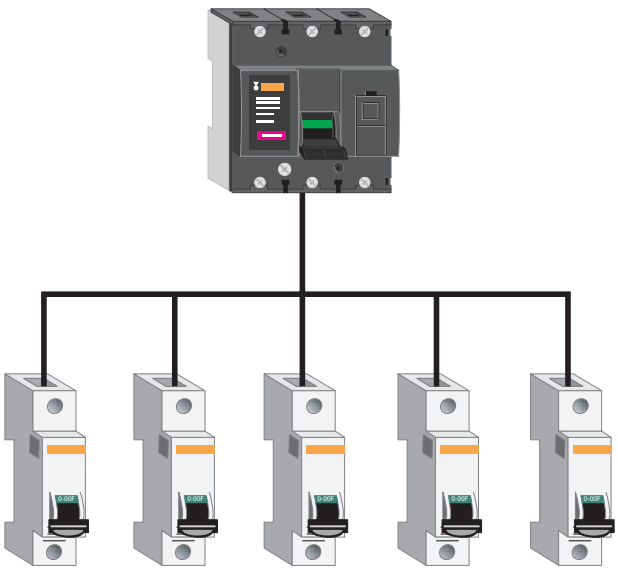
Poder de corte:
10 kA eff. a 1000 V

Bloque de relés electrónico STR23 SP especialmente adaptado a las aplicaciones 1000 V

Distribución 1000 V (continuación)					
Intensidad nominal (A)	250…	320…	400…	500…	640…
	630	800	1000	1250	1600
Compact	NS630b	NS800	NS1000	NS1250	NS1600

Poder de corte:
25 kA eff. A 1000 V;
las unidades de control
Micrologic están adaptadas
a las aplicaciones 1000 V

Distribución terminal



Corriente nominal (A)	16…160
Compact	NSA160
Instalación sobre carril DIN simétrico	Poder de corte (kA eff.) 380/415 V E: 16 kA N: 25/30 kA Bloque de relés integrado

Características de los interruptores automáticos Compact

Características interruptores automáticos Compact					NS100					
Número de polos					2 (1), 3, 4					
Mando	Manual		Con empuñadura		■					
			Rotativo directo o prolongado		■					
	Eléctrico				■					
Conexión	Fija		Toma anterior		■					
			Toma posterior							■
	Extraíble con zócalo		Toma anterior		■					
			Toma posterior							■
	Extraíble con chasis		Toma anterior		■					
			Toma posterior							■
Características eléctricas según CEI-EN 60947-2										
Intensidad asignada (A)		I_n	40 °C		160					
Tensión asignada de aislamiento (V)		U_i			750					
Ten. asignada soportada al impulso kV)		U_{imp}			8					
Tensión asignada de empleo (V)		U_e	CA 50/60 Hz		500					
			CC		–					
Tipo de interruptor automático					**E**					
Poder de corte último (kA eff.)		I_{cu}	CA	220/240 V	50					
			50/60 Hz	380V	30					
				415 V	30					
				440 V	16					
				500 V	10					
				660/690 V	–					
			CC	250 V (1 polo)	–					
				500 V (2 p. s.)	–					
Poder de corte de servicio (kA eff.)		I_{cs}	% I_{cu}		50 %					
Aptitud al seccionamiento					■					
Categoría de empleo					A					
Resistencia (ciclos F/0)	Mecánica				10.000					
	Eléctrica	440 V	In		6.000					
Características eléctricas según NEMA AB1					**N**					
Poder de corte (kA)			240 V		5					
			480 V		5					
			600 V		–					
Protecciones y medidas										
Tipos de relés		Magnetotérmicos			No recambiables					
Protección contra las sobrecargas		I_r	a 40 °C		40	63	80	100	125	160
Umbral de disparo (A)			a 60 °C		38	60	76	95	119	152
Protección ins. contra los cortocircuitos		I_m			500	500	1000	1250	1250	1250
Umbral de disparo (A)					0,8 a 1					
Auxiliares de señalización y mando										
Contactos de señalización, bloques Vigi, amperímetro y aislamiento					■					
Bobinas de disparo a	Emisión de corriente MX				■					
	A mínima tensión MN				■					
Comunicación a distancia mediante Bus										
Contactos auxiliares comunicantes					■					
Instalación										
Accesorios		Pletinas y espaciadores			■					
		Cubrebornes y separadores de fase			■					
		Mandos rotativos y mandos de puerta			■					
		Bloque Vigi, amperímetro y asimétrico			■					
Dimensiones (mm) L×H×P		Fijo, toma anterior 2-3P/4P			105×161×86 / 140×161×86					
Inversores de redes										
Inversores manuales					■					

Tabla H2-3-060: *interruptores automáticos Compact NS100.*

Compact NSA160 para distribución en posición terminal

Interruptores automáticos de llegada, especialmente concebidos para funcionar aguas arriba de la aparamenta modular multi 9.
Refuerzo de los poderes de corte a 380 / 415 V por filiación hasta 25 kA.

Características interruptores automáticos Compact				NSA160	
Número de polos				3, 4	
Mando	Manual con empuñadura			■	
	Rotativo directo o prolongado			■	
	Eléctrico			–	
Conexión	Fijo	Conexión anterior		■	
		Conexión posterior		–	
	Extraíble	Conexión anterior		–	
		Conexión posterior		–	
Fijación sobre carril simétrico				■	
Troquel de cara anterior				Altura 45 mm	
Características eléctricas según CEI 60947-2					
Intensidad asignada (A)	I_n 40 °C			160	
Tensión asignada de aislamiento (V)	U_i			500	
Tensión asig. soportada al impulso (kV)	U_{imp}			8	
Tensión asignada de empleo (V)	U_e	CA 50/60 Hz		500	
		CC		250	
Tipo de interruptor automático				**E**	**N**
Poder de corte último	I_{cu}	CA 220 / 240 V		25	50
(kA eff.)		50/60 Hz	380 / 415 V	16	25/30(1)
			440 V	10	15
		CC	125 V	5	10
			250 V (2 polos)	5	10
Poder de corte de servicio	I_{cs} % I_{cu}			50 %	
Categoría de empleo				A	
Aptitud al seccionamiento				■	
Resistencia (ciclos C/A)	Mecánico			10.000	
	Eléctrico (I_n - 440 V)			5.000	

Protecciones										
Bloque de relés magnetotérmicos integrado										
Calibres I_n	16	25	32	40	50	63	80	100	125	160
Proteccción térmica I_r	Umbral de disparo fijo									
Contra las sobrecargas	16	25	32	40	50	63	80	100	125	160
Protección magnética I_m	Umbral de disparo fijo									
Contra los cortocircuitos	600	600	600	600	1.000	1.000	1.000	1.250	1.250	1.250
Protección diferencial	Por bloque Vigi									
Adicional	Por relés Vigirex asociados									

Auxiliares de señalización y mando			
Contactos de señalización			1 OF + 1 SD
Bobinas de disparo			MN o MX
Instalación y conexión			
Conexión	Por bornes		Cable de 1,5 a 70 mm²
Accesorios	Cubrebornes		■
	Realces		■
Dimensiones (mm)	Compact	3 polos	90 × 120 × 82,5
L × H × P		4 polos	120 × 120 × 82,5
	Vigicompact	3 polos	210 × 120 × 82,5
		4 polos	240 × 120 × 82,5
Masa (kg)	Compact	3 polos	1,1
		4 polos	1,4
	Vigicompact	3 polos	2,6
		4 polos	3,1
Inversores de redes			
Interenclavamientos			–

(1) El poder de corte de 30 kA existe sólo en el calibre de 160 A.

Tabla H2-3-064: *características de los Compact NSA160.*

Características interruptores automáticos Compact					NS100				NS160			
Número de polos					2 (1), 3, 4				2 (1), 3, 4			
Mando	Manual		Con empuñadura		■				■			
			Rotativo directo o prolongado		■				■			
	Eléctrico				■				■			
Conexión	Fija			Toma anterior	■				■			
				Toma posterior	■				■			
	Extraíble con zócalo			Toma anterior	■				■			
				Toma posterior	■				■			
	Extraíble con chasis			Toma anterior	■				■			
				Toma posterior	■				■			
Características eléctricas según CEI-EN 60947-2												
Intensidad asignada (A)		I_n	40 °C		100				160			
			65 °C		100				150			
Tensión asignada de aislamiento (V)		U_i			750				750			
Ten. asignada soportada al impulso kV)		U_{imp}			8				8			
Tensión asignada de empleo (V)		U_e	CA 50/60 Hz		690				690			
			CC		500				500			
Tipo de interruptor automático					**N**	**SX**	**H**	**L**	**N**	**SX**	**H**	**L**
Poder de corte último (kA eff.)		I_{cu}	CA	220/240 V	85	90	100	150	85	90	100	150
			50/60 Hz	380/415 V	36	50	70	150	36	50	70	150
				440 V	36	50	65	130	35	50	65	130
				500 V	18	25	50	100	30	35	50	70
				525 V	18	22	35	100	22	35	35	50
				660/690 V	8	8	10	75	8	10	10	20
			CC	250 V (1 polo)	50	70	85	100	50	70	85	100
				500 V (2 p. en s.)	50	70	85	100	50	70	85	100
Poder de corte de servicio (kA eff.)		I_{cs}	% I_{cu}		100 %				100 %			
Aptitud al seccionamiento					■				■			
Categoría de empleo					A				A			
Resistencia (ciclos F/0)	Mecánica				50.000				40.000			
	Eléctrica	440 V	$I_n/2$		50.000				40.000			
			I_n		30.000				20.000			
Características eléctricas según NEMA AB1					**N**	**SX**	**H**	**L**	**N**	**SX**	**H**	**L**
Poder de corte (kA)			240 V		85	–	100	200	85	–	100	200
			480 V		25	–	65	130	35	–	65	130
			600 V		10	–	35	50	20	–	35	50
Características eléctricas según UL508					**N**	**SX**	**H**	**L**	**N**	**SX**	**H**	**L**
Poder de corte (kA)			240 V		85	–	85	–	85	–	85	–
			480 V		25	–	65	–	35	–	65	–
			600 V		10	–	10	–	10	–	10	–
Protecciones y medidas												
Bloques de relés (electrónico)					TM (magnetotérmicos)				STR22 (electrónico)			
Protección contra las sobrecargas	Largo retardo	I_r ($I_n \times \ldots$)			■				■			
Protección contra los cortocircuitos	Corto retardo	I_{sd} ($I_r \times \ldots$)			–				■			
	Instantánea	I_i ($I_n \times \ldots$)			■				■			
Protección contra los defectos a tierra		I_g ($I_n \times \ldots$)			–				–			
Selectividad lógica		ZSI			–				–			
Potección diferencial adicional		Por bloque Vigi			■				■			
		Por relé Vigirex asociado			■				■			
Medida de intensidades					–				–			
Auxiliares de medida, señalización y mando complementarios												
Contactos de señalización					■							
Bobinas de disparo a emisión de corriente MX y a mínima tensión MN					■							
Indicador de presencia de tensión					■							
Bloque transformadores de intensidad y bloque amperímetro					■							
Bloque de vigilancia de aislamiento					■							
Comunicación a distancia mediante Bus												
Señalización del estado de los aparatos					■				■			
Mando a distancia del aparato					■				■			
Transmisión de las regulaciones de los selectores					–				–			
Señalización e identificación de las protecciones					–				–			
Transmisión de las intensidades medidas					–				–			
Instalación												
Accesorios	Pletinas y espaciadores				■							
	Cubrebornes y separadores de fase				■							
	Marcos de puerta				■							
Dimensiones (mm) L × H × P	Fijo, toma anterior		2-3P/4P		105 × 161 × 86 / 140 × 161 × 86							
Peso (kg)	Fijo, toma anterior		3P/4P		1,6 a 1,9 / 2,1 a 2,3							
Inversores de redes (ver capítulo de inversores de redes)												
Inversores manuales, con mando eléctrico o automatismo					■							

Tabla H2-3-061: *interruptores automáticos Compact NS100-NS630.*

	NS250				NS400			NS630		
	2 (1), 3, 4				2 (1), 3, 4			3, 4		
	■				■			■		
	■				■			■		
	■				■			■		
	■				■			■		
	■				■			■		
	■				■			■		
	■				■			■		
	■				■			■		
	■				■			■		
	250				400			630		
	220				320			500		
	750				750			750		
	8				8			8		
	690				690			690		
	500				500			500		
	N	**SX**	**H**	**L**	**N**	**H**	**L**	**N**	**H**	**L**
	85	90	100	150	85	100	150	85	100	150
	36	50	70	150	50	70	150	50	70	150
	35	50	65	130	42	65	130	42	65	130
	30	35	50	70	30	50	100	30	50	70
	22	35	35	50	22	35	100	22	35	50
	8	10	10	20	10(2)	20(2)	75(2)	10(2)	20(2)	35(2)
	50	70	85	100	–	85	–	–	85	–
	50	70	85	100	–	85	–	–	85	–
	100 %				100 %			100 %		
	■				■			■		
	A				A			A		
	20.000				15.000			15.000		
	20.000				12.000			8.000		
	10.000				6.000			4.000		
	N	**SX**	**H**	**L**	**N**	**H**	**L**	**N**	**H**	**L**
	85	–	100	200	85	100	200	83	100	200
	35	–	65	130	42	65	130	42	65	130
	20	–	35	50	20	35	50	20	35	50
	N	**SX**	**H**	**L**	**N**	**H**	**L**	**N**	**H**	**L**
	85	–	85	–	85	85	–	85	85	–
	35	–	65	–	42	65	–	42	65	–
	18	–	18	–	18	18	–	30	30	–
	STR22 (electrónico)				STR23 (elect.)			STR53 (elect.)		
	■				■			■		
	■				■			■		
	■				■			■		
	–				–			■		
	–				–			■		
	■				■			■		
	■				■			■		
	–				–			■		
					■					
					■					
					■					
					■					
					■					
	■				■			■		
	■				■			■		
	–				–			■		
	–				–			■		
	–				–			■		
					■					
					■					
					■					
					140 × 255 × 110 / 185 × 255 × 110					
					6,0 / 7,8					

Compact NS250 H

Compact NS630L

(1) 2P en volumen, 3P solamente en tipo N.
(2) Para tensiones de empleo > 525 V, los bloques de relés son específicos.
(3) Tensión de empleo ⩽ 500 V.

Características interruptores automáticos Compact				NS630b			NS800/NS1000	
Número de polos				3, 4				
Mando	Manual	Con empuñadura		■				
		Rotativo directo o prolongado		■				
	Eléctrico			■				
Tipo de interruptor automático				**N**	**H**	**L**		
Conexión	Fija		Toma anterior	■	■	■		
			Toma posterior	■	■	■		
	Extraíble con chasis		Toma anterior	■	■			
			Toma posterior	■	■			
Características eléctricas según CEI-EN 60947-2								
Intensidad asignada (A)	I_n	50 °C		630			800	1.000
		65 °C		630			800	1.000 (L:950)
Tensión asignada de aislamiento (V)	U_i			750				
Ten. asignada soportada al impulso kV)	U_{imp}			8				
Tensión asignada de empleo (V)	U_e	CA 50/60 Hz		690				
		CC		500				
Tipo de interruptor automático				**N**	**H**	**L**		
Poder de corte último (kA eff.)	I_{cu}	CA	220/240 V	50	70	150		
		50/60 Hz	380/415 V	50	70	150		
			440 V	50	65	130		
			500/525 V	40	50	100		
			660/690 V	30	42	25		
		CC	250 V	–	–	–		
			500 V	–	–	–		
Poder de corte de servicio (kA eff.)	I_{cs}	% I_{cu}		75 %	50 %	100 %		
Inten. asignada de corta duración admisible (kA) eff.		I_{cw}	0,5 s	25	25	10		
V CA 50/60 Hz			1 s	17	17	7		
Aptitud al seccionamiento					■			
Categoría de empleo				B	B	A		
Vida (ciclos F/0)	Mecánica				10.000			
	Eléctrica	440 V	$I_n/2$		6.000			
			I_n		5.000			
			I_n		4.000			
			$I_n/2$		2.000			
Grado de polución					III			
Características eléctricas según NEMA AB1				**N**	**H**	**L**		
		240 V		50	70	150		
		480 V		35	65	100		
		600 V		18	25	25		
Protecciones y medidas								
Bloques de relés intercambiables					Micrologic 2.0			Micrologic 5.0
Protección contra las sobrecargas	Largo retardo	I_r ($I_n \times$ …)			■			■
Protección contra los cortocircuitos	Corto retardo	I_{sd} ($I_r \times$)			–			■
	Instantánea	I_i ($I_n \times$)			■			■
Protección contra los defectos a tierra		I_g ($I_n \times$)			–			
Protección diferencial residual		I_n			–			–
Selectividad lógica		ZSI			–			–
Potección del cuarto polo					■			■
Medida de intensidades					–			–
Auxiliares de medida, señalización y mando complementarios								
Contactos de señalización					■			
Bobinas de disparo	A emisión de corriente MX				■			
	A mínima tensión MN				■			
Comunicación a distancia mediante bus								
Señalización del estado de los aparatos					■			■
Mando a distancia del aparato (1)					■			■
Transmisión de las regulaciones de los selectores					–			–
Señalización e identificación de las protecciones y alarmas					–			–
Transmisión de las intensidades medidas					–			–
Instalación								
Accesorios	Pletinas y espaciadores				■			
	Cubrebornes y separadores de fase				■			
	Marcos embellecedores				■			
Dimensiones (mm) L×H×P	Fijo, toma anterior		3P		327×210×147			
			4P		327×280×147			
Peso (kg) aparatos fijos, toma anterior			3P		14			
			4P		18			
Inversores de redes (ver capítulo de inversores de redes)								
Inversores manuales, con mando eléctrico o automatismo					■			

Tabla H2-3-062: *interruptores automáticos Compact NS630b-NS3200.*

NS1250/NS1600			NS1600b		NS2000/NS2500/NS3200		
3, 4			3, 4				
■			■				
–			–				
–			–				
N	**H**		**N**	**H**			
■	■		■	■			
■	■		■	■			
■	■		■	■			
■	■		■	■			
1.250		1.600	1.600		2.000	2.500	3.200
1.090		1.160					
750			750				
8			8				
690			690				
500			500				
N	**H**		**N**	**H**			
50	70		85	125			
50	70		70	85			
50	65		65	65			
40	50		65	–			
30	42		65	–			
–	–		–	–			
–	–		–	–			
75 %	50 %		65 kA	75 %			
25	25		30	30			
17	17		21	21			
■			■				
B	B		B	B			
10.000			6.000				
5.000	5.000		3.000				
4.000	2.000		2.000				
3.000	2.000		2.000				
2.000	1.000		1.000				
III			III				
N	**H**		**N**	**H**			
50	70		65	100			
35	65		35	65			
18	25		18	25			

Micrologic 2.0 A	Micrologic 5.0 A	Micrologic 6.0 A	Micrologic 7.0 A
■	■	■	■
–	■	■	■
■	■	■	■
–	–	■	–
–	–	■	
■	■	■	■
■	■	■	■
■	■	■	■
	■		
	■		
	■		
■	■	■	■
■	■	■	■
■	■	■	■
■	■	■	■
■	■	■	■
	–		
	–		
	■		
	350 × 420 × 160		
	350 × 535 × 160		
	24		
	36		

Compact NS800 H

Compact NS2000 H

(1) Para NS 1600b a NS3200, únicamente apertura.

Características interruptores Compact para redes a 1000 V				NS400 1000 V	NS630b
Número de polos				3	3, 4
Calibre de los captadores (A)				150, 250, 400	630
Mando	Manual	Con empuñadura		■	■
		Rotativo directo o prolongado		■	■
	Eléctrico			■	■
Conexión	Fija		Toma anterior	■	■
			Toma posterior	Consultar	■
	Extraíble con zócalo		Toma anterior	Consultar	–
			Toma posterior	Consultar	–
	Extraíble con chasis		Toma anterior	Consultar	■
			Toma posterior	Consultar	■
Características eléctricas					
Tensión asignada de empleo (V)	U_e	CA 50/60 Hz		1.150	1.150
Poder de corte último (kA eff.)	I_{cu}	CA 1000 V		10	20
Poder de corte de servicio (kA eff.)	I_{cs}	% I_{cu}		100 %	100 %
Características eléctricas según CEI-EN 60947-2					
Intensidad asignada (A)	I_n			150, 250, 400	630
Tensión asignada de aislamiento (V)	U_i			1.250	1.250
Ten. asignada soportada al impulso kV)	U_{imp}			8	12
Tensión asignada de empleo (V)	U_e	CA 50/60 Hz		1.000	1.000
Poder de corte último (kA eff.)	I_{cu}	CA 50/60 Hz CA 1.000 V		10	20
Poder de corte de servicio (kA eff.)	I_{cs}	% I_{cu}		100 %	100 %
Aptitud al seccionamiento				■	■
Inten. asignada de corta duración admisible (kA) eff.		I_{cw}	0,5 s	Normalizado	25
V CA 50/60 Hz			1 s	Normalizado	17
Categoría de empleo				A	B
Vida (ciclos C/A)	Mecánica			15.000	10.000
	Eléctrica	1.000 V	$I_n/2$	4.000	2.000
			I_n	2.000	1.000
Grado de polución				III	III
Protecciones y medidas					
Bloques de relés intercambiables				STR23SP	Micrologic 2.0
Protección contra las sobrecargas	Largo retardo	I_r ($I_n \times \ldots$)		■	■
Protección contra los cortocircuitos	Corto retardo	I_{sd} ($I_r \times \ldots$)		■	–
	Instantánea	I_i ($I_n \times \ldots$)		■	■
Protección contra los defectos a tierra		I_g ($I_n \times \ldots$)		–	–
Protección diferencial residual		I_{Dn}		■	–
Selectividad lógica		ZSI		–	–
Potección del cuarto polo				–	■
Protección diferencial adicional	Por Vigirex asociado			■	■
Medida de intensidades				–	–
Auxiliares de medida, señalización y mando complementarios					
Contactos de señalización				■	■
Bobinas de disparo	A emisión de corriente MX			■	■
	A mínima tensión MN			■	■
Comunicación a distancia mediante Bus					
Señalización del estado de los aparatos				■	■
Mando a distancia del aparato				■	■
Transmisión de las regulaciones de los selectores				–	–
Señalización e identificación de las protecciones y alarmas				–	–
Transmisión de las intensidades medidas				–	–
Instalación					
Accesorios	Pletinas y espaciadores			■	■
	Cubrebornes y separadores de fase			■	■
	Marcos embellecedores			■	■
Dimensiones (mm) L×H×P	Fijo		3P	480×140×110	327×210×147
			4P	–	327×280×147
Peso (kg) aparatos fijos, toma anterior			3P	13	14
			4P	–	18
Inversores de redes (ver capítulo de inversores de redes)					
Interenclavamientos				Consultar	

Tabla H2-3-063: *interruptores automáticos Compact de 1000 V.*

NS800	NS1000	NS1250	NS1600
		3, 4	
400, 800	1.000	1.250	1.600
		■	
		■	
		■	
		■	
		■	
		–	
		–	
		■	
		■	
		1.250	1.600
		20	
		100 %	
400, 800	1.000	1.250	1.600
		1.250	
		12	
		1.000	
		20	
		100 %	
		■	
		25	
		17	
		B	
		10.000	
		1.500	1.000
		800	500

Compact NS400 1.000 V

Micrologic 5.0	Micrologic 2.0 A	Micrologic 5.0 A	Micrologic 6.0 A	Micrologic 7.0 A
■	■	■	■	■
■	–	■	■	■
■	■	■	■	■
–	–	–	■	–
–	–	–	–	■
–	■	■	■	■
■	■	■	■	■
■	■	■	■	■
–	■	■	■	■
■				
■				
■				
■	■	■	■	■
■	■	■	■	■
–	–	■	■	■
–	–	■	■	■
–	–	■	■	■

Compact NS800 1000 V

Cómoda instalación en cofrets Pragma o Prisma G gracias a:
■ Un troquel de la cara anterior respondiendo al estándar de 45 mm.
■ El montaje por simple encliquetado en carril Din simétrico.
■ Profundidad reducida (82,5 mm).
Existen también en versión interruptor en carga (NSA160NA).

Dispositivo diferencial residual Vigi

Dispositivo diferencial residual Vigi adaptable en el lateral derecho del interruptor automático.
Conexión del interruptor automático aguas arriba o aguas abajo del bloque Vigi (2 versiones).
Los cables de conexión se suministran con el bloque Vigi.

Características		
Número de polos		3, 4
Sensibilidad (A)		0,03 / 0,3 / 1 / 3
Temporización	Retardo intencional (ms)	0 60(1) 150(1)
	Tiempo total de corte	< 40 < 140 < 150
Tensión nominal (V)	50/60 Hz	200 a 440 V
Rearme		Por botón pulsador
Test		Por botón pulsador
Protección contra los disparos intempestivos		■
Funcionamiento con componente continua		Clase A

(1) Sea cual sea el escalón de temporización, si la sensibilidad está regulada a 30 mA no se aplica ningún tipo de retardo.

Tabla H2-3-065: *características de los bloques Vigi acoplables a los Compact NSA.*

Auxiliares y accesorios

Equipamiento posible de auxiliares:
■ 1 contacto auxiliar de señalización de posición (OF).
■ 1 contacto auxiliar de señalización de disparo (SD).
■ 1 bobina auxiliar de mínima tensión (MN) o a emisión de corriente (MX).
■ 1 mando rotativo prolongado con enclavamiento de puerta, accesible directamente desde el exterior del cofret.

Realce

Este accesorio es necesario para fijar aparatos multi 9 al lado de un Compact NSA160 con alineamiento de las caras anteriores. Largo 324 mm máximo (36 módulos).

Compact NSA160

Vigicompact NSA

Compact CM de 1250 a 3200 A

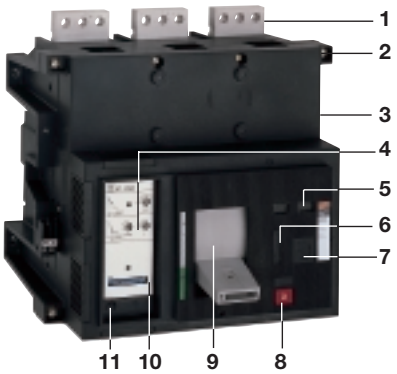
Funciones y características

Una referencia internacional

Merlin Gerin es actualmente, con el sistema Compact, el primer constructor europeo de interruptores automáticos de “caja moldeada”.
La gama Compact incluye todos los calibres de 100 a 3200 A:
- Compact NS, de 100 a 630 A.
- Compact C, de 800 a 1250 A.
- Compact CM, de 1250 a 3200 A.

Los interruptores automáticos y los interruptores en carga Compact CM incluyen todos los calibres de 1250 A a 3200 A. Ensayados en el mundo entero, conformes a la mayoría de normas en vigor y tropicalizados a “todos los climas”, se adaptan a los diferentes tipos de cuadros eléctricos de cada país.

Interruptor automático Compact CM:



1 Bornes de conexionado.
2 Tornillo de fijación de la tapa.
3 Regletero de conexionado de los circuitos auxiliares.
4 Testigo de posición de los contactos principales y auxiliares.
5 Dispositivo de enclavamiento.
6 Cerrradura.
7 Pulsador de apertura.
8 Empuñadura e indicador de posición.
9 SDE: señal de defecto eléctrico.
10 Toma de test.
11 Regulación del corto retardo y del largo retardo.

Designación de aparatos

CM 1250 H

Familia:
- CM: caja moldeada, calibres 1250 A a 3200 A.

Calibre:
- Umbral de disparo máximo (A).

Poder de corte:
- N: normal.
- H: reforzado.

Concepción modular

Los interruptores automáticos e interruptores en carga Compact CM están concebidos en forma de módulos fáciles de ensamblar y de modificar en los cuadros eléctricos de distribución en baja tensión.
Las bobinas de disparo MN y MX, así como los contactos auxiliares, se instalan en el interior del aparato. De esta forma se anula toda posibilidad de contacto con las partes bajo tensión de todos los Compact.

Composición del Compact CM:

a Interruptor automático Compact CM.
b 4.º polo.
c Bloque de relés electrónico.
d Bloque Visu.
e Contacto auxiliar.
f Bobina de disparo MN.

g Bobina de disparo MX.
h Prolongador de empuñadura.
j Tapa.
k Mando eléctrico.

Bobinas de disparo:
■ A emisión de corriente:
□ Bobina de disparo MX.
□ Bobina de disparo permanente MXP.
■ A mínima tensión:
□ Bobina de disparo instantánea MN.
□ Bobina de disparo temporizada MNR.

Gama Compact CM:

■ Los interruptores automáticos Compact CM1250, CM1600, CM2000, CM2500 y CM3200 completan la gama Compact hasta 3200 A. Estos aparatos se benefician de la amplia experiencia de Merlin Gerin en el domimio de interruptores automáticos de caja moldeada, presentando todas las ventajas de prestaciones y de funciones que constituyen los puntos fuertes de esta gama. En particular, no tienen necesidad de ningún tipo de mantenimiento. Equipados de bloques de relés electrónicos, representan un auténtico avance en la protección de las instalaciones eléctricas.

■ Existen versiones tripolares y tetrapolares para todos los aparatos, a excepción del CM3200 que no tiene versión tripolar y no adapta los bloques de relés ST-CM1 y ST-CM2.

■ También están disponibles en versión fija, con conexiones anteriores y posteriores.

■ Ofrecen dos poderes de corte distintos: normal (N) y reforzado (H).

■ Los Compact CM realizan diferentes protecciones según el bloque de relés con que están equipados. Los bloques de relés electrónicos incluyen todos los calibres de 1250 A a 3200 A. Permiten obtener una distribución électrica de calidad, facilitando la elección, la puesta en servicio y la explotación de los aparatos:

□ Con múltiples escalones de regulación, un mismo bloque de relés puede realizar varios tipos de protección.

□ Las comprobaciones se realizan durante la instalación o en la misma obra.

Prestaciones

Poder de corte
El poder de corte es el mismo para todos los calibres:
- Tipo N: 70 kA.
- Tipo H: 85 kA.

A 380/415 V, según la CEI 60947-2.

Selectividad
Con los interruptores automáticos Compact CM se obtiene una selectividad total con la mayoría de los otros interruptores automáticos Compact.

Protección y mando de circuitos
Los interruptores automáticos Compact CM1250 a CM3200 equipados de un bloque de relés ST-CM1 realizan las funciones de protección y mando de circuitos.

Protección selectiva de circuitos
Los interruptores automáticos Compact CM1250 a CM3200 equipados de una unidad de control ST-CM2 o ST-CM3 realizan las funciones de protección y mando de circuitos y además permiten obtener la selectividad cronométrica hasta el umbral de disparo instantáneo (35 kA eff.). Esta característica hace posible una selectividad total con la mayoría de los otros interruptores automáticos Compact.

Otras funciones:
- Mando de circuitos.

Los interruptores en carga Compact CM1600NI a CM3200NI se presentan en la misma caja moldeada que los interruptores automáticos del mismo calibre. Sus auxiliares y accesorios son comunes.
- Seccionamento de corte plenamente aparente.

Los Compact CM realizan el seccionamento de corte plenamente aparente. La empuñadura no puede indicar la posición “abierto” si no es que los polos están efectivamente abiertos y separados por una distancia suficiente. El enclavamiento sólo puede efectuarse en la posición “abierto”. Si el aparato se equipa de contactos auxiliares, esta posición es visible también mediante un testigo mecánico.
- Corte visible.

Los Visucompact realizan el corte visible según la norma NF C 13-100.
- Mando eléctrico.

El mando eléctrico efectúa la apertura y cierre de los Compact CM bajo órdenes provenientes de botones pulsadores, contactos inversores o relés. Se adapta sobre la cara anterior del aparato.

Bloques de relés
Los ST-CM son bloques de relés electrónicos que pueden equipar a todos los interruptores automáticos Compact CM. Están alimentados por transformadores de intensidad incluidos dentro de los interruptores automáticos, y funcionan sin alimentación exterior. Los potenciómetros de regulación son accesibles por la cara anterior. Se proponen tres tipos de bloques de relés:
- El ST-CM1 está concebido para la protección estándar de los circuitos.
- El ST-CM2 posee escalones de regulación más extensos que el ST-CM1. Ofrece la posibilidad de la selectividad cronométrica.
- El ST-CM3 dispone de las mismas funciones que el ST-CM2, más una protección de “defecto a tierra” a umbral elevado (superior a 500 A).

Conformidad con las normas
Los interruptores automáticos Compact CM son conformes con las recomendaciones internacionales CEI 60947-2 y con las normas:
- Española UNE.
- Francesa NF C.

■ Alemana VDE.
■ Británica BS.
■ Australiana AS.
■ Italiana CEI.
■ Americana UL (consultar).
Los Compact y sus derivados están homologados por Bureau Veritas y por Lloyds Register of Shipping.

CEI 60947-2
Sustituye a la CEI 60157-1, en vigor desde 1973.
La nueva CEI 60947-2 no modifica los criterios de elección de un interruptor automático, pero da al que lo utiliza las mejores garantías de calidad y prestaciones.
Los aparatos se someten a los ensayos más representativos de las condiciones de explotación.
La CEI 60947-2 clarifica el concepto de poder de corte:
■ I_{cu}: poder de corte último; debe ser superior o igual a la intensidad de cortocircuito trifásica en el punto de instalación del interruptor automático; su probabilidad de suceso es baja.
■ I_{cs}: poder de corte en servicio; generalmente expresado en porcentaje del poder de corte último (25, 50, 75 o 100 % de I_{cu}). Representa una intensidad de cortocircuito más probable en las condiciones reales. El interruptor automático debe asegurar un servicio normal después de haber cortado varias veces una intensidad de valor I_{cs}.
■ I_{cw}: intensidad de corta duración admisible para los interruptores automáticos de la categoría B (con selectividad cronométrica; la categoría A designa a los interruptores automáticos sin selectividad cronométrica).
Además, la CEI 60947-2 tiene en cuenta las recientes evoluciones técnicas:
■ Aptitud al seccionamiento, reconocida en los interruptores automáticos si satisfacen unos ensayos eléctricos y mecánicos particulares.
■ Interruptor automático diferencial industrial, regido por un anexo.
■ Definición de los ensayos destinados a asegurar la coordinación entre dos interruptores automáticos.

Tropicalización
Los Compact CM y sus derivados satisfacen las exigencias de tropicalización T2 de la norma CEI 60068-2-30: índice de humedad relativa del 95 % a 45 °C u 80 % a 55 °C (clima caluroso y húmedo), así como las normas:
■ CEI 60068-2-30 calor húmedo.
■ CEI 60068-2-2 calor seco.
■ CEI 60068-2-11 niebla salina.
■ CEI 60068-2-1 resistencia a bajas temperaturas.

Seguridad máxima
■ Secccionamiento de corte plenamente aparente: la posición de la empuñadura señaliza rigurosamente la posición de los contactos.
■ Resistencia a la onda de choque: 8 kV al nivel del mar.
■ Muy débil corriente de fuga, comprobada sobre interruptores automáticos nuevos y sobre interruptores automáticos que han padecido secuencias de ensayo representando el fin del servicio.
Estas características de la CEI 60947-2 aportan una mejora de la seguridad de funcionamiento del interruptor automático. Todos los Compact CM satisfacen estas características de la CEI 60947-2 y son, pues, aptos al seccionamiento. Llevan en su cara anterior el símbolo de “interruptor automático seccionador”.

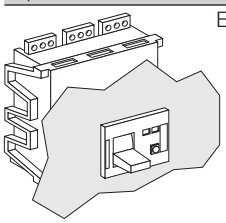
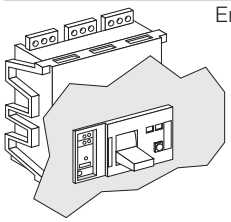
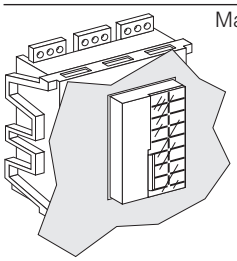
■ Cara anterior con doble aislamiento (aparato de clase II) permitiendo el mando desde el exterior.

Seccionamiento de corte plenamente aparente

Todos los Compact CM realizan el seccionamiento de corte plenamente aparente.
La empuñadura no puede indicar la posición “abierto” si no es que los polos están efectivamente separados por una distancia suficiente.
Los Compact CM están adaptados a la protección de las máquinas-útiles: están conformes con la norma NF 79-130 y las recomendaciones de CNOMO.

Instalación

Los Compact CM se instalan sobre placas soporte o sobre herrajes. Se fijan por 4 puntos accesibles desde delante, situados en el plano trasero vertical.
Se deben prever dos troqueles para acceder a mandos a través de puerta:
■ Sea sólo con empuñadura, con acceso a los testigos de posición y dispositivos de enclavamiento.
■ Sea con empuñadura, con acceso a los testigos de posición y dispositivos de enclavamiento, y a los dispositivos de regulación de la unidad de control.
El aparato se alimenta indistintamente por aguas arriba o por aguas abajo.

Grado de protección (según norma NF C 20-010)		
Aparato en cofret o en armario		
	Empuñadura visible	IP405
	Empuñadura y unidad de control visible	IP405
	Mando eléctrico	IP405

Gama de interruptores de ruptura al aire “Masterpact”

Hace más de una década... Masterpact se impuso como la referencia del interruptor automático de potencia en el mundo.
Hoy día todos los fabricantes han adoptado sus principales innovaciones:
■ Técnica de corte.
■ Concepción modular.
■ Nuevos materiales.
■ Etc.

Características interruptores automáticos Compact CM				CM1250	
Número de polos				3, 4	
Características eléctricas según CEI-EN 60947-2					
Intensidad asignada (A)	I_n	40 °C		1.250	
Tensión asignada de aislamiento (V)	U_i			750	
Tensión asignada soportada al impulso (kV)	U_{imp}			8	
Tensión asignada de empleo (V)	U_e	CA 50/60 Hz		690	
				N	H
Poder de corte último (kA eff.)	I_{cu}	CA 50/60 Hz	220/240 V	85	125
			380/415 V	70	85
			440 V	65	85
			500/525 V	50	50
			660/690 V	50	50
		CC	250 V (1 polo)		
			500 V (2 polos en serie)		
Poder de corte de servicio	I_{cs}	(% I_{cu})		50 %	
Aptitud al seccionamiento					
Categoría de empleo				B	
Intensidad de corta duración admisible	I_{cw}	(kA eff. 0,35 s)		32	
Resistencia (ciclos F-O)		Mecánica		10.000	
		Eléctrica	690 V - $I_n/2$	2.000	
			690 V - I_n	2.000	
Características eléctricas según Nema AB1					
Poder de corte (kA)			240 V	85	125
			480 V	65	85
			600 V	50	50
Protección					
Bloque de relés electrónico integrado ST-CM1/2/3				■(1)	
Protección diferencial (por relé Vigirex)				■	
Instalación y conexionado					
Fijo anterior				■	
Auxiliares de señalización y medida					
Contactos auxiliares				■	
Funciones asociadas a los bloques de relés electrónicos				■	
Auxiliares de mando					
Bobinas de disparo (MN, MX)				■	
Mando eléctrico				■	
Accesorios de instalación y de conexionado					
Accesorios de conexionado				■	
Enclavamiento por candados o cerradura				■	
Dimensiones y pesos					
Dimensiones H × L × P (mm)	3 polos fijo anterior			430 × 418 × 451	
	4 polos fijo anterior			450 × 573 × 451	
Peso (kg)	3 polos fijo anterior			41	
	4 polos fijo anterior			56	

(1) ST-CM3 sólo para versión 3P.
(2) ST-CM1 y ST-CM2 únicamente.

Tabla H2-3-066: *características de los Compact CM.*

	CM1600		CM2000		CM2500		CM3200	
	3,4		3,4		3,4		3	
	1.600		2.000		2.500		3.200	
	750		750		750		750	
	8		8		8		8	
	690		690		690		690	
	N	H	N	H	N	H	N	H
	85	125	85	125	85	125	85	125
	70	85	70	85	70	85	70	85
	60	85	60	85	60	85	60	85
	50	50	50	50	50	50	50	50
	50	50	50	50	50	50	50	50
	50 %		50 %		50 %		50 %	
	B		B		B		B	
	32		32		32		32	
	10.000		10.000		10.000		10.000	
	2.000		2.000		2.000		2.000	
	2.000		2.000		2.000		2.000	
	85	125	85	125	85	125	85	125
	60	85	60	85	60	85	60	85
	50	50	50	50	50	50	50	50
	■(1)		■(1)		■(1)		■(1)	
	■		■		■		■	
	■		■		■		■	
	■		■		■		■	
	■		■		■		■	
	■		■		■		■	
	■		■		■		■	
	■		■		■		■	
	■		■		■		■	
					540 × 420 × 451		550 × 418 × 451	
					540 × 573 × 451			
	41		46		48		83	
	56		61		63		–	

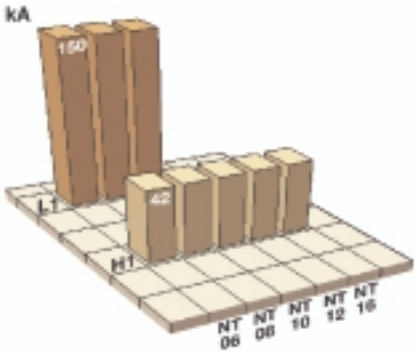
Para seguir con su línea de innovación, Schneider Electric ha desarrollado los nuevos Masterpact NT y NW de Merlin Gerin.
A todas las cualidades de los interruptores automáticos actuales, seccionabilidad, selectividad y mantenimiento, se añaden las funciones integradas de comunicación y de medida en tamaños optimizados.
Masterpact NT y NW integran todos los avances tecnológicos que permiten incrementar sus prestaciones en condiciones de explotación aún más seguras. Su facilidad de instalación y de puesta en marcha, sus funciones sencillas e intuitivas y su concepción respetuosa con el medioambiente lo convierten en el interruptor automático de nuestro tiempo.

Las nuevas gamas Masterpact

Se dividen en dos familias:

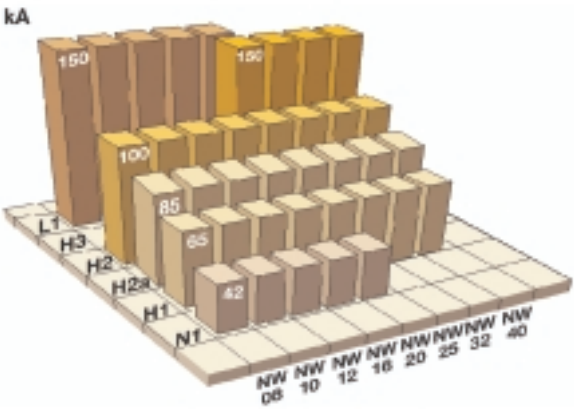
Masterpact NT

Ofrece el tamaño más reducido del mundo, para un auténtico interruptor de potencia de 630 a 1600 A.

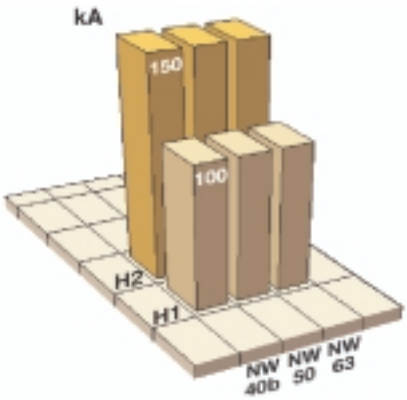


Masterpact NW

Se presenta en dos tamaños, uno para interruptores automáticos de 800 a 4000 A.



Otro para los interruptores de 4000 a 6300 A.



Masterpact NT y NW proponen 5 niveles de prestaciones

Ambito de aplicación:

■ N1. Prestaciones destinadas a aplicaciones normales de bajos niveles de intensidad de cortocircuito.

■ H1. Interruptores utilizados en sectores industriales que requieren niveles de cortocircuito elevados. Igualmente válidos para instalaciones que requieran dos transformadores en paralelo.

■ H2a y H2. Interruptores automáticos de elevadas prestaciones utilizadas en la industria pesada con riesgos de cortocircuitos muy elevados.

■ H3. Aparatos de cabecera en instalaciones de muy elevadas prestaciones, utilizadas en aplicaciones críticas o donde elevados niveles de prestaciones deben ser asociados a una selectividad elevada.

■ L1. Interruptores automáticos limitadores que asocian un fuerte poder de limitación a un nivel de selectividad de hasta 30 kA, inigualable para este tipo de aparamenta hoy en día. Está destinado a la protección de salidas por cables. Se utilizan igualmente para proteger cuadros eléctricos con prestaciones limitadas debido a un aumento en la potencia del transformador.

Aplicaciones particulares:

■ Redes de 1000 V CA y 400 Hz.

La gama Masterpact está concebida para responder a aplicaciones de redes de 1000 V CA (industria minera) y se adapta igualmente a redes de 400 Hz (aeronáutica, informática).

■ Interruptores en carga.

Los interruptores en carga derivan directamente de los interruptores automáticos.

Las versiones existentes las expondremos en el apartado 7 de este capítulo, “La aparamenta para las medidas de seguridad en el seccionamiento y mando”, pág. H2/309.

Más inteligencia…

Hemos pasado de un disparo reflejo... a un funcionamiento inteligente:

■ Ante todo, cualquier aparato de protección era concebido para disparar en caso de defecto eléctrico. Con la integración de la electrónica, los relés han ganado en precisión y en rapidez, permitiendo afinar en la regulación del umbral y de la temporización. De esta manera se obtiene una mayor fiabilidad y una mejor selectividad.

■ Hoy día, la velocidad de cálculo, la cantidad de memoria y la miniaturización enriquecen las funciones de los bloques de disparo. La unidad de control se convierte en el verdadero cerebro para el interruptor automático. Mide con precisión los parámetros de redes, calcula instantáneamente los valores, memoriza, señaliza, comunica, etc.

La nueva gama Masterpact equipada con las unidades de control Micrologic ofrece al mismo tiempo un dispositivo de protección fiable y un instrumento de medida preciso.

Más seguridad con...

El corte filtrado
Un nuevo concepto de cámaras de corte ha sido patentado: las piezas son realizadas por ensamblaje de filtros en acero inoxidable. Este dispositivo absorbe la energía liberada en el corte, limitando las perturbaciones en la instalación. Filtra los gases emitidos dentro de la cámara de enfriamiento, disminuyendo radicalmente las manifestaciones exteriores.

El mecanismo de desembrague
El sistema de desembrague del mecanismo del interruptor automático ofrece resultados excepcionales hasta 150 kA, ya que provoca un disparo ultrarrápido en caso de cortocircuitos superiores a 65 kA. Cuando el cortocircuito es inferior a ese umbral el sistema no reacciona, permitiendo a la unidad de control asegurar una selectividad total con los aparatos aguas abajo.

Más sencillez...

Las unidades de control Micrologic están equipadas con unas pantallas de cristal líquido y teclas de función de fácil utilización, con las que el usuario accede a los parámetros y regulaciones deseadas. La navegación entre las diferentes pantallas es intuitiva, siendo las regulaciones extremadamente sencillas por lectura inmediata en la pantalla. Los textos se pueden visualizar en 6 idiomas distintos.
Las funciones de protección son independientes de las de medida. Estas funciones son gestionadas por un componente electrónico, ASIC, común a todas las unidades de control que garantizan una gran fiabilidad y una elevada inmunidad a las perturbaciones eléctricas.
Un sistema patentado de “doble regulación” de las protecciones permite fijar, por regulación de los selectores, un alto umbral (al cual no se puede sobrepasar), y luego regular con más precisión (por teclado o a distancia), dentro de este intervalo fijado, los umbrales y las temporizaciones (con precisión de amperios y segundos respectivamente). Un precinto de plomo permite enclavar los selectores e impedir la modificación de las regulaciones.

Anticipación al futuro...

El respeto a la conservación del medio ambiente
Schneider Electric tiene en cuenta la conservación del medio ambiente desde la concepción de los aparatos hasta el fin de la vida útil de los mismos:
■ Masterpact está concebido con materiales ecológicos.
■ Las fábricas donde se producen los aparatos son no contaminantes, conforme a la norma ISO 14001.
■ El confinamiento del corte elimina la contaminación dentro de los cuadros, la potencia disipada por polo es pequeña y por tanto la energía asociada a él insignificante.
■ Al final de la vida útil del aparato, el marcado simplifica la clasificación de los materiales utilizados para su reciclaje.

La integración en una red de comunicación
Masterpact se integra dentro de un sistema de gestión y supervisión de redes para optimizar la explotación y mantenimiento de las instalaciones eléctricas. La arquitectura de comunicación es abierta y evolutiva para poder comunicar con cualquier protocolo de comunicación estándar.

La modernización y la evolución de las instalaciones

Las instalaciones evolucionan, las potencias requeridas aumentan, los equipos cada vez son más complejos, los cuadros crecen... Masterpact está concebido para adaptarse a estas evoluciones que con frecuencia son imprevisibles:

■ Todas las unidades de control son intercambiables *in situ*.

■ La comunicación con un sistema de supervisión es opcional y siempre es adaptable.

■ Se puede asignar una dirección a un chasis de reserva sin que la instalación posterior de un aparato seccionable afecte a su parametrización en la instalación.

■ Toda la evolución de las diferentes ofertas se desarrollan en coherencia y en continuidad con la oferta actual, lo que simplifica la modernización de las instalaciones.

Extraíble

Conexionado

Enclavamientos

Contactos de señalización

Mando eléctrico

Interruptores automáticos e interruptores en carga:

■ Calibres:
- □ Masterpact NT 630 a 1600 A.
- □ Masterpact NW 800 a 6300 A.

■ Interruptores automáticos tipo N1, H1, H2a, H2, H3, L1.

■ Interruptores en carga tipo NA, HA, HF.

■ 3 o 4 polos.

■ Fijos o seccionables.

■ Opción neutro a la derecha.

■ Subcalibrado de la protección.

Unidades de control Micrologic:

■ Amperímetro A:
- □ 2.0 A protección de base.
- □ 5.0 A protección selectiva.
- □ 6.0 A protección selectiva + tierra.
- □ 7.0 A protección selectiva + diferencial.

■ Potencia P:
- □ 5.0 P protección selectiva.
- □ 6.0 P protección selectiva + tierra.
- □ 7.0 P protección selectiva + diferencial.

■ Armónicos H:
- □ 5.0 H protección selectiva.
- □ 6.0 H protección selectiva + tierra.
- □ 7.0 H protección selectiva + diferencial.

■ Trafo de intensidad para la protección de tierra.

■ Trafo sumador para protección diferencial.

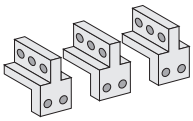
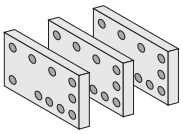
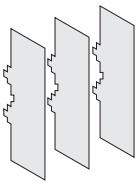
■ Opciones de regulación (protección largo retardo):
- □ Baja: 0,4 a 0,8 I_r.
- □ Alta: 0,8 a 1 I_r.
- □ Sin protección largo retardo.

■ Módulo de alimentación externa.

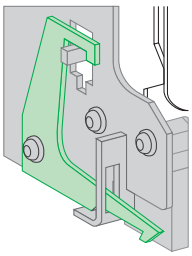
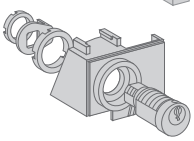
■ Módulo batería.

Comunicación:
■ Bus interno.
■ Modbus, Jbus.

Conexionados:
■ Tomas posteriores planas o de canto.
■ Tomas anteriores.
■ Tomas mixtas.
■ Accesorios montados en opción:
□ Bornes y cubrebornes.
□ Pletinas adicionales anteriores de canto.
□ Pletinas complementarias para cables.
□ Separadores de fases.
□ Pletinas espaciadoras adicionales.
□ Accesorio para tomas anteriores desconectables.
□ Pantalla aislante con enclavamiento por candado.
□ Indicador de posición y enclavamiento de las pantallas.

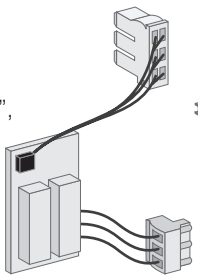




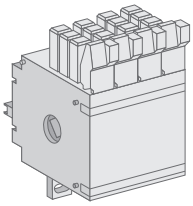
Enclavamientos:
■ Protección de los botones pulsadores por pantalla transparente precintable.
■ Enclavamiento del aparato en posición “abierto” por candado o cerraduras.
■ Enclavamiento del chasis en posició “desenchufado” por cerraduras.
■ Enclavamiento del chasis en posición enchufado, desenchufado y test.
■ Enclavamiento de puerta aparato enchufado.
■ Enclavamiento de enchufado puerta abierta.
■ Enterenclavamiento botón de apertura-acceso manivela.
■ Dispositivo antierror.

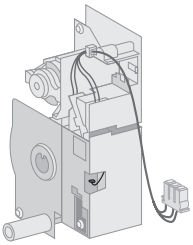
Contactos de señalización:
■ Contactos estándar de base:
□ Abierto/cerrado OF.
□ Señal de defecto eléctrico SDE.
□ Posición chasis CE, CD, CT “enchufado”, “desenchufado”, “test”.

Contactos programables:
■ 2 contactos M2C.
■ 6 contactos M6C.

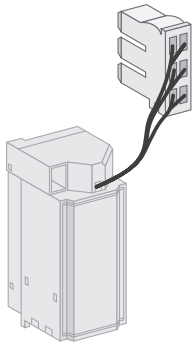

Contactos OF


Contactos M2C

Mando eléctrico:
■ Mando eléctrico:
□ Motorreductor.
□ Bobina de disparo de cierre XF o de apertura MX.
□ Preparado para cerrar PF.
□ Opciones:
– Rearme mecánico a distancia RAR o eléctrico RES.
– Botón-pulsador de cierre eléctrico BPFE.
■ Función de apertura de seguridad:
□ Bobina de disparo MN:

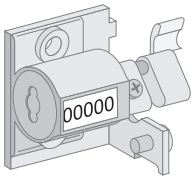

Motorreductor

– Estándar.
– Retardo regulable o no regulable.
□ O 2.ª bobina de disparo MX.



Bobinas MX, XF y MN

Accesorios:
■ Tapa cubrebornes de contactos auxiliares.
■ Contador de maniobras.
■ Marco de puerta.
■ Tapa transparente para marco de puerta.
■ Obturador para marco de puerta.



3.3. La regulación de los interruptores automáticos magnetotérmicos o electrónicos

La principal función de un automático es asegurar la protección de los circuitos que alimenta.
Aseguran igualmente las funciones de seccionamiento y de mando.
La protección de los circuitos debe estar asegurada contra:
■ Las sobrecargas.
Esta función está realizada por la desconexión térmica mediante el bimetal o de los relés estáticos a tiempo inverso e integrados en el automático.
■ Los cortocircuitos.
Esta función está realizada por el dispositivo magnético o por relés estáticos a tiempo constante, instantáneos o a corte retardado e integrados al automático.
En los casos donde es necesaria una protección contra los defectos de aislamiento, es posible asociar al automático un bloque Vigi.
Las características eléctricas de estos elementos de protección varían en función del tipo de desconexión o del relé y del tipo de automático.

La gama de relés para los interruptores automáticos de la línea multi 9

Curva B (equivalente a la antigua curva L: disparo entre 2,6 y 3,85 I_n):
■ Protección de generadores, de personas y grandes longitudes de cable (en régimen TN e IT).
■ Sobrecarga: térmico estándar.
■ Cortocircuito: umbrales magnéticos fijados por curva B (I_m entre 3 y 5 I_n o 3,2 y 4,8 I_n según los aparatos, según UNE-EN 60898 y UNE-EN 60947-2 respectivamente).

Características comunes de los interruptores Masterpact NT

Número de polos			3/4				
Tensión asignada de aislamiento (V)	U_i		1.000/1.250 V				
Tensión de choque (kV)	U_{imp}		12				
Tensión asignada de empleo (V CA 50/60 Hz)	U_e		690/1.000 V				
Aptitud al seccionamiento	UNE-EN 60947-2						
Grado de polución	UNE-EN 60664-1-3						
Características de los interruptores automáticos según UNE-EN 60947-2				**NT06**			**NT08**
Intensidad asignada (A)	I_n a 40 °C			630			800
Calibre del 4.º polo (A)				630			800
Calibre de los captadores				400 a 630			400 a 800
Tipo de interruptor automático				**H1**	**L1**	**H10**	
Poder de corte último (kA eff.)	I_{cu}		220/415 V	42	150	–	
V CA 50/60 Hz			440 V	42	130	–	
			525 V	42	100	–	
			690 V	42	25	–	
			1.000 V	–	–	25	
			1.150 V	–	–	14	
Poder de corte en servicio (kA eff.)	I_{cs}	% I_{cu}		100 %			
Inten. asignada de corta duración admisible (kA eff.)	I_{cw}	0,5 s		42	10	25	
VCA 50/60 Hz							
Límite electrodinámico (kA cresta)				88	15	–	
Protección instantánea integrada (kA cresta ±10 %)				–	1(1)	–	
Poder de cierre (kA cresta)	I_{cm}		220/415 V	75	12	–	
V CA 50/60 Hz			440 V	75	12	–	
			525 V	75	12	–	
			690 V	75	12	–	
			1.000 V	–	–	55	
			1.150 V	–	–	30	
Tiempo de corte (ms)				25	9	25	
Tiempo de cierre (ms)				< 50			
Características de los interruptores automáticos según NEMA AB1							
Poder de corte (kA)			240 V	42	150	–	
V CA 50/60 Hz			480 V	42	100	–	
			600 V	42	25	–	
Características de los interruptores en carga según UNE-EN 60947-3							
Tipo de interruptor				HA		HA10	
Poder de cierre (kA cresta)	I_{cm}		220/415 V	75		–	
V CA 50/60 Hz			440 V	75		–	
			500/690 V	75		–	
			1.000 V	–		55	
			1.150 V	–		30	
Inten. asignada de corta duración admisible (kA eff.) V CA 50/60 Hz	I_{cw}	0,5 s		42		25	
Poder de corte I_{cu} (kA eff.) con relé de protección externa Temporización máxima: 350 ms				42		25	
Instalación, conexionado y mantenimiento							
Endurancia	Mecánica	Con mantenimiento		25	25	25	
Ciclos A/C × 1.000		Sin mantenimiento		12,5	12,5	12,5	
	Eléctrica	Sin mantenimiento	440 V	6	3	–	
			690 V	3	2	–	
			1.000 V	–	–	0,5	
	Control de motores (AC3-947-4)		690 V	3	2	–	
Conexionado		Seccionable	PAV	■	■	■	
			PAR	■	■	■	
		Fijo	PAV	■	■	–	
			PAR	■	■	–	
Dimensiones (mm) H×L×P		Seccionable	3P	322×288×280			
			4P	322×358×280			
		Fijo	3P	259×274×211			
			4P	259×344×211			
Peso (kg) (valores aproximados)		Seccionable	3P	30			
		Fijo	3P	14			

(1) Sistema SELLIM.

Tabla H2-3-067: *características comunes interruptores Masterpact NT.*

NT10	NT12		NT16
1.000	1.250		1.600
1.000	1.250		1.600
400 a 1.000	630 a 1.250		800 a 1.600
	H1	H10	
	42	–	
	42	–	
	42	–	
	42	–	
	–	25	
	–	14	
	100 %		
	42	25	
	88	–	
	–	–	
	75	–	
	75	–	
	75	–	
	75	–	
	–	55	
	–	30	
	25	25	
	< 50		
	42	–	
	42	–	
	35	–	
	HA	HA10	
	75	–	
	75	–	
	75	–	
	–	55	
	–	30	
	42	25	
	42	25	
	25	25	
	12,5	12,5	
	6	–	
	2	–	
	–	0,5	
	2	–	
	■	■	
	■	■	
	■	–	
	■	–	

Elección de los captadores

Tipo	Calibre	Regulación I_r (A)
NT	400	160 a 400
	630	250 a 630
	800	320 a 800
	1.000	400 a 1.000
	1.250	500 a 1.250
	1.600	640 a 1.600
NW	400	160 a 400
	630	250 a 630
	800	320 a 800
	1.000	400 a 1.000
	1.250	500 a 1.250
	1.600	630 a 1.600
	2.000	800 a 2.000
	2.500	1.000 a 2.500
	3.200	1.250 a 3.200
	4.000	1.600 a 4.000
	5.000	2.000 a 5.000
	6.300	2.500 a 6.300

Tabla H2-3-068: *calibres interruptores Masterpact NT y NW.*

Características comunes

Número de polos		3/4
Tensión asignada de aislamiento (V)	U_i	1.000/1.250 V
Tensión de choque (kV)	U_{imp}	12
Tensión asignada de empleo (V CA 50/60 Hz)	U_e	690/1.000 V
Aptitud al seccionamiento		UNE-EN 60947-2
Grado de polución		UNE-EN 60664-1-3

Características de los interruptores automáticos según UNE-EN 60947-2				**NW08**		**NW10**	**NW12**		**NW16**
Intensidad asignada (A)	I_n a 40 °C			800		1.000	1.250		1.600
Calibre del 4.º polo (A)				800		1.000	1.250		1.600
Calibre de los captadores				400 a 800		400 a 1.000	630 a 1.250		800 a 1.600
Tipo de interruptor automático				**H1**		**H1**	**H2a**	**H2**	**L1**
Poder de corte último (kA eff.)	I_{cu}		220/415 V	42	65	85	100	150	–
V CA 50/60 Hz			440 V	42	65	85	100	150	–
			525 V	42	65	65	85	130	–
			690 V	42	65	65	85	100	–
			1.150 V	–	–	–	–	–	50
Poder de corte en servicio (kA eff.)	I_{cs}	% I_{cu}		100 %					
Inten. asignada de corta duración admisible (kA eff.)	I_{cw}	1 s		42	65	85	85	30	50
V CA 50/60 Hz		3 s		22	36	50	50	30	50
Límite electrodinámico (kA cresta)				88	143	167	187	90	105
Protección instantánea integrada (kA cresta ±10 %)				Sin	Sin	190	190	80	Sin
Poder de cierre (kA cresta)	I_{cm}		220/415 V	88	143	220	220	330	–
V CA 50/60 Hz			440 V	88	143	220	220	330	–
			525 V	88	143	187	187	286	–
			690 V	88	143	187	187	220	–
			1.150 V	–	–	–	–	–	105
Tiempo de corte (ms)				25	25	25	25	10	25
Tiempo de cierre (ms)				< 70					
Características de los interruptores automáticos según NEMA AB1									
Poder de corte (kA)			240 V	42	65	85	100	150	–
V CA 50/60 Hz			480 V	42	65	85	100	150	–
			600 V	42	65	65	85	100	–
Características de los interruptores en carga según UNE-EN 60947-3									
Tipo de interruptor				NA	HA	HF	HA10		
Poder de cierre (kA cresta)	I_{cm}		220/415 V	88	105	187	–		
V CA 50/60 Hz			440 V	88	105	187	–		
			500/690 V	88	105	187	–		
			1.150 V	–	–	–	105		
Inten. asignada de corta duración admisible (kA eff.)	I_{cw}	1 s		42	50	85	50		
Vca 50/60 Hz		3 s							
Poder de corte I_{cu} (kA eff.) con relé de protección externa				42	50	85	50		
V CA 50/60 Hz									
Temporización máxima: 350 ms									
Instalación, conexionado y mantenimiento									
Endurancia	Mecánica	Con mantenimiento		25					
Ciclos A/C × 1000		Sin mantenimiento		12,5					
	Eléctrica	Sin mantenimiento	440 V	10	10	10	10	3	–
			690 V	10	10	10	10	3	–
			1.150 V	–	–	–	–	–	0,5
	Control de motores (AC3-947-4)		690 V	10	10	10	10	–	–
Conexionado		Seccionable	PAV	■	■	■	■	■	■
			PAR	■	■	■	■	■	■
		Fijo	PAV	■	■	■			
			PAR	■	■	■			
Dimensiones (mm)		Seccionable	3P	439 × 441 × 367					
H × L × P			4P	439 × 556 × 367					
		Fijo	3P	352 × 429 × 290					
			4P	352 × 544 × 290					
Peso (kg)		Seccionable	3P	90					
(valores aproximados)		Fijo	3P	60					

(1) Sistema SELLIM.

Tabla H2-3-069: *características comunes interruptores Masterpact NW.*

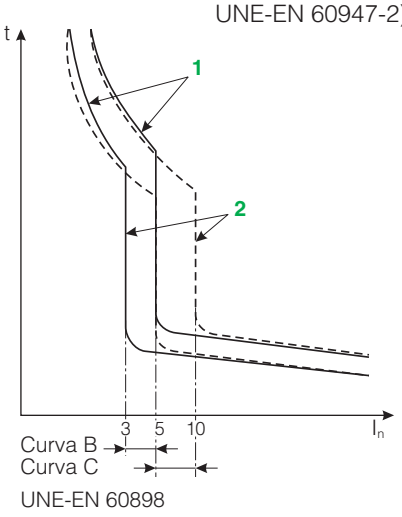
NW20			NW25		NW32		NW40				NW40b	NW50				NW63	
2.000			2.500		3.200		4.000				4.000	5.000				6.300	
2.000			2.500		3.200		4.000				4.000	5.000				6.300	
1.000 a 2.000			1.250 a 2.500		1.600 a 3.200		2.000 a 4.000				2.000 a 4.000	2.500 a 5.000				3.200 a 6.300	
H10	**N1**	**H1**	**H2A**	**H2**	**H3**	**L1**	**H10**	**H1**	**H2A**	**H2**	**H3**	**H10**	**H1**	**H2**	**H3**	**H10**	**H1**
42	65	85	100	150	150	–	65	85	100	150	–	65	100	150	–	100	150
42	65	85	100	150	150	–	65	85	100	150	–	65	100	150	–	100	150
42	65	65	85	130	130	–	65	65	85	130	–	65	85	130	–	130	
42	65	65	85	100	100	–	65	65	85	100	–	65	85	100	–	100	100
–	–	–	–	–	–	50	–	–	–	–	50	–	–	–	–	–	
100 %							100 %					100 %				100 %	
42	65	85	85	65	30	50	65	85	85	65	50	65	85	65	50	100	100
22	36	50	50	65	30	50	36	50	50	65	50	36	50	65	50	100	100
88	143	187	187	190	90	105	143	187	187	190	105	143	187	190	105	220	220
Sin	Sin	190	190	150	80	Sin	Sin	190	190	150	Sin	Sin	190	150	Sin	Sin	270
88	143	220	220	330	330	–	143	220	220	330	–	143	220	330	–	220	330
88	143	220	220	330	330	–	143	220	220	330	–	143	220	330	–	220	330
88	143	187	187	286	286	–	143	187	187	286	–	143	187	286	–	220	286
88	143	187	187	220	220	–	143	187	187	220	–	143	187	220	–	220	220
–	–	–	–	–	–	105	–	–	–	–	105	–	–	–	105	–	–
25	25	25	25	25	10	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
< 70							< 70					< 70				< 80	
42	65	85	100	150	150	–	65	85	100	150	–	65	100	150	–	100	150
42	65	85	100	150	150	–	65	85	100	150	–	65	100	150	–	100	150
42	65	65	85	100	100	–	65	65	85	100	–	65	85	100	–	100	100
HA			HF		HA10		HA		HF		HA10	HA		HF	HA10	HA	
105			187		–		135		187		–	135		187	–	187	
105			187		–		135		187		–	135		187	–	187	
105			187		–		135		187		–	135		187	–	187	
–			–		105		–		–		105	–		–	105	–	
50			85		50		60		85		50	60		85	50	85	
50			85		50		60		85		50	60		85	50	85	
20							20					20				10	
10							10					10				5	
8	8	8	2	3	–		5	5	5	1,25	–	5	5	1,25	–	1,5	1,5
6	6	6	2	3	–		2,5	2,5	2,5	1,25	–	2,5	2,5	1,25	–	1,5	1,5
–	–	–	–	–	0,5		–	–	–	–	0,5	–	–	–	0,5	–	–
6	6	6	6	–	–		2,5	2,5	2,5	2,5	–	2,5	2,5	2,5	–	–	–
■	■	■	■	■	■		■	■	■	■	■	■	■	■	■		
■	■	■	■	■	■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■					■	■	■			■	■				
■	■	■					■	■	■			■	■			■	■
																479 × 786 × 367	
																479 × 1.016 × 367	
																352 × 774 × 290	
																352 × 1.004 × 290	
																225	
																120	

Curva C (equivalente a la antigua curva U: disparo entre 3,85 y 8,8 I_n):
■ Protección de cables alimentando receptores clásicos.
■ Sobrecarga: térmico estándar.
■ Cortocircuito: umbrales magnéticos fijados por curva C (I_m entre 5 y 10 I_n o 7 y 10 según los aparatos, según UNE-EN 60898 y UNE-EN 60947-2 respectivamente).

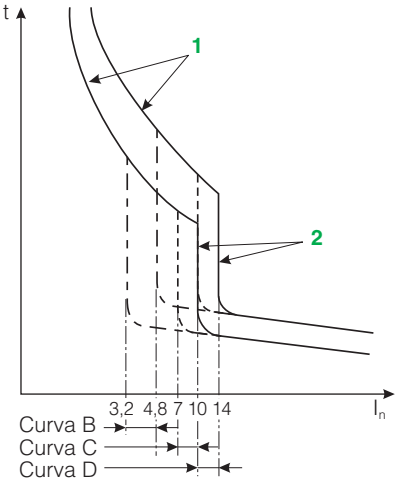
Curva D:
■ Protección de cables alimentando receptores con fuertes puntas de arranque.
■ Sobrecarga: térmico estándar.
■ Cortocircuito: umbrales magnéticos fijados por curva D (I_m entre 10 y 14 I_n según UNE-EN 60898 y UNE-EN 60947-2).

Curva MA:
■ Protección arranque de motores.
■ Sobrecarga: no hay protección.
■ Cortocircuito: umbrales magnéticos fijados por curva MA (I_m fijado a 12 I_n[(1)] según UNE-EN 60947-2).

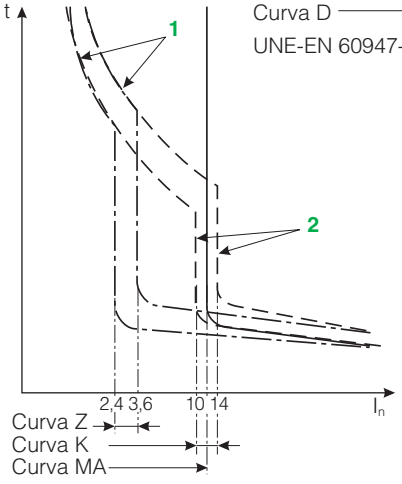
Curva Z:
■ Protección de circuitos electrónicos.
■ Sobrecarga: térmico estándar.
■ Cortocircuito: magnéticos fijados por curva Z (I_m entre 2,4 y 3,6 I_n según UNE-EN 60947-2).



UNE-EN 60898



UNE-EN 60947-2



UNE-EN 60947-2

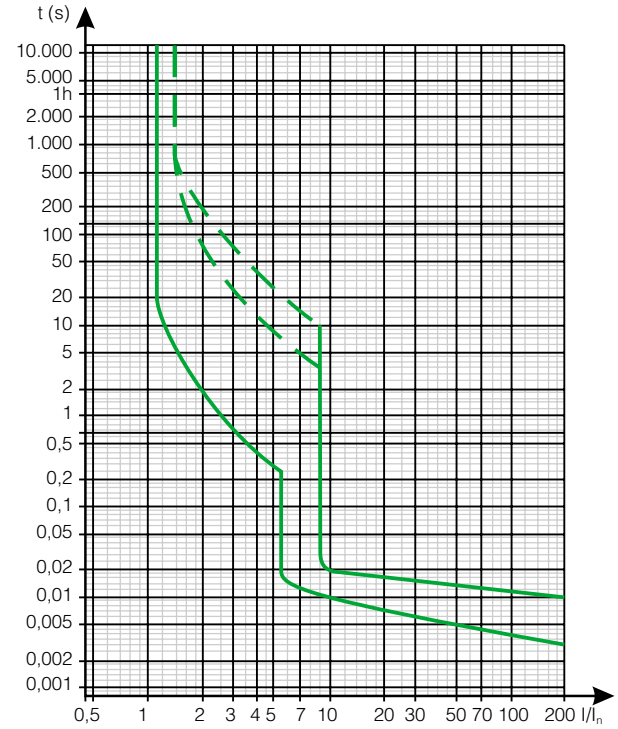
1 Límites de disparo térmico en frío, 2 polos cargados.
2 Límites de disparo electromagnético, 2 polos cargados.

I_r: intensidad de regulación del disparo térmico = I_n para automáticos multi 9.
I_m: intensidad de regulación del disparo magnético.

(1) La regulación fija del magnético tipo MA está garantizada por I_m ± 20 %.

Curvas de disparo ICP-M, DPN/DPN N/DPNa Vigi/DPN N Vigi "si"

Curva de disparo ICP-M



- Calibres 1,5 a 63 A.
- Según normas UNESA: RU 6101 C/ UNE 20317-88.
- Los relés magnéticos de los ICP-M actúan entre 5 I_n y 8 I_n.
- Para su empleo como Interruptor Control de Potencia (ICP) y uso general como interruptor automático magneto-térmico.

Fig. H2-3-070: *características de desconexión de los ICP-M.*

Curvas de disparo DPN, DPN N, DPNa Vigi y DPN N Vigi "si"

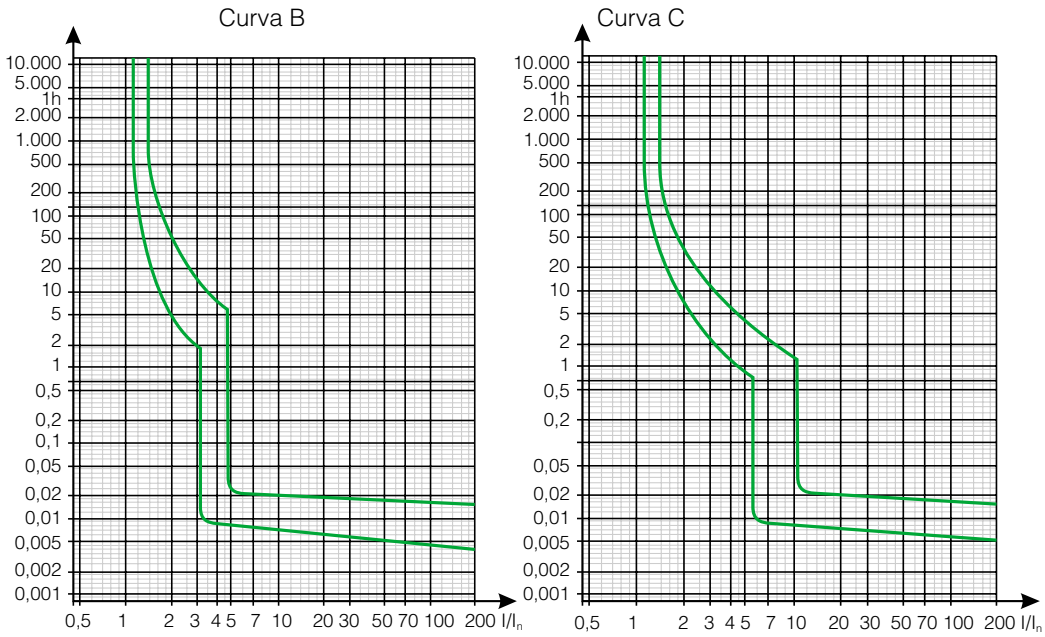
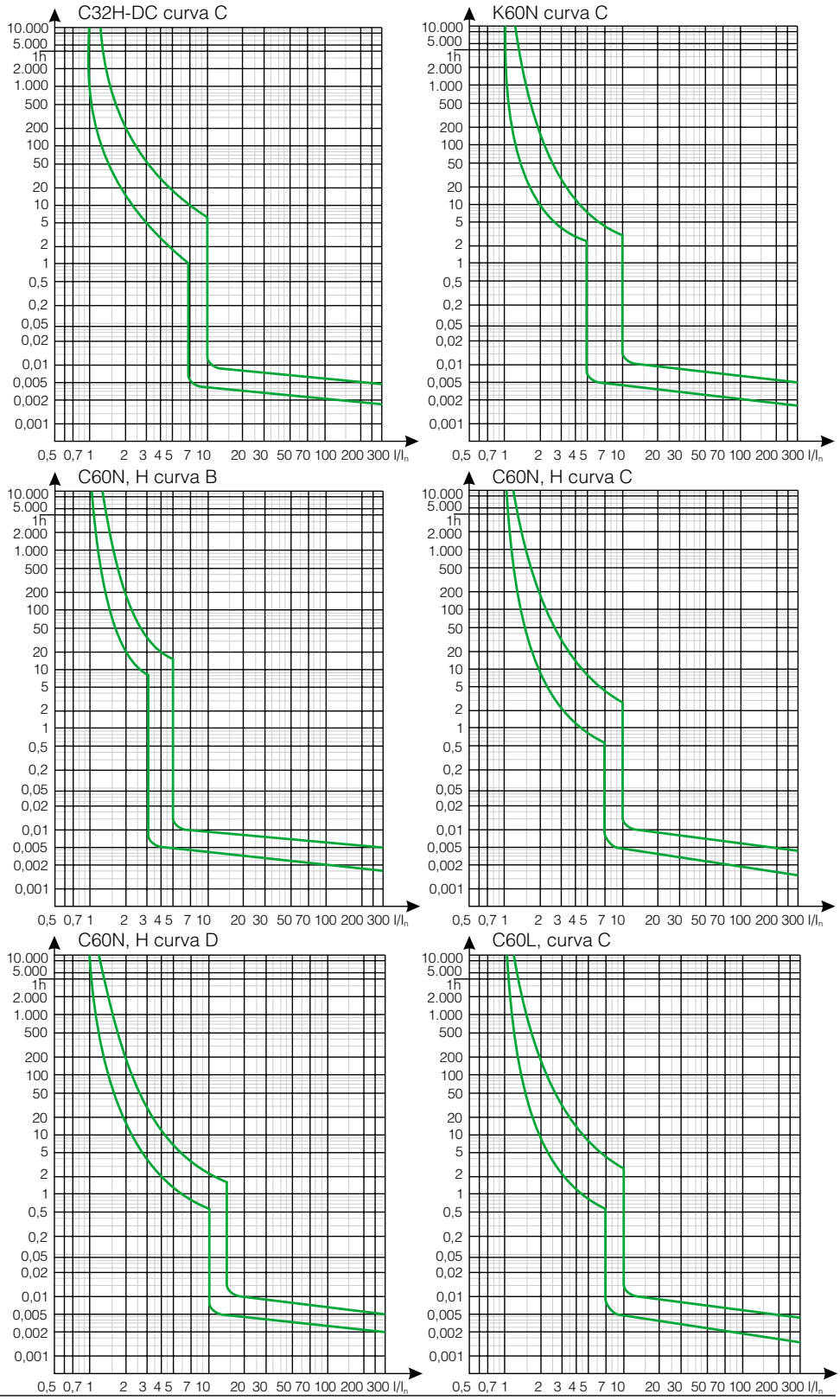
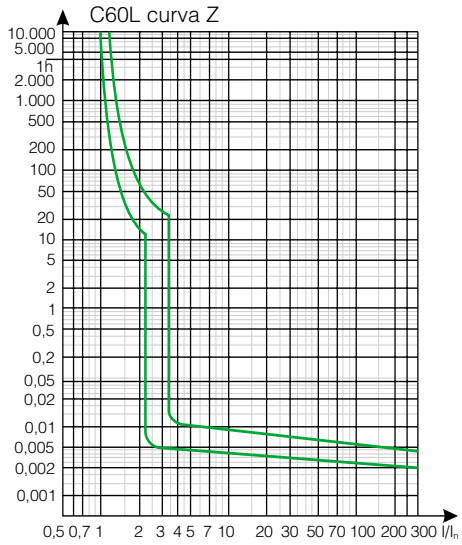
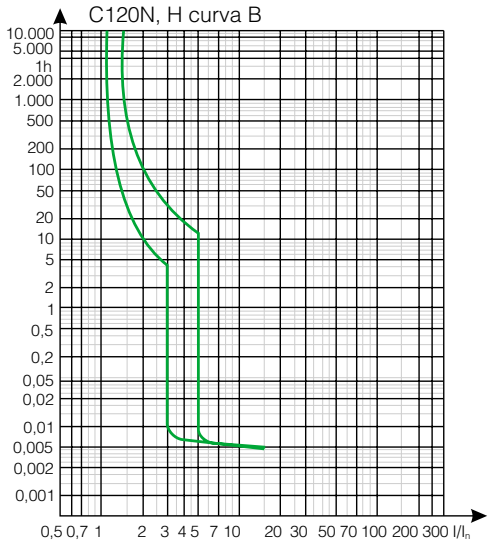


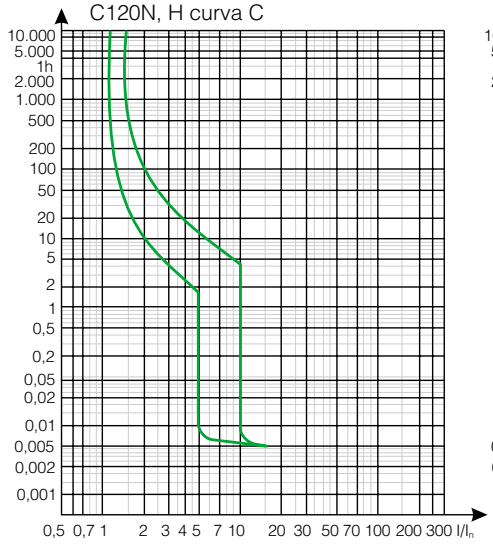
Fig. H2-3-071: *características de desconexión de los DPN, DPN N, DPNa Vigi y DPN N Vigi "si".*

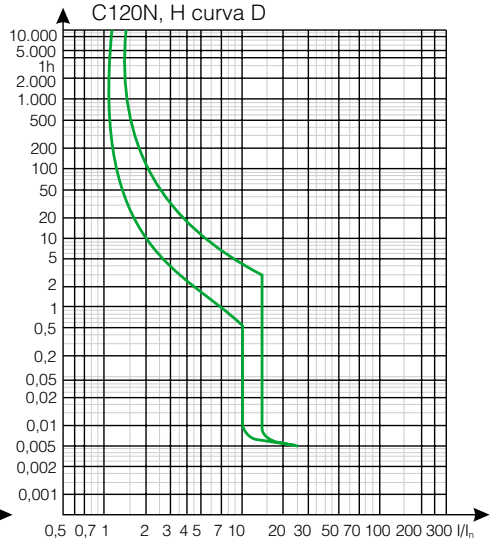
Curvas de disparo C32H-DC, K60, C60, C120 y NG125

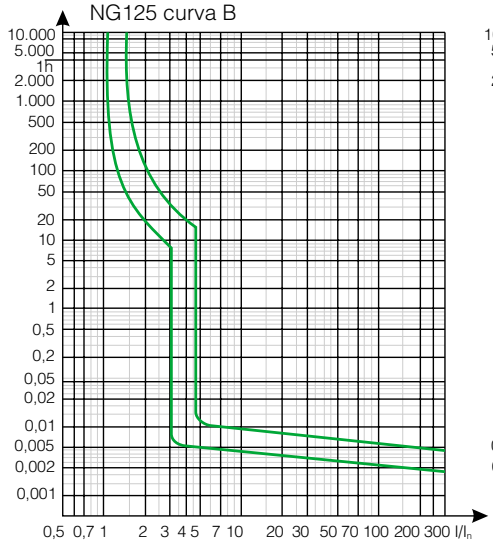


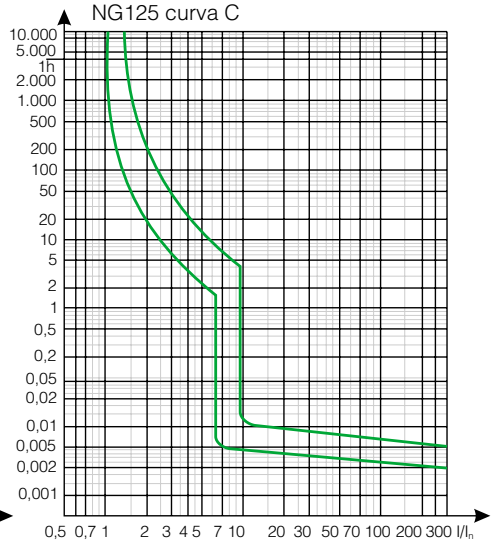

C60L curva Z
10.000
5.000
1h
2.000
1.000
500
200
100
50
20
10
5
2
1
0,5
0,2
0,05
0,02
0,01
0,005
0,002
0,001
0,5 0,7 1 2 3 4 5 7 10 20 30 50 70 100 200 300 I/In


C120N, H curva B
10.000
5.000
1h
2.000
1.000
500
200
100
50
20
10
5
2
1
0,5
0,2
0,05
0,02
0,01
0,005
0,002
0,001
0,5 0,7 1 2 3 4 5 7 10 20 30 50 70 100 200 300 I/In


C120N, H curva C
10.000
5.000
1h
2.000
1.000
500
200
100
50
20
10
5
2
1
0,5
0,2
0,05
0,02
0,01
0,005
0,002
0,001
0,5 0,7 1 2 3 4 5 7 10 20 30 50 70 100 200 300 I/In


C120N, H curva D
10.000
5.000
1h
2.000
1.000
500
200
100
50
20
10
5
2
1
0,5
0,2
0,05
0,02
0,01
0,005
0,002
0,001
0,5 0,7 1 2 3 4 5 7 10 20 30 50 70 100 200 300 I/In


NG125 curva B
10.000
5.000
1h
2.000
1.000
500
200
100
50
20
10
5
2
1
0,5
0,2
0,05
0,02
0,01
0,005
0,002
0,001
0,5 0,7 1 2 3 4 5 7 10 20 30 50 70 100 200 300 I/In


NG125 curva C
10.000
5.000
1h
2.000
1.000
500
200
100
50
20
10
5
2
1
0,5
0,2
0,05
0,02
0,01
0,005
0,002
0,001
0,5 0,7 1 2 3 4 5 7 10 20 30 50 70 100 200 300 I/In

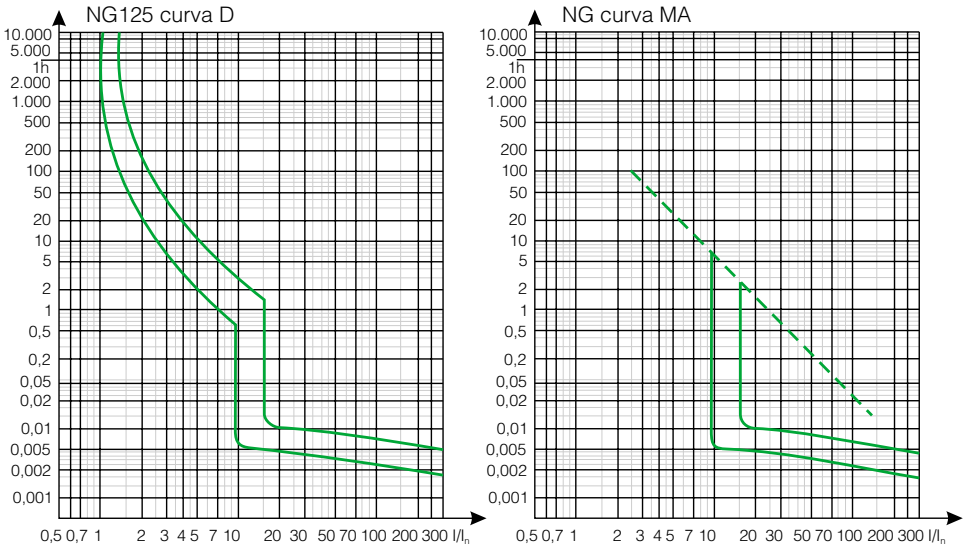
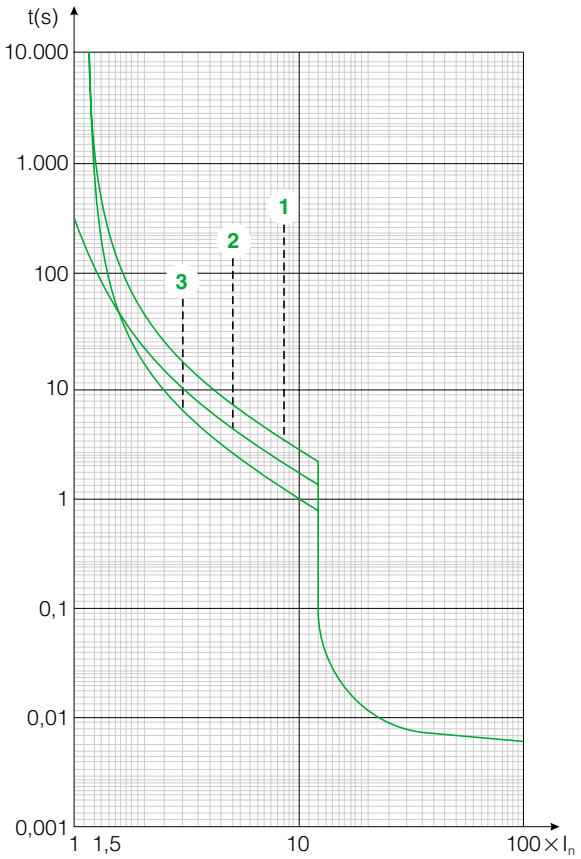


Fig. H2-3-072: *características de desconexión de los interruptores automáticos C32H-DC, K60, C60, C120 y NG125.*

Características de desconexión de los guardamotores P25 M

Tiempo medio de funcionamiento a 20 °C en función de los múltiples de la corriente de regulación.



1 3 polos fríos.
2 2 polos fríos.
3 3 polos calientes.

Fig. H2-3-073: *curvas de desconexión de los guardamotores P25 M.*

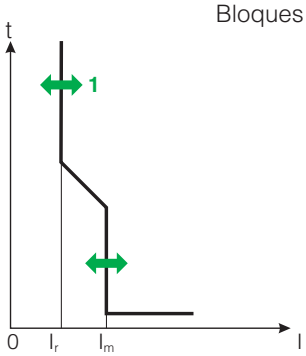
Relés de control de las sobreintensidades para la gama Compact

Los relés para la serie Compact NS

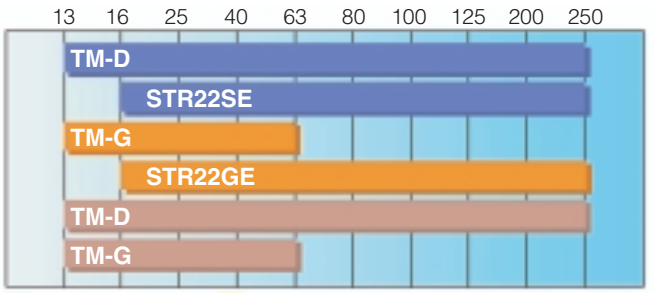
Los Compact NS100 a 250 del tipo N, SX, H o L se equipan indistintamente con un bloque de relés magnetotérmico TM o con un bloque de relés electrónico STR22.

Un dispositivo antierror mecánico impide el montaje de un bloque de relés en un interruptor automático de calibre inferior.

Bloques de relés TM y STR para Compact NS100 a NS250



1 Umbrales de protección de sobrecargas.
2 Umbrales de protección de cortocircuitos.

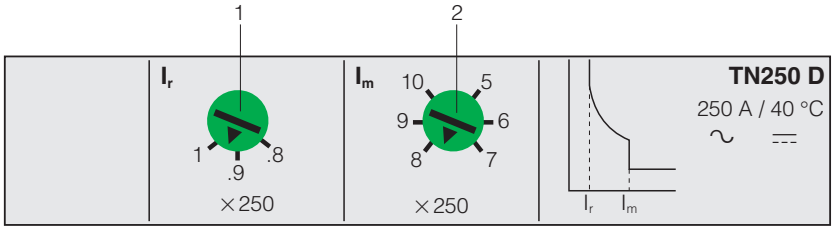


Protección estándar

Protección de redes alimentadas por generadores protección de cables de gran longitud

Protección de redes de corriente continua

Bloques de relés magnetotérmicos TM



Relés magnetotérmicos TM		TM16D a 250D											TM16G a 63G			
Calibres (A)	I_n a 40 °C	16	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200 250	16	25	40	63
Interruptor automático	Compact NS125 E	■	■	■	■	■	■	■	■	■	–	–	■	■	■	■
	Compact NS100	■	■	■	■	■	■	■	■	–	–	–	■	■	■	■
	Compact NS160	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	–	■	■	■	■
	Compact NS250	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Protección contra sobrecargas (térmico)																
Umbral de disparo	I_r	Regulable 0,8 a 1×I_n											Regulable 0,8 a 1×I_n			
Protección contra los cortocircuitos (magnético)																
Umbral de disparo (A)	I_m	Fijo											Regulable-fijo			
	Compact NS100	190	300	400	500	500	500	640	800				63	80	80	125
	Compact NS160/250	190	300	400	500	500	500	1.000	1.250	1.250	1.250	5 a 10×I_n	63	80	80	125
Protección del 4.° polo																
Neutro no protegido	4P 3d	Sin protección											Sin protección			
Neutro reducido	4P 3d + N/2							56	56	63	0,5×I_r					
Neutro pleno protegido	4P 4d	1×I_r											1×I_r			

Tabla H2-3-074: *relés magnetotérmicos TM.*

Protecciones

Las protecciones son regulables mediante selectores:

■ Protección contra las sobrecargas.

Protección por dispositivo térmico con umbral regulable.

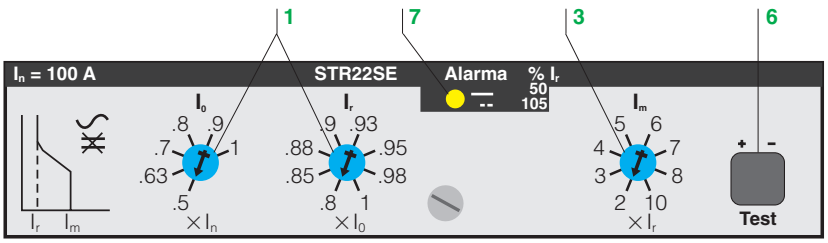
■ Protección contra los cortocircuitos.

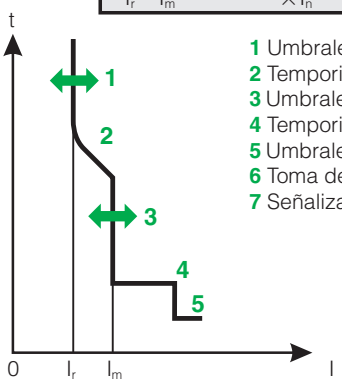
Protección mediante dispositivo magnético con umbral fijo o regulable según los calibres.

■ Protección del 4.º polo.

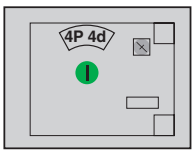
Para los interruptores automáticos tetrapolares, los bloques de relés son del tipo: 4P 3d (neutro no protegido), 4P 3d+Nr (neutro reducido protegido), 4P 4d (neutro entero protegido).

Unidades de control electrónicas STR22





1 Umbrales largo retardo (protección sobrecargas).
2 Temporización largo retardo.
3 Umbrales corto retardo (protección cortocircuitos).
4 Temporización corto retardo.
5 Umbrales instantáneos (protección cortocircuitos).
6 Toma de test.
7 Señalización de carga.



Protección del 4.º polo

Protecciones

Las protecciones son regulables por selectores:

■ Protección contra sobrecargas.

Protección largo retardo o umbral regulable del tipo verdadero valor eficaz (RMS).

■ Protección contra los cortocircuitos.

Protección corto retardo e instantáneo:

□ Protección corto retardo con umbral regulable y con temporización fija.

□ Protección instantánea con umbral fijo.

■ Protección del 4.º polo.

En interruptores automáticos tetrapolares, regulación de la protección del neutro mediante selector de 3 posiciones: 4P 3r, 4P 3r N/2, 4P 4r.

Señalización

Indicación de carga mediante diodo electroluminiscente en cara delantera:

□ Iluminado: > 90 % del umbral de la regulación I_r.

□ Parpadeante: > 105 % del umbral de la regulación I_r.

Test

Toma de test en cara delantera permitiendo la conexión de una maleta de ensayo o de una caja de test para verificar el buen funcionamiento del aparato después de la colocación de la unidad de control o de los accesorios.

Unidades de control electrónicas STR		STR22SE					STR22GE			
Calibres (A)	I_n 20 a 70 °C(*)	40	80	100	160	250(*)	40	100	160	250(*)
Interruptor automático	Compact NS100 N/H/L	■	–	■	–	–	■	■	–	–
	Compact NS160 N/H/L	■	■	■	■	–	■	■	–	–
	Compact NS250 N/H/L	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Protección contra sobrecargas (largo retardo)										
Umbral de disparo	$I_r = I_n \times ...$	0,4...1					0,4...1			
		Regulación 48 escalones					Regulación 48 escalones			
Temporización (s)	A $1,5 \times I_r$	90...180					12…15			
(mín. ... máx.)	A $6 \times I_r$	5...7,5					–			
	A $7,2 \times I_r$	3,2...5,0					–			
Protección contra los cortocircuitos (corto retardo)										
Umbral de disparo	$I_m = I_r \times ...$	2...10 2...10								
Precisión ± 15 %		Regulación 8 escalones					Regulación 8 escalones			
Temporización (ms)		Fija					Fija			
	Tiempo de sobreintensidad									
	Sin disparo	⩽ 40					⩽ 40			
	Tiempo total de corte	⩽ 60					⩽ 60			
Protección contra los cortocircuitos (instantánea)										
Umbrales de disparo	I_i	Fijo ⩽ $11 \times I_n$					Fijo ⩽ $11 \times I_n$			
Protección del 4.º polo										
Neutro no protegido	4P 3d	Sin protección					–			
Neutro reducido protegido	4P 3d + N/2	$0,5 \times I_r$					–			
Neutro pleno protegido	4P 4d	$1 \times I_r$					–			

(*) En caso de utilización de las U.C. STR22SE o STR22GE 250 A a temperatura elevada, la regulación utilizada debe tener en cuenta los límites térmicos del interruptor automático: la regulación de la protección contra sobrecargas no puede exceder de 0,95 a 60 °C y 0,90 a 70 °C.

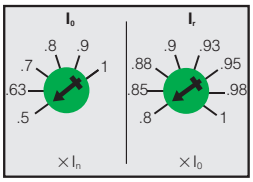
Tabla H2-3-075: *características de los relés electrónicos STR.*

Ejemplo de regulación

¿Cuál es el umbral de protección contra sobrecargas de un interruptor automático Compact NS250 equipado de una unidad de control STR22SE calibre 160 A regulado a I_o = 0,5 e I_r = 0,8?

Respuesta:

Umbral = 160 × 0,5 × 0,8 = 64 A.



Bloques de relés MP y STR para Compact NS400 a 630

Los Compact NS400 a 630 están equipados de unidades de control electrónicas STR23SE, STR23SV, STR53UE y STR53SV.

Las mismas unidades de control se montan indistintamente en los Compact NS400 y NS630, de tipo N, H o L, 3 o 4 polos.

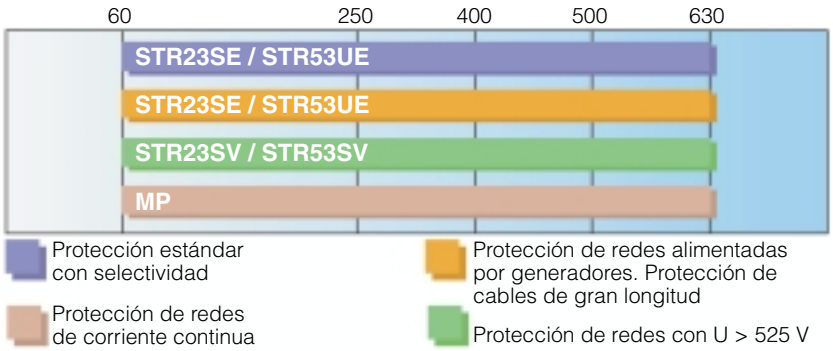
Las unidades de control STR53UE/SV proponen un gran número de regulaciones y, para la unidad de control STR53UE, funciones opcionales optimizadas para la protección, medida y comunicación.

En corriente continua, los Compact NS400H y NS630H están equipados con un bloque de relés magnético MP integrado.

La elección del bloque de relés se realiza en función del tipo de red a proteger y de la tensión de empleo del interruptor automático.

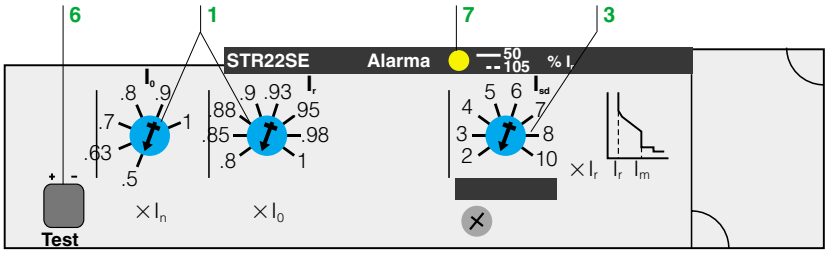
Cuatro referencias de bloque de relés permiten la protección de todo tipo de circuitos, de 60 a 630 A, sea cual sea la tensión del interruptor automático:

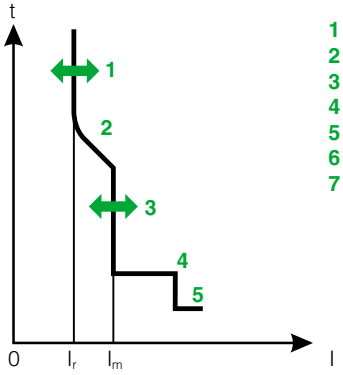
- U ⩽ 525 V: STR23SE o STR53UE.
- U > 525 V: STR23SV o STR53SV.



Los bloques de relés no tienen calibre propio. El umbral de disparo depende únicamente del interruptor automático y su regulación LR (largo retardo).
Por ejemplo, una unidad de control STR23SE regulada al máximo a un umbral de disparo de:
■ 250 A, montada sobre un Compact NS400 calibre 250 A.
■ 630 A, montada sobre un Compact NS630.

Bloques de relés electrónicos STR23SE (U ⩽ 525 V) y STR23SV (U > 525 V)





1 Umbrales largo retardo (protección sobrecargas).
2 Temporización del largo retardo.
3 Umbrales corto retardo (protección cortocircuitos).
4 Temporización corto retardo.
5 Umbrales instantáneos (protección cortocircuitos).
6 Toma de test.
7 Señalización de carga.

Protecciones

Las protecciones son regulables mediante selectores:
■ Protección contra las sobrecargas.
Protección largo retardo con umbrales y temporizaciones fijas:
□ Regulación por precalibrado I_o con 6 escalones (0,5 a 1).
□ Regulación fina I_r con 8 escalones (0,8 a 1).
■ Protección contra los cortocircuitos.
Protección cortocircuito instantánea:
□ Protección corto retardo con umbrales regulables y temporización fija.
□ Protección instantánea con umbrales fijos.
■ Protección del 4.º polo.

Los interruptores automáticos tetrapolares están equipados en estándar de un selector de protección del neutro con 3 posiciones: 4P 3d, 4P 3d + Nr, 4P 4d.

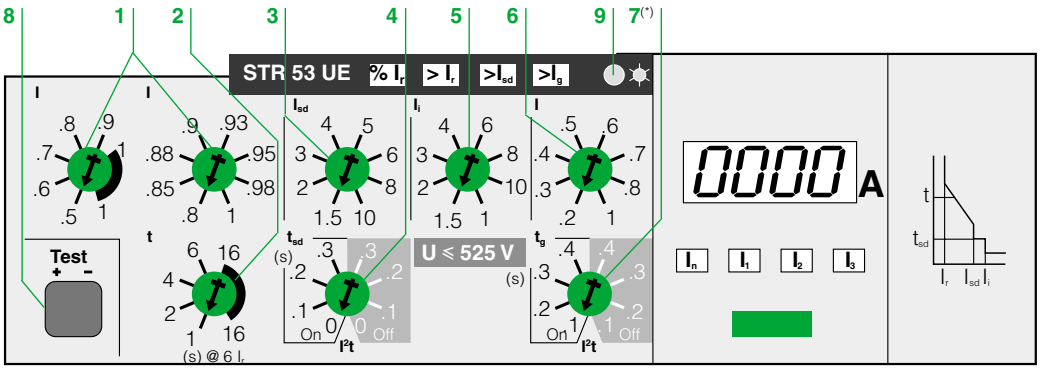
Señalización

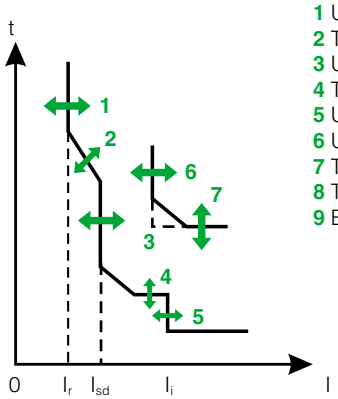
Indicación de carga mediante diodo electroluminiscente en la cara delantera:
- ■ Iluminado: >90 % del umbral de regulación I_r.
- ■ Parpadeando: >105 % del umbral de regulación I_r.

Test

La toma de test en la cara delantera permite la conexión de una maleta de ensayo o de una caja de test para la verificación del buen funcionamiento "in situ" del aparato, después de colocar la unidad de control y los auxiliares.

Unidades de control electrónicas STR53UE (U ≤ 525 V) y STR53SV (U > 525 V)





1 Umbrales largo retardo (protección de sobrecargas).
2 Temporización largo retardo.
3 Umbrales corto retardo (protección cortocircuitos).
4 Temporización corto retardo.
5 Umbrales instantáneos (protección cortocircuitos).
6 Umbrales de tierra en opción.
7 Temporización de tierra en opción.
8 Toma de test.
9 Botón pulsador de test de la pila y pilotos.

Protecciones

Las protecciones son regulables por selectores:
- ■ Protección contra sobrecargas.

Protección largo retardo con umbrales temporizables y regulables:
- □ Regulación por precalibrado I_o con 6 escalones (0,5 a 1).
- □ Regulación fina I_r con 8 escalones (0,8 a 1).
- ■ Protección contra los cortocircuitos.

Protección corto retardo instantánea:
- □ Protección corto retardo con umbrales y temporizaciones regulables con o sin I^2t = constante.
- □ Protección instantánea con umbral regulable.
- ■ Protección del 4.º polo.

Los interruptores automáticos tetrapolares están equipados en estándar de un selector de protección del neutro con 3 posiciones: 4P 3d, 4P 3d + Nr, 4P 4d.

Testigo luminoso de sobrecargas (% I_r)
Indicación de carga mediante diodo electroluminiscente en la cara delantera:
■ Iluminado: > 90 % del umbral de regulación I_r.
■ Parpadeante: >105 % del umbral de regulación I_r.

Señalización luminosa del tipo de defecto:
■ Sobrecarga (protección largo retardo) o temperatura interna anormal (> I_r).
■ Cortocircuito (protección corto retardo) o instantáneo (> I_{sd}).
■ Defecto a tierra (si la opción defecto a tierra está presente) (> I_g).
■ Defecto de funcionamiento del microprocesador:
□ 2 diodos (> I_r) y (> I_{sd}) iluminados.
□ Diodo (> I_g) iluminado si la opción de protección "defecto a tierra" T está presente.
Alimentación por pila, las pilas de recambio se suministran en su caja de adaptación. El diodo de indicación del tipo de defecto se pone en modo vigilancia al cabo de 10 minutos. El pulsador de test de la pila y los pilotos permiten iluminarlo. El diodo se apaga automáticamente al rearmar el aparato.

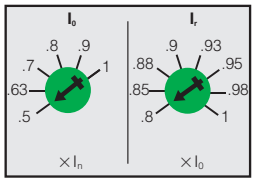
Test
Toma de test en la cara delantera permitiendo la conexión de una maleta de ensayo o de una caja de test para verificar el buen funcionamiento del aparato después de la colocación del bloque de relés o de los accesorios.
Botón pulsador de test de la pila de los pilotos (% I_r), (> I_r), (> I_{sd}) y (> I_g).

Autovigilancia
Disparo del interruptor automático en caso de defecto de funcionamiento del microprocesador o de temperatura anormal.

Opciones
4 opciones están disponibles:
■ Protección "defecto a tierra" **T**.
■ Amperímetro **I**.
■ Selectividad lógica **ZSI**.
■ Comunicación **COM**.

Ejemplo de regulación
¿Cuál es el umbral de protección contra las sobrecargas de un Compact NS400 equipado de una unidad de control STR23SE (o STR23SV) regulada a I_0 = 0,5 e I_r = 0,8?

Respuesta:
Umbral = 400 × 0,5 × 0,8 = 160 A.
Este mismo bloque de relés, regulado de la misma manera, montado sobre un NS630 tendrá un umbral de disparo de 630 × 0,5 × 0,8 = 250 A.



Protección "defecto a tierra" T: ver "Opción de la unidad de control electrónica STR53 UE"
El bloque de relés STR53UE con la opción "defecto a tierra" T permite la conexión de un transformador de intensidad del neutro externo (en el caso de un interruptor automático tripolar en una red con neutro).
Calibres de TC neutro externo disponibles: 150, 250, 400, 630 A.

Unidades de control		STR23SE (U ⩽ 525 V) STR23SV (U > 525 V)				STR53UE (U ⩽ 525 V) STR53SV (U > 525 V)				
Calibres (A)	I_n 20 a 70 °C(1)	150	250	400	630	150	250	400	630	
Interruptor automático	Compact NS400 N/H/L	■	■	■	–	■	■	■	–	
	Compact NS630 N/H/L	–	–	–	■	–	–	–	■	
Protección contra las sobrecargas (largo retardo)										
Umbral de disparo	$I_r = I_n \times ...$	0,4...1				0,4...1				
		Regulable 48 escalones				Regulable 48 escalones				
Temporización (s) (mín. ... máx.)		Fija				Regulable				
	A 1,5 × I_r	90...180				8...15	34...50	69...100	138...200	277...400
	A 6 × I_r	5...7,5				0,4...0,5	1,5...2	3...4	6...8	12...16
	A 7,2 I_r	3,2...5,0				0,2...0,74	1...1,4	2...2,8	4...5,5	8,2...11
Protección contra las sobrecargas (corto retardo)										
Umbral de disparo	$I_{sd} = I_r \times ...$	2...10				1,5...10				
Precisión ± 15 %		Regulable 8 escalones				Regulable 8 escalones				
Temporización (ms)	(t) de sobreintensidad	Fijo				Regulable 4 escalones + opción "I^2t = constante"				
	Sin disparo	⩽ 40				⩽ 15	⩽ 60	⩽ 140	⩽ 230	
	Tiempo total de corte	⩽ 60				⩽ 60	⩽ 140	⩽ 230	⩽ 350	
Protección contra las sobrecargas (instantáneo)										
Umbrales de disparo	$I_i = I_n \times ...$	11				1,5...11				
		Fijo				Regulable 8 escalones				
Protección 4.º polo										
Neutro no protegido	4P 3d	Sin protección				Sin protección				
Neutro reducido protegido	4P 3d + Nr	0,5 × I_r				0,5 × I_r				
Neutro pleno protegido	4P 4d	1 × I_r				1 × I_r				
Opciones										
Señalización del tipo de defecto		–				■ (est.)				
Selectividad lógica	ZSI	–				■ (2)				
Comunicación	COM	–				■ (2)				
Amperímetro integrado	I	–				■ (2)				
Protección "defec. tierra"	T	–				■ (2)				

(1) En caso de utilización a temperatura elevada, la regulación utilizada debe tener en cuenta los límites térmicos del interruptor automático: la regulación de la protección contra las sobrecargas no puede exceder 0,95 a 60 °C y 0,90 a 70 °C para Compact NS400, y 0,95 a 50 °C, 0,90 a 60 °C y 0,85 a 70 °C para Compact NS630.
(2) Esta opción no existe para la unidad de control STR53SV.

Tabla H2-3-076: *características de los bloques de relés para los Compact NS.*

Opciones de la unidad de control electrónica STR53UE

Protección "defecto a tierra" T

Tipo	Corriente residual					
Umbral de disparo	$I_g = I_n \times ...$	0,2 a 1				
Precisión ± 15 %		Regulación 8 escalones				
Tiempo de disparo	Tiempo máx. de sobreintensidad	Regulación 4 escalones				
Función I^2t = constante	Sin disparo	60	140	230	350	
	Tiempo total de corte	⩽ 140	⩽ 230	⩽ 350	⩽ 500	

Tabla H2-3-077: *características de la unidad STR53UE con respecto a los defectos a tierra.*

Amperímetro I

Un visualizador numérico muestra en permanencia la fase más cargada y permite mediante presión sucesiva sobre una tecla la lectura de I_1, I_2, I_3 e I neutro.
Un diodo correspondiente a la fase visualizada está igualmente iluminado.
Umbral de visualización del amperímetro:
■ Intensidad mínima u 0,2 × I_n, para intensidades inferiores, el visualizador no funciona.
■ Intensidad máxima i 10 × I_n.

Selectividad lógica ZSI

Un hilo piloto ligado a varios interruptores automáticos en cascada.
Con defecto a tierra o corto retardo:

■ La unidad de control STR53UE detecta el defecto e informa al interruptor automático de aguas arriba que respeta entonces la temporización programada.

■ La unidad de control STR53UE no detecta el defecto: el interruptor automático de aguas arriba dispara con su temporización más corta.

De hecho, el defecto se elimina instantáneamente por el interruptor automático más próximo. Las solicitaciones térmicas sufridas por la red son mínimas y la selectividad cronométrica se respeta en el conjunto de la instalación.

La opción ZSI de la unidad de control STR53UE sólo funciona en el interruptor automático colocado más abajo en la cadena de selectividad lógica. La opción selectividad lógica no funciona entre dos interruptores automáticos Compact NS.

Salidas optoelectrónicas

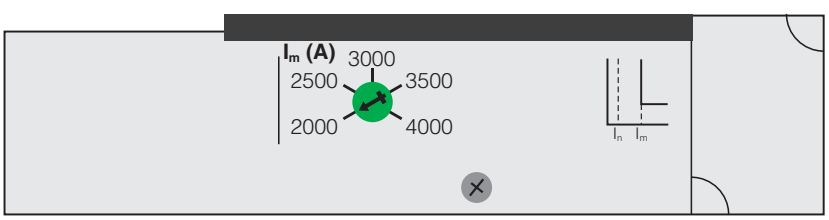
Permiten un desacoplamiento perfecto entre los circuitos internos del bloque de relés y los circuitos cableados por el instalador, gracias a la utilización de optotransistores.

Comunicación COM

Transmisión de datos hacia módulos Digipact de vigilancia y control de la distribución. Datos transmitidos:

■ Posición de los selectores de regulación.
■ Intensidades de fase y de neutro, en valores eficaces.
■ Intensidad de la fase más cargada.
■ Alarma de sobrecarga en curso.
■ Causa de disparo (sobrecarga, cortocircuito, etc.).

Bloque de relés para corriente continua MP



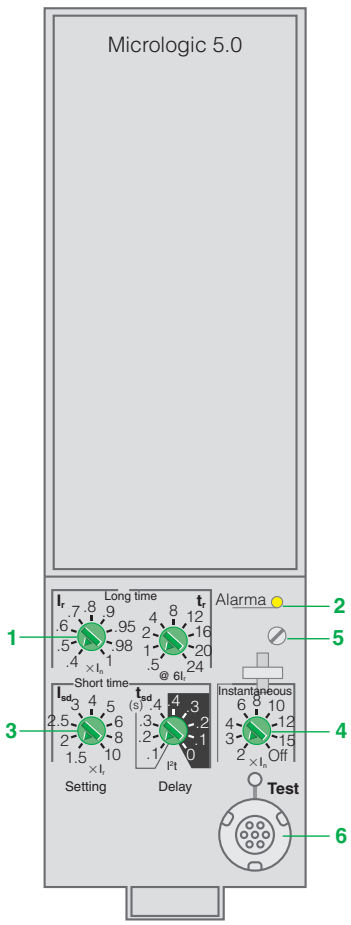
Bloques de relés magnéticos para Compact NS400/630, tripolares, de tipo H, concebidos especialmente para la protección de redes de corriente continua. Estos bloques de relés no son intercambiables, el conjunto interruptor automático y bloque de relés se suministran completamente ensamblados.

Bloques de relés integrados		**MP1**	**MP2**	**MP3**
Interruptor	Compact NS400H	■	■	–
Automático	Compact NS630H	■	■	■
Protección contra los cortocircuitos (magnético)				
Umbral de disparo (A) I_m		Regulable	Regulable	Regulable
		800...1600	1250...2500	2000...4000

Combinaciones posibles: [I] – [T] – [I + T] – [I + COM] – [I + T + COM] – [ZSI] – [ZSI + I] – [ZSI + T] – [ZSI + I + T] – [ZSI + I + COM] – [ZSI + I + T + COM1/28.

Unidades de control Micrologic

Las unidades de control Micrologic 2.0 y 5.0 protegen los circuitos de potencia. La Micrologic 5.0 permite la selectividad cronométrica en cortocircuito.



Regulación de las protecciones

Las protecciones son regulables en umbral y temporización mediante selectores.

La precisión de las regulaciones puede ser aumentada por cambio de "regulador".

Largo retardo, con una zona de regulación limitada.

■ Protección contra las sobrecargas.

Protección largo retardo de tipo verdadero valor eficaz (RMS).

Memoria térmica: imagen térmica antes y después del disparo.

■ Protección contra los cortocircuitos.

Protecciones corto retardo (RMS) e instantánea.

Elección del tipo I^2t (On u Off) en la temporización corto retardo.

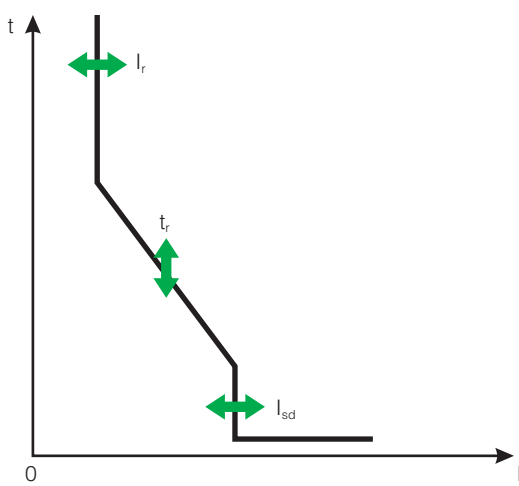
■ Protección del neutro.

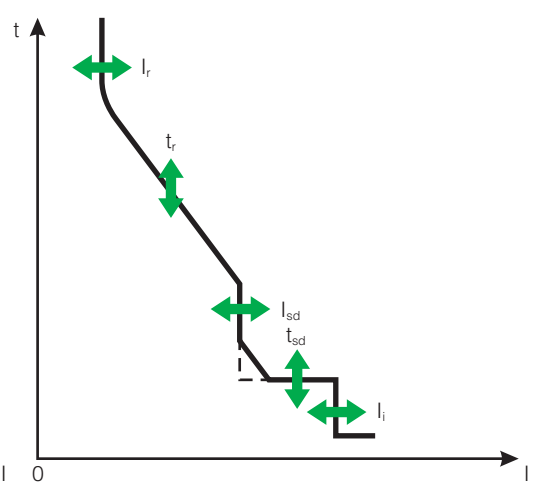
En interruptores automáticos tripolares no es posible la protección del neutro.

En interruptores automáticos tetrapolares, regulación de la protección del neutro por selector de 3 posiciones: neutro no protegido (4P 3d), neutro mitad protegido (4P 3d + N/2), neutro pleno protegido (4P 4d).

1 Umbral de temporización y disparo largo retardo.
2 Testigo luminoso de sobrecarga.
3 Umbral de temporización y disparo corto retardo.
4 Umbral de disparo instantáneo.
5 Tornillo de fijación del regulador largo retardo.
6 Toma de test.

Nota: las unidades de control Micrologic sin medida están equipadas en estándar de una tapa de precintado transparente.





Protecciones			**Micrologic 2.0**								
Largo retardo											
Umbral	$I_r = I_n \times ...$		0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95	0,98	1
Disparo entre 1,05 a 1,20 I_r			Otros rangos o inibición por cambio de regulador								
Temporización (s)	t_r a $1,5 \times I_r$		12,5	25	50	100	200	300	400	500	600
Precisión: 0 a –20%	t_r a $6 \times I_r$		0,5	1	2	4	8	12	16	20	24
	t_r a $7,2 \times I_r$		0,34	0,69	1,38	2,7	5,5	8,3	11	13,8	16,6
Memoria térmica			20 min antes y después del disparo								
Instantáneo											
Umbral	$I_{sd} = I_r \times ...$		1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10
Precisión			±10 %								
Temporización			Fija: 20 ms								
Protecciones			**Micrologic 5.0**								
Largo retardo											
Umbral	$I_r = I_n \times ...$		0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95	0,98	1
Disparo entre 1,05 a 1,20 I_r			Otros rangos o inibición por cambio de regulador								
Temporización (s)	t_r a $1,5 \times I_r$		12,5	25	50	100	200	300	400	500	600
Precisión: 0 a –20 %	t_r a $6 \times I_r$		0,5	1	2	4	8	12	16	20	24
	t_r a $7,2 \times I_r$		0,34	0,69	1,38	2,7	5,5	8,3	11	13,8	16,6
Memoria térmica			20 min antes y después del disparo								
Corto retardo											
Umbral	$I_{sd} = I_r \times ...$		1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10
Precisión			±10 %								
Temporización (ms) a 10 I_r	Escalones de regulación	I^2t Off	0	0,1	0,2	0,3	0,4				
		I^2t On		0,1	0,2	0,3	0,4				
	t_{sd} (no disparo)		20	80	140	230	350				
	t_{sd} (máximo de corte)		80	140	200	320	500				
Instantáneo											
Umbral	$I_i = I_n \times ...$		2	3	4	6	8	10	12	15	Off
Precisión: ±10 %											

Tabla H2-3-078: *características de las unidades Micrologic 2.0 y 5.0.*

H2
3

Las unidades de control Micrologic A protegen los circuitos de potencia.
Estas ofrecen medidas, visualización, comunicación y maxímetro de intensidad.
La versión 6 integra la protección de tierra y la versión 7 la protección diferencial.

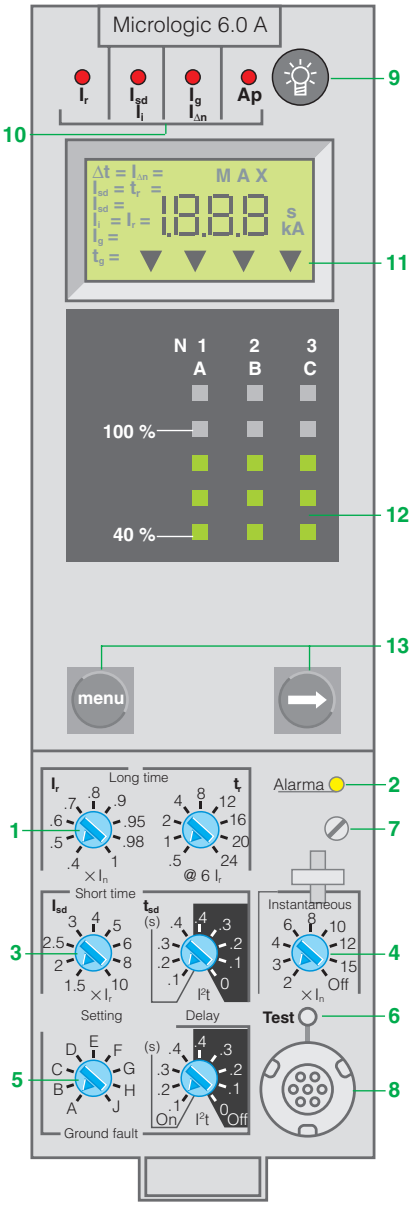
Regulación de las protecciones

Las protecciones son regulables en umbral y en temporización mediante selectores.
Los valores escogidos se visualizan temporalmente en la pantalla en amperios y en segundos.
La precisión de las regulaciones puede aumentarse por cambio del "regulador".
Largo retardo, en una zona de regulación determinada.
■ Protección contra las sobrecargas.
Protección largo retardo del tipo verdadero valor eficaz (RMS).
Memoria térmica: imagen térmica antes y después del disparo.
■ Protección contra los cortocircuitos.
Protecciones corto retardo (RMS) e instantáneo.
Elección del tipo I^2t (On u Off) en la temporización corto retardo.
■ Protección contra los defectos a tierra
Protección del tipo "residual" o "source ground return".
Elección del tipo I^2t (On u Off) en la temporización.
■ Protección diferencial residual (Vigi).
Funciona sin alimentación exterior.
Inmunizado contra los riesgos de disparos intempestivos.
Resistencia a las componentes continuas clase A hasta 10 A.
■ Protección del neutro.
En interruptores automáticos tripolares, no es posible la protección del neutro.

En interruptores automáticos tetrapolares, la protección del neutro se realiza mediante un selector de 3 posiciones: neutro no protegido (4P 3d), neutro protección media (4P 3d + N/2), neutro protección plena (4P 4d).

Selectividad lógica ZSI

Una regleta de bornes "Zona Selectividad Enclavamiento" (ZSI) permite el cableado de varias unidades de control para una selectividad total en la protección corto retardo y tierra sin temporización al disparo.



Medidas amperímetro

Las unidades de control Micrologic A miden el verdadero valor eficaz (RMS) de las intensidades.

Una pantalla LCD numérica visualiza permanentemente la fase más cargada (I_{max}) y permite, por pulsaciones sucesivas en una tecla, la lectura de I_1, I_2, I_3, I_N, I_g, I_n, de las intensidades memorizadas (maxímetros) y de las regulaciones.

La alimentación externa, opcional, permite la visualización de las intensidades I < 20 % I_n.

Opción de comunicación

Asociada a la opción de comunicación COM, la unidad de control transmite los parámetros siguientes:

- Lectura de las regulaciones.
- Conjunto de medidas "amperímetro".
- Señalización de las causas del disparo.
- Puesta a cero de los maxímetros.

1 Umbral y temporización de disparo largo retardo.
2 Testigo luminoso de sobrecarga.
3 Umbral y temporización de disparo corto retardo.
4 Umbral y temporización de disparo instantáneo.
5 Umbral y temporización de disparo Vigi o tierra.
6 Botón test Vigi o tierra.
7 Tornillo de fijación del regulador largo retardo.
8 Toma de test.
9 Test bombilla, "reset" y estado de la pila.
10 Señalización de las causas de disparo.
11 Visualización digital.
12 Amperímetro e indicadora de barras trifásico.
13 Teclas de navegación.

Nota: las unidades de control Micrologic A están equipadas en estándar de una tapa de precintado transparente.

Protecciones			**Micrologic 2.0 A**								
Largo retardo											
Umbral	$I_r = I_n \times ...$		0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95	0,98	1
Disparo entre 1,05 a 1,20 I_r			Otros rangos o inibición por cambio de regulador								
Temporización (s)	t_r a $1,5 \times I_r$		12,5	25	50	100	200	300	400	500	600
Precisión: 0 a –20 %	t_r a $6 \times I_r$		0,5	1	2	4	8	12	16	20	24
	t_r a $7,2 \times I_r$		0,34	0,69	1,38	2,7	5,5	8,3	11	13,8	16,6
Memoria térmica			20 min antes y después del disparo								
Instantáneo											
Umbral	$I_m = I_r \times ...$		1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10
Precisión			±10 %								
Amperímetro			Micrologic 2.0 A								
Medida permanente de intensidades											
Medidas de 20 a 200 % de I_n			I_1	I_2	I_3	I_N	$I_{máx.}$				
Precisión: 1,5 % (captadores incluidos)			Alimentación por propia intensidad para ($I > 20\ \% I_n$)								
Protecciones			**Micrologic 5.0 / 6.0 / 7.0 A**								
Largo retardo			Micrologic 5.0 / 6.0 / 7.0 A								
Umbral	$I_r = I_n \times ...$		0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95	0,98	1
Disparo entre 1,05 a 1,20 I_r			Otros rangos o inibición por cambio de regulador								
Temporización (s)	t_r a $1,5 \times I_r$		12,5	25	50	100	200	300	400	500	600
Precisión: 0 a –20 %	t_r a $6 \times I_r$		0,5	1	2	4	8	12	16	20	24
	t_r a $7,2 \times I_r$		0,34	0,69	1,38	2,7	5,5	8,3	11	13,8	16,6
Memoria térmica			20 min antes y después del disparo								
Corto retardo											
Umbral	$I_{sd} = I_r \times ...$		1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10
Precisión			±10 %								
Temporización (ms) a 10 I_r	Escalones de regulación	I^2t Off	0	0,1	0,2	0,3	0,4				
		I^2t On		0,1	0,2	0,3	0,4				
	t_{sd} (no disparo)		20	80	140	230	350				
	t_{sd} (máximo de corte)		80	140	200	320	500				
Instantáneo											
Umbral	$I_i = I_n \times ...$		2	3	4	6	8	10	12	15	Off
Precisión			±10 %								
Tierra			Micrologic 6.0 A								
Umbral	$I_g = I_n \times ...$		A	B	C	D	E	F	G	H	I
Precisión: ±10 %	$I_g \leqslant$ 400 A		0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
	400 A < $I_n \leqslant$ 1.200 A		0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
	$I_g >$ 1.200 A		500	640	720	800	880	960	1.040	1.120	1.200
Temporización (ms) a I_n o 1.200 A	Escalones de regulación	I^2t Off	0	0,1	0,2	0,3	0,4				
		I^2t On		0,1	0,2	0,3	0,4				
	t_g (no disparo)		20	80	140	230	350				
	t_g (máximo de corte)		80	140	200	320	500				
Diferencial			Micrologic 7.0 A								
Sensibilidad (A)	I_n		0,5	1	2	3	5	7	10	20	30
Precisión			0 a –20%								
Temporización (ms)	Escalones de regulación		60	140	230	350	800				
	t_n (no disparo)		80	140	230	350	800				
	t_n (máximo de corte)		140	200	320	500	1.000				
Amperímetro			Micrologic 5.0 / 6.0 / 7.0 A								
Medida permanente de intensidades											
Medidas de 20 a 200 % de I_n			I_1	I_2	I_3	I_N	I_g	$I_{máx.}$			
Precisión: 1,5 % (captadores incluidos)			Alimentación por propia intensidad (para $I > 20\ \% I_n$)								

Nota: todas las funciones de protección están basadas en la intensidad de funcionamiento a propia corriente.
Un "reset" permite una puesta a cero de los defectos, maxímetros e intensidades cortadas memorizadas.

Tabla H2-3-079: *características de las unidades Micrologic 0.2 - 5.0 - 6.0 - 7.0 A.*

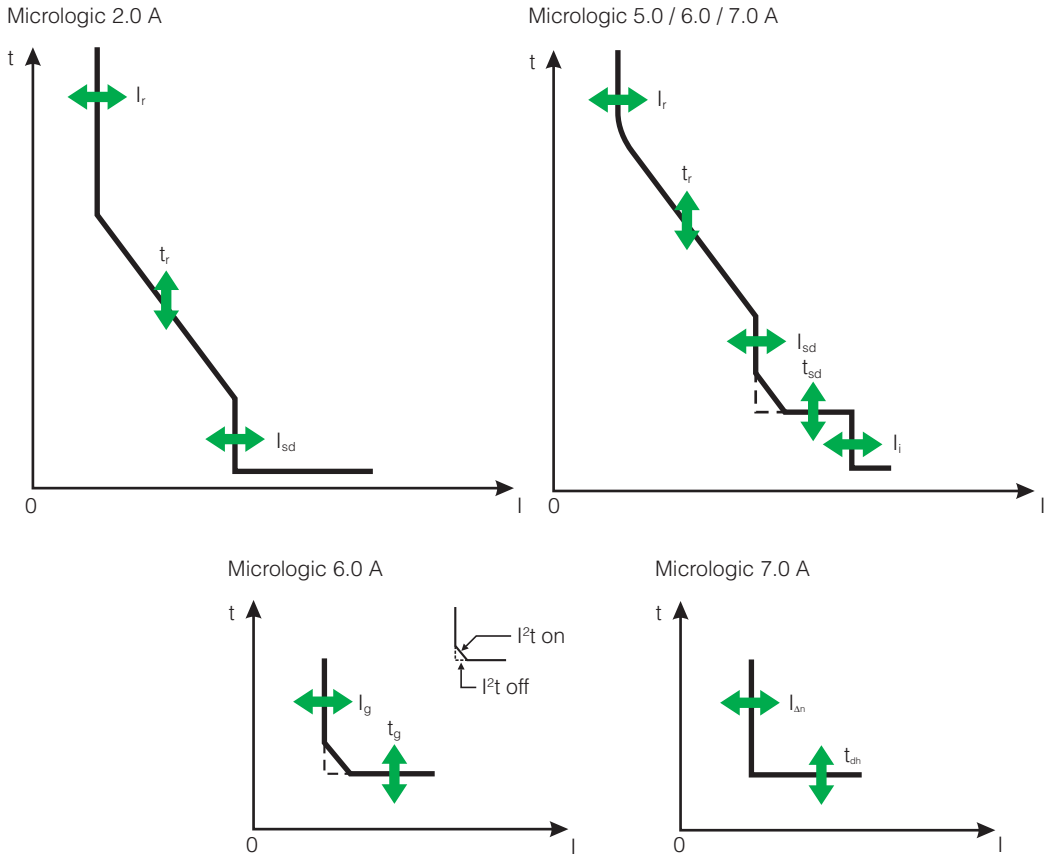


Fig. H2-3-080: *características de desconexión de las unidades Micrologic 2.0 - 5.0 - 6.0 - 7.0 A.*

H2
3

Accesorios de las unidades de control Micrologic

Captadores exteriores:

■ Transformador de intensidad para la protección de tierra.

Se utiliza con los interruptores automáticos de 3P y la unidad de control Micrologic 6.0 A.

Se instala en el conductor de neutro para una protección de tierra del tipo residual.

El calibre de los TI debe ser compatible con el calibre nominal del interruptor automático:

□ NS630b a NS1600: TI 400/1600.

□ NS1600b a NS2000: TI 400/2000.

□ NS2000 a NS3200: TI 1000/3200.

Toroidal para la protección diferencial.

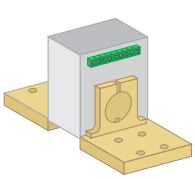
Se instala en el juego de barras (fases + neutro) con el fin de detectar la corriente homopolar de la protección diferencial.

Están disponibles 2 tamaños de transformadores sumadores.

Dimensiones (mm) de ventana interior:

□ 280 × 115 hasta 1600 A.

□ 470 × 160 hasta 3200 A.



Transformador de intensidad.

■ Transformador de intensidad para la protección de tierra (SGR).

Se instala en torno a la conexión a tierra del punto neutro del transformador de alimentación de la red de distribución y se conecta a la unidad de control Micrologic 6.0 para realizar la protección de tierra del tipo “Source Ground Return”.

Transformador de intensidad para la protección de tierra SGR.

■ Tomas de tensión.
Las tomas de tensión son necesarias para el funcionamiento de la protección diferencial.
En estándar, la unidad de control 7.0 A está alimentada por 2 tomas de tensión internas colocadas aguas abajo del polo para tensiones comprendidas entre 100 y 690 V CA. Bajo demanda, es posible suprimir las tomas de tensión internas para reemplazarlas por un conector externo. Este conector permite a la unidad de control alimentarse directamente en la red de potencia aguas arriba del interruptor automático.
■ Regulador largo retardo.
4 reguladores intercambiables permiten limitar el rango de la regulación del umbral largo retardo y aumentar la precisión.
En estándar, las unidades de control incorporan el regulador 0,4 a 1.

Rangos de regulación									
Estándar $I_r = I_n \times ...$	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95	0,98	1
Inferior $I_r = I_n \times ...$	0,4	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,8
Superior $I_r = I_n \times ...$	0,80	0,82	0,85	0,88	0,90	0,92	0,95	0,98	1
Regulador off sin protección largo retardo									

Tabla H2-3-081: *rangos de regulación.*

Módulo de alimentación externa

■ Con Micrologic A, cuando el aparato está abierto o con carga de menos del 20% de I_n, la alimentación externa permite mantener las tres funciones siguientes:
□ Visualización de medidas.
□ Retroiluminación de la pantalla.
□ Maxímetro.
■ Características:
□ Alimentación: 24 a 240 V CA/CC (+10% –15%).
□ Tensión de salida: 24 V CC.

Piezas de recambio de las unidades de control Micrologic:

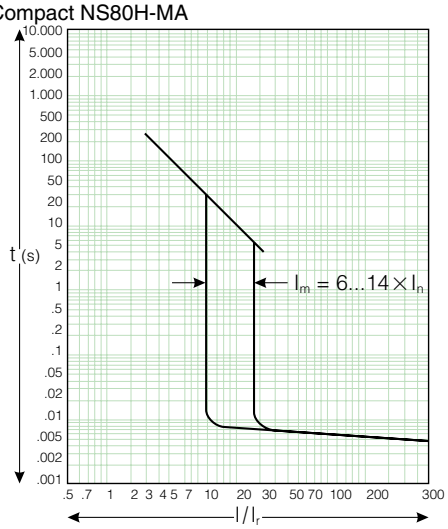
■ Tapa de precintado para la Micrologic A.
Tapa de precintado transparente que impide el acceso a los selectores de regulación.
Cuando la tapa está cerrada:
□ Está accesible la toma de test.
□ Está accesible el botón de test de la función protección tierra o diferencial.
■ Pila de recambio.
Una pila alimenta los diodos identificando las causas de disparo. Su duración de vida es alrededor de 10 años.
Un botón de test en la cara delantera de la unidad de control permite verificar el estado de la pila que puede reemplazarse “in situ” cuando está descargada.

Tapa de precintado para la unidad de control Micrologic A.

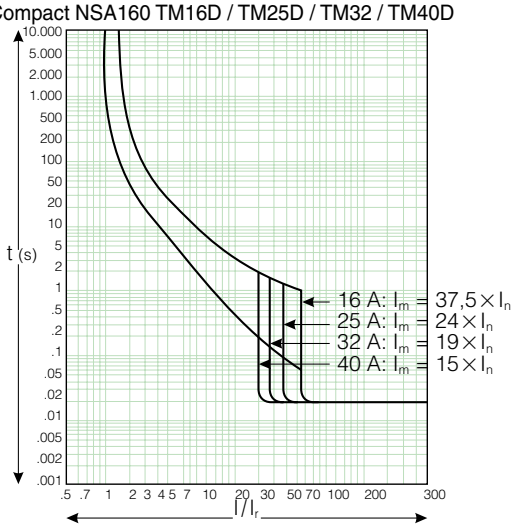
Las protecciones para motores y máquinas se expondrán en el capítulo M, “La seguridad en las máquinas”.

Características de desconexión de los relés para la gama Compact

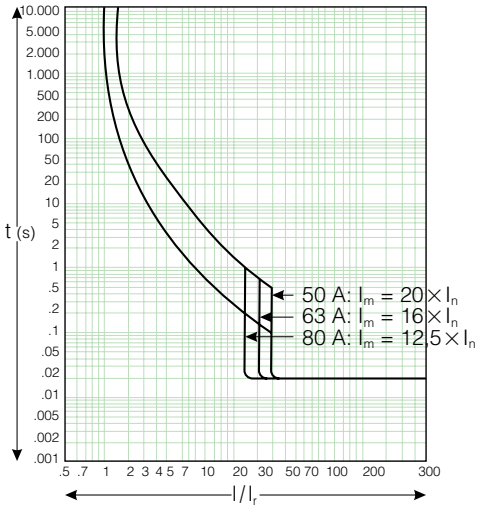
Compact NS80H-MA



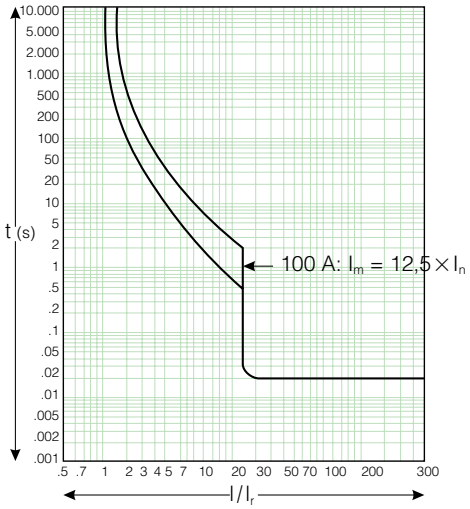
Compact NSA160 TM16D / TM25D / TM32 / TM40D



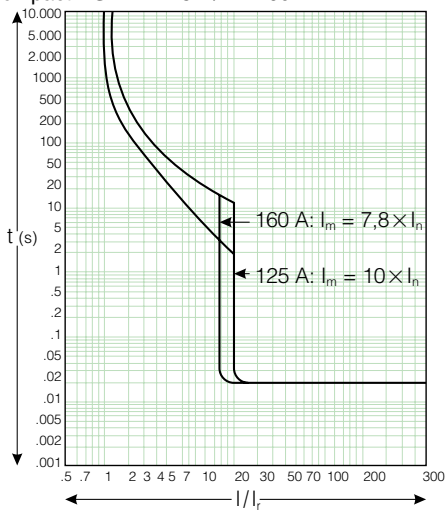
Compact NSA160 TM50D / TM63D / TM80D



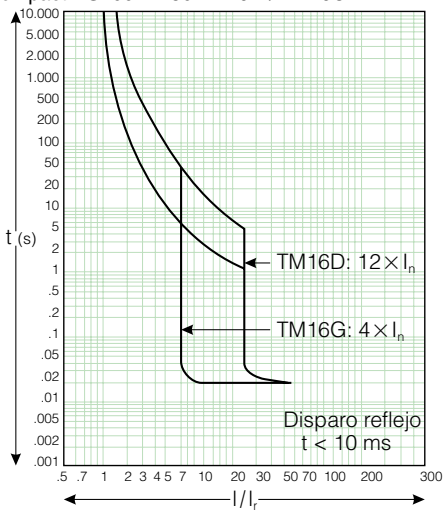
Compact NSA160 TM100D



Compact NSA TM125D / TM160D

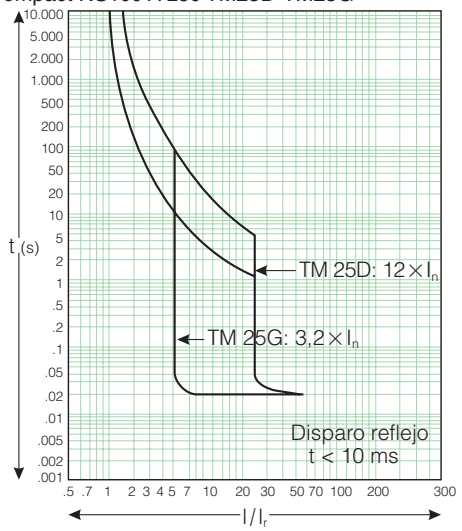


Compact NS100 A 250 TM16D / TM16G

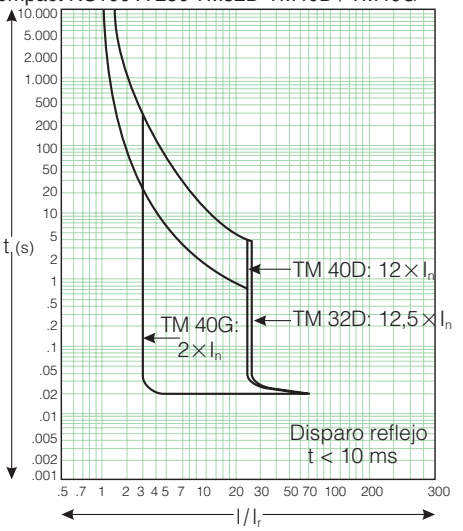


H2
3

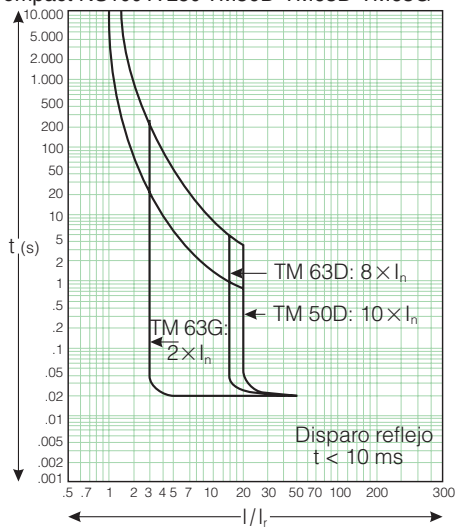
Compact NS100 A 250 TM25D-TM25G



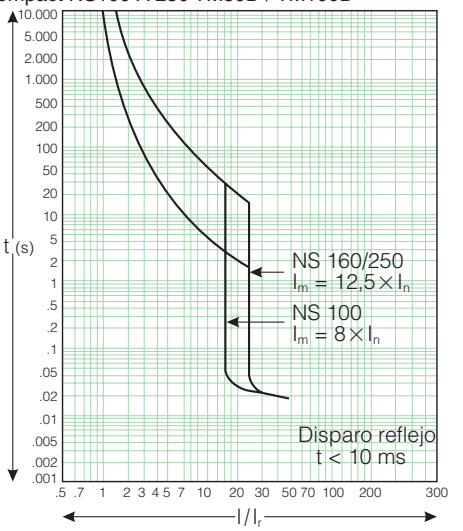
Compact NS100 A 250 TM32D-TM40D / TM40G



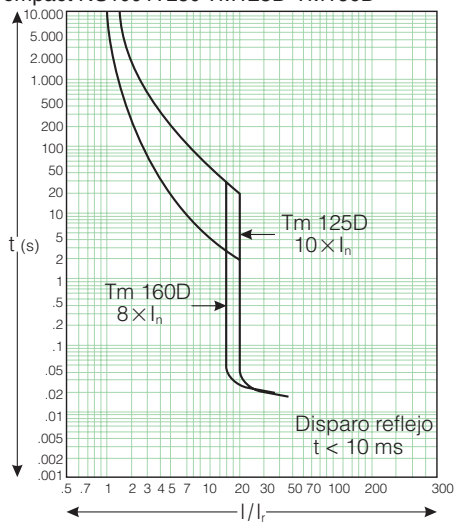
Compact NS100 A 250 TM50D-TM63D-TM63G



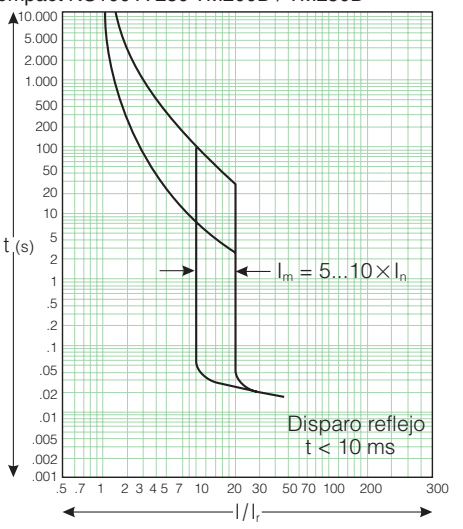
Compact NS100 A 250 TM80D / TM100D



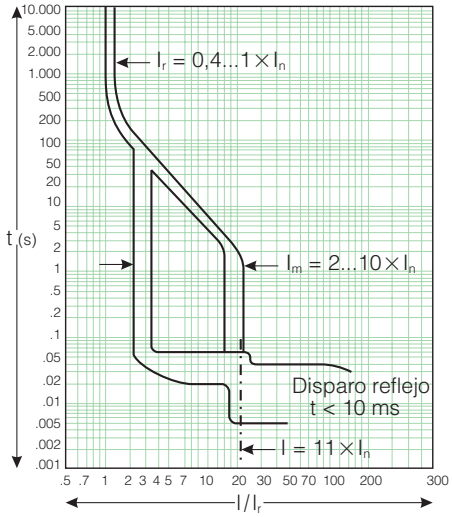
Compact NS100 A 250 TM125D-TM160D



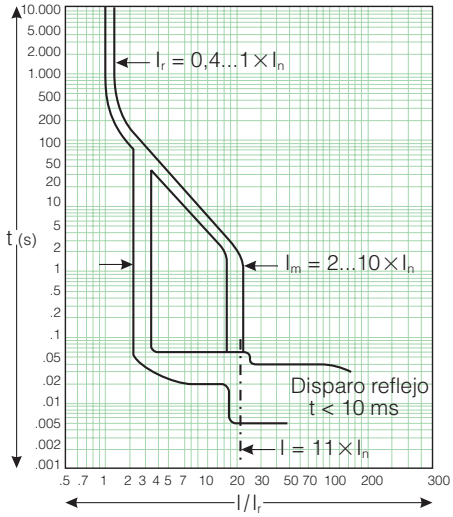
Compact NS100 A 250 TM200D / TM250D



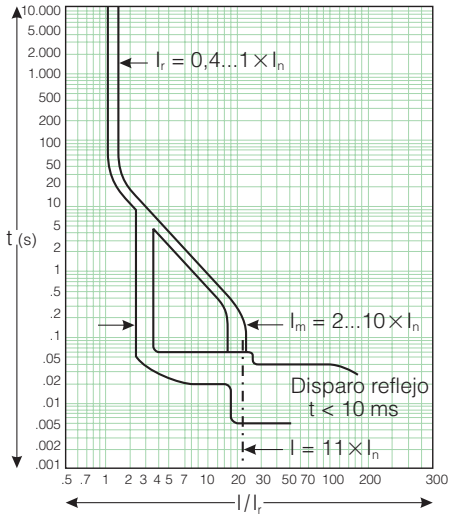
STR22SE - 40...100 A



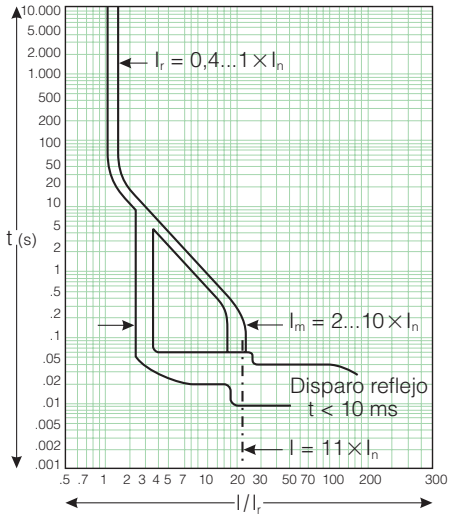
STR22SE - 160...250 A



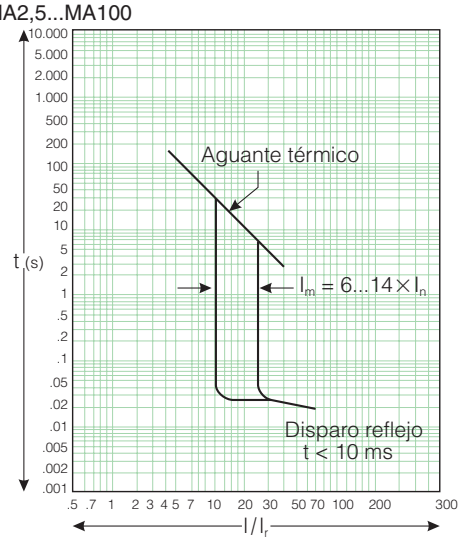
STR22GE - 40...100 A



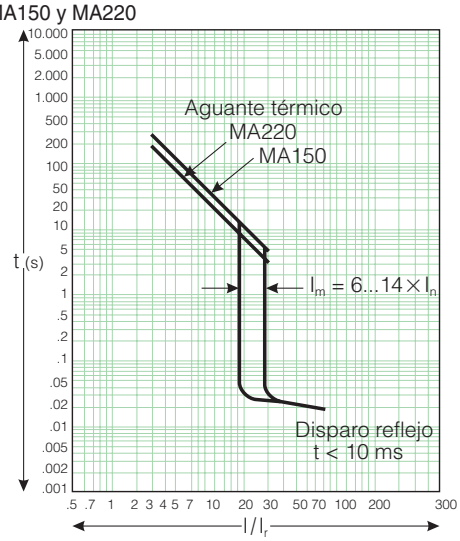
STR22GE - 160...250 A



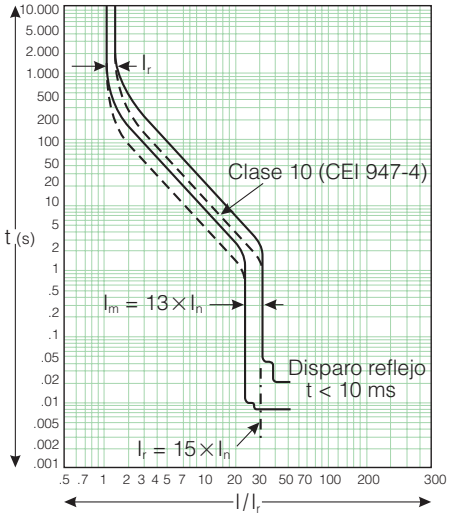
MA2,5...MA100



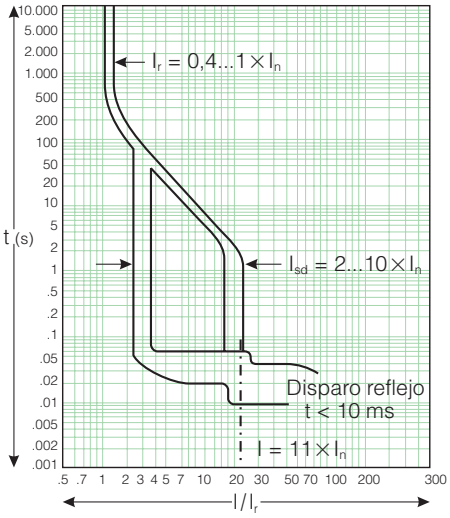
MA150 y MA220



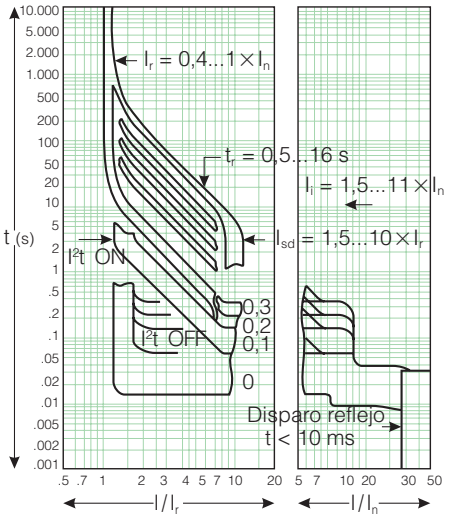
STR22ME - 10...220 A



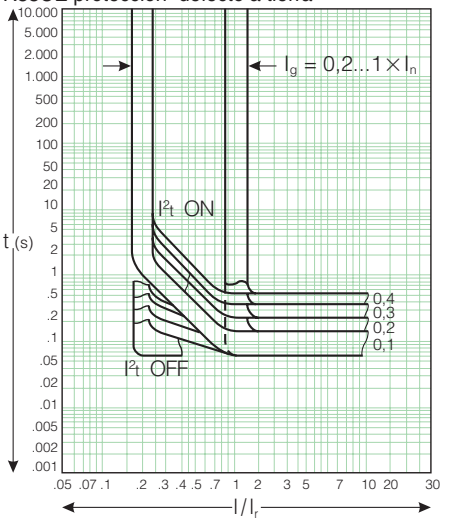
STR22SE / STR23SV



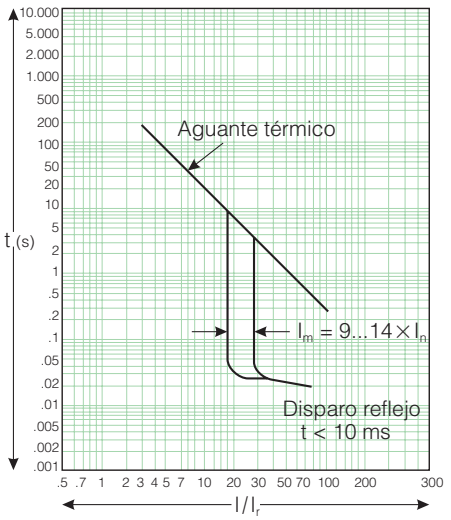
STR22UE / STR53SV



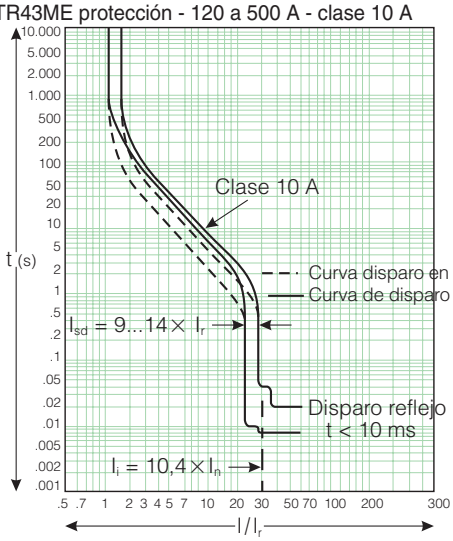
STR53UE protección “defecto a tierra”



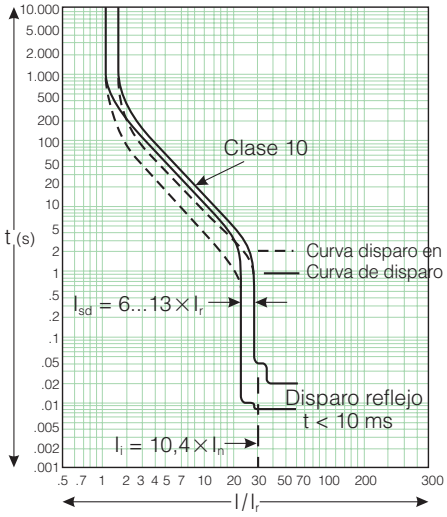
MA320... MA500



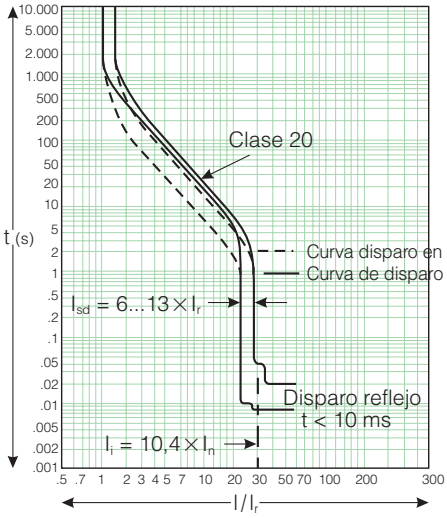
STR43ME protección - 120 a 500 A - clase 10 A



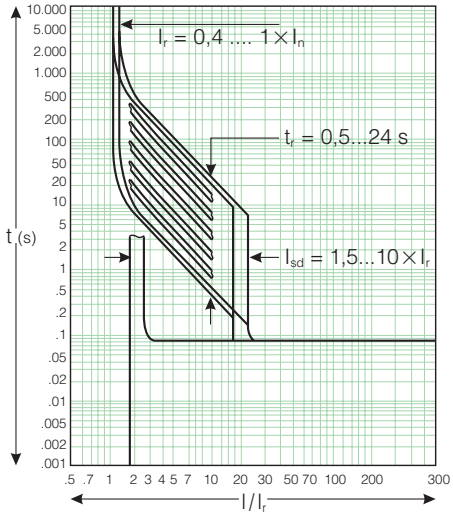
STR43ME - 120 A 500 A - clase 10



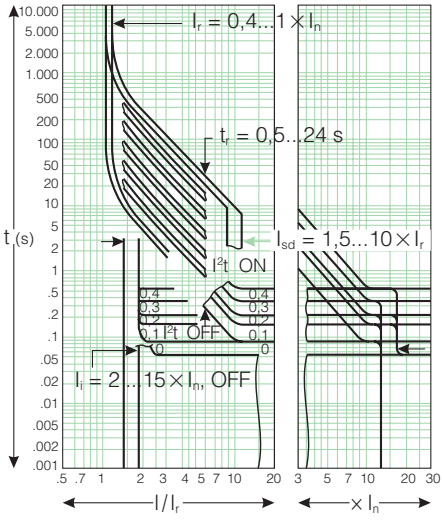
STR43ME -120 a 500 A - clase 20



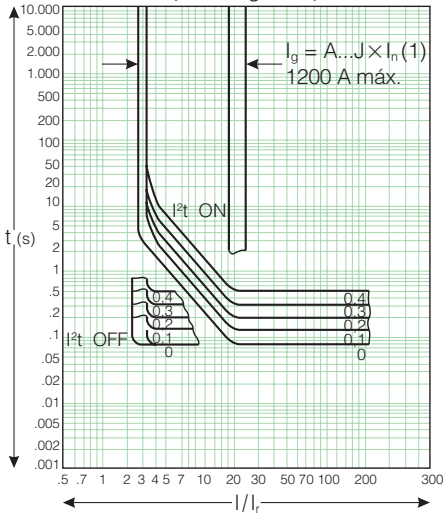
Micrologic 2.0



Micrologic 5.0, 6.0, 7.0 - Micrologic 5.0A, 6.0A, 7.0A



Protección de tierra (Micrologic 6.0)



(1)

$I_g = I_n \times ...$	$I_g < 400$ A	400 A < I_g < 1200 A	$I_g > 1200$
A	0,3	0,2	500
B	0,3	0,3	640
C	0,4	0,4	720
D	0,5	0,5	800
E	0,6	0,6	880
F	0,7	0,7	1040
H	0,9	0,9	1120
J	1	1	1200

Fig. H2-3-082: *características de desconexión de los relés.*

Curvas de disparo reflejo de los Compact NS

Los Compact NS100 a 630 están equipados del sistema exclusivo de accionamiento reflejo.

Este sistema actúa con intensidades de defecto muy elevadas.

El disparo mecánico del aparato se produce directamente por la presión generada dentro de las unidades de corte cuando se produce un cortocircuito.

Este sistema acelera el disparo aportando también selectividad en cortocircuitos elevados.

La curva de disparo por accionamiento reflejo está únicamente relacionada con el calibre del interruptor automático.

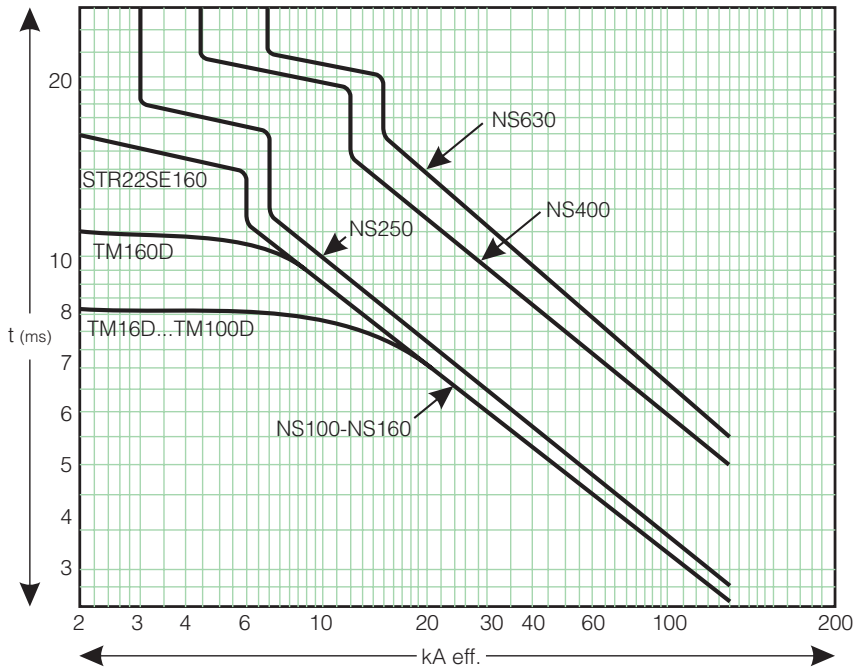
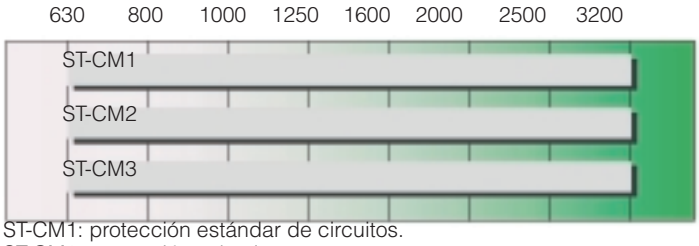


Fig. H2-3-083: *características de la desconexión refleja.*

Bloques de relés para Compact CM1250 a CM3200

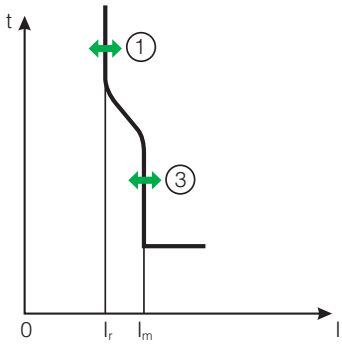
Intensidad de regulación (A)



ST-CM1: protección estándar de circuitos.
ST-CM2: protección selectiva.
ST-CM3: protección selectiva + protección “defecto a tierra”.

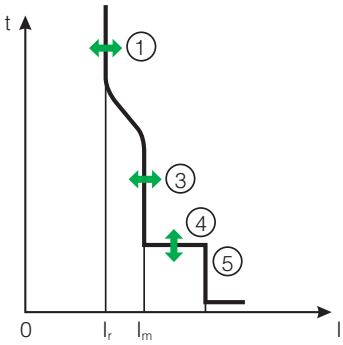
Los ST-CM son bloques de relés electrónicos que pueden equipar a todos los interruptores automáticos Compact CM. Se alimentan de transformadores de intensidad incluidos dentro del interruptor automático, y funcionan sin una alimentación exterior. Los dispositivos de regulación son accesibles desde la cara anterior. Se proponen tres tipos de bloques de relés.

■ Bloque de relés ST-CM1



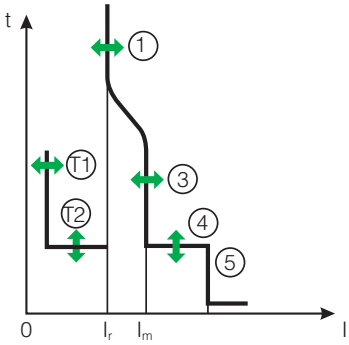
El bloque de relés ST-CM1 ofrece las protecciones siguientes:
■ Protección largo retardo contra las sobrecargas con umbral regulable (1) por 6 escalones (0,5 a 1×I_n).
■ Protección corto retardo contra los cortocircuitos con umbral regulable (3) por 4 escalones (3 a 6×I_r).

■ Bloque de relés ST-CM2



El bloque de relés ST-CM2 ofrece las protecciones siguientes:
■ Protección largo retardo contra las sobrecargas con umbral regulable (1) por 6 escalones (0,5 a 1×I_n).
■ Protección corto retardo contra los cortocircuitos:
□ Con umbral regulable (3) por 4 escalones (2 a 8×I_r).
□ Con temporización regulable (4) por 4 escalones (0 a 225 s).
■ Protección instantánea (5) contra los cortocircuitos (35 kA).

■ Bloque de relés ST-CM3



El bloque de relés ST-CM3 ofrece las protecciones siguientes:
■ Protección largo retardo contra las sobrecargas con umbral regulable (1) por 6 escalones (0,5 a 1×I_n).
■ Protección corto retardo contra los cortocircuitos:
□ Con umbral regulable (3) por 4 escalones (2 a 8×I_r).
□ Con temporización regulable (4) por 4 escalones (0 a 225 s).
■ Protección instantánea (5) contra los cortocircuitos (35 kA).
■ Protección de "defecto a tierra":
□ Con umbral regulable (T1) por 4 escalones (0,2 a 0,5 × I_r).
□ Con temporización regulable (T2) por 4 escalones (0 a 345 s).

Señalización de defectos y rearme

En la versión de base el bloque de relés está equipado de un indicador (Reset) en la cara anterior. Este indicador sobresale en caso de disparo por defecto. Es necesario entonces rearmar la protección presionando este Reset. Un microcontacto de cierre (SDE) sigue la posición del Reset para señalización a distancia.

Bajo demanda el interruptor automático puede ser reconectado sin rearmamiento previo del Reset. El contacto SDE sigue la posición del Reset.

Bloques de relés		ST-CM1	ST-CM2				ST-CM3			
Para Compact CM1250N/H a CM3200N/H		■	■				■			
Protección contra las sobrecargas (largo retardo)										
Umbral de disparo (A) I_r	Regulable (6 escalones)	0,5...1 × I_n	0,5...1 × I_n				0,5...1 × I_n			
Tiempo de disparo (s)	A 1,5 I_r	90...160	90...160				90...160			
Protección contra los cortocircuitos (corto retardo)										
Umbral de disparo (A) I_m	Regulable (4 escalones)	3 - 4 - 5 - 6 × I_r	2 - 4 - 6 - 8 × I_r				2 - 4 - 6 - 8 × I_r			
	Precisión	± 20 %	± 15 %				± 15 %			
Temporización	Escalón		0	A	B	C	0	A	B	C
	Tiempo de sobreintensidad		0	35	125	225	0	35	125	225
	Sin disparo (ms)									
	Tiempo total de corte (ms)		50	120	220	330	50	120	220	330
Protección contra los cortocircuitos (instantáneo)										
Umbral de disparo (kA) I			35				35			
Protección de "defecto a tierra"										
Umbral de disparo (A) I_h	Regulable (4 escalones)						0,2 - 0,3 - 0,4 - 0,5 × I_r			
	Precisión						± 15 % (1)			
Temporización (ms)	Escalón						0	0,1	0,2	0,3
	Tiempo de sobreintensidad sin disparo (ms)						0	135	235	345
	Tiempo total de corte (ms)						130	230	340	460
Protección de neutro										
Para las redes con neutro distribuido pero no cortado, se suministra un 4.º transformador de intensidad separado										

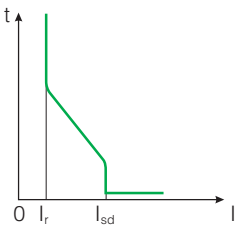
Tabla H2-3-084: *características de los bloques de relés para Compact CM.*

Unidades Micrologic utilizadas en los interruptores automáticos Masterpac

Todos los interruptores automáticos están equipados con una unidad de control Micrologic totalmente intercambiable.
Las unidades de control están concebidas para asegurar la protección de los circuitos de potencia y de los receptores.
Las alarmas son programables para señalizar a distancia.
Las medidas de intensidad, tensión, frecuencia, potencia, calidad de energía, optimizan la continuidad de servicio y la gestión de la energía.
Seguridad en el funcionamiento:
La integración de las funciones de protección en un componente electrónico ASIC común a todas las unidades de control garantiza una gran fiabilidad y una elevada inmunidad a las perturbaciones eléctricas.

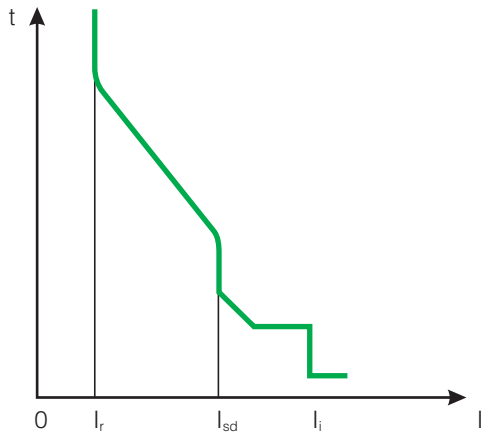
Protecciones en intensidad

Micrologic 2: protección de base



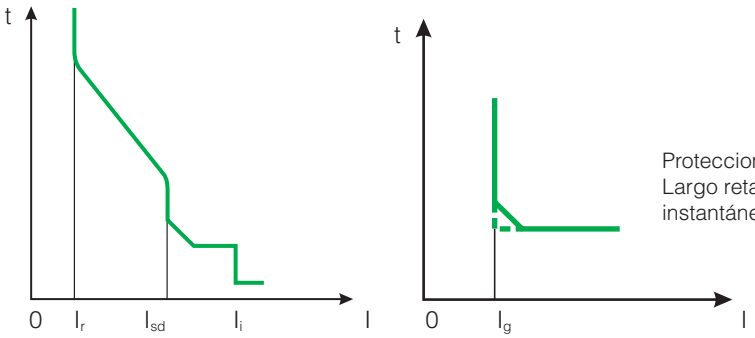
Protecciones:
Largo retardo + instantáneo

Micrologic 5: protección selectiva



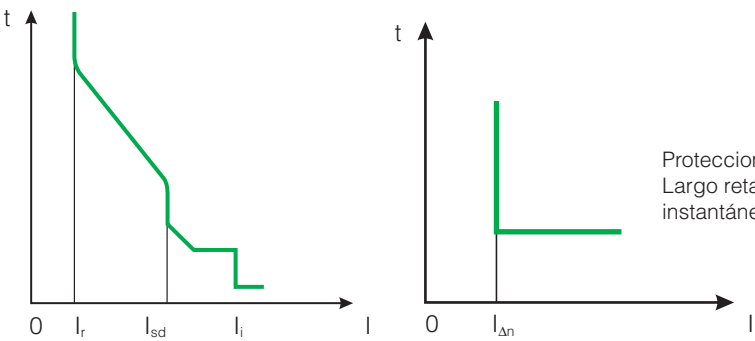
Protecciones:
Largo retardo + corto retardo + instantáneo + diferencial

Micrologic 6: protección selectiva + tierra



Protecciones:
Largo retardo + corto retardo + instantáneo + tierra

Micrologic 7: protección selectiva + diferencial



Protecciones:
Largo retardo + corto retardo + instantáneo + diferencial

Medidas y otras protecciones

■ A: amperímetro
- □ I_1, I_2, I_3, I_N, I_{tierra}, $I_{diferencial}$ y maxímetros de estas medidas.
- □ Señalización de defectos.
- □ Valores de las regulaciones en amperios y en segundos.

■ P: A + potencia + protecciones parametrizables
- □ Medidas V, A, W, VAR, VA, Wh, VARh, VAh, Hz, V_{cresta}, A_{cresta}, cos φ, maxímetros y minímetros.
- □ Protecciones largo retardo en IDMTL, mínimos y máximos en tensión y frecuencia de desequilibrios en tensión e intensidad, sentido de rotación de las fases, retorno de potencia.
- □ Desconexión/reconexión en función de la potencia o de la intensidad.

Medidas de las intensidades cortadas, señalización diferencial de defecto, indicadores de mantenimiento, fechado e histórico de eventos.

■ H: P + ármonicos
- □ Calidad de la energía: fundamental, tasa de distorsión, amplitud y fase de los armónicos hasta el rango 51.
- □ Captura de ondas sobre defecto, alarma o demandada.
- □ Alarmas programables: umbrales y acciones programables de medida.

2.0 A		
5.0 A	5.0 P	5.0 H
6.0 A	6.0 P	6.0 H
7.0 A	7.0 P	7.0 H

Denominación de los Micrologic

2.0 A
X Y Z

X: tipo de protección:
- ■ 2 para una protección de base.
- ■ 5 para una protección selectiva.
- ■ 6 para una protección selectiva + tierra.
- ■ 7 para una protección selectiva + diferencial.

Y: generación de la unidad de control. Identificación de las diferentes generaciones. 0 para la 1.ª.

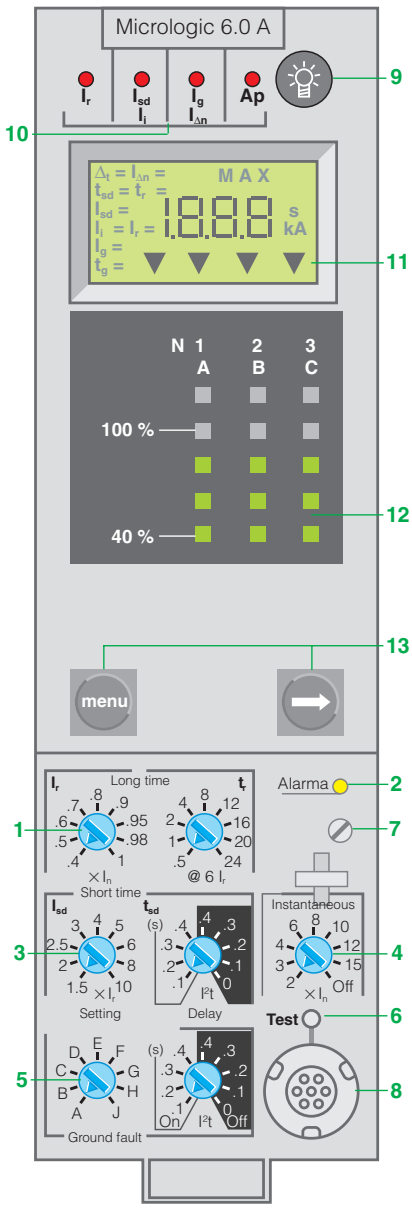
Z: tipo de medida:
- ■ A para “amperímetro”.
- ■ P para “potencia”.
- ■ H para “armónico”.

Micrologic A "amperímetro"

Las unidades de control Micrologic A protegen los circuitos de potencia.
Sus prestaciones son: medidas, posibilidad de comunicación y maxímetros de intensidad.
La versión 6 integra la protección de tierra y la versión 7 la protección diferencial.

Regulación de las protecciones

Las protecciones son regulables en umbral y en temporización por selectores.
Los valores escogidos se fijan temporalmente sobre la pantalla, en amperios y en segundos.
La precisión de las regulaciones puede ser aumentada limitando la zona de regulación al cambiar el calibrador de largo retardo:



Protección contra las sobrecargas

Protección largo retardo de tipo valor eficaz (RMS).
Memoria térmica: imagen térmica antes y después del disparo.
Protección contra los cortocircuitos.
Protección corto retardo (RMS) e instantáneo.
Selección de tipo I^2t (On / Off) en la temporización corto retardo.

Protección contra los defectos a tierra

Protección de tipo "residual", "source ground return" o "unrestricted".
Selección de tipo I^2t (On / Off) en temporización.

Protección diferencial residual (Vigi)

Funciones sin alimentación exterior.
Inmunizado contra riesgos de disparos intempestivos.
Resistente a las componentes continuas clase A hasta 10 A.

Protección del neutro

En interruptores automáticos tripolares, sin protección en el neutro.
En interruptores automáticos tetrapolares, regulación de la protección en el neutro por selector en 3 posiciones: neutro no protegido (4P 3d), neutro medio protegido (4P 3d + N/2), neutro totalmente protegido (4P 4d).

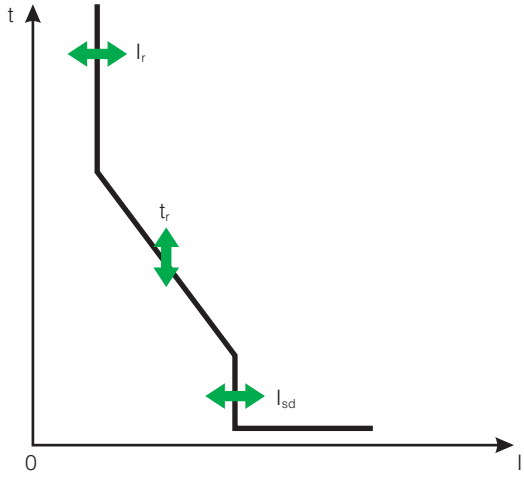
1 Umbral y temporización largo retardo.
2 Testigo luminoso de sobrecarga.
3 Umbral y temporización de disparo corto retardo.
4 Umbral de disparo instantáneo.
5 Umbral y temporización de disparo Vigi o tierra.
6 Botón test Vigi o tierra.
7 Tornillo de fijación del calibrador largo retardo.
8 Toma de test.
9 Bombilla de test, "reset" y estado de la pila.
10 Señalización de las causas de disparo.
11 Visualización digital.
12 Amperímetro y diagrama de barras trifásico.
13 Teclas de navegación.

Nota: las unidades de control Micrologic A están equipadas en estándar con una tapa de precintado transparente.
Todas las funciones de protección funcionan con intensidad propia.
Un "reset" permite la puesta a cero de defectos, maxímetros intensidades cortadas memorizadas.

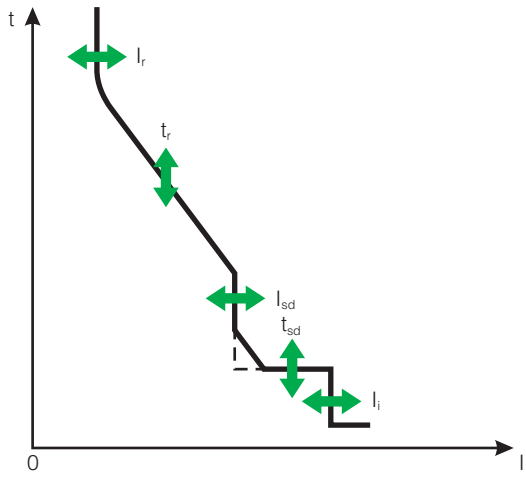
Protecciones			**Micrologic 2.0 A**								
Largo retardo											
Umbral (A)	$I_r = I_n \times ...$		0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95	0,98	1
Disparo entre 1,05 a 1,20 I_r			Otros umbrales de reg. o anulación por cambio del calibrador								
Temporización (s)	t_r a $1,5 \times I_r$		12,5	25	50	100	200	300	400	500	600
Precisión: 0 a –20 %	t_r a $6 \times I_r$		0,5	1	2	4	8	12	16	20	24
	t_r a $7,2 \times I_r$		0,34	0,69	1,38	2,7	5,5	8,3	11	13,8	16,6
Memoria térmica			20 min antes y después del disparo								
Instantánea											
Umbral (A)	$I_{sd} = I_r \times ...$		1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10
Precisión			±10 %								
Temporización fija			20 ms								
Amperímetro Medida permanente de intensidad											
Medidas de 20 a 200 % de I_n			I_1	I_2	I_3	I_N					
Precisión 1,5 % (captadores incluidos)			Alimentación con propia intensidad (para I > 20 % I_n)								
Maxímetros			$I_{1\ máx.}$	$I_{2\ máx.}$	$I_{3\ máx.}$	$I_{N\ máx.}$					
Protecciones			**Micrologic 5.0 / 6.0 / 7.0 A**								
Largo retardo			Micrologic 5.0 / 6.0 / 7.0 A								
Umbral (A)	$I_r = I_n \times ...$		0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95	0,98	1
Disparo entre 1,05 a 1,20 I_r			Otros umbrales de reg. o anulación por cambio del calibrador								
Temporización (s)	t_r a $1,5 \times I_r$		12,5	25	50	100	200	300	400	500	600
Precisión: 0 a –20 %	t_r a $6 \times I_r$		0,5	1	2	4	8	12	16	20	24
	t_r a $7,2 \times I_r$		0,34	0,69	1,38	2,7	5,5	8,3	11	13,8	16,6
Memoria térmica			20 min antes y después del disparo								
Corto retardo											
Umbral (A)	$I_{sd} = I_r \times ...$		1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10
Precisión			±10 %								
Temporización (ms) a 10 I_r	Intervalos de regulación	I^2t Off	0	0,1	0,2	0,3	0,4				
		I^2t On		0,1	0,2	0,3	0,4				
	t_{sd} (no disparo)		20	80	140	230	350				
	t_{sd} (máximo de corte)		80	140	200	320	500				
Instantánea											
Umbral (A)	$I_i = I_n \times ...$		2	3	4	6	8	10	12	15	Off
Precisión			±10 %								
Tierra			Micrologic 6.0 A								
Umbral (A)	$I_g = I_n \times ...$		A	B	C	D	E	F	G	H	J
Precisión: ±10 %	$I_g \leqslant 400$ A		0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
	400 A < $I_n \leqslant$ 1200 A		0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
	I_g > 1200 A		500	640	720	800	880	960	1040	1120	1200
Temporización (ms) a I_n o 1200 A	Intervalos de regulación	I^2t Off	0	0,1	0,2	0,3	0,4				
		I^2t On		0,1	0,2	0,3	0,4				
	t_g (no disparo)		20	80	140	230	350				
	t_g (máximo de corte)		80	140	200	320	500				
Diferencial residual (Vigi)			Micrologic 7.0 A								
Sensibilidad (A)	I_n		0,5	1	2	3	5	7	10	20	30
Precisión			0 a –20%								
Temporización (ms)	Escalones de regulación		60	140	230	350	800				
	t_n (no disparo)		80	140	230	350	800				
	t_n (máximo de corte)		140	200	320	500	1000				
Amperímetro Medida permanente de intensidad											
Medidas de 20 a 200 % de I_n			I_1	I_2	I_3	I_N	I_g	I_n			
Precisión: 1,5 % (captadores incluidos)			Alimentación con propia intensidad (para I > 20 % I_n)								
Maxímetros			$I_{1\ máx.}$	$I_{2\ máx.}$	$I_{3\ máx.}$	$I_{N\ máx.}$	$I_{g\ máx.}$	$I_{n\ máx.}$			

Tabla H2-3-085: *características relés Micrologic 5.0 - 6.0 - 7.0 A.*

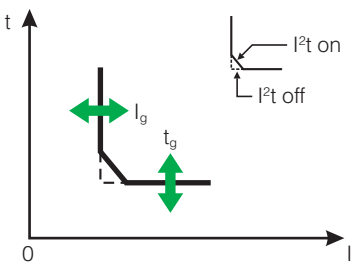
Micrologic 2.0 A



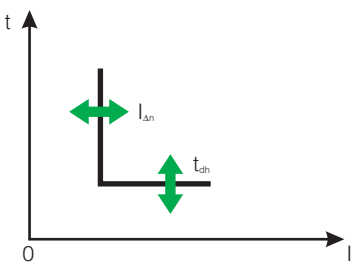
Micrologic 5.0 / 6.0 / 7.0 A



Micrologic 6.0 A



Micrologic 7.0 A



Selectividad lógica ZSI
Un bornero "Zone Selective Interlocking" (ZSI) permite el cableado con otras unidades de control para una selectividad total en la protección de corto retardo y tierra sin temporización del disparo.

Medidas amperímetro
Las unidades de control Micrologic A miden el valor eficaz de las intensidades (RMS).
Una pantalla LCD numérica fija permanentemente la fase de mayor carga ($I_{máx}$) y permite, por presiones sucesivas sobre la tecla, la lectura de I_1, I_2, I_3, I_N, I_g, I_n, de las intensidades memorizadas (maxímetros) y de las regulaciones.
La alimentación externa, opcional, permite fijar las intensidades < 20 % I_n.

Opción de comunicación
Asociada a la opción de comunicación COM, la unidad de control transmite los parámetros siguientes:
- Lectura de las regulaciones.
- Conjunto de las medidas "amperímetro".
- Señalización de las causas de disparo.
- Puesta a cero de los maxímetros.

Unidades Micrologic P "potencia"

Las unidades de control Micrologic P integran todas las funciones de Micrologic A, miden las tensiones y calculan potencias y energías.

Las nuevas protecciones de base de intensidades, tensión, frecuencia y potencia refuerzan la protección de los receptores.

Regulación de las protecciones

Las protecciones regulables por selectores son idénticas a la unidad de control Micrologic A: sobrecargas, cortocircuitos, defectos de tierra o diferencial:

■ Doble regulación.

Dentro del umbral de regulación fijado por el selector, se puede hacer una regulación más fina de los umbrales mediante el teclado o a distancia (con precisión de amperios) y de las temporizaciones (con precisión de segundos).

■ Regulación IDMTL.

La coordinación con las protecciones de media tensión o fusibles está optimizada por la regulación de la pendiente de la curva de protección contra las sobrecargas. Esta regulación permite también una mejor adaptación de esta protección a ciertos receptores.

■ Protección del neutro.

En interruptores automáticos tripolares, se puede regular el neutro por teclado o a distancia con la opción COM en las 4 posiciones siguientes: neutro no protegido (4P 3d), neutro con media protección (4P 3d + N/2), neutro totalmente protegido (4P 4d), neutro con doble protección (4P 3d + 2N). La protección doble del neutro se utiliza cuando la sección del neutro es doble de las fases (fuerte desequilibrio de cargas, tasa de armónicos elevada de rango 3).

En interruptores automáticos tetrapolares, se puede regular el neutro por conmutador y por teclado según las tres posiciones siguientes: neutro no protegido (4P 3d), neutro con mitad de protección (4P 3d + N/2), neutro totalmente protegido (4P 4d). La protección del neutro es inoperante si la curva de largo retardo está regulada en una de las protecciones IDMTL.

Parametrización de alarmas y otras protecciones

Micrologic P surpervisa, en función de un umbral y de una temporización regulable por teclado (o a distancia con la opción COM), las intensidades, tensiones, potencia, la frecuencia y el sentido de rotación de las fases. Cada superación del umbral es señalada a distancia con la opción COM. Esta superación del umbral puede ser asociada o a un disparo (protección), o a una señalización realizada por un contacto programable M2C o M6C opcional (alarma), o a ambos (alarma y protección).

Conexión-desconexión

La conexión-desconexión de una carga está parametrizada en función de la potencia o de la intensidad que atraviesan los interruptores automáticos. La acción de desconexión está realizada por el supervisor PowerLogic con la opción COM o por un contacto programable M2C o M6C.

Medidas

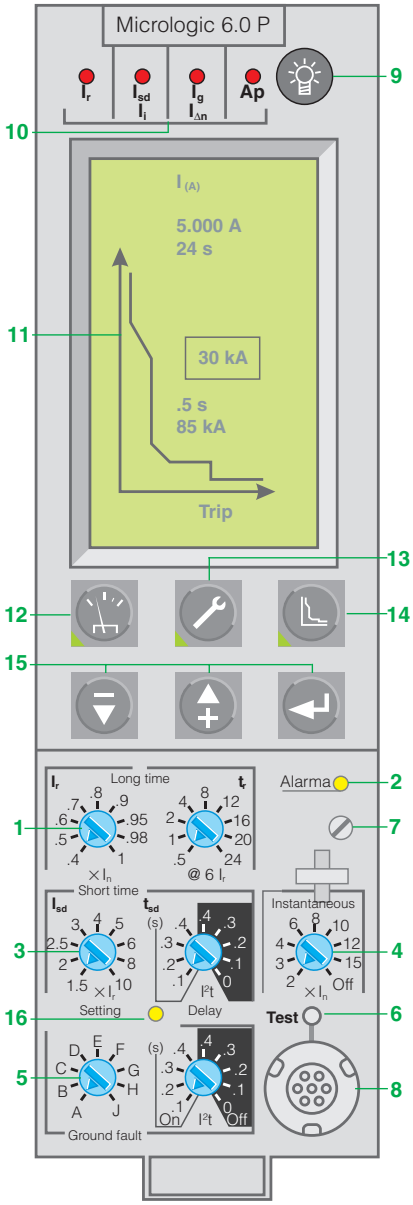
Micrologic P calcula en tiempo real todos los parámetros eléctricos (V, A, W, VAR, VA, Wh, VARh, VAh, Hz), los factores de potencia y los factores de cresta. Micrologic P calcula también las medias en intensidad y potencia en un tiempo regulable. Cada medida está asociada a un minímetro y a un maxímetro.

Cuando se produce un disparo por defecto, la intensidad cortada es memorizada.

La alimentación externa (opcional) permite la visualización si el interruptor automático está abierto o no alimentado.

Históricos e indicadores de mantenimiento

Los 10 últimos disparos y alarmas son registrados en dos históricos distintos. Los indicadores de mantenimiento (desgaste de los contactos, número de maniobras…) son consignados en un registro accesible localmente.



Opción de señalización por contactos programables

Los contactos auxiliares M2C (2 contactos) y M6C (6 contactos) señalizan las superaciones del umbral o los cambios de estado. Son programados desde la unidad Micrologic P por teclado, o a distancia con la opción COM.

Opción de comunicación

La opción de comunicación COM permite:

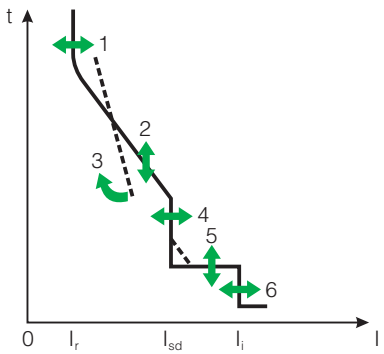
- La lectura y la parametrización a distancia de las protecciones y alarmas.
- La transmisión de todas las medidas e indicadores calculados.
- La señalización de las causas de disparo y de las alarmas.
- La consulta de históricos e indicadores de mantenimiento.
- Puesta a cero de los maxímetros.

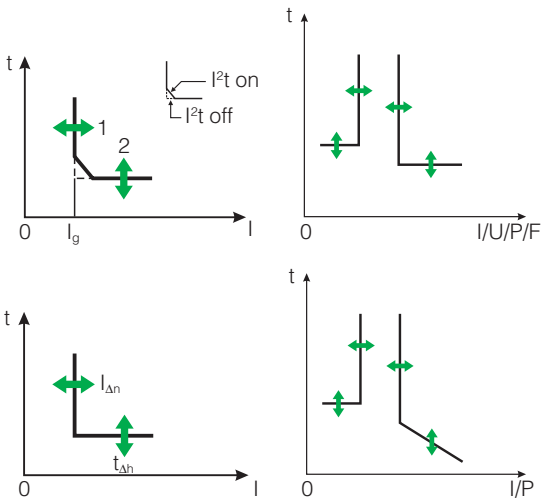
Un informe y un registro de mantenimiento, memorizados en la unidad de control no disponible localmente, son igualmente accesibles con la opción COM.

1 Umbral y temporización de disparo largo retardo.
2 Testigo luminoso de sobrecarga.
3 Umbral y temporización de disparo corto retardo.
4 Umbral de disparo instantáneo.
5 Umbral y temporización de disparo Vigi o tierra.
6 Botón test Vigi o tierra.
7 Tornillo de fijación del calibrador de largo retardo.
8 Toma de test.
9 Bombilla de test + pila y "reset" de las señalizaciones.
10 Señalización de las causas de disparo.
11 Pantalla de alta definición.
12 Visualización de las medidas.
13 Indicadores de mantenimiento.
14 Parametraje de las protecciones.
15 Teclas de navegación.
16 Enclavamiento de la regulación tapa cerrada.

Nota: las unidades de control Micrologic P están equipadas en estándar con una tapa de precintado plena.
Todas las funciones de protección funcionan con la propia intensidad. Las funciones de protección de la tensión están conectadas a la red por una toma de tensión interna al interruptor automático.

Diagramas de regulación Micrologic 5.0 / 6.0 / 7.0 P





Protecciones			**Micrologic 5.0 / 6.0 / 7.0 P**								
Largo retardo											
Umbral (A)	$I_r = I_n \times ...$		0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95	0,98	1
Disparo entre 1,05 a 1,20 I_r			Otros umbrales de reg. o anulación por cambio del calibrador								
Temporización (s)	t_r a 1,5 × I_r		12,5	25	50	100	200	300	400	500	600
Precisión: 0 a –20 %	t_r a 6 × I_r		0,5	1	2	4	8	12	16	20	24
	t_r a 7,2 × I_r		0,34	0,69	1,38	2,7	5,5	8,3	11	13,8	16,6
Regulación IDMTL	Pendiente de la curva		SIT	VIT	EIT	HV_{fuse} DT					
Memoria térmica			20 min antes y después del disparo								
Corto retardo (RMS)											
Umbral (A)	$I_{sd} = I_r \times ...$		1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10
Precisión			±10 %								
Temporización (ms) a 10 I_r	Escalones de regulación	I^2t Off	0	0,1	0,2	0,3	0,4				
		I^2t On		0,1	0,2	0,3	0,4				
	t_{sd} (no disparo)		20	80	140	230	350				
	t_{sd} (máximo de corte)		80	140	200	320	500				
Instantánea											
Umbral (A)	$I_i = I_n \times ...$		2	3	4	6	8	10	12	15	Off
Precisión			±10 %								
Tierra			Micrologic 6.0 P								
Umbral (A)	$I_g = I_n \times ...$		A	B	C	D	E	F	G	H	J
Precisión: ±10 %	$I_n \leq 400$ A		0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
	400 A < $I_n \leq$ 1200 A		0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
	I_n > 1200 A		500	640	720	800	880	960	1040	1120	1200
Temporización (ms) a 10 I_r	Intervalos de regulación	I^2t Off	0	0,1	0,2	0,3	0,4				
		I^2t On		0,1	0,2	0,3	0,4				
	t_g (no disparo)		20	80	140	230	350				
	t_g (máximo de corte)		80	140	200	320	500				
Diferencial residual (Vigi)			Micrologic 7.0 P								
Sensibilidad (A)	I_n		0,5	1	2	3	5	7	10	20	30
Precisión			0 a –20%								
Temporización (ms)	Escalones de regulación		60	140	230	350	800				
	t_n (no disparo)		60	140	230	350	800				
	t_n (máximo de corte)		140	200	320	500	1.000				
Alarmas y otras protecciones			Micrologic 5.0 / 6.0 / 7.0 P								
Intensidad			Umbral					Temporización			
Desequilibrio de intensidad	I		2 a 60 % × I_{medio}					1 a 40 s			
Máx. de intensidad media	$I_{máx.\ med.}$: I_1, I_2, I_3 , I_N, I_g		0,4 I_n a umbral corto retardo					0 a 1500 s			
Tensión											
Desequilibrio de tensión	U		2 a 30 % × U_{medio}					1 a 40 s			
Mín. de tensión	$U_{mín.}$		60 a 690 V entre fases					0,2 a 5 s			
Máx. de tensión	$U_{máx.}$		100 a 930 V entre fases					0,2 a 5 s			
Potencia											
Retorno de potencia	RP		5 a 500 kW					0,2 a 20 s			
Frecuencia											
Mín. de frecuencia	$F_{mín.}$		45 a 400 Hz					0,2 a 5 s			
Máx. de frecuencia	$F_{máx.}$		45 a 540 Hz					0,2 a 5 s			
Sentido de rotación de fases											
Sentido	Ø		Ø 1/2/3 o Ø 1/3/2					Instantáneo			
Conexión-desconexión			Micrologic 5.0 / 6.0 / 7.0 P								
Valor medio			Umbral					Temporización			
Intensidad	I		0,5 a 1 I_r por fases					20 % t_r a 80 % t_r			
Potencia	P		200 kW a 10 MW					10 a 3600 s			

Tabla H2-3-086: *características relés Micrologic 5.0 - 6.0 - 7.0 P.*

La navegación por las pantallas es intuitiva. Los 6 botones del teclado permiten visualizar los menús y seleccionar fácilmente los valores. Cuando la tapa de los selectores está cerrada no se pueden regular las protecciones con el teclado, pero permite la lectura de la pantalla de medida, históricos, indicadores…

Medidas

Valores instantáneos

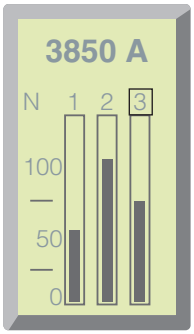
El tiempo de refresco de los valores visualizados por pantalla es de un segundo. Los valores máximos y mínimos de las medidas son memorizados (maxímetros y minímetros).

Intensidades					
IRMS	A	1	2	3	N
	A	Tierra	Diferencial		
$I_{máx.}$ RMS	A	1	2	3	N
	A	Tierra	Diferencial		
Tensiones					
URMS	V	12	23	31	
VRMS	V	1N	2N	3N	
U_{medio} RMS	V	(U12 + U23 + U31) / 3			
$U_{desequilibrio}$	%				
Potencias, energías					
P_{activa}, $Q_{reactiva}$, $S_{aparente}$	W, VAR, VA	Totales			
E_{activa}, $E_{reactiva}$, $E_{aparente}$	Wh, VARh, VAh	Totales consumidos - devueltos			
		Totales consumidos			
		Totales devueltos			
Factor de potencia	PF	Total			
Frecuencias					
F	Hz				

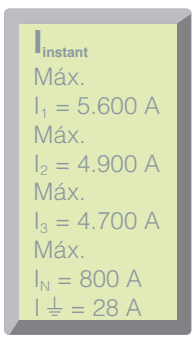
Valores medios (demandados)

El valor medio es calculado al escoger entre una ventana fija o una ventana deslizante de duración programable de 5 a 60 minutos. Este valor medio se llama “demanda”.

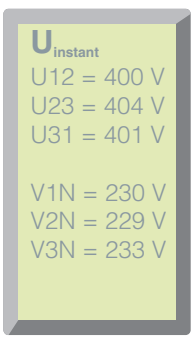
Un indicador fijado en función del contrato firmado con el distribuidor de energía eléctrica y asociado a una conexión/desconexión permite evitar o minimizar las penalizaciones por superación de la potencia contratada. Los valores máximos de demanda son sistemáticamente memorizados y fechados (maxímetros).



Pantalla de captación



Visualización de las intensidades máximas



Visualización de las tensiones

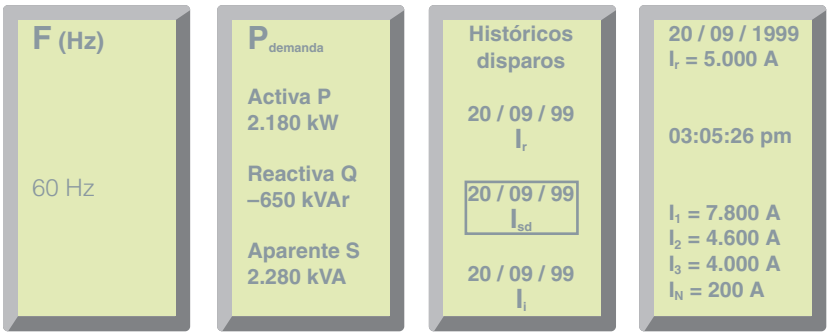
Visualización de las potencias

Intensidades					
$I_{demanda}$	A	1	2	3	N
	A	Tierra	Diferencial		
$I_{máx.\ demanda}$	A	1	2	3	N
	A	Tierra	Diferencial		
Potencias					
P, Q, $S_{demanda}$	W, VAR, VA	Totales			
P, Q, $S_{máx.\ demanda}$	W, VAR, VA	Totales			

Maxímetros y minímetros
Sólo los maxímetros en intensidad y en potencia son disponibles por pantalla.

Históricos
Los 10 últimos disparos y las 10 últimas alarmas son recogidas en 2 históricos disponibles por pantalla:
■ Histórico de disparos:
□ Tipo de defecto.
□ Fecha y hora.
□ Valores medidos en el instante del defecto (intensidad cortada…).
■ Histórico de alarmas:
□ Tipo de alarma.
□ Fecha y hora.
□ Valores medidos al activarse la alarma.

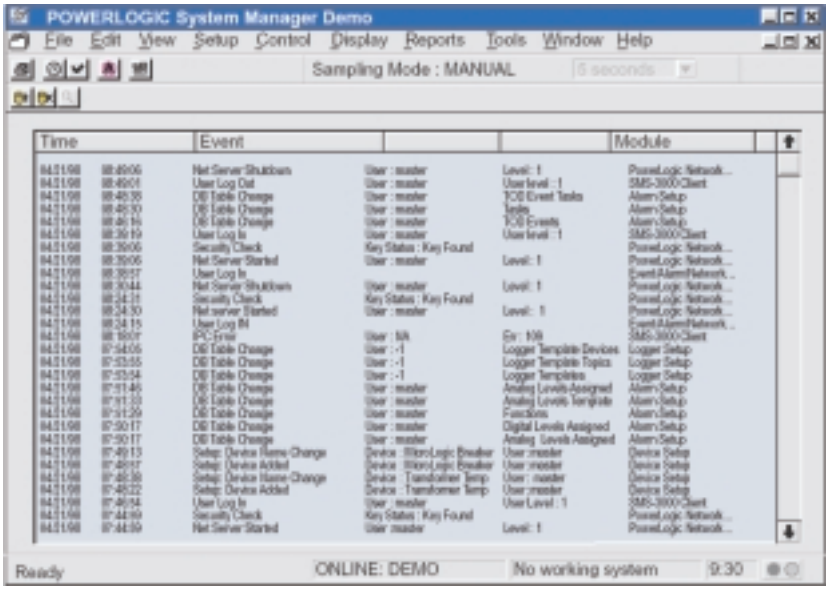
Indicadores de mantenimiento
Indicadores de mantenimiento se visualizan opcionalmente por pantalla:
■ Desgaste de los contactos.
■ Contador de maniobras:
□ Totales.
□ Después de la última puesta a cero.



Pantalla de captación | Visualización de las intensidades máximas | Visualización de las tensiones | Visualización de las potencias

Con la opción de comunicación

Medidas complementarias, maxímetros y minímetros
Ciertos valores medidos o calculados no son accesibles con la opción de comunicación COM:
■ I_{cresta} / $\sqrt{2}$ $(I_1 + I_2 + I_3)/3$, $I_{desequilibrio}$.
■ Tasa de carga en % I_r.
■ Cos φ • total.
Todos los maxímetros y minímetros están disponibles únicamente con la opción COM para una explotación con el supervisor **Power**Logic.



Visualización en un supervisor de un informe de eventos.

Informe de eventos

Todos los eventos son fechados:

- ■ Disparos.
- ■ Aparición y desaparición de alarmas.
- ■ Puesta a cero de contadores.
- ■ Defectos del sistema:
  - □ Posición de “repli”.
  - □ Autoprotección térmica.
- ■ Puesta en hora.
- ■ Superación de los indicadores de desgaste.
- ■ Conexiones a las herramientas de test.

Registro de mantenimiento

Permite afinar un diagnóstico y optimizar las operaciones de mantenimiento del aparato:

- ■ Intensidad de mayor valor medido.
- ■ Contador de maniobras.
- ■ Número de conexiones de herramientas de test.
- ■ Número de disparos en explotación y en modo test.
- ■ Indicador de desgaste de los contactos.

Características técnicas complementarias

Elección de idioma

Los mensajes pueden leerse en seis idiomas diferentes. La elección del mismo se hace por teclado.

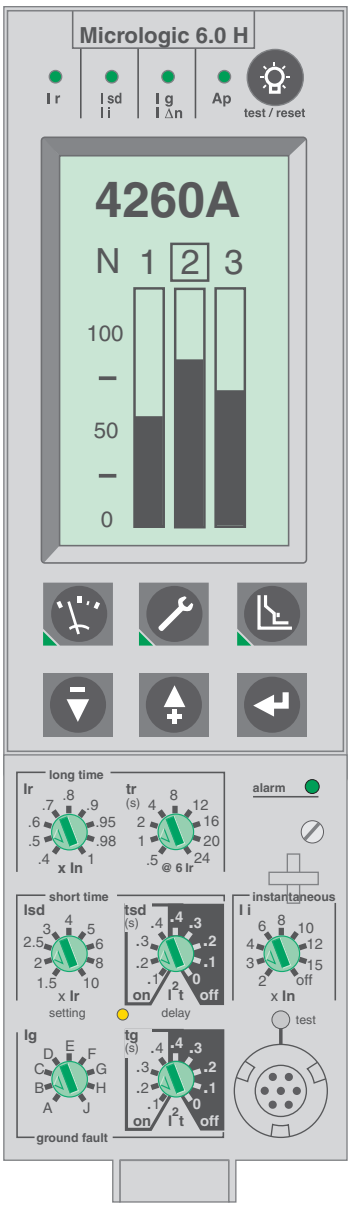
Funciones de protección

Todas las funciones de protección funcionan con intensidad propia. Las funciones de protección de tensión están conectadas a la red por una toma de tensión interna al interruptor automático.

Funciones de medida

Las funciones de medida son independientes de las protecciones: el módulo de medida de precisión funciona independiente del módulo de protección, estando a la vez sincronizada con los eventos de la protección.

Modo de cálculo de las medidas
El módulo de medida implementa el nuevo concepto de “zero blind time” que consiste en una medición continua con una frecuencia de muestreo elevada, que permite no tener pérdidas de información (zonas sin muestreo) durante el tratamiento de datos.
Este método garantiza la precisión de cálculo de energías aun para cargas de fuertes variaciones (soldadoras, robots, etc.).
Las energías están acumuladas a partir del valor instantáneo de las potencias, según dos métodos:
■ Método tradicional en el cual sólo las energías positivas (consumidas) se acumulan.
■ Método “duplicado”, en el cual las energías positivas (consumidas) y las negativas (entregadas) se acumulan de forma separada.



Nota: las unidades de control Micrologic H están equipadas en estándar con una tapa de precintado plena.

Precisión de las medidas (captadores incluidos):
■ Tensión (V): 1 %.
■ Intensidad (A): 1,5 %.
■ Frecuencia (Hz): 0,1 Hz.
■ Potencia (W) y energía (Wh): 2,5 %.

Memorización
Las regulaciones de precisión, los 100 últimos acontecimientos y el registro de mantenimiento quedan memorizados en la unidad de control en el caso de pérdida de las alimentaciones.

Fechado
El día y la hora sólo se activan en presencia de un módulo de alimentación externo (precisión de una hora sobre un año).

Puesta a cero
Un reset individualizado por funciones permite una puesta a cero por teclado o a distancia de los defectos, mínima y máxima, de las crestas y de los contadores e indicadores.

Unidad Micrologic H “armónicos”

Micrologic H integra todas las funciones de Micrologic P, y además está dotado de una capacidad de cálculo y de memoria mucho más potente y permite un análisis de la calidad de energía mucho más preciso y un análisis mucho más detallado de los eventos. Está destinado a explotaciones de instalaciones eléctricas con el supervisor de redes **Power**Logic.
Micrologic H permite además de las funciones de Micrologic P:
■ Un análisis detallado de la calidad de la energía con el cálculo de armónicos y de la fundamental.
■ Ayuda al diagnóstico y análisis de un evento gracias a la captura de ondas.
■ Programación de alarmas personalizadas para analizar y seguir una perturbación en la red.

Medidas
Micrologic H capta todas las medidas de Micrologic P y además:

■ La medida fase por fase:
□ Potencias y energías.
□ Factores de potencia.
■ Calcula:
□ Tasa de distorsión de armónicos THD en intensidad y en tensión.
□ La fundamental en intensidad, tensión y potencias.
□ Armónicos en intensidad y tensión hasta el rango 51.

Intensidades							
IRMS	A	1	2	3	N		
	A	Tierra	Diferencial				
$I_{máx.}$ RMS	A	1	2	3	N		
	A	Tierra	Diferencial				
Tensiones							
URMS	V	12	23	31			
VRMS	V	1N	2N	3N			
U_{medio} RMS	V	(U12 + U23 + U31) / 3					
$U_{desequilibrio}$	%						
Potencias, energías							
P_{activa}, $Q_{reactiva}$, $S_{aparente}$	W, VAR, VA	Totales					
E_{activa}, $E_{reactiva}$, $E_{aparente}$	Wh, VARh, VAh	Totales consumidos - devueltos					
		Totales consumidos					
		Totales devueltos					
Factor de potencia	PF	Total	1	2	3		
Frecuencias							
F	Hz						
Indicadores de calidad de la energía							
Fundamental total		U	I	P	Q	S	
TDH	%	U	I				
Armónicos de U e I	Amplitudes	3	5	7	9	11	13

Valores instantáneos visualizados por pantalla
Los armónicos de rango 3, 5, 7, 9, 11 y 13, controlados por los distribuidores de energía, se visualizan en la pantalla de la unidad de control.

Valores medios (demandados)
Al igual que en Micrologic P, los valores medios (demandados) son calculados opcionalmente en una ventana fija o deslizante de duración programable de 5 a 60 minutos.

Intensidades					
$I_{demanda}$	A	1	2	3	N
	A	Tierra	Diferencial		
$I_{máx.\ demanda}$	A	1	2	3	N
	A	Tierra	Diferencial		
Potencias					
P, Q, $S_{demanda}$	W, VAR, VA	Totales			
P, Q, $S_{máx.\ demanda}$	W, VAR, VA	Totales			

Maxímetros
Sólo los maxímetros en intensidad y en potencia están disponibles por pantalla.

Históricos e indicadores de mantenimiento
Estas funciones son idénticas a las de Micrologic P.

Con la opción de comunicación

Medidas complementarias, maxímetros y minímetros

Ciertos valores medidos o calculados sólo son accesibles con la opción de comunicación COM, éstos son:

- I_{cresta} / $\sqrt{2}$ (I_1 + I_2 + I_3) / 3, $I_{desequilibrio}$.
- Tasa de carga y tasa de carga de cresta en % I_r.
- Cos φ total y por fases.
- THD en tensión e intensidad.
- Factores K de intensidad y factores K medios.
- Factores de cresta de intensidades y tensiones.
- Todas las fundamentales por fase.
- Desfase de la fundamental en intensidad y tensión.
- Potencia y factor de distorsión fase por fase.
- Amplitud y desfase de los armónicos de rango 3 a 51 de intensidad y tensión.

Todos los maxímetros y minímetros están disponibles con la opción COM para una explotación con el supervisor de redes **Power**Logic.

Captura de ondas

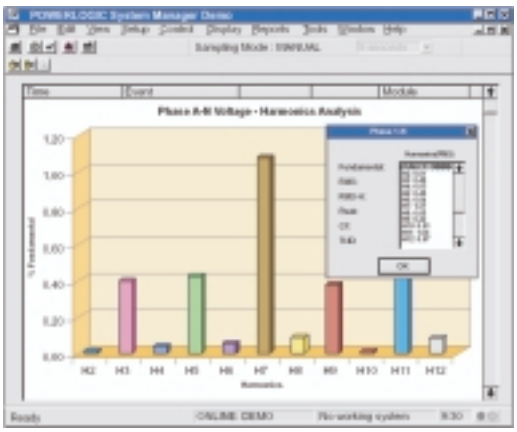
Micrologic H memoriza permanentemente los 12 últimos ciclos de los valores instantáneos de las intensidades y tensiones. Opcionalmente o automáticamente sobre eventos programados, Micrologic H graba estas ondas en un registro. Esta captura de ondas es visualizada en forma de oscilograma en el supervisor **Power**Logic con la opción COM.

Programación de alarmas personalizables

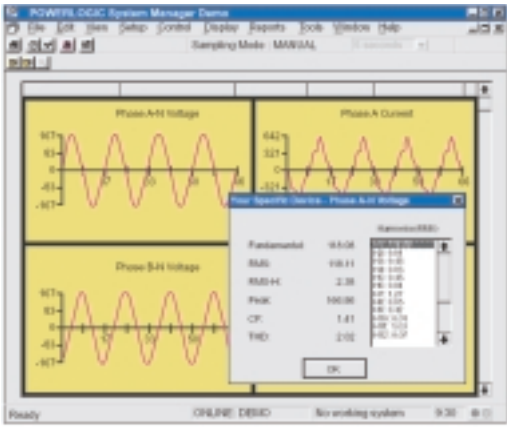
Cada valor instantáneo puede ser comparado con un umbral de base y un umbral parametrizable. Una superación de un umbral genera una alarma. Cada alarma puede ser asociada a una o varias acciones programables: apertura de un interruptor automático, activación de un contacto auxiliar M2C, M6C, registro selectivo de alarmas en un listado, captura de ondas...

Informe de eventos y registro de mantenimiento

Micrologic H edita un listado y un registro de mantenimiento idénticos al Micrologic P.



Visualización de armónicos hasta rango 12.



Captura de onda de intensidad.

Características técnicas complementarias

Elección de idioma
Los mensajes de pueden visualizar en 6 idiomas diferentes. La elección del idioma se hace por teclado.

Funciones de protección
Todas las funciones de protección funcionan con intensidad propia. Las funciones de protección de tensión están conectadas a la red por una toma de tensión interna al interruptor automático.

Funciones de medida
Las funciones de medida son independientes de las protecciones: el módulo de medida de precisión funciona independiente del módulo de protección estando a la vez sincronizada con los eventos de la protección.

Modo de cálculo de las medidas
Una cadena analógica dedicada a la medida permite aumentar la precisión en el cálculo de armónicos y en los indicadores de calidad de energía. Las magnitudes eléctricas son calculadas por Micrologic H hasta un rango de 1,5 I_n (20 I_n para Micrologic P).
La medida implementa el nuevo concepto de “zero blind time”.
Las energías se acumulan a partir del valor instantáneo de las potencias según los métodos tradicional y el anteriormente mencionado.
Las componentes se calculan por Transformada de Fourier Discreta (DFT).

Precisión de las medidas (captadores incluidos):
- Tensión (V): 1 %.
- Intensidad (A): 1,5 %.
- Frecuencia (Hz): 0,1 Hz.
- Potencia (W) y energía (Wh): 2,5 %.
- Tasa de distorsión de armónicos (THD): 1 %.

Memorización
Las regulaciones más precisas, los 100 últimos acontecimientos y el registro de mantenimiento quedan memorizados en la unidad de control en caso de pérdida de la alimentación.
El día y la hora sólo se activan en presencia de un módulo de alimentación externo (precisión de 1 hora sobre un año).

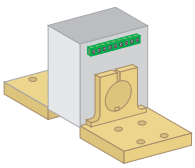
Puesta a cero
Un reset permite una puesta a cero por teclado o a distancia de los efectos, mínima, de cresta y de los contadores e indicadores.

Accesorios

Captadores exteriores

Transformadores de intensidad para protección del neutro
Los transformadores de intensidad para la protección de tierra y de neutro se utilizan con los interruptores automáticos 3P y se instalan en el conductor de neutro en los casos siguientes:
- Protección del neutro (con Micrologic P y H).
- Protección de tierra de tipo residual (con Micrologic A, P y H).

El calibre de los TI debe ser compatible con el calibre nominal del interruptor automático:



Transformadores de intensidad.

- NT06 a NT16: TI 400/1600.
- NW08 a NW20: TI 400/2000.
- NW25 a NW40: TI 1000/4000.
- NW40b a NW63: TI 2000/6300.

En protección doble en el neutro, el calibre del TI debe ser compatible con el rango de medida: $2 \times I_n$.

Transformador sumador.

Transformador sumador para protección diferencial

Se instala alrededor del juego de barras (fases + neutro) con el fin de detectar la intensidad homopolar necesaria a la protección diferencial. Existen dos tamaños de trafos.

Dimensiones (mm) del perímetro interior:

- 280 × 115 hasta 1600 A para Masterpact NT.
- 470 × 160 hasta 4000 A para Masterpact NW.

Transformador de intensidad para la protección de tierra (SGR).

Se instala alrededor de la conexión del neutro a tierra del transformador y se conecta a la unidad de control Micrologic 6.0 por medio de una caja “MDGF summer” para realizar la protección de tierra tipo “Source Ground Return”.

Tomas de tensión

Las tomas de tensión son necesarias para las medidas de potencia y para la protección diferencial.

En estándar, la unidad de control se alimenta por tomas de tensión internas ubicadas aguas abajo del polo para tensiones comprendidas entre 100 y 690 V CA.

Bajo demanda, es posible eliminar las tomas de tensión internas y reemplazarlas por un conector externo. Este conector permite a la unidad de control alimentarse directamente de la red de potencia aguas arriba del interruptor automático.

Calibrador largo retardo.

Calibrador largo retardo

4 calibradores intercambiables permiten limitar el margen de regulación del umbral de largo retardo y aumentar la precisión.

En estándar, las unidades de control están equipadas con calibración de 0,4 a 1.

Márgenes de regulación									
Estándar $I_r = I_n \times ...$	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	0,95	0,98	1
Inferior $I_r = I_n \times ...$	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,8
Superior $I_r = I_n \times ...$	0,80	0,82	0,85	0,88	0,90	0,92	0,95	0,98	1
Plug off	Sin protección largo retardo								

Módulo de alimentación externo

La alimentación externa permite visualizar si el interruptor automático está abierto o no está alimentado (ver apartado “esquemas eléctricos” de este catálogo para las condiciones concretas de utilización).

Este módulo permite la alimentación al mismo tiempo de las unidades de control y de los contactos programables M2C y M6C.

Con Micrologic A, el módulo permite visualizar intensidades inferiores a 20 % de I_n.

Con Micrologic P y H, el módulo permite registrar la visualización de las intensidades de defecto después del disparo y fechar los eventos (alarmas y disparos).

Módulo de alimentación externo.

Características

■ Alimentación:
□ 110/130, 200/240, 380/415 V CA 50/60 Hz (+10 % –15 %), consumo 10 VA.
□ 24/30, 48/60, 100/125 V CC (+20 % –20 %), consumo 10 W.
■ Tensión de salida: 24 V CC.

Módulo batería.

Módulo batería

El módulo batería permite conservar la visualización en caso de corte de alimentación de la unidad de control Micrologic.

Características

■ Autonomía: 12 horas aproximadamente.
■ Fijación sobre placa universal o carril DIN.

Piezas de recambio

Tapas de precinto

Una tapa de precinto impide la manipulación de los selectores de regulación. Cuando la tapa está cerrada:
■ No se puede regular por teclado. Una pequeña leva permite eliminar esta prohibición.
■ Acceso a la toma de test.
■ Acceso al botón test de la función protección tierra o diferencial.
■ Características:
□ Tapa transparente para las unidades de control Micrologic de base y Micrologic A.
□ Tapa plena para las unidades de control Micrologic P y H.

Pila de recambio

Una pila alimenta los diodos identificando las causas de disparo. Su vida útil es de 10 años aproximadamente.
Un botón de test en la cara delantera de la unidad de control permite verificar el estado de la pila, puede ser reemplazada in situ cuando está descargada.

Contactos programables M2C, M6C

Estos contactos son opcionales para las unidades Micrologic P y H.
Más información:

Características			M2C/M6C
Poder de corte (A)	V CA	240	5
		380	3
Cos φ: 0,7	V CC	24	1,80
		48	1,50
		125	0,40
		250	0,15

M2C

M6C

Equipos para el control del consumo:

■ M2C: alimentación exterior 24 V CC, consumo 100 mA.
■ M6C: alimentación por unidad de control 24 V CC, consumo 100 mA.

Equipo de test

Maleta de test.
Tapa de precinto.

Caja de test

Esta maleta portátil permite:
■ Verificar el buen funcionamiento de la unidad de control y de la secuencia de disparo y apertura de los polos, al crear una señal de simulación de un cortocircuito.
■ Alimentar las unidades de control para efectuar las regulaciones por teclado sin tensión (Micrologic P y H):
□ Alimentación: pila estándar LR6-AA.

Maleta de test

La maleta está disponible en 2 versiones:
■ Versión autónoma con teclado y visualización integrada.
■ Versión completa con la maleta pilotada por un PC.
La maleta autónoma permite verificar:
■ El buen funcionamiento mecánico del interruptor automático.
■ La continuidad eléctrica de la conexión entre el interruptor automático y la unidad de control.
■ El buen funcionamiento de la unidad de control:
□ Visualización de las regulaciones.
□ Test de funcionamiento del componente electrónico ASIC.
□ Tests automáticos o manuales de las protecciones.
□ Test de la función ZSI.
□ Inhibición de la protección tierra.
□ Inhibición de la memoria térmica.
■ La maleta pilotada por un PC permite, además:
□ La comparación de la curva de disparo real con las curvas de disparo teóricas disponibles en el PC.
■ La puesta a cero de las señalizaciones y contactos M2C, M6C.
■ La lectura y las modificaciones de las parametrizaciones y contadores.
■ Consulta de históricos e informes.
■ Captura de ondas.
■ Análisis de armónicos.

La comunicación

La integración de un interruptor automático o de un interruptor en carga, en un sistema de supervisión, necesita tener la opción de comunicación COM.
Masterpact se integra totalmente en el sistema de gestión y supervisión de instalaciones eléctricas SMS **Power**Logic comunicándose mediante protocolos Modbus o bus interno.
Una puerta externa permite comunicar en otros tipos de redes: Ethernet.

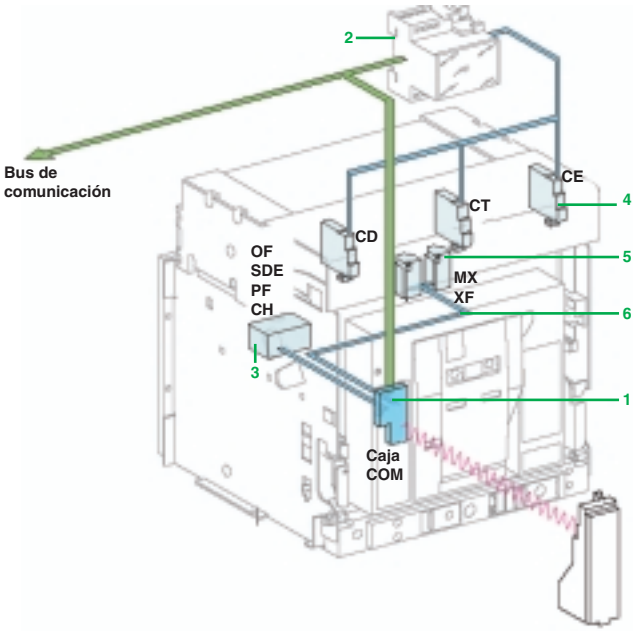
La opción de comunicación COM

Para los aparatos fijos, se compone de un módulo de comunicación instalado en el aparato, suministrado con su grupo de captadores (contactos OF, SDE, PF) y el kit de conexión a las bobinas de disparo XF y MX comunicantes.
Para los aparatos seccionables, la opción COM está compuesta de:
■ Un módulo de comunicación instalado en el aparato, suministrado con su grupo de captadores (contactos OF, SDE, PF, AD) y un kit de conexión a las bobinas de disparo XF y MX comunicantes.

■ Un módulo de comunicación instalado en el chasis, suministrado con su grupo de captadores (contactos CE, CD, CT).
Cada aparato instalado comporta una dirección que le viene asignada por el teclado de la unidad de control o a distancia. La dirección del aparato seccionable queda ubicada en el chasis, que la conserva en caso de sustitución del aparato.
La señalización de estados utilizados por la COM es independiente de los contactos de señalización del aparato. Estos contactos pueden ser utilizados para una función tradicional.

Módulo de comunicación "aparato"
Este módulo es independiente de la unidad de control. Se instala detrás de ésta, dentro del aparato, y transmite y recoge la información proviniente de la red de comunicación. Los datos entre la unidad de comunicación y el módulo de comunicación se transmiten por infrarrojos.

Módulo de comunicación "chasis"
Este módulo, instalado sobre el chasis, permite direccionar el chasis y conservar su dirección aunque el interruptor esté extraído.



Módulo de comunicación "chasis" bus interno.

Módulo de comunicación "aparato".

1 Módulo de comunicación "aparato".
2 Módulo de comunicación "chasis".
3 Captadores "aparato" OF, SDE, PF, CH.
4 Captadores "chasis" CE, CD, CT.
5 Bobinas de disparo MX y XF.
6 Bus interno de comunicación.

Bobinas de disparo MX y XF comunicantes
Las bobinas de disparo comunicantes MX y XF poseen los conectores para la conexión al módulo de comunicación "aparato".
Los mandos de apertura de seguridad (2.º MX o MN) son independientes de la comunicación.

La comunicación Masterpact

La opción de comunicación COM es compatible con todos los interruptores automáticos e interruptores en carga Masterpact.
La opción COM permite, para cualquier unidad de control:
■ Identificación del aparato.
■ Señalización de estados.
■ Mando.

Para ciertas unidades de control Micrologic, la opción COM permite también:
■ La parametrización de las protecciones.
■ El análisis de los parámetros de red como ayuda en la explotación y mantenimiento de la instalación.

Identificación del aparato	Int. en carga	Int. automático		
Dirección	■	■		
Tipo de aparato	–	■		
Tipo de unidad de control	–	■		
Tipo de calibrador largo retardo	–	■		
Señalización de estados				
Abierto/cerrado	■	■		
Muelles cargados	■	■		
Preparado para cerrar	■	■		
Disparo por defecto	–	■		
Enchufado/desenchufado/test	■	■		
Mandos				
Abierto/cerrado	■	■		
Parametrización		Micrologic		
		A	**P**	**H**
Lectura de las regulaciones por selectores		■	■	■
Regulación hasta el margen impuesto por los selectores		–	■	■
Parametrización de las protecciones y alarmas		–	■	■
Programación de alarmas personalizadas		–	–	■
Ayuda a la explotación y al mantenimiento				
Lectura de las protecciones y alarmas				
Estándar		■	■	■
Parametrizadas		–	■	■
Personalizadas		–	–	■
Lectura de medida				
De intensidad		■	■	■
De tensiones, frecuencia, potencias...		–	■	■
De calidad de energía: fundamental, armónicos…		–	–	■
Lectura de defectos				
Tipo de defecto		■	■	■
Intensidad cortada		–	■	■
Captura de ondas				
Sobredefecto		–	–	■
Solicitada o programada		–	–	■
Históricos e informes				
Históricos de disparos		–	■	■
Históricos de alarmas		–	■	■
Informe de eventos		–	■	■
Indicadores				
Desgaste de los contactos, contadores…		–	■	■
Registro de mantenimiento		–	■	■

Nota: para más información sobre las protecciones, alarmas, medidas, captura de ondas, históricos, etc., consultar el apartado del catálogo referente a las unidades de control Micrologic.

3.4. Complementación tecnológica para la utilización de la gama de interruptores automáticos Schneider Electric

Curvas de limitación de los Compact NS

El poder de limitación de un interruptor automático traduce su capacidad de dejar pasar, en cortocircuito, una intensidad inferior a la intensidad de defecto presunta.

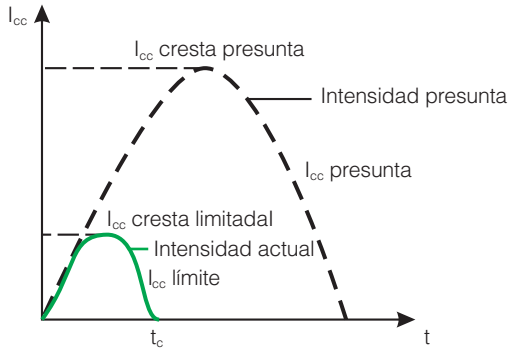


Fig. H2-3-087: *curva de limitación de los Compact NS.*

El doble corte rotativo explica el poder de limitación excepcional de los Compact NS: repulsión natural muy rápida, aparición de dos tensiones de arco en serie con una pendiente de crecimiento muy rápida.

$$I_{cs} = 100\ \%\ I_{cu}$$

El poder de limitación excepcional de los Compact NS reduce fuertemente las solicitaciones provocadas por la intensidad de defecto en el aparato.
De este hecho resulta un aumento importante en las prestaciones de corte.
En particular, la prestación de corte en servicio I_{cs} alcanza 100 % I_{cu}.
Esta característica, definida por la norma CEI-EN 60947-2, está garantizada por ensayos que consisten en:

- ■ Hacer cortar 3 veces consecutivas una intensidad de defecto igual al 100 % I_{cu}.
- ■ Verificar seguidamente que el aparato funciona normalmente:
  - □ Conduce su intensidad nominal sin calentamiento anormal.
  - □ La protección funciona en los límites autorizados por la norma.
  - □ La aptitud al seccionamiento está garantizada.

Longevidad de las instalaciones eléctricas

Los interruptores automáticos limitadores atenúan fuertemente los efectos nefastos de las intensidades de cortocircuito en una instalación.

Efectos térmicos

Calentamiento menos importante a nivel de los conductores, cuya duración de vida aumenta para los cables.

Efectos mecánicos

Fuerzas de repulsión electrodinámicas reducidas y en consecuencia menos riesgos de deformación o de rotura a nivel de los contactos eléctricos y de los juegos de barras.

Efectos electromagnéticos
Menos perturbaciones en los aparatos de medida situados en la proximidad de un circuito eléctrico.

Economía gracias a la filiación

La filiación es una técnica directamente derivada de la limitación: aguas abajo de un interruptor limitador es posible utilizar interruptores automáticos cuyo poder de corte es inferior a la intensidad de cortocircuito presunta. El poder de corte está reforzado gracias a la limitación del aparato de aguas arriba. Ahorros sustanciales pueden, de esta forma, realizarse en la aparamenta y en las envolventes.

Curvas de limitación

El poder de limitación de un interruptor automático se traduce en 2 curvas que dan en función de la intensidad de cortocircuito presunta (intensidad que circularía en ausencia de un circuito de protección):
■ Intensidad de cresta real (limitada).
■ Solicitación térmica (en A^2s), es decir, la energía disipada por el cortocircuito en un conductor de resistencia 1 Ω.

Ejemplo
¿Cuál es el valor real de una intensidad de cortocircuito presunta de 150 kA eff. (es decir 330 kA) limitada por un NS250L aguas arriba?
Respuesta: 30 kA (curva en página siguiente).

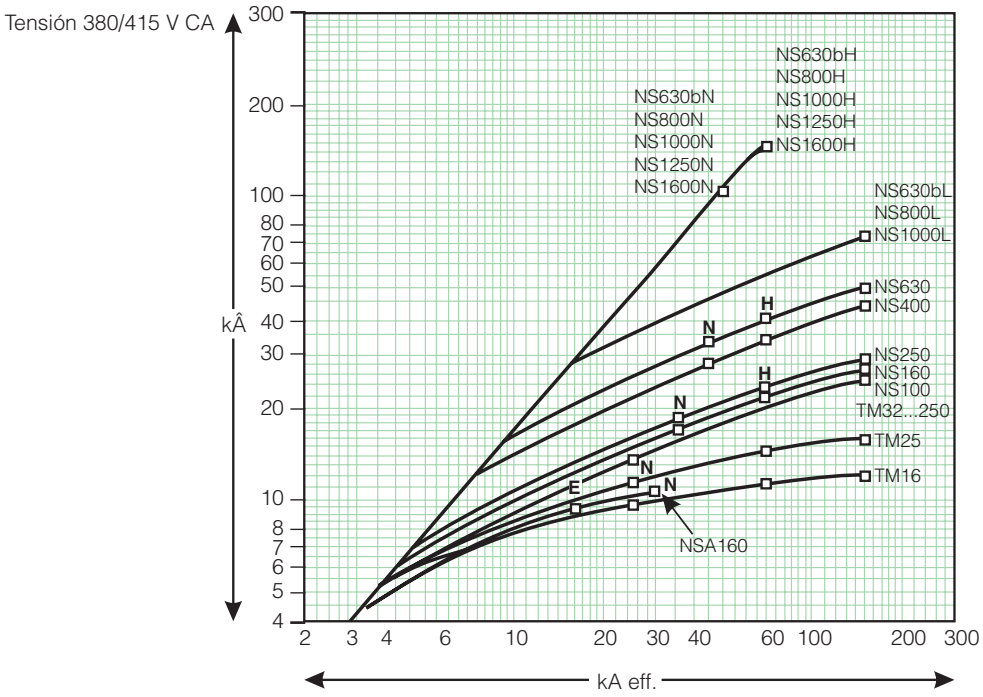
Solicitaciones admisibles por los cables

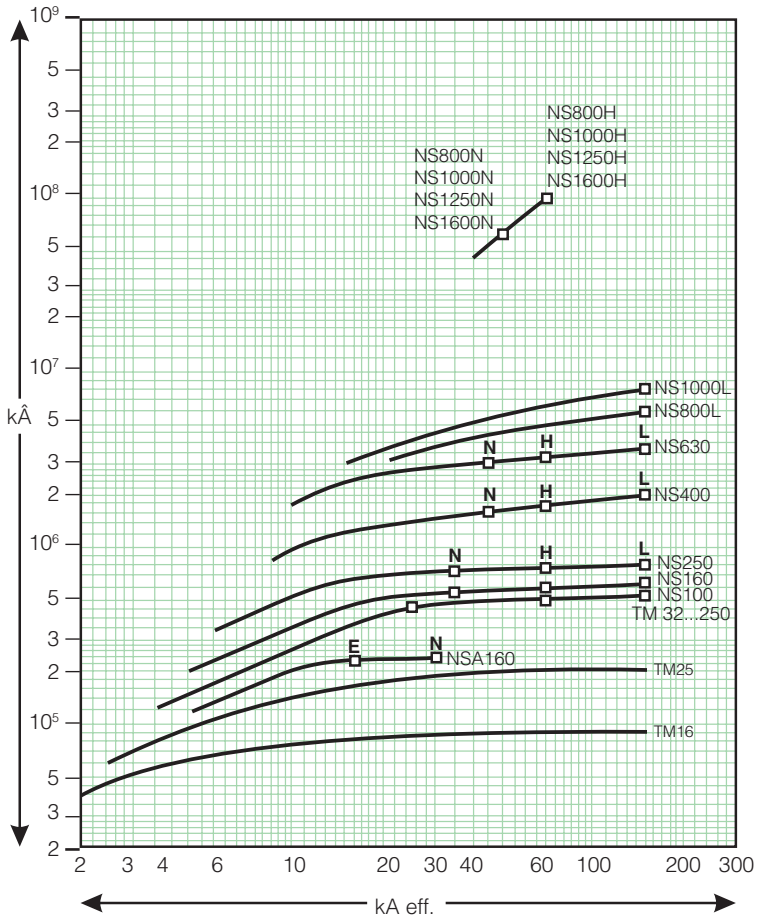
La tabla siguiente (derivada de la Tabla H1-3-039, pág. H1/106) indica las solicitaciones térmicas admisibles por los cables según su aislante, su constitución (Cu o Al) y su sección. Los valores de las secciones están expresados en mm^2 y las solicitaciones en A^2s.

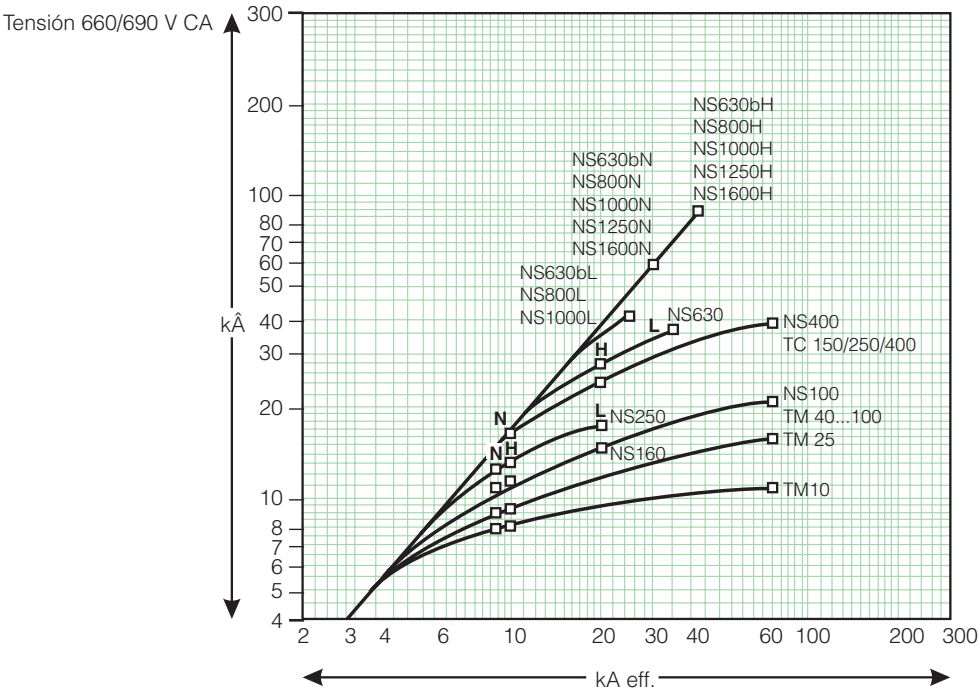
S (mm^2)		1,5	2,5	4	6	10
PVC	Cu	$2{,}97 \cdot 10^4$	$8{,}26 \cdot 10^4$	$2{,}12 \cdot 10^5$	$4{,}76 \cdot 10^5$	$1{,}32 \cdot 10^6$
	Al				$2{,}08 \cdot 10^5$	$5{,}77 \cdot 10^6$
PRC	Cu	$4{,}60 \cdot 10^4$	$1{,}28 \cdot 10^5$	$3{,}27 \cdot 10^5$	$7{,}36 \cdot 10^5$	$2{,}04 \cdot 10^6$
	Al			$1{,}41 \cdot 10^5$	$3{,}18 \cdot 10^6$	$8{,}83 \cdot 10^5$
S (mm^2)		16	25	35	50	
PVC	Cu	$3{,}38 \cdot 10^6$	$8{,}26 \cdot 10^6$	$1{,}62 \cdot 10^7$	$2{,}98 \cdot 10^7$	
	Al	$1{,}47 \cdot 10^6$	$3{,}61 \cdot 10^6$	$7{,}07 \cdot 10^6$	$1{,}30 \cdot 10^7$	
PRC	Cu	$5{,}23 \cdot 10^6$	$1{,}27 \cdot 10^7$	$2{,}50 \cdot 10^7$	$4{,}61 \cdot 10^7$	
	Al	$2{,}26 \cdot 10^6$	$5{,}52 \cdot 10^6$	$1{,}08 \cdot 10^7$	$1{,}99 \cdot 10^7$	

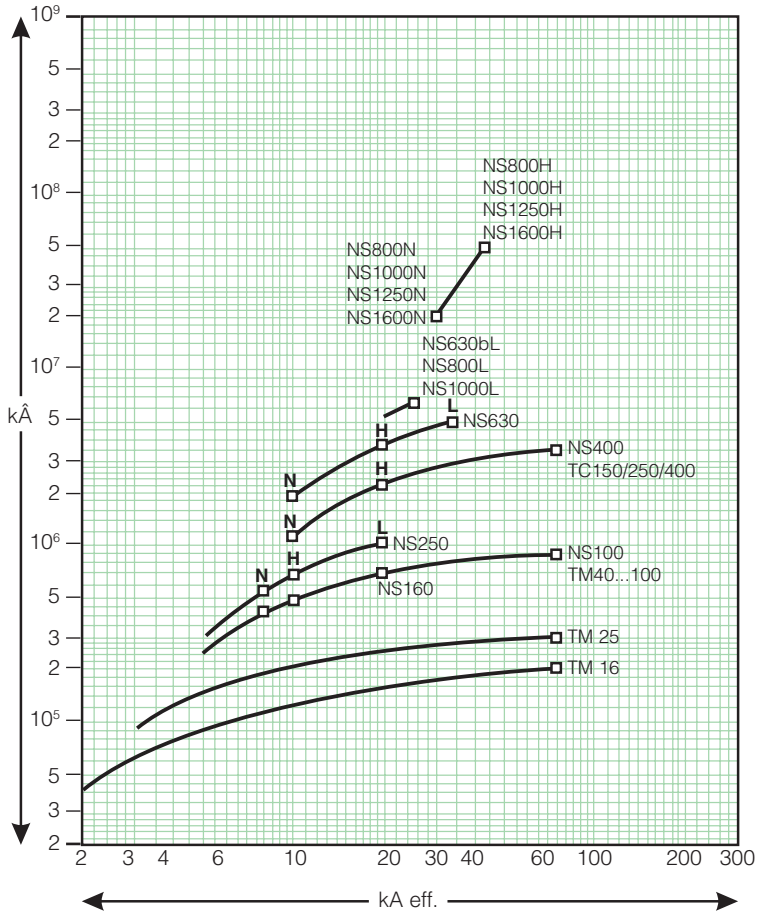
Tabla H2-3-088: *solicitaciones energéticas admisibles en los conductores.*

Ejemplo
Un cable Cu/PVC de sección 10 mm^2 está protegido por un NS160N.
La tabla anterior indica que la solicitación admisible es de $1{,}32.10^6$ A^2s = 1.320.000 A^2s.
Toda intensidad de cortocircuito en el punto donde está instalado un NS160N (I_{cu} = 35 kA) estará limitada con una solicitación térmica inferior a 6.10^5 A^2s (ver curva en página siguiente).
La protección del cable está, pues, asegurada hasta el poder de corte del interruptor automático.


Tensión 380/415 V CA
kÂ
300
200
100
80
70
60
50
40
30
20
10
8
7
6
5
4
2
3
4
6
10
20
30
40
60
100
200
300
kA eff.
NS630bH
NS800H
NS1000H
NS1250H
NS1600H
NS630bN
NS800N
NS1000N
NS1250N
NS1600N
NS630bL
NS800L
NS1000L
NS630
NS400
NS250
NS160
NS100
TM32...250
TM25
TM16
NSA160
H
N
E


kÂ
10^9
5
3
2
10^8
5
3
2
10^7
5
3
2
10^6
5
3
2
10^5
5
3
2
2
3
4
6
10
20
30
40
60
100
200
300
kA eff.
NS800H
NS1000H
NS1250H
NS1600H
NS800N
NS1000N
NS1250N
NS1600N
NS1000L
NS800L
NS630
NS400
NS250
NS160
NS100
TM 32...250
NSA160
TM25
TM16
H
N
L
E


Tensión 660/690 V CA
kÂ
300
200
100
80
70
60
50
40
30
20
10
8
7
6
5
4
NS630bH
NS800H
NS1000H
NS1250H
NS1600H
NS630bN
NS800N
NS1000N
NS1250N
NS1600N
NS630bL
NS800L
NS1000L
NS630
NS400
TC 150/250/400
NS100
TM 40...100
TM 25
NS250
NS160
TM10
N
H
L
2
3
4
6
10
20
30
40
60
100
200
300
kA eff.


kÂ
10⁹
5
3
2
10⁸
5
3
2
10⁷
5
3
2
10⁶
5
3
2
10⁵
5
3
2
NS800H
NS1000H
NS1250H
NS1600H
NS800N
NS1000N
NS1250N
NS1600N
NS630bL
NS800L
NS1000L
NS630
NS400
TC150/250/400
NS250
NS100
TM40...100
NS160
TM 25
TM 16
N
H
L
2
3
4
6
10
20
30
40
60
100
200
300
kA eff.

Complementos técnicos: tablas de selectividad y filiación

Filiación

Sumario:

Aplicación	Red	Aparato aguas arriba	Aparato aguas abajo
Filiación en distribución	220/240 V	Multi 9	Multi 9
	380/415 V	Multi 9	Multi 9
	220/240 V	Compact NS	Compact y multi 9
		Compact NS y Masterpact	Compact y multi 9
	380/415 V	Compact NS	Compact y multi 9
		Compact NS y Masterpact	Compact
	440 V	Compact NS	Compact y multi 9
		Compact NS y Masterpact	Compact
Filiación en protección motor	220/240 V	Compact NS	Compact NS, Integral, GVM
	380/415 V	Compact NS	Compact NS, Integral, GVM
	440 V	Compact NS	Compact NS, Integral
Filiación en el caso de 2 o 3 transformadores en paralelo			

Tabla H2-3-089: *resumen de la filiación de la aparamenta Merlin Gerin.*

¿Qué es la filiación?

La filiación es la utilización del poder de limitación de los interruptores automáticos, que permite instalar aguas abajo automáticos de menos prestaciones. Los interruptores automáticos Compact situados aguas arriba realizan entonces una función de barrera para las fuertes corrientes de cortocircuito. Permiten así a automáticos de poder de corte inferior a la corriente de cortocircuito presunta (en su punto de instalación) ser solicitados en sus condiciones normales de corte.

La limitación de la corriente se hace a lo largo de todo el circuito controlado por el interruptor automático limitador de aguas arriba; la filiación afecta a todos los aparatos colocados aguas abajo de este interruptor automático.

No queda restringida a dos aparatos consecutivos.

Utilización habitual de la filiación.

Puede realizarse con dos aparatos instalados en armarios diferentes. Así, el término de filiación se extiende de forma general a toda asociación de interruptores automáticos que permite instalar en un punto de una instalación un automático de poder de corte inferior a la (I_{cc}) presunta. Por supuesto, el poder de corte del aparato de aguas arriba debe ser igual o superior a la corriente de cortocircuito presunta en el punto en que está instalado.

La asociación de dos automáticos en filiación está prevista por las normas:

- De construcción de los aparatos (UNE 60947-2).
- De instalación (UNE 60470).

Asociación entre interruptores automáticos

La utilización de un aparato de protección que posea un poder de corte inferior a la corriente de cortocircuito presunta en su punto de instalación, es posible si otro aparato es instalado aguas arriba con el poder de corte necesario.

En ese caso, las características de estos dos aparatos deben ser tales que la energía dejada por el aparato de aguas arriba no sea mayor que la que puede soportar el aparato de aguas abajo y que los cables protegidos por estos aparatos no sufran daño alguno.

La filiación puede ser controlada únicamente mediante tests de laboratorio y las combinaciones posibles sólo pueden ser precisadas por el fabricante de los interruptores automáticos.

Red 220/240 V aguas abajo de red 380/415 V
En el caso de interruptores automáticos unipolar + neutro o bipolares conectados entre fase y neutro de una red 380/415 V, en régimen TT o TNS, para determinar las posibilidades de filiación entre aparatos aguas abajo y aguas arriba, véanse las tablas de filiación para red 220/240 V.

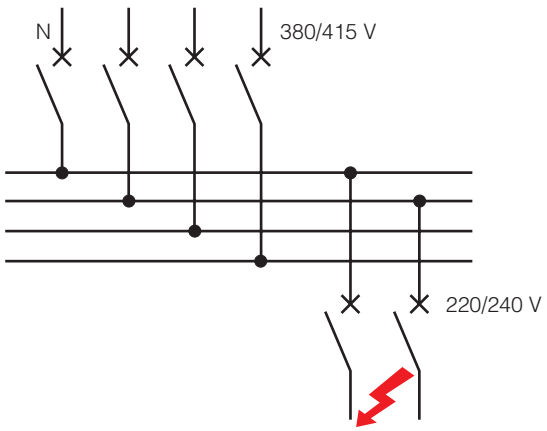


Fig. H2-3-090: *selectividad entre redes de diferente tensión.*

Filiación y selectividad de las protecciones
En caso de empleo de la filiación, gracias al corte Roto-Activo, los límites de selectividad se mantienen, y en ciertos casos se elevan.
Para conocer estos límites de selectividad, véanse las tablas de selectividad reforzada de las páginas 82 a 90 de la guía de Distribución Eléctrica en B.T., referencia 020509 K01 de Schneider Electric.

Ahorro por uso de la filiación
Gracias a la filiación pueden instalarse, aguas abajo de aparatos limitadores, interruptores automáticos que posean poderes de corte inferiores a la corriente de cortocircuito presunta de la instalación.
Esto permite sustanciales ahorros a nivel de la aparamenta y los armarios.
El ejemplo siguiente ilustra esta posibilidad.

Filiación a tres niveles:
■ Sean tres interruptores automáticos en serie, A, B y C. El funcionamiento en filiación entre los tres aparatos está asegurado en los casos siguientes:
□ El aparato de cabecera A se coordina en filiación con el aparato B así como con el aparato C (incluso si el funcionamiento en filiación no se satisface entre los aparatos B y C). Basta con verificar que A + B y A + C tienen el poder de corte necesario.
□ Dos aparatos sucesivos se coordinan entre ellos, A con B y B con C (incluso si la coordinación en filiación no se satisface entre los aparatos A y C). Basta con verificar que A + B y B + C tienen el poder de corte necesario.
□ El interruptor de cabecera A es un NS250L (PdC: 150 kA) para una (I_{cc}) presunta en sus bornas aguas abajo de 80 kA.
■ Se puede elegir para el aparato B un NS100N (PdC: 25 kA) para una (I_{cc}) presunta en sus bornas aguas abajo de 50 kA, ya que el poder de corte de

este aparato “reforzado” por filiación con el NS250L de aguas arriba, es de 150 kA.
Se puede elegir para el aparato C un C60N (PdC: 10 kA) para una I_{cc} presunta en sus bornas aguas abajo de 24 kA, ya que el poder de corte de este aparato “reforzado” por filiación con el NS250L de aguas arriba, es de 30 kA.
■ Obsérvese que el PdC “reforzado” del C60N con el NS100N de aguas arriba no es más que de 25 kA, pero:
□ A + B = 150 kA.
□ A + C = 30 kA.

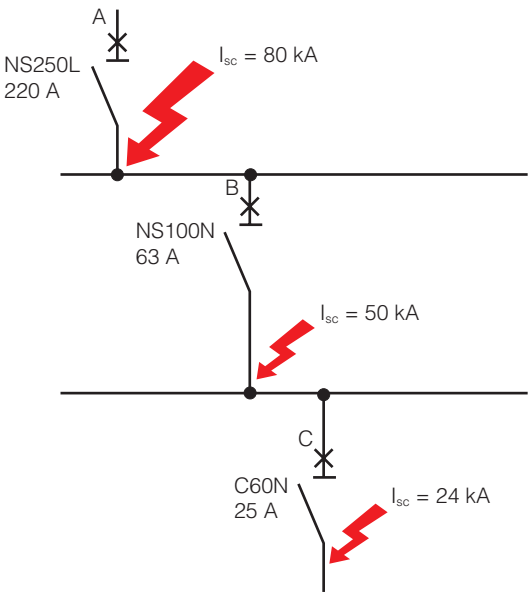


Fig. H2-3-091: *selectividad a tres niveles.*

Tablas de filiación

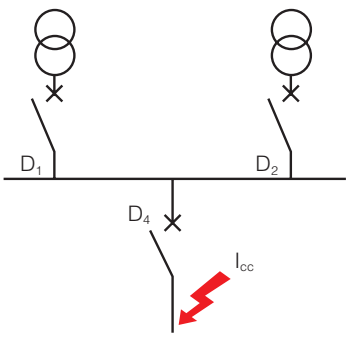
Las tablas de filiación Merlin Gerin son:
■ Elaboradas por cálculo (comparación de las energías limitadas por el apa-

Tablas de filiación de la guía de la distribución eléctrica de Baja Tensión			
Red	Aguas arriba	Aguas abajo	Pág.
220/240 V	Multi 9	Multi 9	2/48
380/415 V	Multi 9	Multi 9	2/49
229/240 V	Compact NS	Compact y multi 9	2/50
220/240 V	Compact NS	Compact y multi 9	2/51
220/230 V	Compact NS, Masterpact	Compact NS, NB y multi 9	2/52
380/415 V	Compact NS	Compact y multi 9	2/53
380/415 V	Compact NS	Compact y multi 9	2/54
380/415 V	Compact NS, Masterpact	Compact NS, NB	2/55
440 V	Compact NS	Compact y multi 9	2/56
440 V	Compact NS, Masterpact	Compact NS, NB, Masterpact	2/57
220/240 V 380/415 V	Compact NS	Compact NS, Integral y GVM	2/58
440 V	Compact NS	Compact NS, Integral	2/59

Fig. H2-3-092: *tablas de filiación de la aparamenta Merlin Gerin.*

rato de aguas arriba con la solicitación térmica máxima admisible por el aparato de aguas abajo).
□ Verificadas experimentalmente en conformidad con la norma UNE 60947-2.
Para sistemas de distribución con 220/240 V, 380/415 V y 440 V entre fases, las tablas de las páginas siguientes indican las posibilidades de filiación entre interruptores automáticos Compact aguas arriba y multi 9 aguas abajo, y de los automáticos Compact asociados tanto con aparatos Masterpact aguas arriba como con aparatos Compact aguas abajo.

Filiación en el caso de varios transformadores en paralelo
La tabla siguiente muestra los tipos de interruptores automáticos a instalar en las salidas de fuente y en las salidas principales en el caso de 2 o 3 transformadores en paralelo.
Se establecen con las hipótesis siguientes:
■ Potencia de cortocircuito de la red aguas arriba de 500 MVA.
■ Los transformadores son idénticos 20 kV/410 V y de tensión de cortocircuito de valor común.
■ La corriente de cortocircuito en el juego de barras no tiene en cuenta las impedancias de las conexiones (caso más desfavorable).
■ El material está instalado en cuadro a 30 °C de temperatura ambiente.
■ Para acoplar varios transformadores en paralelo, éstos deben poseer:
□ La misma (U_{cc}).
□ La misma relación de transformación.
□ El mismo acoplamiento.
□ Y que el ratio de potencias entre 2 transformadores sea como máximo de 2.
■ La I_{cc} se da a título indicativo; podrá ser diferente en función de las (U_{cc}) en % dadas por los fabricantes de transformadores; los valores de los PdC reforzados por filiación se dan entonces para valores superiores.
■ Caso de 2 transformadores en paralelo.

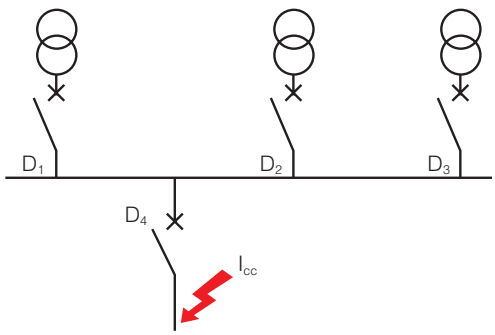


■ Ejemplo: sean 2 transformadores de 800 kVA en paralelo. Los interruptores automáticos de fuente serán dos NS1250N equipados de unidades de control Micrologic 2.0 reguladas a 1250 A.
Hay 2 salidas de 125 y 630 A. La I_{cc} máxima aguas abajo de D4 es de 49.600 A.
La salida de 630 A será protegida por un aparato NS630N (PdC en filiación de 50 kA). La salida de 125 A será equipada con un aparato NS160H, ya que no hay filiación posible con un NS160N.

Potencia de los trafos (kVA)	250	315	400	500	500	630	630	800	800
I_{cc} máx. aguas abajo de D4	17.600	22.200	28.200	35.200	35.200	44.400	44.400	37.500	37.500
Int. nominal transfo. (kVA)	352	444	564	704	704	887	887	126	1126
Int. automático D1 o D2	NS400N	NS630N	NS630N	NS800N	NS800H	NS1000N	NS1000H	NS1250N	NS1250H
Poder de corte (kA)	45	45	45	50	70	50	70	50	70
Int. automático D4	Poder de corte reforzado (kA)								
NS100N	45	45	45						
NS160N	45	45	45	50	50				
NS250N	45	45	45	50	70	50	50		
NS400N				50	70	50	70	50	70
NS630N				50	70	50	70	50	70
NS800N							70		70
NS1000N									70

Tabla H2-3-093: *filiación con dos transformadores en paralelo.*

■ Caso de 3 transformadores en paralelo.



Potencia de los trafos (kVA)	250	315	400	500	500	630	630	800	800
I_{cc} máx. aguas abajo de D4	17.600	22.200	28.200	35.200	35.200	44.400	44.400	37.500	37.500
Int. nominal transfo. (kVA)	352	444	564	704	704	887	887	126	1126
Int. automático D1 o D2	NS400N	NS630N	NS630N	NS800N	NS800H	NS1000N	NS1000H	NS1250N	NS1250H
Poder de corte (kA)	45	45	45	50	70	50	70	50	70
Int. automático D4	Poder de corte reforzado (kA)								
NS160N	45	45	45						
NS250N	45	45	45						
NS400N			70	50	70	50	50	50	50
NS630N				50	70	50	50	50	50
NS800N							70		70
NS1000N									70

Tabla H2-3-094: *filiación con tres transformadores en paralelo.*

Características de los transformadores de MT/BT												
Potencia en (kVA)												
160	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Intensidad primario (A) a U_1 = 20 kV												
4,6	7,2	9,1	11,5	14,4	18,2	23,1	28,3	36,1	46,2	57,7	72,2	90,9
Intensidad secundario (A) a U_2 = 400 V												
225	352	444	563	704	887	1127	1403	1760	2253	2816	3520	4435
Intensidad de cortocircuito (kA)												
5,5	8,7	10,5	13,8	17,2	21,5	24,2	27,1	30,6	25,8	40,8	46,9	58,1

Tabla H2-3-095: *tabla de características de los transformadores de potencia.*

Selectividad de las protecciones

La selectividad es importante en todas las instalaciones para el confort de los usuarios, pero es fundamental en las instalaciones que alimentan procesos industriales de fabricación.
Una instalación no selectiva está expuesta a riesgos de diversa gravedad:
■ Imperativos de producción no respetados.
■ Ruptura de fabricación con:
□ Pérdida de producción o de productos acabados.
□ Riesgo de dañar la herramienta de producción en los procesos continuos.
■ Obligaciones de reanudación de procedimientos de arranque máquina-herramienta por máquina-herramienta, como consecuencia de una pérdida de alimentación general.
■ Parada de motores de seguridad tales como una bomba de lubricación, extractor de humos, etc.

¿Qué es la selectividad?
Es la coordinación de los dispositivos de corte automático para que un defecto, ocurrido en un punto cualquiera de la red, sea eliminado por el interruptor automático colocado inmediatamente aguas arriba del defecto, y sólo por él.

Selectividad total
Para todos los valores del defecto, desde la sobrecarga hasta el cortocircuito franco, la distribución es totalmente selectiva si D_2 se abre y D_1 permanece cerrado.

Selectividad parcial
La selectividad es parcial si la condición anterior no se cumple hasta la máxima corriente de cortocircuito, sino solamente hasta un valor inferior. Este valor se conoce como límite de selectividad.

Sin selectividad
En caso de defecto el interruptor automático D_1 puede abrirse.

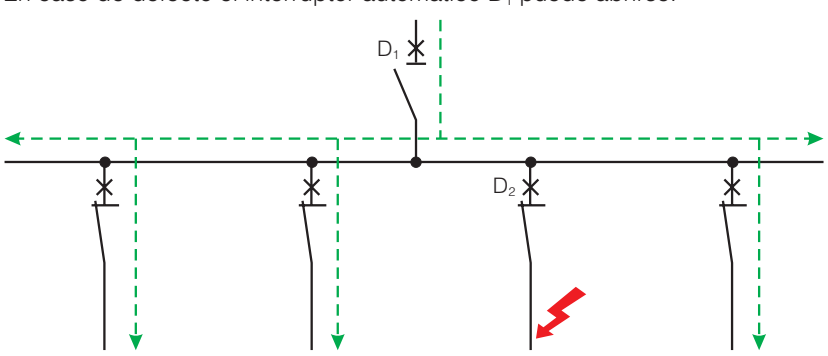
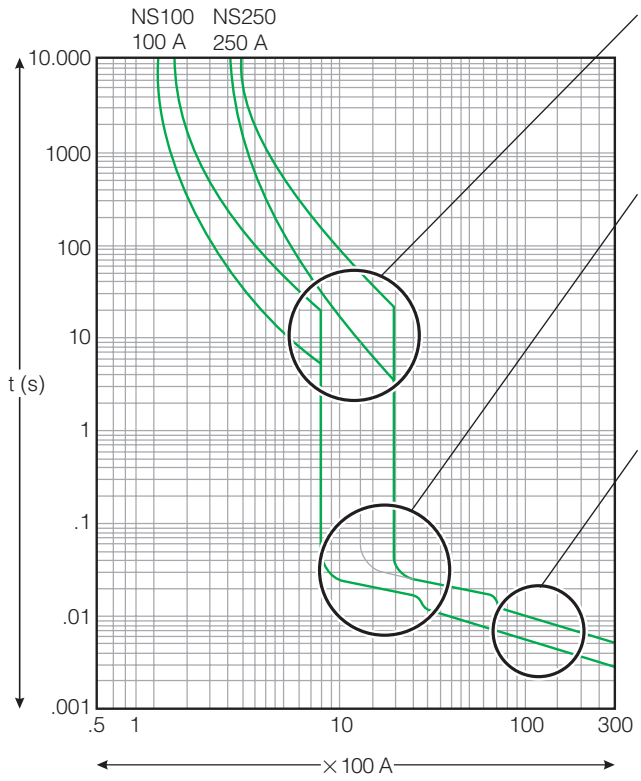


Fig. H2-3-096: *esquema de principios de la selectividad.*

Selectividad natural con los interruptores automáticos Compact NS
Gracias al corte Roto-Activo de los Compact NS, la asociación de interruptores automáticos Merlin Gerin aporta un nivel excepcional de selectividad en las protecciones.
Esta prestación es debida a la combinación y a la optimización de 3 principios:
■ Selectividad amperimétrica.
■ Selectividad cronométrica.
■ Selectividad energética.



Protección contra las sobrecargas:
■ Selectividad amperimétrica.
La protección es selectiva si el ratio entre los umbrales de regulación es superior a 1,6 (en el caso de dos interruptores automáticos de distribución).

Protección contra los cortocircuitos débiles:
■ Selectividad cronométrica.
El disparo del aparato de aguas arriba está ligeramente temporizado; el del aparato de aguas abajo es más rápido.
La protección es selectiva si el ratio entre los umbrales de protección contra los cortocircuitos es superior o igual a 1,5.

Protección contra los cortocircuitos elevados:
■ Selectividad energética.
Este principio combina el poder de limitación excepcional de los Compact NS y el accionamiento reflejo, sensible a la energía disipada por el cortocircuito en el aparato. Cuando un cortocircuito es elevado, si es visto por dos aparatos, el aparato de aguas abajo lo limita muy fuertemente. La energía disipada en el aparato de aguas arriba es insuficiente para provocar su disparo: hay selectividad cualquiera que sea el valor del cortocircuito.
La protección es selectiva si el ratio entre los calibres de los interruptores automáticos es superior a 2.

Fig. H2-3-097: *selectividad natural con interruptores automáticos Compact NS.*

Selectividad total en estándar con los nuevos interruptores automáticos Masterpact NT/NW

Gracias a las buenas prestaciones de sus unidades de control y a una concepción siempre innovadora, los nuevos Masterpact NT y NW ofrecen en estándar una selectividad total con los Compact NS de aguas abajo hasta 630 A (excepto para la versión NT L1).

Condiciones de utilización de las tablas de selectividad

Entre 2 interruptores automáticos de distribución

Las tablas de selectividad indican, para cada asociación de dos interruptores automáticos, si la selectividad es total (zona de color o símbolo T sobre fondo de color).

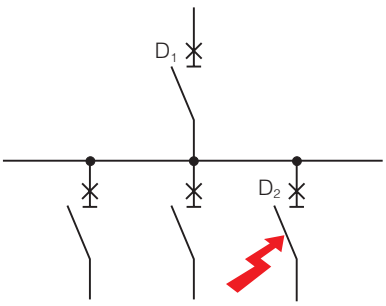


Fig. H2-3-098: *selectividad entre interruptores automáticos de distribución.*

Cuando la selectividad es parcial, la tabla indica el valor máximo de la corriente de defecto para la cual la selectividad está asegurada. Para las corrientes de defecto superiores a este valor, los dos aparatos disparan simultáneamente.

Entre un interruptor automático y un conjunto de protección y mando de motor
Cuando la selectividad es parcial, la tabla indica el valor máximo de la corriente de defecto para la cual la selectividad está asegurada. Para las corrientes de defecto superiores a este valor, los dos aparatos disparan simultáneamente.

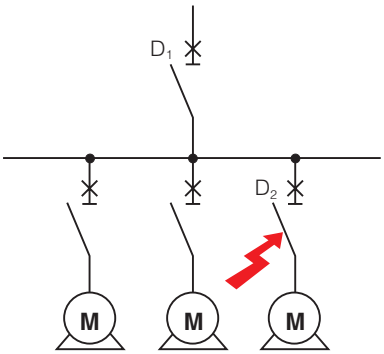


Fig. H2-3-099: *selectividad de los interruptores automáticos en protección motor.*

■ Condiciones de utilización.
Los valores indicados en las tablas de las páginas siguientes (para 380, 415 y 440 V) están garantizados si se respetan las condiciones que a continuación se indican:

D1	Aplicación	D2	Ratio entre las regulaciones de aguas arriba y aguas abajo	
			Protección térmica I_r arriba / I_r abajo	Protección magnética I_m arriba / I_m abajo
TM...D	Distribución	TM…D	⩾ 1,6	⩾ 2
		STR…SE/GE	⩾ 1,6	⩾ 1,5
	Motor	MA + relé térmico separado	⩾ 3	⩾ 2
		Magnetotérmico motor	⩾ 3	⩾ 2
		STR…ME	⩾ 3	⩾ 1,5
STR...2 o 3 Temporización LR fija	Distribución	TM…D	⩾ 2,5	⩾ 1,5
		STR…SE/GE	⩾ 1,6	⩾ 1,5
	Motor	MA + relé térmico separado	⩾ 3	⩾ 1,5
		Magnetotérmico motor	⩾ 3	⩾ 1,5
		STR…ME	⩾ 3	⩾ 1,5
Micrologic 2.0, 5.0, 6.0 y 7.0 STR...4, 5 o 6, temporización LR regulable, decalada en un escalón superior con respecto a la protección de aguas abajo	Distribución	TM…D	⩾ 1,6	⩾ 1,5
		STR…SE/GE, Micrologic	⩾ 1,2	⩾ 1,5
	Motor	MA + relé térmico separado	⩾ 3	⩾ 1,5
		Magnetotérmico motor	⩾ 3	⩾ 1,5
		STR…ME, Micrologic	⩾ 3	⩾ 1,5

Tabla H2-3-100: *tabla resumen de las condiciones para la selectividad total.*

Simbología

Estas tablas indican, para cada asociación de dos interruptores automáticos, si la selectividad es total (zona sombreada o símbolo T).
Cuando la selectividad es parcial, la tabla indica el valor máximo de la corriente de defecto para el cual la selectividad está asegurada. Para las corrientes de defecto superiores a este valor, los dos interruptores automáticos disparan simultáneamente.

Aplicación	Aparato aguas arriba		Aparato aguas abajo
Selectividad: int. automáticos de distribución	C60	Curva B	C60
		Curva C	C60
		Curvas B, C	DPN, TC16, SC-XC40
		Curvas D, K	C60
	NC100, NC125	Curva B	C60
		Curva C	C60
	NC100	Curvas B, C, D	DPN, TC16, SC-XC40
		Curva D	C60
	C60L		C60L
	NC100,NC125	Curvas B, C	NC100
	NC100	Curva D	NC100
		Curvas B, C	C60 y C45
	NSC100N, NSA160, NS125E		Multi 9
			NSA160
	Compact NS100 a 630		Multi 9
			Compact NS100 a 630
	Compact NS630b a 3200		Multi 9, Compact NS100 a 250
			Compact NS400 a 630
			Compact NS630b a 3200
			Compact C801 a C1251, CM
	Compact C, CM		Multi 9, Compact NS100 a 250
			Multi 9, Compact NS400 a 630
			Compact C, CM, Masterpact
	Masterpact NT		Multi 9, Compact NS100 a 250
			Compact NS400 a 630
			Compact C801 a1251, Masterpact
	Masterpact NW		Multi 9, Compact NS100 a 630
			Compact NS630b a 3200
			Compact C801 a 1001, CM
			Masterpact NT, NW, Masterpact
	Masterpact		Multi 9, Compact NS100 a 630
			Compact NS630b a 3200
			Masterpact NT, NW
			Compact C, CM, Masterpact
			Masterpact NT, NW
Selectividad: protección motor	Compact NSC100N		GV2, Integral 18, 32
	Compact NS100 a 630		GV2, GV3
	Compact NS100 a 630		Integral 18, 32, 63
	Compact NS100 A 630		Multi 9, Compact NS80HMA
	Compact NS100 A 1600		NS100 a 630
	Compact NS1600, Masterpact NT, NW		NS630 a 1250
Selectividad reforzada por filiación: int. automáticos de distribución	Compact NS100 a 1600		Multi 9, Integral, GV2, NS100 a 630
	NSC100N, NSA160		Multi 9
	Compact NS160 a 250		Multi 9
	Compact NS250 a 630b		NSA160N, NSC100N, NS100 a 250
	Compact NS800 a 1600		NSA160N, NSC100N, NS100 a 630
Selectividad reforzada por filiación: protección motor	Compact NS160 a 400		Integral 18 a 63
	Compact NS160		GV2 M
			GV2 P
			GV2 L

Tabla H2-3-101: *selectividad de las protecciones.*

Tablas de selectividad de la guía de la distribución eléctrica de Baja Tensión		
Selectividad entre:		
Aguas arriba	Aguas abajo	Pág.*
C60 curva B	C60	2/64
C60 curva C	C60	2/65
C60 curvas B, C	DPN, TC16, SC-XC40	2/66
C60 curvas D, K	C60	2/67
NC100, NC125	C60	2/68
NC100, NC125 curva C	C60	2/69
NC100, curvas B, C, D	DPN, TC16, SC-XC40	2/70
NC100 curva D	C60	2/71
C60L	C60L	2/72
NC100, NC125 curvas B, C	NC100	2/73
NC100 curva D	NC100	2/74
NC100, curvas B, C, D	C60 y C45	2/75
NSC100N, NSA160, NS125E	DPN, DPN N, XC40, C60, NC100	2/76
NSC100N, NSA160, NS125E	NSA160	2/77
NS100 a 250 - Bloque TMD	DPN, DPN N, XC40, C60, NC100	2/78
NS100 a 250 - Bloque TMD	NC125H, NG125	2/79
NS100 a 160 - Bloque STR	DPN, DPN N, XC40, C60, NC100	2/80
NS250 a 630 - Bloque STR	DPN, DPN N, XC40, C60, NC100	2/81
NS100 a160 - Bloque STR	NC125H, NG125	2/82
NS250 a 630 - Bloque STR	NC125H, NG125	2/83
NS100 a 250 - Bloque TMD	NS100 a 250	2/84
NS100 a 250 - Bloque TMD	NSC100N, NS125E, NSA160N, NB225N	2/85
NS100 a 160 - Bloque STR	NS100 a 160	2/86
NS250 a 630 - Bloque STR	NS100 a 160	2/87
NS100 a 160 - Bloque STR	NSC100N, NS125E, NSA160N, NB225N	2/88
NS250 a 630 - Bloque STR	NS400 a 630, NSC100N, NS125E, NSA160N, NB225N a 600	2/89
NS630b a 1600N/H	Multi 9, NS100 a NS250	2/90
NS630b a NS1000L, NS1600b a 3200N	Multi 9, NS100 a NS250	2/91
NS1600b a 3200H	Multi 9, NS100 a NS250	2/92
NS630b a 1600N/H	NS400 a 630	2/93
NS630b a 1000L, NS1600b a 3200N	NS400 a NS630	2/94
NS1600b a 3200H	NS400 a 630	2/95
NS630b a 1600N/H	NS630b a 3200	2/96
NS630b a 1000L, NS1600b a 3200N	NS630b a 3200	2/97
NS1600b a 3200H	NS630b a 3200	2/98
NS630b a 1600N/H	C801 a 1251, CM	2/99
NS630b a 1000L, NS1600b a 3200N	C801 a 1251, CM	2/100
NS1600b a 3200H	C801 a 1251, CM	2/101
C801 a C1251	DPN, DPN N, XC40, C60, NC100, NC125, NG125, NS100 a 250	2/102
C801 a C1251, CN	DPN, DPN N, XC40, C60, NC100, NC125, NG125, NS100 a 250	2/103
C801 a C1251	DPN, DPN N, XC40, C60, NC100, NC125, NG125, NS400 a 630	2/104
C801 a C1251, CM	DPN, DPN N, XC40, C60, NC100, NC125, NG125, NS400 a 630	2/105
C801 a C1251	C801 a D1251, CM, Masterpact M	2/106
C801 a C1251, CM	C801 a D1251, CM, Masterpact M	2/107
Masterpact M	Mulri 9, NS100 a 250	2/108
Masterpact NT	Multi 9, NS100 a 250	2/109
Masterpact NT	NS400 a 630, NSC100N, NS125E, NSA160, NB225 a 600	2/110

Tablas de selectividad de la guía de la distribución eléctrica de Baja Tensión *(continuación)*		
Selectividad entre:		
Aguas arriba	Aguas abajo	Pág.*
Masterpact NT	NS400 a 630, NSC100N, NS125E, NSA160, NB225 a 600	2/111
Masterpact NT	NS630b a NS1600, C801 a C1251, CM, Masterpact NT	2/112
Masterpact NT	NS630b a NS1600, C801 a C1251, CM, Masterpact NT	2/113
Masterpact NW	Multi 9, NS100 a 630, NSC100N, NSA160, NB225 a 600	2/114
Masterpact NW	Multi 9, NS100 a 630, NSC100N, NSA160, NB225 a 600	2/115
Masterpact NW	Multi 9, NS100 a 630, NSC100, NSA160, NB225 a 600	2/116
Masterpact NW	Multi 9, NS100 a 630, NSC100, NSA160, NB225 a 600	2/117
Masterpact NW	NS630b a NS3200	2/118
Masterpact NW	NS630b a NS3200	2/119
Masterpact NW	NS630b a NS3200	2/120
Masterpact NW	NS630b a NS3200	2/121
Masterpact NW	C801 a C1251, CM	2/122
Masterpact NW	C801 a C1251, CM	2/123
Masterpact NW	C801 a C1251, CM	2/124
Masterpact NW	C801 a C1251, CM	2/125
Masterpact NW	Masterpact NT, NW, Masterpact	2/126
Masterpact NW	Masterpact NT, NW, Masterpact	2/127
Masterpact NW	Masterpact NT, NW, Masterpact	2/128
Masterpact NW	Masterpact NT, NW, Masterpact	2/129
Masterpact	Multi 9, NS100 a 630, NSC100N, NSA160, NB225 a 600	2/130
Masterpact	Multi 9, NS100 a 630, NSC100N, NSA160, NB225 a 600	2/131
Masterpact	Multi 9, NS100 a 630, NSC100N, NSA160, NB225 a 600	2/132
Masterpact	NS630b a NS3200	2/133
Masterpact	NS630b a NS3200	2/134
Masterpact	NS630b a NS3200	2/135
Masterpact	Masterpact NT, NW	2/136
Masterpact	Masterpact NT, NW	2/137
Masterpact	C801 a C1251, CM, Masterpact	2/138
Masterpact	C801 a C1251, CM, Masterpact	2/139
Masterpact	C801 a C1251, CM, Masterpact	2/140
Masterpact	Masterpact NT, NW	2/141
Masterpact	Masterpact NT, NW	2/142
Compact NSC100N	GV2, Integral 18, 32	2/143
NS100 a 630	GV2, GV3	2/144
NS100 a 630	GV2, GV3	2/145
NS100 a 630	Integral 18, 32, 63	2/146
NS100 a 630	Integral 18, 32, 63	2/147
NS100 a 630	C60LMA, NC100LMA, NS80HMA	2/148
NS100 a 630	C60LMA, NC100LMA, NS80HMA	2/149
NS100 a 630, NS630b a NS1600	NS100 a 630	2/150
NS1600, Masterpact NT, NW	NS630, NS630b, NS800, NS1000, NS1250	2/151

Tabla H2-3-102: *listado de las tablas de selectividad.*

* Referencia a pág. de la guía de Distribución Eléctrica en B.T.

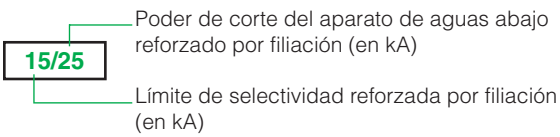
Selectividad reforzada por filiación

Con los interruptores automáticos tradicionales, cuando se utiliza la filiación entre 2 aparatos, generalmente hay ausencia de selectividad entre ellos.
Por el contrario, con los interruptores automáticos Compact NS, la selectividad indicada en las tablas sigue siendo válida.
En ciertos casos puede incluso mejorar. La selectividad de las protecciones está asegurada entonces para corrientes de cortocircuito superiores al poder

de corte nominal del interruptor automático, llegando hasta su poder de corte reforzado. Se tiene entonces en este último caso una **selectividad total** de las protecciones, es decir, sólo dispara el aparato de aguas abajo para todos los defectos posibles en esa parte de la instalación.

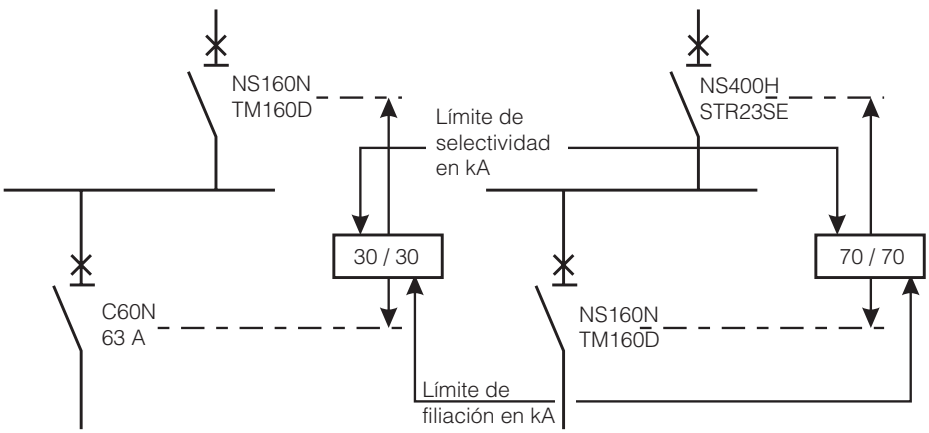
Ejemplo
Asociación entre:
■ Un Compact NS250N con bloque de relés TM250D.
■ Un Compact NS100N con bloque de relés TM100D.
Las tablas de selectividad indican una selectividad total. La selectividad de la protección está pues asegurada hasta el poder de corte del NS100N: **25 kA**.
Las tablas de filiación indican un poder de corte reforzado de **36 kA**.
Las tablas de selectividad reforzada indican que en caso de empleo de la filiación, la selectividad está asegurada hasta **36 kA**, y por tanto para todos los defectos susceptibles de producirse en ese punto de la instalación.

Selectividad reforzada - 380/415 V



Estas tablas dan para cada asociación de 2 interruptores automáticos:
Cuando una casilla de la tabla indica 2 valores iguales, significa que la selectividad está asegurada hasta el poder de corte reforzado del aparato de aguas abajo.
En estas tablas se hace referencia únicamente a los casos en que hay selectividad y filiación combinadas entre 2 aparatos. Para todos los demás casos, consultar las tablas de selectividad y filiación clásicas.

Principio de funcionamiento
La selectividad reforzada se debe a la técnica de corte exclusiva de los Compact NS, el corte Roto-Activo.
En los casos de selectividad reforzada, el funcionamiento es el siguiente:
■ Bajo el efecto de la corriente de cortocircuito (fuerzas electrodinámicas), los contactos de los dos aparatos se separan simultáneamente, provocando una muy fuerte limitación de la corriente de cortocircuito.



■ La energía disipada provoca el disparo reflejo del aparato de aguas abajo, pero es insuficiente para provocar el disparo del aparato de aguas arriba.

Selectividad reforzada por filiación

Con los interruptores automáticos tradicionales cuando se utiliza la filiación:

Selectividad entre:		
Aguas arriba	Aguas abajo	Pág.
NSC100N, NSA160	Multi 9	2/153
NS160 a NS250, Bloque TM-D	Multi 9	2/154
NS160 a NS250, Bloque STR	Multi 9	2/155
NS250 a NS630b	NSA160N,NSC100N, NS100 a NS250	2/156
NS800 a NS1600	NSA160N, NSC100N, NS100 a NS630	2/157
Compact NS160 a NS400	Integral 18 a Integral 63	2/158
Compact NS160	GV2 M	2/159
Compact NS160	GV2 P	2/160
Compact NS160	GV2 L	2/161

Tabla H2-3-103: *tablas de selectividad reforzadas por filiación.*

3.5. Elección de los interruptores automáticos

El estudio de una instalación consiste en determinar las cargas, las conducciones y sus protecciones, desde el origen hasta la alimentación de la carga más lejana. Cada conjunto de conducción y protección debe responder simultáneamente a las condiciones necesarias de seguridad y servicio:

- ***Conducir la corriente de empleo desde la fuente hasta la carga, permitiendo la correcta circulación de las puntas de intensidad propias del funcionamiento correcto de las cargas.***
- ***No deben generar caídas de tensión capaces de perjudicar el funcionamiento correcto de las cargas, por ejemplo, en los momentos de arranque de motores.***
- ***Proteger al circuito de las sobrecargas accidentales incorrectas con respecto al buen funcionamiento.***
- ***Asegurar la protección de las personas de los contactos indirectos y los posibles incendios, producidos por fugas (fallos de aislamiento).***

Estudio de una instalación

El estudio de una instalación eléctrica se ha de realizar de forma metódica y respetando las etapas y su correlación:

1. Situación geográfica de las cargas.
2. Identificación de las zonas según la influencia que ejercen en la instalación (ver tabla F8-001, pág. F/336 del volumen 1).
3. Determinación de las líneas y las conducciones físicamente.
4. Determinación del régimen de neutro o regímenes de neutro.
5. Determinación de las intensidades a circular por las líneas.
6. Determinación de los calibres I_n de los relés de los interruptores automáticos.
7. Determinación de la sección de los conductores.
8. Determinación de las caídas de tensión, en régimen normal y transitorio.
9. Determinación de las corrientes de cortocircuito.
10. Determinación de los dispositivos de protección.
11. Determinación de la selectividad de las protecciones.
12. Aplicación de las técnicas de filiación.
13. Optimización de la coordinación de las protecciones.
14. Determinación de las protecciones contra los contactos indirectos:

■ Cálculo de la puesta a tierra.
■ Cálculo de las corrientes de fuga y de los tiempos de desconexión.
■ Cálculo de las conexiones equipotenciales, si es preciso.
15. Determinación de las protecciones contra las sobretensiones.
16. Determinación de la calidad de la energía, de la influencia de las cargas y las formas y los puntos de compensación.
17. Determinación de la seguridad de la instalación (seccionamientos, rearmes...).
18. En un futuro no muy lejano, cuando se disponga de información suficiente, se deberá determinar la seguridad de la instalación en el servicio:
■ *Su disponibilidad.*
■ *Su fiabilidad.*
■ *Su capacidad de mantenimiento.*
■ *Su seguridad...*
En difinitiva la tasa de fallo de la instalación.
En estos capítulos (H1 y H2) solamente nos interesamos por los apartados 6, 10, 11, 12, 13 y 15, los demás apartados se han estudiado o estudiarán en otros capítulos.

Ejemplo

Para ilustrar estos puntos partiremos de un esquema (Fig. H2-3-104 de la página siguiente).
Entre cada transformador y el interruptor automático correspondiente hay cinco metros de cables unipolares.
Todos los conductores son de cobre, la temperatura ambiente es de 35 °C.

1. Situación geográfica de las cargas
La real situación de las cargas nos ha permitido confeccionar el esquema de distribución de la Fig. H2-3-104.

2. Identificación de las zonas según la influencia que ejercen en la instalación (ver tabla F8-001, pág. F/336 del volumen 1):
■ **Temperatura ambiente:**
AA4 Templado (–5° a +40 °C).
■ **Condiciones climáticas:**
AB4 Templado, humedad (5 a 95 %).
■ **Presencia de agua:**
AD1 Despreciable.
■ **Presencia de cuerpos sólidos:**
AE4 Polvo, apreciable.
■ **Presencia de sustancias corrosivas o polucionantes:**
AF1 Despreciable.
■ **Choques mecánicos:**
AG1 Débiles (0,225 J).
■ **Efectos sísmicos:**
AP1 Despreciables (£ 30 Gal).
■ **El rayo:**
AQ1 Despreciable, nivel ceráunico < 25).
■ **Competencias de las personas:**
BA1 Ordinarias (personas no expertas sin accesibilidad).
■ **Resistencia eléctrica del cuerpo humano:**
BB1 Normal (U_c = 50 V).
■ **Contacto de las personas con el potencial de tierra:**
BC4 Continuos (personas con contacto permanente con partes metálicas).
■ **Condiciones de evacuación en caso de urgencia:**
BC1 Densidad de ocupación baja, condiciones de evacuación fáciles.

■ **Naturaleza de las materias tratadas o almacenadas:**
BE2 Riesgos de incendios (el producto es combustible pero no por sí mismo).
■ **Estructura del edificio:**
CB1 Riesgos despreciables.

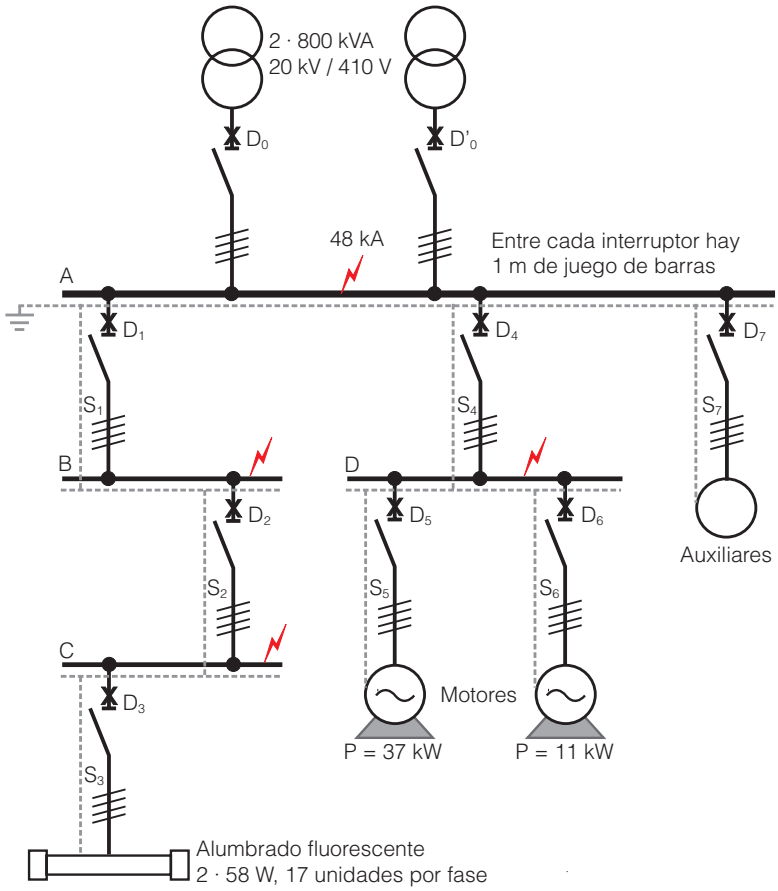


Fig. H2-3-104: *esquema para el ejemplo.*

3. Determinación de las líneas y las conducciones físicamente

Corresponde a un plano geográfico que indica por donde transcurren los conductores y la forma (ver volumen 1, capítulo F, Tabla F7-132, pág. F/257).

Características de las conducciones				
Ref.	Longitud (m)	Intensidad I_B (A)	Forma de colocación Descripción	Ref. tabla F7-132
S_1	35	350	Cables unipolares PR sobre bandeja perforada + 4 circuitos	E o F C11
S_2	80	110	Cables multipolares PR sobre bandeja perforada + 2 circuitos	E o F C11
S_3	30		Cable multipolar PVC en canaleta + 2 circuitos	B C3
S_4	50	230	Cable multipolar situado en tablero + 2 circuitos	B2 C4
S_5	75		Cable multipolar fijado directo a la pared Cable unipolar PR, sólo en tubo	B2 - C4 B - C4
S_6	10	17	Cable unipolar PR, sólo en tubo	B - C4

Tabla H2-3-105: *tabla de las características de los conductores del esquema del ejemplo.*

4. Determinación del régimen de neutro o regímenes de neutro

El tipo de régimen de neutro más común en nuestro sistema de distribución es el TT y en la instalación no hay ningún espacio que necesite un régimen determinado, por tanto nuestra distribución será en régimen TT (ver volumen 1, capítulo F, apartado 4, pág. F/71).

5. Determinación de las intensidades a circular por las líneas

Las intensidades de los receptores las tenemos expuestas en el capítulo B, apartado 3. Con una simple adición podremos determinar las intensidades de circulación en la red.

6. Determinación de los calibres I_n de los relés de los interruptores automáticos

Para las protecciones directas de las cargas, en el capítulo B, apartado 3, pág. B/35 del primer volumen, encontramos las intensidades de los receptores en función de la potencia. Para las otras partes es suficiente con verificar la relación $I_n > I_B$ y elegir un calibre en las tablas adjuntas.

Determinación de los calibres de los interruptores automáticos			
Ref.	Potencia	Intensidad de empleo I_B (A)	Calibre
D_0, D'_0	800 kVA	1226	1250
D_1		350	400
D_2		110	125
D_3	17 tubos 2 · 58 W	16	16
D_4		230	250
D_5	37 kW	72	80
D_6	17 kW	23	25
D_7		17	20

Tabla H2-3-106: *determinación de los calibres de los relés de los interruptores automáticos.*

7. Determinación de la sección de los conductores

En función de la tabla F7/131, pág. F/255 del primer volumen podemos determinar directamente las intensidades. Si utilizamos la tabla simplificada F7/132, pág. F/257, deberemos determinar los factores de corrección correspondientes.

En el apartado 3 del capítulo H1 “Determinación práctica de la sección mínima de una conducción”, pág. H1/74, tendremos las instrucciones de la utilización de las tablas.

Determinación de la sección de los conductores, en mm²					
Referencias esquema			Referencias tabla F/132		
Ref.	Calibre	Letra	Tabla F/132	I_n	Sección
S_1	400	F	F - C11	464	185 PR
S_2	125	C	F - C11	154	35 PR
S_3	16	B	B - C3	18,5	2,5 PVC
S_4	250	C	C - C4	253	95 PR
S_5	80	E	B - C4	106	25 PR
S_6	25	B	B -C4	34	4 PR
S_7	20	B	B - C4	25	2,5 PR

Tabla H2-3-107: *tabla de determinación de la sección de los conductores.*

8. Determinación de las caídas de tensión, en régimen normal y transitorio

En el capítulo H1, apartado 3.2.2 “Determinación de la sección en función de la caída de tensión”, pág. H1/82, se especifica la forma de cálculo de las caídas de tensión.

El cos φ medio de la instalación es de 0,85.
Siendo un abonado con CT propio podemos regular la salida de baja a un 3 o 4 % de incremento de tensión.
El valor de la resistividad para el cálculo de la caída de tensión se toma de una forma convencional un 25 % de incremento sobre la resistividad a 20 °C.

$$\rho_{cu} = 1{,}25\ \rho_{20} = 0{,}0225\ \Omega mm^2/m$$

$$\rho_{Al} = 1{,}25\ \rho_{20} = 0{,}036\ \Omega mm^2/m$$

Nota: el valor de la resistencia, en comparación con la reactancia, es despreciable a partir de secciones de 500 mm².

R = resistencia lineal de un conductor en Ω/km.

$$R_{cu} = \rho\frac{L}{S} = 22{,}5\ \Omega mm^2/km\,\frac{1\ km}{S_{cu}\ mm^2}$$

$$R_{Al} = \rho\frac{L}{S} = 22{,}5\ \Omega mm^2/km\,\frac{1\ km}{S_{Al}\ mm^2}$$

Cálculo de las caídas de tensión								
Ref.	Int. (A)	L (m)	S (mm²)	R (Ω) (L[m]-Smm²)	ΔU = R · I (V)	ΔU (%) (S_1+S_2+S_3)	(S_4+S_5)	(S_7)
S_1	400	40	185	0,0048648	1,946	0,85		
S_2	125	35	35	0,0225	2,813	1,22		
S_3	16	80	50	0,72	11,52	5,00		
S_4	250	30	95	0,0071052	1,77		0,77	
S_5	80	50	25	0,045	3,6		0,88	
S_6	25	75	4	0,0094921	0,238			
S_7	20	10	2,5	0,091	1,82			0,8
Total						7,07 %	1,65 %	0,35 %

El 7,07 % de la línea S_1 + S_2 + S_3 supera el 4,5 % tolerado en la ITC-BT-19 para los circuitos de alumbrado; por tanto debemos incrementar la sección de esta línea.
La parte de caída de tensión más elevado es el S_3, si incrementamos a la sección inmediata superior tendremos de 16 mm² a 25 mm².

Ref.	Int. (A)	L (m)	S (mm²)	R (Ω) (L[m]-Smm²)	ΔU = R · I (V)	ΔU (%) (S_1+S_2+S_3)	(S_4+S_5)	(S_7)
S_1	400	40	185	0,0048648	1,946	0,85		
S_2	125	35	35	0,0225	2,813	1,22		
S_3	25	80	50	0,072	1,8	0,79		
S_4	250	30	95	0,0071052	1,77		0,77	
S_5	80	50	25	0,045	3,6		0,88	
S_6	25	75	4	0,0094921	0,238			
S_7	20	10	2,5	0,091	1,82			0,8
Total						2,86 %	1,65 %	0,35 %

Tabla H2-3-108: *tabla de las caídas de tensión de los tramos del ejemplo.*

Determinación de las caídas de tensión en el arranque

Según la tabla H1-3-015, pág. H1/85, podemos determinar las caídas de tensión en el periodo de arranque de una carga, para saber si la tensión es suficiente para permitir el arranque.
$\Delta U = k \cdot I_B \cdot L$, en el que:
k es el coeficiente de la tabla (voltio/amperio/km), para cada sección.
I_B la intensidad de circulación.
L la longitud del conductor en km.

Ref.	Int. (A)	L (m)	S (mm²)	K		ΔU (%)		
						(S_4+S_5)	(S_4+S_6)	(S_7)
S_4	250	30	95		0,26	1,95	1,95	
S_5	80	50	25		0,65	2,6		
S_6	25	75	4		3,6		6,75	
S_7	20	10	2,5		5,7			1,14
Total ΔU						3,55 V 1,55 %	7,7 V 3,35 %	1,14 V 0,5 %

Tabla H2-3-109: *tabla de las caídas de tensión en el arranque de los tramos del ejemplo.*

La posibilidad del arranque de los morores se mantiene con estas caídas de tensión.

9. Determinación de las corrientes de cortocircuito

En la tabla H1-3-018, pág. H1/089, podemos encontrar el valor de la corriente de cortocircuito de los transformadores estandarizados, bajo una corriente de cortocircuito de 500 MVA de la red de alimentación de MT:
Transformador de 800 kVA 20 kV/410 V.
I_{cc} = 24,175 kA.
Si despreciamos la impedancia de los 5 m de los cables del transformador al interruptor, tendremos a bornes del interruptor, punto A: $I_{cc} = 2 \cdot 24{,}175$ kA = 48,35 kA (49 kA).
A partir del punto (A) la intensidad de cortocircuito será función de la existente en (A) y de la impedancia de los conductores de (A) hasta el punto considerado.
La tabla H1-3-019, pág. H1/089, nos da el valor aproximado de la I_{cc} en función de los dos parámetros que hemos determinado.

Cálculo de la I_{cc} en cada punto de la colocación de un interruptor automático, en la red				
Punto	Conductor S (mm²) Cu	Longitud (m)	I_{cc}, kA aguas arriba	I_{cc}, kA en el punto
A				48
B	240	40	48	25
C	50	35	25	13
D	150	30	48	25

Tabla H2-3-110: *tabla de los valores de cortocircuito en cada punto.*

10. Determinación de los dispositivos de protección

Para la elección de los interruptores automáticos debemos tener en consideración las siguientes relaciones:
■ I_n O I_B.
■ PdC L I_{cc}.
La elección se puede realizar en las tablas H2-3-060, 61, 62, 63 y 66, págs. H2/118, H2/120, H2/122, H2/124 y H2/132.

11. Determinación de la selectividad de las protecciones

Las tablas de selectividad H2-3-102, pág. H2/205, permiten determinar los límites de selectividad entre los diferentes niveles, expresados en el esquema de la figura H2-3-104, pág. H2/209.
El límite de selectividad entre D_0 y D_1, entre D'_0 y D_4 y entre D'_0 y D_7 se ha de multiplicar por el número de transformadores.
Los valores de selectividad no son valores absolutos, son valores de ensayo en función de la relación entre dos interruptores automáticos a unos valores determinados de los parámetros del circuito.

Ejemplo

La selectividad entre C1251N y NS400H es de 12 kA, en nuestro caso (dos transformadores) sería igual a 24 kA.

12. Aplicación de las técnicas de filiación

Con el fin de mejorar los límites de la selectividad, podemos utilizar las tablas de filiación (tabla H2-3-103, pág. H2/207).

Los límites de selectividad con estos nuevos dispositivos los exponemos, igualmente, sobre el esquema. La técnica de la filiación en los casos de transformadores en paralelo se indica en la Guía técnica de distribución eléctrica en BT (las tablas sólo son válidas para los interruptores automáticos de protección de las fuentes y los situados aguas abajo del juego de barras general).

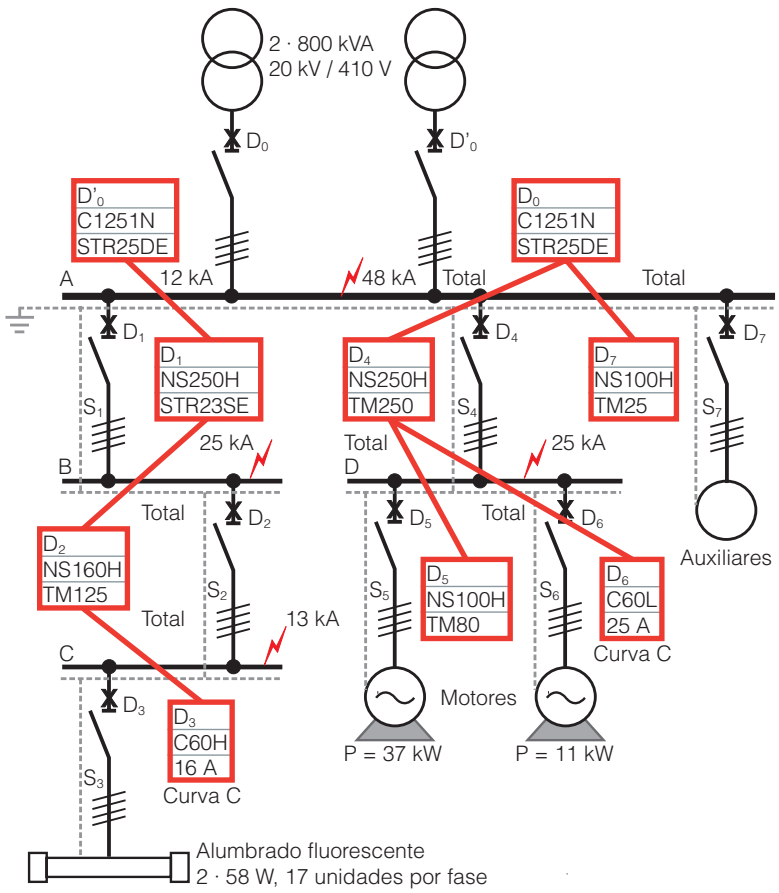


Fig. H2-3-111: *elección de las protecciones en función de la selectividad.*

No se percibe ninguna mejora en la selectividad. Pero la economía realizada en la adquisición de los aparatos es importante.
El mejorar los límites de la selectividad conduce a una buena explotación de la instalación.

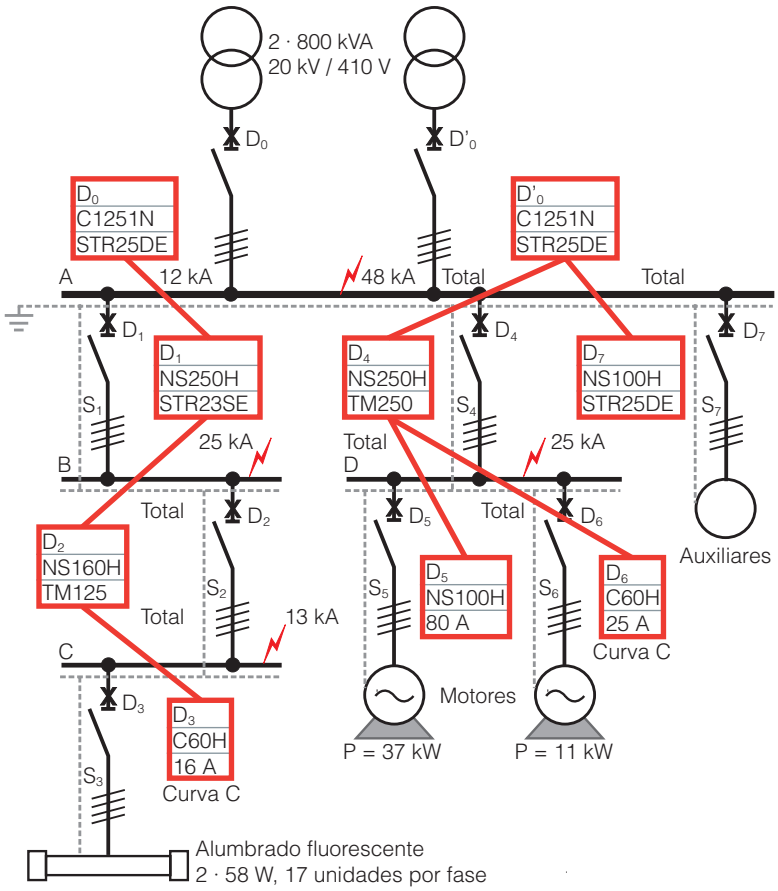


Fig. H2-3-112: *elección de las protecciones en función de la selectividad y la filiación.*

13. Optimización de la coordinación de las protecciones

El empleo de los interruptores automáticos selectivos (equipados de relés electrónicos STR45AE) en los interruptores automáticos de protección de los transformadores, nos permite:

- Doblar los límites de selectividad.
- Realizar la selectividad total en todos los niveles aguas abajo.

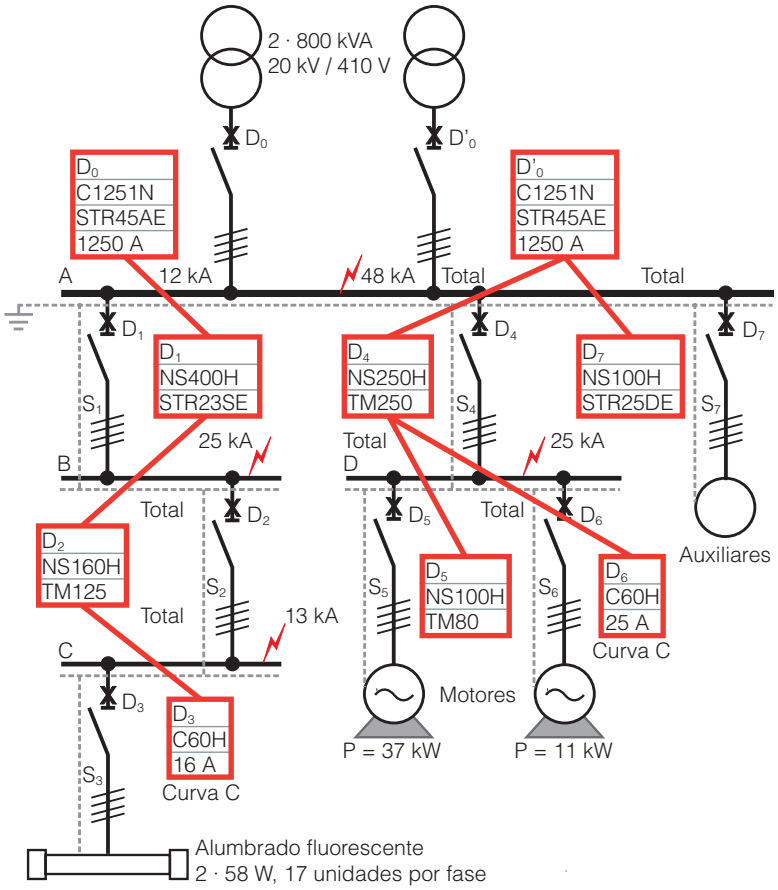


Fig. H2-3-113: *elección de las protecciones en función de la selectividad y la filiación.*

Cómo elegir los interruptores automáticos de la gama de Schneider Electric

En función de las características de la red:

■ Tensión: la tensión nominal del interruptor automático debe ser superior o igual a la tensión compuesta de la red.

■ Frecuencia: la frecuencia nominal del interruptor automático debe ser igual a la de la red. Los aparatos de Merlin Gerin funcionan indiferentemente con frecuencias de 50 o 60 Hz:

□ Para la utilización a grandes frecuencias 400 Hz, consultar las tablas H2-3-115, H2-3-117, H2-3-119, H2-3-122, H2-3-123 y H2-3-124, de las págs. H2/218 a H2/221.

□ Para la utilización en corriente continua, ver la tabla H2-3-126, pág. H2/223.

■ Intensidad: la intensidad de regulación o el calibre del relé del interruptor automático debe ser superior a la corriente de circulación permanente en el circuito, y debe ser inferior a la corriente permanente que permiten circular los conductores en las condiciones de instalación.

■ Poder de corte: el poder de corte del interruptor automático debe ser por lo menos igual a la corriente de cortocircuito trifásica, susceptible de producirse en el punto de situación del interruptor automático.

En el apartado 3.2.3 “Determinaciones de la sección en función de las corrientes de cortocircuito”, pág. H1/88, especificamos la fórmula de cálculo de las corrientes de cortocircuito y expresamos el concepto de “intensidad de cortocircuito presunta” como base de partida para determinar, en función de las impedancias y las limitaciones que la someten las protecciones aguas arriba, la intensidad de cortocircuito real en un punto, que siempre vienen dadas por los datos de filiación facilitado por los fabricantes en función de los ensayos de coordinación:

□ Debemos tener en consideración la limitación de la energía que las protecciones realizan, que debe ser inferior al umbral térmico de la instalación.

□ Debemos tener en consideración la intensidad de cortocircuito de cresta limitada para comparar con el umbral de resistencia de los efectos electrodinámicos.

En el capítulo H2, apartado 3.7 “Los interruptores automáticos y las canalizaciones prefabricadas”, pág. H2/226 (coordinación de interruptores automáticos y canalizaciones prefabricadas), encontraremos las instrucciones para la selectividad y la filiación.

■ Número de polos: en la tabla H1-3-050, pág. H1/116, encontraremos el número de polos de las protecciones en función del régimen de neutro de la instalación.

■ Continuidad de servicio: en función de los imperativos de la explotación, podemos considerar una selectividad total o una selectividad parcial.

En las tablas: H2-3-101, pág. H2\|203, “selectividad de las protecciones”; H2-3-102, pág. H2\|205, “listado de las tablas de selectividad” y H2-3-103, pág. H2\|207, “tablas de selectividad reforzadas por filiación”, se encuentran las referencias de las tablas de selectividad de la aparamenta Merlin Gerin, publicadas en la “Guía técnica de la distribución eléctrica en Baja Tensión”.

3.6. Interruptores automáticos para aplicaciones específicas

Interruptores automáticos para circuitos alimentados a 400 Hz

Los interruptores automáticos multi 9 y Compact son utilizables en redes de alta frecuencia: 400 Hz.
Las intensidades de cortocircuito en los bornes de los generadores de frecuencias elevadas no sobrepasan, generalmente, 4 veces la intensidad nominal, por tanto y de forma genérica, no existen problemas de la aparamenta en el poder de corte.

Interruptores automáticos y diferenciales multi 9:

■ Los dispositivos diferenciales de la gama multi 9 son utilizables en redes de 400 Hz.

■ Las intensidades de cortocircuito en los bornes de generadores de alta frecuencia no suelen sobrepasar cuatro veces la intensidad nominal, por tal razón la gama multi 9 no presenta ninguna dificultad.

■ Debemos tener en consideración la variación del umbral de desconexión en función de la frecuencia (ver curvas y tablas características adjuntas).

■ Características:

□ Mantienen la categoría térmica.

□ Mejoran los umbrales magnéticos:

– Para DPN, DPN N y DPNa, coeficiente 1,5.
– Para C60, coeficiente 1,48.
– Para NC100/125, NG125, coeficiente 1,4.
– Para DPN y DPN N, coeficiente 1,5.

■ Consideraciones.

Los interruptores diferenciales instalados en circuitos a 400 Hz, están expuestos a que el circuito de ensayo no desconecte el diferencial, al pulsar el pulsador de test o el de desconexión a distancia (MOD), por la variación del umbral de desconexión.

Esta variación no representa una desprotección de las personas, frente a los contactos directos.

Los estudios de la CEI 60479-2, demuestran que las personas son menos sensibles a las corrientes de frecuencia elevada y las desviaciones de los umbrales no representan desprotección, por tanto el dimensionado de los interruptores diferenciales lo podemos efectuar como para corrientes de 50/60 Hz.

■ Interruptores diferenciales ID multi 9:

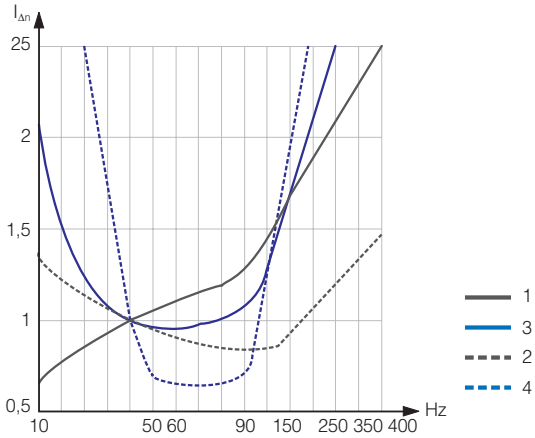


Fig. H2-3-114: *diagrama de corrección de la sensibilidad a la intensidad de fuga con respecto a la frecuencia de los interruptores diferenciales ID.*

Tipo	Clase	Calibre	Sensibilidad		
		(A)	mA		
ID	AC		10	30	300
		25	2	1	1
		25-40	–	1	1
		63-80-100	–	2	1
Todos los tipos	S		–	–	2
ID “si” A				4	

Tabla H2-3-115: *tabla complementaria al diagrama de la fig. H2-3-114.*

■ Interruptores diferenciales DPN Vigi, DPN N Vigi “si”:

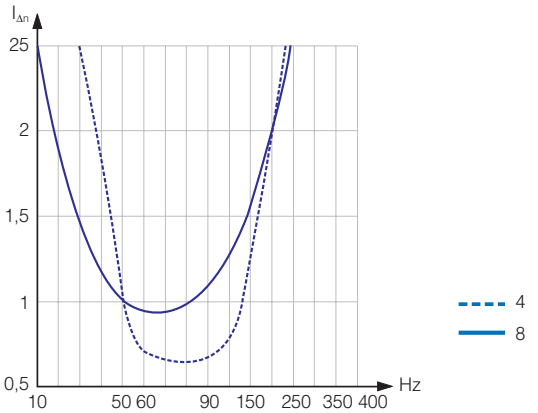


Fig. H2-3-116: *diagrama de corrección de la sensibilidad a la intensidad de fuga con respecto a la frecuencia de los interruptores diferenciales DPN Vigi, DPN N Vigi “si”.*

Tipo	Clase	Calibre	Sensibilidad	
		(A)	mA	
			30	300
DPN Vigi	AC	25	8	8
DPN N Vigi “si”	A, “si”		4	

Tabla H2-3-117: *tabla complementaria al diagrama de la fig. H2-3-116.*

■ Bloques Vigi C60:

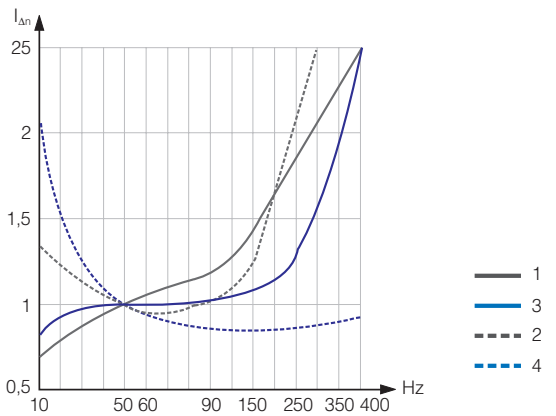


Fig. H2-3-118: *diagrama de corrección de la sensibilidad a la intensidad de fuga con respecto a la frecuencia de los bloques diferenciales Vigi 60.*

Tipo	Clase	Calibre	Sensibilidad			
		(A)	mA			A
			10	30	300	1
Vigi C60 2P 110/240 V - 50 Hz						
Vigi C60	AC	25	2	1	–	–
		63	–	2	–	–
Vigi C60 2, 3 y 4P 220/415 V - 50 Hz						
Vigi C60	AC	25	2	1	1	–
		40-63	–	2	1	–
		25-63	3	3	2	–
Todos los tipos		–	–	4	2	–
Vigi C60 “si”				4		

Tabla H2-3-119: *tabla complementaria al diagrama de la fig. H2-3-118.*

■ Bloques diferenciales Vigi NC100, Vigi NC125 y NG125:
□ Bloques diferenciales Vigi NC100, Vigi NC125.

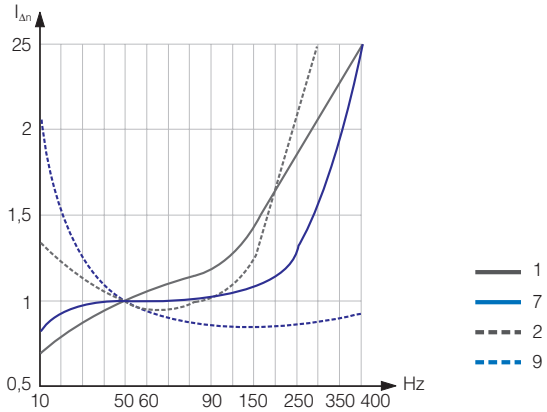


Fig. H2-3-120: *diagrama de corrección de la sensibilidad a la intensidad de fuga con respecto a la frecuencia de los bloques diferenciales Vigi NC100 y Vigi NC125.*

□ Bloques diferenciales Vigi NG125.
La siguiente curva representa la relación K entre la sensibilidad a una frecuencia determinada y la sensibilidad a 50 Hz.
Frecuencias entre 10 y 400 Hz.

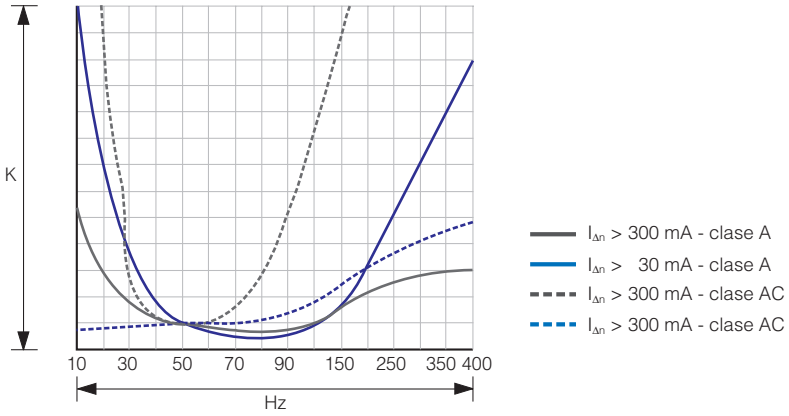


Fig. H2-3-121: *diagrama de corrección de la sensibilidad a la intensidad de fuga con respecto a la frecuencia de los bloques diferenciales Vigi NG125.*

Tipo	Clase	Calibre	Sensibilidad					
	(A)		mA				A	
			10	30	100	300	1	3
Vigi NC100	AC	63-100	–	3	–	1	–	–
Vigi NC125	A	125	–	7	7	7	7	7
Vigi NG125	A	125	–	7	7	7	7	7
Todo los tipos	Ⓢ	–	–	9	9	9	–	–

Tabla H2-3-122: *tabla complementaria a los diagramas de las figs. H2-3-120 y H2-3-121.*

Los estudios de la CEI 60479-2 demuestran que las personas son menos sensibles a las corrientes de frecuencia elevada y las desviaciones de los umbrales no representan desprotección, por tanto el dimensionado de los interruptores diferenciales los podemos efectuar como para corrientes de 50/60 Hz.

Interruptores automáticos Compact

Las intensidades de regulación a 400 Hz se obtienen a partir de los valores a 50 Hz, aplicando los coeficientes:
K1 para los relés térmicos.
K2 para los relés magnéticos.
Estos coeficientes de adaptación son independientes del escalón de regulación del relé:

■ Los relés térmicos.

Las intensidades de regulación son menos elevadas a 400 Hz que a 50 Hz (K I 1).

■ Los relés magnéticos.

Las intensidades de regulación son, por contra, más elevadas a 400 Hz que a 50 Hz (K2 L 1). En consecuencia es aconsejable, puesto que los relés son regulables, regularlos al mínimo o utilizar interruptores automáticos Compact equipados con relés de umbral magnético bajo (tipo G).
La tabla de la página siguiente (H2-3-124) permite obtener los valores de regulación a 400 Hz, aplicando los coeficientes K1 y K2 a los valores de regulación a 50 Hz.

■ Los relés electrónicos.

Los relés electrónicos ofrecen la ventaja de una gran estabilidad a la variación de la frecuencia. No obstante los equipos electrónicos son muy sensibles a la temperatura y la frecuencia puede incrementar su temperatura de trabajo, obligando a una consideración de los mismos.
La columna K1 nos da los límites máximos de utilización para cada tipo.
La columna K2 da los coeficientes a aplicar a los valores definidos a 50 Hz para obtener los que se han de aplicar a 400 Hz.

Poder de corte de los interruptores automáticos Compact para ser utilizados en redes de 400 Hz

Compact NS	P d C
NS100N	12 kA
NS250N	4,5 kA
NS400N	10 kA
NS630N	10 kA
Compact C	
C801N	25 kA
C1001N	25 kA
C1251N	25 kA

Tabla H2-3-123: *tabla de los valores del poder de corte de los interruptores automáticos Compact a 400 Hz.*

Interruptores automáticos Compact					
Interruptor automático	Calibre	I_r (a 50 Hz 40 °C)	$I_{r\ máx.}$ K1	I_{rm} (a 50 Hz) (A)	K2
Relés magnetotérmicos					
NS100N	TM16G	16	0,95	63	1,6
	TM25G	25	0,95	80	1,6
	TM40G	40	0,95	80	1,6
	TM63G	63	0,95	125	1,6
NS250N	TM16D	16	0,95	240	1,6
	TM25D	25	0,95	300	1,6
	TM40D	40	0,95	500	1,6
	TM63D	63	0,95	500	1,6
	TM80D	80	0,9	650	1,6
	TM100D	100	0,9	800	1,6
	TM125D	125	0,9	1.000	1,6
	TM160D	160	0,9	1.250	1,6
	TM200D	200	0,9	(*) 1.000	1,6
	TM250D	250	0,9	(*) 1.250	1,6
Relés electrónicos					
NS100N	STR22SE	40...100	0,4 a 1	2 a 10 I_r	1
NS250N	STR22SE	160...250	0,4 a 0,9	2 a 10 I_r	1
NS400N	STR22SE	400	0,4 a 0,8	1,5 a 10 I_r	1
NS630N	STR22SE	630	0,4 a 0,8	1,5 a 10 I_r	1
NS400N	STR53SE	400	0,4 a 0,8	1,5 a 10 I_r	1
NS630N	STR53SE	630	0,4 a 0,8	1,5 a 10 I_r	1
C801N	STR25DE	800	0,4 a 0,75	1,5 a 10 I_r	0,97
	STR35SE/GE	800	0,4 a 0,75	1,5 a 10 I_r	0,97
C1001N	STR25DE	1000	0,4 a 0,75	1,5 a 10 I_r	0,97
	STR35SE/GE	1000	0,4 a 0,75	1,5 a 10 I_r	0,97
C1251N	STR25DE	1250	0,4 a 0,75	1,5 a 10 I_r	0,97
	STR35SE/GE	1250	0,4 a 0,75	1,5 a 10 I_r	0,97

(*) Para TM 200D y TM 250D, la regulación de I_m debe ser al máximo.

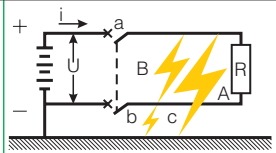
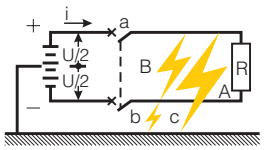
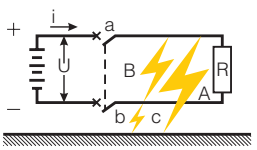
Tabla H2-3-124: *tabla de los coeficientes K1 y K2 a aplicar a los interruptores automáticos Compact para su utilización a 400 Hz.*

Elección del interruptor automático para una red de corriente continua

Criterios de elección

La elección del tipo de interruptor automático para la protección de una instalación en corriente continua, depende esencialmente de los criterios siguientes:

- La intensidad nominal que permite elegir el calibre.
- La tensión nominal que permite determinar el número de polos en serie que deben participar en el corte.
- La intensidad de cortocircuito máxima en el punto de instalación, que permite definir el poder de corte.
- El tipo de red (ver tabla adjunta H2-3-125).

Tipo de red		Redes con puesta a tierra La fuente tiene una polaridad, la fuente tiene un punto puesta a tierra medio puesto a tierra		Redes aisladas de tierra
Esquemas y diferentes casos de defecto				
Análisis de cada defecto	Defecto A	I_{cc} máxima Únicamente la polaridad positiva se ve afectada	I_{cc} próxima a I_{cc} máxima Afecta a la polaridad positiva bajo la tensión mitad U/2	Sin consecuencias
	Defecto B	I_{cc} máxima Afecta a las 2 polaridades	I_{cc} máxima Las 2 polaridades se ven afectadas	I_{cc} máxima Implica a las 2 polaridades
	Defecto C	Sin consecuencias	Ídem defecto A, pero es la polaridad negativa la que interviene	Sin consecuencias
Caso más desfavorable		Defecto A	Defectos A y C	Defecto B
Reparto de los polos de corte en el caso de un interruptor automático		Todos los polos que deben participar efectivamente en el corte se sitúan en serie sobre la polaridad positiva(1)(2)	Prever sobre cada polaridad el número de polos necesario para cortar $I_{cc\ máx.}$ bajo la tensión U/2	Repartir el número de polos necesarios para el corte sobre cada polaridad

(1) O negativa si es la polaridad positiva la que está puesta a tierra.
(2) Prever un polo suplementario sobre la polaridad puesta a tierra si se quiere el seccionamiento total.

Tabla H2-3-125: *tipo de redes en cc y situaciones de defecto.*

Intensidad de cortocircuito en los bornes de una batería de acumuladores

Para un cortocircuito en sus bornes, una batería de acumuladores presenta una intensidad dada por la ley de Ohm:

$$I_{cc} = \frac{V_b}{R_i}$$

V_b = tensión máxima de descarga (batería cargada al 100 %).
R_i = resistencia interna equivalente al conjunto de los elementos (valor en general dado por el constructor en función de la capacidad en amperios-hora de la batería).

Ejemplo

¿Cuál es la intensidad de cortocircuito en bornes de una batería estacionaria de características:

■ Capacidad: 500 Ah.
■ Tensión máxima de descarga: 240 V (110 elementos de 2,2 V).
■ Intensidad de descarga: 300 A.
■ Autonomía: 1/2 hora.
■ Resistencia interna: 0,5 m por elemento.

Respuesta:

$$R_1 = 110 \cdot 0{,}5 \cdot 10^{-3} = 55 \cdot 10^{-3}$$

$$I_{cc} = \frac{240}{55 \cdot 10^{-3}} = 4{,}4 \text{ kA}$$

Tabla de elección de los interruptores automáticos en cc

Tipo	Intensidad asignada(A)	Poder de corte (kA) (L/R_i 0,015 s) (entre paréntesis, el número de polos que deben participar en el corte)								Protección contra las sobre-cargas (térmico)	Coeficiente de sobredimensio-nado de los umbrales magnéticos
		24/48 V	60 V	125 V	125 V	250 V	500 V	750 V	1000 V		
Multi 9											
C32H-D C(1)	1-2-3-6-10-16-20-25-32-40	20 (1p)		10 (1p)	20 (2p)	10 (2p)				Especial cc	Especial cc
XC40	10-15-20-25-32-38	15 (1p)		20 (2p)	45 (3p)	50 (4p)				Ídem ca	1,43
C60N	6-10-16-20-25-32-40-50-63	15 (1p)		20 (2p)	30 (3p)	40 (4p)				Ídem ca	1,38
C60H	1-2-3-4-6-10-16-20-25-32-40-50-63	20 (1p)		25 (2p)	40 (3p)	50 (4p)				Ídem ca	1,38
C60L	1-2-3-4-6-10-16-20-25-32-40	25 (1p)		30 (2p)	50 (3p)	60 (4p)				Ídem ca	1,38
NG125N	10-16-20-25-32-40-50-63-80-100-125		25 (1p)	25 (1p)		25 (2p)	25 (4p)			Ídem ca	1,42
NG125H	10-16-20-25-32-40-50-63-80-100-125		36 (1p)	36 (1p)		36 (2p)	36 (4p)			Ídem ca	1,42
NG125L	10-16-20-25-32-40-50-63-80-100-125		50 (1p)	50 (1p)		50 (2p)	50 (4p)			Ídem ca	1,42
Compact											
NS100N	16-25-40-63-80-100	50 (1p)		50 (1p)		50 (1p)	50 (2p)			La protección de redes idéntica a las redes de ca	
NS100H	16-25-40-63-80-100	85 (1p)		85 (1p)		85 (1p)	85 (2p)				
NS100L	16-25-40-63-80-100	100 (1p)		100 (1p)		100 (1p)	100 (2p)				
NS160N	80-100-125-160	50 (1p)		50 (1p)		50 (1p)	50 (2p)				
NS160H	80-100-125-160	85 (1p)		85 (1p)		85 (1p)	85 (2p)				
NS160L	80-100-125-160	100 (1p)		100 (1p)		100 (1p)	100 (2p)				
NS250N	160-200-250	50 (1p)		50 (1p)		50 (1p)	50 (2p)				
NS250H	160-200-250	85 (1p)		85 (1p)		85 (1p)	85 (2p)				
NS250L	160-200-250	100 (1p)		100 (1p)		100 (1p)	100 (2p)				
NS400H	MP1/MP2	85 (1p)		85 (1p)		85 (1p)	85(2p)			Térmico inoperante, prever un relé externo (si es necesario)	Relés MP1/MP2/MP3 P21/P41 especiales cc (2)
NS630H	MP1/MP2/MP3	85 (1p)		85 (1p)		85 (1p)	85 (2p)				
C1251N-DC	P21/P41-1250	50 (1p)		50 (1p)		50 (2p)	50 (3p)	25 (3p)			
Masterpact											
M10-DC 1000		100 (3p)		100 (3p)		100 (3p)	100 (3p)	50 (4p)	50 (4p)		dina 1,5 a 20 kA
M20-DC 2000		100 (3p)		100 (3p)		100 (3p)	100 (3p)	50 (4p)	50 (4p)		dina 1,5 a 20 kA
M40-DC 4000		100 (3p)		100 (3p)		100 (3p)	100 (3p)	50 (4p)	50 (4p)		dina 1,5 a 20 kA
M60-DC 6000		100 (4p)		100 (4p)		100 (4p)					dina 9 a 40 kA
M80-DC 8000		100 (4p)		100 (4p)		100 (4p)					dina 9 a 40 kA

(1) O negativa si es la polaridad positiva la que está puesta a tierra.
(2) Prever un polo suplementario sobre la polaridad puesta a tierra si se quiere el seccionamiento total.

Tabla H2-3-126: *elección de los interruptores automáticos en cc.*

Como demuestra el cálculo adjunto, las intensidades de cortocircuito son relativamente débiles.

Nota: si la resistencia interna no se conoce, se puede utilizar la fórmula aproximada siguiente: $I_{cc} = kC$ donde C es la capacidad de la batería expresada en amperios/hora y k un coeficiente próximo a 10 y en todos los casos siempre inferior a 20.

240 Vcc
300 A
500 Ah
R_i = 0,5 ω /elemento

Ejemplos:

■ ¿Cómo realizar la protección de una salida de 80 A en una red de 250 V de corriente continua donde la polaridad negativa está puesta a tierra: I_{cc} = 15 kA?

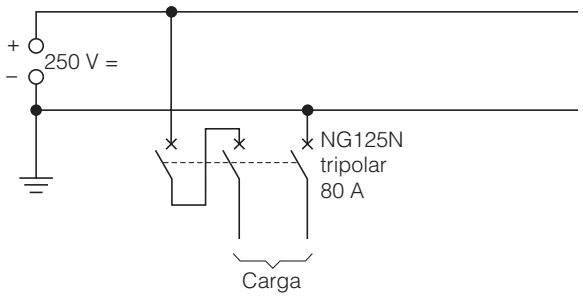


Fig. H2-3-127: *esquema ejemplo 1.º.*

La tabla adjunta indica que se debe utilizar un interruptor automático NG125N (25 kA, 2p, 250 V).
La tabla indica que los 2 polos deben situarse sobre la polaridad positiva.
Se puede colocar un polo suplementario sobre la polaridad negativa para asegurar el seccionamiento (en este caso utilizamos un automático tripolar).

■ ¿Cómo realizar la protección de una salida de 100 A sobre una red de 500 V de corriente continua donde el punto medio está puesto a tierra: I_{cc} = 15 kA?

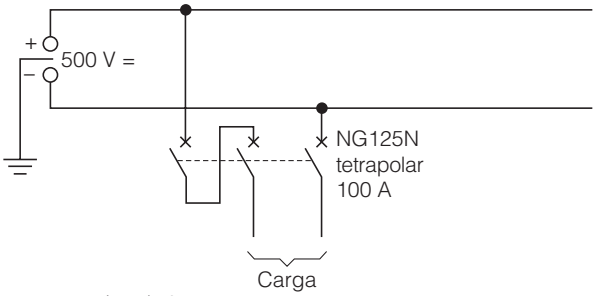


Fig. H2-3-128: *esquema ejemplo 2.º.*

Cada polo estará sometido como máximo a U/2 = 250 V.
La tabla adjunta indica que debe utilizarse un interruptor automático NG125N (25 kA, 2p, 250 V) o NS100N (50 kA, 1p, 250 V) o NS160N (50 kA, 1p, 250 V).
La tabla indica que los 2 polos deben participar en el corte bajo la tensión 250 V.

■ ¿Cómo realizar la protección de una salida de 400 A sobre una red de 250 V de corriente continua aislada de tierra: I_{cc} = 35 kA?

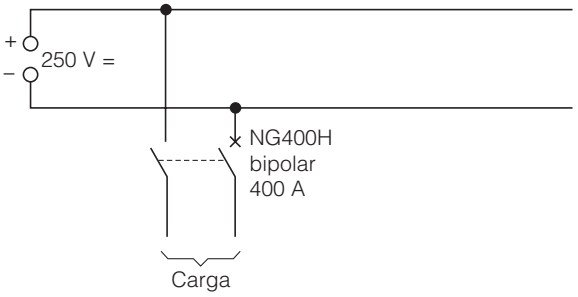


Fig. H2-3-129: *esquema ejemplo 3.º.*

La tabla adjunta indica que debe utilizarse un interruptor automático NS400H (85 kA, 1p, 250 V). Al menos 1 polo debe participar en el corte.
La tabla indica que el número de polos necesario en el corte deben ser repartidos sobre cada polaridad (1/2 en cada polaridad: es decir 1 en cada polaridad).

Interruptores automáticos para aplicaciones de marina mercante y *offshore*

Interruptores C60 y NC100 para aplicaciones en marina mercante y *offshore*

Los interruptores fabricados por Merlin Gerin destinados a aplicaciones en la marina mercante y *offshore* son reconocidos por los siguientes organismos:

- LRS: Lloyd's Register of Shipping.
- DNV: Det Norske Veritas.
- GL: Germanischer Lloyd.
- BV: Bureau Veritas.
- MRS: Maritime Register of Shipping (CIS).
- ABS: American Bureau of Shipping.
- RINA: Registro Italiano Navale.
- KRS: Korean Register of Shipping.

Los interruptores aprobados o en curso de serlo pueden verse en la siguiente tabla.

Las características de uso aprobadas por los diferentes organismos pueden verse en la tabla posterior.

	C60		NC100			
	N	H	L	LS	LH	LMA
LRS	■	■	□	□	■	■
DNV	■	■	■	■	■	■
GL	■	■	□	■	■	■
BV	■	■	■	■	■	■
MRS	■	■	■	■	■	■
ABS	■	■	■	□	■	■
RINA	■	■	□	□	■	■
KRS	□	□	□	□	□	□

■ Aprobado.
□ Pendiente de aprobación.

Organismo LRS, DNV, GL, MRS, BV, ABS, RINA, KRS												
			C60N		C60H		C60H		NC100LS		NC100LH/LMA(1)	
Curvas			C		C y D (2)		D		C y D		C y MA	
Calibre (A)			63 a 30 °C		63 a 30 °C		40 a 40 °C		40 a 40 °C		40 a 40 °C	
Tensión (V)	CA 50/60 Hz 440		440	440	440	440						
	CC			250	500	500	500					
N.º de polos			1	2-3-4	1	2-3-4	1	2-3-4	1	2-3-4	1	2-3-4
Poder de corte CA (kA rms)	I_{cu}/I_{cs}	230 V									50/38	100/75
	CEI 60947-3	240 V	10/7	20/15	10/7,5	30/15	15/7,5	30/15	36/27	70/53		50/38
		400 V										50/38
		415 V		10/7		15/7,5		15/7,5		36/27		30/23
		440 V		5/4,5		10/5		10/5		30/23		30/23
Poder de corte CC (kA) LR < 0,015 s	I_{cu}/I_{cs}	24 a 60 V			20		20					
		125 V			40 (3p)	25 (2p)	40 (3p)	25 (2p)				
		250 V			50 (4p)		50 (4p)		36		50	
		500 V								36 (3p)		50 (3p)

(1) NC100 LMA: 2 y 3 polos solamente.
(2) Curva D hasta 40 A.

Tabla H2-3-130: *características para la utilización en la marina mercante.*

Homologaciones de los productos multi 9

Numerosos interruptores multi 9 son exportados. Muchas de las gamas de productos multi 9 han obtenido las marcas de calidad internacionales. En particular poseen la homologación para los países siguientes:

Países	Homologaciones	Símbolos
Alemania	VDE	
Austria	OVE	
Bélgica	Cebec	
Dinamarca	Demko	
España	AENOR	
Finlandia		
Holanda	Kema	
Italia	IMQ	
Noruega	Nemko	
Suecia	Semko	
Suiza	ASE	

Para los aparatos incorporados como protecciones complementarias en los equipos destinados a USA y a Canadá, algunos de nuestros interruptores, por ejemplo la gama C60, tiene la homologación UL 1077 y CSA C22.2. Para informaciones complememtarias, consultarnos.

Asimismo muchos de nuestros interruptores automáticos magnetotérmicos (C60N, H) e interruptores diferenciales poseen la marca **N** de AENOR que reconoce y certifica la calidad de nuestros productos.

3.7. Los interruptores automáticos y las canalizaciones prefabricadas

El diseño y la creación de una instalación de distribución eléctrica mediante CEP para un edificio industrial o comercial debe satisfacer 3 necesidades básicas: la evolutividad de la instalación en el tiempo, la sencillez y, por último, la seguridad.

La distribución eléctrica mediante CEP reúne estas tres características.

- Evolutividad.
- Sencillez.
- Seguridad.

La evolutividad de la instalación en el tiempo

"Flexibilidad" y "Adaptabilidad" son dos palabras clave dentro de cualquier actividad, tanto comercial como industrial, que debe adaptarse de forma rápida al mercado con el fin de:

- Satisfacer las necesidades de sus clientes.
- Hacer frente al desarrollo acelerado y a las fluctuaciones de la demanda.

Estos criterios de prestación se expresan en términos de:

- Cantidad de los bienes que se vayan a producir, del servicio a ofrecer...
- Plazo de fabricación en constante disminución.
- Calidad: el nivel de calidad de los productos y los servicios relacionados con los mismos debe ser equivalente, independientemente de los parámetros implicados (plazo corto, importante cantidad de producción...).

Todo esto implica una constante adaptación de los medios de producción, ya que, una vez realizada la primera puesta en servicio, las cadencias de producción aumentan y el proceso se completa con nuevas máquinas.
La distribución eléctrica mediante CEP responde perfectamente a todas estas exigencias debido a la flexibilidad de su diseño.

La sencillez del sistema de distribución eléctrica mediante CEP:

- De diseño sencillo: el estudio se puede realizar independientemente del reparto de la energía y de la instalación de los receptores. La elección del material queda predeterminada y optimizada.
- De sencilla instalación: gracias al diseño prefabricado.

La seguridad

Una distribución eléctrica segura está optimizada con el fin de garantizar:

- La seguridad de los bienes y de las personas.
- La continuidad de servico (elección del SLT, instalación de las técnicas de selectividad, cambios en la instalación sin realizar cortes...).
- La fiabilidad (equipos fiables, subconjuntos montados en fábrica...).
- La facilidad de mantenimiento (modificaciones sencillas y rápidas).

La seguridad es también garante de una solución económica de explotación.
La distribución eléctrica mediante CEP reúne, en su totalidad, todas estas características.

Sistema de distribución eléctrica mediante CEP

En grandes edificios > a 5000 m²

Desde el transformador hasta las utilizaciones finales, la distribución se divide en 3 niveles distintos:

- Nivel A: el transporte y la distribución de baja densidad de derivación.
- Nivel B: la distribución de alta densidad de derivación.
- Nivel C: el cuadro final.

La distribución por Canalización Eléctrica Prefabricada (CEP) responde perfectamente a las exigencias de cada nivel, y aporta:

- Funciones específicas.
- Una gran fiabilidad de explotación respetando la norma CEI 60439-2.

Los siguientes esquemas representan las instalaciones típicas con las que nos podemos encontrar en la práctica en la mayoría de los casos.

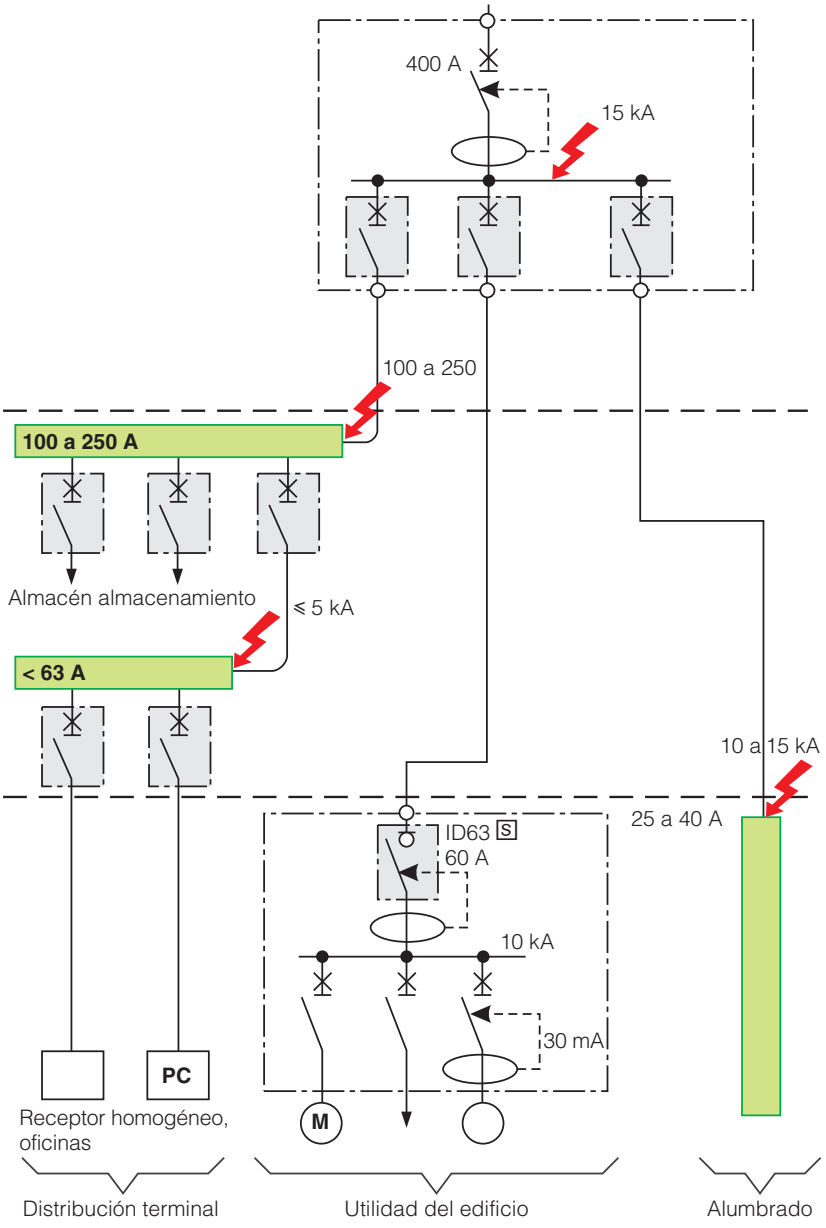


Fig. H2-3-131: *distribución con CEP en grandes edificios > a 5000 m².*

En medianos y pequeños edificios < a 5000 m²

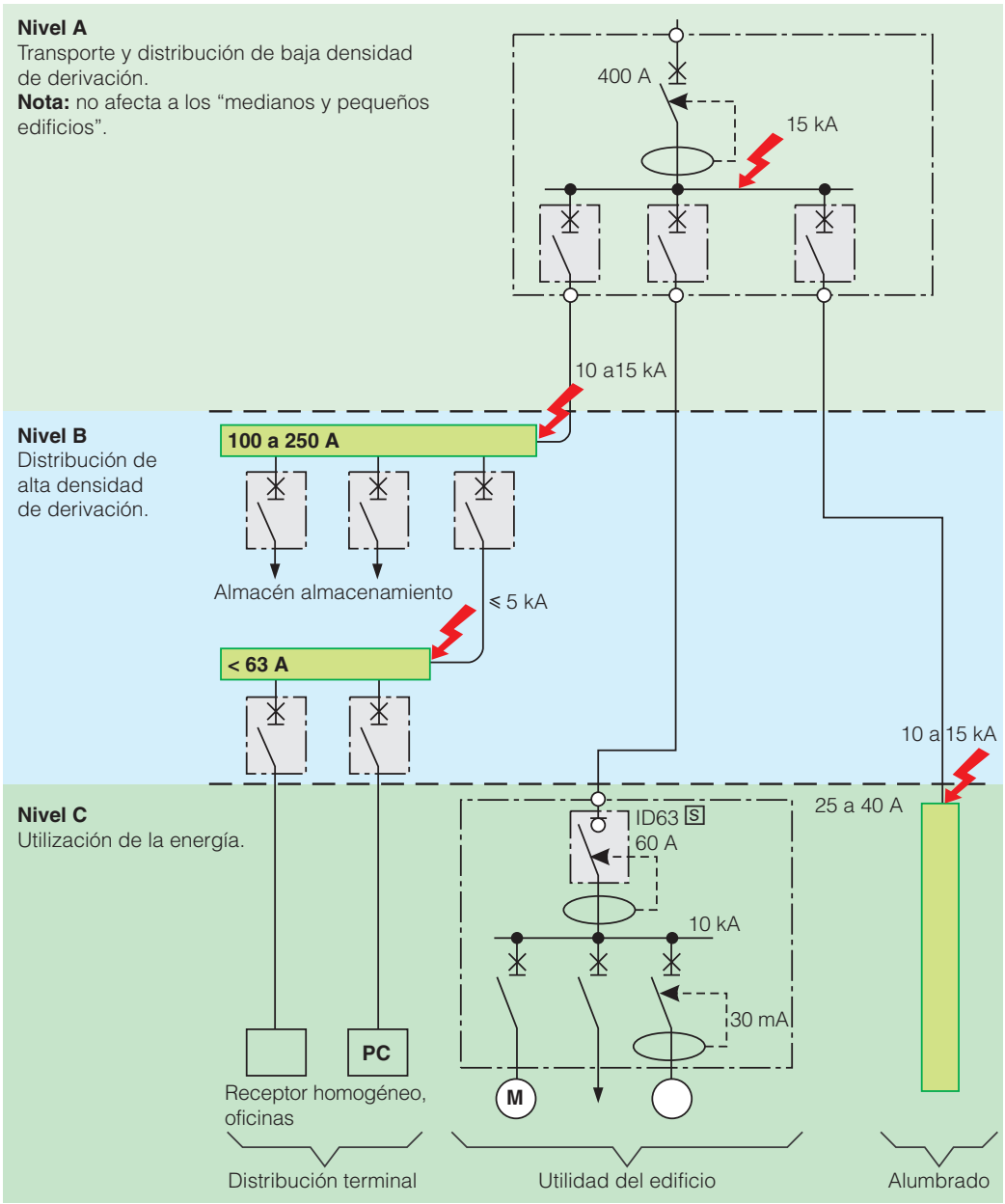


Fig. H2-3-132: *distribución con CEP en pequeños y medianos edificios < a 5000 m².*

Funciones:

CEP en el transporte y la distribución de baja densidad de derivación:
- Elevadas corrientes de empleo de 1000 A a 5000 A.
- Importante resistencia a los cortocircuitos hasta 150 kA.
- Continuidad tecnológica.
- Flexibilidad.

CEP en la distribución de alta densidad de derivación:
- Diversas tomas de derivación.

■ Flexibilidad del posicionamiento de los cofres.
■ Facilidad y seguridad de manipulación.

Cuadro final:
■ Apertura en carga (corte de emergencia).
■ Seccionamiento local.

Nivel A: el transporte y la distribución de baja densidad de derivación:
■ Necesidades.
Este nivel corresponde a la alimentación del transformador/CGBT y a la distribución principal aguas abajo del CGBT.
La siguiente tabla resume las exigencias de este nivel con respecto a los criterios de prestación (cf. p. 3):

Criterios de prestación	Exigencia	Comentario
Evolutividad	* *	Las modificaciones en este nivel de la instalación son poco frecuentes pero importantes; las reinstalaciones no afectan a la distribución principal
Sencillez	* * *	Disponibilidad de potencia en cualquier punto de la instalación Fácil instalación gracias a la descomposición en elementos prefabricados
Seguridad □ Continuidad de servicio □ Seguridad	 * * * * *	El conjunto de la distribución se encuentra aguas abajo. Las manipulaciones se realizan bajo tensión. La seguridad de las personas debe quedar garantizada. Aunque no es muy frecuente, las manipulaciones son realizadas por personal cualificado. Se exige alta fiabilidad en caso de defecto eléctrico

*: exigencia baja. **: exigencia media. ***: exigencia fuerte.

■ Canalizaciones Eléctricas Prefabricadas (CEP) de transporte y de distribución de baja densidad.
Las canalizaciones T0 transportan directamente la energía del transformador AT/BT al CGBT. Las canalizaciones T1, de la parte posterior del CGBT, transportan y distribuyen la energía a las CEP de distribución de baja densidad que, a su vez, alimentan los distintos talleres.
La instalación de una CEP de transporte o de distribución de baja densidad aporta una solución fácil y adaptada:
□ Las características de las CEP de transporte ofrecen niveles de corriente de empleo de 1000 A a 5000 A y resistencias a los cortocircuitos de hasta 150 kA.
□ La utilización de una conexión flexible hacia las CEP de nivel B garantiza la continuidad tecnológica y la flexibilidad de la instalación.
□ Las CEP son de baja densidad de tomas de derivación debido a que el número de salidas que se debe alimentar (talleres, halls) es poco importante.
□ Los cofres de derivación son de tipo fijos o desenchufables bajo tensión.

Nivel B: la distribución de alta densidad de derivación:
■ Necesidades.
Aguas abajo de las CEP de distribución se deben alimentar 2 tipos de utilidades:
□ Talleres o máquinas pesadas (armario de automatismo). En este caso, los niveles de cortocircuito y de intensidad pueden ser elevados (de 20 a 70 kA respectivamente y hasta 800 A) (véase la figura H2-3-131, pág. H2/229, “Distribución con CEP en grandes edificios superiores a 5.000 m²”).
□ Pequeñas máquinas (cuadro, cofre de automatismos, circuito de alumbrado...).
Los niveles de cortocircuito y de potencia son más débiles, de 10 a 40 kA respectivamente y hasta 400 A.

La siguiente tabla ofrece los criterios de prestación:

Criterios de prestación	Exigencia	Comentario
Evolutividad	* * *	Posibilidad de cambios importantes Los puntos de derivación (receptores) evolucionan física y eléctricamente Por tanto, es necesario contar con: – Una distribución de alta densidad de tomas de derivación – Una evolutividad sin interrupción en la continuidad de servicio
Sencillez	* * *	De diseño y de instalación Los cofres de derivación deben situarse en cualquier punto de la canalización independientemente del nivel de I_{cc}
Seguridad ■ Continuidad de servicio ■ Seguridad	 * * * * * *	Los cambios se realizan sin corte Los cofres de derivación son desenchufables y enchufables bajo tensión Los cambios bajo tensión se deben realizar con total seguridad: – Protección contra contactos directos – Bloqueo de conexión para la correcta instalación de los cofres de derivación – Prestaciones del cofre de derivación dotado de un interruptor automático, automáticamente compatible con la I_{cc} en el punto de instalación en cuestión

*: exigencia baja. **: exigencia media. ***: exigencia fuerte.

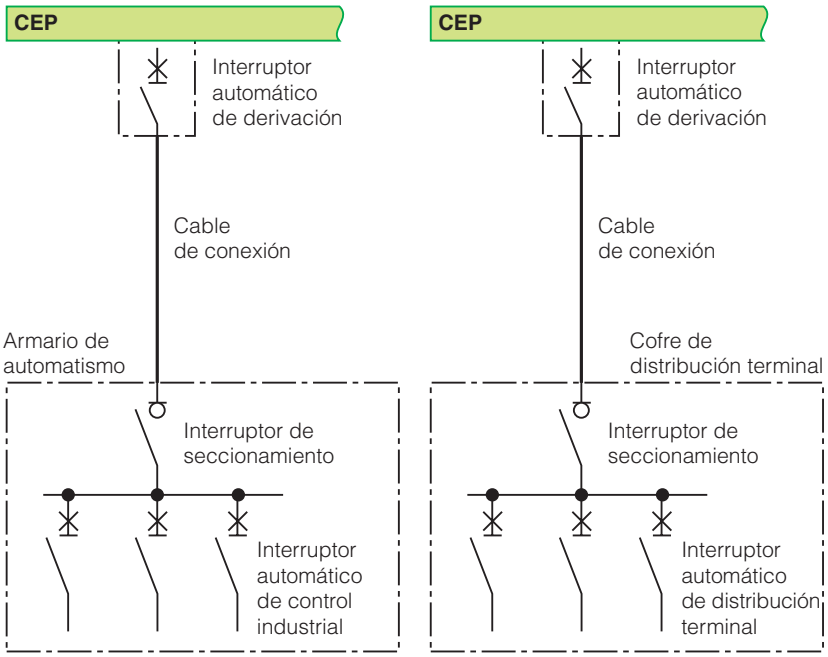
■ Canalizaciones Eléctricas Prefabricadas (CEP) de distribución de alta densidad de derivación.
La distribución eléctrica mediante CEP responde a las necesidades del usuario:
□ Alta densidad de tomas de derivación.
□ Conexión bajo tensión con total seguridad para los cofres de derivación.
□ Posibilidad de colocar los cofres a lo largo de la CEP.
□ Desmontaje/montaje/adición fáciles y con total seguridad para los cofres de derivación.
□ Protección del usuario y facilidad de manejo.
Las canalizaciones respetan la norma CEI 60439-2 (véase página H1/150) que garantiza su calidad y su fiabilidad independientemente de los cambios que se realicen en la instalación.

Nivel C: el cuadro final:
■ Necesidades.
En muchas ocasiones, la distribución terminal aguas abajo es solidaria al receptor.
Las exigencias con respecto a los criterios de prestación son:

Criterios de prestación	Exigencia	Comentario
Evolutividad	* * *	Los cofres de derivación de la CEP deben ser estándar Las protecciones deben tener un amplio margen de regulación
Sencillez	* *	
Seguridad □ Continuidad de servicio □ Seguridad	 * * * * * *	Es fundamental que la protección del (de los) receptor(es) en el armario del automatismo esté perfectamente coordinada con las protecciones aguas arriba De personas y bienes

*: exigencia baja. **: exigencia media. ***: exigencia fuerte.

■ El cuadro final.
Debe responder a determinadas características para conservar sus prestaciones, sobre todo en lo que a continuidad de servicio y a seguridad se refiere.
La apertura en carga –necesaria para el corte de emergencia– y el seccionamiento, son necesidades que se deben integrar a nivel del interruptor de la parte superior del cofre.
Por otro lado, el usuario puede manipular con facilidad los equipos de mando y de protección.



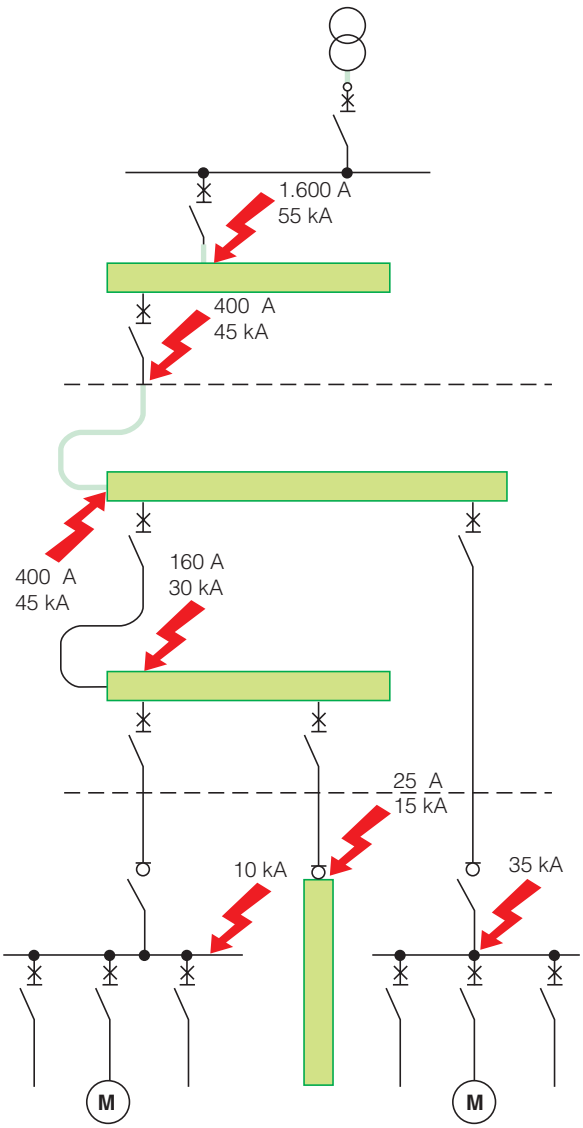
Los conceptos de cálculo de la protección y coordinación los hemos expuesto en el apartado 3.5, del capítulo H1, “Sistemas de distribución eléctrica mediante CEP”, pág. H1/150.

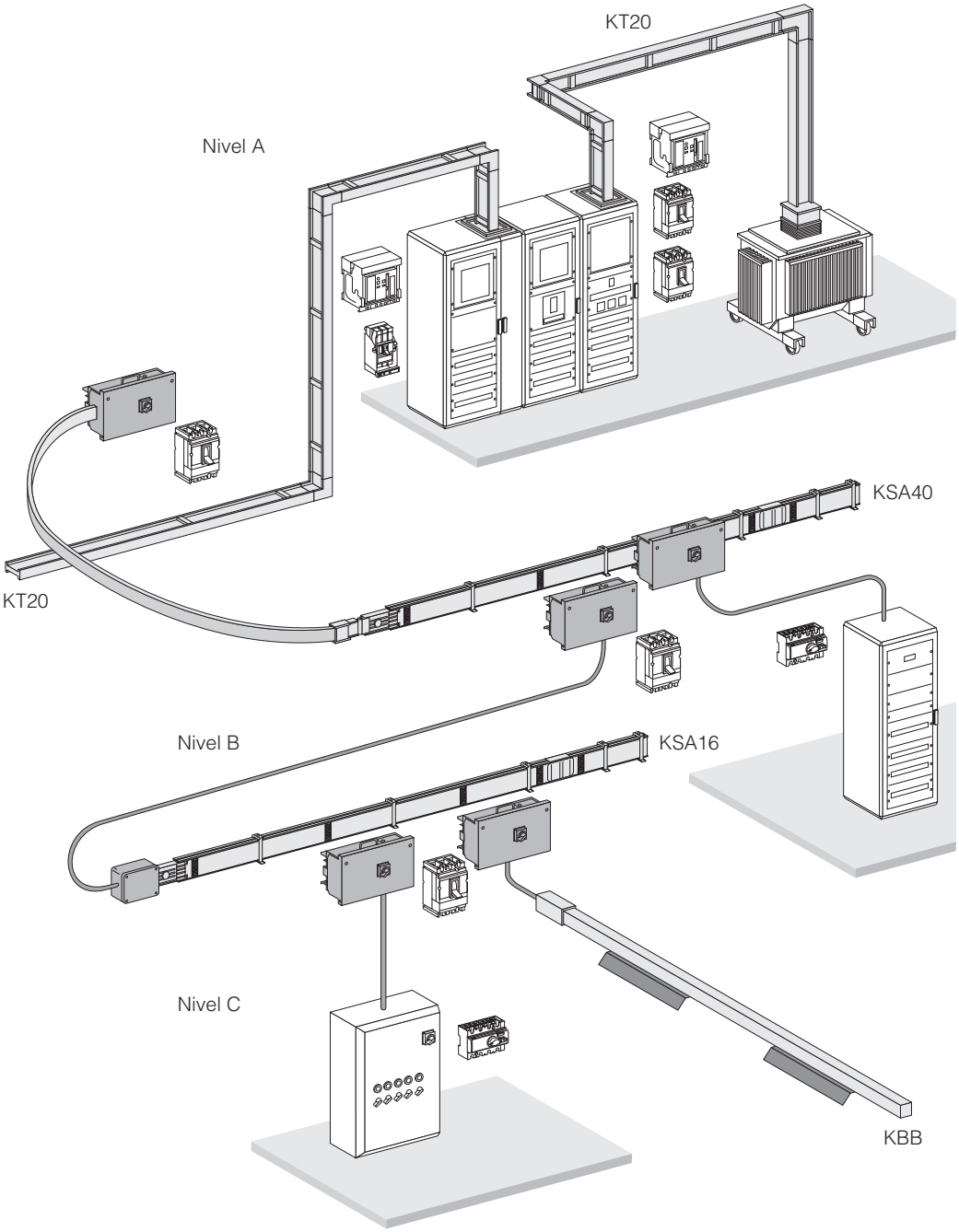
Sistema Telemecanique de distribución eléctrica mediante CEP

La distribución eléctrica mediante CEP responde perfectamente a las exigencias de evolutividad, sencillez, continuidad de servicio y seguridad.
Schneider Electric recomienda el estudio del tipo de sistema necesario para garantizar todas estas funciones.
Estas soluciones se establecen sobre la base de una distribución eléctrica mediante CEP Telemecanique –protegida mediante disyuntores Merlin Gerin– que ofrece:
■ La sencillez a la hora de realizar las elecciones.
■ La homogeneidad de las soluciones.
■ La racionalización de los componentes.
■ La garantía del fabricante de la combinación del sistema.

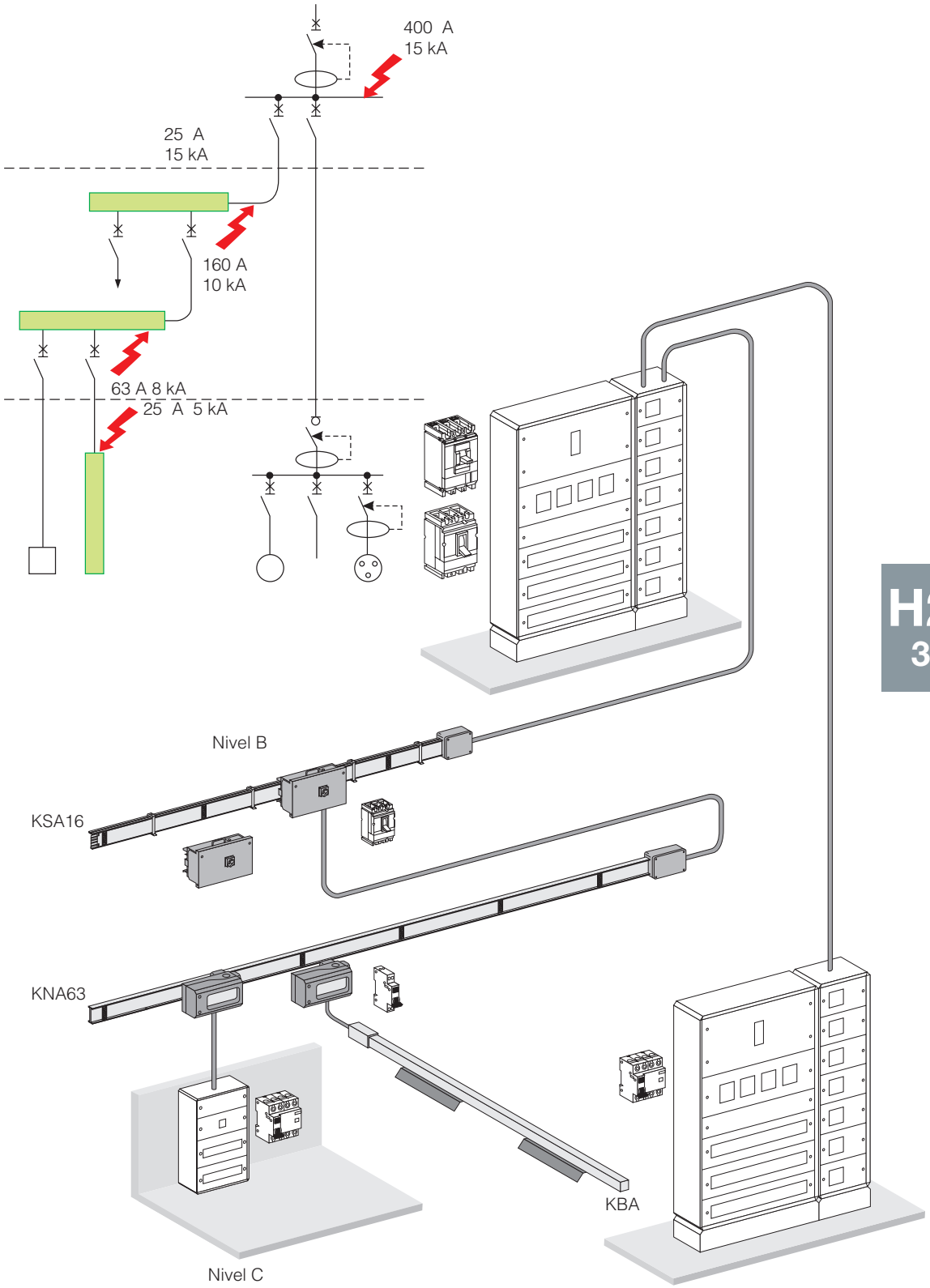
Los 2 siguientes cuadros resumen ofrecen distintos ejemplos de sistemas Merlin Gerin de distribución eléctrica mediante CEP protegida mediante disyuntor.

En grandes edificios > a 5000 m²




KT20
Nivel A
KSA40
KT20
Nivel B
KSA16
Nivel C
KBB

En pequeños y medianos edificios < a 5000 m²

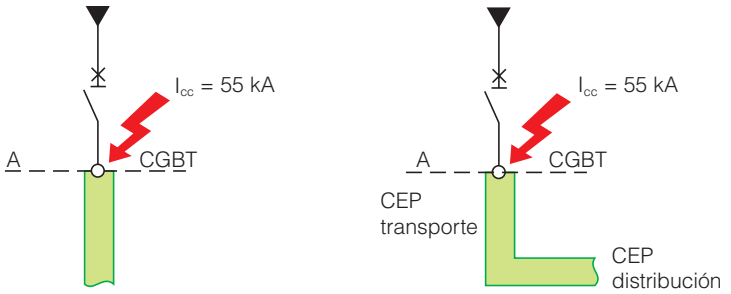


Combinación CEP Telemecanique e interruptor automático Merlin Gerin

Con el fin de facilitar la elección, Schneider Electric presenta directamente los resultados de cada combinación interruptor automático Merlin Gerin/CEP Telemecanique en forma de tablas (véanse págs. 30 y siguientes de la "Guía técnica de la distribución eléctrica de BT", referencia 020509 K01).

Protección de una CEP de transporte o de distribución situada aguas abajo del CGBT

El estudio anteriormente realizado, aplicado a los productos de Merlin Gerin y Telemecanique, valoriza el sistema Schneider.



El esquema de esta página representa una CEP de transporte o de distribución KT-16 (1600 A) protegida mediante un interruptor automático Masterpact M16 temporizado a 0,5 s.
En el punto A, al principio de la CEP de distribución KT-16, la I_{cc} es de 55 kA. Se cumplen las condiciones del apartado "Interruptor automático limitador", pág. H1/154):

■ Para el Masterpact I_{cc} (65 kA) > I_{cc} (55 kA) en el punto A de la instalación.
■ Para la canalización:
□ La corriente I_{cw} (66 kA) de resistencia durante 1 s es > que la corriente de cortocircuito I_{cc} (55 kA) durante T = 0,5 s.
□ La resistencia de cresta I de cresta (130 kA) de la canalización es mayor que la corriente de cresta asimétrica máxima.
La siguiente tabla muestra las distintas limitaciones y las características del interruptor automático y de la canalización:

	Características de la red en el punto A		
	I_{cc} = 55 kA en A		
	Características del interruptor automático/limitaciones de cortocircuito		
	I_{cu} = 65 kA ≈ 55 kA en A		
	Características de la CEP/limitaciones de cortocircuito		
	I de cresta = 130 kA Resistencia de la CEP a la corriente de cresta kA	I_{cw} = 66 kA durante 1 s Corriente de corta duración admisible kA ef. × f (1s)	A^2s Esfuerzo térmico instantáneo kA^2s
Interruptor automático no limitador	**130 kA · 55 kA×2,2**	**66 kA · 55 kA** Durante 1 s	
Características comprobadas en condiciones normales			

Protección de una CEP de distribución mediante interruptor automático Compact NS

Poder de limitación

Los interruptores automáticos de la gama Compact NS son interruptores automáticos limitadores de alto poder de limitación.

El poder de limitación de un disyuntor traduce su capacidad en dejar pasar sólo sobre cortocircuito una corriente limitada I_L menor que la corriente de cortocircuito presumible I_{cc} de cresta asimétrica.
Como consecuencia de ello se reducen ampliamente los esfuerzos electrodinámicos y térmicos a nivel de la instalación que se vaya a proteger.

Aplicación del poder de limitación a la protección de las CEP
Gracias a esta limitación de la corriente de defecto, el nivel de protección de la CEP es muy elevado. Con disyuntores modernos (tipo Compact NS), una limitación de un 10 % (I_L / I_{cc} asimétricas) reduce al menos en un 1 % la energía de defecto que atraviesa la instalación.
El gráfico adjunto muestra la protección de la canalización de distribución KSA40 mediante un disyuntor limitador NS400N. En dicho esquema:
■ En A, la I_{cc} es de 45 kA.
El estudio de las distintas curvas de limitación muestra:
■ En B, la I_{cc} de cresta limitada sólo es de 26 kA (en lugar de casi 84 kA sin limitación).
■ La energía limitada en A^2s es mucho menor que la resistencia térmica instantánea de la CEP.

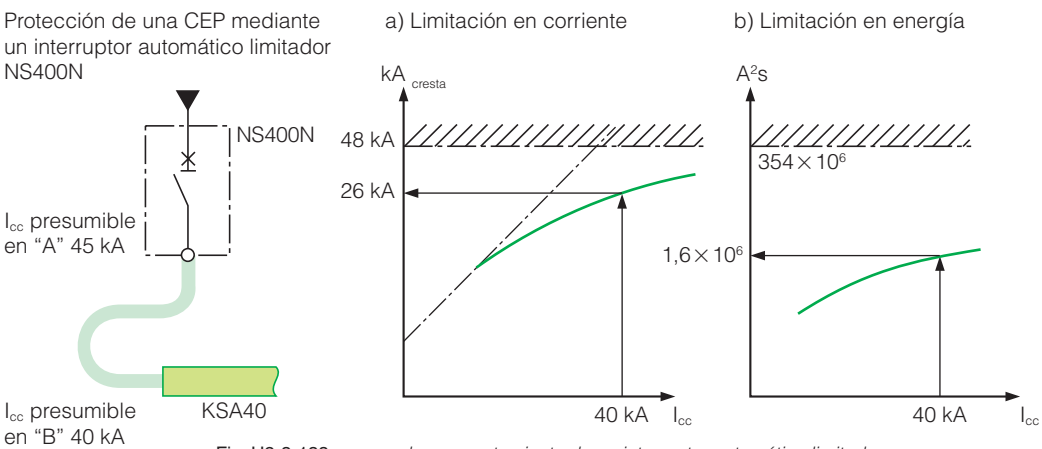


Fig. H2-3-133: *curvas de comportamiento de un interruptor automático limitador.*

La siguiente tabla muestra las distintas limitaciones y las características del interruptor automático y de la canalización:

	Características de la red		
	I_{cc} = 45 kA en el punto A		I_{cc} = 40 kA en el punto B
	Características del interruptor automático/limitaciones de cortocircuito		
	I_{cu} = 65 kA × 45 kA en el punto A		
	Características de la CEP/limitaciones de cortocircuito (en el punto B)		
	I de cresta = 48 kA Resistencia de la CEP a la corriente de cresta kA	I_{cw} durante 1 s Corriente de corta duración admisible kA ef.	A^2s = 354 × 10^6 A^2s Esfuerzo térmico instantáneo kA^2s
Interruptor automático limitador	**48 kA · I_L = 28 kA**		**354×10^6 · 1,6×A^2s**
Características sin objeto			

Esta tabla muestra que las prestaciones en limitación de los Compact NS son esenciales para reducir los esfuerzos a los que son sometidas las canalizaciones, especialmente el esfuerzo térmico.
La excepcional limitación de la corriente de cresta permite "despreciar" el control del criterio en esfuerzo térmico de las CEP (I^2t limitada << I^2t de resistencia de la CEP).
Las siguientes curvas de limitación muestran de forma instantánea las características de combinación.

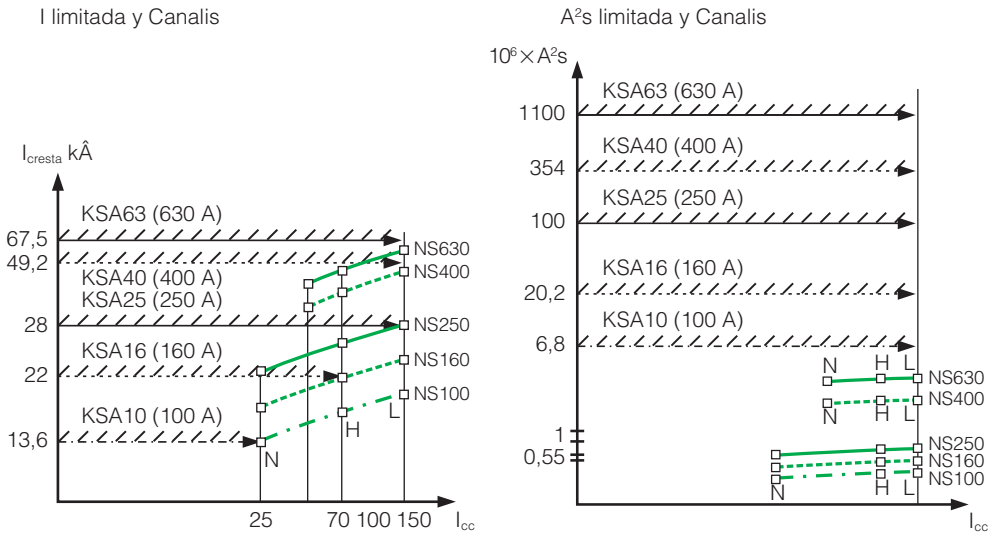
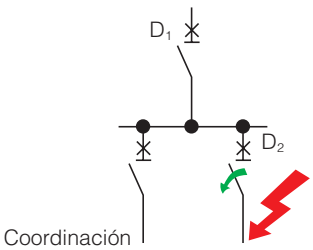


Fig. H2-3-134: *ábacos de comportamiento de un interruptor automático limitador.*

De este modo podemos observar que la protección queda garantizada por encima de las I_{cc} máximas que se puedan alcanzar en las instalaciones.

Exclusividades del sistema Schneider: la coordinación reforzada de la distribución eléctrica mediante CEP

Las ventajas de la coordinación reforzada son muy variadas.
Exclusividades del sistema Schneider:
■ Posibilidad de instalar, aguas abajo de una CEP protegida por un Compact NS, disyuntores con poder de corte estándar, en cualquier punto de la CEP en derivación.
■ Garantía de serie de la selectividad total de la distribución.
Ventaja: reducción de los costes de instalación y de explotación.



La coordinación entre un interruptor automático Compact NS (D_1 situado aguas arriba) y un interruptor automático situado aguas abajo (D_2) de Merlin Gerin, que protegen una CEP, refuerza las prestaciones de resistencia en I_{cc} de dicha CEP.

Dicho refuerzo afecta a las prestaciones de limitación y a la técnica de corte de los interruptores automáticos Merlin Gerin.

■ Observación: coordinación entre 2 protecciones.

Cuando se montan 2 interruptores automáticos en serie en una instalación eléctrica, su comportamiento en presencia de un cortocircuito aguas abajo queda definido por el término de coordinación (véase el esquema adjunto).

Dicho término engloba 2 nociones:

□ La selectividad: el defecto queda eliminado únicamente por el interruptor automático situado en la parte inmediatamente superior.

□ La filiación: el interruptor automático situado aguas arriba, gracias a su poder de limitación, ayuda al disyuntor situado aguas abajo a eliminar el defecto durante el corte.

De este modo, según el nivel de cortocircuito a eliminar, D_1 y D_2 pueden ser:

– Selectivos: D_2 sólo eliminará los defectos aguas abajo.

– En filiación: D_1 ayudará a D_2 a eliminar los cortocircuitos, en cuyo caso el poder de cortocircuito de D_2 se verá reforzado.

La instalación de un interruptor automático D_1 aguas arriba, de tipo Compact NS, coordinado con un interruptor automático aguas abajo D_2 de Merlin Gerin, refuerza simultáneamente:

□ El poder de corte por filiación del interruptor automático D_2.

□ Y, además, el nivel de selectividad, hasta el poder de corte reforzado de la coordinación.

La coordinación se define y reconoce por las normas de equipos (CEI 60947) y de instalación (CEI 60364 o las normas de instalación vigentes en cada país). Dicha coordinación queda garantizada mediante cálculos o ensayos que realiza el propio fabricante.

Aplicación: protección reforzada de la CEP

Esta técnica de filiación permite también incrementar, en gran medida, las características de resistencia de las CEP con respecto a la corriente de cortocircuito presumible.

La canalización representada (KSA40) está protegida por el interruptor automático NS400N (D_1).

En esta canalización se ha colocado una derivación KSA16 protegida por un interruptor automático NS160N (D_2).

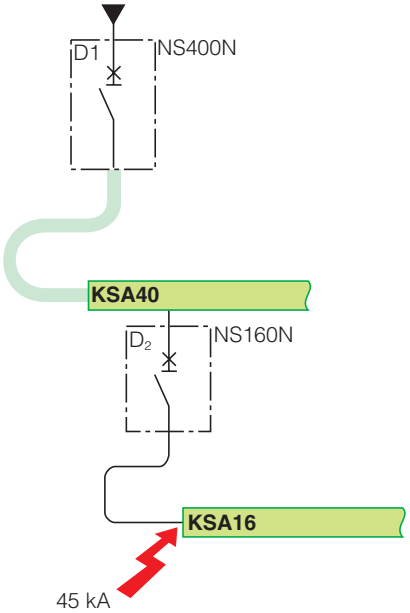


Fig. H2-3-135: *protección reforzada de una CEP KSA16 mediante un interruptor automático NS160N coordinado con un disyuntor NS400N.*

Sin coordinación, el NS160N protege únicamente la KSA16, debido a su fuerte capacidad de limitación, hasta su poder de corte último I_{cu}, es decir, hasta 35 kA; pero gracias a la coordinación reforzada con el NS400N aguas arriba, las prestaciones alcanzadas son:

■ Un refuerzo del poder de corte del NS160N: sube hasta 45 kA.

■ Un refuerzo de la selectividad: debido a las técnicas desarrolladas en las gamas de tipo NS, la selectividad entre las 2 protecciones es total, es decir, hasta el poder de corte reforzado de D2, es decir, hasta 45 kA.

■ Un refuerzo de la resistencia de la canalización: la combinación probada de la Canalis KSA16 se refuerza hasta la I_{cc} reforzada del NS160N, es decir, hasta 45 kA.

Esta exclusividad del Sistema Schneider permite incrementar:

■ La fiabilidad, gracias a la importante limitación de los esfuerzos térmicos y electrodinámicos de la corriente de cortocircuito.

■ La continuidad de servicio de la distribución eléctrica mediante el aumento del nivel de selectividad.

La siguiente tabla ofrece las distintas limitaciones y características del interruptor automático y de la CEP con la que está combinado:

	Protección de la CEP	Protección de la CEP en combinación
Canalis KSA16	Protegida mediante D_2 limitador NS160N I_{cu} = 35 kA	Protegida por D_2 limitador NS160N I_{cu} = 35 kA coordinado aguas arriba con D_1 NS400N I_{cu} = 45 kA
Límite de protección KSA16	I_{cc} = 35 kA	I_{cc} = 45 kA
Límite de selectividad	Hasta $I_{cc\ máx.}$ = 35 kA Según protección posterior garantizada	Hasta $I_{cc\ máx.}$ = 45 kA
Características KSA16	Limitaciones máximas en la CEP en caso de cortocircuito I_{cc} = 35 kA	I_{cc} = 45 kA
I_{cresta} = 22 kA $A^2s = 20{,}2 \cdot 10^6$	I_L = 19 kA $A^2s = 0{,}52 \cdot 10^6$	I_L = 20 kA $A^2s = 0{,}6 \cdot 10^6$

Cuadro final

Los siguientes esquemas optimizan el conjunto de las funciones que requieren todas las aplicaciones de edificios industriales y comerciales.

■ Protección:

□ La protección del cuadro contra las sobreintensidades queda garantizada por el interruptor automático de protección (DD) instalado en el cofre de derivación.

□ La protección de las salidas queda garantizada por los interruptores automáticos (DCI) instalados en cada una de las salidas.

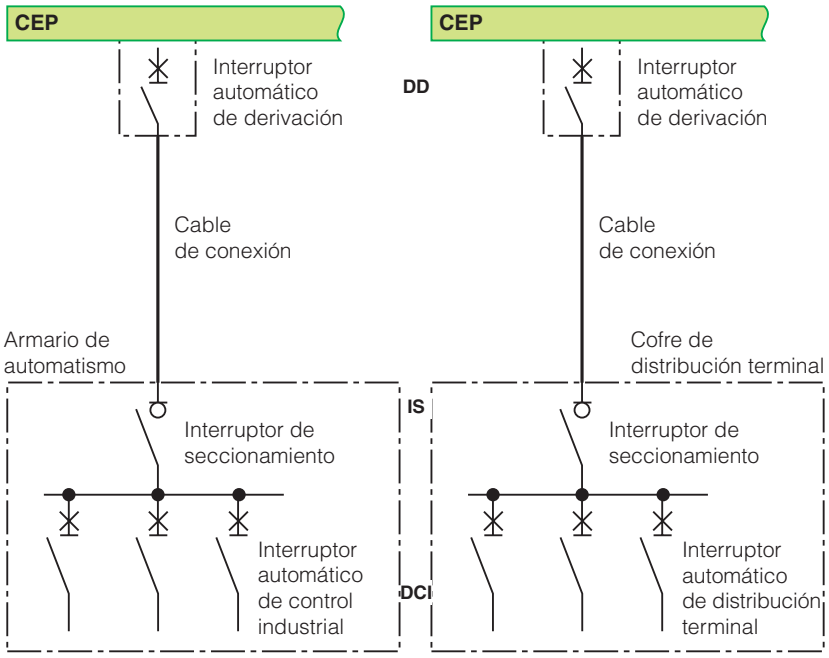
□ La continuidad de servicio se ve mejorada en las salidas:

– Gracias a la selectividad total reforzada entre las protecciones.

– Gracias a la accesibilidad y a la fácil puesta en servicio de las protecciones.

■ Mantenimiento: el interruptor de cabecera (IS) garantiza el seccionamiento y, por tanto, la seguridad a la hora de realizar operaciones de mantenimiento o de posibles modificaciones de la instalación.

■ Apertura en carga: un interruptor realiza esta función. El interruptor principal deja fuera de servicio la instalación en caso de que surja algún problema, bien directamente por mando manual, bien automáticamente mediante una seta de paro de emergencia. Esta función de seguridad requiere una alta fiabilidad en caso de defecto en la instalación eléctrica.



Ventajas del sistema Schneider

Protección de la CEP

El empleo de interruptores automáticos Merlin Gerin ofrece:

■ La protección contra sobrecarga y cortocircuito.

■ Una amplia posibilidad de reglaje y, por tanto, una estandarización de la protección.

■ La combinación entre las protecciones y las CEP Canalis Telemecanique:

□ Selectividad total: de 1 a 6300 A entre todos los disyuntores de las gamas Merlin Gerin.

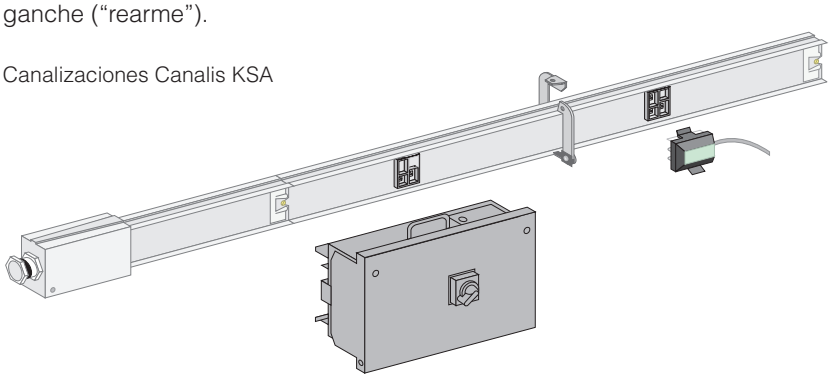
□ Filiación: un refuerzo de las protecciones contra cortocircuitos de las CEP de pequeña y mediana potencia (esto permite responder a la totalidad de los posibles niveles de cortocircuito), y una protección de las derivaciones mediante interruptores automáticos estándar (dicha protección se consigue independientemente de la posición del cofre de derivación en la CEP Canalis).

■ El empleo de disyuntores estándar permite simplificar los estudios manteniendo un elevado nivel de seguridad.

■ La localización del defecto es fácil y rápida.

■ Una vez que el usuario ha eliminado el defecto es muy fácil realizar el reenganche (“rearme”).

Canalizaciones Canalis KSA



Cofre de derivación

Los cofres de derivación Canalis del sistema Schneider responden a las exigencias del usuario en términos de:

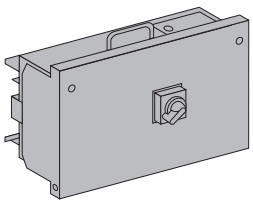
- Evolutividad de la instalación sin detener la producción.
- Continuidad de servicio.
- Seguridad.

Los cofres de derivación son:

- Enchufables y desenchufables bajo tensión con total seguridad para el usuario.
- Diseñados para ser instalados cada metro en las CEP de distribución.

Cuadro final

Cofre de derivación



Los equipos de protección Merlin Gerin y Telemecanique optimizan las funciones del cuadro. Schneider Electric garantiza la combinación de las protecciones aguas arriba:

- Para las aplicaciones de distribución entre disyuntores Merlin Gerin Masterpact, Compact C, Compact NS y disyuntores multi 9.
- Para las aplicaciones de control industrial entre disyuntores Merlin Gerin y disyuntores de control industrial Telemecanique (disyuntor motor, integral...).

Las tablas de combinación de los disyuntores de protección Merlin Gerin y Telemecanique se encuentran disponibles en los catálogos de los correspondientes productos.

Los interruptores de las gamas Merlin Gerin y Telemecanique respetan la norma CEI 60947-3. Han sido diseñados para garantizar el corte en carga AC23 y el seccionamiento. Su protección queda garantizada por la combinación con los interruptores automáticos Merlin Gerin aguas arriba.

Cofre de automatismo
Cofre Prisma Plus

Cofre de automatismo
Prisma Plus

Interruptor

Ventajas y exclusividades del sistema Schneider

La total combinación del sistema Schneider garantiza y refuerza la seguridad de bienes y personas, la continuidad de servicio, la evolutividad y la sencillez de instalación.

La combinación total se concreta en:

■ Tablas guía de elección exhaustivas de las combinaciones:

□ Schneider Electric propone tablas de combinación para una sistema de distribución eléctrica mediante CEP de 1 a 5000 A:

– Interruptores automáticos Merlin Gerin: multi 9, Compact, Compact CM, Masterpact de 1 a 6300 A.

– CEP Telemecanique: CEP de alumbrado, CEP de distribución de baja, mediana y alta potencia.

□ Independientemente de cuál sea la intensidad de cortocircuito de la instalación, 2 tipos de tablas muestran directamente las CEP y los disyuntores adecuados:

– Uno para garantizar la combinación (protección) de la CEP.

– Otro para garantizar la filiación, la selectividad reforzada y la coordinación reforzada de la CEP.

■ Interruptores automáticos de prestación estándar para cualquier $I_{cc} \cdot 70$ kA. Los cofres de derivación de las CEP incluyen unos interruptores automáticos estándar Compact NS. Se pueden instalar en cualquier punto de la CEP.

			Nivel A Transporte y distribución de baja densidad de derivación	Nivel B Distribución de baja densidad de derivación	Nivel C Cuadro final
Criterios	Funciones correspondientes				
Evolutividad	Una toma de derivación cada metro			CEP	
	Amplio margen de regulación		Disy.	Disy.	
	Fácil instalación		CEP	CEP	
	Int. aut. de prestaciones estándar				
	Para cualquier $I_{cc} \leq 70$ kA	■		Disy.	Disy.
Sencillez	Tabla guía de elección exhaustiva de combinaciones	■	CEP, Disy.	CEP, Disy.	CEP, Disy.
	Optimización de la oferta cofre de derivación	■	Disy.	Disy.	
	Instalación de las CEP fácil y rápida		CEP	CEP	
	Fácil modificación de la instalación		CEP	CEP	
	Amplia gama de cofres de protección		CEP	CEP	
Continuidad de servicio	Selectividad total de las protecciones de las CEP	■	CEP, Disy.	CEP, Disy.	
	Selectividad total de las protecciones cualquiera que sea la gama de int. aut. Merlin Gerin y Telemecanique(1) utilizada	■			Disy.
	Modificación sin detener la producción		CEP	CEP	
	Protección fácilmente rearmable		Disy.	Disy.	Disy.
Seguridad de bienes y personas	Sistema combinado de 40 A a 5000 A filiación y combinación total de las protecciones	■	CEP, Disy.	CEP, Disy.	Disy.
	Seccionamiento y corte en carga combinada con las protecciones aguas arriba		Disy.	Disy.	Disy.
	Señalización del defecto		Disy.	Disy.	Disy.
	Cofres de derivación con bloqueo de conexión		CEP	CEP	

■ Ventaja exclusiva del sistema Schneider. **CEP:** prestación porporcionada por las CEP Telemecanique. **Disy.:** prestación porporcionada por disyuntores Merlin Gerin y Telemecanique. **CEP, Disy.:** prestación porporcionada por la combinación de CEP Telemecanique e interruptores automáticos Merlin Gerin.

(1) Especialmente gracias a:

– Un sistema combinado de 40 a 5000 A.

– La filiación y combinación total de las protecciones.

Tabla H2-3-136: *cuadro resumen de las ventajas de la asociación de las CEP de Telemecanique y los interruptores automáticos Merlin Gerin.*

■ Optimización de la oferta cofre de derivación.
Los amplios rangos de reglaje de los interruptores automáticos con relés electrónicos:
□ En protección térmica, I_r regulable de 0,4 a I_n.
□ En protección contra cortocircuito, I_m regulable de 2 a 10 I_r, permiten optimizar el almacenamiento de cofres de derivación necesarios para el mantenimiento y las ampliaciones.
Esta característica contribuye a reforzar las características naturales de flexibilidad y de evolutividad de las CEP.

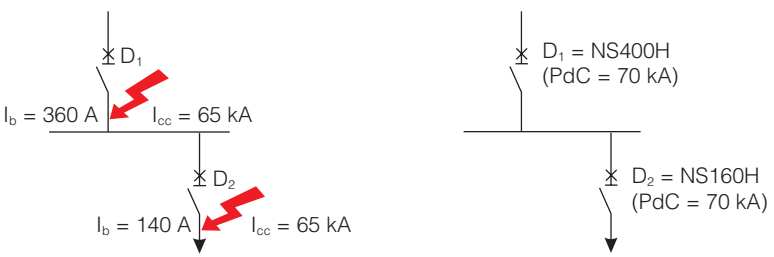
Coordinación interruptores automáticos Merlin Gerin/canalizaciones eléctricas prefabricadas Canalis Telemecanique

La elección de un interruptor automático destinado a proteger una canalización prefabricada debe realizarse teniendo en cuenta:
■ Las normas habituales que afectan a la corriente de reglaje del interruptor automático, a saber:
$I_b \geqslant I_r \geqslant I_{nc}$, siendo:
I_b = corriente de empleo.
I_r = corriente de reglaje del interruptor automático.
I_{nc} = corriente nominal de la canalización.
■ La resistencia electrodinámica de la canalización: la corriente de cresta I limitada por el disyuntor debe ser menor que la resistencia electrodinámica (o corriente asignada de cresta) de la canalización.

Definición:
Las tablas de combinación de los interruptores automáticos multi 9, Compact, Compact CM y Masterpact Merlin Gerin con las canalizaciones eléctricas prefabricadas Canalis de Telemecanique ofrecen directamente, en función del tipo de canalización y del tipo de interruptor automático de protección utilizados, la corriente de cortocircuito máxima para la cual la canalización está protegida.

Elección tradicional de un interruptor automático
El interruptor automático de protección de un circuito de distribución se elige teniendo en cuenta los dos siguientes criterios básicos:
■ I_b corriente que circula por la línea de alimentación.
■ I_{cc} corriente de cortocircuito presumible en un punto dado de la instalación.
El dimensionamiento del interruptor automático será:
□ I_n disyuntor $\geqslant I_b$.
□ PdC interruptor automático $\geqslant I_{cc}$.

Ejemplo de instalación: aplicación de la gama Compact NS



Ejemplo:
2 transformadores de 630 kVA/400 V (U_{cc} 4%) cada uno, alimentan un cuadro general de baja tensión en el que la intensidad de cortocircuito presumible sobre el juego de barras es de 44 kA.

Una salida alimenta, a través de 30 metros de CEP Canalis de transporte KVA63 (630 A), una CEP Canalis para la distribución de derivación de alta densidad KSA63 (630 A).
En dicha CEP KSA63 se deriva una CEP Canalis KSA16 (160 A).
Los niveles de cortocircuito son respectivamente:
■ 44 kA aguas abajo del disyuntor D_1 y en la conexión aguas arriba de la CEP KVA63.
■ 33 kA en la unión de la CEP de transporte KVA63 y de la CEP para la derivación de alta densidad KSA63.

¿Qué interruptores automáticos se deben elegir en los puntos D_1 y D_2 para garantizar la protección de la instalación frente a cortocircuitos?

	Nivel D_1	Nivel D_2
I_{cc} presumible	44 kA	33 kA
Interruptores automáticos	NS630N (poder de corte 45 kA)	NS160N (poder de corte 35 kA)
Nivel de protección I_{cc} KVA63	45 kA	
Nivel de protección I_{cc} KSA63	45 kA	
Nivel de protección I_{cc} KSA16		35 kA

Tabla H2-3-137: *datos del ejemplo.*

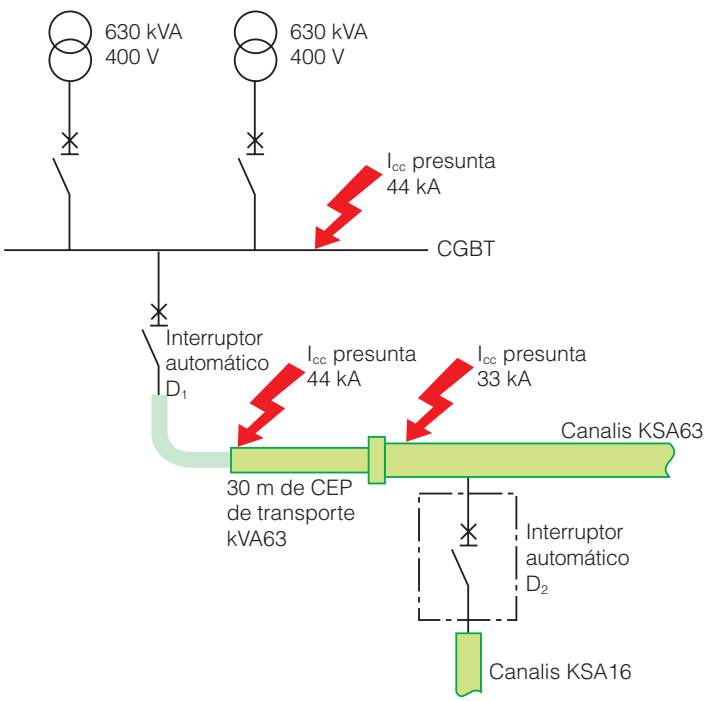


Fig. H2-3-138: *esquema del ejemplo.*

En la “Guía técnica de la distribución eléctrica en Baja Tensión”, de las págs. 4/31 a la 4/42, encontrarán las tablas de coordinación de los interruptores automáticos y las canalizaciones Canalis.

Coordinación interruptores automáticos Merlin Gerin/canalizaciones eléctricas prefabricadas Canalis Telemecanique filiación y selectividad reforzada

Introducción

La utilización de interruptor automático limitador permite instalar las técnicas de coordinación necesarias para mejorar y aumentar las prestaciones de los interruptores automáticos de protección, en términos de poder de corte y de continuidad de servicio.

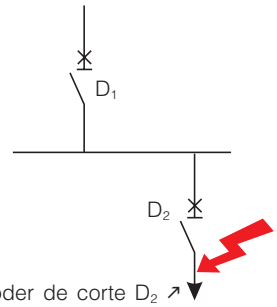
Dichas técnicas se describen y se reconocen en las normas:

- De productos CEI 60947-1 y 2.
- De instalación CEI 60364 - NF C15-100...

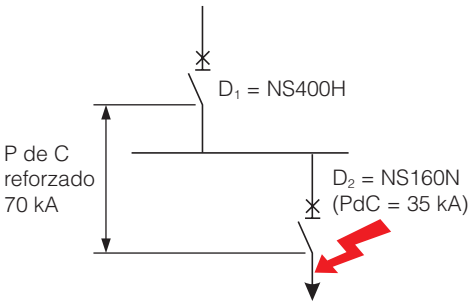
La filiación

Refuerzo del poder de corte del interruptor automático aguas abajo con la ayuda (limitación) del interruptor automático de aguas arriba.

■ Principio
Filiación



■ Aplicación a la gama Compact NS
Filiación



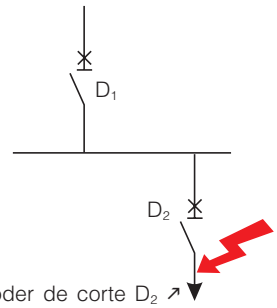
La selectividad

Cuando se produce un defecto eléctrico en una salida se pone de manifiesto la aptitud de una instalación eléctrica para mantener la continuidad de la energía eléctrica en las salidas no afectadas por dicho defecto.

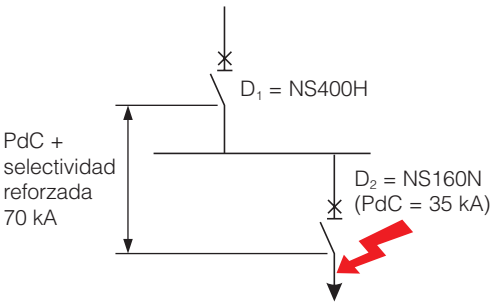
Por lo general, las técnicas de filiación y selectividad se aplican independientemente. Schneider Electric ha puesto a punto un sistema exclusivo que permite conciliar la filiación y la selectividad.

Este sistema garantiza la selectividad hasta el poder de corte reforzado de la coordinación de los 2 interruptores automáticos D_1 y D_2.

■ Principio
Filiación y selectividad reforzada



■ Aplicación a la gama Compact NS
Filiación y selectividad reforzada



Filiación, selectividad reforzada y protección reforzada de las canalizaciones eléctricas prefabricadas (CEP)

Esta práctica es la aplicación directa de las técnicas de filiación y selectividad a la protección de las canalizaciones Canalis.

Las siguientes tablas ofrecen, directamente en función del interruptor aguas arriba y de la canalización aguas arriba:

- El nivel de protección en cortocircuito.
- El interruptor aguas abajo y la canalización asociada.
- El poder de corte en filiación del interruptor aguas abajo.
- El nivel de selectividad reforzada de los interruptores aguas arriba/aguas abajo.
- El nivel de protección reforzada de la canalización aguas abajo.

Aplicación al sistema de distribución eléctrica Canalis:

- Refuerzo del poder de corte del NS160N (D_2) hasta 70 kA.

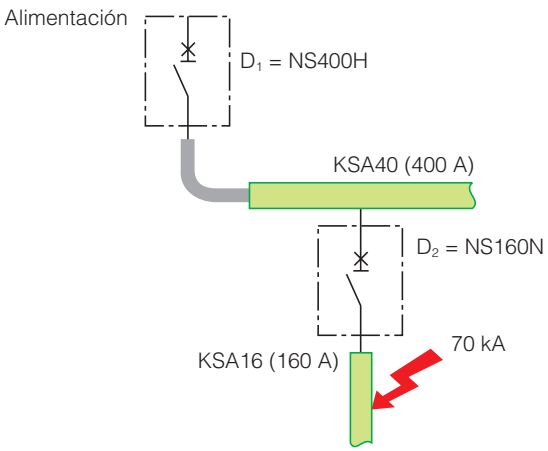


Fig. H2-3-139: *esquema del ejemplo.*

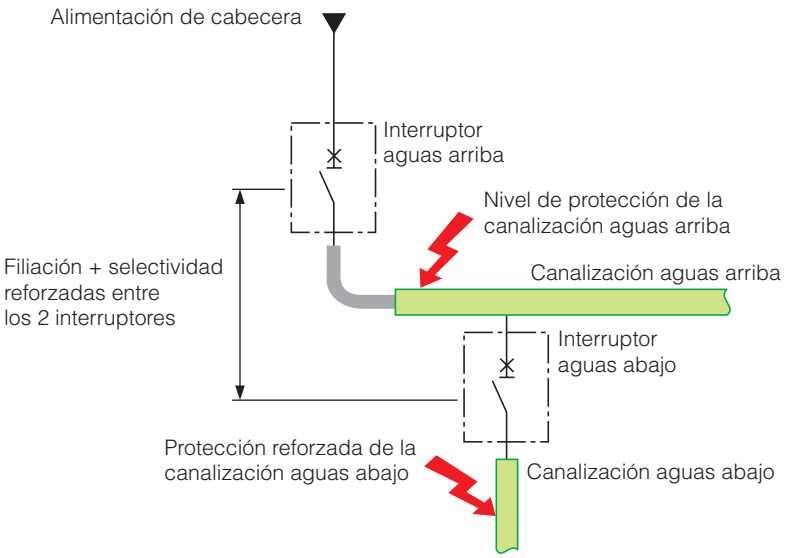
- Selectividad entre D_1 y D_2 garantizada hasta 70 kA.
- Protección de la Canalis KSA16 garantizada hasta 70 kA.

Corriente nominal de la canalización aguas arriba: 315 y 400 A.

Int. aut., aguas arriba	NS400N		NS400H		NS400L	
Relé asociado	STR23SE/STR53UE		STR23SE/STR53UE		STR23SE/STR53UE	
Canalización aguas arriba	KSA / KVA / KVC		KSA / KVA / KVC		KSA / KVA / KVC	
	315 y 400 A		315 y 400 A		315 y 400 A	
Nivel de protección de la canalización aguas arriba (kA)	45		70		150	
Int. aut., aguas abajo	NS100N	NS160N	NS100N	NS160N	NS100H	NS160H
Relé asociado	TMD/STR22SE		TMD/STR22SE		TMD/STR22SE	
Canalización aguas abajo	KSA	KSA	KSA	KSA	KSA	KSA
	100 A	160 A	100 A	160 A	100 A	160 A
Límite de selectividad entre int. aut., delante/detrás (kA)	45	45	70	70	150	150
Poder de corte reforzado int. aut., aguas abajo (kA)	45	45	70	70	150	150
Límite de protección reforzada de canalización aguas abajo (kA)	45	45	70	70	25	70

Tabla H2-3-140: *valores tabulados del ejemplo que representa el gráfico adjunto.*

Tensión: 380/415 V



En las págs. 4/45 a la 4/50 de la “Guía técnica de la distribución eléctrica de Baja Tensión” encontraremos tabulados los valores de coordinación de interruptores automáticos Merlin Gerin y las canalizaciones eléctricas prefabricadas Canalis Telemecanique de filiación y selectividad reforzada.

4. Los materiales para las protecciones contra las sobretensiones

4.1. Elección de las protecciones

Evaluación del riesgo a las sobretensiones de la instalación a proteger

Para poder evaluar el grado y forma de protección de una instalación eléctrica contra las sobretensiones, proponemos un estudio previo de evaluación del riesgo a ellas.
Tendremos en cuenta el riesgo propio del lugar y el grado de sensibilidad propio de los equipos instalados.

Principio general

Los elementos a considerar para la evaluación del riesgo son:
- La evaluación del nivel ceráunico de la zona (capacidad de tormentas eléctricas por año).
- La naturaleza de la red de alimentación eléctrica o telefónica.
- La topografía del lugar.
- La presencia de pararrayos convencionales en el edificio.
- Los materiales a proteger.
- Las sobretensiones de maniobra.

Estos elementos permiten definir los diagnósticos: el del lugar y el de los receptores.

El diagnóstico de los receptores a proteger

Se da por la fórmula siguiente: R = S + C + I
donde:
R = el riesgo de los receptores.
S = la sensibilidad de los materiales.
C = el coste del material.
I = la indisponibilidad del material y sus consecuencias.

La sensibilidad del material

Es en función de la tensión de aislamiento del material:

S = 1	S = 3
U > 2,5 kV categoría III y IV Resistencia a los choques elevada o normal	U < 2,5 kV categoría I y II Resistencia al choque reducida
Armarios de distribución, aparamenta fija (interruptores automáticos, tomas de corriente...), material de uso industrial (motores, transformadores...), aparatos instalados aguas arriba del cuadro de distribución: contadores, protección sobreintensidades, telemedida...	Todos los aparatos sensibles: informática, telefonía, contestador, alarma, fax, cadena hi-fi, televisores, reguladores, los aparatos con circuitos integrados, los aparatos electrodomésticos (lavavajillas, nevera, horno microondas...)

Tabla H2-4-001: *tabla de valoración del factor S.*

El coste del material:

Clasificación de los materiales en función de su coste económico		
C = 1	C = 2	C = 3
Coste débil	Coste medio	Coste elevado
< 1.500 €	1.500 a 15.000 €	> 15.000 €

Tabla H2-4-002: *tabla de los valores del concepto coste económico.*

Indisponibilidad del material y sus consecuencias:

Clasificación del riesgo en función de la disponibilidad		
I = 1	I = 2	I = 3
Sin incidencia para la actividad	Interrupción parcial de la actividad	Interrupción total de la actividad

Tabla H2-4-003: *tabla de los valores del concepto de disponibilidad.*

$$R = S + C + I$$

El diagnóstico del lugar

Se da por la fórmula siguiente:

$$E = Ng\ (1 + BT + MT + d)$$

■ Ng: es la densidad de caída de rayos, cantidad de rayos por km² año, del lugar de la instalación.
En el capítulo F, apartado 2, pág. F/52, encontrará el mapa de los niveles ceráunicos (Nk) de España; un valor muy aproximado del valor de Ng será:

$$Ng = \frac{Nk}{20}$$

Si utiliza el mapa adjunto la lectura es directa.
Ng: número de impactos por año y por km².

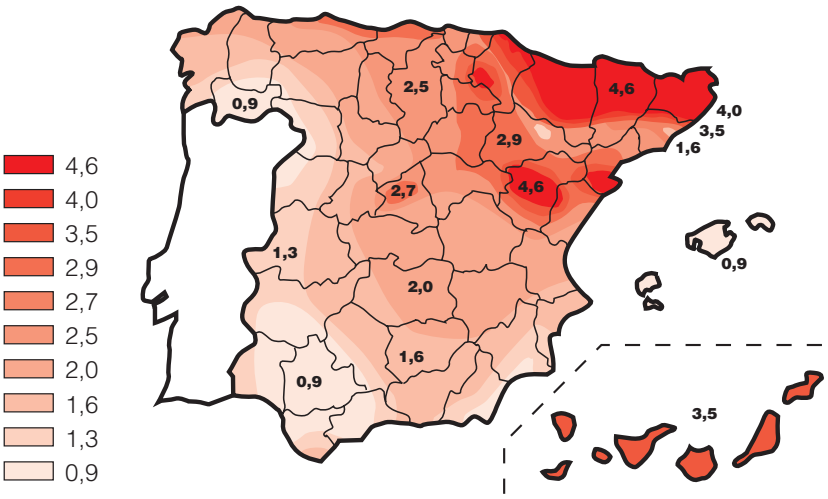


Fig. H2-4-004: *mapa de distribución en España de los niveles Ng.*

■ BT: es la longitud en km de la línea de BT aérea (1) que alimenta la instalación.

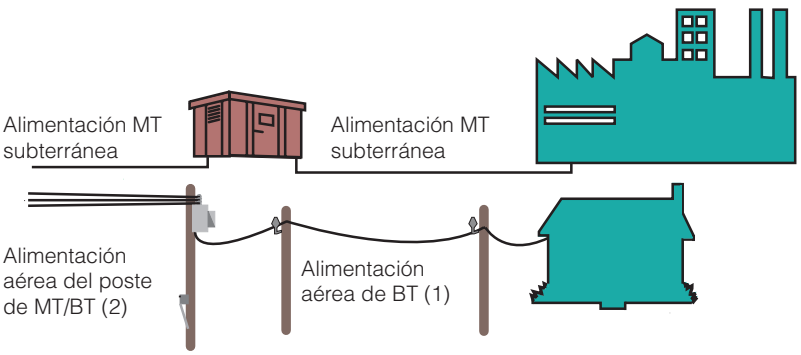


Fig. H2-4-005: *estructura de red de alimentación de BT.*

Parámetros de BT					
BT = 0	BT = 0,2	BT = 0,4	BT = 0,6	BT = 0,8	BT = 1
Subterránea o cables entrelazados en fachada	l = 100 a 200 m	l = 201 a 300 m	l = 301 a 400 m	l = 401 a 500 m	l > 500 m

Tabla H2-4-006: *parámetros en función de la red de baja tensión.*

■ **MT:** parámetros en función de la red de MT de alimentación del CT (MT/BT).

Parámetros de MT	
MT = 0	MT =1
Alimentación del poste de MT/BT subterránea	Alimentación del poste de MT/BT aérea o mayoritariamente aérea

Tabla H2-4-007: *parámetros en función de la red de media tensión.*

■ **d:** coeficiente en función de la situación de la línea aérea y la instalación.

Parámetros correspondientes al entorno				
d	d = 0	d = 0,5	d = 0,75	d = 1
Situación del edificio o de la línea de MT, o BT, o telefónica	Completamente rodeadas de estructuras	En la proximidad de algunas estructuras	En terreno llano al aire libre	Sobre una cumbre, cerca de una gran superficie de agua, en lugar montañoso, presencia de un pararrayos

Tabla H2-4-008: *parámetros en función del entorno.*

$$E = Ng\ (1 + BT + MT + d)$$

Atención: considerar las sobretensiones de maniobra.
La consideración de estas sobretensiones debe realizarse después de la evaluación del riesgo unido a las sobretensiones atmosféricas.
La instalación de limitadores destinados a proteger contra las sobretensiones de origen atmosférico permite, en general, protegerse contra las sobretensiones de maniobra.
La presencia de un pararrayos en el edificio o en la misma zona, hasta 50 m, aumenta el riesgo de sobretensiones en el lugar.

Nota: una estructura de más de 20 metros, por ejemplo una chimenea de una fábrica, un árbol, un poste... tiene el mismo efecto que un pararrayos.
Si el pararrayos está situado sobre la instalación a proteger, la norma EN 61024-1 impone la instalación de un limitador de sobretensiones en cabecera de la instalación sobre la red de energía.

Este método es una ayuda a la elección para el prescriptor. No puede ser más que aproximado en el absoluto a causa de las imprecisiones que se pueden tener en las cifras (longitud de líneas, densidad de caída de rayos...). El prescriptor (ingeniería o instalador) tiene toda su libertad para la elección final.

La gama de productos Schneider

La elección de un descargador se realiza a partir del nivel de riesgo del lugar y de la sensibilidad del material a proteger tales como, equipos eléctricos y electrónicos, de líneas telefónicas e informáticas contra las sobretensiones transitorias de origen atmosférico e industrial.
De conformidad a la norma CEI 61643-1 y aptos para cumplir la instrucción ITC-BT-23 del REBT.

Estos elementos limitadores de sobretensiones transitorias se instalan en cofrets, cuadros o armarios eléctricos. Están destinados a la protección de las instalaciones eléctricas monofásicas, trifásicas o las instalaciones telefónicas contra las sobretensiones transitorias de origen atmosférico, de maniobra o industriales.

Definiciones

■ **U_n:** tensión nominal de la red.
Valor de la tensión de referencia para la cual la red está definida.
■ **U_0:** tensión nominal de la red.
Valor de la tensión de referencia para la cual la red está definida entre fase y neutro.
■ **U_p:** nivel de protección; tensión residual en bornes del limitador cuando por él circula la intensidad nominal.
Valor de cresta de la tensión que aparece en los bornes de un limitador de sobretensiones durante el paso de una corriente de descarga a intensidad nominal I_n.
■ **U_{res}:** valor de cresta de la tensión que aparece en los bornes de un limitador de sobretensiones durante el paso de una corriente de descarga.
■ **U_c:** tensión máxima admisible en régimen permanente en bornes del limitador.
Valor admisible de la tensión eficaz que se puede aplicar de forma permanente en bornes de un limitador de sobretensiones transitorias sin afectar su funcionamiento.
Ésta debe ser superior a la tensión nominal de red, variaciones incluidas:
□ Para variación entre conductores activos y tierra:
– Régimen TT: $U_c \geqslant 1{,}5\ U_0$.
– Régimen TN: $U_c \geqslant 1{,}1\ U_0$.
– Régimen IT: $U_c \geqslant \sqrt{3}\ U_0$.
□ Para protección entre fase y neutro:
TT - TN - IT: $U_c \geqslant 1{,}1\ U_0$.
■ **I_c:** intensidad nominal de funcionamiento permanente.
Corriente que circula por el limitador de sobretensiones transitorias cuando en sus bornes se presenta la tensión nominal U_c.
■ **I_n:** intensidad nominal de descarga de forma de onda 8/20 µs; el limitador es capaz de aguantar hasta 20 veces.
■ **$I_{máx.}$:** intensidad máxima de descarga con una 8/20 µs; el limitador es capaz de aguantarla una sola vez.
Los limitadores desenchufables PRD permiten el cambio rápido de los cartuchos dañados.
Los limitadores desenchufables con señalización (PRD 65r, PRD 40r) disponen de la visualización y señalización a distancia de la información “cartucho a cambiar”.
La tensión Uc depende de:
■ Los esquemas de conexión a tierra.
■ El modo de protección (MC/MD).
Cada limitador de la gama tiene una función determinada:
■ Protección de cabecera.
□ El PRF 1 está aconsejado para una situación de riesgo muy elevado.
□ El PDR 65r está aconsejado para una situación de riesgo elevado.
□ El PDR 40r está aconsejado para una situación de riesgo mediano.
□ El PDR 15 está aconsejado para una situación de riesgo normal.
□ El PDR 8 está aconsejado para una situación de riesgo débil o para un complemento instalado en cascada.

Características comunes de los PRD

■ Frecuencia: 50...50 Hz.
■ I_c:
□ 1P y 3P : < 800 µA.
□ 1P + N y 3P + N 0 µA.
■ Señalización de funcionamiento por visualización mecánica:
□ Blanco: en funcionamiento normal.
□ Blanco/rojo: cambio del cartucho a realizar próximamente.
□ Rojo: cambio de cartucho imperativamente.
■ Desconexión de limitador en cortocircuito a realizar con un interruptor automático.
■ Corriente de cortocircuito interna admisible del PRD 8 y del PRD15:
□ 1P + N, 3P y 3P + N: 10 kA.
□ 1P (230 V): 10 kA.
□ 1P (400): 3 kA.
■ Corriente de cortocircuito interno admisible del PDR 40 y del PDR 65:
□ 1P + N, 3P y 3P + N: 25 kA.
□ 1P (230 V): 10 kA.
□ 1P (400): 3 kA.
■ Fijación de los bornes:
□ Cable flexible de 2,5 a 16 mm^2.
□ Cable rígido de 2,5 a 25 mm^2.
□ Cable flexible o rígido ⩾ 10 mm^2 si está instalado con un pararrayos.
■ Temperatura de funcionamiento: –15 °C a + 60 °C.
■ Temperatura de almacenamiento: –40 °C a + 60 °C.
■ Clase de protección:
□ IP20 en bornes.
□ IP40 en recubrimiento.
■ Norma: CEI 61643 - 11 clase 2 test.

Limitador de sobretensiones PRC paralelo, PRC serie

Los limitadores de sobretensiones PRC protegen los equipos conectados a las redes telefónicas analógicas: líneas telefónicas, bucles de corriente o transmisores telefónicos (teléfonos, contestadores, módems, aparatos de fax).

Características comunes del PRC

■ Frecuencia: 50...60 Hz.
■ U_n: 200 Vca.
■ Tensión máxima de señal a transmitir: 220 V.
■ U_p:
□ PRC paralelo: 700 V.
□ PRC serie: 300 V.
■ $I_{máx.}$ (8/20 µs): 10 kA.
■ I_n (8/20 µs): 5 kA.
■ Banda pasante:
□ PRC paralelo: 100 MHz.
□ PRC serie: 3 MHz.
■ Corriente asignada:
□ PRC serie: 20 mA.
■ Resistencia 50 Hz (15 min): 25 A.
■ Número de pares protegidos: 1.
■ Conexión paralelo.
■ Señalización de funcionamiento para el PRC serie, por visualización mecánica:
□ Blanco: en funcionamiento normal.
□ Rojo: cambio de limitador a realizar imperativamente.
■ Conexión por bombas de caja para: cable de 0,5 a 2,5 mm^2.
■ Temperatura de funcionamiento: –15 °C a +60 °C.
■ Temperatura de almacenamiento: –40 °C a +60 °C.
■ Clase de protección:
□ IP20 en bornes.
□ IP40 en recubrimiento.
■ Conexión serie.

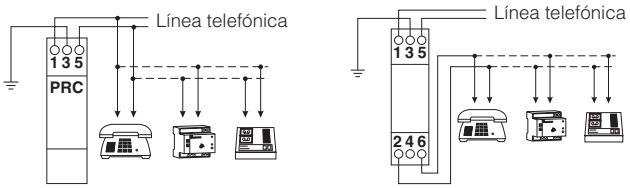


Fig. H2-4-009: *conexión de un descargador de sobretensiones PRC.*

Limitador de sobretensiones PRI

Los limitadores de sobretensiones PRI protegen los equipos sensibles de las redes telefónicas digitales, automatismos (PRI 12...48 V) y de las redes informáticas o de datos (PRI 6 V).

Características comunes del PRI

- ■ Frecuencia: 50...60 Hz.
- ■ U_n:
  - □ PRI 12...48 V.
  - □ PRI 6 V.
- ■ Tensión máxima de señal a transmitir:
  - □ PRI 12...48 V: 53 V.
  - □ PRI 6 V: 7 V.
- ■ U_p:
  - □ PRI 12...48 V: 70 V.
  - □ PRI 6 V: 15 V.
- ■ $I_{máx.}$ (8/20 µs): 10 kA.
- ■ I_n (8/20 µs): 5 kA.
- ■ Corriente asignada: 20 mA.
- ■ Corriente asignada máxima: 100 mA.
- ■ Resistencia 50 Hz (15 min): 25 A
- ■ Número de pares protegidos: 1.
- ■ Banda pasante:
  - □ PRI 12...48 V: 6 MHz.
  - □ PRI 6 V: 80 MHz.
- ■ Señalización de funcionamiento por visualización mecánica:
  - □ Blanco: en funcionamiento normal.
  - □ Rojo: cambio de limitador a realizar imperativamente.
- ■ Conexión por bombas de caja para: cable de 0,5 a 2,5 mm^2.
- ■ Temperatura de funcionamiento: –15 °C a +60 °C.
- ■ Temperatura de almacenamiento: –40 °C a + 60 °C.
- ■ Clase de protección:
  - □ IP20 en bornes.
  - □ IP40 en recubrimiento.

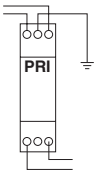


Fig. H2-4-010: *conexión de un descargador de sobretensiones PRI.*

Limitadores de sobretensiones transitorias clase I, PRF 1

Los limitadores de clase I se utilizan cuando existe un probabilidad elevada de descargas atmosféricas extremadamente fuertes (en las zonas urbanas de España no se da).
Requieren la coordinación con un limitador de clase II para asegurar la protección de los receptores.

- ■ Referencia: PRF1.
- ■ Tensión nominal U_n: 230 Vca.
- ■ Tensión de residual a intensidad nominal U_p: 60 kA.
- ■ Onda de ensayo: 10/350 µs.
- ■ Intensidad nominal I_n: 35 kA.
- ■ Intensidad máxima de descarga I_{imp}: 60 kA.
- ■ Modo común MC: U_c = 255 V (L - PE / N - PE).

Limitadores de sobretensiones transitorias clase II, PRD

Protección de equipos eléctricos y electrónicos contra las sobretensiones transitorias de origen atmosférico e industrial.

Protección de cabecera:

- ■ PRD65r: aconsejado para un nivel de riesgo muy elevado.
- ■ PRD40r / PRD40: aconsejado para un nivel de riesgo elevado.
- ■ PRD15: aconsejado para un nivel de riesgo moderado.

Limitadores de sobretensiones transitorias clase II, PRD								
Referencia	N.º polos	U_n Vca L - N	U_p kV	I_n kA	$I_{máx.}$ kA	M. común L-PE/N-PE U_c (Vca)	M. difer. L-N U_c (Vca)	Cont. señal.
PRD65r	1P+N	230	$U_p \leqslant 1,5$	20	65	440	275	SÍ
PRD40r	1P+N	230	$U_p \leqslant 1,2$	15	40	440	275	SÍ
PDRD40	1P+N	230	$U_p \leqslant 1,2$	15	40	440	275	NO
PRD15	1P+N	230	$U_p \leqslant 1,2$	5	15	440	275	NO
PRD8	1P+N	230	$U_p \leqslant 1,2$	2	8	440	275	NO
PRD65r	3P		$U_p \leqslant 2,0$	20	65	440		SÍ
PRD40r	3P	400	$U_p \leqslant 1,8$	15	40	440		SÍ
PDRD40	3P	o	$U_p \leqslant 1,8$	15	40	440		NO
PRD15	3P	220	$U_p \leqslant 1,8$	5	15	440		NO
PRD8	3P		$U_p \leqslant 1,8$	2	8	440		NO
PRD65r	3P+N		$U_p \leqslant 1,5$	20	65	440	275	SÍ
PRD40r	3P+N	400	$U_p \leqslant 1,2$	15	40	440	275	SÍ
PDRD40	3P+N	o	$U_p \leqslant 1,2$	15	40	440	275	NO
PRD15	3P+N	220	$U_p \leqslant 1,2$	5	15	440	275	NO
PRD8	3P+N		$U_p \leqslant 1,2$	2	8	440	275	NO
PRD65r	1P	230	$U_p \leqslant 2,0$	20	65	440		SÍ
PRD40r	1P	230	$U_p \leqslant 1,8$	15	40	440		SÍ
PDRD40	1P	230	$U_p \leqslant 1,8$	15	40	440		NO
PRD15	1P	230	$U_p \leqslant 1,8$	5	15	440		NO
PRD8	1P	230	$U_p \leqslant 1,8$	2	8	440		NO
PRD65r	1P	230	$U_p \leqslant 1,5$	20	65	275		SÍ
PRD40r	1P	230	$U_p \leqslant 1,2$	15	40	275		SÍ
PDRD40	1P	230	$U_p \leqslant 1,2$	15	40	275		NO
PRD15	1P	230	$U_p \leqslant 1,2$	5	15	275		NO
PRD8	1P	230	$U_p \leqslant 1,2$	2	8	275		NO
Limitadores de sobretensiones transitorias para líneas telefónicas. PRC								
PRC serie	2P	200	$U_p \leqslant 300$	5	10	220		NO
PRC paralelo	2P	200	$U_p \leqslant 700$	5	10		220	NO
Limitadores de sobretensiones transitorias para líneas informáticas. PRI								
PRI 12...48	2P	12/48	$U_p \leqslant 70$	5	10	53		NO
PRI 6 V	2P	6	$U_p \leqslant 15$	5	10	7		NO

Tabla H2-4-011: *características de los descargadores de sobretensiones transitoria.*

Cartuchos de recambio para los PDR		
	Referencia	Recambio
Cartuchos de fase	C65r - 440	PRD65r 3P
	C40r - 440	PRD65r 3P
	C40 - 440	PRD65r 3P
	C15 - 440	PRD65r 3P
	C8 - 440	PRD65r 3P
	C65r - 275	PRD65r 1P + N /3P + N
	C40r - 275	PRD65r 1P + N /3P + N
	C40 - 275	PRD65r 1P + N /3P + N
	C15 - 275	PRD65r 1P + N /3P + N
	C8 - 275	PRD65r 1P + N /3P + N
Cartuchos de neutro	C neutral r	PRD con contacto de señalización
	C neutral	PRD sin contacto de señalización

Tabla H2-4-012: *características de los cartuchos de recambio para los limitadores de sobretensiones transitorias.*

Protección de acompañamiento:

■ PRD8: asegura una protección fina, se sitúa en cascada con los limitadores de cabecera.

Auxiliares para señalización a distancia EM/RM, para los limitadores de sobretensiones transitorias PRD, PRC y PRI

Auxiliar de señalización formado por dos bloques ópticos:
EM: emisor, se coloca a la izquierda del limitador.
ER: receptor , se coloca a la derecha del limitador.

Elección de limitadores de sobretensiones transitorias

Después de realizar los estudios de riesgo del receptor (R) y del lugar (E), en función de ellos podremos realizar la elección del limitadores de sobretensiones transitorias de BT o telefónico.

Elección de los limitadores de sobretensiones transitorias					
Aplicación	R: nivel de riesgo de los receptores	E: nivel de riesgo del lugar			
Limitador de sobretensiones transitorias monobloc; tipo PF o PE					
	R	E ⩽ 1	1 < E ⩽ 2	2 < E ⩽ 4	E > 4
	8 a 9	PRD15+PRD8	PRD15+PRD8	PRD40+PRD8	PRD65+PRD8
	6 a 7	PRD8	PRD15	PRD40	PRD65
	⩽ 5	PRD8	PRD8	PRD15	PRD40
Limitador de sobretensiones transitorias para líneas telefónicas; tipo PRC					
	R	E ⩽ 1	1 < E ⩽ 2	2 < E ⩽ 4	E > 4
	8 a 9	PRC y PRI aconsejable	PRC y PRI aconsejable	PRC y PRI muy aconsejable	PRC y PRI muy aconsejable
	6 a 7	–	PRC y PRI aconsejable	PRC y PRI muy aconsejable	PRC y PRI muy aconsejable

Si los receptores comprenden materiales particularmente sensibles a las sobretensiones (microinformática, microelectrónica), entonces debemos ayudar con un limitador de sobretensiones transitorias PF8 o PE8, en coordinación con la instalación en cabecera.
Los PF8 o PE8 se instalan en cuadros secundarios lo más cerca posible de los receptores sensibles.

Tabla H2-4-013: *tabla de elección de los limitadores de sobretensiones transitorias en función del riesgo.*

Complementación de la elección:

■ Limitadores de sobretensiones transitorias de 2 o 4 polos.
■ El acondicionamiento de las distancias.
■ La presencia de pararrayos en un entorno de 50 m.

Limitador de sobretensiones transitorias	**Interruptor automático**		
Tipo	Tipo	Curva	Intensidad
PRF1	NG125H o L	C	63 A
PRD65 / PRD65r	C120/NG125	C	50 A
	C60	C	50 A
PRD40 / PRD40r	C60	C	20 A
PRD15	C60	C	20 A
PRD8	C60	C	20 A
PRC / PRI	C60	C	20 A

Tabla H2-4-014: *interruptores automáticos adecuados para proteger los limitadores de sobretensiones transitorias.*

Elección del interruptor automático de acompañamiento

Debemos dimensionar el interruptor automático en función de las especificaciones del constructor, para poder mantener una eficiencia contrastada por ensayos.

Bobina de desacoplo L40A

Aparato destinado a la coordinación de los limitadores en cascada si la distancia entre ellos es menor a 10 m.

- L40 A U_n = 500 V.
- I_n = 40 A.

Ejemplo de evaluación de riesgos:

- Edificio doméstico en zona urbana.

Edificio en una zona urbana rodeado de estructuras y con una densidad de incidencia de los rayos pequeña, alimentada con una línea de BT, de conductores trenzados de 20 m. El material a proteger es sensible (TV, cadena hi-fi, ordenador, microondas), de un coste medio y su indisponibilidad no afecta seriamente la actividad doméstica. La zona está situada en una densidad de rayos pequeña; Ng = 0,9.

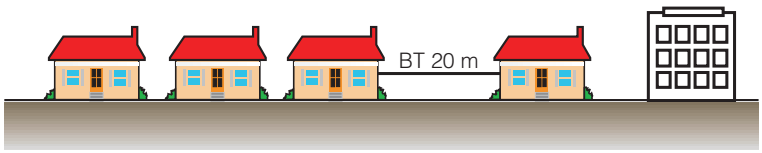


Fig. H2-4-015: *ejemplo de protección en vivienda unifamiliar urbana.*

□ Diagnóstico de los receptores:	R = S + C + I
– Resistencia a los choques eléctricos pequeña	S = 3
– Coste medio	C = 2
– Indisponibilidad parcial	I = 2
R = 3 + 2 + 2 = 7	
□ Diagnóstico del lugar:	E = Ng (1 + BT + MT + d)
– La densidad de rayos/año, pequeña	Ng = 0,9
– La longitud de la línea de BT (20 m)	BT = 0
– La línea de MT/BT enterrada	MT = 0
– La topografía, en zona rodeada de estructuras	d = 0
E =0,9 (1 + 0 + 0 + 0) = 0,45	

- El régimen de neutro es un TT.

La tabla de elección de limitadores de sobretensiones transitorias nos indica que para una R = 7 y E = 0,45, el limitador de sobretensiones transitorias adecuado es un PRD8 .

- Edificio en zona rural.

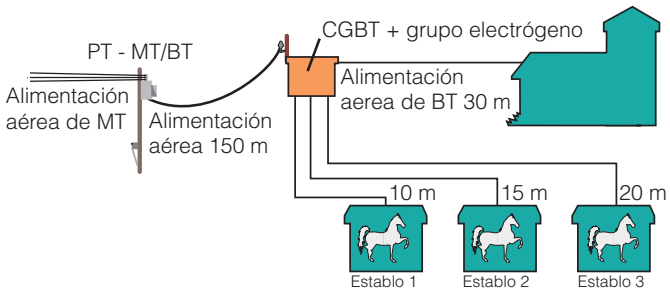


Fig. H2-4-016: *ejemplo de protección de una unidad productiva rural.*

Edificio en una zona plana rodeado de árboles y con una densidad de incidencia de los rayos pequeña (Ng = 1,3), alimentada con una línea aérea de MT/BT. El material a proteger es sensible y de coste elevado: ordenador de gestión, controladores de temperatura, equipos de control de la calidad de los productos y los clásicos domésticos (TV, cadena hi-fi, ordenador, microondas, etc.).

□ Diagnóstico de los receptores:	R = S + C + I
– Resistencia a los choques eléctricos pequeña	S = 3
– Coste elevado	C = 3
– Indisponibilidad total	I = 3

$$R = 3 + 3 + 3 = 9$$

□ Diagnóstico del lugar:	E = Ng (1 + BT + MT + d)
– La densidad de rayos/año, pequeña	Ng = 1,3
– La longitud de la línea de BT (150 m)	BT = 0,2
– La línea de MT/BT aérea	MT = 1
– La topografía, en zona plana rodeada de árboles	d = 0,75

$$E = 1,3\ (1 + 0,2 + 1 + 0,75) = 2,27$$

■ El régimen de neutro es un TT.

La tabla de elección de limitadores de sobretensiones transitorias nos indica que para una R = 9 y E = 2,27, el limitador de sobretensiones transitorias adecuado es un PRD30 + PRD8 con un interruptor automático asociado C60 (C) 20 A, instalado en el CGBT en los bornes de entrada, y una instalación en cascada de un PF8 con interruptor automático asociado C60 (C) 20 A en cada cuadro de derivación lo más cerca posible de los equipos sensibles.

Para las líneas telefónicas y las informáticas o transmisión de señales utilizar limitadores de sobretensiones transitorias PRC y PRI

Esquemas de instalación de los limitadores de sobretensiones transitorias y señalización del estado a distancia

Instalación de limitadores de sobretensiones transitorias PDR65r - PDR30r

Permite la señalización del fin de vida de los limitadores de sobretensiones transitorias a distancia.

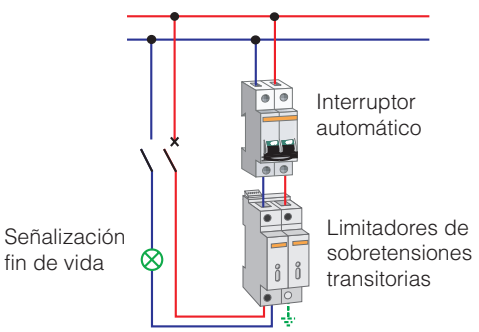


Fig. H2-4-017: *señalización del estado del limitador de sobretensiones transitorias a distancia.*

Esquemas de instalación de los limitadores de sobretensiones transitorias PRD65r - PRD30r, y señalización del estado a distancia por medio de un contacto auxiliar del interruptor automático de protección

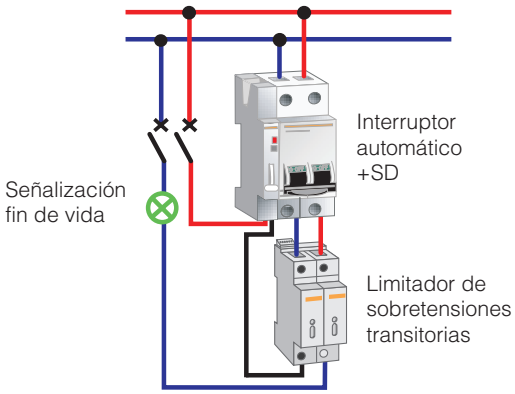


Fig. H2-4-018: *señalización del estado del limitador de sobretensiones transitorias a distancia a través de un contacto auxiliar del interruptor automático.*

El esquema permite señalizar con un piloto único un defecto sobre la instalación de limitadores de sobretensiones transitorias cuando:
■ El interruptor automático de acompañamiento se ha abierto a consecuencia del cortocircuitado de una varistancia del producido por el choque de un rayo superior a su capacidad.
■ El limitador de sobretensiones transitorias ha llegado al fin de su vida y el señalizador interno lo transmite a la señalización, de color naranja de forma parpadeante.

Esquemas de instalación de los limitadores de sobretensiones transitorias PRD65r - PRD30r, y señalización separada del estado a distancia, por medio de un contacto auxiliar del interruptor automático de protección

El esquema permite la señalización simultánea cuando:
■ El interruptor automático de acompañamiento se ha abierto a consecuencia del cortocircuitado de una varistancia del limitador de sobretensiones transitorias producido por el choque de un rayo superior a su capacidad.
■ El limitador de sobretensiones transitorias ha llegado al fin de su vida y el señalizador interno lo transmite a la señalización, de color naranja de forma parpadeante.

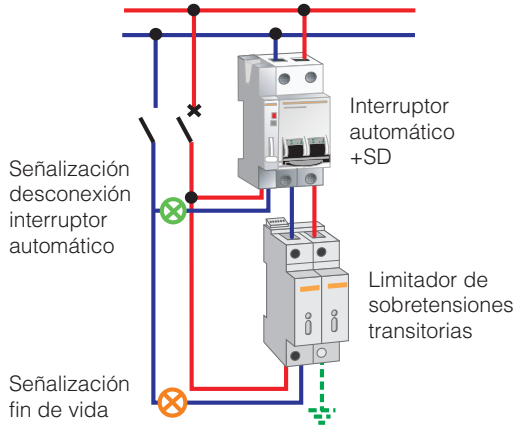


Fig. H2-4-019: *señalización doble del estado del limitador de sobretensiones transitorias a distancia a través de un contacto auxiliar del interruptor automático.*

Ejemplo de una casa de campo

Emplazamiento:
- Zona: rural llana.
- Alimentación:
  - BT: aérea 320 m.
  - MT: aérea.

Los receptores
El material a proteger es:
- Electrodomésticos: refrigerador, horno, microondas, lavaplatos, lavadora, congelador, etc.
- Cadena musical hi-fi.
- TV, vídeo, ordenador.
- Videotexto, interfono, teléfono.

Estudio del riesgo de los receptores:
- Sensibilidad de los receptores, fuerte: S = 3.
- Coste de los receptores (teniendo en cuenta la totalidad de ellos), mediano: C = 2.
- Consecuencia de la indisponibilidad, poca: I = 1.
- Cálculo del riesgo de los receptores:

R = S + C + I = 3 + 2 + 1 = 6.

Estudio del riesgo del lugar:
- Línea de BT, aérea: BT = 0,6.
- Línea de MT, aérea: MT = 1.
- Entorno, terreno llano y descubierto: d = 0,75.
- La densidad de caída de rayos: Ng = 2.
- Cálculo del riesgo del lugar:

E = Ng (1 + BT + MT + d) = 2 (1 + 0,6 + 1 + 0,75) = 6,7.

Elección del limitador de sobretensiones transitorias para BT
El esquema de unión a la tierra es un TT. En la tabla H2-4-013, pág. H2/256, para una R = 6 y E = 6,7 le corresponde un PDR65 bipolar, para proteger la línea de baja tensión.
¡Atención! si está situada en una zona con descargas atmosféricas de gran intensidad es aconsejable un PRF1.

Interruptor automático de acompañamiento
La elección del interruptor automático de acompañamiento se efectúa de acuerdo a la tabla H2-4-014, pág. H2/256, para un PF15 le corresponde un C60 - C - 50 A.

Elección de limitadores de sobretensiones transitorias para la red telefónica e informática

Para las líneas telefónicas y las informáticas o transmisión de señales utilizar limitadores de sobretensiones transitorias PRC y PRI.

La instalación

En una instalación de pararrayos todos los parámetros son importantes y todas las normas y prescripciones de conexionado deben ser atendidas.
La selectividad de las protecciones se impone, el interruptor diferencial de cabecera debe ser un aparato selectivo para evitar las desconexiones intempestivas.

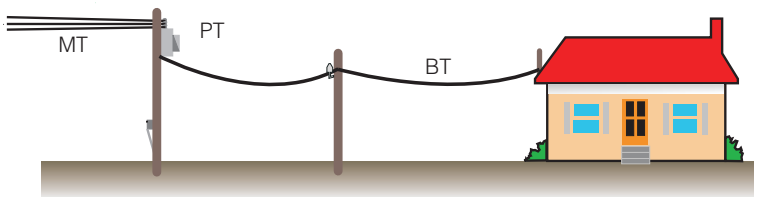


Fig. H2-4-020: *ejemplo de casa de campo.*

Las verificaciones de base que deben efectuarse son:
- Medida de la toma de tierra: ⩽ 4 Ω.
- Verificación de la puesta a tierra de todos los aparatos.
- Verificación de la equipotencialidad de todas las masas.

En este capítulo se mantienen los esquemas bajo el concepto de las protecciones.
El nuevo Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REAL DECRETO 842\|2002) en la ITC-BT-25 INSTALACIONES INTERIORES - NÚMERO DE CIRCUITOS Y CARACTERÍSTICAS, especifica el número de circuitos para la electrificación de una vivienda. En el capítulo L de esta obra, se desarrollan los circuitos de una vivienda de conformidad al nuevo Reglamento; pero en éste se pretende mantener una forma didáctica de conformidad con el criterio de protecciones.

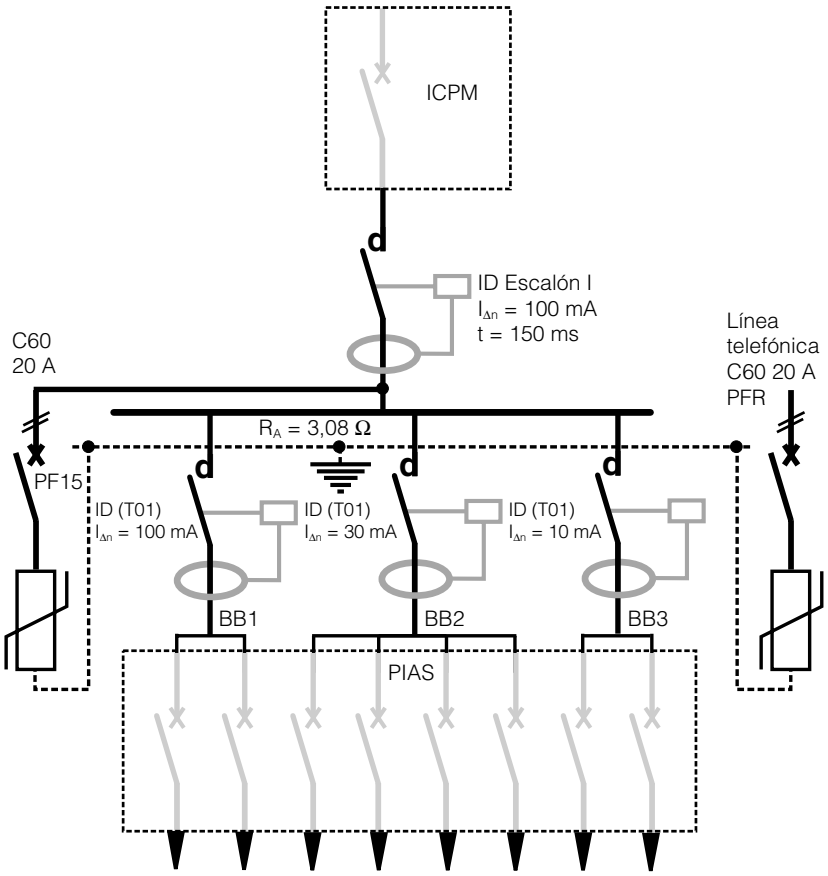


Fig. H2-4-021: *esquema de protección de una vivienda.*

El cableado ha de respetar las reglas de base:

■ Longitud máxima de 50 cm.

■ Separación de circuitos polucionados y de los circuitos a proteger.

En la fig. H2-4-021, pág. H2/261, se presenta la solución correcta e incorrecta.

Ejemplo de instalación de limitadores de sobretensiones transitorias en los cuadros

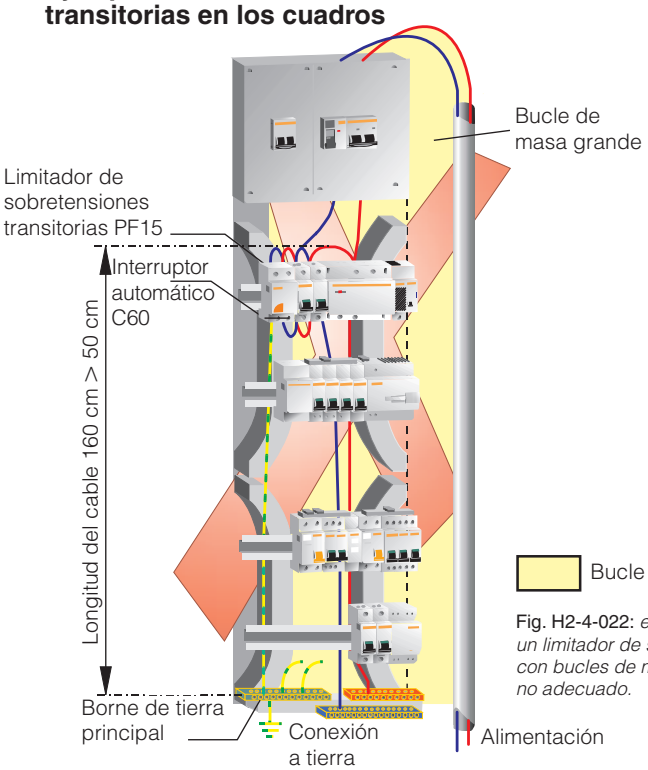


Fig. H2-4-022: *ejemplo de instalación de un limitador de sobretensiones transitorias con bucles de masas demasiado grande, no adecuado.*

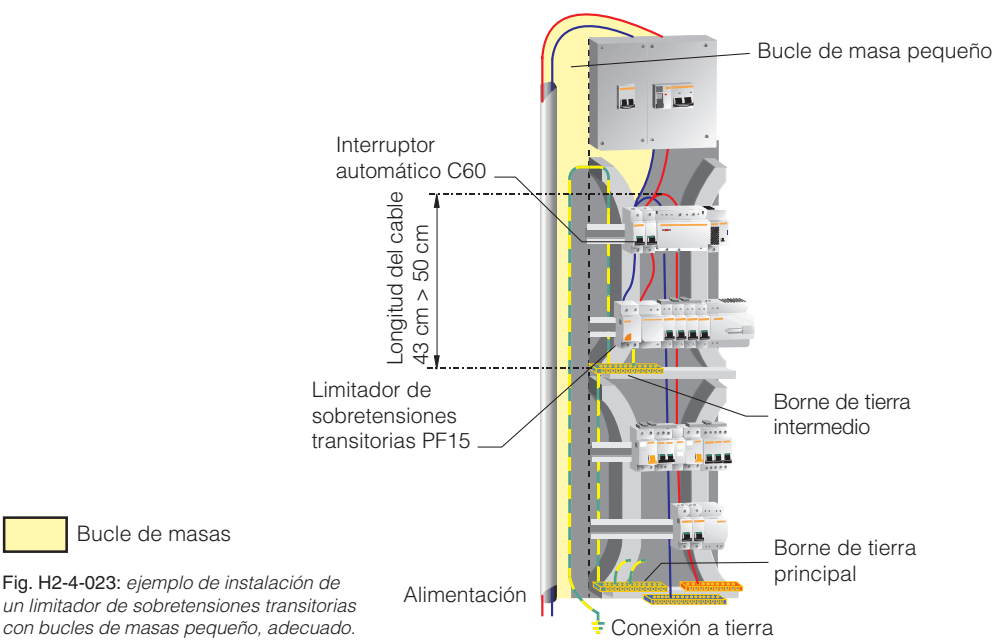


Fig. H2-4-023: *ejemplo de instalación de un limitador de sobretensiones transitorias con bucles de masas pequeño, adecuado.*

Ejemplo de un hotel restaurante

Emplazamiento:
■ Zona: rural llana con alguna edificación:
■ Edificio de dos plantas, 2.300 m², 63 habitaciones.
□ Restaurante con cocina, salas de reuniones, bar, etc.
■ Alimentación:
□ BT: subterránea.
□ MT: subterránea.

Los receptores:
■ El material a proteger es:
□ Central telefónica.
□ Alarma de incendios.
□ Control de acceso.
□ Gestión técnica: calefacción, climatización, alumbrado.
□ Útiles cocina y bar: electrodomésticos (refrigeradores, horno, microondas, lavaplatos, lavadora, congelador, etc.).
□ Servicios: cadena musical hi-fi, TV, vídeo, ordenador, videotexto, interfono, equipo informático.

Estudio del riesgo de los receptores:
■ Sensibilidad de los receptores, fuerte: S = 3.
■ Coste de los receptores, elevado: C = 3.
■ Consecuencia de la indisponibilidad, importante: I = 3.
■ Cálculo del riesgo de los receptores:
R = S + C + I = 3 + 3 + 3 = 9.

Estudio del riesgo del lugar:
■ Línea de BT; subterránea: BT = 0.
■ Línea de MT; subterránea: MT = 0.
■ Entorno; terreno llano y descubierto con alguna edificación al entorno: d = 0,5.
■ La densidad de caída de rayos: Ng = 1,3.
■ Cálculo del riesgo del lugar:
E = Ng (1 + BT + MT + d) = 1,3 (1 + 0 + 0 + 0,5) = 1,95.

Elección del limitador de sobretensiones transitorias para BT

El esquema de unión a la tierra es un TT.
En la tabla H2-4-013, pág. H2/256, para una R = 9 y E = 1,95 le corresponde un PDR40 + PDR8 tetrapolar, para proteger la línea de baja tensión.
Debido a la importancia e incidencia de los equipos en la disponibilidad, debemos considerar la instalación en cascada de limitadores de sobretensiones transitorias PDR8 en los cuadros de alimentación de los equipos.

Interruptor automático de acompañamiento

La elección del interruptor automático de acompañamiento se efectúa de acuerdo a la tabla H2-4-014, pág. H2/256, para un PRD40 le corresponde un C60 (C) 20 A y para un PDR8 le corresponde un C60 (C) 20 A.
El poder de corte: el correspondiente del lugar (10 kA).

Elección de limitadores de sobretensiones transitorias para red telefónica e informática

Para la protección de la línea telefónica le corresponde un PRC y PRI.

La instalación

En una instalación de limitadores de sobretensiones transitorias todos los parámetros son importantes y todas las normas y prescripciones de conexionado deben ser atendidas.

La selectividad de las protecciones se impone, el interruptor diferencial de cabecera debe ser un aparato selectivo para evitar las desconexiones intempestivas.
En este caso es un NS400N con desconexión diferencial de 1 A retardado 0,2 s.
■ Las verificaciones de base que deben efectuarse son:
□ Medida de la toma de tierra: ⩽ 4 Ω.
□ Verificación de la puesta a tierra de todos los aparatos.
□ Verificación de la equipotencialidad de todas las masas.

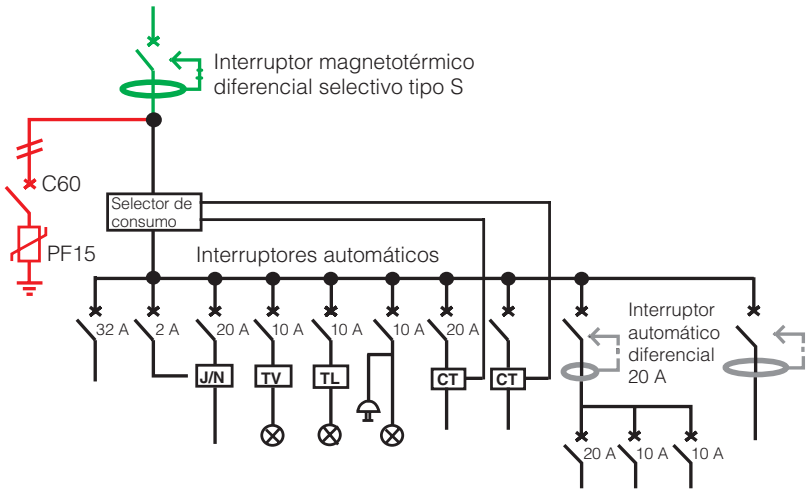


Fig. H2-4-024: *esquema de instalación de un limitador de sobretensiones transitorias en un hotel restaurante.*

■ La instalación del limitador de sobretensiones transitorias de cabecera.
El limitador de sobretensiones transitorias de cabecera PDR40 se debe instalar en el cuadro de acometida en los bornes de salida del interruptor automático diferencial de protección general, a través de un interruptor automático asociado.
La distancia del cuadro de acometida al cuadro de distribución debe respetar la norma de los 10 m para los limitadores de sobretensiones transitorias conectados en cascada en las derivaciones.
En estos casos es aconsejable elegir limitadores de sobretensiones transitorias con indicador a distancia del fin de vida y poder colocar esta señal en el cuadro general de control del hotel. Podemos sustituir PDR40 por el PDR40r.
En España, y con muy buen criterio de nuestro reglamento, la llegada de la energía a un edificio se realiza con doble aislamiento. Normalmente con un cuadro de acometida, parte accesible a la empresa suministradora y parte, de los bornes de entrada del interruptor automático general de protección, accesible al abonado.
La situación de los limitadores de sobretensiones transitorias se debe realizar en el espacio accesible al abonado, procurando que la placa base sea metálica y conectada a tierra, y que el cableado cumpla las recomendaciones especificadas.
■ La instalación de los cuadros de derivaciones.
Los cuadros que alimenten productos de poca resistencia a las sobretensiones deberemos protegerlos con un limitador de sobretensiones transitorias del tipo PDR8 asociado en cascada con el PDR40r.
Deberemos respetar la regla de los 10 m de mínima distancia y la de los 50 cm de conexiones.

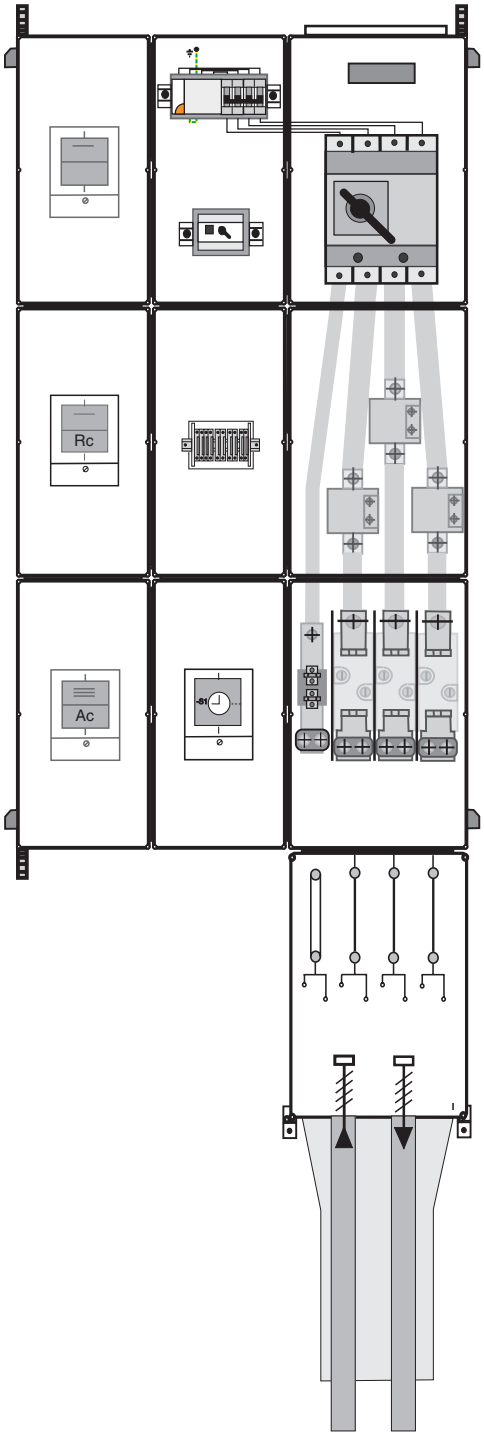


Fig. H2-4-025: *instalación del limitador de sobretensiones transitorias (descargador de sobretensiones) de cabecera en la acometida.*

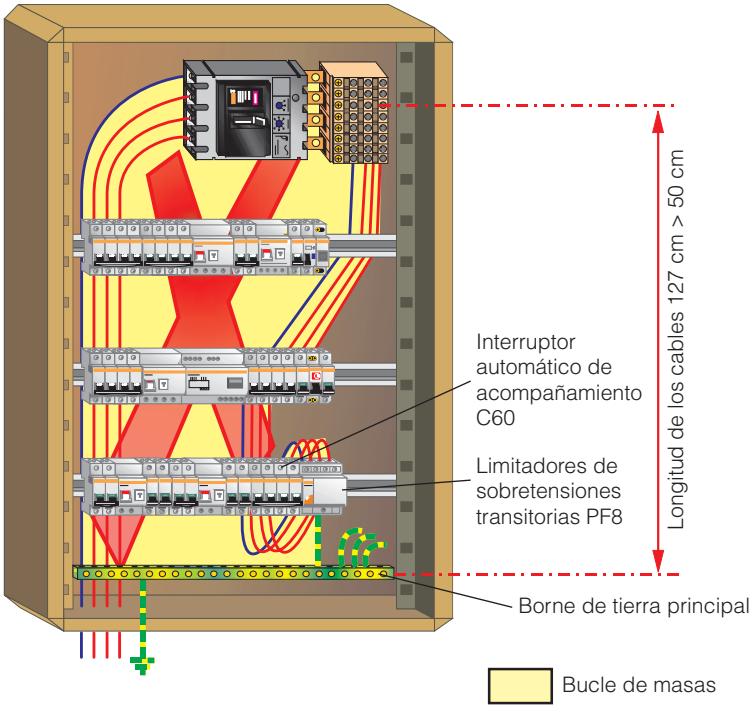


Fig. H2-4-026: *instalación no correcta por no respetar la regla de los 50 cm de conexionado y mantener un bucle radiante, con los cables de puesta a tierra, muy grande.*

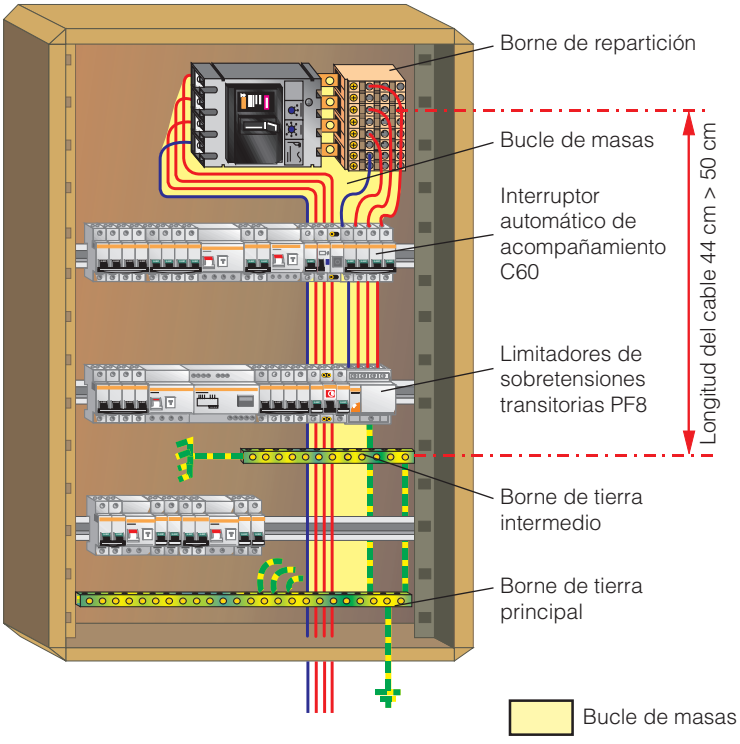


Fig. H2-4-027: *instalación correcta por respetar la regla de los 50 cm de conexionado y mantener un bucle radiante, con los cables de puesta a tierra, reducido.*

4.2. Instalación de protecciones contra las sobretensiones, en los ejemplos arrastrados

Cálculo de las protecciones contra las sobretensiones, para el grupo de viviendas unifamiliares pareadas

Suministro

La empresa suministradora alimenta a los abonados con una red subterránea en bucle, con cajas de protección y medida para grupos de dos abonados.

- ■ Potencia contratada 9,2 kW: Electrificación elevada.
- ■ Tensión de suministro: 220 V fase-N.
- ■ El ICPM: de 63 A.
- ■ La CGP y medida:
  - □ Tipo PN55, fig. B, esquema 2 (ver fig. D-4-011, pág. D/74 del 1.er volumen).
  - □ Los fusibles de la CGP, de 80 A.

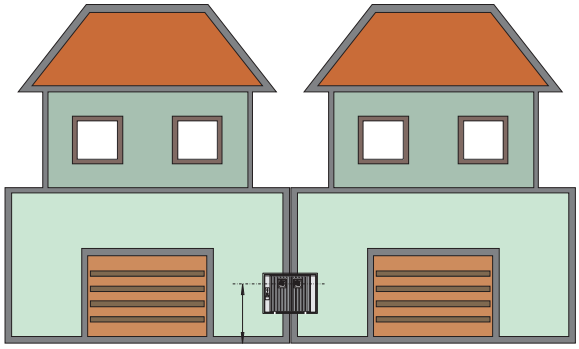


Fig. H2-4-028: *situación en fachada de la CGPM.*

Derivación y línea repartidora

La empresa suministradora alimenta con línea subterránea en bucle, directo a CGPM.

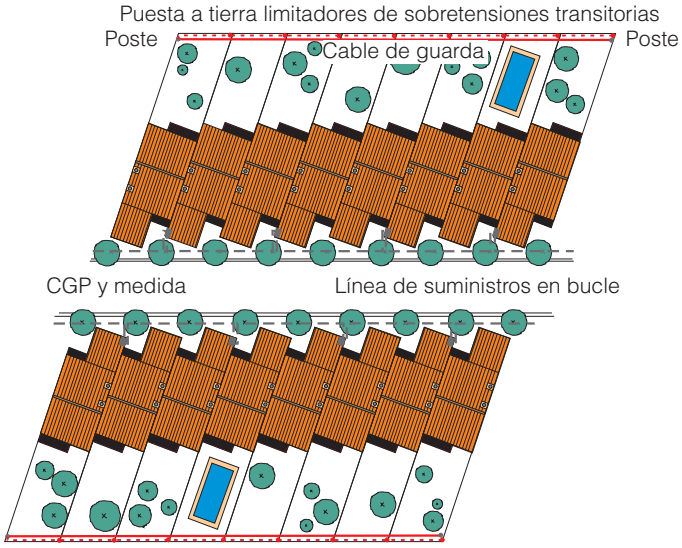


Fig. H2-4-029: *circuito en bucle de alimentación abonados e instalación de limitadores de sobretensiones transitorias convencional para casas unifamiliares pareadas.*

Instalación de limitadores de sobretensiones transitorias convencionales contra las descargas atmosféricas

La solución sería un tratamiento en grupo con cable de guarda y, en el caso de que en su entorno más próximo existan edificios de mayor altura con limitadores de sobretensiones transitorias convencionales, no es necesaria su instalación.

El tema de las sobretensiones, generalmente, no está reglamentado en las ordenanzas urbanísticas municipales.

Debería existir una reglamentación de instalación urbana, no sólo por las antenas, sino por las puestas a tierra y la relación de éstas con las puestas a tierra de las masas y de los CT.

En realidad, una reglamentación de servicios comunitarios permitiría una mejor utilización del espacio.

En estos momentos una diversificación de recursos inhabilita los mismos.

Si la solución adoptada, del conjunto de viviendas pareadas, es una puesta a tierra individual para cada propietario y una protección colectiva de limitadores de sobretensiones transitorias común, tendríamos las soluciones de las figuras H2-4-029, pág. H2/267, y H2-4-030, pág. H2/268.

La puesta a tierra del cable de guarda se realiza con un conductor de cobre o hierro galvanizado de 35 mm^2 y una piqueta de pata de pato de 8 m para cada vivienda, en tendido lineal, procurando que la puesta a tierra llegue más hondo que la puesta a tierra de las masas.

Es conveniente que la zona de la conducción de la puesta a tierra, del cable de guarda, accesible a los seres vivos, esté aislada de posibles contactos y se mantenga la protección hasta el primer metro de empotramiento, como mínimo, para poder evitar las tensiones de paso.

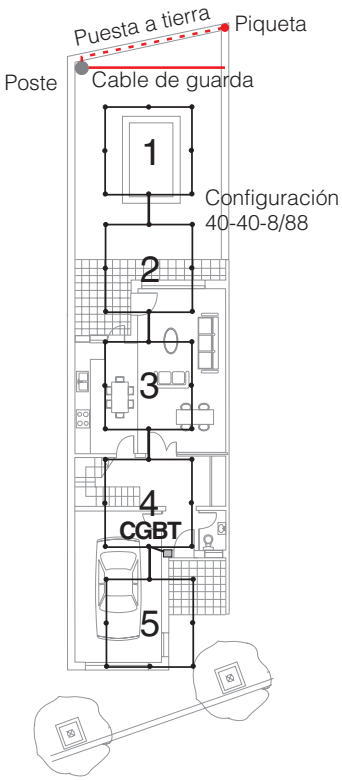


Fig. H2-4-030: *red de puesta a tierra R_A y limitadores de sobretensiones transitorias de protección de las sobretensiones atmosféricas de una vivienda pareada.*

Estudio de los limitadores de sobretensiones transitorias para las sobretensiones de la red

Emplazamiento:

■ Zona: urbana llana.
■ Alimentación:
□ BT: subterránea.

Los receptores

Los materiales a proteger son:
■ Electrodomésticos: refrigerador, horno, microondas, lavaplatos, lavadora, congelador, etc.
■ Cadena musical hi-fi.
■ TV, vídeo, ordenador.
■ Videotexto, interfono, teléfono.

Estudio del riesgo de los receptores:

■ La sensibilidad de los receptores es fuerte: S = 3.
■ El coste de los receptores, mediano: C = 2.
■ La consecuencia de la indisponibilidad es poca: I = 1.
■ Cálculo del riesgo de los receptores: R = S + C + I = 3 + 2 + 1 = 6.

Estudio del riesgo del lugar:

■ Línea de BT; subterránea: BT = 0.
■ Línea de MT; subterránea: MT = 0.
■ Entorno; terreno llano y con algunas estructuras en el entorno: d = 0,5.
■ La densidad de caída de rayos: Ng = 0,9.
■ Cálculo del riesgo del lugar:
E = Ng (1 + BT + MT + d) = 0,9 (1 + 0 + 0 + 0,5) = 1,35.

Elección de limitadores de sobretensiones transitorias para BT

El esquema de unión a la tierra es un TT.
En la tabla H2-4-013, pág. H2/256, para una R = 6 y E = 1,35 le corresponde un PDR15 bipolar, para proteger la línea de baja tensión.

Interruptor automático de acompañamiento

La elección del interruptor automático de acompañamiento se efectúa de acuerdo a la tabla H2-4-014, pág. H2/256, para un PDR15 le corresponde un C60 (C) 20 A.

Elección de limitadores de sobretensiones transitorias para red telefónica e informática

Para la protección de la línea telefónica le corresponde un PRC, con indicador de fin de vida EM/RM
El interruptor automático de acompañamiento puede ser un C60 de 20 A (o inferior).
Para la línea informática le corresponde un PRI, con indicador de fin de vida EM/RM
El interruptor automático de acompañamiento puede ser un C60 de 20 A (o inferior).

La instalación

En una instalación de limitadores de sobretensiones transitorias todos los parámetros son importantes y todas las normas y prescripciones de conexionado deben ser atendidas.
La selectividad de las protecciones se impone, el interruptor diferencial de cabecera debe ser un aparato selectivo para evitar las desconexiones intempestivas.

Las verificaciones de base que deben efectuarse son:
■ Medida de la toma de tierra: ⩽ 4 Ω.
La resistencia calculada para las viviendas en el capítulo G, apartado 8, pág. G/211, es R_{AT} = 3,13 Ω.
■ Verificación de la puesta a tierra de todos los aparatos.
■ Verificación de la equipotencialidad de todas las masas.

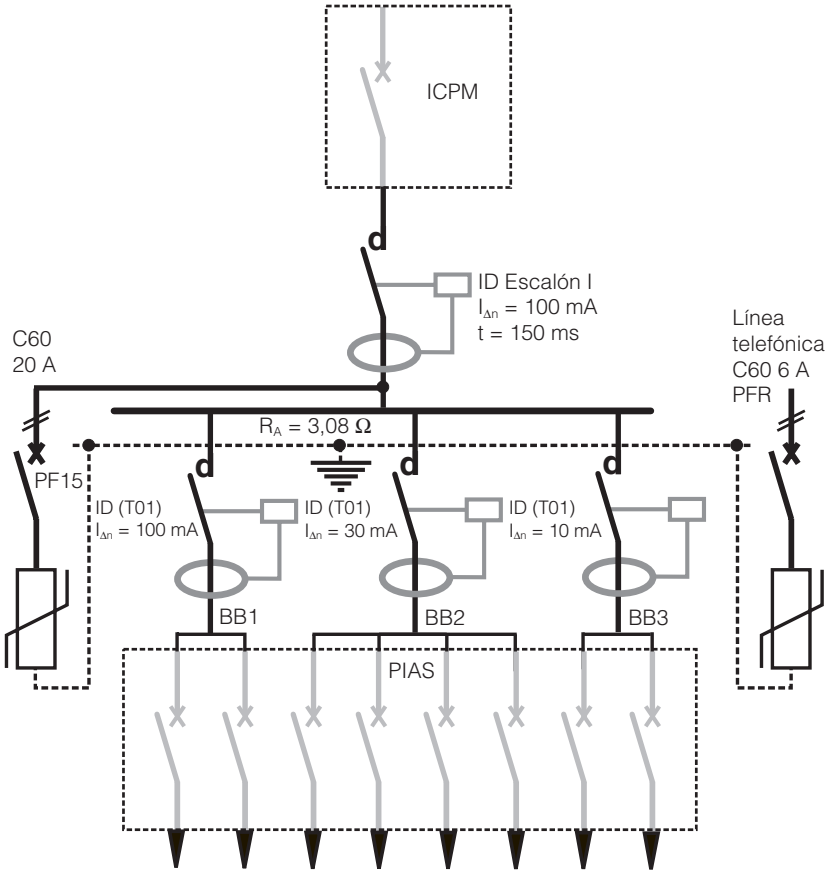


Fig. H2-4-031: *esquema de protección de una vivienda del grupo de viviendas pareadas.*

Cálculo de las protecciones contra las sobretensiones para las viviendas unifamiliares de una urbanización rural

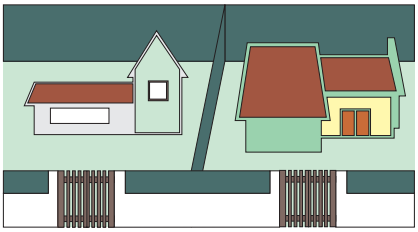
Suministro
La empresa suministradora alimenta a los abonados con una red aérea en ramal, con cajas de protección aérea y de medida empotrada, para grupos de tres abonados.

Potencia contratada 5,7 kW
Electrificación básica.

Tensión de suministro:
230 V fase-N.

El ICPM
- De 35 A horas punta.
- De 50 A horas valle.

La CGP
- Tipo CGP, 100 A, esquema 7.
- Los fusibles de la CGP, de 80 A.



Derivación
- Aérea. Para tres abonados: (3·5,7 = 17,1 kW).
- Distancia red-CGP, 2 m.

Línea repartidora
Línea aérea para cada abonado.
Distancia mayor CGP, equipo individual de medida 14 m.

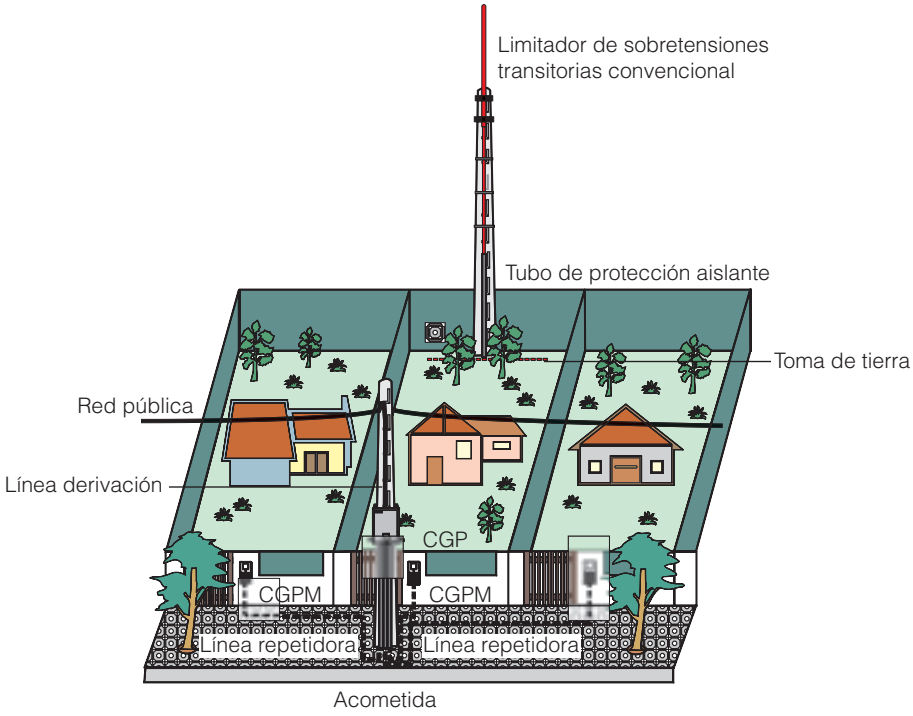


Fig. H2-4-032: *alimentación abonados e instalación de limitadores de sobretensiones transitorias convencional para casas unifamiliares rurales.*

Instalación de limitadores de sobretensiones transitorias convencionales contra las descargas atmosféricas

La solución sería un tratamiento en grupo para toda la urbanización.
El tema de las sobretensiones generalmente no está reglamentado en las ordenanzas urbanísticas municipales.
Debería existir una reglamentación de instalación en urbanizaciones rurales, no sólo por las antenas sino por las puestas a tierra y la relación con las puestas a tierra de las masas y de los CT.
Una solución individual sería un poste con antena y derivación a tierra, a una distancia inferior a 50 m del edificio, con la finalidad de que el campo del rayo afecte el mínimo a la instalación de la vivienda.

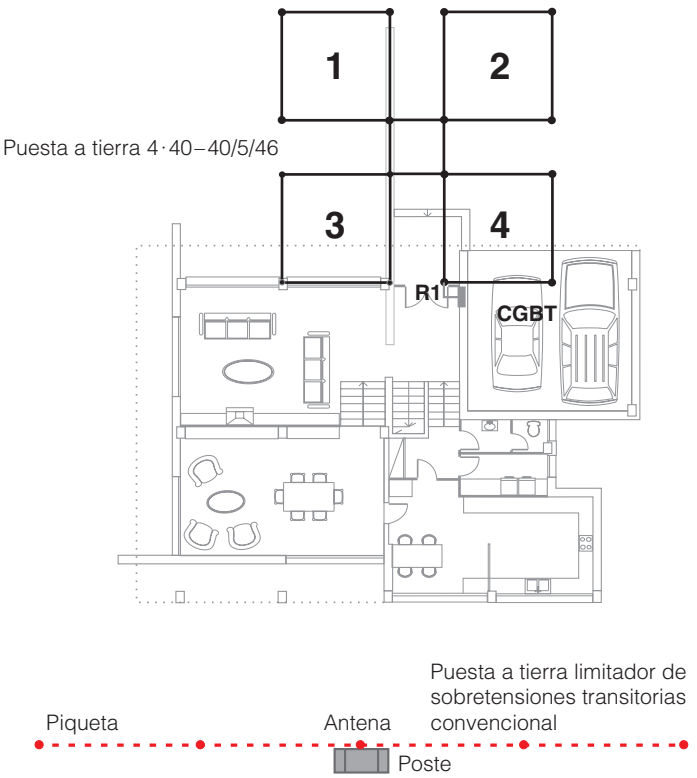


Fig. H2-4-033: *red de puesta a tierra R_A y limitador de sobretensiones transitorias de protección de las sobretensiones atmosféricas de una vivienda rural.*

La puesta a tierra de la antena se realiza con un conductor de cobre o hierro galvanizado de 35 mm^2 y una piqueta de pie de pato de 8 m, procurando que la puesta a tierra llegue más hondo que la puesta a tierra de las masas.
Es conveniente que la zona de la conducción de la puesta a tierra del cable de puesta a tierra, accesible a los seres vivos, esté aislada de posibles contactos y se mantenga la protección hasta el primer metro de empotramiento, como mínimo, para poder evitar las tensiones de paso.

Estudio de los limitadores de sobretensiones transitorias de la red

Emplazamiento:

- Zona: rural llana.
- Alimentación: BT aérea.

Los receptores

Los materiales a proteger son:

■ Electrodomésticos: refrigerador, horno, microondas, lavaplatos, lavadora, congelador, etc.

■ Cadena musical hi-fi.

■ TV, vídeo, ordenador.

■ Videotexto, interfono, teléfono.

Estudio del riesgo de los receptores:

■ La sensibilidad de los receptores es fuerte: S = 3.

■ El coste de los receptores es mediano: C = 2.

■ La consecuencia de la indisponibilidad es poca: I = 1.

■ Cálculo del riesgo de los receptores:

R = S + C + I = 3 + 2 + 1 = 6.

Estudio del riesgo del lugar:

■ Línea de BT; aérea > 500 m: BT = 1.

■ Línea de MT; aérea: MT = 1.

■ Entorno; terreno llano a cielo abierto: d = 0,75.

■ La densidad de caída de rayos: Ng = 2.

■ Cálculo del riesgo del lugar:

E = Ng (1 + BT + MT + d) = 2 (1 + 1 + 1 + 0,75) = 7,5.

Elección del limitador de sobretensiones transitorias para BT

El esquema de unión a la tierra es un TT. En la tabla H2-4-013, pág. H2/256, para una R = 6 y E = 7,5 le corresponde un PDR65 bipolar, para proteger la línea de baja tensión.

¡Atención! si está situada en una zona con descargas atmosféricas de gran intensidad es aconsejable un PRF1.

Interruptor automático de acompañamiento

La elección del interruptor automático de acompañamiento se efectúa de acuerdo a la tabla H2-4-014, pág. H2/256, para un PDR65 le corresponde un C120 o NG125 (C) 50 A.

Es opcional la instalación de señales a la desconexión del limitador de sobretensiones transitorias.

Elección del limitador de sobretensiones transitorias para red telefónica e informática

Para la protección de la línea telefónica le corresponde un PRC, con indicador de fin de vida EM/RM

El interruptor automático de acompañamiento puede ser un C60 de 20 A (o inferior).

Para la línea informática le corresponde un PRI, con indicador de fin de vida EM/RM

El interruptor automático de acompañamiento puede ser un C60 de 20 A (o inferior).

La instalación

En una instalación de limitadores de sobretensiones transitorias todos los parámetros son importantes y todas las normas y prescripciones de conexionado deben ser atendidas.

La selectividad de las protecciones se impone, el interruptor diferencial de cabecera debe ser un aparato selectivo para evitar las desconexiones intempestivas.

Las verificaciones de base que deben efectuarse son:

■ Medida de la toma de tierra: ⩽ 4 Ω.

La resistencia calculada para las viviendas en el capítulo G, apartado 8, pág. G/217,R_{AT} = 2,732 Ω.

- Verificación de la puesta a tierra de todos los aparatos.
- Verificación de la equipotencialidad de todas las masas.

Esquema de instalación

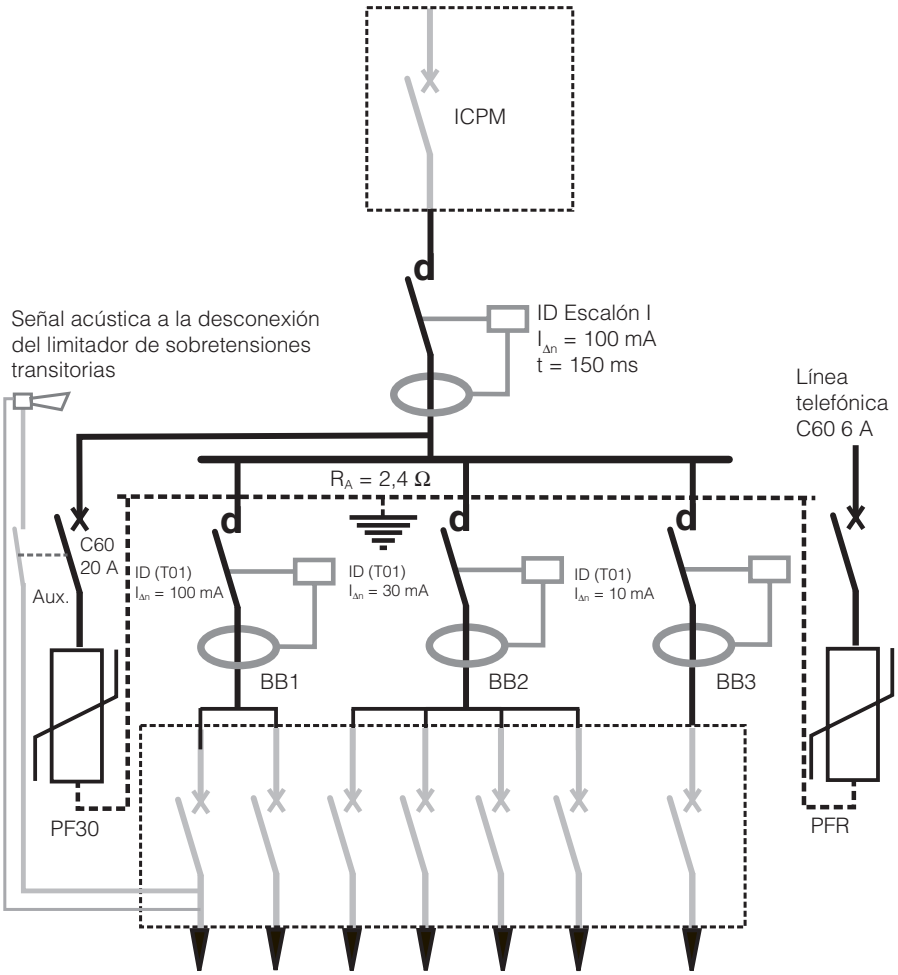


Fig. H2-4-034: *esquema de protección de una vivienda rural.*

Cálculo de las protecciones contra las sobretensiones para el alumbrado público de una urbanización

Suministro

La empresa suministradora alimenta a los abonados con una red aérea en ramal, con cajas de protección y medida exterior.
Tensión de suministro: 400/230 V.
El ICPM, de 40 A.

La CGP

Los fusibles de la CGP, de 63 A.

La CGPM

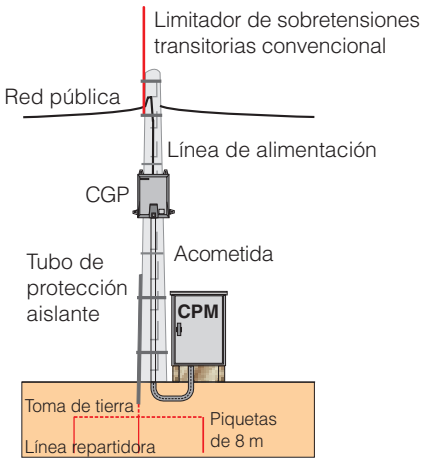
Tipo PL-77T, fig. B, esquema 1 (ver fig. D-4-047, pág. D/83 del volumen 1).

Derivación:

- Aérea.
- Distancia red-CGPM, 3 m.

Línea repartidora

En las mismas condiciones que la línea de derivación, excepto en la distancia que es de 8 m.



Instalación de limitadores de sobretensiones transitorias convencionales contra las descargas atmosféricas

En un alumbrado público los postes de las luminarias (metálicos), son limitadores de sobretensiones transitorias convencionales en potencia y no aislados de las personas.
Es obvia la necesidad de una reglamentación sobre la protección convencional de las sobretensiones atmosféricas de forma global.
La utilización de un limitador de sobretensiones transitorias para la protección de la acometida es un mínimo a realizar.

Estudio de los limitadores de sobretensiones transitorias de la red

Emplazamiento

- Zona: rural llana.
- Alimentación: BT aérea.

Los receptores

Los materiales a proteger son: reactancias y lámparas de descarga.

Estudio del riesgo de los receptores:

- La sensibilidad de los receptores es poca: S = 1.
- El coste de los receptores es mediano: C = 2.
- La consecuencia de la indisponibilidad; interrupción parcial: I = 2.
- Cálculo del riesgo de los receptores:

R = S + C + I = 1 + 2 + 2 = 5.

Estudio del riesgo del lugar:

- Línea de BT; aérea > 500 m: BT = 1.
- Línea de MT; aérea: MT = 1.
- Entorno; terreno llano a cielo abierto: d = 0,75.
- La densidad de caída de rayos: Ng = 2.
- Cálculo del riesgo del lugar:

E = Ng (1 + BT + MT + d) = 2 (1 + 1 + 1 + 0,75) = 7,5.

Elección del limitador de sobretensiones transitorias para la red de BT
El esquema de unión a la tierra es un TT. En la tabla H2-6-3-008, para una R = 5 y E = 7,5 le corresponde un PDR40 tetrapolar, para proteger la línea de baja tensión.
¡Atención! si está situada en una zona con descargas atmosféricas de gran intensidad es aconsejable un PRF1.

Interruptor automático de acompañamiento
La elección del interruptor automático de acompañamiento se efectúa de acuerdo a la tabla H2-6-3-039, para un PDR40 le corresponde un C60 (C) 20 A.

La instalación
En una instalación de limitadores de sobretensiones transitorias todos los parámetros son importantes y todas las normas y prescripciones de conexionado deben ser atendidas.
La selectividad de las protecciones se impone, el interruptor diferencial de cabecera debe ser un aparato selectivo para evitar las desconexiones intempestivas.
Las verificaciones de base que deben efectuarse son:
■ Medida de la toma de tierra: ⩽ 4 Ω.
La resistencia calculada para las viviendas en el capítulo G, apartado 8, pág. G/246. R_{AT} = 1,83 Ω.
■ Verificación de la puesta a tierra de todos los aparatos.
■ Verificación de la equipotencialidad de todas las masas.

Esquema de instalación

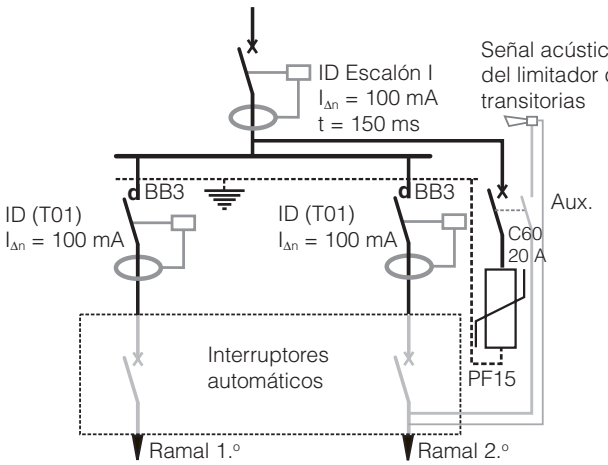
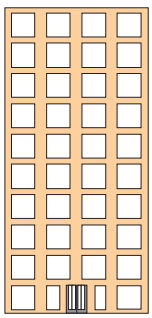


Fig. H2-4-035: *esquema de protección de un alumbrado de una urbanización rural.*

Cálculo de las protecciones contra las sobretensiones para un bloque de viviendas y locales comerciales



Suministro
La empresa suministradora alimenta a los abonados con una red subterránea de bucle, con CGP y centralización de contadores.

Potencia contratada viviendas, 36 unidades a 5,7 kW:
■ Electrificación básica.
■ Tensión de suministro 230 V fase-N.

Potencia contratada locales comerciales, 2 unidades a 24 kW:
■ Tensión de suministro 400/230 V.

Potencia contratada servicios generales, 25 kW:
■ Tensión de suministro 400/230 V.
Esquema de situación en planta.

Esquema de situación en alzado de las tierras y el limitador de sobretensiones transitorias convencional

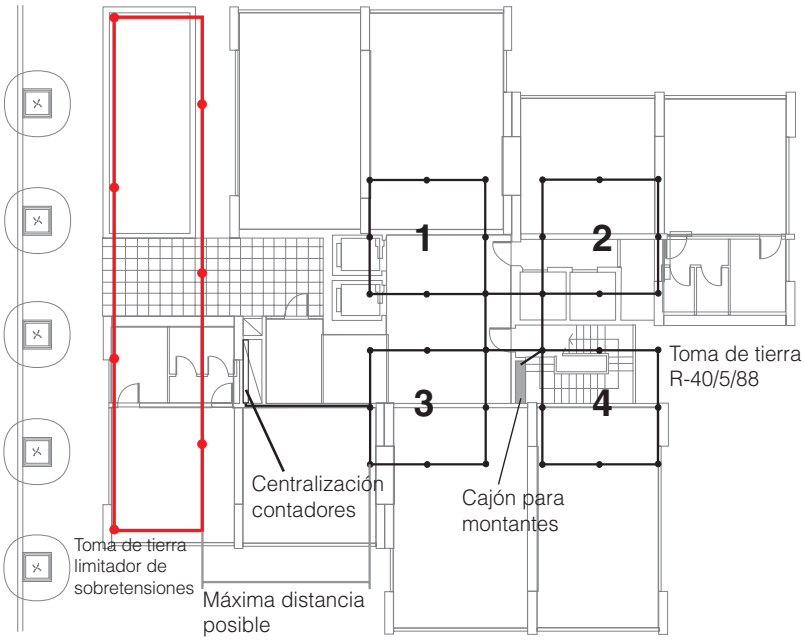


Fig. H2-4-036: *situación en planta de las puestas a tierra.*

Caja general de protección (CGP):
■ Tipo PN-55, 400 A, esquema 14.
■ Los fusibles de la CGP, de 400 A.

Derivación
Alimentación subterránea en bucle de la empresa suministradora.

Línea general de alimentación (LGA):
■ Potencia: 179 kW
■ Distancia: 22 m.
■ Tensión: 400/230 V.

Centralización de contadores de doble aislamiento:
■ Preparada para 36 derivaciones monofásicas y 3 trifásicas.
■ Tensión de 400/230 V.
■ Con bases fusible de 63 A.
■ Bornes de salida, fase neutro y tierra.
■ Embarrado de 400 A.

Derivación individual:
■ Individual para cada abonado, desde la centralización de contadores hasta el cuadro general de abonado (ICPM).

■ Bifásica 230 V.
■ En tubo de plástico en el interior del cajón de distribución.

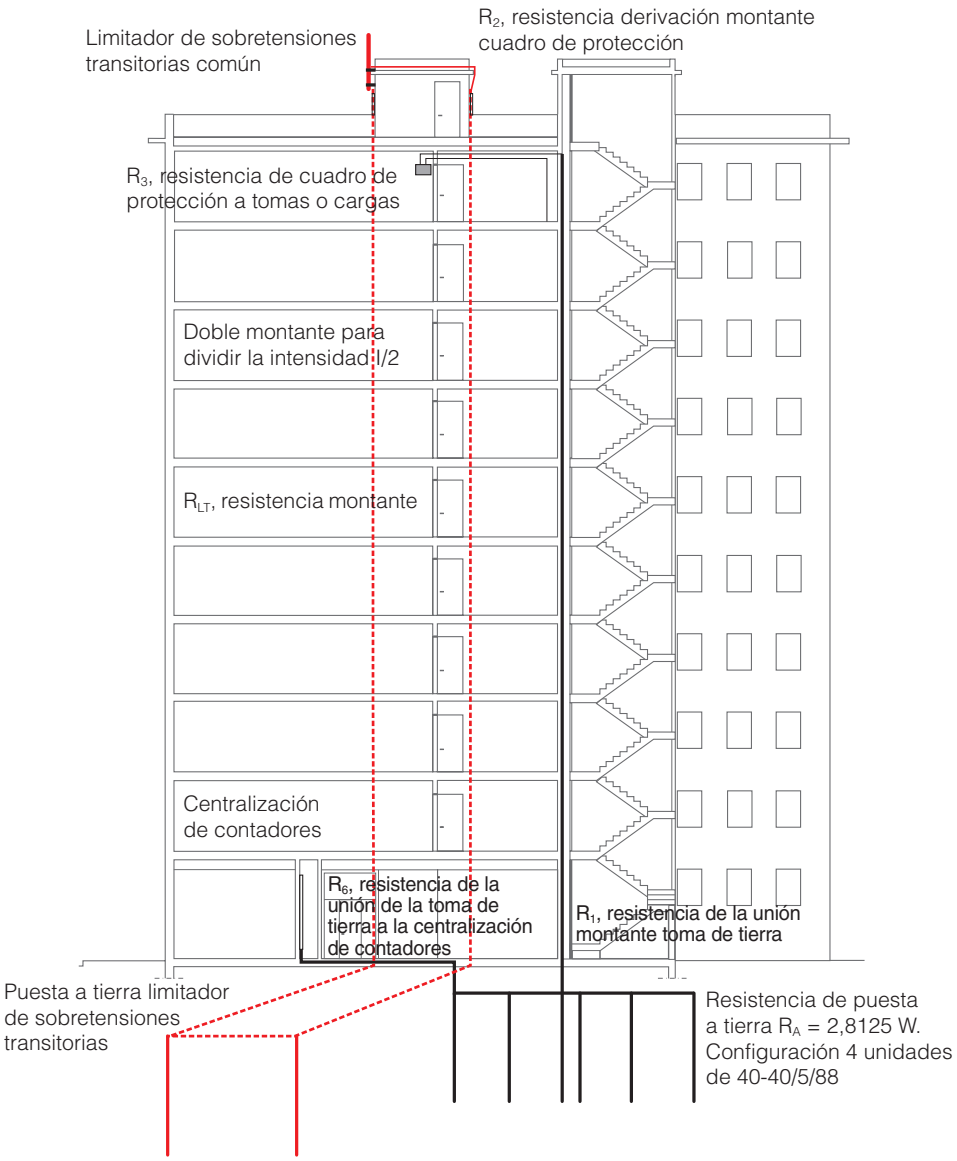


Fig. H2-4-037: *situación en alzado de las puestas a tierra.*

Estudio de los limitadores de sobretensiones transitorias de la red

1) Para las viviendas:

Emplazamiento:
■ Zona: urbana llana.
■ Alimentación: BT subterránea.

Los receptores
Los materiales a proteger son:
■ Electrodomésticos: refrigerador, microondas, lavadora, etc.

■ Cadena musical hi-fi.
■ TV, vídeo.
■ Teléfono.

Estudio del riesgo de los receptores:
■ La sensibilidad de los receptores es elevada: S = 3.
■ El coste de los receptores es mediano: C = 2.
■ La consecuencia de la indisponibilidad; interrupción parcial: I = 1.
■ Cálculo del riesgo de los receptores:
R = S + C + I = 3 + 2 + 1 = 6.

Estudio del riesgo del lugar:
■ Línea de BT; subterránea: BT = 0.
■ Línea de MT; subterránea: MT = 0.
■ Entorno urbano: d = 0.
■ La densidad de caída de rayos: Ng = 0,9
■ Cálculo del riesgo del lugar:
E = Ng (1 + BT + MT + d) = 0,9 (1 + 0 + 0 + 0) = 0,9.

Elección de limitadores de sobretensiones transitorias para la red de BT
El esquema de unión a la tierra es un TT. En la tabla H2-4-013, pág. H2/256, para una R = 6 y E = 0,9 le corresponde un PDR8 bipolar, para proteger la línea de baja tensión.

Interruptor automático de acompañamiento
La elección del interruptor automático de acompañamiento se efectúa de acuerdo a la tabla H2-4-014, pág. H2/256, para un PDR8 le corresponde un C60 (C) 20 A.

2) Para los locales comerciales:

Emplazamiento:
■ Zona: urbana llana.
■ Alimentación: BT subterránea.

Los receptores
Los materiales a proteger son:
■ Cadena musical hi-fi.
■ Ordenador, caja registradora, alarma.
■ Teléfono.

Estudio del riesgo de los receptores:
■ La sensibilidad de los receptores es poca: S = 3.
■ El coste de los receptores es mediano C = 2.
■ La consecuencia de la indisponibilidad; interrupción parcial: I = 2.
■ Cálculo del riesgo de los receptores:
R = S + C + I = 3 + 2 + 2 = 7.

Estudio del riesgo del lugar:
■ Línea de BT; subterránea: BT = 0.
■ Línea de MT; subterránea: MT = 0.
■ Entorno urbano: d = 0.
■ La densidad de caída de rayos: Ng = 0,9.
■ Cálculo del riesgo del lugar:
E = Ng (1 + BT + MT + d) = 0,9 (1 + 0 + 0 + 0) = 0,9.

Elección de limitador de sobretensiones transitorias para la red de BT
El esquema de unión a la tierra es un TT.
En la tabla H2-4-013, pág. H2/256, para una R = 7 y E = 0,9 le corresponde un PDR8 tetrapolar, para proteger la línea de baja tensión.

Interruptor automático de acompañamiento
La elección del interruptor automático de acompañamiento se efectúa de acuerdo a la tabla H2-4-014, pág. H2/256, para un PDR8 le corresponde un C60 (C) 20 A.

3) Para los servicios generales:

Emplazamiento:
- Zona: urbana llana.
- Alimentación: BT subterránea.

Los receptores
Los materiales a proteger son:
- Ascensores y controladores de velocidad y frenado.
- Alumbrado general y de emergencia.
- Interfono.

Estudio del riesgo de los receptores:
- La sensibilidad de los receptores es poca: S = 3.
- El coste de los receptores es elevado: C = 3.
- La consecuencia de la indisponibilidad; interrupción muy importante: I = 3.
- Cálculo del riesgo de los receptores:

R = S + C + I = 3 + 3 + 3 = 9.

Estudio del riesgo del lugar:
- Línea de BT; subterránea: BT = 0.
- Línea de MT; subterránea: MT = 0.
- Entorno urbano: d = 0.
- La densidad de caída de rayos: Ng = 0,9.
- Cálculo del riesgo del lugar:

E = Ng (1 + BT + MT + d) = 0,9 (1 + 0 + 0 + 0) = 0,9.

Elección de limitadores de sobretensiones transitorias para la red de BT
El esquema de unión a la tierra es un TT.
En la tabla H2-4-013, pág. H2/256, para una R = 9 y E = 0,9 le corresponde un PDR15 + PDF8 tetrapolar, para proteger la línea de baja tensión.

Interruptor automático de acompañamiento
La elección del interruptor automático de acompañamiento se efectúa de acuerdo a la tabla H2-4-014, pág. H2/256, para un PDR15 le corresponde un C60 (C) 20 A y para un PDR8 le corresponde un C60 (C) 20 A.

La instalación
En una instalación de limitador de sobretensiones transitorias todos los parámetros son importantes y todas las normas y prescripciones de conexionado deben ser atendidas.
La selectividad de las protecciones se impone, el interruptor diferencial de cabecera debe ser un aparato selectivo para evitar las desconexiones intempestivas.
Las verificaciones de base que deben efectuarse son:
- Medida de la toma de tierra: $\leqslant 4\ \Omega$.

La resistencia calculada para las viviendas en el capítulo G, apartado 8, pág. G/255. $R_{AT} = 3{,}012\ \Omega$.

■ Verificación de la puesta a tierra de todos los aparatos.
■ Verificación de la equipotencialidad de todas las masas.

Esquema viviendas:

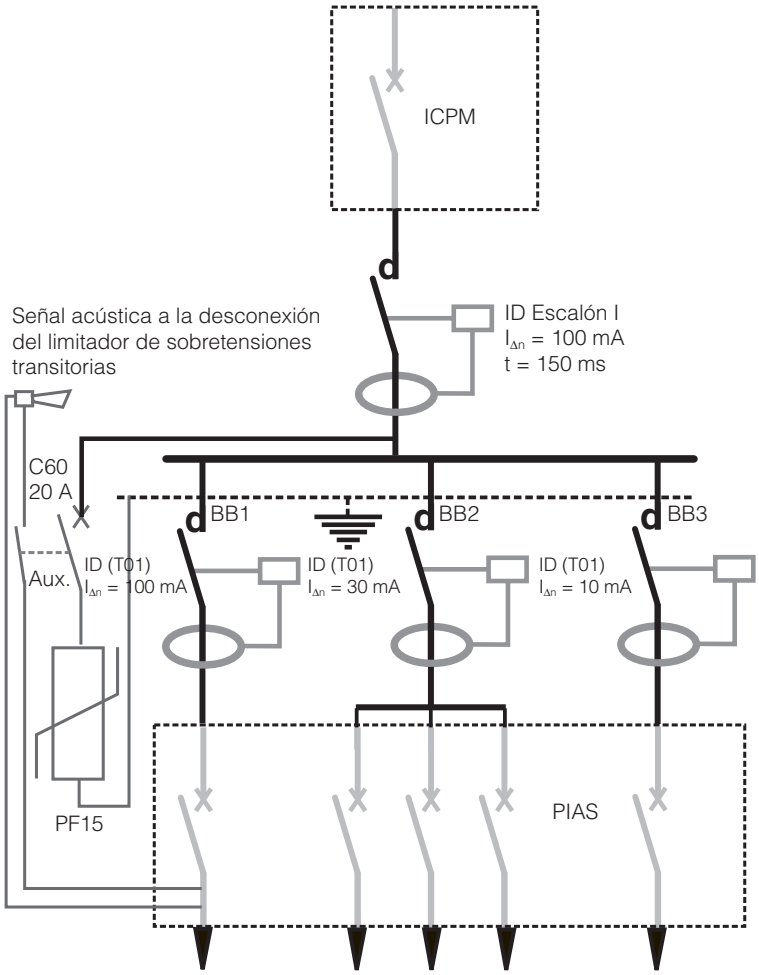


Fig. H2-4-038: *esquema de protecciones diferenciales y contra las sobretensiones de una vivienda en un bloque de pisos.*

Esquema locales comerciales:

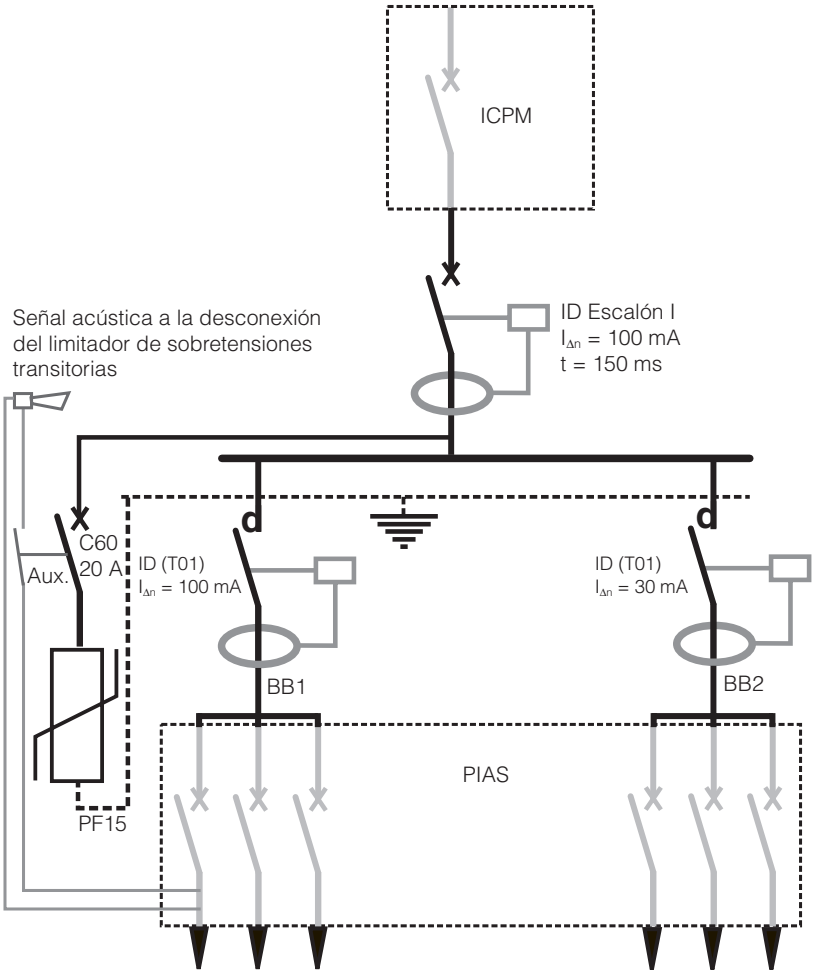


Fig. H2-4-039: *esquema de protecciones diferenciales y contra las sobrecargas de un local comercial.*

Esquema servicios generales:

Debido al riesgo de los sistemas de control de velocidad y frenado de los ascensores, el cálculo de los limitadores de sobretensiones transitorias nos aconseja una instalación en cascada de un PDR15 y un PDR8 tetrapolares.

■ En la instalación de los cuadros de derivaciones.

Los cuadros que alimenten productos de poca resistencia a las sobretensiones transitorias del tipo PDR8 asociado en cascada con el PDR15.

Deberemos respetar la regla de los 10 m de mínima distancia y la de los 50 cm de conexiones.

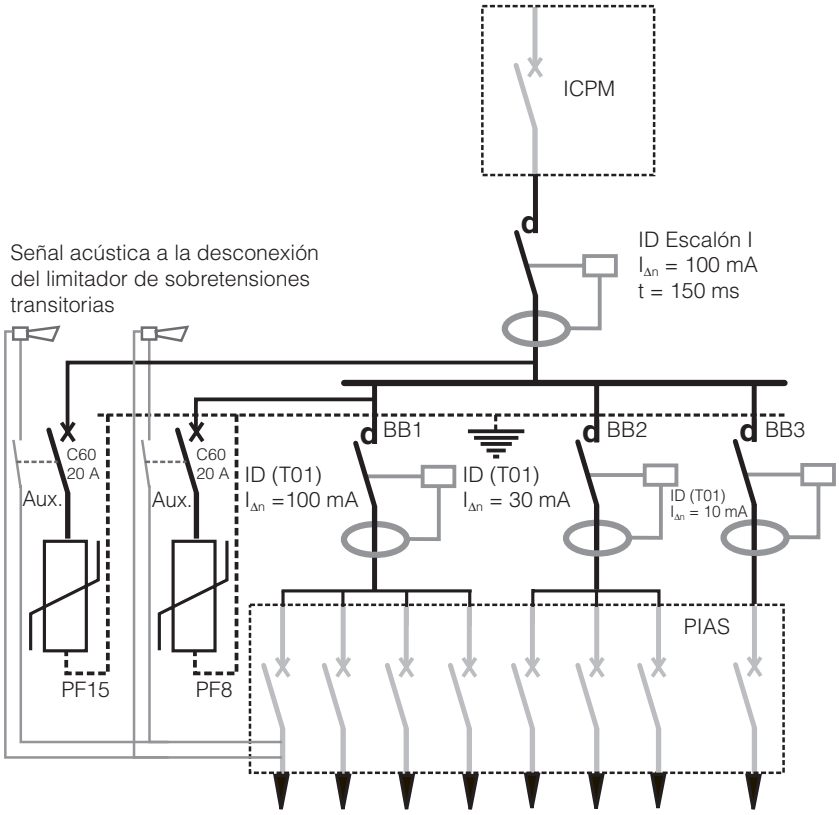


Fig. H2-4-040: *esquema de protecciones diferenciales y contra las sobretensiones de los servicios generales.*

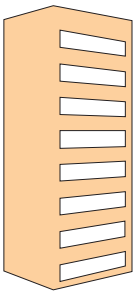
Cálculo de las protecciones contra las sobretensiones de un bloque de oficinas y locales comerciales, con tres plantas de sótanos para aparcamientos y servicios generales

Suministro

Tres abonados han solicitado un doble suministro, con dos empresas diferentes, con el fin de garantizar la continuidad de suministro.

La empresa suministradora A alimenta a los abonados desde el cuadro de baja del CT de su propiedad, situado en el primer sótano con cuatro derivaciones subterráneas para los cuadros de protección y medida de los abonados.

La empresa suministradora B alimenta a los abonados desde la red pública de BT.



Abonado n.º 1, local comercial:
- ■ Potencia contratada 63 kW.
- ■ Tensión de suministro 400/230 V.
- ■ Equipo de protección y medida interior T-2, fusibles de 125 A.

Abonado n.º 2, de las plantas 2.ª, 3.ª y 4.ª:
Contratación con dos empresas suministradoras:
- ■ Empresa suministradora A:
- □ Potencia contratada 200 kW.
- □ Tensión de suministro 400/230 V.
- □ Equipo de protección y medida interior T-30, fusibles de 400 A.
- ■ Empresa suministradora B:
- □ Potencia contratada 200 kW.
- □ Tensión de suministro 400/230 V.
- □ Equipo de protección y medida interior T-30, fusibles de 400 A.

Abonado n.º 3, de las plantas 4.ª y 5.ª:
- ■ Potencia contratada 160 kW.
- ■ Tensión de suministro 400/230 V.
- ■ Tarifa de contratación.
- ■ Equipo de protección y medida interior T-30, fusibles de 315 A.

Abonado n.º 4, de la planta 6.ª - 1.ª:
- ■ Potencia contratada 20 kW.
- ■ Tensión de suministro 400/230 V.
- ■ Equipo de protección y medida interior T-2, fusibles de 40 A:

Abonado n.º 5, de la planta 6.ª - 2.ª:
- ■ Potencia contratada 25 kW.
- ■ Tensión de suministro 400/230 V.
- ■ Equipo de protección y medida interior T-2, fusibles de 50 A.

Abonado n.º 6, de la planta 6.ª - 3.ª:
- ■ Potencia contratada 25 kW.
- ■ Tensión de suministro 400/230 V.
- ■ Equipo de protección y medida interior T-2, fusibles de 50 A.

Abonado n.º 7, de la planta 7.ª:
Contratación con dos empresas suministradoras:
- ■ Empresa suministradora A:
- □ Potencia contratada 80 kW.

□ Tensión de suministro 400/230 V.
□ Equipo de protección y medida interior T-20, fusibles de 160 A.
■ Empresa suministradora B:
■ Potencia contratada 80 kW.
■ Tensión de suministro 400/230 V.
■ Equipo de protección y medida interior T-20, fusibles de 160 A.

Abonado n.º 8, servicios generales:
Contratación con dos empresas suministradoras:
■ Empresa suministradora A:
□ Potencia contratada 125 kW.
□ Tensión de suministro 400/230 V.
□ Equipo de protección y medida interior T-30, fusibles de 250 A.
■ Empresa suministradora:
□ Potencia contratada 125 kW.
□ Tensión de suministro 400/230 V.
□ Equipo de protección y medida interior T-30, fusibles de 250 A.

Descripción del limitador de sobretensiones transitorias común
El edificio alberga centros de cálculo informáticos y de diseño, la necesidad de una calidad elevada de la energía en estas condiciones de trabajo obliga a la instalación de una jaula de Faraday como limitador de sobretensiones transitorias común.
Al repartir la intensidad del rayo en cuatro bajantes hasta tierra y con conexiones equipotenciales cada dos plantas, nos permite reducir la intensidad de los campos radiantes de la corriente del rayo o de descargas atmosféricas.
La instalación interior con canalizaciones prefabricadas permite que la jaula de Faraday, propia de las canalizaciones prefabricadas, actúe de protección de los campos radiantes para los conductores.
La jaula de Faraday del limitador de sobretensiones transitorias convencional se construye con conductor de cobre desnudo o de hierro galvanizado de 35 mm^2 y protegido con tubo aislante en las partes susceptibles de ser tocadas por una persona.

Esquema de situación en planta de las puestas a tierra:

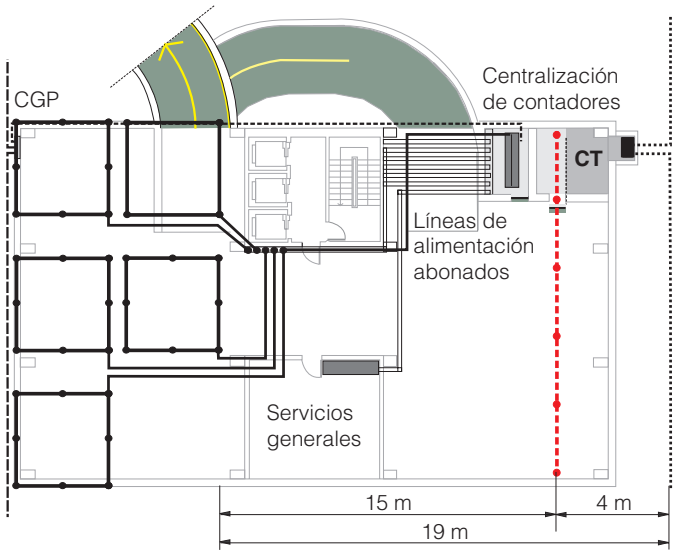


Fig. H2-4-041: *situación en planta de las puestas a tierra.*

Esquema de situación en alzado de las tomas de tierra y el limitador de sobretensiones transitorias convencional:

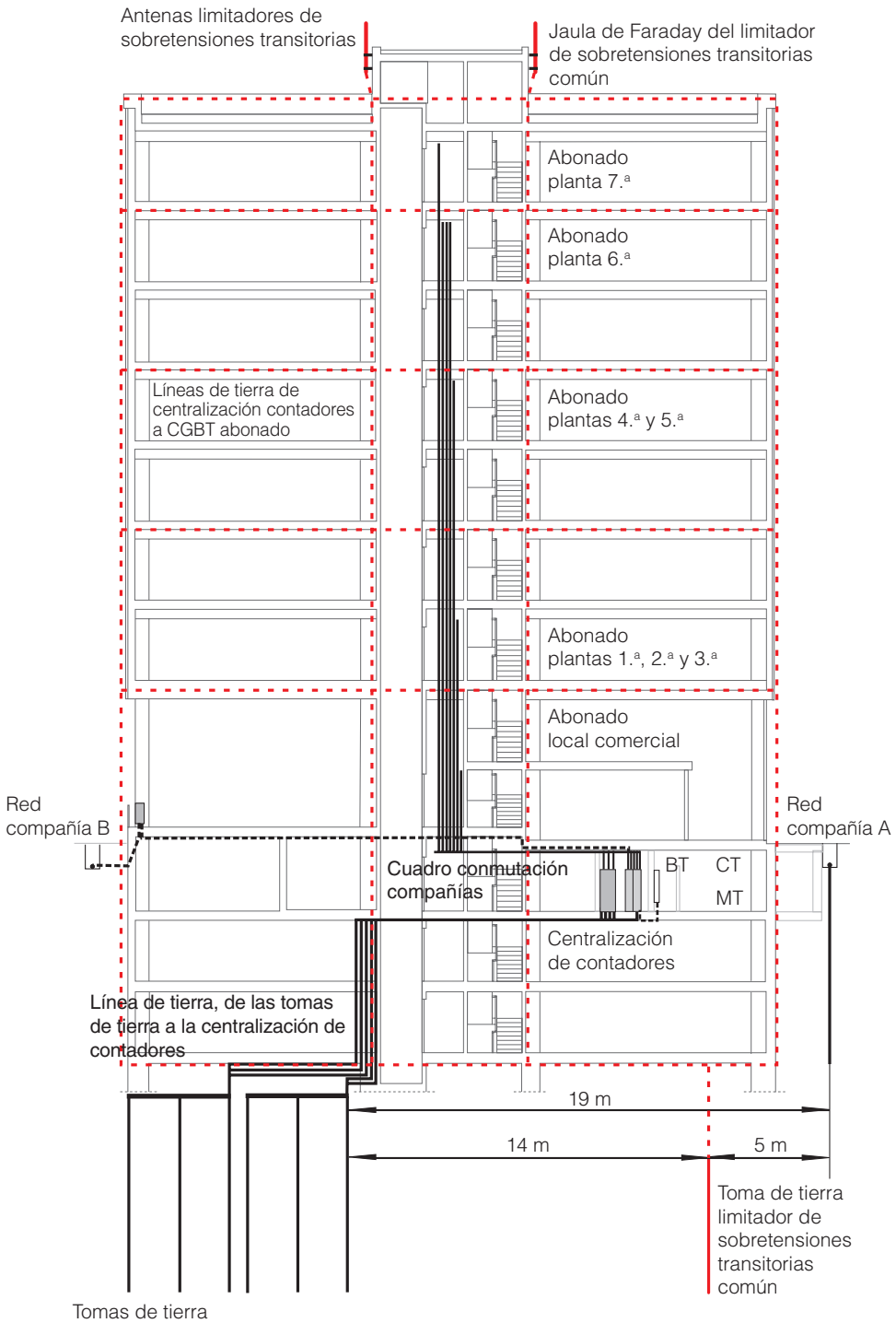


Fig. H2-4-042: *vista vertical de las tomas de tierra del edificio y del limitador de sobretensiones transitorias convencional.*

Estudio de los limitadores de sobtretensiones transitorias de la red

1) Para el local comercial:

Emplazamiento:
- ■ Zona: urbana llana.
- ■ Alimentación: BT subterránea.

Los receptores
Los materiales a proteger son:
- ■ Cadena musical hi-fi.
- ■ Ordenador, caja registradora, alarma.
- ■ Teléfono.

Estudio del riesgo de los receptores:
- ■ La sensibilidad de los receptores es poca: S = 3.
- ■ El coste de los receptores es mediano: C = 2.
- ■ La consecuencia de la indisponibilidad; interrupción parcial: I = 2.
- ■ Cálculo del riesgo de los receptores:

R = S + C + I = 3 + 2 + 2 = 7.

Estudio del riesgo del lugar:
- ■ Línea de BT; subterránea: BT = 0.
- ■ Línea de MT; subterránea: MT = 0.
- ■ Entorno urbano: d = 0.
- ■ La densidad de caída de rayos: Ng = 0,9
- ■ Cálculo del riesgo del lugar:

E = Ng (1 + BT + MT + d) = 0,9 (1 + 0 + 0 + 0) = 0,9.

Elección de limitadores de sobtretensiones transitorias para la red de BT
El esquema de unión a la tierra es un TT. En la tabla H2-4-013, pág. H2/256, para una R = 7 y E = 0,9 le corresponde un PRD8 tetrapolar, para proteger la línea de baja tensión.

Interruptor automático de acompañamiento
La elección del interruptor automático de acompañamiento se efectúa de acuerdo a la tabla H2-4-014, pág. H2/256, para un PDR8 le corresponde un C60 (C) 20 A.

Elección de limitadores de sobretensiones transitorias para la red telefónica e informática
Para la protección de la línea telefónica le corresponde un PRC, con indicador de fin de vida EM/RM. El interruptor automático de acompañamiento puede ser un C60 de 20 A (o inferior). Para la línea informática le corresponde un PRI, con indicador de fin de vida EM/RM. El interruptor automático de acompañamiento puede ser un C60 de 20 A (o inferior).

2) Para abonados plantas 1.ª, 2.ª y 3.ª:

Emplazamiento:
- ■ Zona: urbana llana.
- ■ Alimentación dos compañías:
- □ BT subterránea (las dos).
- □ MT subterránea.

Los receptores
Los materiales a proteger son:
- □ Cadena musical hi-fi.
- □ Ordenadores, equipos informáticos, alarma, equipos de oficina.
- □ Aire acondicionado.
- □ Teléfono.

Estudio del riesgo de los receptores:
- La sensibilidad de los receptores es poca: S = 3.
- El coste de los receptores es elevado: C = 3.
- La consecuencia de la indisponibilidad; interrupción total: I = 3.
- Cálculo del riesgo de los receptores:

R = S + C + I = 3 + 3+ 3 = 9.

Estudio del riesgo del lugar:
- Línea de BT; subterránea: BT = 0.
- Línea de MT; subterranea: MT = 0.
- Entorno urbano: d = 0.
- La densidad de caída de rayos: Ng = 0,9
- Cálculo del riesgo del lugar:

E = Ng (1 + BT + MT + d) = 0,9 (1 + 0 + 0 + 0) = 0,9.

Elección del limitador de sobretensiones transitorias para la red de BT
El esquema de unión a la tierra es un TT.
En la tabla H2-4-013, pág. H2/256, para una R = 9 y E = 0,9 le corresponde un PDR15+ PDR8 tetrapolar, para proteger la línea de baja tensión.
El PDR15 se intalará en el cuadro general y el PDR8 en los cuadros de planta, respetando la regla de los 10 m.

Interruptor automático de acompañamiento
La elección del interruptor automático de acompañamiento se efectúa de acuerdo a la tabla H2-4-014, pág. H2/256, para un PDR15 o PDR8 le corresponde un C60 (C) 20 A.

Elección de limitadores de sobretensiones transitorias para la red telefónica e informática
Para la protección de la línea telefónica le corresponde un PRC, con indicador de fin de vida EM/RM. El interruptor automático de acompañamiento puede ser un C60 de 20 A (o inferior). Para la línea informática le corresponde un PRI, con indicador de fin de vida EM/RM. El interruptor automático de acompañamiento puede ser un C60 de 20 A (o inferior).

Elección de limitadores de sobretensiones transitorias para la red de régimen IT
El esquema de unión a la tierra es un IT.
En la tabla H2-4-013, pág. H2/256, para una R = 9 y E = 0,9 le corresponde un PDR15 + PDR8 tetrapolar, para proteger la línea de baja tensión.
El PDR15 se intalará en el cuadro general y el PDR8 en los cuadros de planta, respetando la regla de los 10 m.

Interruptor automático de acompañamiento
La elección del interruptor automático de acompañamiento se efectúa de acuerdo a la tabla H2-4-014, pág. H2/256, para un PDR15 o PDR8 le corresponde un C60 (C) 20 A.

3) Para abonados plantas 4.ª y 5.ª:

Emplazamiento:
- Zona: urbana llana.
- Alimentación:
  - BT subterránea.
  - MT: subterránea.

Los receptores
Los materiales a proteger son:
- Cadena musical hi-fi.
- Ordenador, alarma, equipos de oficina.
- Aire acondicionado.
- Teléfono.

Estudio del riesgo de los receptores:
- La sensibilidad de los receptores es poca: S = 3.
- El coste de los receptores es medio: C = 2.
- La consecuencia de la indisponibilidad; interrupción parcial: I = 2.
- Cálculo del riesgo de los receptores:

R = S + C + I = 3 + 2+ 2 = 7.

Estudio del riesgo del lugar:
- Línea de BT; subterránea: BT = 0.
- Línea de MT; subterránea: MT = 0.
- Entorno urbano: d = 0.
- La densidad de caída de rayos: Ng = 0,9
- Cálculo del riesgo del lugar:

E = Ng (1 + BT + MT + d) = 0,9 (1 + 0 + 0 + 0) = 0,9.

Elección de limitadores de sobretensiones transitorias para la red de BT
El esquema de unión a la tierra es un TT. En la tabla H2-4-013, pág. H2/256, para una R = 7 y E = 0,9 le corresponde un PDR8 tetrapolar, para proteger la línea de baja tensión.

Interruptor automático de acompañamiento
La elección del interruptor automático de acompañamiento se efectúa de acuerdo a la tabla H2-4-014, pág. H2/256, para un PDR8 le corresponde un C60 (C) 20 A.

Elección de limitadores de sobretensiones transitorias para la red telefónica e informática
Para la protección de la línea telefónica le corresponde un PRC, con indicador de fin de vida EM/RM. El interruptor automático de acompañamiento puede ser un C60 de 20 A (o inferior). Para la línea informática le corresponde un PRI, con indicador de fin de vida EM/RM. El interruptor automático de acompañamiento puede ser un C60 de 20 A (o inferior).

4) Para abonado planta 6.ª:

Los tres abonados de la planta sexta no presentan diferencias susceptibles y permiten un cálculo común.

Emplazamiento:
- Zona: urbana llana.
- BT subterránea.
- MT subterránea.

Los receptores
Los materiales a proteger son:
- Cadena musical hi-fi.
- Ordenador, alarma, equipos de oficina.
- Aire acondicionado.
- Teléfono.

Estudio del riesgo de los receptores:
- La sensibilidad de los receptores es poca: S = 3.
- El coste de los receptores es medio: C = 2.
- La consecuencia de la indisponibilidad; interrupción parcial: I = 2.
- Cálculo del riesgo de los receptores:

R = S + C + I = 3 + 2+ 2 = 7.

Estudio del riesgo del lugar:
- Línea de BT; subterránea: BT = 0.
- Línea de MT; subterranea: MT = 0.
- Entorno urbano: d = 0.

■ La densidad de caída de rayos: Ng = 0,9.
■ Cálculo del riesgo del lugar:
E = Ng (1 + BT + MT + d) = 0,9 (1 + 0 + 0 + 0) = 0,9.

Elección de limitadores de sobretensiones transitorias para la red de BT
El esquema de unión a la tierra es un TT. En la tabla H2-4-013, pág. H2/256, para una R = 7 y E = 0,9 le corresponde un PRD8 tetrapolar, para proteger la línea de baja tensión.

Interruptor automático de acompañamiento
La elección del interruptor automático de acompañamiento se efectúa de acuerdo a la tabla H2-4-014, pág. H2/256, para un PRD8 le corresponde un C60 (C) 20 A.

Elección de limitadores de sobretensiones transitorias para la red telefónica e informática
Para la protección de la línea telefónica le corresponde un PRC, con indicador de fin de vida EM/RM. El interruptor automático de acompañamiento puede ser un C60 de 20 A (o inferior). Para la línea informática le corresponde un PRI, con indicador de fin de vida EM/RM. El interruptor automático de acompañamiento puede ser un C60 de 20 A (o inferior).

5) Para abonado planta 7.ª:

Emplazamiento:
■ Zona: urbana llana.
■ Alimentación dos compañías:
□ BT subterránea (las dos).
□ MT subterránea.

Los receptores
Los materiales a proteger son:
■ Cadena musical hi-fi.
■ Ordenador, alarma, equipos de oficina.
■ Aire acondicionado.
■ Teléfono.

Estudio del riesgo de los receptores:
■ La sensibilidad de los receptores es poca: S = 3.
■ El coste de los receptores es medio: C = 3.
■ La consecuencia de la indisponibilidad; interrupción total: I = 3.
■ Cálculo del riesgo de los receptores:
R = S + C + I = 3 + 3+ 3 = 9.

Estudio del riesgo del lugar:
■ Línea de BT; subterránea: BT = 0.
■ Línea de MT; subterranea: MT = 0.
■ Entorno urbano: d = 0.
■ La densidad de caída de rayos: Ng = 0,9.
■ Cálculo del riesgo del lugar:
E = Ng (1 + BT + MT + d) = 0,9 (1 + 0 + 0 + 0) = 0,9.

Elección de limitadores de sobretensiones transitorias para la red de BT
El esquema de unión a la tierra es un TT.
En la tabla H2-4-013, pág. H2/256, para una R = 9 y E = 0,9 le corresponde un PRD15 + PRD8 tetrapolar, para proteger la línea de baja tensión.

Interruptor automático de acompañamiento
La elección del interruptor automático de acompañamiento se efectúa de acuerdo a la tabla H2-4-014, pág. H2/256, para un PRD15 o PRD8 le corresponde un C60 (C) 20 A.

■ En la instalación de los cuadros de derivaciones.
Los cuadros que alimenten productos de poca resistencia a las sobretensiones deberemos protegerlos con un limitador de sobretensiones transitorias del tipo PDR8 asociado en cascada con el PDR15.
Deberemos respetar la regla de los 10 m de mínima distancia y la de los 50 cm de conexiones.

Elección de limitadores de sobretensiones transitorias para la red telefónica e informática
Para la protección de la línea telefónica le corresponde un PRC, con indicador de fin de vida EM/RM. El interruptor automático de acompañamiento puede ser un C60 de 20 A (o inferior). Para la línea informática le corresponde un PRI, con indicador de fin de vida EM/RM. El interruptor automático de acompañamiento puede ser un C60 de 20 A (o inferior).

6) Para los servicios generales:

Emplazamiento:
■ Zona: urbana llana.
■ Alimentación dos compañías:
□ BT subterránea (las dos).

Los receptores
Los materiales a proteger son:
■ Ascensores y controladores de velocidad y frenado.
■ Alumbrado general y de emergencia.
■ Interfono.

Estudio del riesgo de los receptores:
■ La sensibilidad de los receptores es elevada en los circuitos de maniobra: S = 3.
■ El coste de los receptores es elevado: C = 3.
■ La consecuencia de la indisponibilidad; interrupción parcial: I = 3.
■ Cálculo del riesgo de los receptores:
R = S + C + I = 3 + 3 + 3 = 9.

Estudio del riesgo del lugar:
■ Línea de BT; subterránea: BT = 0.
■ Línea de MT; subterranea: MT = 0.
■ Entorno urbano: d = 0.
■ La densidad de caída de rayos: Ng = 0,9.
■ Cálculo del riesgo del lugar:
E = Ng (1 + BT + MT + d) = 0,9 (1 + 0 + 0 + 0) = 0,9.

Elección de limitadores de sobretensiones transitorias para la red de BT
El esquema de unión a la tierra es un TT. En la tabla H2-4-013, pág. H2/256, para una R = 9 y E = 0,9 le corresponde un PDR15+ PDR8 tetrapolar, para proteger la línea de baja tensión.

Interruptor automático de acompañamiento
La elección del interruptor automático de acompañamiento se efectúa de acuerdo a la tabla H2-4-014, pág. H2/256, para un PDR15 o PDR8, le corresponde un C60 (C) 20 A.
■ En la instalación de los cuadros de derivaciones.
Los cuadros que alimenten productos de poca resistencia a las sobretensiones deberemos protegerlos con un limitador de sobretensiones transitorias del tipo PDR8 asociado en cascada con el PDR15.
Deberemos respetar la regla de los 10 m de mínima distancia y la de los 50 cm de conexiones.

Elección de limitadores de sobretensiones transitorias para red telefónica e informática

Para la protección de la línea telefónica le corresponde un PRC, con indicador de fin de vida EM/RM. El interruptor automático de acompañamiento puede ser un C60 de 20 A (o inferior). Para la línea informática le corresponde un PRI, con indicador de fin de vida EM/RM. El interruptor automático de acompañamiento puede ser un C60 de 20 A (o inferior).

La instalación

En una instalación de limitadores de sobretensiones transitorias todos los parámetros son importantes y todas las normas y prescripciones de conexionado deben ser atendidas.

La selectividad de las protecciones se impone, el interruptor diferencial de cabecera debe ser un aparato selectivo para evitar las desconexiones intempestivas.

■ Las verificaciones de base que deben efectuarse son:

□ Medida de la toma de tierra, en edificios protegidos con jaula de Faraday la resistencia de puesta a tierra debe ser $\leqslant 7\ \Omega$.

□ La resistencia calculada para los diversos abonados es:

Abonados con una sola alimentación con la compañía A: $R_{AT} = 7{,}04\ \Omega$.

Abonado de la plantas 1.ª, 2.ª y 3.ª, RAT = 7,04 Ω.

Abonado planta 7.ª, $R_{AT} = 7\ \Omega$.

Servicios generales $R_{AT} = 7{,}03\ \Omega$.

■ Verificación de la puesta a tierra de todos los aparatos.

■ Verificación de la equipotencialidad de todas las masas.

■ **Esquema local comercial:**

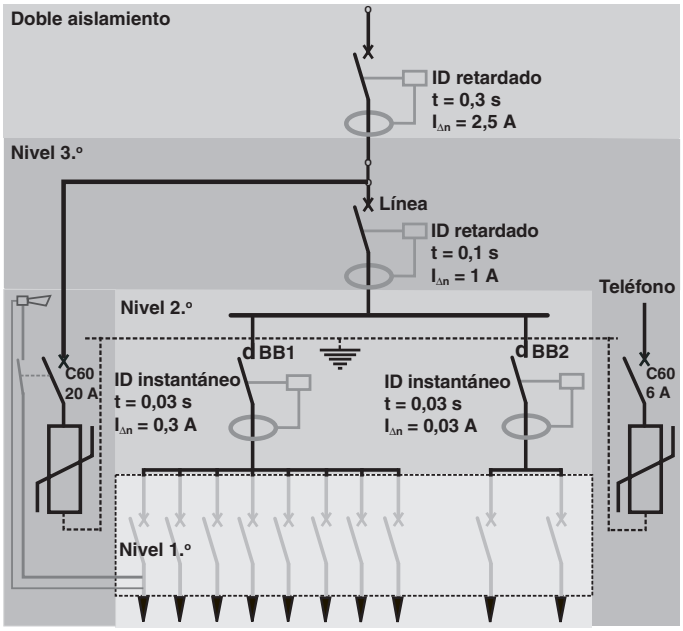
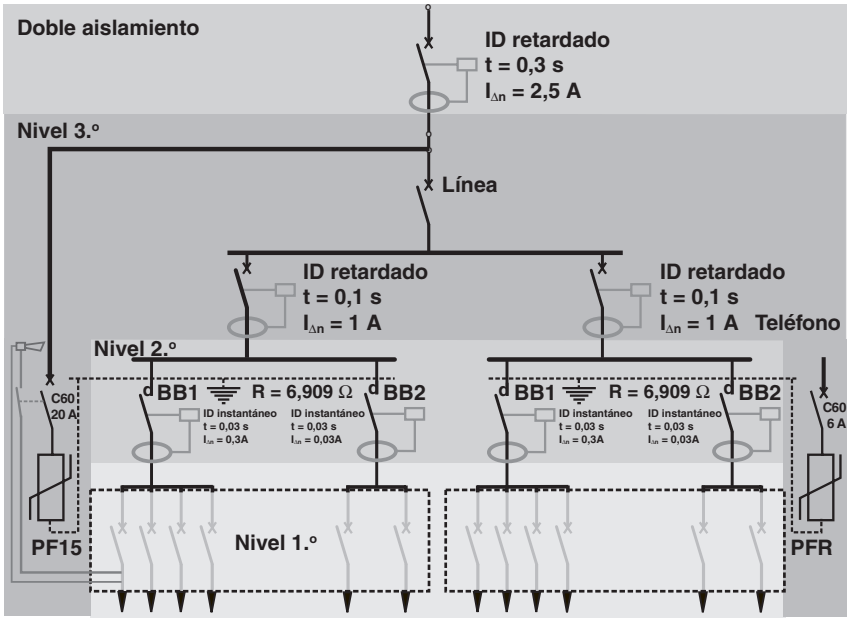


Fig. H2-4-043: *esquema de protecciones contra los choques eléctricos y las sobretensiones, local comercial.*

■ **Esquema abonado plantas 4.ª y 5.ª:**



H2
4

Fig. H2-4-044: *esquema de protecciones contra los choques eléctricos y las sobretensiones, abonado plantas 4.ª y 5.ª*

■ **Esquema abonado planta 6.ª, 1.ª:**

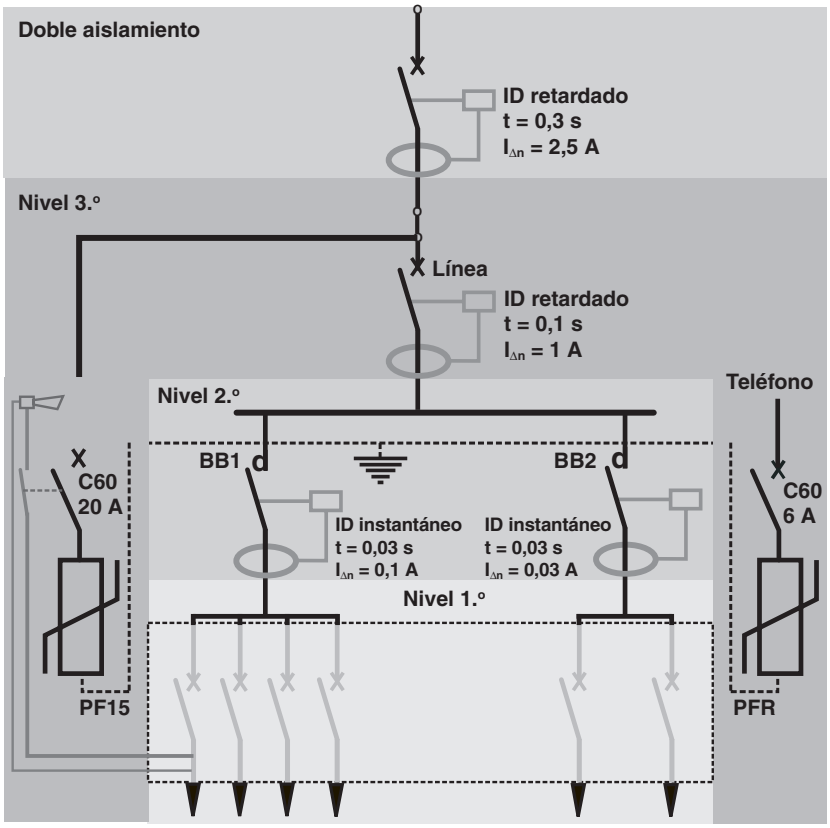


Fig. H2-4-045: *esquema de protecciones contra los choques eléctricos y sobretensiones, abonado planta 6.ª, 1.ª*

■ **Esquema abonado planta 6.ª, 2.ª:**

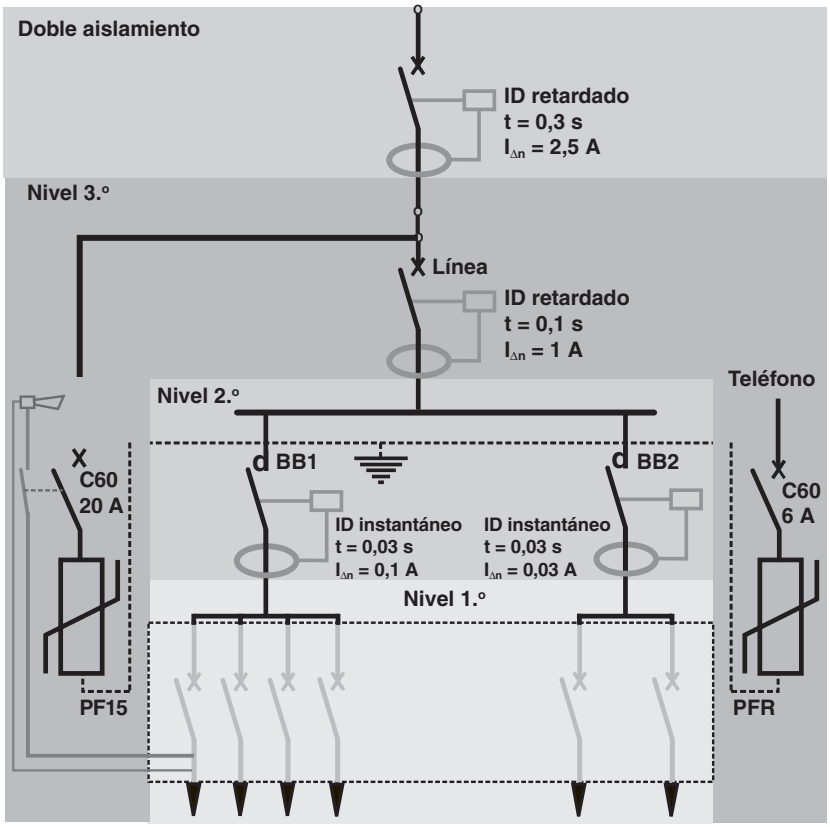


Fig. H2-4-046: *esquema de protecciones contra los choques eléctricos y sobretensiones, abonado planta 6.ª, 2.ª*

■ **Esquema abonado planta 6.ª, 3.ª:**

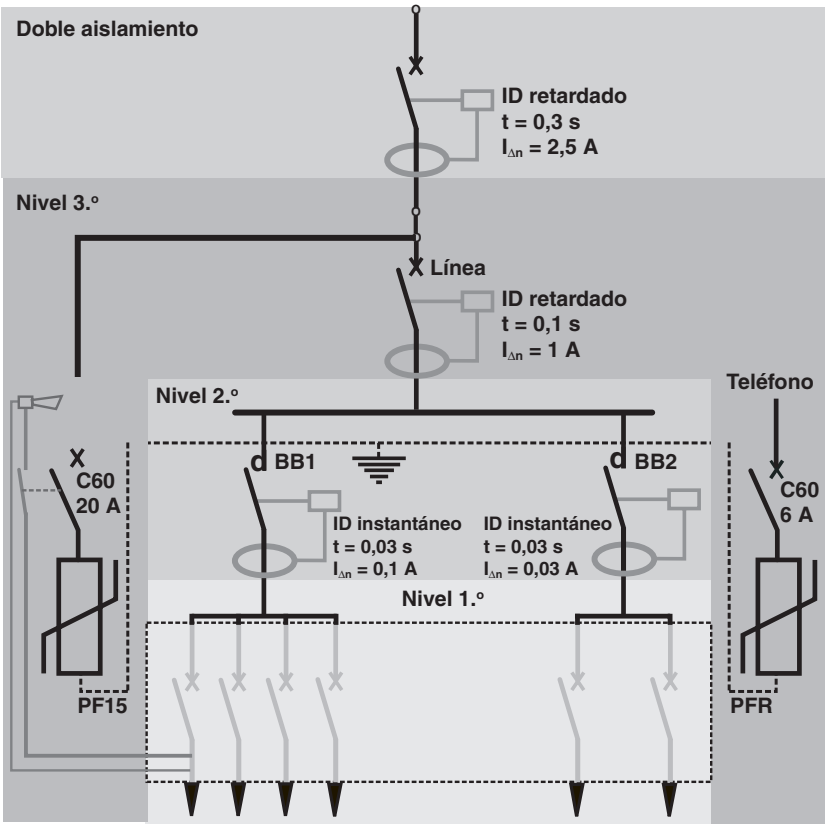


Fig. H2-4-047: *esquema de protecciones contra los choques eléctricos y sobretensiones, abonado planta 6.ª, 3.ª*

■ **Esquema abonado planta 7.ª:**

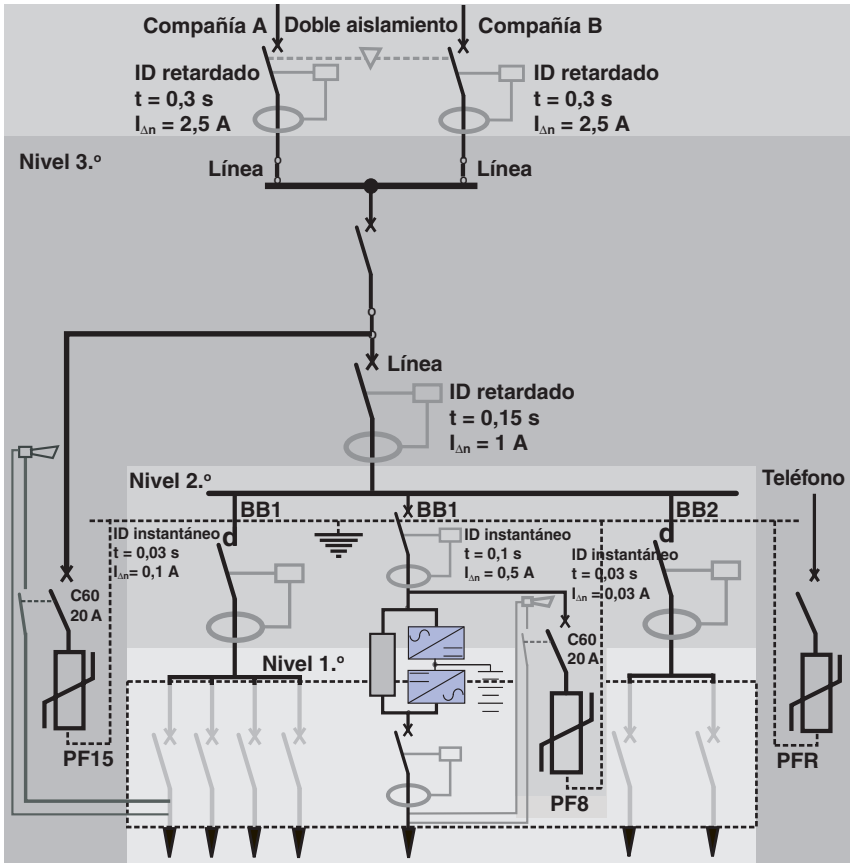


Fig. H2-4-048: *esquema de protecciones contra los choques eléctricos y sobretensiones, abonado planta 7.ª*

■ **Esquema abonado plantas 1.ª, 2.ª y 3.ª:**

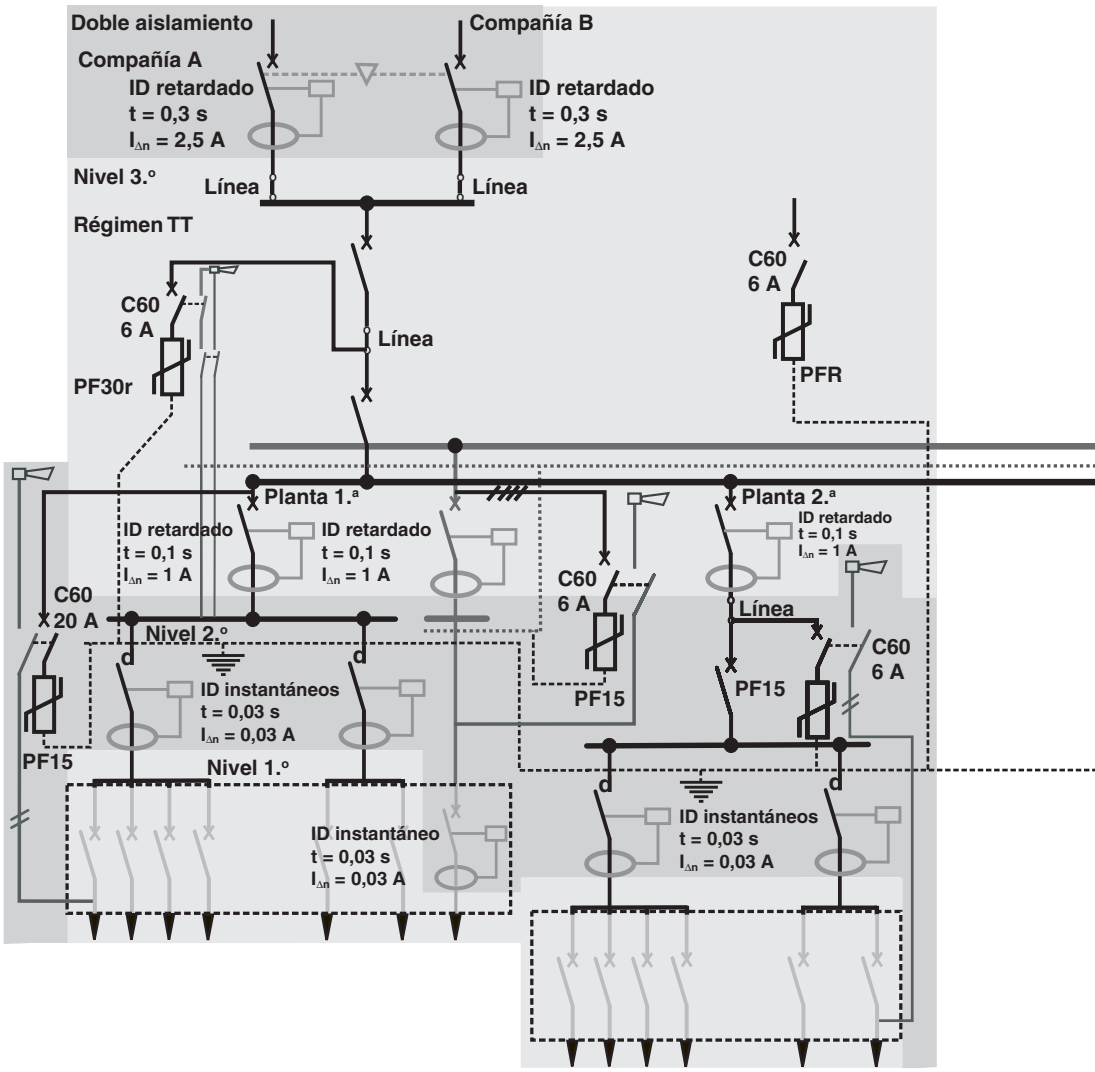
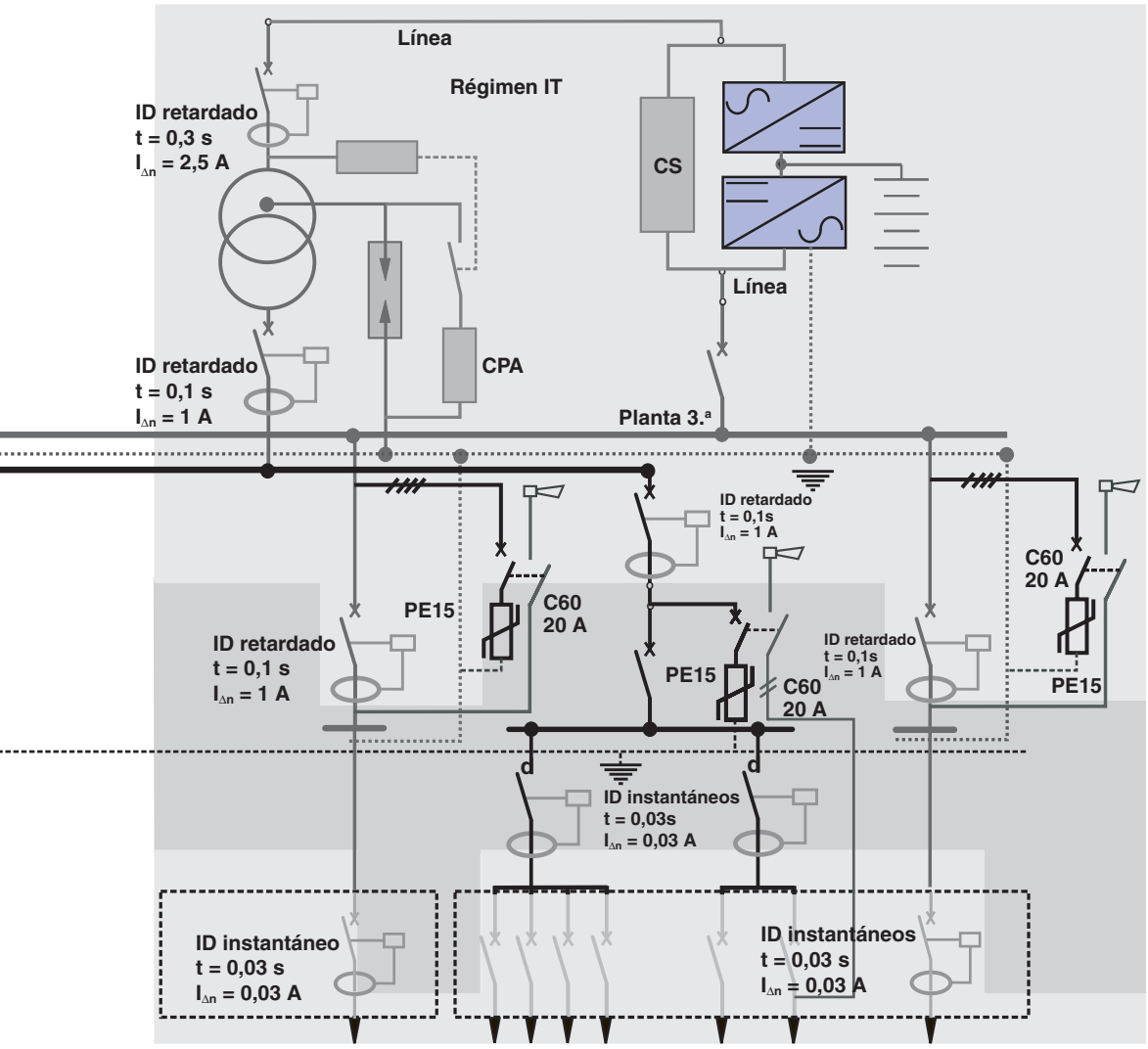


Fig. H2-4-049: *esquema de protecciones contra los choques eléctricos, abonado plantas 1.ª, 2.ª y 3.ª*


Línea
Régimen IT
ID retardado
t = 0,3 s
I∆n = 2,5 A
CS
Línea
ID retardado
t = 0,1 s
I∆n = 1 A
CPA
Planta 3.ª
ID retardado
t = 0,1s
I∆n = 1 A
C60
20 A
PE15
ID retardado
t = 0,1 s
I∆n = 1 A
C60
20 A
ID retardado
t = 0,1s
I∆n = 1 A
PE15
C60
20 A
PE15
ID instantáneos
t = 0,03s
I∆n = 0,03 A
ID instantáneo
t = 0,03 s
I∆n = 0,03 A
ID instantáneos
t = 0,03 s
I∆n = 0,03 A

H2
4

■ **Esquema abonado planta servicios generales:**

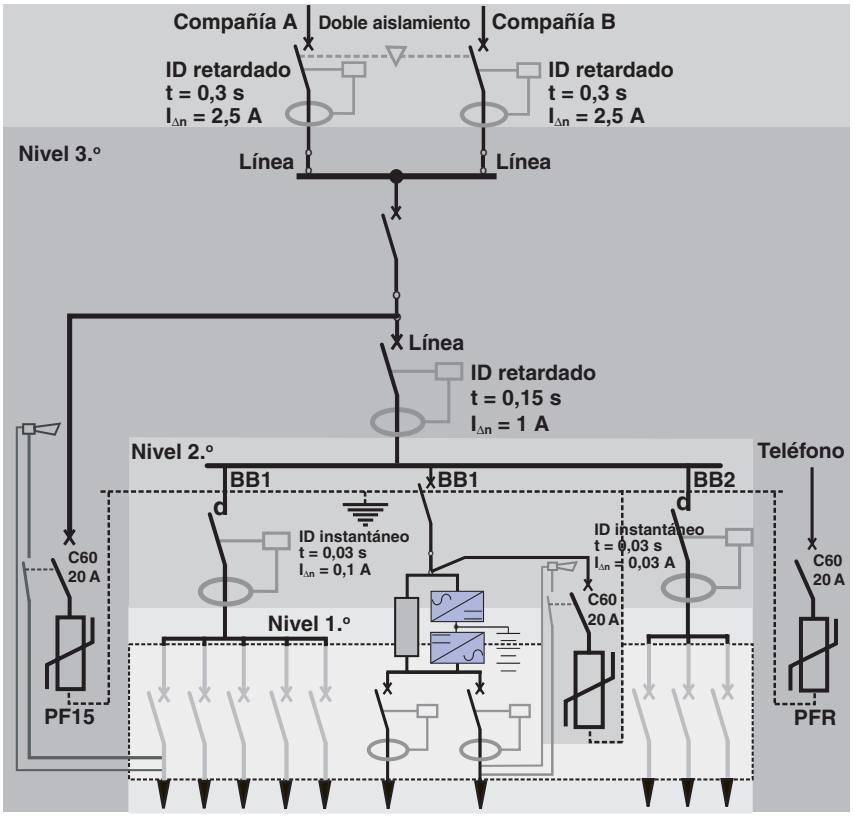


Fig. H2-4-050: *esquema de protecciones contra los choques eléctricos y sobretensiones, servicios generales.*

Cálculo de las protecciones contra las sobretensiones de una industria con oficinas

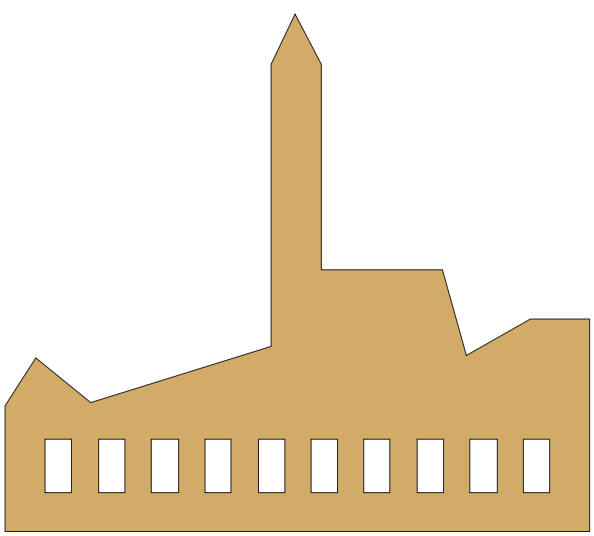
Suministro
La empresa suministradora alimenta a los abonados con una red subterránea de bucle, con CGP y centralización de contadores.

Caja general de protección (CGP):
- Tipo PN-55, 250 A, esquema 14.
- Los fusibles de la CGP, de 200 A.
- Tensión 400/230 V.

Derivación
Alimentación subterránea en bucle de la empresa suministradora.

Línea repartidora:
- Potencia: 95 kW.
- Distancia: 7 m.
- Tensión 400/230.

Descripción del limitador de sobretensiones transitorias común
El edificio alberga las oficinas con equipos informáticos y de diseño; en la industria los procesos de control de las máquinas son electrónicos. La necesidad de una calidad elevada de la energía, en estas condiciones de trabajo, obliga a la instalación de una jaula de Faraday como limitador de sobretensiones transitorias común en la zona de oficinas.
Al repartir la intensidad del rayo en cuatro bajantes hasta tierra y con conexión equipotencial cada dos plantas, nos permite reducir la intensidad de los campos radiantes de la corriente del rayo o de descargas atmosféricas.
La instalación interior con canalizaciones prefabricadas permite que la jaula de Faraday propia de las canalizaciones prefabricadas actúe de protección de los campos radiantes para los conductores.
La jaula de Faraday del limitador de sobretensiones transitorias convencional, se construye con conductor de cobre desnudo o de hiero galvanizado de 35 mm^2 y protegido con tubo aislante en las partes susceptibles de ser tocadas por una persona.



Esquema de situación en alzado de las tomas de tierra y el limitador de sobretensiones transitorias convencional

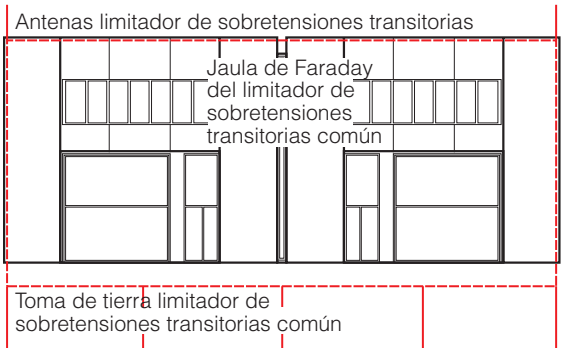


Fig. H2-4-051: *vista vertical de la toma de tierra y de la jaula de Faraday del limitador de sobretensiones transitorias convencional.*

Esquema de situación en planta de las puestas a tierra

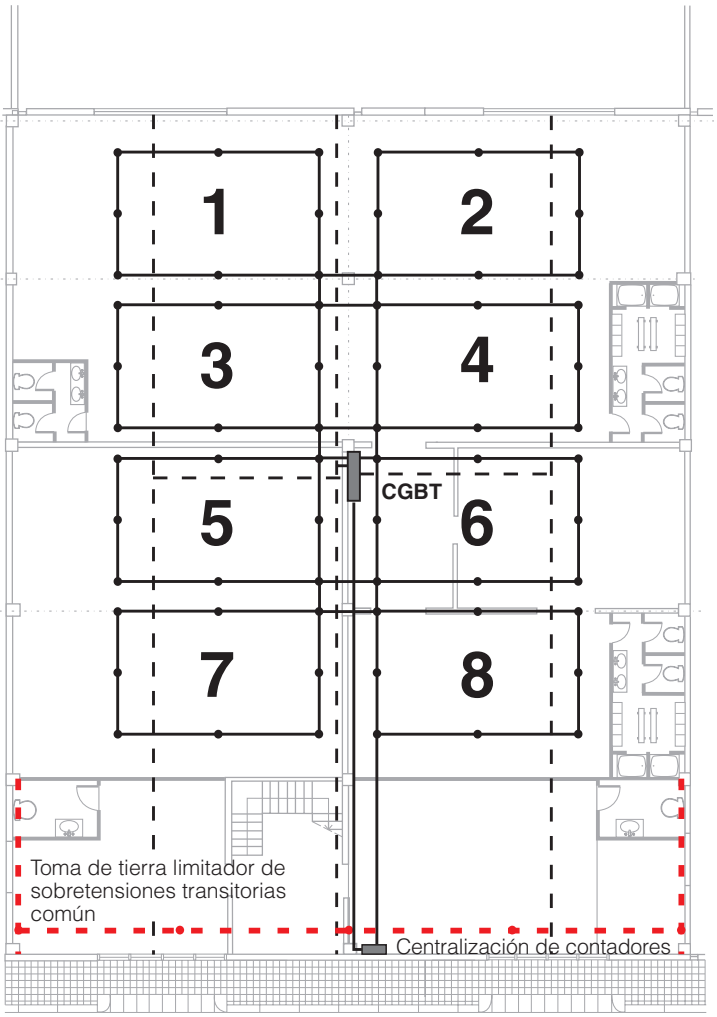


Fig. H2-4-052: *situación en planta de la toma de tierra del edificio y del limitador de sobretensiones transitorias común.*

Estudio de los limitadores de sobretensiones transitorias descargadores de las sobretensiones de la red

Emplazamiento
- Zona: urbana industrial, llana.
- Alimentación: BT subterránea.

Los receptores
Los materiales a proteger son:
- Ordenador, caja registradora, alarma, equipos de oficinas.
- Controles de procesos industriales.
- Teléfono.

Estudio del riesgo de los receptores:
- La sensibilidad de los receptores es poca: S = 3.
- El coste de los receptores es elevado: C = 3.
- La consecuencia de la indisponibilidad; interrupción total: I = 3.
- Cálculo del riesgo de los receptores:

R = S + C + I = 3 + 3 + 3 = 9.

Estudio del riesgo del lugar:
- Línea de BT; subterránea: BT = 0.
- Línea de MT; subterranea: MT = 0.
- Entorno urbano industrial: d = 0,5.
- La densidad de caída de rayos: Ng = 1,6.
- Cálculo del riesgo del lugar:

E = Ng (1 + BT + MT + d) = 1,6 (1 + 0 + 0 + 0,5) = 2,4.

Elección de limitadores de sobretensiones transitorias para la red de BT
El esquema de unión a la tierra es un TT. En la tabla H2-4-013, pág. H2/256, para una R = 9 y E = 1,6 le corresponde un PDR40+PDR8 tetrapolar, para proteger la línea de baja tensión.

Interruptor automático de acompañamiento
La elección del interruptor automático de acompañamiento se efectúa de acuerdo a la tabla H2-4-014, pág. H2/256, para un PDR40 o PDR8, le corresponde un C60 (C) 20 A.
- En la instalación de los cuadros de derivaciones.

Los cuadros que alimenten productos de poca resistencia a las sobretensiones deberemos protegerlos con un limitador de sobretensiones transitorias del tipo PDR8 asociado en cascada con el PDR40.
Deberemos respetar la regla de los 10 m de mínima distancia y la de los 50 cm de conexiones.

Elección de limitadores de sobretensiones transitorias para la red telefónica e informática
Para la protección de la línea telefónica le corresponde un PRC, con indicador de fin de vida EM/RM.
El interruptor automático de acompañamiento puede ser un C60 de 20 A (o inferior).
Para la línea informática le corresponde un PRI, con indicador de fin de vida EM/RM.
El interruptor automático de acompañamiento puede ser un C60 de 20 A (o inferior).

La instalación

En una instalación de limitadores de sobretensiones transitorias todos los parámetros son importantes y todas las normas y prescripciones de conexionado deben ser atendidas.

La selectividad de las protecciones se impone, el interruptor diferencial de cabecera debe ser un aparato selectivo para evitar las desconexiones intempestivas.

■ Las verificaciones de base que deben efectuarse son:

□ Medida de la toma de tierra, en edificios protegidos con jaula de Faraday la resistencia de puesta a tierra debe ser $\leqslant 4\ \Omega$.

□ La resistencia calculada es: $R_{AT} = 3{,}14\ \Omega$.

■ **Esquema de protecciones generales de la industria:**

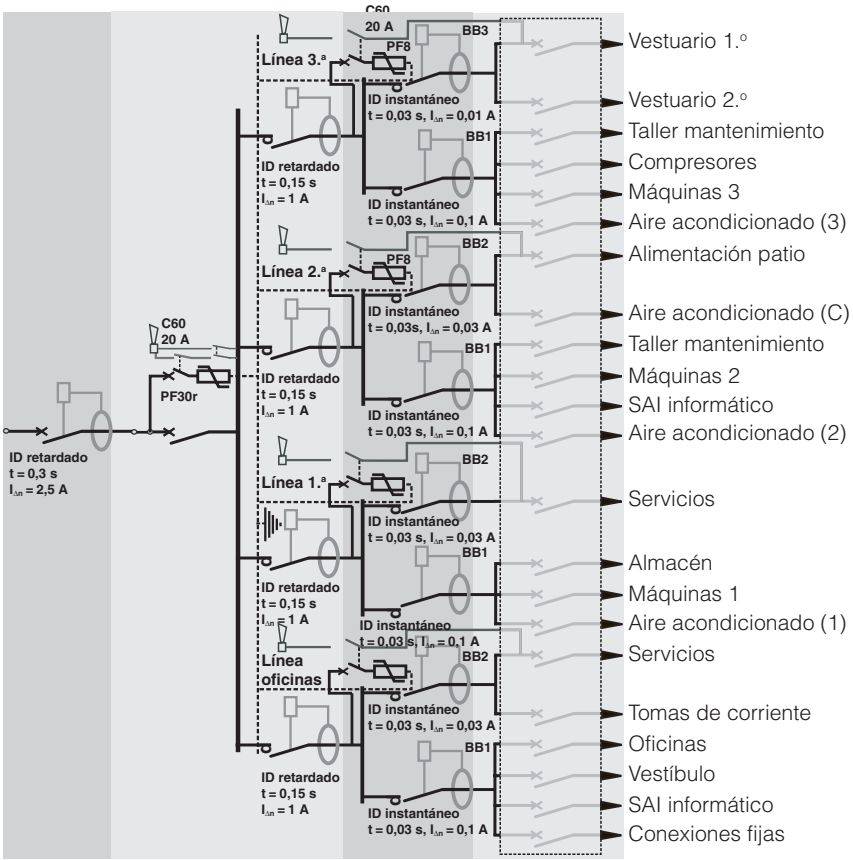


Fig. H2-4-053: *esquema protecciones contra los choques eléctricos y sobretensiones de una industria.*

5. Los materiales para las medidas de protección contra las influencias electromagnéticas (IEM) en los edificios

Los materiales correspondientes a este capítulo son materiales que hemos descrito en su función primaria que utilizados adecuadamente son eficaces para reducir las incompatibilidades electromagnéticas.
Estos materiales han sido descritos o bien se describirán a lo largo de los capítulos de este Manual Teórico Práctico de Schneider Electric.

6. Los materiales para las medidas de protección contra las bajadas de tensión

Los materiales correspondientes a este capítulo son materiales que hemos descrito en su función primaria que utilizados adecuadamente son eficaces para detectar las bajadas de tensión.
Estos materiales han sido descritos o bien se describirán a lo largo de los capítulos de este Manual Teórico Práctico de Schneider Electric.
La función de estos materiales encaja, de forma mayoritaria, en el capítulo K. "El control energético de los edificios domésticos e industriales", en el que una de las funciones principales es el control y las medidas para el mantenimiento de la calidad de la energía eléctrica de suministro y distribución.

7. La aparamenta para las medidas de seguridad en el seccionamiento y mando

7.1. Criterios prácticos de elección de los interruptores

Recordatorio de las normas y características de los interruptores:

■ Las normas definen:

□ La frecuencia de los ciclos de maniobras (máximo 600/hora).

□ La endurancia mecánica y eléctrica, el poder de corte y de cierre en funcionamiento:

– Normal.

– Ocasionalmente (cierre sobre cortocircuito, por ejemplo).

– Las categorías de empleo.

En función de la corriente asignada de empleo y de endurancia mecánica A o B, las normas CEI 60947-3 (1), UNE-EN 60947-3 y CEI 60668-1 (2), definen las categorías de empleo, así como los principales valores normalizados, resumidos en la tabla H2-7-001.

Ejemplo:

■ Un interruptor de calibre 125 A y de categoría AC-23 debe ser capaz de:

□ Conectar una corriente de 10 I_n (1.250 A) con un cos φ de 0,35.

□ Desconectar una corriente de 8 I_n (1.000 A) con un cos φ de 0,35.

□ Soportar una corriente de cortocircuito 12 I_n durante 1 s, corresponde al umbral de corriente térmica I_{cw} = 1.500 A, durante 1 s.

■ El poder de cierre en cortocircuito Icm (A, de cresta) que corresponde a los efectos electrodinámicos.

Categorías de empleo de los interruptores		
Maniobras		Aplicaciones
Frecuentes	No frecuentes	
AC-21 A	AC-21 B	Cargas resistivas, con sobrecargas moderadas (cos φ = 0,95)
AC-22 A	AC-22 B	Cargas mixtas, resistivas e inductivas, con sobrecargas moderadas (cos φ = 0,65)
AC-23 A	AC-23 B	Motores de jaula de ardilla u otras cargas fuertemente inductivas (cos φ = 0,45 a 0,35)

(1) Los interruptores de tipo industrial se definen por la norma CEI 60947-3, UNE-EN 60947-3.
(2) Los interruptores tipo domésticos se definen por la norma CEI 60669-1.

Tabla H2-7-001: *tabla de las categorías de empleo de los interruptores automáticos.*

Criterios de elección de los interruptores:

■ La determinación de la tensión nominal, de la frecuencia nominal y de la intensidad nominal se efectúa como para un interruptor automático:

□ Tensión nominal: la tensión nominal de la red.

□ Frecuencia: la frecuencia de la red.

□ Intensidad nominal: corriente asignada de valores inmediatamente superiores a la corriente de circulación aguas abajo.

La corriente asignada a un interruptor se define para una temperatura ambiente determinada, para otras temperaturas se deben efectuar las correcciones indicadas por el fabricante.

Las características de los interruptores son función de la intensidad asignada.

■ Existen tres niveles de funciones de aparatos:

□ Funciones base, prácticamente comunes a todos los interruptores:

– El seccionamiento.

– El mando.

– La conducción de la energía a un circuito determinado.

7.2. Aparamenta para el seccionamiento y mando

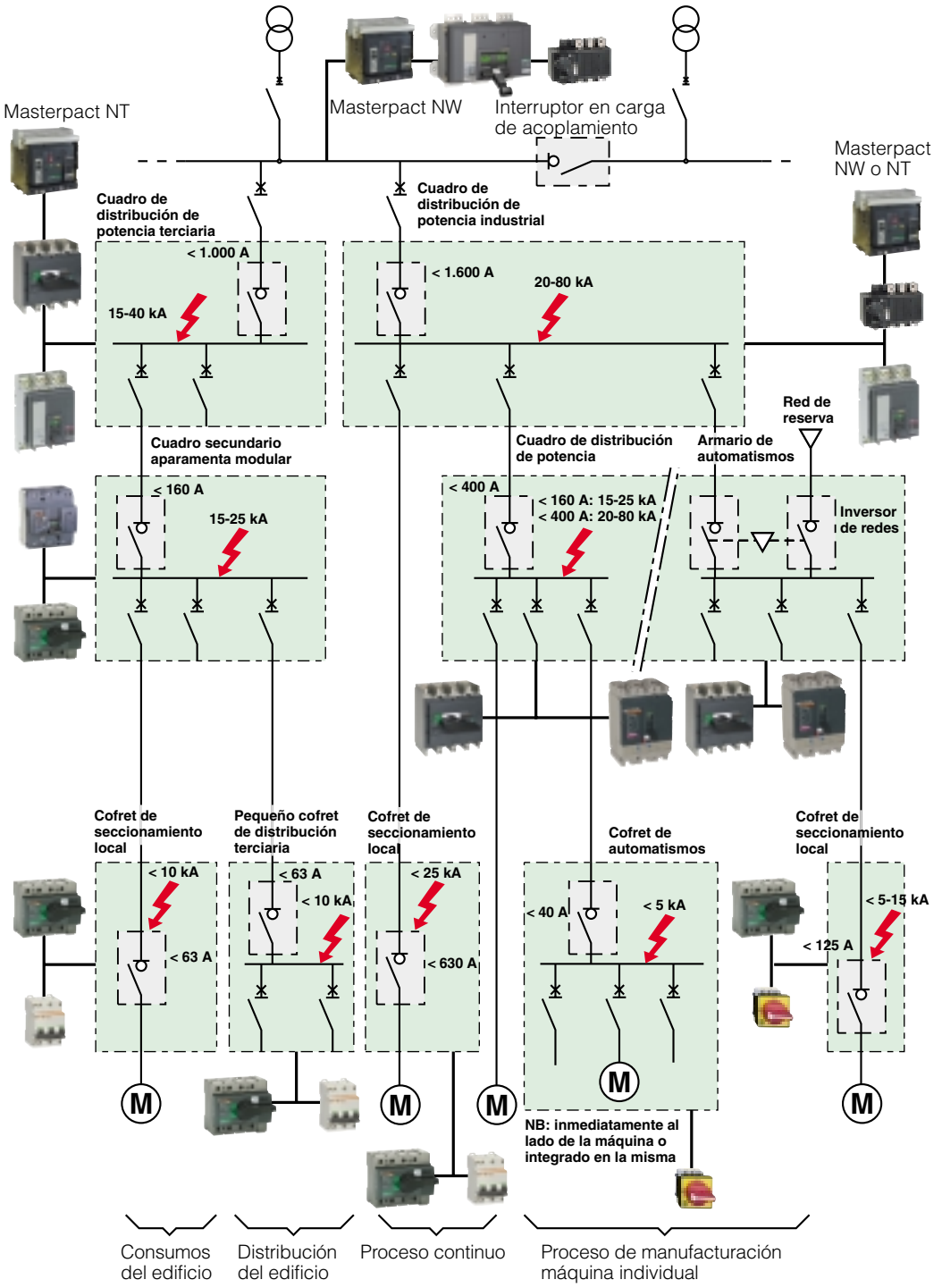


Fig. H2-7-002: *diagrama de los materiales y su aplicación.*

□ Funciones complementarias, son función de las necesidades del circuito en que se ha de situar:
– El nivel de I_{cc}.
– El tipo de enclavamiento.
– El tipo de mando.
– La categoría de empleo.
– El sistema de montaje.
– La forma de conexionado.
□ Las funciones específicas, propias de la explotación y de la utilidad del circuito:
– Las protecciones diferenciales.
– Los mandos eléctricos.
– La apertura a distancia.
– La posibilidad de seccionamiento (desenchufable).

Aparamenta de carril simétrico multi 9

Interruptor I 20 A a 125 A

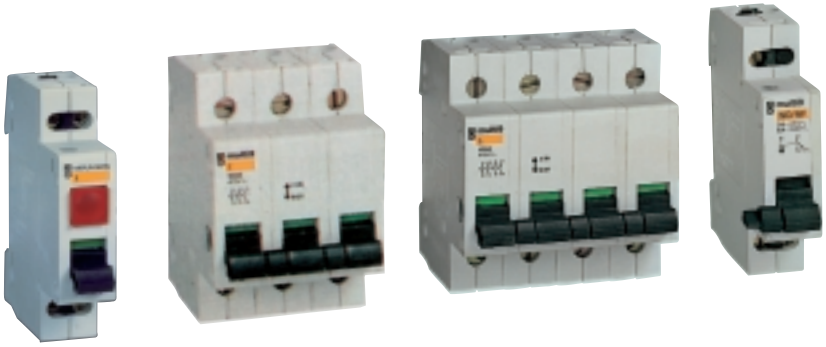
Principales aplicaciones
Apertura y cierre de circuitos en carga, sin protección contra sobrecargas o cortocircuitos.

Características I 63 A
■ Vida mecánica: 300.000 maniobras AC 2 (cos φ = 0,6).
■ Piloto rojo: con bombilla y difusor intercambiables:
□ 220 V CA neón (tensión de cebado 60 V) para In 32 A uni y bi.
□ 12-24-48 VCA, incandescentes (P = 1,2 W, con adaptación).
■ Tropicalización: ejecución 2 (humedad relativa 95 % a 55 °C).
■ Corte plenamente aparente.
■ Normas y homologaciones: NFC 61-130 - UNE 20129.
■ Homologado por NF USE.
■ Utilización en corriente continua: consultarnos.
■ Bornes de brida para cable de hasta:
□ 10 mm^2 para 20 y 32 A.
□ 50 mm^2 para 63 A y 100 A.

Características I 100 A
■ Vida mecánica: 100.000 maniobras.
■ Vida eléctrica: 1.000 maniobras AC 22 (cos φ = 0,6).
■ Intensidad admisible de corta duración: 2 kA durante 1 segundo.
■ Tropicalización: ejecución 2 (humedad relativa 95 % a 55 °C).
■ Corte plenamente aparente.
■ Conforme con las recomendaciones CEI 408 clase AC 22 - UNE 20129 (utilización hasta 415 VCA).
■ Bornes de caja para cable de hasta 50 mm^2.
Según normas NFC 61-130 - UNE 20129.

Características del auxiliar NO/OF
■ Capacidad de corte de los contactos:
□ 3 A a 380 V CA.
□ 6 A a 220 V CA.

■ Fijación: sobre carril simétrico.
■ Por bornes de caja para cable hasta 10 mm^2.



Interruptores-seccionadores I-NA 40 y 63 A

Principales aplicaciones

Los interruptores-seccionadores de corte I-NA tienen las siguientes funciones:
■ Mando (apertura y cierre de los circuitos en carga).
■ Seccionamiento.
Destinados para la cabecera de cuadros o cofrets de sector terciario e industrial, con posibilidad de disparo a distancia mediante una bobina.
Auxiliares OF.S montado contacto auxiliar inversor.
Señaliza la posición “abierto” o “cerrado” del interruptor.
Permite auxiliares de señalización y de disparo a distancia.

Características I-NA

■ Calibre (I_n) a 40 °C.
■ Frecuencia: 50...60 Hz.
■ Según normas:
□ CEI-EN 60669-1.
□ CEI-EN 60947-3.
■ Grado de polución 3.
■ Tensión de aislamiento (U_i): 500 VCA.
■ Tensión impulsional (U_{imp}): 6 kV.
■ Grado de protección: IP 4 en frontal.
■ Categoría de empleo: AC 23 A.
■ Seccionamiento de corte plenamente aparente. La apertura se visualiza sobre la banda verde de la maneta del mando del aparato. Este indicador informa de la apertura de todos los polos.
■ Resistencia mecánica: 25.000 ciclos.
■ Resistencia eléctrica: AC 23 A, cos φ = 0,4: 5.000 ciclos.
■ Corriente admisible de corta duración (I_{cw}): 16 I_n/1 s.
■ Tropicalización: ejecución 2 (humedad relativa 95 % a 55 °C).
■ Conexión por bornas de caja para:
□ Cable rígido: 50 mm^2.
□ Cable flexible: 35 mm^2.
■ Temperatura de utilización: –25...+60 °C.
■ Temperatura de almacenamiento: –40...+100 °C.

Contacto auxiliar OF.S montado

■ Capacidad de corte de los contactos:
□ 3 A bajo 400 VCA.
□ 6 A bajo 230 VCA.

- Fijación: por encliquetado en el lado izquierdo del interruptor.
- Conexión: por bornas de caja para cable de hasta 10 mm^2.
- Esquemas:

Conmutadores de aparatos de medida CM/CMB/CMD/ CMV/CMA/CME

Principales aplicaciones

CMB

Conmutador bipolar con retorno a cero, permite el mando manual de un circuito en 2 sentidos de funcionamiento, con una posición de paro (ej. valla o puerta metálica con mando eléctrico):

- Posición 1 = subir.
- Posición 0 = parar.
- Posición 2 = descender.

CMD

Conmutador de 4 posiciones, permite el mando de un circuito, con distintas prioridades de funcionamiento:

- Posición 0 = paro.
- Posición 1 = marcha forzada, baja velocidad.
- Posición 2 = marcha forzada, alta velocidad.
- Posición 3 = mando a distancia.
- Posición 4 = marcha automática.

CMV

Conmutador de voltímetro de 7 posiciones, permite con un solo aparato de medida, controlar las tensiones de un circuito trifásico.

CMA

Conmutador de amperímetro de 4 posiciones, permite con un solo aparato de medida, a través de los transformadores de intensidad, controlar las corrientes de un circuito trifásico.

CME

Conmutador de 2 direcciones especial para circuitos electrónicos con bajo nivel de tensión y corriente.

Características

Altura 68 mm.

Conmutador CM:

- Tensión: 250 V.
- Intensidad nominal: 20 A.
- Vida eléctrica: 30.000 maniobras (cos φ = 0,6).
- Tropicalización: ejecución 2.
- Bornes de caja para cable de hasta 10 mm^2.

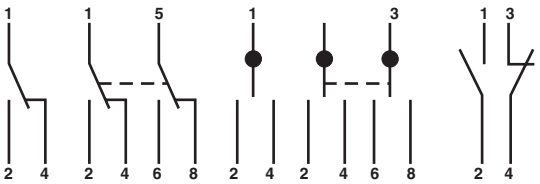
■ **Conmutadores rotativos CMB/CMD/CMV/CMA/CME:**
■ Mando rotativo.
■ Contactos de discos accionados por levas.
■ Conforme a UNE 20129 - CEI 60408.
■ Bornes de presión con tornillo imperdible, para cable de hasta 2,5 mm².

Características particulares CME:
■ Gama - tensión 30 mV-600 VCA y CC.
■ Capacidad de corte.

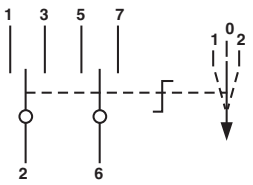
Alterna	Continua
1 V/5 A	1 V/4 A
24 V/1,5 A	24 V/0,8 A
220 V/0,2 A	220 V/0,1 A
380 V/0,13 A	380 V/0,06 A
600 V/0,05 A	600 V/0,02 A

Esquemas

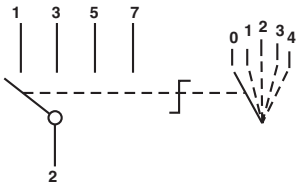
CM



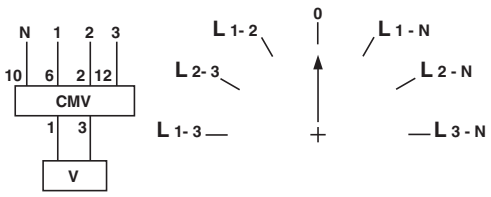
CMB



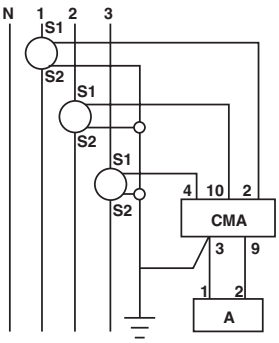
CMD



CMV



CMA



CME

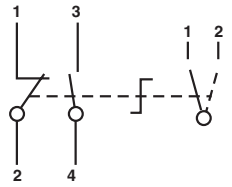


Fig. H2-7-003: *esquemas de los conmutadores de mando.*

Mando y telemando

Pulsadores BP

Características:

■ Tensión: 250 V.
■ Vida mecánica: 300.000 maniobras.
■ Vida eléctrica: 30.000 maniobras (cos φ = 0,6).
■ Pulsador:
□ Intercambiable.
□ Gris en BP sin indicador luminoso.
□ Del mismo color que el indicador luminoso en BP con indicador luminoso.
■ Indicador luminoso con bombilla intercambiable 220 VCA, neón (tensión de cebado 60 V).
■ Tropicalización: ejecución 2 (humedad relativa 95 % a 55 °C).
■ Conforme con: NF C 61-130 y CEI 60669-1.
■ Admitido por: NF USE.
■ Bornes de caja para cable de hasta 10 mm^2.
■ Esquemas.

Telemandos Tm para C60 y para C120

Principales aplicaciones

Los bloques Tm permiten:
■ El mando a distancia de los interruptores automáticos C60/C120 (con o sin bloque Vigi) a partir de una orden mantenida.
■ El rearme del interruptor después de disparar, respetando los principios de seguridad y la reglamentación en vigor.
■ El mando local por la maneta sigue siendo posible, así como la adaptación de los otros auxiliares del interruptor.
■ Ejemplos de cargas que pueden ser controladas con telemandos Tm: calefacción, iluminación incandescente o halógena de BT, motores con pocas maniobras, etc.

Telemando Tm

+

Int. automático
magnetotérmico
C60 C120

Características:

■ Los bloques Tm, se pilotan por una orden eléctrica de tipo mantenido.
■ Un conmutador de desconexión situado en la cara delantera permite:
□ Neutralizar el mando a distancia.
□ Enclavar en posición “abierto” el telemando (con candado de Ø 7 mm no suministrado).
■ Una visualización mecánica señala el estado “abierto” o “cerrado” del telemando Tm.
■ Reconexión después del defecto:
□ Se debe realizar manualmente, después de buscar y suprimir el defecto.
□ Para imponer el rearme manual y local, se conecta un contacto auxiliar SD en serie con la alimentación del mando del bloque Tm, ello no permite la reconexión automática o a distancia.
□ La reconexión a distancia es posible respetando la reglamentación vigente: el rearme se efectúa por apertura del circuito de mando durante un tiempo superior a 1,5 s.
■ Los auxiliares de la gama C60/C120 adaptables con el interruptor por clips (sin herramientas) permiten:
□ Un disparo instantáneo o retardo por falta de tensión: MN, MNs , MNx.
□ Un disparo instantáneo por emisión de corriente: MX+OF.
□ Detección de sobretensiones permanentes: MSU.
□ La señalización de disparo por defecto: SD.
□ La señalización de la posición “abierto” o “cerrado” del interruptor: OF.
■ Otros modos de mando posibles:
□ Mando por orden impulsional y/o mantenida: ACTc.
□ Temporizada: ACTt.
□ Por órdenes vía bus de comunicación: ATB1s.
■ Tensión de mando (Uc): 230 V CA (–15 % +10 %).
■ Frecuencia: 50...60 Hz.
■ Consumo:
□ Arranque:
– Tm C60: 28 VA.
– Tm C120: 35 VA.
□ Mantenimiento: 2 VA.
■ Insensible a microcortes: ⩽ 0,45 s.
■ Comportamiento por falta de tensión:
□ > 0,45 s, apertura mecánica de los polos.
□ Reconexión 2 s después del retorno de la tensión.
■ Número de ciclos (F-O) bajo AC1:
□ Tm + C60 (o 25 A): 20.000.

- □ Tm + C60 (32...63 A): 10.000.
- □ Tm + C120: 10.000.
- □ Tm + C120 tetra (63...125 A): 5.000.
- ■ Tiempo de apertura por Tm: 1 s.
- ■ Tiempo de cierre por Tm: 2 s.
- ■ Conexión por bornes de caja:
- □ 1 cable de 6 mm^2.
- □ 2 cables de 1,5 mm^2 o 2,5 mm^2.
- ■ Esquemas.

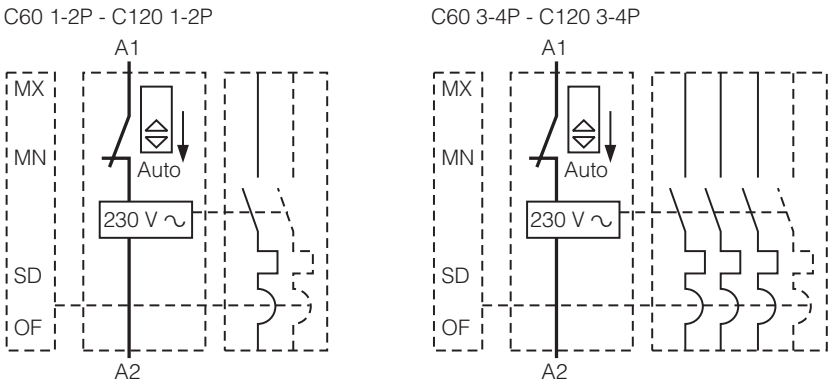


Fig. H2-7-004: *esquemas de los telemandos TM.*

Interruptores Mini Vario

- ■ Interruptor económico para máquinas simples. Calibres 12 y 20 A.
- ■ Funciones de automatismos básicas.

Interruptor principal y parada de emergencia		Interruptor principal	Interruptor principal y parada de emergencia	Interruptor principal
Dimensiones de la placa	60 · 60	60 · 60	60 · 60	60 · 60
Fijación	Ø 22 (1)	Ø 22 (1)	4 tornillos	4 tornillos
I_{the}	12 A VCDN12	VBDN12	VCFN12	VBFN12
	20 A VCDN20	VBDN20	VCFN20	VBFN20

Interruptor principal y parada de emergencia	
Dimensiones de la placa	60 · 60
Fijación	Ø 22 (1)
I_{the}	12 A VCDN12
	20 A VCDN20

Interruptor principal y parada de emergencia		
		Accesorios posibles
		■ Polo
		■ Barreta de tierra
P nominal	AC23/400 V Cofre IP55	■ Contactos auxiliares
I_{the}	10 A 4 kW VCFN12GE 2	
	16 A 5,5 kW VCFN20GE 2	

Tabla H2-7-005: *guía de selección de los interruptores Vario, línea económica.*

Interruptores Vario

■ Interruptor para todo tipo de máquinas y procesos. Calibres de 12 a 175 A.
■ Funciones de automatismos en general.

Interruptor principal y parada de emergencia				
Dimensiones de la placa		60 · 60	60 · 60	90 · 90
Fijación		Ø 22 (1)	4 tornillos	4 tornillos
I_{the}	12 A	VCD02	VCF02	
	20 A	VCD01	VCF01	
	25 A	VCD0	VCF0	
	32 A	VCD1	VCF1	
	40 A	VCD2	VCF2	
	63 A		VCF3	
	80 A		VCF4	VCF5
	125 A			VCF6
	175 A			

Interruptor principal y parada de emergencia				
Dimensiones de la placa		60 · 60	60 · 60	90 · 90
Fijación		Ø 22 (1)	4 tornillos	4 tornillos
I_{the}	12 A	VCCD02	VCCF02	
	20 A	VCCD01	VCCF01	
	25 A	VCCD0	VCCF0	
	32 A	VCCD1	VCCF1	
	40 A	VCCD2	VCCF2	
	63 A		VCCF3	
	80 A		VCCF4	
	125 A			VCCF5
	175 A			VCCF6

Interruptor principal y parada de emergencia					
					Accesorios posibles
					■ Polo
					■ Barreta de tierra
	P nominal AC23/400 V		Cofre IP65		■ Contactos auxiliares
I_{the}	10 A	4 kW	VCF02GE	2	
	16 A	5,5 kW	VCF01GE	2	
	20 A	7,5 kW	VCF0GE	2	
	25 A	11 kW	VCF1GE	2	
	32 A	15 kW	VCF2GE	2	
	50 A	22 kW	VCF3GE	3	
	63 A	30 kW	VCF4GE	3	
	100 A	37 kW	VCF5GE	1 (*)	
	140 A	45 kW	VCF6GE	1 (*)	

(*) No es posible añadir un polo principal.

Tabla H2-7-006: *guía de selección de los interruptores Vario.*

Interruptor principal			
60 · 60	60 · 60	90 · 90	
Ø 22 (1)	4 tornillos	4 tornillos	
VBD02	VBF02		
VBD01	VBF01		
VBD0	VBF0		
VBD1	VBF1		
VBD2	VBF2		
	VBF3		
	VBF4	VBF5	
		VBF6	

Interruptor principal			
			Accesorios posibles
			■ Polo
			■ Barreta de tierra
		Cofre IP65	■ Contactos auxiliares
		VBF02GE 2	
		VBF01GE 2	
		VBF0GE 2	
		VBF1GE 2	
		VBF2GE 2	
		VBF3GE 3	
		VBF4GE 3	
		VBF5GE 1 (*)	
		VBF6GE 1 (*)	

Interruptores-seccionadores mini Vario y Vario								
Tipo de interruptor			VN-12 VZN-12	V02 VZ-02	VN-20 VZN-20	V-01 VZ-01	V-0 VZ-0	VVD-0 VVE-0
Entorno								
Conformidad a normas			CEI 60947-3					
Homologaciones			UL, CSA, GL					
Tratamiento de protección			"TC"					
Grado de protección con tapa de protección			IP20 según CEI 60529					
Temperatura ambiente		°C	–20... +50					
Resistencia al fuego			960 °C según CEI 60695-2-1					
Resistencia a los choques 1/2 sinusoide = 11 ms CEI 60068-2-27			15 g	30 g	15 g	30 g		
Resistencia a las vibraciones 10...–150 Hz según CEI 60068-2-6			5 g	1 g	1 g	1 g		
Características eléctricas en corriente alterna								
Tensión asignada de empleo (U_e)		V	690	690	690	690	690	690
Tensión asignada soportada al impulso (U_{imp})		kV	6	8	6	8	8	8
Corrientes térmicas convencionales al aire (I_{th}) y asignada ininterrumpida (I_u)		A	12		20		25	
Corriente térmica convencional en envolvente (I_{the})		A	10		16		16	
Corriente y potencia asignadas de empleo								
AC-21 A/22 A/23 A	230...690 V	A	12		20		25	
	230 V	A/kW	10,6/3		14/4		19,7/5,5	
	240 V	A/kW	10,6/3		14/4		19,9/5,5	
	400 V	A/kW	8,1/4		11/5,5		14,5/7,5	
	415 V	A/kW	8,1/4		1/5,5		14/7,5	
	500 V	A/kW	8,9/5,5		11,9/7,5		16,7/11	
	690 V	A/kW	8,6/7,5		12,3/11		17,5/15	
AC-3	230/240 V	kW	1,5	1,5	3	3	4	
	400/415 V	kW	3	3	4	4	5,5	
	500 V	kW	4	4	5,5	5,5	7,5	
	690 V	kW	4	5,5	5,5	7,5	11	
Clase de servicio intermitente			30		30		30	
Características en condiciones normales de funcionamiento								
Poder de cierre asignado AC-21 A/22 A/23 A (I eff.)		A/ 400 V	120		200		250	
Poder de cierre asignado AC-21 A/22 A/23 A (I eff.)		A/ 400 V	120		200		200	
Características de cortocircuito								
Corriente eficaz asignada de corta duración admisible (I_{cw})		A/ 400 V-1 s	140	300	140	300	300	
Poder de cierre asignado, en cortocircuito (I_{cm}) I_{cresta}		kA/ 400 V	0,5	1	0,5	1	1	
Corriente asignada de cortocircuito condicional (I_{eficaz})		kA/ 400 V	6	10	6	10	10	
Con fusibles aM/gG		A	12		20		25	

Tabla H2-7-007: *tabla de características de los interruptores Vario.*

V1 VZ-1	VVD-1 VVE-1	V2 VZ-2	VVD-2 VVE-2	V3 VZ-3	VVD-3 VVE-3	V4 VZ-4	VVD-4 VVE-4	V5	V6	VZ7 VZ2-0	VZN-05 VZN-06
CEI 60947-3										CEI 60947-5	
UL, CSA, GL											
“TC”											
IP20 según CEI 60529											
–20...+50											
960 °C según CEI 60695-2-1											
		30 g								–	
		1 g								–	
690	690	690		690		690		690	690	690	690
8	8	8		8		8		8	8	8	6
32		40		63		80		125	175	12	6
25		32		50		63		100	140	10	4
32		40		63		80		125	160	I_e/AC-15	I_e/AC-15
19,7/5,5	25,8/7,5	50,3/15		61,2/18,5		71,9/22		96,6/30	6 A	6 A	
18,9/5,5	24,8/7,5	48,2/15		58,5/18,5		68/22		92,7/30	6 A	6 A	
21,8/11		29/15		41,5/22		57/30		68,5/37	83/45	4 A	4 A
21/11		28/15		40/22		55/30		66/37	80/45	4 A	4 A
16,7/11		28,5/18,5		44/30		54/37		64,5/45	79/55	2 A	2 A
17,5/15		17,5/15		25/22		33/30		42/37	49/45	1 A	1 A
4		5,5		11		15		22	30	–	–
7,5		11		18,5		22		30	37	–	–
7,5		15		22		30		37	45	–	–
11		11		18,5		18,5		30	37	–	–
30		30		30		30		30	30	–	–
320		400		630		800		1.250	1.750	–	–
250		320		500		640		1.000	1.400	–	–
384		486		756		960		1.500	2.100	–	–
1		1		2,1		2,1		2,8	2,8	–	–
10		10		10		10		10	10	1	1
35		50		63		80		125	200	1,6	1,6

Interruptores-seccionadores mini Vario y Vario (continuación)											
Tipo de interruptor				VN-12 VZN-12		V02 VZ-02	VN-20 VZN-20		V-01 VZ-01	V-0 VZ-0	VVD-0 VVE-0
Características eléctricas en corriente continua											
Corriente asignada de empleo											
DC-1 (L/R = 1 ms)	24 V	1 polo	A	12			12			12	
		2 polos	A	12			20			25	
		3 polos	A	12			20			25	
	48 V	1 polo	A	12			20			25	
		2 polos	A	12			20			25	
		3 polos	A	12			20			25	
	60 V	1 polo	A	12			20			25	
		2 polos	A	12			20			25	
		3 polos	A	12			20			25	
	110 V	1 polo	A	1,5			2			9	
		2 polos	A	8			10			12	
		3 polos	A	12			20			25	
	220 V	1 polo	A	1,5			2			2,5	
		2 polos	A	7			8			10	
		3 polos	A	10			14			16	
	250 V	1 polo	A	0,6			0,7			0,8	
		2 polos	A	3			4			6	
		3 polos	A	8			10			12	
Corriente asignada de empleo											
DC-2 a DC-5 (L/R = 1 ms)	24 V	1 polo	A	12			20			25	
		2 polos	A	12			20			25	
		3 polos	A	12			20			25	
	48 V	1 polo	A	12			20			25	
		2 polos	A	12			20			25	
		3 polos	A	12			20			25	
	60 V	1 polo	A	10			14			16	
		2 polos	A	12			20			25	
		3 polos	A	12			20			25	
	110 V	1 polo	A	1,5			2			2,5	
		2 polos	A	3			4			5	
		3 polos	A	12			20			2,5	
	220 V	1 polo	A	0,4			0,5			0,5	
		2 polos	A	1,4			1,5			1,5	
		3 polos	A	1			2			3	
	250 V	1 polo	A	0,3			0,4			0,5	
		2 polos	A	0,4			0,6			0,8	
		3 polos	A	1,2			2,4			1,6	
Otras características											
Durabilidad mecánica. Millones de maniobras				0,05		0,1	0,05		0,1	0,1	
Durabilidad eléctrica AC-21. Millones de maniobras				0,05		0,1	0,05		0,1	0,1	
Durabilidad eléctrica en DC-1 a 5. Ciclos · 10^6				30.000			30.000			30.000	
Capacidad de seccionamiento				Sí			Sí			Sí	
Conexión Hilo flexible + terminal			mm^2			4	6		4	6	
Hilo rígido			mm^2			4	10		4	10	
Par de apriete			Nm			0,7	2,1		0,7	2,1	

Tabla H2-7-007: *tabla de características de los interruptores Vario (continuación).*

V1 VZ-1	VVD-1 VVE-1	V2 VZ-2	VVD-2 VVE-2	V3 VZ-3	VVD-3 VVE-3	V4 VZ-4	VVD-4 VVE-4	V5	V6	VZ7 VZ2-0	VZN-05 VZN-06
32		40		63		80		125	175	8 (I_e/DC-11)	
32		40		63		80		125	175	–	
32		40		63		80		125	175	–	
32		40		63		80		125	175	8 (I_e/DC-11)	
32		40		63		80		125	175	–	
32		40		63		80		125	175	–	
32		35		40		50		60	70	4 (I_e/DC-11)	
32		40		63		80		125	175	–	
32		40		63		80		125	175	–	
10		12		20		25		30	12	2 (I_e/DC-11)	
16		20		63		80		125	175	–	
32		40		63		80		125	175	–	
3		4		6		8		12	15	1 (I_e/DC-11)	
12		14		25		30		40	50	–	
20		25		30		40		80	100	–	
1		2		4		5		6	10	0,8 (I_e/DC-11)	
8		12		20		25		30	40	–	
16		20		30		40		50	61	–	
32		40		63		80		125	175	–	
32		40		63		80		125	175	–	
32		40		63		80		125	175	–	
32		40		63		80		125	175	–	
32		40		63		80		125	175	–	
32		40		63		80		125	175	–	
20		25		40		50		60	70	–	
32		40		63		80		125	175	–	
32		40		63		80		125	175	–	
3		5		6		8		10	12	–	
6		8		10		20		22	24	–	
32		40		50		63		70	80	–	
0,8		1		1,5		2		2,2	2,4	–	
2		3		4		6		7	8	–	
4		7		10		15		16	13	–	
0,8		1		1,2		1,5		1,6	1,8	–	
1		2		3		6		7	8	–	
2		6		8		10		12	14	–	
0,1		0,1		0,03		0,03		0,03	0,03	0,1	0,05
0,1		0,1		0,03		0,03		0,03	0,03	0,1 (AC-15)	0,05
30.000		30.000		30.000		30.000		30.000	30.000	30.000 (DC-11)	
Sí		Sí		Sí		Sí		Sí	Sí	–	
6		6		16		16		70	70	2 · 0,75...1,5	
10		10		25		25		95	95	2 . 1...2,5	
2,1		2,1		4		4		22,6	22,6	0,7	

Compact NSA160NA

Interruptores en carga Compact					NSA160NA	
Número de polos					3, 4	
Mando	Manual		Con empuñadura		■	
			Rotativo prolongado		■	
	Eléctrico				-	
Conexión	Fija		Tomas anteriores		■	
			Tomas posteriores		-	
	Extraíble		Tomas anteriores		-	
			Tomas posteriores		-	
Bornes integrados	Para cables 1,5 a 70 mm^2				■	
Fijación	Sobre carril simétrico				■	
Troquel de cara delantera	Altura 45 mm				■	
Características eléctricas según CEI-EN 60947-3						
Intensidad térmica convencional (A)	I_{th}		60 °C		160	
Tensión asignada de aislamiento (V)	U_i				500	
Tensión asignada soportada al impulso (kV)			U_{imp}		8	
Tensión asignada de empleo (V)	U_e		CA 50/60 Hz		500	
			CC		250	
Intensidad asignada de empleo	I_e		CA 50/60 Hz		AC22A	AC23A
				220/240 V	160	160
				380/415 V	160	160
				440/480 V	160	160
				500 V	160	125
Poder de cierre en cortocircuito	I_{cm}	(kA cresta)	Mínimo (sólo interruptor en carga)		2,1	
			Máximo (con protección aguas arriba por interruptor automático)		330	
Intensidad de corta duración	I_{cw}	(A eff.)		1s	1500	
Admisible				3 s	1500	
				20 s	580	
Aptitud al seccionamiento					■	
Resistencia (ciclos C/A)	Mecánica				10.000	
	Eléctrica	AC	500 V	AC 22 A	5.000	
			440 V	AC 23 A	5.000	
	Eléctrica	CC	250 V	DC 23 A	5.000	
Corte plenamente aparente					■	
Grado de polución					III	
Protecciones						
Protección diferencial adicional			Por bloque Vigi		■	
			Por relé Vigirex asociado		■	
Auxiliares de señalización y mando						
Contactos de señalización					1 OF + 1 SD	
Bobinas de disparo					MN o MX	
Instalación y conexionado						
Accesorios					Cubrebornes	
					Realce	
Dimensiones (mm) L×H×P		Fijo, tomas anteriores		2/3P	90×120×82,5	
				4P	120×120×80	
Pesos (kg)		Fijo, tomas anteriores		3P	1,1	
				4P	1,4	
Inversores de redes (ver capítulo inversores de redes)						
Interenclavamiento					■	

Tabla H2-7-008: *características interruptores en carga Compact.*

Interruptor en carga y seccionador Compact NS 250

Compact NSA160NA

Es obligatoria una protección aguas arriba, conforme a las normas de instalación. Sin embargo gracias a un bloque de relés magnético de alto umbral, los interruptores en carga Compact 160NA son autoprotegidos.

Mando de apertura de seguridad

Las bobinas de disparo MX o MN provocan la apertura del interruptor automático.

Bobina de mínima tensión MN

Provoca la apertura del interruptor automático cuando la tensión de mando es inferior al umbral de disparo:

- Umbral de disparo comprendido entre 0,35 y 0,7 veces la tensión nominal.
- Cierre del interruptor automático únicamente posible si la tensión sobrepasa 0,85 veces la tensión nominal.

La apertura mediante bobina de mínima MN responde a las exigencias de la norma CEI-EN 60947-2.

Interruptor en carga y seccionador Compact equipado de un bloque Vigi

Retardador para MN (Compact NS80H-MA)

Permite eliminar los disparos intempestivos debidos a las caídas de tensión transitorias de duración ⩽ 200 ms:

Está asociado a:

- Una bobina de disparo MN 250 Vcc, tensión de mando 220/240 Vca.
- Una bobina MN 48 Vcc, tensión de mando 48 Vca.

Bobina a emisión de corriente MX

Provoca la apertura del interruptor automático cuando la tensión es superior a $0,7 \times U_n$.

La orden de disparo puede ser impulsional (u 20 ms) o mantenida.

Interruptor en carga y seccionador Compact equipado con un mando eléctrico

Funcionamiento

Cuando el interruptor automático ha disparado por bobina MN o MX, es necesario rearmar localmente.

El disparo por bobina MN o MX es prioritario sobre el cierre manual.

Cuando está presente una orden de disparo, el cierre, incluso transitorio, de los contactos no es posible.

■ Características mecánicas:

- Resistencia: 50 % de la resistencia mecánica del aparato.
- Encliquetables bajo la tapa del interruptor automático.
- Conexión por cables de hasta 1,5 mm^2 en regleta de bornes integrada.

Características eléctricas:

- Consumo:
  - A la llamada (MX): < 10 W.
  - Mantenido (MN): < 5 VA.
- Tiempo de respuesta < 50 ms.

Bobina de disparo MN/MX

Enclavamientos

El enclavamiento en posición “abierto” garantiza el seccionamiento según CEI-EN 60947-2.

Los enclavamientos por candados permiten de 1 a 3 candados de Ø 5 a 8 mm cada uno (candados no suministrados).

Enclavamiento de mando por empuñadura por dispositivo intercambiable.

Interruptores en carga Compact					NS100NA	
Número de polos					2 (1), 3, 4	
Mando	Manual		Por empuñadura		■	
			Rotativo directo o prolongado		■	
	Eléctrico				■	
Conexión	Fija			Tomas anteriores	■	
				Tomas posteriores	■	
	Extraíble con zócalo			Tomas anteriores	■	
				Tomas posteriores	■	
	Extraíble con chasis			Tomas anteriores	■	
				Tomas posteriores	■	
Características eléctricas según CEI-EN 60947-3						
Intensidad térmica convencional (A)		I_{th}	60 °C		100	
Tensión asignada de aislamiento (V)		U_i			750	
Tensión asignada soportada al impulso (kV)		U_{imp}			8	
Tensión asignada de empleo (V)		U_e	CA 50/60 Hz		690	
			CC		500	
Intensidad asignada de empleo		I_e	CA 50/60 Hz		AC22A	AC23A
				220/240 V	100	100
				380/415 V	100	100
				440/480 V (2)	100	100
				500/525 V	100	100
				660/690 V	100	100
			CC		DC22A	DC23A
				250 V (1 polo)	100	100
				500 V (2 polos serie)	100	100
Poder de cierre en cortocircuito	I_{cm}	(kA cresta)	Mínimo (sólo interruptor en carga)		2,6	
			Máximo (con protección aguas arriba por interruptor automático)		330	
Intensidad de corta duración admisible	I_{cw}	(A eff.)		1 s	1.800	
				3 s	1.800	
				20 s	690	
Aptitud al seccionamiento					■	
Resistencia (ciclos C/A)	Mecánica				50.000	
	Eléctrica	AC	690 V	AC 22 A	50.000	
			440 V	AC 23 A	30.000 (50.000−I_n/2)	
		DC	250 V	DC 23 A	30.000 (50.000−I_n/2)	
Corte plenamente aparente					■	
Grado de polución					III	
Protecciones						
Protección diferencial adicional			Por bloque Vigi		■	
			Por relé Vigirex asociado		■	
Auxiliares de señalización y de mando complementarios						
Contactos de señalización					■	
Bobinas de disparo			Bobina a emisión de corriente MX		■	
			Bobina de mínima tensión MN		■	
Indicador de presencia de tensión					■	
Bloque transformador de intensidad					■	
Bloque amperímetro					■	
Bloque de vigilancia de aislamiento					■	
Comunicación a distancia por bus						
Señalización de los estados del aparato					■	
Mando a distancia del aparato					■	
Instalación						
Accessorios	Pletinas y espaciadores				■	
	Cubrebornes y separadores de fases				■	
	Marcos para cara delantera				■	
Dimensiones (mm)	Fijo, tomas anteriores			2/3P	105×161×86	
L×H×P				4P	140×161×86	
Pesos (kg) fijo, tomas anteriores				3P	1,5 a 1,8	
				4P	2,0 a 2,2	
Inversión de redes (ver capítulo inversores de redes)						
Inversores manuales					■	
Inversores con mando eléctrico y automáticos					■	

Tabla H2-7-009: *características de los interruptores en carga NS 100 a 630 A.*

NS160NA	NS250NA	NS400NA	NS630NA
2 (1), 3, 4	2 (1), 3, 4	3, 4	3, 4
■	■	■	■
■	■	■	■
■	■	■	■
■	■	■	■
■	■	■	■
■	■	■	■
■	■	■	■
■	■	■	■
■	■	■	■
160	250	400	630
750	750	750	750
8	8	8	8
690	690	690	690
500	500	500	500
AC22A AC23A	AC22A AC23A	AC22A AC23A	AC22A AC23A
160 160	250 250	400 400	630 630
160 160	250 250	400 400	630 630
160 160	250 250	400 400	630 630
160 160	250 250	400 400	630 630
160 160	250 250	400 400	630 630
DC22A DC23A	DC22A DC23A	DC22A DC23A	DC22A DC23A
160 160	250 250	400 400	630 630
160 160	250 250	400 400	630 630
3,6	4,9	7,1	8,5
330	330	330	330
2.500	3.500	5.000	6.000
2.500	3.500	5.000	6.000
960	1.350	1.930	2.320
■	■	■	■
40.000	20.000	15.000	15.000
40.000	20.000	15.000	15.000
20.000 (50.000–I_n/2)	10.000 (20.000–I_n/2)	6.000 (12.000–I_n/2)	4.000 (8.000–I_n/2)
20.000 (50.000–I_n/2)	10.000 (20.000–I_n/2)	6.000 (12.000–I_n/2)	4.000 (8.000–I_n/2)
■	■	■	■
III	III	III	III
■	■	■	■
■	■	■	■
■	■	■	■
■	■	■	■
■	■	■	■
■	■	■	■
■	■	■	■
■	■	■	■
■	■	■	■
■	■	■	■
■	■	■	■
■	■	■	■
■	■	■	■
■	■	■	■
		140×255×110	
		185×255×110	
		5,2	
		6,8	
		■	
		■	

Es obligatoria una protección aguas arriba, conforme a las normas de instalación. Sin embargo, gracias a un bloque de relés magnético de alto umbral, los interruptores en carga Compact NSA 125 y 160NA son autoprotegidos

(1) 2P en tamaño 3P.
(2) Convenientemente para 480 V NEMA.

Es obligatoria una protección aguas arriba, conforme a las normas de instalación. Sin embargo, los interruptores en carga Compact NS630bNA a 1600NA son autoprotegidos para cualquier intensidad de defecto superior a 25 kA.
(1) convenientemente para 480 V NEMA.

Interruptores en carga Compact					**NS630bNA**	
Número de polos					3, 4	
Mando	Manual		Por empuñadura		■	
			Rotativo directo o prolongado		■	
	Eléctrico				■	
Conexión	Fija			Tomas anteriores	■	
				Tomas posteriores	■	
	Extraíble con chasis			Tomas anteriores	■	
				Tomas posteriores	■	
Características eléctricas según CEI-EN 60947-3						
Intensidad térmica convencional (A)		I_{th}	60 °C		630	
Tensión asignada de aislamiento (V)		U_i			750	
Tensión asignada soportada al impulso (kV)		U_{imp}			8	
Tensión asignada de empleo (V)		U_e	CA 50/60 Hz		690	
			CC		500	
Intensidad asignada de empleo		I_e	CA 50/60 Hz		AC22A	AC23A
				220/240 V	630	630
				380/415 V	630	630
				440/480 V (2)	630	630
				500/525 V	630	630
				660/690 V	630	630
			CC		DC22A	DC23A
				250 V (1 polo)	–	–
				500 V (2 polos serie)	–	–
Poder de cierre en cortocircuito	I_{cm} (kA cresta)		Mínimo (sólo interruptor en carga)		50	
			Máximo (con protección aguas arriba por interruptor automático)		330	
Intensidad de corta duración admisible	I_{cw}	(A eff.)		0,5 s	25	
				1 s	17	
				20 s	4	
Aptitud al seccionamiento					■	
Resistencia (ciclos C/A)	Mecánica				10.000	
	Eléctrica	AC	690 V	AC 22 A	8.000	
			440 V	AC 23 A	5.000	
Corte plenamente aparente					■	
Grado de polución					III	
Protecciones						
Protección diferencial adicional			Por relé Vigirex asociado		■	
Auxiliares de señalización y de mando complementarios						
Contactos de señalización					■	
Bobinas de disparo		Bobina a emisión de corriente MX			■	
		Bobina de mínima tensión MN			■	
Comunicación a distancia por bus						
Señalización de los estados del aparato					■	
Mando a distancia del aparato					■	
Instalación						
Accessorios	Pletinas y espaciadores				■	
	Cubrebornes y separadores de fases				■	
	Marcos para cara delantera				■	
Dimensiones (mm)	Fijo, tomas anteriores			2/3P	327 × 210 × 147	
L × H × P				4P	327 × 280 × 147	
Pesos (kg) fijo, tomas anteriores				3P	14	
				4P	18	
Inversión de redes (ver capítulo inversores de redes)						
Inversores manuales					■	

Tabla H2-7-010: *características interruptores Compact NS630bNA a NS1600NA.*

NS800NA		NS1000NA		NS1250NA		NS1600NA	
3, 4		3, 4		3, 4		3, 4	
■		■		■		■	
■		■		■		■	
■		■		■		■	
■		■		■		■	
■		■		■		■	
■		■		■		■	
■		■		■		■	
800		1.000		1.250		1.600	
750		750		750		750	
8		8		8		8	
690		690		690		690	
500		500		500		500	
AC22A	AC23A	AC22A	AC23A	AC22A	AC23A	AC22A	AC23A
800	800	1.000	1.000	1.250	1.250	1.600	1.600
800	800	1.000	1.000	1.250	1.250	1.600	1.600
800	800	1.000	1.000	1.250	1.250	1.600	1.600
800	800	1.000	1.000	1.250	1.250	1.600	1.600
800	800	1.000	1.000	1.250	1.250	1.600	1.600
DC22A	DC23A	DC22A	DC23A	DC22A	DC23A	DC22A	DC23A
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
50		50		50		50	
330		330		154		154	
25		25		25		25	
17		17		17		17	
4		4		4		4	
■		■		■		■	
10.000		10.000		10.000		10.000	
8.000		8.000		7.000		7.000	
5.000		5.000		4.000		4.000	
■		■		■		■	
III		III		III		III	

Es obligatoria una protección aguas arriba, conforme a las normas de instalación. Sin embargo, los interruptores en carga Compact NS1600b NA a 3200NA son autoprotegidos para cualquier intensidad de defecto superior a 30 kA.
(1) convenientemente para 480 V NEMA.

Interruptores en carga Compact					**NS 1600bNA**	
Número de polos					3, 4	
Mando	Manual		Por empuñadura		■	
			Rotativo directo o prolongado		–	
	Eléctrico				–	
Conexión	Fija			Tomas anteriores	■	
				Tomas posteriores	–	
	Extraíble con chasis			Tomas anteriores	–	
				Tomas posteriores	–	
Características eléctricas según CEI-EN 60947-3						
Intensidad térmica convencional (A)		I_{th}	60 °C		1.600	
Tensión asignada de aislamiento (V)		U_i			750	
Tensión asignada soportada al impulso (kV)		U_{imp}			8	
Tensión asignada de empleo (V)		U_e	CA 50/60 Hz		690	
			CC		500	
Intensidad asignada de empleo		I_e	CA 50/60 Hz		AC22A	AC23A
				220/240 V	1.600	1.600
				380/415 V	1.600	1.600
				440/480 V (2)	1.600	1.600
				500/525 V	1.600	1.600
				660/690 V	1.600	1.600
Poder de cierre en cortocircuito	I_{cm}	(kA cresta)	Mínimo (sólo interruptor en carga)		63	
			Máximo (con protección aguas arriba por interruptor automático)		187	
Intensidad de corta duración admisible	I_{cw}	(A eff.)		0,5 s	30	
				1 s	21	
				20 s	4,7	
Aptitud al seccionamiento					■	
Resistencia (ciclos C/A)	Mecánica				6.000	
	Eléctrica	AC	690 V	AC 22 A	1.000	
			440 V	AC 23 A	1.000	
Corte plenamente aparente					■	
Grado de polución					III	
Protecciones						
Protección diferencial adicional			Por relé Vigirex asociado		■	
Auxiliares de señalización y de mando complementarios						
Contactos de señalización					■	
Bobinas de disparo		Bobina a emisión de corriente MX			■	
		Bobina de mínima tensión MN			■	
Instalación						
Accessorios	Marcos para cara delantera				■	
Dimensiones (mm) L×H×P	Fijo			3P	350×420×160	
				4P	350×525×160	
Pesos (kg) fijo, tomas anteriores				3P	23	
				4P	36	
Inversión de redes (ver capítulo inversores de redes)						
Inversores manuales					–	

Tabla H2-7-011: *características interruptores Compact NS1600bNA a NS3200NA.*

NS 2000NA		NS 2500NA		NS 3200NA	
3, 4		3, 4		3, 4	
■		■		■	
–		–		–	
–		–		–	
■		■		■	
–		–		–	
–		–		–	
–		–		–	
2.000		2.500		3.200	
750		750		750	
8		8		8	
690		690		690	
500		500		500	
AC22A	AC23A	AC22A	AC23A	AC22A	AC23A
2.000	2.000	2.500	2.500	3.200	3.200
2.000	2.000	2.500	2.500	3.200	3.200
2.000	2.000	2.500	2.500	3.200	3.200
2.000	2.000	2.500	2.500	3.200	3.200
2.000	2.000	2.500	2.500	3.200	3.200
63		63		63	
187		187		187	
30		30		30	
21		21		21	
4,7		4,7		4,7	
■		■		■	
6.000		6.000		6.000	
1.000		1.000		1.000	
1.000		1.000		1.000	
■		■		■	
III		III		III	

Indicador de presencia de tensión

Detección y visualización de la presencia de tensión en las conexiones del interruptor automático.

Instalación:

■ Se monta en el cubrebornes largo o corto, gracias a los agujeros pretroquelados que dispone.
■ No es posible montarse en aparatos dotados de mando eléctrico.
■ Se monta aguas arriba o aguas abajo del interruptor automático.
■ Grado de protección: IP40.3.

Características eléctricas

Funciona en todas las redes con tensión comprendida entre 220 y 550 Vca.

Bloque de control del aislamiento

Detección y señalización de una bajada de aislamiento en una salida en régimen de neutro TNS o TT.
Funcionamiento idéntico al del bloque Vigi, pero no provoca el disparo del interruptor automático.
Señalización por DEL rojo en la cara delantera.
Puede recibir un contacto auxiliar permitiendo la señalización de las bajadas del aislamiento a distancia.

Instalación:

■ Se monta directamente sobre las pletinas de aguas abajo del interruptor automático.
■ Grado de protección: IP40.3.
■ Doble aislamiento en la cara frontal.

Características eléctricas:

■ Escalones de regulación: 100 - 200 - 500 - 1.000 mA.
■ Precisión: –50 +0 %.
■ Retardo a la aparición del defecto: 5 a 10 s.
■ Tensión de la red: 200 a 440 Vca y 440 a 550 Vca.

Interruptores en carga, seccionadores de corte visible Visucompact

Los interruptores automáticos Visucompact CM están disponibles en versiones tripolares y tetrapolares. Los interruptores automáticos Compact CM adaptan un bloque Visu, que realiza un seccionamiento con corte visible según la norma **NF C 13-100**: los contactos son visibles a través de una tapa transparente, y maniobrables por una empuñadura.

El seccionamento se realiza por unos contactos autocompensados con fuerte resistencia electrodinámica. El bloque Visu se conecta directamente sobre los bornes aguas arriba del interruptor automático.

El bloque Visu es enclavable por candados en versión de base, y por cerradura opcionalmente. Unos contactos auxiliares pueden equipar el bloque Visu.

Interruptores en carga Compact CM				**CM 1600NI**	**CM 2000NI**	**CM 2500NI**
Número de polos				3,4	3,4	3,4
Características eléctricas según CEI 60408 y NF C 63-130						
Intensidad térmica convencional (A)	I_{th}	40 °C		1.600	2.000	2.500
Tensión de aislamiento (V)	U_i			750	750	750
Tensión soportada al impulso (kV)	U_{imp}					
Tensión de empleo asignada (V)	U_e	CA 50/60 Hz		690	690	690
Intensidad de empleo asignada (A)	I_e	AC23A 660 V		1.600	2.000	2.500
Poder de cierre (kA cresta)				65	65	65
Intensidad de corta duración admisible		I_{cw} (kA eff.)		32	32	32
		Duración (s)		3	3	3
Aptitud al seccionamiento				■	■	■
Resistencia		Mecánica		10.000	10 000	10.000
		Eléctrica	690 V - $I_n/2$	5.000	5.000	5.000
			690 V - I_n	2.000	2.000	2.000
Protección						
Protección diferencial		Dispositivo adicional (relé diferencial Vigirex)		■	■	■
Instalación y conexionado						
Fijo		Anterior		■	■	■
		Posterior		■	■	■
Auxiliares de señalización y medida						
Contactos auxiliares				■	■	■
Auxiliares de mando						
Bobinas de disparo (MN, MX)				■	■	■
Mando eléctrico				■	■	■
Enclavamiento por candados				■	■	■
Enclavamiento por cerradura				■	■	■
Accesorios de instalación y de conexionado						
Accesorios de conexionado				■	■	■
Dimensiones y pesos						
Dimensiones H×L×P (mm)		3 polos fijo FA		430×418×451	540×418×451	
		4 polos fijo FA		430×418×451	540×573×451	
Peso (kg)		3 polos fijo FA		41	46	48
		4 polos fijo FA		56	61	63

Tabla H2-7-012: *características de los interruptores en carga seccionadores Compact CM de 1250 a 3200 A.*

	CM 3200NI
	3
	3.200
	750
	690
	3.200
	65
	32
	3
	■
	5.000
	2.000
	■
	■
	■
	■
	■
	■
	■
	■
	■
	83

Los Visucompact CM disponen de un dispositivo de predisparo que no permite la apertura del bloque Visu en carga. En estos aparatos, la unión entre el interruptor automático y el bloque Visu es fácilmente desconectable.

Instalación

Los interruptores automáticos Visucompact CM se suministran con 3 elementos separados:

■ El bloque Visu, montado sobre una placa soporte.
■ El interruptor automático Compact CM.
■ Los accesorios de montaje.

La placa soporte de montaje del bloque Visu dispone de unas guías que facilitan la instalación del interruptor automático.

Las conexiones eléctricas entre las 2 partes se realizan por contactos a fuerte presión, el interruptor automático puede ser fácilmente desmontado después de la desconexión de los circuitos de aguas abajo.

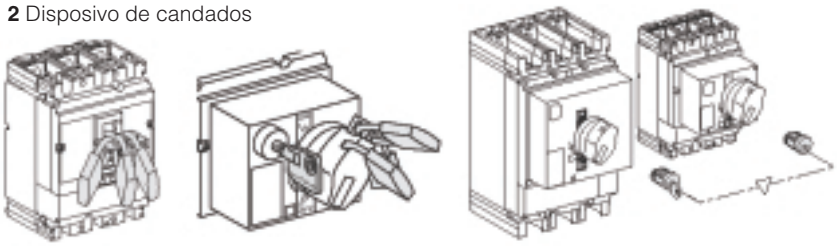
Enclavamientos e interenclavamientos

Los dispositivos siguientes de enclavamiento pueden suministrarse bajo demanda:

■ Dispositivo de candados en posición “abierto” (candados no incluidos).
■ Dispositivo de enclavamiento en posición “abierto” por cerradura Profalux KS5B24 (incluida); perfil de llave idéntica a la llave Profalux V11-18.

Bajo demanda, cerradura de tipo Ronis 1351B; perfil de llave idéntica a la llave Ronis 1104 o EL11AP.

1 Cerradura
2 Disposivo de candados



Masterpact NT y NW interruptores en carga

Los interruptores en carga derivan directamente de los interruptores automáticos.

Existen en versiones:

■ Para **Masterpact NT**, HA equivale a H1.
■ Para **Masterpact NW**:
□ NA y HA equivale a N1, H1.
□ HF, versión interruptor de alto poder de corte equipado de una protección instantánea que actúa en caso de cierre en cortocircuito. En posición cerrado, el aparato no está protegido y se comporta como un interruptor en carga clásico.

Utilizado habitualmente en acoplamiento de juego de barras.

Interpact INS e INV

Los interruptores en carga de 40 a 2.500 A realizan el mando y el seccionamiento de los circuitos de distribución eléctrica.

Interpact se utiliza como interruptor de llegada de:

■ Cuadros de acoplamiento de redes.
■ Cuadros de distribución de potencia terciario e industrial.

■ Cuadros de distribución con aparamenta modular en los sectores terciario e industrial.
■ Armarios y coffrets de automatismo.
■ Coffrets terminales para el mando local y el seccionamiento de los circuitos de motor, máquina herramienta...

Características:
■ Prestaciones industriales conformes a las normas CEI 60947-1 y CEI 60947-3:
□ Tensión asignada de empleo de 500 a 690 V.
□ Corriente asignada de empleo: AC21A, AC22A, AC23A y B, DC21A, DC22A, DC23A y B.
□ Resistencia a los impulsos de tensión: 8 kV.
□ Ningún decalaje hasta 60 °C de temperatura ambiente.
■ Mando rotativo frontal o lateral.
■ Seccionamiento con corte plenamente aparente.
■ Seccionamiento con corte visible.

Interpact INS
Interruptores con corte plenamente aparente

Interpact INV
Interruptor de paro de emergencia con corte visible

Interpact INS
Interruptor de paro de emergencia con corte plenamente aparente

Interpact INV
Interruptores con corte visible

Calibre	40 A	63 A	80 A	100 A	125 A	160 A	200 A	250 A	320 A	400 A	500 A	630 A
■ Perfil - M	INS40	INS63	INS80	INS100	INS125	INS160	INS250					
■ Montaje sobre panel				INS250-100	–	INS250-160	INS250 200	INS250	INS320	INS400	INS500	INS630
				INV100	–	INV160	INV200	INV250	INV320	INV400	INV500	INV630

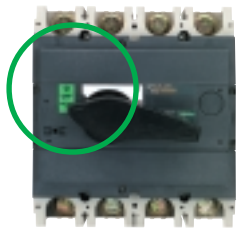
Interpact IN 1000, 1600 y 2500 A

Seccionamiento con corte plenamente aparente

Todos los interruptores en carga Interpact realizan el seccionamiento con corte plenamente aparente definido en la norma CEI 60947-3:
■ La posición de seccionamiento corresponde a la posición O (OFF).
■ La empuñadura sólo puede indicar la posición O si los contactos principales están efectivamente separados.

■ El enclavamiento sólo es posible si los contactos principales están efectivamente separados.
Cuando el aparato está enclavado en posición abierto, el usuario está seguro de que el circuito está totalmente aislado del circuito de aguas arriba.
La adapatación de un mando prolongado conserva la aptitud al seccionamiento del interruptor. La función de seccionamiento es certificada por ensayos que garantizan:
■ La fiabilidad mecánica de la indicación de posición.
■ La ausencia de corrientes de fuga.
■ La resistencia a las sobretensiones entre aguas arriba y aguas abajo.

Seccionamiento con corte plenamente aparente



Seccionamiento con corte visible

El operador ve directamente, a través de una pantalla transparente, la separación física de los contactos principales.
En la gama Interpact INV, la función de corte visible se añade a la función de seccionamiento con corte plenamente aparente.

Seccionamiento con corte visible

Interruptor de paro de emergencia o de seguridad

El interruptor en carga puede utilizarse como órgano de paro de emergencia. En esta aplicación, debe estar fácilmente localizable, accesible e identificable (ver normas y reglamentaciones de seguridad de máquinas, CEI 60947, CEI 60204…).
La identificación del interruptor de paro de emergencia o de seguridad se facilita mediante la utilización de colores impuestos y diferentes de los aparatos estándar:
■ Amarillo para el frontal del aparato.
■ Rojo para el órgano de maniobra.
Las prestaciones de un interruptor en carga Interpact de tapa amarilla y empuñadura roja son las mismas que las de un interruptor en carga estándar.
Las variantes de tapa amarilla y empuñadura roja están disponibles en versiones con corte plenamente aparente y con corte visible.

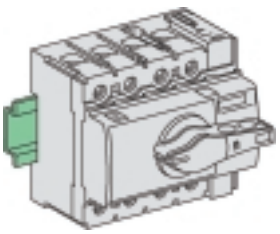
Interruptor de paro de emergencia o de seguridad INS250

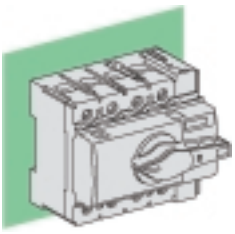
Interruptor de paro de emergencia o de seguridad INV250

Montaje sobre carril simétrico o sobre panel

Los Interpact INS:

■ Se montan sobre carril (hasta INS160) o sobre panel.
■ Están disponibles en 3 o 4 polos con el mismo volumen.
■ Tienen un frontal que responde al estándar de 45 mm como los productos de la gama Multi 9 (hasta INS160).
■ Permiten conexionados múltiples y fáciles.
■ Tienen un mando lateral (hasta INS250) o frontal en estándar (prolongado en opción).
■ Pueden enclavarse mediante 3 candados en posición “OFF” (enclavamiento en posición “ON” posible).
■ Permiten una señalización a distancia gracias a los contactos auxiliares.
■ Forman parte de una gama homogénea a la gama del interruptor automático Compact NS, en términos de dimensiones, de estética, de auxiliares...
■ Montaje sobre carril DIN (hasta INS160). ■ Montaje sobre panel.





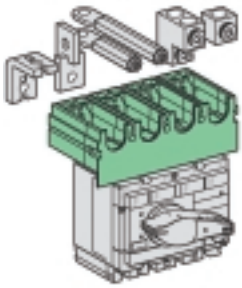
Accesorios de conexionado

Bornero de reparto Distribloc:

■ Para responder a todos los casos de instalación:
□ Borne simple para Interpact INS100 a INS160.
□ Borne de reparto para Interpact INS40 a INS80.
□ Borne de reparto para Interpact INS100 a INS160.
□ Bornero de reparto Distribloc.

El espaciador Monobloc

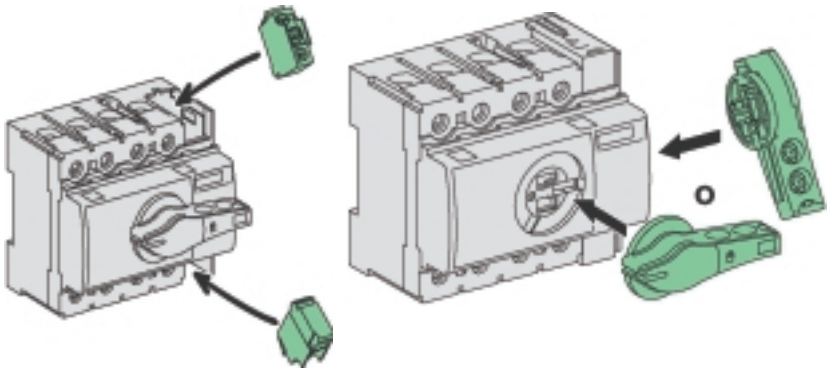
Tanto en los interruptores en carga Interpact INS e INV como en los interruptores automáticos Compact NS, se puede ensanchar el paso polar para igualarlo al de un aparato de mayor tamaño. El ensanchador Monobloc ofrece una mejor accesibilidad, manteniendo la homogeneidad de la instalación eléctrica, ya que permite utilizar todos los accesorios de un Compact NS de calibre superior. Ø 5...8.



Contacto auxiliar (idéntica a la del Compact NS):

■ Puede ser utilizada por todos los interruptores en carga Interpact INS e INV.
■ No aumenta el volumen del aparato.
■ Realiza 3 funciones diferentes:
□ Contacto OF.
□ Contacto avanzado al cierre CAF.
□ Contacto avanzado a la apertura CAO.

La misma empuñadura puede instalarse indiferentemente mediante un simple tornillo en posición frontal o lateral hasta INS250.



Los interruptores en carga Interpact INS e INV están, por supuesto, perfectamente integrados en el sistema funcional Schneider Electric. Esto es una garantía de prestaciones incluso en las condiciones de uso más severas.
Los interruptores en carga Interpact INS e INV pueden ser instalados sobre carril (de 40 a 160 A) o sobre panel (de 100 a 630 A), y cumplen con la reglamentación relacionada con las máquinas herramientas.
La nueva gama de interruptores en carga Interpact INS e INV dispone de una gama completa de inversores: el mando rotativo, la llave, pero sobre todo el nuevo inversor Monobloc con un sistema de acoplamiento rápido.
Todos estos inversores tienen el mismo entreeje de montaje para simplificar su integración en los sistemas de instalación.

Los interruptores en carga Interpact INS e INV están conformes con las reglamentaciones más recientes, relativas a la protección del medio ambiente:
■ Los interruptores en carga Interpact INS e INV son concebidos de forma modular.
■ Su desmontaje completo da lugar a componentes mono-materiales, no contaminantes y/o reciclables en su mayoría.
■ Las partes moldeadas son realizadas con termoplásticos (PBT, PET, etc.); la eliminación de estos materiales, compuestos de carbono, de hidrógeno y de oxígeno, no desprende sustancias contaminantes, ni siquiera por incineración.
Los interruptores en carga Interpact y sus auxiliares están conformes con las recomendaciones internacionales:
■ CEI 60947-1: reglas generales.

■ CEI 60947-3: interruptores en carga, seccionadores.
■ CEI 60947-5-1 y siguientes: aparatos y elementos de conmutación para circuitos de mando; componentes de automatismos.
Estas recomendaciones son aplicadas en la mayor parte de los países. Los interruptores en carga Interpact y sus auxiliares están conformes con las normas europeas EN 60947-1 y EN 60947-3 y con las normas nacionales correspondientes:
■ Española UNE.
■ Francesa NF.
■ Alemana VDE.
■ Británica BS.
■ Australiana AS.
■ Italiana CEI.
Los interruptores en carga Interpact están adaptados al mando de máquinas herramientas: son conformes a la norma UNE 60204-1.

I_{th}: Corriente térmica convencional.
U_i: Tensión asignada de aislamiento.
U_{imp}: Tensión soportada al impulso.
U_e: Tensión asignada de empleo.
I_e: Corriente asignada de empleo.
Aptitud al seccionamiento.

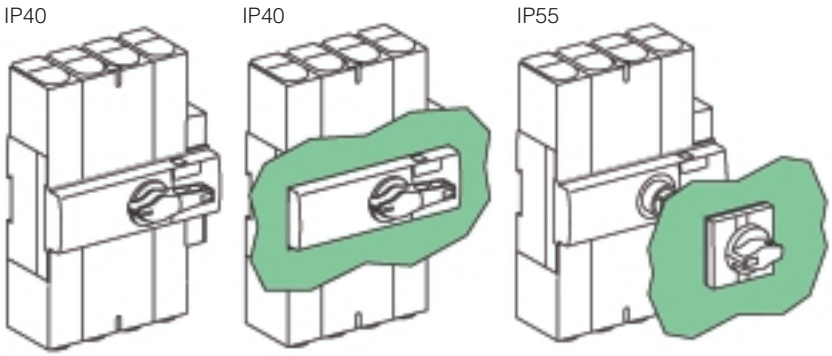
Aparato de clase II en frontal
Este aislamiento se obtiene mediante:
■ Un doble aislamiento en la gama INS.
■ Un respeto de las distancias y de las reglas de aislamiento definidas en las normas CEI 60664, CEI 60947-1, CEI 60364... en la gama INV.

Tropicalización
Los interruptores en carga Interpact satisfacen las exigencias de tropicalización T2 según las normas siguientes:
■ CEI 60068-2-30: tasa de humedad relativa del 95 % a 55 °C (clima caluroso y húmedo).
■ CEI 60068-2-11: niebla salina.

Grado de contaminación
Los interruptores en carga Interpact pueden trabajar en las condiciones de contaminación correspondiente, según la norma CEI 60947, a los ambientes industriales: grado de contaminación III.

Temperatura ambiente
■ Los interruptores en carga Interpact pueden ser utilizados entre –25 °C y +70 °C.
A partir de 60 °C, deben tenerse en cuenta los decalajes anunciados en la documentación.
■ La puesta en servicio debe efectuarse a una temperatura ambiente de utilización normal. Excepcionalmente, la puesta en servico puede hacerse a una temperatura ambiente comprendida entre –35 °C y –25 °C.
■ La temperatura de almacenamiento de los interruptores en carga Interpact en su embalaje original debe estar comprendida entre –50 °C y +85 °C.

Grado de protección (según norma UNE-EN 60529)



Aparato sólo con cubrebornes

Aparato en cofret o en armario (mando directo)

Aparato en cofret o en armario (mando prolongado)

Conformidad con todas las normas internacionales

■ El conjunto de la gama está completamente certificado según CEI 60947-1, CEI 60947-3 y UNE-EN 60947-1, UNE-EN 60947-3. Estas certificaciones son realizadas en el ámbito de LOVAG por organismos de certificación externos.

■ Esta gama dispondrá de las homologaciones marinas necesarias para ser utilizada en este campo de aplicación.

■ Ciertos calibres serán homologados UL “UL 1087 listed” para los mercados que demandan esta prestación.

Interruptores-seccionadores Interpact INS				INS40		INS63	
Número de polos				3,4		3,4	
Características eléctricas según CEI 60947-1/60947-3 y EN 60947-1/60947-3							
Intensidad térmica convencional (A)	I_{th}	60 °C		40		63	
Tensión asignada de aislamiento (V)	U_i	CA 50/60 Hz		690		690	
Tensión soportada al impulso (kV)	U_{imp}			8		8	
Tensión asignada de empleo (V)	U_e	CA 50/60 Hz		500		500	
		CC		250		250	
Intensidad asignada de empleo (A)	I_e	CA 50/60 Hz		AC22A	AC23A	AC22A	AC23A
		220-240 V		40	40	63	63
		380-415 V		40	40	63	63
		440-480 V (1)		40	40	63	63
		500 V		40	32	63	40
		660-690 V		–	–	–	–
		CC		DC22A	DC23A	DC22A	DC23A
		125 V (2P serie)		40	40	63	63
		250 V (4P serie)		40	40	63	63
Servicios asignados		Servicio ininterrumpido		■		■	
		Servicio intermitente		Clase 120-60%		Clase 120-60%	
Poder de cierre en cortocircuito	I_{cm} (kA_{cresta})	Mín. (interruptor solo)		15		15	
		Máx. (con protección aguas arriba por int. automático)		75		75	
Intensidad de corta duración admisible I_{cw} (A eff.)		1s		3.000		3.000	
		3 s		1.730		1.730	
		20 s		670		670	
Aptitud al seccionamiento				■		■	
Endurancia (categoría A) (ciclos CA)		Mecánica		20.000		20.000	
		Eléct. CA	AC22A 500 V	1.500		1.500	
			AC22A 690 V	–		–	
			AC23A 220-240 V	1.500		1.500	
			AC23A 380-415 V	1.500		1.500	
			AC23A 440 V	1.500		1.500	
			AC23A 500 V	1.500		1.500	
			AC23A 690 V	–		–	
		Eléct. CC	DC23A 250 V	1.500		1.500	
Corte plenamente aparente				Sí		Sí	
Grado de contaminación				III		III	
Instalación y conexionado							
Fijo anterior		Sobre carril		■		■	
		Sobre panel		■		■	
Auxiliares de señalización y de medida							
Contactos auxiliares				■		■	
Indicador de presencia de tensión				–		–	
Bloque transformadores de intensidad				–		–	
Bloque amperímetro				–		–	
Bloque vigilancia de aislamiento				–		–	
Auxiliares de mando							
Bobinas auxiliares y mando eléctrico				–		–	
Mando rotativo frontal / lateral directo y prolongado				■		■	
Enclavamiento por candados				■		■	
Inversor de redes manual				–		–	
Accesorios de instalación y de conexionado							
Bornes				■		■	
Pletinas y espaciadores				–		–	
Cubrebornes y cubretornillos				■		■	
Separadores de fases				–		–	
Marco embellecedor				–		–	
Dimensiones y pesos							
Dimensiones L × H × P (mm)		3/4 polos		90 × 81 × 62,5			
Peso aproximado (kg)		3 polos		0,5		0,5	
		4 polos		0,6		0,6	

Tabla H2-7-013: *características Interpact INS.*

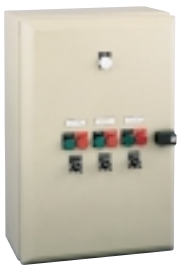
INS80		INS100		INS125		INS160	
3,4		3,4		3,4		3,4	
80		100		125		160	
690		750		750		750	
8		8		8		8	
500		690		690		690	
250		250		250		250	
AC22A	AC23A	AC22A	AC23A	AC22A	AC23A	AC22A	AC23A
80	80	100	100	125	125	160	160
80	72	100	100	125	125	160	160
80	63	100	100	125	125	160	160
80	40	100	100	125	125	160	160
–	–	100	63	125	80	160	100
DC22A	DC23A	DC22A	DC23A	DC22A	DC2EA	DC22A	DC23A
80	80	100	100	125	125	160	160
80	80	100	100	125	125	160	160
■		■		■		■	
Clase 120-60%		Clase 120-60%		Clase 120-60%		Clase 120-60%	
15		20		20		20	
75		154		154		154	
3.000		5.500		5.500		5.500	
1.730		3.175		3.175		3.175	
670		1.230		1.230		1.230	
■		■		■		■	
20.000		15.000		15.000		15.000	
1 500		1.500		1.500		1.500	
–		1.500		1.500		1.500	
1.500		1.500		1.500		1.500	
1.500		1.500		1.500		1.500	
1.500		1.500		1.500		1.500	
1.500		1.500		1.500		1.500	
–		1.500		1.500		1.500	
1.500		1.500		1.500		1.500	
Sí		Sí		Sí		Sí	
III		III		III		III	
■		■		■		■	
■		■		■		■	
■		■		■		■	
–		–		–		–	
–		–		–		–	
–		–		–		–	
–		–		–		–	
–		–		–		–	
■		■		■		■	
■		■		■		■	
–		–		–		–	
■		■		■		■	
–		–		–		–	
■		■		■		■	
–		■		■		■	
–		–		–		–	
		135 × 100 × 62,5					
0,5		0,8		0,8		0,8	
0,6		0,9		0,9		0,9	

Un interruptor de carga Interpact para cada aplicación

Cuadros secundarios de 40 a 160 A con aparamenta modular

Cofret de seccionamiento local con interruptor de 40 a 630 A

Distribución de potencia de 400 a 2.500 A



Cabecera de cofret de automatismos de 63 a 400 A

H2
7

Interruptores-seccionadores Interpact INS (continuación)				**INS250-100**		**INS250-160**	
Número de polos				3,4		3,4	
Características eléctricas según CEI 60947-1/60947-3 y EN 60947-1/60947-3							
Intensidad térmica convencional (A)	I_{th} a	60 °C		100		160	
Tensión asignada de aislamiento (V)	U_i	CA 50/60 Hz		750		750	
Tensión soportada al impulso (kV)	U_{imp}			8		8	
Tensión asignada de empleo (V)	U_e	CA 50/60 Hz		690		690	
		CC		250		250	
Intensidad asignada de empleo (A)	I_e	CA	50/60 Hz	AC22A	AC23A	AC22A	AC23A
			220-240 V	100	100	160	160
			380-415 V	100	100	160	160
			440-480 V(1)	100	100	160	160
			500 V	100	100	160	160
			660-690 V	100	100	160	160
		CC		DC22A	DC23A	DC22A	DC23A
			125 V (2P serie)	100	100	160	160
			250 V (4P serie)	100	100	160	160
Servicios asignados		Servicio ininterrumpido		■		■	
		Servicio intermitente		Clase 120-60%		Clase 120-60%	
Poder de cierre en cortocircuito	I_{cm} (kA_{cresta})	Mín. (interruptor solo)		30		30	
		Máx. (con protección aguas arriba por interruptor automático)		330		330	
Intensidad de corta duración admisible I_{cw} (A eff.)		1s		8.500		8.500	
		3 s		4.900		4.900	
		20 s		2.200		2.200	
		30 s		1.800		1.800	
Aptitud al seccionamiento				■		■	
Endurancia (categoría A) (ciclos CA)		Mecánica		15.000		15.000	
		Eléct. CA	AC22A 500 V	1.500		1.500	
			AC22A 690 V	1.500		1.500	
			AC23A 440 V	1.500		1.500	
			AC23A 500 V	1.500		1.500	
			AC23A 690 V	1.500		1.500	
		Eléct. CC	DC23A 250 V	1.500		1.500	
Corte plenamente aparente				Sí		Sí	
Grado de contaminación				III		III	
Instalación y conexionado							
Fijo		Anterior		■		■	
		Posterior		■		■	
Auxiliares de señalización y de medida							
Contactos auxiliares				■		■	
Indicador de presencia de tensión				■		■	
Bloque transformadores de intensidad				■		■	
Bloque amperímetro				■ (2)		■ (2)	
Bloque vigilancia de aislamiento				–		–	
Bobinas auxiliares y mando eléctrico				–		–	
Auxiliares de mando							
Mando rotativo	Frontal directo y prolongado			■		■	
	Lateral directo y prolongado			■		■	
Enclavamiento por candados				■		■	
Inversor de redes manual				■		■	
Accesorios de instalación y de conexionado							
Bornes				■		■	
Pletinas y espaciadores, espaciadores monobloc				■		■	
Cubrebornes y cubretornillos				■		■	
Separadores de fases				■		■	
Marco embellecedor				■		■	
Dimensiones y pesos							
Dimensiones L×H×P (mm)		3/4 polos		140×136×86			
Peso aproximado (kg)		3 polos		2			
		4 polos		2,2			

Tabla H2-7-014: *características Interpact INS.*

INS250-200		INS250		INS320		INS400		INS500		INS630	
3,4		3,4		3,4		3,4		3,4		3,4	
200		320		125		160		100		160	
750		750		750		750		750		750	
8		8		8		8		8		8	
690		690		690		690		690		690	
250		250		250		250		250		250	
AC22A	AC23A	AC22A	AC23A	AC22A	AC23A	AC22A	AC23A	AC22A	AC23A	AC22A	AC23A
200	200	250	250	320	320	400	400	500	500	630	630
200	200	250	250	320	320	400	400	500	500	630	630
200	200	250	250	320	320	400	400	500	500	630	630
200	200	250	250	320	320	400	400	500	500	630	630
200	200	250	250	320	320	400	400	500	500	630	630
DC22A	DC23A	DC22A	DC23A	DC22A	DC2EA	DC22A	DC23A	DC22A	DC23A	DC22A	DC23A
200	200	250	250	320	320	400	400	500	500	630	630
200	200	250	250	320	320	400	400	500	500	630	630
■		■		■		■		■		■	
Clase 120-60%		Clase 120-60%		Clase 120-60%		Clase 120-60%		Clase 120-60%		Clase 120-60%	
30		50		50		50		50		50	
330		330		330		330		330		330	
8.500		8.500		20.000		20 000		20 000		20.000	
4.900		4.900		11.500		15.000		15.000		11.500	
2.200		2.200		4.900		4.900		4.900		4.900	
1.800		1.800		4.000		4.000		4.000		4.000	
■		■		■		■		■		■	
15.000		15.000		10.000		10.000		10.000		10.000	
1.500		1.500		1.500		1.500		1.500		1.500	
1.500		1.500		1.500		1.500		1.500		1.500	
1.500		1.500		1.500		1.500		1.500		1.500	
1.500		1.500		1.500		1.500		1.500		1.500	
1.500		1.500		1.500		1.500		1.500		1.500	
1.500		1.500		1.500		1.500		1.500		1.000	
Sí		Sí		Sí		Sí		Sí		Sí	
III		III		III		III		III		III	
■		■		■		■		■		■	
■		■		■		■		■		■	
■		■		■		■		■		■	
■		■		■		■		■		■	
■		■		■		■		■		■	
■ (2)		■ (2)		■		■		■		■	
–		–		–		–		–		–	
–		–		–		–		–		–	
■		■		■		■		■		■	
■		■		–		–		–		–	
■		■		■		■		■		■	
■		■		■		■		■		■	
■		■		■		■		■		■	
■		■		■		■		■		■	
■		■		■		■		■		■	
■		■		■		■		■		■	
■		■		■		■		■		■	
				185 × 205 × 120							
				4,6							
				4,9							

(1) Adecuado para 480 V NEMA. (2) Montaje con kit de adaptación para mando rotativo directo.

Interruptores-seccionadores Interpact INV e IN							INV100			INV160
Número de polos							3,4			3,4
Características eléctricas según CEI 60947-1/60947-3 y EN 60947-1/60947-3										
Intensidad térmica convencional (A)	I_{th}	A 60 °C					100			160
Tensión asignada de aislamiento (V)	U_i	CA 50/60 Hz					750			750
Tensión soportada al impulso (kV)	U_{imp}						8			8
Tensión asignada de empleo (V)	U_e	CA 50/60 Hz					690			690
		CC					250			250
Intensidad asignada de empleo (A)	I_e	CA	50/60 Hz				AC21A	AC22A	AC23A	AC21A
			220-240 V				100	100	100	160
			380-415 V				100	100	100	160
			440-480 V (1)				100	100	100	160
			500 V				100	100	100	160
			660-690 V				100	100	80	160
		CC					DC22A	DC23A	DC22A	DC23A
			125 V (2P serie)				100	100	100	160
			250 V (4P serie)				100	100	100	160
Servicios asignados		Servicio ininterrumpido					■			■
		Servicio intermitente					Clase 120-60%			Clase
Poder de cierre en cortocircuito	I_{cm} (kA_{cresta})	Mín. (interruptor solo)					30			30
		Máx. (con protección aguas arriba por interruptor automático)					330			330
Intensidad de corta duración admisible I_{cw} (A eff.)		1 s					8.500			8.500
		3 s					4.900			4.900
		20 s					2.200			2.200
		30 s					1.800			1.800
Aptitud al seccionamiento							■			■
Endurancia (categoría A) (ciclos CA)		Mecánica					15.000			15.000
		Eléct. CA	AC21A 500 V				1.500			1.000
			AC22A 500 V				1.500			1.000
			AC22A 690 V				–			–
			AC23B 440 V				300			200
			AC23B 500 V				300			200
			AC23B 690 V				–			–
		Eléct. CC	DC23A 250 V				1.500			1.000
			DC23B 250V				300			200
Corte plenamente aparente							Sí			Sí
Grado de contaminación							III			III
Instalación y conexionado										
Fijo		Anterior					■			■
		Posterior					■			■
Auxiliares de señalización y de medida										
Contactos auxiliares							■			■
Indicador de presencia de tensión							■			■
Bloque transformadores de intensidad							■			■
Bloque amperímetro							■ (2)			■ (2)
Bloque vigilancia de aislamiento							–			–
Auxiliares de mando										
Bobinas auxiliares y mando eléctrico							–			–
Mando rotativo	Frontal directo y prolongado						■			■
	Lateral directo y prolongado						■			■
Enclavamiento por candados							■			■
Inversor de redes manual							■			■
Accesorios de instalación y de conexionado										
Bornes							■			■
Pletinas y espaciadores							■			■
Cubrebornes y cubretornillos							■			■
Separadores de fases							■			■
Marco embellecedor							■			■
Dimensiones y pesos										
Dimensiones L × H × P (mm)		3/4 polos					140 × 136 × 86			
Peso aproximado (kg)		3 polos					2			
		4 polos					2,2			

Tabla H2-7-015: *características Interpact INV e IN.*

		INV200			INV250			INS320			INS400		
		3,4			3,4			3,4			3,4		
		200			250			320			400		
		750			750			750			750		
		8			8			8			8		
		690			690			690			690		
		250			250			250			250		
AC22A	AC23A	AC21A	AC22A	AC23A	AC21A	AC22A	AC23A	AC21A	AC22A	AC23A	AC21A	AC22A	AC23A
160	160	200	200	200	250	250	250	320	320	320	400	400	400
160	160	200	200	200	250	250	250	320	320	320	400	400	400
160	160	200	200	200	250	250	250	320	320	320	400	400	400
160	160	200	200	100	250	250	100	320	320	160	400	400	200
160	160	200	–	–	250	–	–	320	–	–	400	–	–
DC22A	DC23A	DC22A	DC23A	DC22A	DC21A	DC22A	DC23A	DC22A	DC23A	DC22A	DC21A	DC22A	DC23A
200	200	200	200	200	250	250	200	320	320	320	400	400	400
200	200	200	200	200	250	250	200	320	320	320	400	400	400
		■			■			■			■		
120-60%		Clase 120-60%			Clase 120-60%			Clase 120-60%			Clase 120-60%		
		30			30			50			50		
		330			330			330			330		
		8.500			8.500			20.000			20.000		
		4.900			4.900			11.500			11.500		
		2.200			2.200			4.900			4.900		
		1.800			1.800			4.000			4.000		
		■			■			■			■		
		15.000			15.000			10.000			10.000		
		1.000			1.000			1.000			1.000		
		1.000			1.000			1.000			1.000		
		–			–			–			–		
		200			200			200			200		
		200			200			200			200		
		–			–			–			–		
		1.000			1.000			1.000			1.000		
		200			200			200			200		
		Sí			Sí			Sí			Sí		
		III			III			III			III		
		■			■			■			■		
		■			■			■			■		
		■			■			■			■		
		■			■			■			■		
		■			■			■			■		
		■ (2)			■ (2)			■			■		
		–			–			–			–		
		–			–			–			–		
		■			■			■			■		
		■			■			–			–		
		■			■			■			■		
		■			■			■			■		
		■			■			■			■		
		■			■			■			■		
		■			■			■			■		
		■			■			■			■		
		■			■			■			■		
								185 × 205 × 120					
								4,6					
								4,9					

Interruptores-seccionadores Interpact INV e IN (continuación)				**INV500**			
Número de polos				3,4			3,4
Características eléctricas según CEI 60947-1/60947-3 y EN 60947-1/60947-3							
Intensidad térmica convencional (A)	I_{th}	A 60 °C		500			630
Tensión asignada de aislamiento (V)	U_i	CA 50/60 Hz		750			750
Tensión soportada al impulso (kV)	U_{imp}			8			8
Tensión asignada de empleo (V)	U_e	CA 50/60 Hz		690			690
		CC		250			250
Intensidad asignada de empleo (A)	I_e	CA	50/60 Hz	AC21A	AC22A	AC23A	AC21A
			220-240 V	500	500	500	630
			380-415 V	500	500	500	630
			440-480 V(1)	500	500	500	630
			500 V	500	500	220	630
			660-690 V	500	–	–	630
		CC		DC22A	DC23A	DC22A	DC23A
			125 V (2P serie)	500	500	500	630
			250 V (4P serie)	500	500	500	630
Servicios asignados		Servicio ininterrumpido		■			■
		Servicio intermitente		Clase 120-60%			Clase
Poder de cierre en cortocircuito	I_{cm} (kA_{cresta})	Mín. (interruptor solo)		50			50
		Máx. (con protección aguas arriba por interruptor automático)		330			330
Intensidad de corta duración admisible I_{cw} (A eff.)		1 s		20.000			20.000
		3 s		11.500			11.500
		20 s		4.900			4.900
		30 s		4.000			4.000
Aptitud al seccionamiento				■			■
Endurancia (categoría A) (ciclos CA)		Mecánica		10.000			10.000
		Eléct. CA	AC21A 500 V	1.000			1.000
			AC22A 500 V	1.000			1.000
			AC22A 690 V	–			–
			AC23B 440 V	200			200
			AC23B 500 V	200			200
			AC23B 690 V	–			–
		Eléct. CC	DC23A 250 V	1.000			1.000
			DC23B 250V	200			200
Corte plenamente aparente				Sí			Sí
Grado de contaminación				III			III
Instalación y conexionado							
Fijo		Anterior		■			■
		Posterior		■			■
Auxiliares de señalización y de medida							
Contactos auxiliares				■			■
Indicador de presencia de tensión				■			■
Bloque transformadores de intensidad				■			■
Bloque amperímetro				■			■
Bloque vigilancia de aislamiento				–			–
Auxiliares de mando							
Bobinas auxiliares y mando eléctrico				–			–
Mando rotativo	Frontal directo y prolongado			■			■
	Lateral directo y prolongado			–			–
Enclavamiento por candados				■			■
Inversor de redes manual				■			■
Accesorios de instalación y de conexionado							
Bornes				■			■
Pletinas y espaciadores				■			■
Cubrebornes y cubretornillos y separadores de fases				■			■
Marco embellecedor				■			■
Dimensiones y pesos							
Dimensiones L×H×P (mm)		3/4 polos		185×205×120			
Peso aproximado (kg)		3 polos		4,6			4,6
		4 polos		4,9			4,9

Tabla H2-7-015: *características Interpact INV e IN (continuación).*

INV630			IN1000			IN1600			IN2500		
			3,4			3,4			3,4		
			1.000			1.600 (a 50 °C)(3)			2.500		
			690			690			690		
			8			8			8		
			690			690			690		
			250			250			250		
AC22A	AC23A		AC21A	AC22A		AC21A	AC22A		AC21A	AC22A	
630	500		1.000	1.000		1.600	1.600		2.500	2.500	
630	500		1.000	(2)1.000		1.600	(2)1.600		2.500	2.500	
630	500		1.000	800		1.600	1 200		2.500	–	
630	250		1.000	800		1.600	1 200		2.500	–	
–	–		1.000	–		1.600	–		2.500	–	
DC22A	DC23A			DC22A	DC23A	DC22A	DC23A			DC22A	DC23A
630	500			1.000	1.000		1.600	1.600		2.500	–
630	500			1.000	1.000		1.600	1.600		2.500	–
120-60%											
			75			75			50		
			176			105			330		
			35.000			35.000			20.000		
			20.000			20.500			11.500		
			7.800			7.800			4.900		
			■			■			■		
			3.000			3.000			10.000		
		AC22A 500 V	500			500			500		
		AC22A 690 V	500			500			500		
		AC23A 440 V	–			–			–		
		AC23A 500 V	–			–			–		
			500			500			500		
			–			–			–		
			Sí			Sí			Sí		
			III			III			III		
		Sobre carril	–			–			–		
		Sobre panel	■			■			■		
			■			■			■		
			–			–			–		
			–			–			–		
			–			–			–		
			–			–			–		
			–			–			–		
			–			–			–		
			–			–			–		
			■			■			■		
			■			■			■		
			■			■			■		
			■			■			■		
			■			■			■		
			–			–			–		
		3P	340×300×118						340×440×200		
		4P	410×300×118						410×440×200		
			12			15			35		
			15			18			45		

(1) Adecuado para 480 V NEMA. (2) Montaje con kit de adaptación para mando rotativo directo.

7.3. Enclavamientos

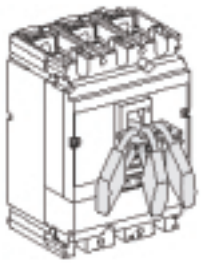
Enclavamientos para los seccionadores e interruptores automáticos de carril simétrico

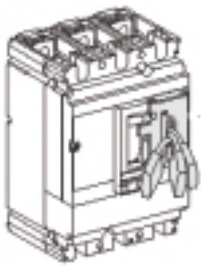
Dispositivo de enclavamiento para candado:
- ■ Dispositivo de enclavamiento C60 y DPN.
- ■ Dispositivo de enclavamiento C120.

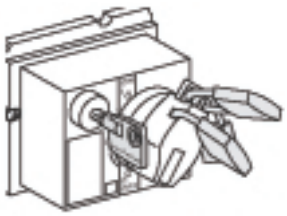
Dispositivo de enclavamiento para los NG
Permite enclavar:
- ■ En posición I u O los interruptores automáticos NG125 1P o 2P.
- ■ En posición I los interruptores automáticos NG125 3P o 4P.
- ■ Los interruptores automáticos NG125 3P/4P están equipados de fábrica con el enclavamiento para posición O (seccionado).
- ■ Candado de ∅ 5 a 8 mm (no suministrado).

Enclavamientos para los seccionadores e interruptores automáticos Compact NS

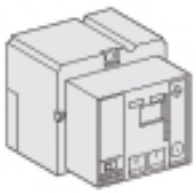
Enclavamientos para Compact NS100 a NS250:
- ■ Enclavamiento de la empuñadura para 1 a 3 candados:
- □ Por dispositivo removible. □ Por dispositivo fijo.







- ■ Enclavamiento del mando rotativo.
- □ Cerradura (dispositivo de adaptación no incluido).
- – Ronis 1351B.500.
- – Profalux KS5 B24 D4Z.
- ■ Enclavamiento del mando eléctrico:
- □ Dispositivo de adaptación de la cerradura + cerradura Ronis (especial).

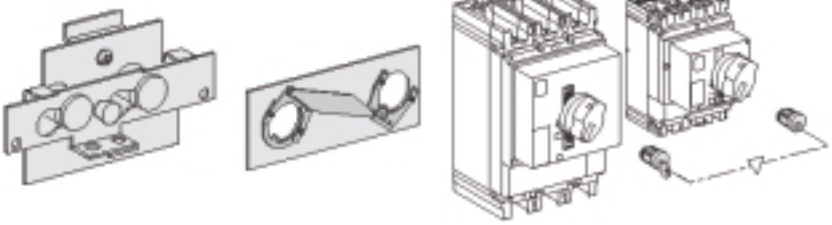


Interenclavamientos:
- ■ Interenclavamiento mecánico para interruptores automáticos:
- □ Con mando por empuñadura.
- □ Con mando rotativo.
- ■ Interenclavamiento por llave (2 cerradura /1 llave) para mandos rotativos (1).

Dispositivo de adaptación de la cerradura (cerradura no incluida).
- □ 1 lote de 2 cerraduras (1 sola llave):
- – Ronis 1351B.500.
- – Profalux KS5 B24 D4Z.

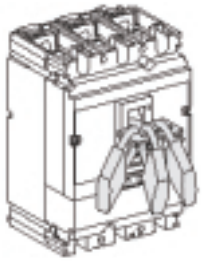
(1) Para un solo aparato.

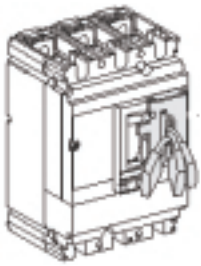
Función seccionable con corte visible:
Ver capítulo “Interpact INV (corte visible)” y los accesorios asociados función corte visible asociada a un Compact NS en versión fija tomas anteriores/posteriores.



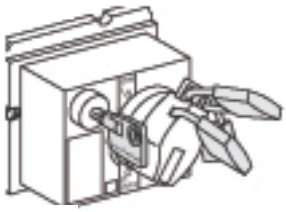
Enclavamientos para Compact NS400 a NS630

Enclavamiento:
■ Enclavamiento de la empuñadura por 1 a 3 candados:
□ Por dispositivo removible.
□ Por dispositivo fijo.

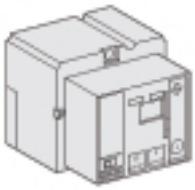




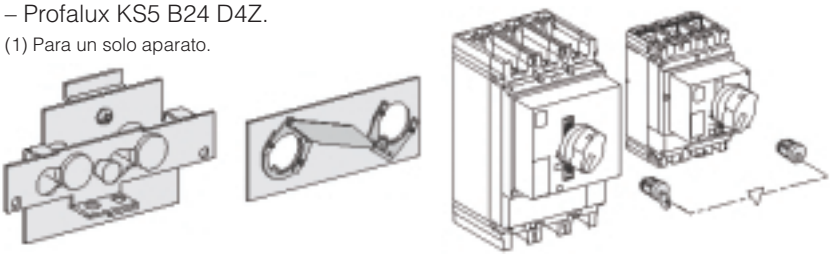
■ Enclavamiento del mando rotativo.
Dispositivo de adaptación de la cerradura (cerradura no suministrada).
□ Cerradura:
– Ronis 1351B.500.
– Profalux KS5 B24 D4Z.



■ Enclavamiento del mando eléctrico.
Dispositivo de adaptación de la cerradura (cerradura no suministrada).
□ Cerradura:
– Ronis 1351B.500.
– Profalux KS5 B24 D4Z.

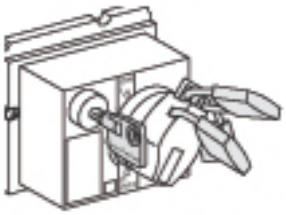


Interenclavamiento:
■ Interenclavamiento mecánico para interruptores automáticos:
□ Por mando por empuñadura.
□ Por mando rotativo.
■ Interenclavamiento por llave (2 cerraduras/1llave) para mandos rotativos (1).
□ 1 lote de 2 cerraduras (1 sola llave):
– Ronis 1351B.500.
– Profalux KS5 B24 D4Z.
(1) Para un solo aparato.



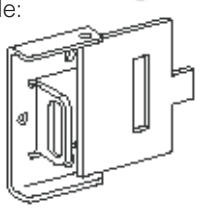
Compact NSB160E

Accesorios:
■ Enclavamiento por cerraduras:
□ Cerraduras:
– Ronis 1351.500.
– Profalux KS5 B24 D4Z.
□ Contacto de señalización:
– 1 avanzado a la apertura.
– 2 avanzados al cierre.
■ **Enclavamientos:**
■ Enclavamiento de la empuñadura por 3 candados:
– Removible.
– Fijo.



Compact NSB630b a NS1600

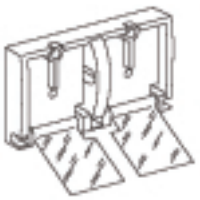
Enclavamientos para aparato con mando manual:
■ Enclavamiento de la empuñadura por dispositivo removible:
□ Enclavamiento por 3 candados.



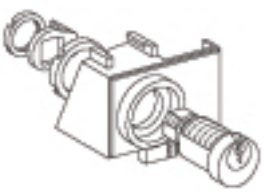
■ Enclavamiento de la empuñadura por dispositivo fijo:
□ Enclavamiento por 3 candados.

Mandos rotativos para aparato con mando manual:
■ Interenclavamiento mecánico:
□ Para 2 aparatos con mando rotativo directo.

Enclavamientos y accesorios para aparato con mando eléctrico:
■ Enclavamiento de los botones pulsadores:
□ Por pantalla transparente fija.
□ Por candados.



■ Enclavamiento del aparato en posición “abierto” por candados y cerradura:
□ Profalux:
– 1 cerradura.
– 1 cerradura + 1 cerradura perfil idéntico.
□ Ronis:
– 1 cerradura.
– 1 cerradura + 1 cerradura perfil idéntico.
□ Adaptación sólo para cerradura Ronis o Profalux:
– Para cerradura Kirk.
– Para cerradura Castell.



Compact CM de 1250 a 3200 A

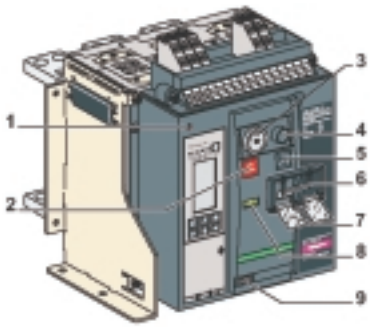
Accesorios de precintado
Tapa transparente precintable para bloque de relés ST-CM.

Dispositivo de enclavamiento:

■ Para Compact CM por 3 candados (no incluidos)
+ 1 cerradura Profalux B24D4Z.
+ 1 cerradura Ronis 1351B.
■ Para Visucompact CM por 1 cerradura Profalux B24D4Z.
por 1 cerradura Ronis 1351B.
Enclavamiento de puerta.

Masterpact NT y NW

1 Reset de señalización mecánica de disparo.
2 Botón de apertura.
3 Enclavamiento posición “abierto”.
4 Botón de cierre eléctrico.
5 Botón de cierre.
6 Testigo de posición de los muelles.
7 Protección de los botones pulsadores.
8 Testigo de posición de los contactos principales.
9 Contador de maniobras.



Protección de los botones pulsadores

Esta pantalla transparente impide el accionamiento de los botones pulsadores de apertura y cierre del aparato.
El dispositivo permite enclavar independientemente el botón de apertura o de cierre. Suelen estar asociados a un mando eléctrico.
El enclavamiento se puede realizar con:
■ 3 candados (no suministrados).
■ Precinto.
■ 2 tornillos.

Enclavamiento del aparato en posición “abierto”

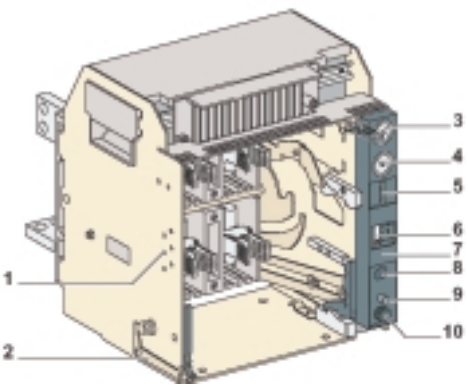
El interruptor automático está enclavado en posición “abierto” por bloqueo del botón-pulsador de apertura en posición presionado:
■ Por candado: 1 a 3 candados (no suministrados).
■ Por cerraduras: 1 o 2 cerraduras diferentes suministradas.
Las cerraduras son de llave prisionera, que queda libre después del enclavamiento, de tipo Profalux o Ronis, y se proponen las opciones siguientes:

■ 1 cerradura simple.
■ 1 cerradura simple montada sobre el aparato + 1 idéntica entregada por separado para un interenclavamiento con otro aparato.
■ 2 cerraduras diferentes para un doble enclavamiento.
Las cerraduras Ronis y Profalux son compatibles entre ellas.
Un kit de adaptación permite la instalación de 1 o 2 cerraduras (Ronis, Profalux, Castell o Kirk) no suministradas.

Compatibilidad de los accesorios		
	NT06/16	NW08/63
Protección de los botones pulsadores	3 candados	3 candados
Enclavamiento del aparato en posición "abierto"	3 candados o 1 cerradura	3 candados y/o 2 cerraduras

Tabla H2-7-016: *compatibilidad de los accesorios en los interruptores Masterpact.*

1 Dispositivo antierror.
2 Enclavamiento de puerta aparato "enchufado".
3 Enclavamiento de enchufado puerta abierta.
4 Enclavamiento por cerraduras.
5 Enclavamiento por candados.
6 Indicador de posición.
7 Tapa del chasis accesible puerta cuadro cerrado.
8 Acoplamiento de la manivela.
9 Botón de accionamiento.
10 Ubicación de la manivela.



Enclavamiento en posición "desenchufado"

Montados sobre el chasis y accesibles con la puerta cerrada, estos enclavamientos permiten el enclavamiento del interruptor automático en posición desenchufado según 2 variantes:
■ En estándar, por candado: 1 a 3 candados (no suministrados).
■ En opción, por cerradura: posibilidad de 1 o 2 cerraduras diferentes.
Las opciones existentes (tipo Profalux o Ronis) son las siguientes:
■ 1 cerradura.
■ 2 cerraduras diferentes para un doble enclavamiento.
■ 1 o 2 cerraduras montadas sobre el chasis + 1 o 2 idénticas, entregadas por separado para un interenclavamiento con otro aparato.
Un kit de adaptación permite la instalación de 1 o 2 cerraduras (Ronis, Profalux, Castell o Kirk) no suministrado.

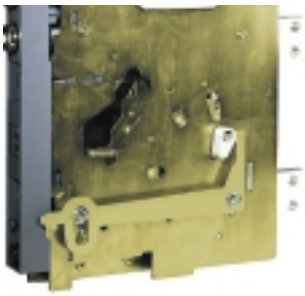
Enclavamiento en posición "enchufado", "desenchufado", "test"

Las posiciones "enchufado", "desenchufado" y "test" son identificadas por un testigo. La posición exacta se alcanza cuando la manivela queda bloqueada.
Un botón de accionamiento permite el desenclavamiento.

Bajo demanda, los enclavamientos en posición “desenchufado” pueden ser modificados para manipular el interruptor automático en las posiciones de “enchufado”, “desenchufado” y “test”.

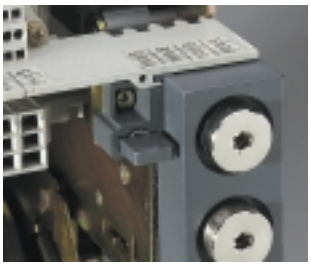
Enclavamiento de puerta aparato enchufado

Montado a la derecha o a la izquierda del chasis, este enclavamiento impide la total apertura de la puerta del cuadro cuando el interruptor está en posición “enchufado” o en “test”. Si la introducción del aparato se ha efectuado con la puerta abierta es posible volver a cerrar sin desenchufar el aparato.



Enclavamiento de enchufado puerta abierta

Este enclavamiento impide la inserción de la manivela cuando la puerta del cuadro está abierta.



Interenclavamiento BPO - acceso manivela

Esta opción obliga a mantener pulsado el botón-pulsador de apertura para insertar la manivela y mantener abierto el aparato, con la manivela insertada.

Desarme automático a la extracción

Esta opción descarga la energía acumulada de los muelles al extraer el aparato fuera del chasis.

Dispositivo antierror

El dispositivo antierror impide la introducción del interruptor automático en otro chasis. Está formado por dos piezas (1 para el chasis y 1 para el interruptor automático) que permiten la realización de 20 combinaciones diferentes a elegir por el usuario.

7.4. Auxiliares de mando y control

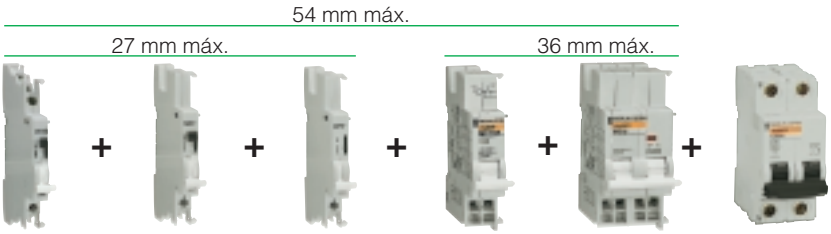
Aparamenta multi 9

Principales aplicaciones

Permiten el disparo o la señalización a distancia de los interruptores, con o sin bloque Vigi (en el caso de los magnetotérmicos C60 y C120).

Descripción:

■ Fijación por clips (sin herramientas) a la izquierda del interruptor con un máximo de 54 mm.
■ Compatibles con los bloques Vigi (adaptables en el lateral derecho).
■ 3 auxiliares de señalización máximo para el mismo interruptor.
■ 2 auxiliares conmutables máximo para el mismo interruptor.
■ 2 auxiliares de disparo MX+OF o MN máximo para el mismo interruptor.
■ 1 auxiliar de disparo MN S máximo para el mismo interruptor .



Contacto conmutable OF+SD/OF

Contacto señalización del defecto SD

Contacto auxiliar OF

Auxiliar MX+OF o MN

Auxiliar MN S o MNx o MSU

Interruptor C60/C120 IDe I-NA DPN N DPN N Vigi "si"

Disparo a distancia

Bobina de emisión MX+OF

Provoca el disparo del interruptor al cual está asociado al recibir tensión:
■ Equipado con un contacto inversor O+F para:
□ Señalizar la posición del interruptor.
□ Realizar un autocorte permitiendo dejar el circuito de mando bajo tensión.

Bobinas de mínima tensión MN y MNx

Provoca el disparo del interruptor al cual está asociado cuando la tensión desciende entre 70 y 35 % de Un.
Versión MNx que actúa sólo por acción voluntaria sobre pulsador normalmente cerrado y no dispara por bajada o pérdida de la alimentación auxiliar.

Bobina de mínima tensión retardada MNs

Temporización de 0,2 segundos: evita los disparos por microcortes o por bajada de tensión momentánea.

MSU

Módulo de detección de sobretensiones permanentes entre fase/s y neutro monofásico y trifásico debido a un corte de neutro, etc.
Provoca el disparo del automático o el diferencial al detectar sobretensiones permanentes entre fase y neutro superiores a valores entre 285 y 310 VCA.

Características

Conforme la norma UNE-EN 60947-2.

Señalización a distancia

Contacto abierto-cerrado OF:

■ Contacto inversor que señala la posición "abierto" o "cerrado" del interruptor.

■ Botón de test en la cara frontal que permite verificar el circuito de señalización sin necesidad de maniobrar con el interruptor.

Consumo de las bobinas			
Tipo	Tensión (V CA o CC)		Potencia (W o VA)
MX+OF	415 V CA		Alimentación 120
	220...240 V	CA	Alimentación 50
	110...130 V	CA	Alimentación 200
		CC	Alimentación 10
	48 V	CA	Alimentación 22
		CC	Alimentación 12
	24 V	CA	Alimentación 120
		CC	Alimentación 120
	12 V	CA	Alimentación 20
		CC	Alimentación 20
MN	220...240 V	CA	Mantenimiento 4,1
	48 V	CA	Mantenimiento 4,3
		CC	Mantenimiento 2,0
MN S	220...240 V	CA	Mantenimiento 4,1

Tabla H2-7-017: *consumos de las bobinas de los accesorios.*

Contacto señalización de defecto SD:

■ Contacto inversor que señala la posición “disparo” del interruptor.
■ Visualización de defecto (SD) en la cara frontal por un visualizador mecánico.
■ Botón de test en la cara frontal que permite verificar el circuito de señalización sin necesidad de maniobrar con el interruptor.

Contacto conmutable OF+SD/OF:

■ Contacto inversor doble que señala:
□ La posición “abierto” o “cerrado” del interruptor (OF).
□ La posición “disparo” del interruptor (SD).
■ 2 circuitos:
□ Superior: OF.
□ Inferior: SD u OF.
■ Rigen la función con un conmutador rotativo situado en el lateral derecho.
■ La función seleccionada queda indicada en la cara delantera.
■ Visualización de defecto (SD) en la cara delantera mediante un indicador mecánico de color rojo.
■ Botón de test en la cara frontal que permite verificar el circuito de señalización sin necesidad de maniobrar con el interruptor.
■ Para poder acoplar cualquiera de estos auxiliares al ID es necesario acoplar primero un contacto OF especial denominado OFS.

Características

Conforme la norma UNE-EN 60947-5.

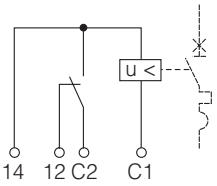
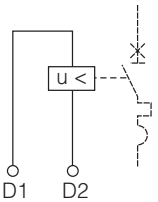
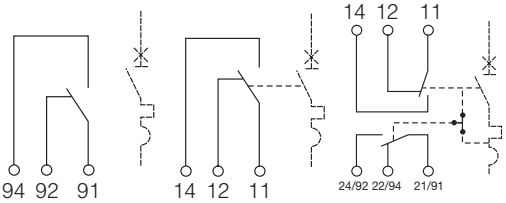
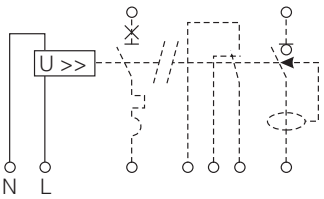
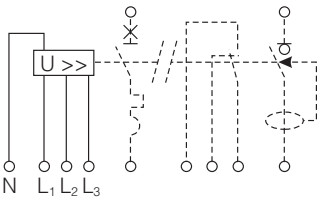
Intensidad nominal de los contactos auxiliares	
Tensión (V CA o CC)	Corriente nominal (A)
415 V CA	3
⩽ 240 V CA	6
130 V CC	1
⩽ 48 V CC	2
⩽ 24 V CC	6

Tabla H2-7-018: *intensidades de los contactos auxiliares para los multi 9 C60 - C120.*

Conexión:

- Bornes para 1 o 2 cables de 2,5 mm² máximo.
- Identificación visible de los bornes.

Esquemas de los auxiliares eléctricos para los Multi 9 C60 - C120

Tipo	Tensión de mando (V CA)	(V CC)	Ancho en pasos de 9 mm
Bobina de emisión MX + OF			
	220...415	110...130	2
	48...130	48	2
	24	24	2
	12	12	2
Bobinas de mínima tensión MN y MN [S]			
Instantánea	220...240		2
	48		2
		48	2
Retardada [S]	220...240		4
Contactos SD, OF , OFs, OF+SD/OF			
	SD		2
	OF		1
	OFS		1
	OFS+SD/OF		2
Módulo de detección de sobretensiones permanentes MSU			
1P+N	220...240		4
			
3P+N	380...415		4
			

H2
7

Bobina de disparo de accionamiento voluntario MNx

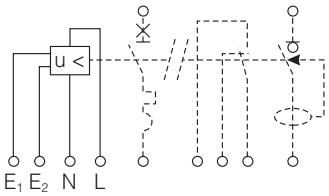
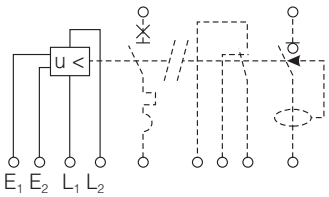
1P+N	220...240	4
		
3P+N	380...415	4
		

Fig. H2-7-019: *Esquemas de los auxiliares eléctricos para los Multi 9 C60 - C120.*

Auxiliares eléctricos para interruptores automáticos NG125 y bloques Vigi NG125

De conformidad a las normas

UNE-EN 60947-5-1 y UNE-EN 60947-2.

Funciones:

- Los auxiliares eléctricos realizan las funciones de disparo o señalización a distancia de los interruptores automáticos NG125 y de los bloques Vigi NG125.
- SD, OF y OF de MX: conformes a la norma UNE-EN 60947-5-1.
- MX, MN, MN S y MXV: conformes a la norma UNE-EN 60947-2.
- Endurancia eléctrica 10.000 ciclos (AC 15):
  - U_i: aislamiento de clase 2 v: 690 V.
  - U_{imp}: 8 kV.
  - Grado de contaminación: 3.

Descripción:

Contactos auxiliares	Bobinas de disparo	Interruptor automático	Bloque diferencial
2 OF+OF	MX + OF	NG125	Vigi NG125
2 OF+SD	MN		
2 OF+OF/SD	MN S		

Bobinas de emisión MX+OF, MXV

Provocan el disparo del interruptor automático (MX+OF) o del bloque Vigi (MXV) al que están asociadas cuando se ponen bajo tensión.
La bobina MX+OF está equipada con un contacto para autocorte de alimentación.

Bobina de mínima tensión MN
Provoca el disparo del interruptor automático al que está asociada cuando la tensión disminuye entre el 70 % y el 35 %.
Además, impide que el interruptor automático vuelva a cerrarse hasta que no se restablece la tensión de alimentación (ejemplo: pulsador de corte de emergencia).
La bobina MN está aceptada por la norma CEI 60064-8 como dispositivo para el paro de emergencia a seguridad positiva.

Bobina de mínima tensión MN S:
■ Retardada.
Bobina de mínima tensión que controla la apertura del interruptor automático al que está asociada. No le afectan los microcortes ni las bajadas de tensión (temporización de 0,24 s).

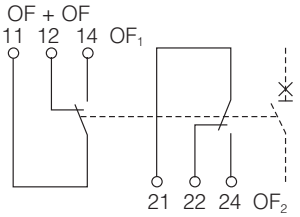
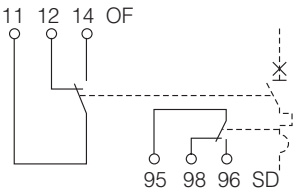
Contactos OF+OF, OF+SD, OF+OF/SD, SDV
Señalización a distancia de la posición “abierto” o “cerrado” (OF) y de defecto de interruptor automático (SD) o bloque Vigi (SDV).

Señalización de prealarma.
Luminosa y por contacto libre de tensión, integrada en los bloques Vigi regulables de 300 a 3.000 mA, de tipo I/S/R.

Utilización con:
■ Interruptor automático: MN, MN S, MX+OF, OF+OF, OF+SD.
■ Bloque Vigi: MXV, SDV enchufables en la parte superior de todos los de calibre 125 A y en los I/S/R de calibre ⩽ 63 A.

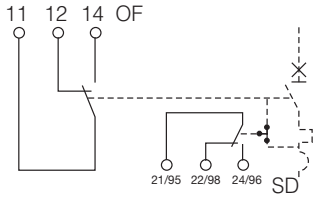
Conexión:
■ Borne para:
□ 1 o 2 cables flexibles o rígidos de 2,5 mm².
□ 2 terminales sin aislar de 2,5 mm².
□ 2 terminales aislados de 1,5 mm².
□ 2 terminales de horquilla de 1,5 mm².

Esquemas

Tipo	Tensión (V CA)	(V CC)	Ancho en pasos de 9 mm
Doble contacto auxiliar de señalización abierto-cerrado			
OF + OF 	220...240 (6 A)		1
Contacto auxiliar de señalización de disparo por defecto y abierto-cerrado			
OF + SD 	220...240 (6 A)		1

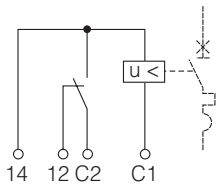
Doble contacto auxiliar de conmutable
OF + OF/SD

240 (6 A) | 1



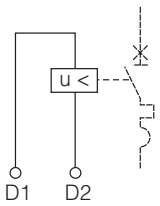
Bobina de emisión MX + OF

220...415	110...130	2
48...130	48	2
24	24	2
12	12	2



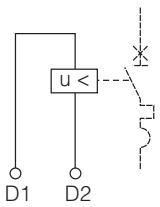
Bobinas de mínima tensión MN

220...240		2
48		2
	48	2



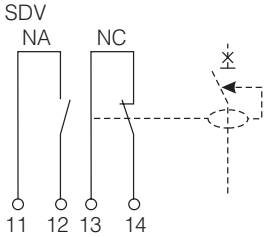
Bobina de mínima tensión retardada MN S

220...240



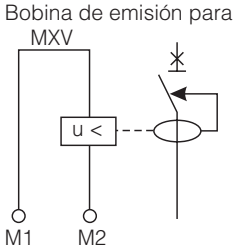
Contacto de señalización de defecto para bloque Vigi
SDV

250 (0,1 a 2 A) NA
250 (0,1 a 2 A) NC



Bobina de emisión para bloque Vigi

110...240



Nota: entrada de alta impedancia. Utilizar un ACTP, ref. 15919, si la corriente de fuga del elemento de mando es superior a 1 mA.
(*) Tensión asignada impulsional: 6 kV.
La posición de los contactos OF, SD y SDV representada en los esquemas corresponde a los aparatos NG125 o Vigi NG125 abiertos y no disparados.

Fig. H2-7-020: *esquemas de los auxiliares eléctricos para los NG125 y Vigi NG125.*

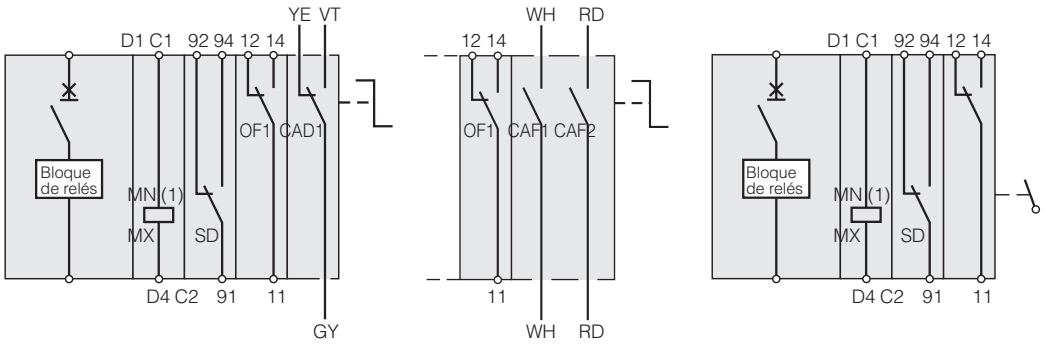
Esquemas de control, señalización y mando de los interruptores automáticos de caja moldeada

Contactos de señalización

Esquema representando circuitos “sin tensión”, todos los aparatos “abiertos” y los relés en posición de “reposo”.

Compact NS80-H-MA y Compact NSA160:

■ Con OF1 y CAO1. ■ Con OF1 y CAF1/CAF2. ■ Con OF1 (sólo NSA160).



(1) MN o MX (MN: D1, D4; MX: C1, C2).

Fig. H2-7-021: *esquemas contactos de señalización NS80-H-MA y NSA160.*

■ Con MX. ■ Con MN.

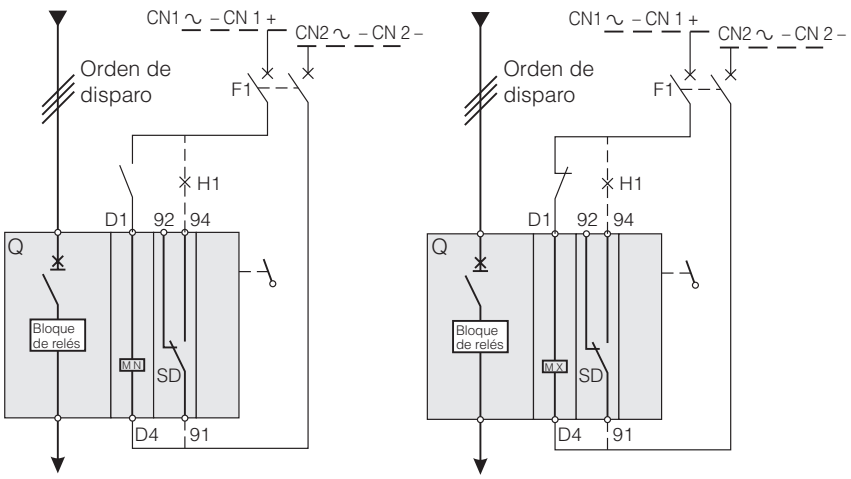


Fig. H2-7-022: *esquemas conexión bobinas MX y MN.*

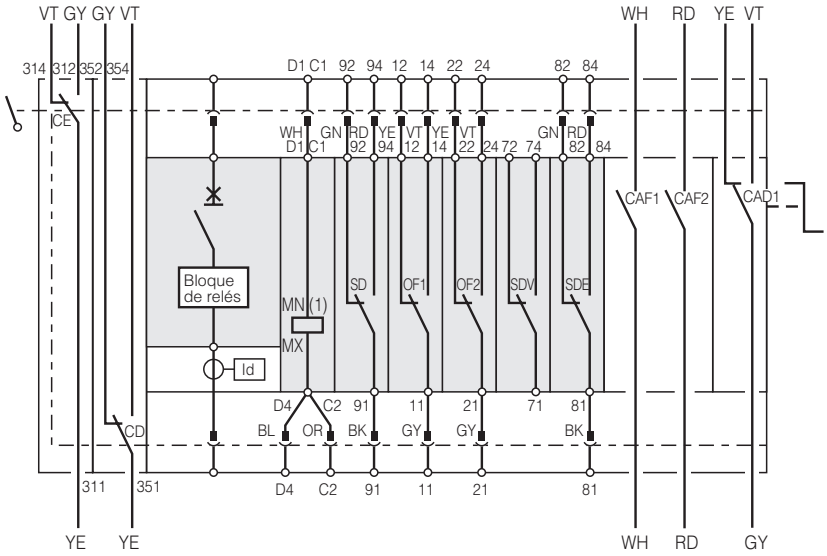
Símbolos

Q Interruptor automático Compact NS.
SD Contacto de señalización de disparo.
OF Contacto de señalización de la posición de los polos.
MN Bobina de disparo a mínima tensión.
MX Bobina de disparo a emisión de corriente.
CAO Contacto avanzado a la apertura del mando rotativo.
CAF Contacto avanzado al cierre del mando rotativo.
XI Borne accesorio de cableado del CAF (no suministrado: al realizar el pedido).
F1 Interruptor automático de protección de la MN/MX.
H1 Lámpara de señalización - posición disparado.

Código de colores del cableado auxiliar
RD Rojo.
GN Verde.
BK Negro.
BL Azul.
WH Blanco.

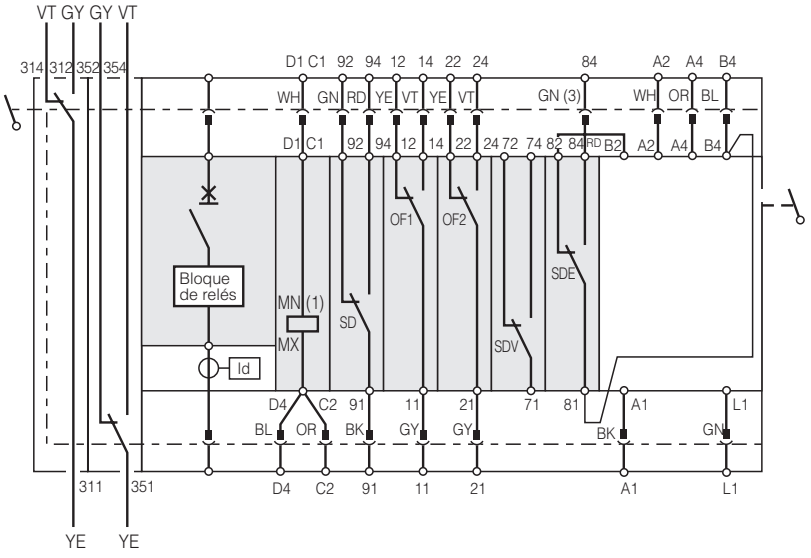
Compact NSA160 a 250:

■ Interruptor automático con mando manual.



(1) MN o MX (MN: D1, D4; MX: C1, C2).
(2) En versión extraíble, el "SDV" y el "OF2" pueden instalarse en el aparato pero sólo uno puede conectarse a los bloques de desenchufado.

■ Interruptor automático con mando eléctrico.



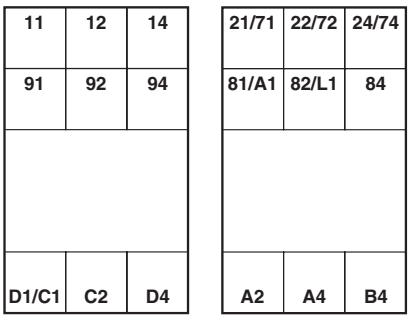
(1) MN o MX (MN: D1, D4; MX: C1, C2).
(2) En versión extraíble, el "SDV" y el "OF2" pueden ser instalados en el aparato pero sólo uno puede estar conectado a los bloques de desenchufado.
(3) Cables de conexión incluidos, a cablear forzosamente con el fin de asegurar un correcto funcionamiento.

Fig. H2-7-023: *esquemas mandos manuales y mandos eléctricos para Compact NSA160 a 250.*

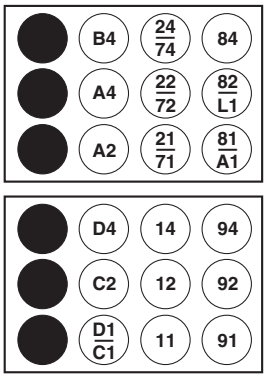
Conexión del cableado de los auxiliares para aparatos extraíbles:

■ Conexión sobre el bloque de cableado de auxiliares (sección de los cables 0,75 a 2,5 mm²).

■ Toma desconectable (sección de los cables 0,75 a 2,5 mm²).



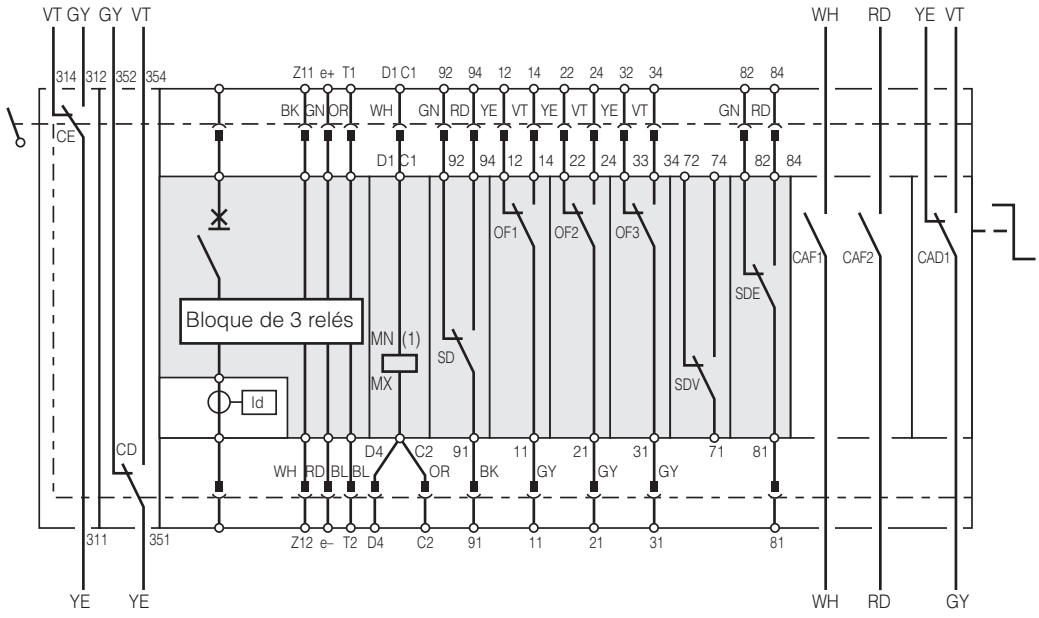
Bloque fijo para cableado de auxiliares (vista de frente / fondo de zócalo)



Tomas fijas (vista posterior)

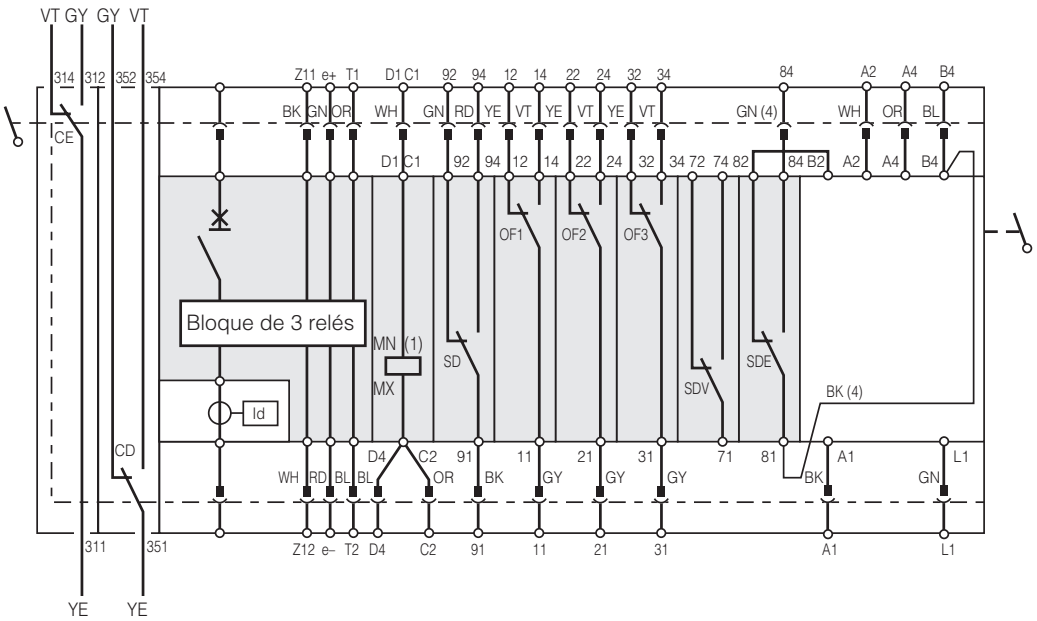
Compact NSA400 a 630:

■ Interruptor automático con mando manual.



(1) MN o MX (MN: D1, D4; MX: C1, C2).
(2) En versión extraíble, el "SDV" y el "OF2" pueden instalarse en el aparato pero sólo uno puede conectarse a los bloques de desenchufado.
(3) Unicamente la unidad de control STR53UE dispone de las opciones.

■ Interruptor automático con mando eléctrico.



(1) MN o MX (MN: D1, D4; MX: C1, C2).
(2) En versión extraíble, el "SDV" y el "OF3" pueden instalarse en el aparato pero sólo uno puede conectarse en los bloques de desenchufado.
(3) Unicamente la unidad de control STR53UE dispone de las opciones.
(4) Cables de conexión incluidos, a cablear forzosamente con el fin de asegurar un correcto funcionamiento.

Fig. H2-7-024: *esquemas mandos manuales y mandos eléctricos para Compact NSA400 a 630.*

Símbolos

Q Interruptor automático Compact NS100 a NS250.
SD Contacto de señalización de disparo.
SDE Contacto de señalización de defecto eléctrico.
SDV Contacto de señalización de defecto de aislamiento.
OF Contactos de señalización de la posicion de los polos.
MN Bobina de disparo de mínima tensión.
MX Bobina de disparo a emisión de corriente.
MT Mando eléctrico.
CAF Contacto avanzado al cierre del mando rotativo.
CAO Contacto avanzado a la apertura del mando rotativo.
CE Contacto de señalización aparato enchufado.
CD Contacto de señalización aparato desenchufado.

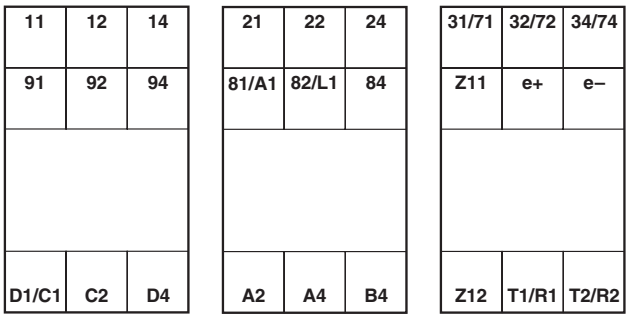
Código de colores del cableado auxiliar

RD Rojo.
GN Verde.
BK Negro.
VT Violeta.
YE Amarillo.
GY Gris.
BL Azul.
OR Naranja.
WH Blanco.

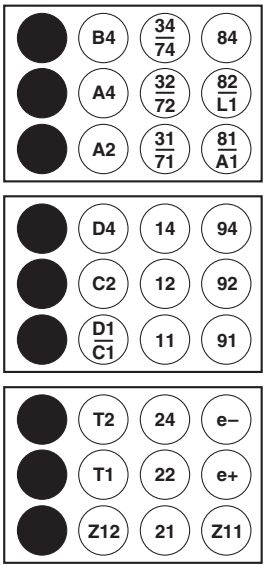
Conexión del cableado de los auxiliares para aparatos extraíbles:

■ Conexión sobre el bloque de cableado de auxiliares (sección de los cables 0,75 a 2,5 mm²).

■ Toma desconectable (sección de los cables 0,75 a 2,5 mm²).



Bloque fijo para cableado de auxiliares (vista de frente / fondo de zócalo)



Tomas fijas (vista posterior)

H2
7

Compact NS630b a 1600 aparatos fijos:

– Base.

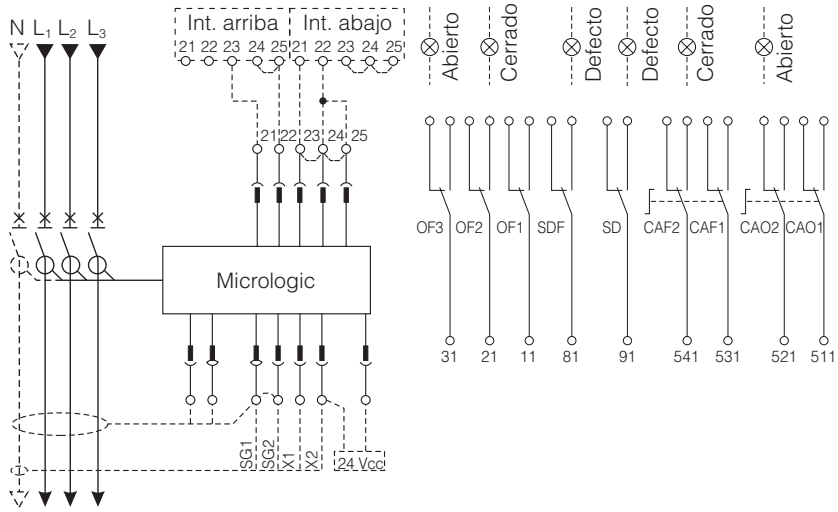
A: unidad de control.

■ E1-E6 comunicación
Z1-Z5 selectividad lógica
Z1 = ZSI SEÑAL OUT
Z2 = ZSI OUT
Z3 = ZSI SEÑAL IN
Z4 = ZSI IN ST (corto retardo)
Z5 = ZSI IN GF (defecto tierra)
M1 = cuadro sumador Vigi (Micrologic 7).

■ T1, T2, T3, T4 = neutro exterior
M2, M3 = cuadro sumador Vigi (Micrologic 7).

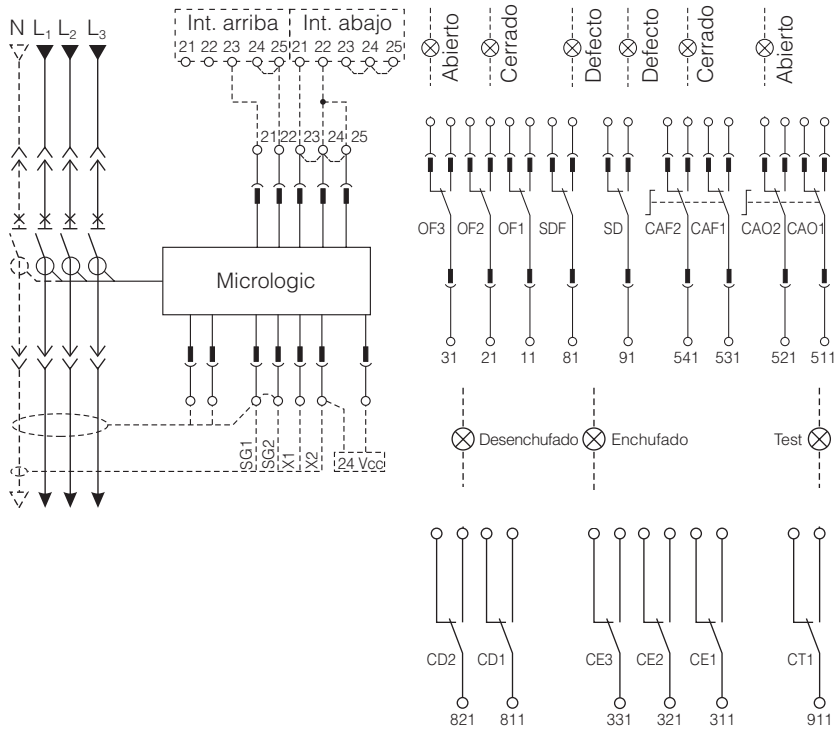
■ F2+, F1– alimentación 24 V CC exterior.

– Unidad de control Micrologic de base.
A: amperímetro numérico
■ Potencia ■ Unidad de control ■ Contactos de señalización



OF3/OF2/OF1: Contactos de posición “abierto/cerrado” del aparato.
SDE: Contactos de señalización de defecto eléctrico (cortocircuito, sobrecarga, diferencial).
SD: Contacto de señalización de disparo (únicamente mando manual).
CAF2/CAF1: Contacto avanzado al cierre (únicamente mando manual rotativo).
CAO2/CAO1: Contactos avanzados a la apertura (únicamente mando manual giratorio).

Compact NS630b a 1600 aparatos seccionables:
■ Potencia ■ Unidad de control ■ Contactos de señalización



– Base.

A: unidad de control

- Com: E1-E6 comunicación
- UC1: Z1-Z5 selectividad lógica
  - Z1 = ZSI SEÑAL OUT
  - Z2 = ZSI OUT
  - Z3 = ZSI SEÑAL IN
  - Z4 = ZSI IN ST (corto retardo)
  - Z5 = ZSI IN GF (defecto tierra)
  - M1 = cuadro sumador Vigi (Micrologic 7).
- UC2: T1, T2, T3, T4 = neutro exterior
  - M2, M3 = cuadro sumador Vigi (Micrologic 7).
- UC3: F2+, F1– alimentación 24 V CC exterior.

Contactos de señalización

OF3/OF2/OF1: Contactos de posición "abierto/cerrado" del aparato.
SDE: Contactos de señalización de defecto eléctrico (cortocircuito, sobrecarga, diferencial).
SD: Contacto de señalización de disparo (únicamente mando manual).
CAF2/CAF1: Contacto avanzado al cierre (únicamente mando manual rotativo).
CAO2/CAO1: Contactos avanzados a la apertura (únicamente mando manual giratorio).

Contactos chasis

Contactos de posición desenchufado CD2 y CD1.
Conractos de posición enchufado CE3 - CE2 y CE1.
Contactos de posición test CTI.

Compact NS1600b a 3200 aparatos fijos:

■ Potencia ■ Unidad de control ■ Contactos de señalización

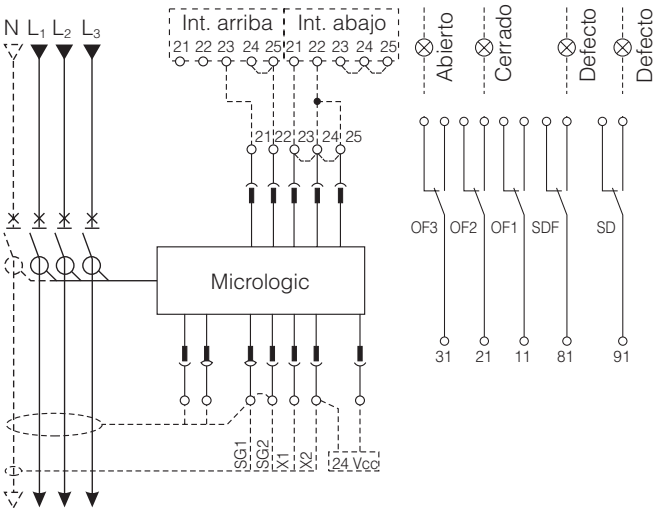


Fig. H2-7-025: *esquemas para los Compact representando circuitos "sin tensión", todos los aparatos "abiertos" y los relés en posición de "reposo".*

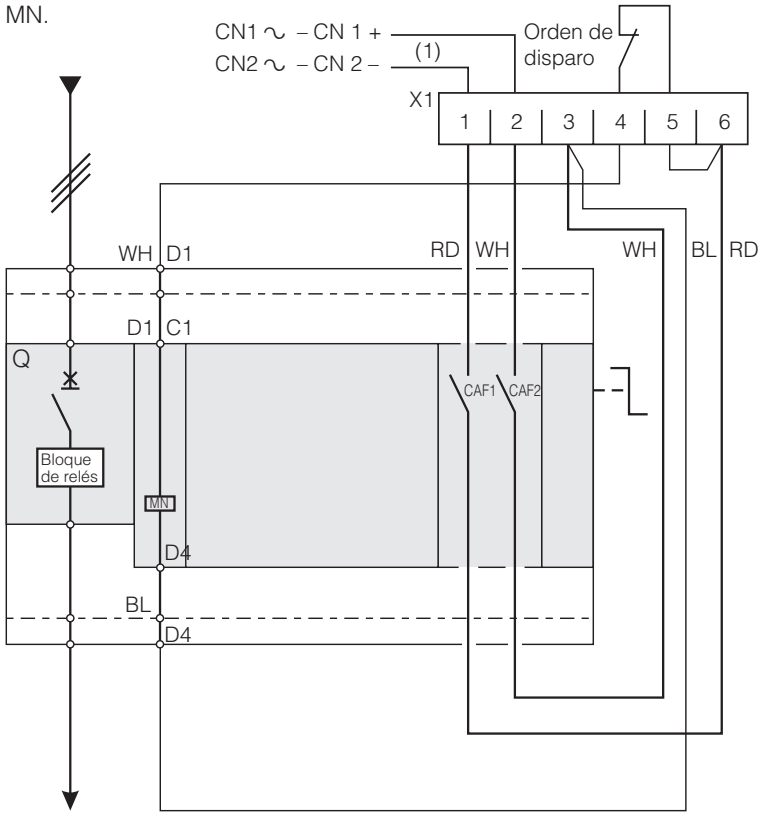
Contactos avanzados al cierre

Después del disparo por defecto eléctrico, el rearme se efectúa localmente de forma manual.

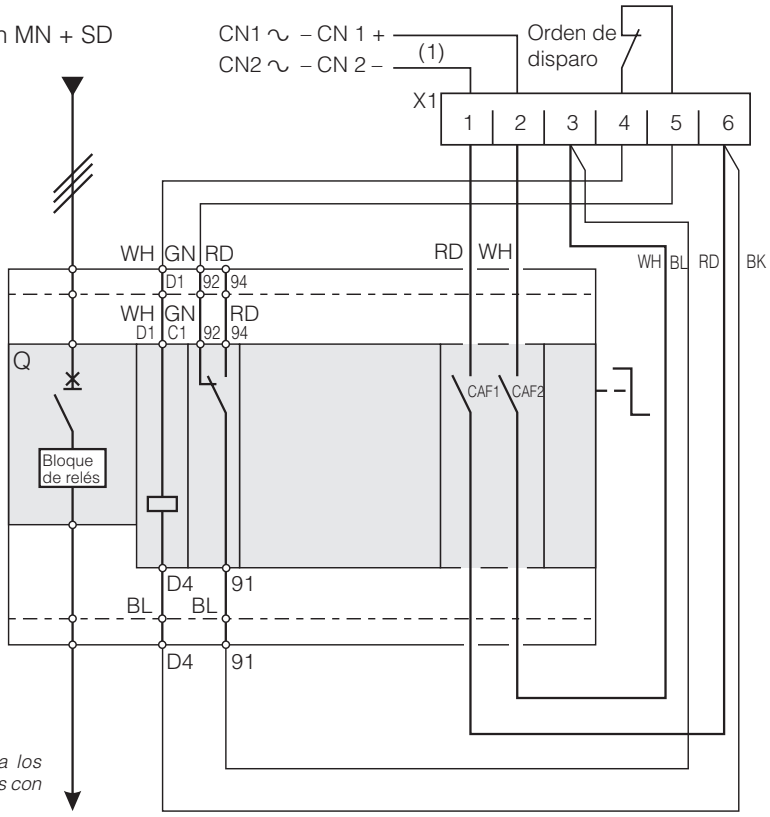
Compact NS80-H-MA, NS100 a 630

Atención: NS80H y NSC100 no son extraíbles: no se pueden utilizar las conexiones de auxiliares desenchufables. La conexión se hace directamente sobre el aparato.

■ Con MN.



■ Con MN + SD



(1) Red auxiliar independiente.

Fig. H2-7-026: *esquemas para los Compact representando circuitos con contactos adelantados al cierre.*

Interruptores automáticos Masterpact NT y NW

Contactos de señalización

Los contactos de señalización existen:

■ En versión estándar, una aplicación de conmutación.

■ En versión de bajo nivel para el mando de autómatas o circuitos electrónicos.

Los contactos M2C y M6C son programables desde la unidad de control Micrologic P y H.

Contactos de posición "abierto/cerrado" OF del aparato

2 tipos de contactos señalan la posición abierto o cerrado del interruptor automático:

■ Contactos inversores de tipo microrruptor para Masterpact NT.

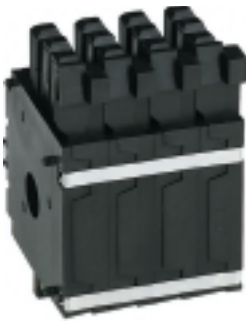
■ Contactos inversores de tipo rotativo de accionamiento directo por mecanismo para Masterpact NW.

El cambio de estado se produce cuando se alcanza la distancia mínima de seccionamiento de los contactos principales.

OF				NT	NW
Suministrado en estándar				4	4
Cantidad máx.				4	12
Poder de corte cos φ: 0,3 CA 12/CC 12	Estándar			Carga mínima: 10 mA/24 V	
		V CA	240/380	6	10/6*
			480	6	10/6*
			690	6	6
		V CC	24/48	2,5	10/6*
			125	0,5	10/6*
			250	0,3	3
	Bajo nivel			Carga mínima: 1 mA/4 V	
		V CA	24/48	5	6
			240	5	6
			380	5	3
		V CC	24/48	5/2,5	6
			125	0,5	6
			250	0,3	3

*Contactos estándar: 10 A, contactos opcionales: 6 A.

Contactos de posición OF tipo microrruptor



Contactos de posición OF tipo rotativo

Contactos "señal de defecto eléctrico" SDE suplementario

Contactos "señal de defecto eléctrico" SDE

Todo disparo sobre un defecto es señalizado por:

■ 1 testigo mecánico rojo de señalización de defecto (reset).

■ 1 contacto inversor (SDE).

Después del disparo, el rearme del testigo mecánico es obligatorio para autorizar el cierre del interruptor automático.

SDE				NT/NW
Suministrado en estándar				1
Cantidad máxima				2
Poder de corte cos φ: 0,3 CA 12/CC 12	Estándar			Carga mínima: 10 mA/24 V
		V CA	240/380	5
			480	5
			690	3
		V CC	24/48	3
			125	0,3
			250	0,15
	Bajo nivel			Carga mínima: 1 mA/4 V
		V CA	24/48	3
			240	3
			380	3
		V CC	24/48	3
			125	0,3
			250	0,15

Contactos combinados "enchufado/cerrado" EF

El contacto combinado asocia la información "aparato enchufado" y "aparato cerrado" que aporta la información "circuito cerrado".

EF			NW	
Cantidad máx.			8	
Poder de corte cos φ: 0,3 CA 12/CC 12	Estándar			Carga mínima: 10 mA/24 V
		V CA	240/380	6
			480	6
			690	6
		V CC	24/48	2,5
			125	0,8
			250	0,3
	Bajo nivel			Carga mínima: 1 mA/4 V
		V CA	24/48	5
			240	5
			380	5
		V CC	24/48	2,5
			125	0,8
			250	0,3

Contactos "enchufado", "desenchufado" y "test" de chasis

3 series de contactos auxiliares equipan en opción los chasis:

■ Contactos inversores para indicar la posición "enchufado" (CE).

■ Contactos inversores para indicar la posición "desenchufado" (CD). Esta posición se señala cuando se ha alcanzado la distancia mínima de seccionamiento de los circuitos de potencia y auxiliares.

■ Contactos inversores para indicar la posición "test" (CT). En estas posiciones, los circuitos de potencia están desconectados y los circuitos auxiliares conectados.

Accionadores suplementarios

Un conjunto de accionadores suplementarios pueden ser añadidos en el chasis para cambiar las funciones de los contactos de posición.

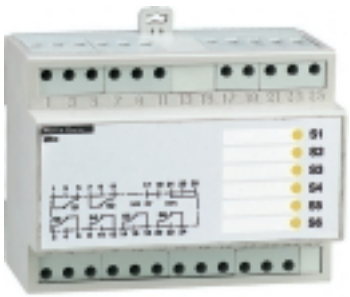
Suministrado en opción para Masterpact NW, debe estar asociado a un contacto OF suplementario y se coloca en el lugar de su conector.

Contactos CE/CD/CT				NT CE/CD/CT	NW CE/CD/CT
Cantidad máx.	En estándar con accionadores suplementarios			3 2 1	3 3 3
					9 0 0
					6 3 0
					6 0 3
Poder de corte cos φ: 0,3 CA 12/CC 12	Estándar			Carga mínima: 10 mA/24 V	
		V CA	240	8	8
			380	8	8
			480	8	8
			690	6	6
		V CC	24/48	2,5	2,5
			125	0,8	0,8
			250	0,3	0,3
	Bajo nivel			Carga mínima: 1 mA/4 V	
		V CA	24/48	5	5
			240	5	5
			380	5	5
		V CC	24/48	2,5	2,5
			125	0,8	0,8
			250	0,3	0,3

Contactos combinados

Contactos de chasis posición"enchufado/ desenchufado/test" CE, CD, CT

Contactos M2C: relés internos al interruptor con 2 contactos



Contactos M6C: relés externos al interruptor con 6 contactos inversores, independientes pilotados desde el interruptor por una conexión de 3 hilos

Contactos programables M2C, M6C

Estos contactos, asociables a las unidades de control Micrologic P y H, están programados desde la unidad por teclado o desde un sistema de supervisión con la opción de comunicación COM. Necesitan módulo de alimentación externa. Señalan:

■ El tipo de defecto.

■ Superación del umbral instantáneo o temporizado. Estos contactos pueden estar programados:

□ Con retorno al estado inicial.

□ Sin retorno al estado inicial.

□ Con retorno al estado inicial después de una temporización.

Características			M2C/M6C
Poder de corte	V CA	240	5
cos φ: 0,7		380	3
	V CC	24	1,8
		48	1,5
		125	0,4
		250	0,15

Consumo:

■ M2C: alimentación exterior 24 V CC, consumo 100 mA.

■ M6C: alimentación por unidad de control 24 V CC, consumo 100 mA.

Dos soluciones son posibles para realizar una maniobra a distancia en un Masterpact:

■ Una solución “contactos auxiliares”.

■ Una solución “bus” con la opción de comunicación “COM”.

El mando eléctrico permite la apertura y el cierre a distancia del interruptor automático. Está compuesto por:

■ Un motorreductor (MCH), equipado con un contacto fin de carrera (CH) “muelles cargados”.

■ De dos bobinas de disparo:

□ Un electroimán de cierre (XF).

□ Una bobina de emisión (MX).

En opción, puede estar completado por:

■ Un contacto “preparado para cerrar” PF.

■ Un botón de cierre eléctrico BPFE.

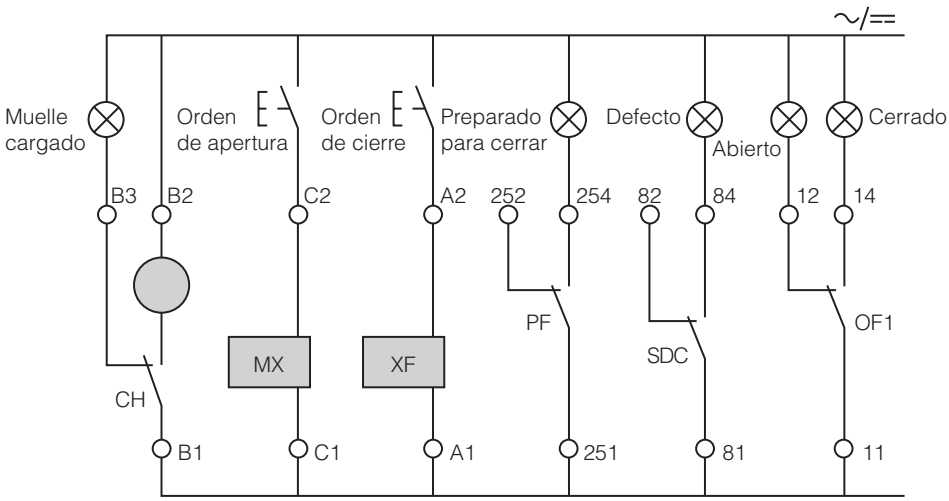
■ Un rearme a distancia después de defecto (reset).

Un mando eléctrico está asociado generalmente a:

■ Una señalización de posición OF del aparato.

■ Una señalización de defecto eléctrico SDE.

■ Esquema de cableado de un mando eléctrico “contactos auxiliares”.



Nota: en caso de órdenes simultáneas de apertura y cierre, el mecanismo se descarga en vacío sin movimiento de los contactos principales.

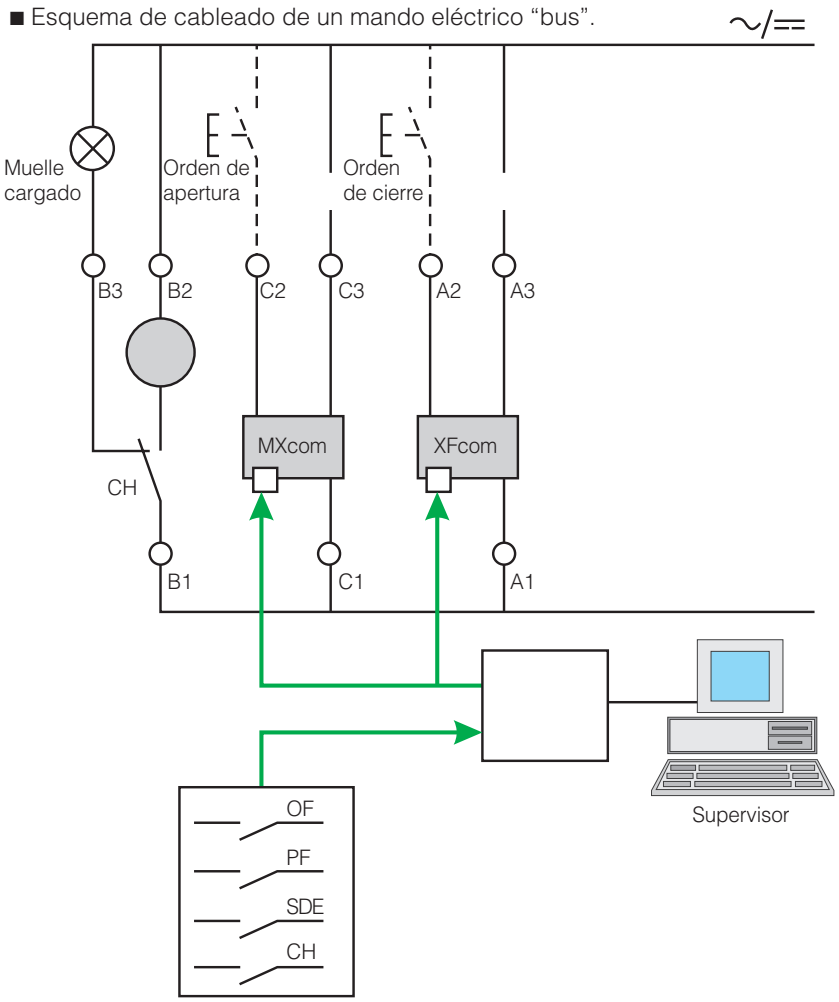
En caso de órdenes mantenidas de apertura y cierre, el mando eléctrico realiza en estándar la función de antibombeo, bloqueando el aparato en posición abierto.

Con un rearme automático después de defecto (RAR), es necesario realizar la función antibombeo sobre defecto manteniendo una orden eléctrica permanente de cierre.

La orden debe primero ser anulada para rearmar el aparato después de defecto.

Fig. H2-7-027: *esquema de cableado de un mando eléctrico “contactos auxiliares”.*

■ Esquema de cableado de un mando eléctrico “bus”.



Motorreductor MCH para Masterpact NT

Fig. H2-7-028: *esquema de cableado de un mando eléctrico “bus”.*

Motorreductor MCH para Masterpact NW

Motorreductor MCH

El motorreductor realiza el rearme automático de los muelles de acumulación de energía a partir del cierre del interruptor automático. Este mecanismo permite realizar un cierre instantáneo del aparato después de la apertura. La palanca de rearme sirve únicamente de mando de seguridad en caso de ausencia de tensión auxiliar.

El motorreductor MCH está equipado en estándar con un contacto “fin de carrera” CH. Este contacto señala la posición “cargados” del mecanismo (muelles cargados).

Características		
Alimentación	V CA 50/60 Hz	48/60 - 100/130 - 200/240 - 277 - 380/415 - 400/440 - 480
	V CC	24/30 - 48/60 - 100/125 - 200/250
Umbral de funcionamiento		0,85 a 1,1 U_n
Consumo (VA o W)		180
Sobreintensidad motor		2 a 3 I_n durante 0,1 s
Tiempo de rearme		3 s máx. para Masterpact NT
		4 s máx. para Masterpact NW
Cadencia de maniobras		3 ciclos máx. por minuto
Contacto CH		10 A a 240 V

Bobinas de disparo XF y MF

Bobinas de disparo (XF y MX):

■ Electroimán de cierre (XF).

Provoca el cierre a distancia del interruptor cuando el mando está cargado.

■ Bobina de emisión (MX).

Provoca la apertura instantánea del interruptor automático a partir de su alimentación. Puede alimentarse permanentemente o por impulso.

Características	XF	MX
Alimentación V CA 50/60 Hz	24 - 48 - 100/130 - 200/250 - 240/27 - 380/480 - 500/550	
V CC	12 - 24/30 - 48/60 - 100/130 - 200/250	
Umbral de funcionamiento	0,85 a 1,1 U_n	0,7 a 1,1 U_n
Consumo (VA o W)	A la llamada: 200	A la llamada: 200
	Mantenida: 4,5	Mantenida: 4,5
Tiempo de respuesta	55 ms ± 10	50 ms ± 10
Int. automático a U_n	70 ms ± 10 (< 4.000 A)	
	80 ms ± 10 (> 4.000 A)	

Contacto "preparado para cerrar" (PF)

La posición "preparado para cerrar" del interruptor automático se señaliza por un testigo mecánico y un contacto inversor PF. Esta información indica simultáneamente que:

■ El interruptor automático está abierto.

■ Los muelles de acumulación de energía están cargados.

■ No hay ninguna orden permanente de cierre.

■ No hay ninguna orden permanente de apertura:

□ MX alimentado.

□ Disparo por defecto.

□ Mando de apertura de seguridad (2.ª MX o MN).

□ Aparato no enchufado completamente.

□ Aparato enclavado en posición abierto.

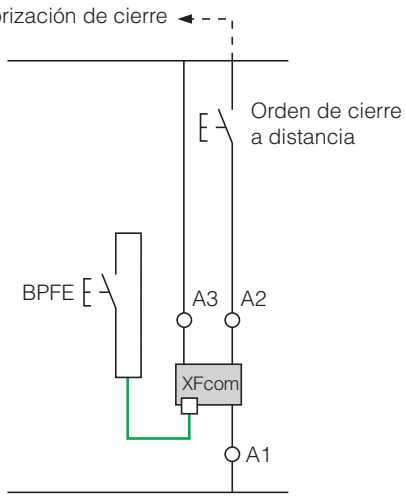
□ Aparato interenclavado con otro.

Características				NT/NW
Suministrado en estándar				1
Cantidad máx.				1
Poder de corte cos φ: 0,3 CA 12/CC 12	Estándar			Carga mínima: 10 mA/24 V
		V CA	240/380	5
			480	5
			690	3
		V CC	24/48	3
			125	0,3
			250	0,15
	Bajo nivel			Carga mínima: 1 mA/4 V
		V CA	24/48	3
			240	3
			380	3
		V CC	24/48	3
			125	0,3
			250	0,15

Botón pulsador de cierre eléctrico (BPFE)

Situado sobre la cara delantera, este botón pulsador realiza el cierre eléctrico del interruptor automático. Está asociado generalmente a la pantalla transparente de mando de acceso al botón pulsador de cierre.

El cierre eléctrico por el BPFE tiene en cuenta el conjunto de normas de seguridad asociadas al esquema eléctrico de control y mando de la instalación.
El BPFE se conecta al electroimán XF en el lugar del módulo de comunicación COM.

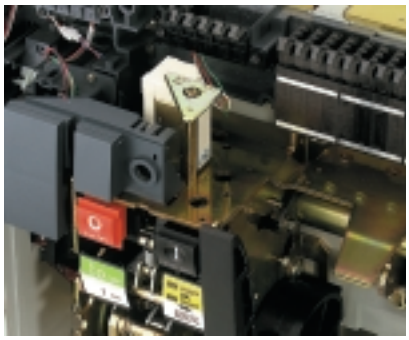


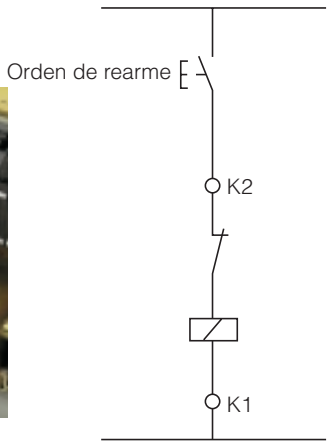
Botón pulsador de cierre BPFE con pantalla transparente

Rearme a distancia después de defecto:

■ Rearme eléctrico después de defecto (RES).

Después del disparo, el rearme eléctrico permite la conmutación de los contactos "señal de defecto eléctrico" SDE, el rearme del testigo mecánico (reset) y autoriza el cierre del interruptor automático.
Alimentación: 110/130 V CA y 200/240 V CC.





■ Rearme automático después de defecto (RAR).

Después del disparo, el rearme del testigo mecánico (reset) no es obligatorio para autorizar el cierre del interruptor automático. Las señalizaciones mecánicas (reset) y eléctricas (SDE) quedan en posición de defecto. El botón "reset" permite anularlas.
Este mando provoca la apertura del interruptor automático por una orden eléctrica.
Está compuesto de:

□ Una bobina de emisión de corriente (2.ª MX).

□ Una bobina de mínima tensión (MN).
□ Una bobina de mínima tensión retardada (MN + temporizador).
El temporizador, ubicado en el exterior del interruptor automático, puede ser inhibido por un botón de emergencia para conseguir la apertura instantánea del interruptor automático.

Esquema de un cableado de un mando de apertura de seguridad

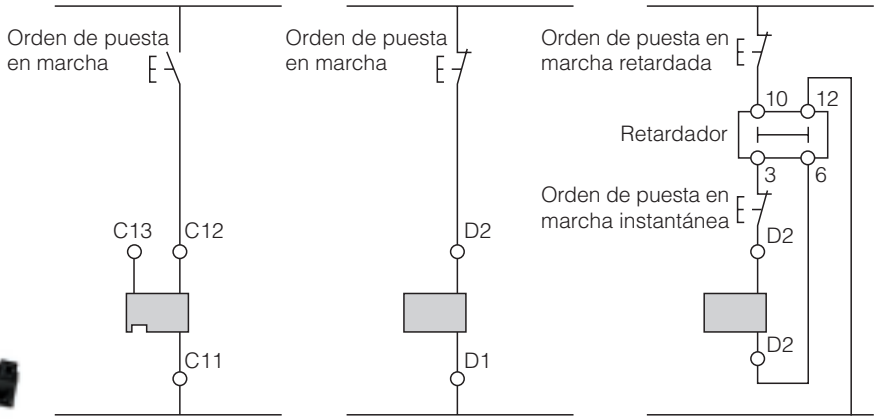


Fig. H2-7-029: *esquema de apertura de un mando de seguridad.*

Bobinas de disparo MX o MN

Bobina de disparo (2.ª MX)
Provoca la apertura instantánea del interruptor automático a partir de su alimentación. Una alimentación permanente de la 2.ª MX enclava el interruptor automático en posición "abierto".

Características	
Alimentación V CA 50/60 Hz	24/30 - 48/60 - 100/130 - 200/250 - 240/27 - 380/480 - 500/550
V CC	12 - 24/30 - 48/60 - 100/130 - 200/250
Umbral de funcionamiento	0,7 a 1,1 U_n
Consumo (VA o W)	A la llamada: 200
	Mantenida: 4,5
Tiempos de respuesta del interruptor a U_n	50 ms ± 10

Tabla H2-7-030: *características bobina de disparo (2.ª MX).*

Bobina de mínima tensión (MN)
Esta bobina provoca la apertura instantánea del interruptor automático cuando su tensión de alimentación desciende a un valor comprendido entre el 35 y el 70 % de su tensión nominal. Si la bobina no está alimentada, el cierre (manual o eléctrico) del interruptor automático es imposible. Ningún intento de cierre provoca el movimiento de los contactos principales. El cierre está autorizado cuando la tensión de alimentación de la bobina supera el 85 % de su tensión nominal.

Características	
Alimentación V CA 50/60 Hz	24 - 48 - 100/130 - 200/250 - 380/480 - 500/550
V CC	24/30 - 48/60 - 100/130 - 200/250
Umbral de apertura	0,35 a 0,7 U_n
Función cierre	0,85 U_n
Consumo (VA o W)	A la llamada: 20
Tiempo de respuesta del interruptor a U_n	40 ms ± 5 para NT
	90 ms ± 5 para NW

Tabla H2-7-031: *características bobina de mínima tensión (MN).*

Temporizadores para MN

Para eliminar los disparos del interruptor automático debido a bajadas de tensión intempestivas (microcortes), se temporiza el accionamiento de la MN. Esta función se realiza añadiendo un temporizador externo en el circuito de la bobina MN (existen dos versiones: regulable o no regulable).

Características		
Alimentación	No regulable	100/130 - 200/250
V CA 50-60 Hz/CC	Regulable	48/60 - 100/130 - 200/250 - 380/480
Umbral de funcionamiento	Apertura	0,35 a 0,7 U_n
	Cierre	0,85 U_n
Consumo (VA o W)		200
Tiempo de respuesta del interruptor a U_n	No regulable	0,25 s
	Regulable	0,5 s - 0,9 s - 1,5 s - 3 s

Tabla H2-7-032: *características temporizadores (MN).*

INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR ITC-BT-09

4. CUADROS DE PROTECCIÓN, MEDIDA Y CONTROL

Las líneas de alimentación a los puntos luz y de control, cuando existan, partirán desde un cuadro de protección y control; las líneas estarán protegidas individualmente, con corte omnipolar, en este cuadro, tanto contra sobreintensidades (sobrecargas y cortocircuitos), como contra corrientes de defecto a tierra y contra sobretensiones cuando los equipos instalados lo precisen. La intensidad de defecto, umbral de desconexión de los interruptores diferenciales, que podrán ser de reenganche automático, será como máximo de 300 mA y la resistencia de puesta a tierra, medida en la puesta en servicio de la instalación, será como máximo de 30 Ω. No obstante se admitirán interruptores diferenciales de intensidad máxima de 500 mA o 1 A, siempre que la resistencia de puesta a tierra medida en la puesta en servicio de la instalación sea inferior a 5 Ω y a 1 Ω, respectivamente.
Si el sistema de accionamiento del alumbrado se realiza con interruptores horarios o fotoeléctricos, se dispondrá además de un interruptor manual que permita el accionamiento del sistema, con independencia de los dispositivos citados.
La envolvente del cuadro, proporcionará un grado de protección mínima IP55 según UNE 20324 e IK 10 según UNE-EN 50102 y dispondrá de un sistema de cierre que permita el acceso exclusivo al mismo, del personal autorizado, con su puerta de acceso situada a una altura comprendida entre 2 m y 0,3 m. Los elementos de medidas estarán situados en un módulo independiente.
Las partes metálicas del cuadro irán conectadas a tierra.

8. EQUIPOS ELÉCTRICOS DE LOS PUNTOS DE LUZ

Podrán ser de tipo interior o exterior, y su instalación será la adecuada al tipo utilizado.
Los equipos eléctricos para montaje exterior poseerán un grado de protección mínima IP54, según UNE 20324 e IK 8 según UNE-EN 50102, e irán montados a una altura mínima de 2,5 m sobre el nivel del suelo, las entradas y salidas de cables serán por la parte inferior de la envolvente.
Cada punto luz deberá tener compensado individualmente el factor de potencia para que sea igual o superior a 0,90; asimismo deberá estar protegido contra sobreintensidades.

9. PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS

Las luminarias serán de Clase I o de Clase II.
Las partes metálicas accesibles de los soportes de luminarias estarán conectadas a tierra. Se excluyen de esta prescripción aquellas partes metálicas que, teniendo un doble aislamiento, no sean accesibles al público en general. Para el acceso al interior de las luminarias que estén instaladas a una altura inferior a 3 m sobre el suelo o en un espacio accesible al público, se requerirá el empleo

de útiles especiales. Todas las estructuras metálicas que estén a una distancia inferior a 2 m de las partes metálicas de la instalación de alumbrado exterior deberán estar unidas equipotencialmente entre sí. Será necesario comprobar si estos elementos metálicos pueden transferir tensiones peligrosas a puntos alejados (por ejemplo vallas metálicas), en cuyo caso deben tomarse las medidas adecuadas para evitarlo, mediante aislamiento de una de las partes simultáneamente accesibles, mediante juntas aislantes, mediante puestas a tierra separadas de las estructuras metálicas u otras medidas, si fuera necesario.
Cuando las luminarias sean de Clase I, deberán estar conectadas al punto de puesta a tierra del soporte, mediante cable unipolar aislado de tensión nominal 450 / 750 V con cubierta de color verde-amarillo y sección mínima 2,5 mm^2 en cobre.

INSTALACIONES DE ENLACE. CONTADORES: UBICACIÓN Y SISTEMAS DE INSTALACIÓN ITC-BT-16

3. CONCENTRACIÓN DE CONTADORES

Las concentraciones estarán formadas eléctricamente por las siguientes unidades funcionales:
– Unidad funcional de interruptor general de maniobra. Su misión es dejar fuera de servicio, en caso de necesidad, toda la concentración de contadores. Serán obligatorias para concentraciones de más de dos usuarios.
Esta unidad se instalará en una envolvente de doble aislamiento independiente, que contendrá un interruptor de corte omnipolar, de apertura en carga y que garantice que el neutro no sea cortado antes de los otros polos.
Se instalará entre la línea general de alimentación y el embarrado general de la concentración de contadores.
Cuando exista más de una línea general de alimentación se colocará un interruptor por cada una de ellas.
El interruptor será, como mínimo, de 160 A para previsiones de carga hasta 90 kW, y de 250 A para las superiores a ésta, hasta 150 kW.

INSTALACIONES DE ENLACE. DISPOSITIVOS GENERALES E INDIVIDUALES DE MANDO Y PROTECCIÓN. INTERRUPTOR DE CONTROL DE POTENCIA ITC-BT-17

1. DISPOSITIVOS GENERALES E INDIVIDUALES DE MANDO Y PROTECCIÓN. INTERRUPTOR DE CONTROL DE POTENCIA

1.1. Situación

Los dispositivos generales de mando y protección, se situarán lo más cerca posible del punto de entrada de la derivación individual en el local o vivienda del usuario. En

viviendas y en locales comerciales e industriales en los que proceda, se colocará una caja para el interruptor de control de potencia, inmediatamente antes de los demás dispositivos, en compartimiento independiente y precintable. Dicha caja se podrá colocar en el mismo cuadro donde se coloquen los dispositivos generales de mando y protección.
En viviendas, deberá preverse la situación de los dispositivos generales de mando y protección junto a la puerta de entrada y no podrá colocarse en dormitorios, baños, aseos, etc. En locales destinados a actividades industriales o comerciales, deberán situarse lo más próximo posible a una puerta de entrada de éstos.
Los dispositivos individuales de mando y protección de cada uno de los circuitos, que son el origen de la instalación interior, podrán instalarse en cuadros separado y en otros lugares.
En locales de uso común o de pública concurrencia, deberán tomarse las precauciones necesarias para que los dispositivos de mando y protección no sean accesibles al público en general.
La altura a la cual se situarán los dispositivos generales e individuales de mando y protección de los circuitos, medida desde el nivel del suelo, estará comprendida entre 1,4 y 2 m, para viviendas. En locales comerciales, la altura mínima será de 1 m desde el nivel del suelo.

1.2. Composición y características de los cuadros

Los dispositivos generales e individuales de mando y protección, cuya posición de servicio será vertical, se ubicarán en el interior de uno o varios cuadros de distribución de donde partirán los circuitos interiores.
Las envolventes de los cuadros se ajustarán a las normas UNE 20451 y UNE-EN 60439-3, con un grado de protección mínimo IP 30 según UNE 20324 e IK 07 según UNE-EN 50102. La envolvente para el interruptor de control de potencia será precintable y sus dimensiones estarán de acuerdo con el tipo de suministro y tarifa a aplicar. Sus características y tipo corresponderán a un modelo oficialmente aprobado.
Los dispositivos generales e individuales de mando y protección serán, como mínimo:

– Un interruptor general automático de corte omnipolar, que permita su accionamiento manual y que esté dotado de elementos de protección contra sobrecarga y cortocircuitos. Este interruptor será independiente del interruptor de control de potencia.
– Un interruptor diferencial general, destinado a la protección contra contactos indirectos de todos los circuitos; salvo que la protección contra contactos indirectos de efectúe mediante otros dispositivos de acuerdo con la ITC-BT-24.
– Dispositivos de corte omnipolar, destinados a la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de cada uno de los circuitos interiores de la vivienda o local.

– Dispositivos de protección contra sobretensiones, según ITC-BT-23, si fuese necesario.

Si por el tipo o carácter de la instalación se instalase un interruptor diferencial por cada circuito o grupo de circuitos, se podría prescindir del interruptor diferencial general, siempre que queden protegidos todos los circuitos.

En el caso de que se instale más de un interruptor diferencial en serie, existirá una selectividad entre ellos.

Según la tarifa a aplicar, el cuadro deberá prever la instalación de los mecanismos de control necesarios por exigencia de la aplicación de esa tarifa.

1.3. Características principales de los dispositivos de protección

El interruptor general automático de corte omnipolar tendrá poder de corte suficiente para la intensidad de cortocircuito que pueda producirse en el punto de su instalación, de 4.500 A como mínimo.

Los demás interruptores automáticos y diferenciales deberán resistir las corrientes de cortocircuito que puedan presentarse en el punto de su instalación. La sensibilidad de los interruptores diferenciales responderá a lo señalado en la Instrucción ITC-BT-24.

Los dispositivos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos de los circuitos interiores serán de corte omnipolar y tendrán los polos protegidos que corresponda al número de fases del circuito que protegen. Sus características de interrupción estarán de acuerdo con las corrientes admisibles de los conductores del circuito que protegen.

INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS. PRESCRIPCIONES GENERALES ITC-BT-19

2.4. Subdivisión de las instalaciones

Las instalaciones de subdividirán de forma que las perturbaciones originadas por averías que puedan producirse en un punto de ellas, afecten solamente a ciertas partes de la instalación, por ejemplo a un sector del edificio, a un piso, o a un solo local, etc., para lo cual los dispositivos de protección de cada circuito estarán adecuadamente coordinados y serán selectivos con los dispositivos generales de protección que les precedan.

Toda instalación se dividirá en varios circuitos, según las necesidades, a fin de:

– Evitar las interrupciones innecesarias de todo el circuito y limitar las consecuencias de un fallo.
– Facilitar las verificaciones, ensayos y mantenimientos.
– Evitar los riesgos que podría resultar del fallo de un solo circuito que pudiera dividirse, como por ejemplo si solo hay un circuito de alumbrado.

2.5. Equilibrado de cargas

Para que se mantenga el mayor equilibrio posible en la carga de los conductores que forman parte de una instalación, se procurará que aquella quede repartida entre sus fases o conductores polares.

2.6. Posibilidad de separación de la alimentación

Se podrán desconectar de la fuente de alimentación de energía, las siguientes instalaciones:

a) Toda instalación cuyo origen esté en una línea general de alimentación.

b) Toda instalación con origen en un cuadro de mando o de distribución.

Los dispositivos admitidos para esta desconexión, que garantizarán la separación omnipolar excepto en el neutro de las redes TN-C, son:

– Los cortacircuitos fusibles.

– Los seccionadores.

– Los interruptores con separación de contactos mayores de 3 mm o con un nivel de seguridad equivalente.

– Los bornes de conexión, sólo en caso de derivación de un circuito.

Los dispositivos de desconexión se situarán y actuarán en un mismo punto de la instalación, y cuando esta condición resulte de difícil cumplimiento, se colocarán instrucciones o avisos aclaratorios. Los dispositivos deberán ser accesibles y estarán dispuestos de forma que permitan la fácil identificación de la parte de la instalación que separan.

2.7. Posibilidad de conectar y desconectar en carga

Se instalarán dispositivos apropiados que permitan conectar y desconectar en carga en una sola maniobra, en:

a) Toda instalación interior o receptora en su origen, circuitos principales y cuadros secundarios. Podrán exceptuarse de esta prescripción los circuitos destinados a relojes, a rectificadores para instalaciones telefónicas cuya potencia nominal no exceda de 500 VA y los circuitos de mando o control, siempre que su desconexión impida cumplir alguna función importante para la seguridad de la instalación. Estos circuitos podrán desconectarse mediante dispositivos independientes del general de la instalación.

b) Cualquier receptor

c) Todo circuito auxiliar para mando o control, excepto los destinados a la tarificación de la energía.

d) Toda instalación de aparatos de elevación o transporte, en su conjunto.

e) Todo circuito de alimentación en baja tensión destinado a una instalación de tubos luminosos de descarga en alta tensión.

f) Toda instalación de locales que presenten riesgo de incendio o de explosión.

g) Las instalaciones a la intemperie.

h) Los circuitos con origen en cuadros de distribución.
i) Las instalaciones de acumuladores
j) Los circuitos de salida de generadores.

Los dispositivos admitidos para la conexión y desconexión en carga son:

– Los interruptores manuales.
– Los cortacircuitos fusibles de accionamiento manual, o cualquier otro sistema aislado que permita estas maniobras siempre que tenga poder de corte y de cierre adecuado e independiente del operador.
– Las clavijas de las tomas de corriente de intensidad nominal no superior a 16 A.

Deberán ser de corte omnipolar los dispositivos siguientes:

– Los situados en el cuadro general y secundarios de toda instalación interior o receptora.
– Los destinados a circuitos excepto en sistemas de distribución TN-C, en los que el corte del conductor neutro está prohibido y excepto en los TN-S en los que se pueda asegurar que el conductor neutro está al potencial de tierra.
– Los destinados a receptores cuya potencia sea superior a 1.000 W, salvo que prescripciones particulares admitan corte no omnipolar.
– Los situados en circuitos que alimenten a lámparas de descarga o autotransformadores.
– Los situados en circuitos que alimenten a instalaciones de tubos de descarga en alta tensión.

En los demás casos, los dispositivos podrán no ser corte omnipolar.

El conductor neutro o compensador no podrá ser interrumpido salvo cuando el corte se establezca por interruptores omnipolares.

2.8. Medidas de protección contra contactos directos o indirectos

Las instalaciones eléctricas se establecerán de forma que no supongan riesgo para las personas y los animales domésticos tanto en servicio normal como cuando puedan presentarse averías previsibles.

En relación con estos riesgos, las instalaciones deberán proyectarse y ejecutarse aplicando las medidas de protección necesarias contra los contactos directos e indirectos.

Estas medidas de protección son las señaladas en la Instrucción ITC-BT-24 y deberán cumplir lo indicado en la UNE 20460, parte 4-41 y parte 4-47.

INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS. PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES ITC-BT-22

Ver pág. H1/212.

INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS. PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES ITC-BT-23

Ver pág. H1/238.

INSTALACIONES INTERIORES EN VIVIENDAS. PRESCRIPCIONES GENERALES DE INSTALACION ITC-BT-26

1. ÁMBITO DE APLICACIÓN

Las prescripciones objeto de esta Instrucción son complementarias de las expuestas en la ITC-BT-19 y aplicables a las instalaciones interiores de las viviendas, así como en la medida que puede afectarles, a las de los locales comerciales, de oficinas y a las de cualquier otro local destinado a fines análogos.

5. CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN

El cuadro general de distribución estará de acuerdo con lo indicado en la ITC-BT-17.
En este mismo cuadro se dispondrán los bornes o pletinas para la conexión de los conductores de protección de la instalación interior con la derivación de la línea principal de tierra.
El instalador fijará de forma permanente sobre el cuadro de distribución una placa, impresa con caracteres indelebles, en la que conste su nombre o marca comercial, fecha en que se realizó la instalación, así como la intensidad asignada del interruptor general automático, que de acuerdo con lo señalado en las Instrucciones ITC-BT-10 e ITC-BT-25, corresponda la vivienda.

7.2. Condiciones generales

En la ejecución de las instalaciones interiores de las viviendas se deberá tener en cuenta:

– No se utilizará un mismo conductor neutro para varios circuitos.
– Todo conductor debe poder seccionarse en cualquier punto de la instalación en el que se realice una derivación del mismo, utilizando un dispositivo apropiado, tal como un borne o conexión, de forma que permita la separación completa de cada parte del circuito del resto de la instalación.
– Las formas de corriente en una misma habitación deben estar conectadas a la misma fase.
– Las cubiertas, tapas o envolventes, mandos y pulsadores de maniobra de aparatos tales como mecanismos, interruptores, bases, reguladores, etc., instalados en cocinas, cuartos de baño, secadores y, en general, en los

locales húmedos o mojados, así como en aquellos en que las paredes y suelos sean conductores, serán de material aislante.
– La instalación empotrada de estos aparatos se realizará utilizando cajas especiales para su empotramiento. Cuando estas cajas sean metálicas estarán aisladas interiormente o puestas a tierra.
– La instalación de estos aparatos en marcos metálicos podrá realizarse siempre que los aparatos utilizados estén concebidos de forma que no permitan la posible puesta bajo tensión del marco metálico, conectándose éste al sistema de tierras.
– La utilización de estos aparatos empotrados en bastidores o tabiques de madera u otro material aislante, cumplirá lo indicado en la ITC-BT-49.

INSTALACIONES EN LOCALES DE PÚBLICA CONCURRENCIA ITC-BT-28

4. PRESCRIPCIONES DE CARÁCTER GENERAL

Las instalaciones en los locales de pública concurrencia, cumplirán las condiciones de carácter general que a continuación se señalan.

a) El cuadro general de distribución deberá colocarse en el punto más próximo posible a la entrada de la acometida o derivación individual y se colocará junto o sobre él, los dispositivos de mando y protección establecidos en la instrucción ITC-BT-17. Cuando no sea posible la instalación del cuadro general en este punto, se instalará en dicho punto un dispositivo de mando y protección.

Del citado cuadro general saldrán las líneas que alimentan directamente los aparatos receptores o bien las líneas generales de distribución a las que se conectarán mediante cajas o a través de cuadros secundarios de distribución los distintos circuitos alimentadores. Los aparatos receptores que consuman más de 16 amperios se alimentarán directamente del cuadro general o desde los secundarios.

b) El cuadro general de distribución e, igualmente, los cuadros secundarios, se instalarán en lugares a los que no tenga acceso el público y que estarán separados de los locales donde exista un peligro acusado de incendio o de pánico (cabinas de proyección, escenarios, salas de público, escaparates, etc.), por medio de elementos a prueba de incendios y puertas no propagadoras del fuego. Los contadores podrán instalarse en otro lugar, de acuerdo con la empresa distribuidora de energía eléctrica, y siempre antes del cuadro general.

c) En el cuadro general de distribución o en los secundarios se dispondrán dispositivos de mando y protección para cada una de las líneas generales de distribución y las de alimentación directa a receptores. Cerca de cada uno de los interruptores del cuadro se colocará una placa indicadora del circuito al que pertenecen.

d) En las instalaciones para alumbrado de locales o dependencias donde se reúna público, el número de líneas secundarias y su disposición con relación al total de lámparas a alimentar deberá ser tal que el corte de corriente en una cualquiera de ellas no afecte a más de la tercera parte del total de lámparas instaladas en los locales o dependencias que se iluminan alimentadas por dichas líneas. Cada una de estas líneas estarán protegidas en el origen contra sobrecargas, cortocircuitos, y si procede contra contactos indirectos.

e) Las canalizaciones deben realizarse según lo dispuesto en las ITC-BT-19 e ITC-BT-20 y estarán constituidas por:
- Conductores aislados, de tensión nominal o inferior a 750 V, colocados bajo tubos o canales protectores, preferentemente empotrados en especial en las zonas accesibles al público.
- Conductores aislados, de tensión nominal no inferior a 750 V, con cubierta de protección, colocados en huecos de la construcción totalmente constituidos de materiales incombustibles de resistencia al fuego RF-120, como mínimo.
- Conductores rígidos aislados, de tensión nominal no inferior a 1.000 V, armados, colocados directamente sobre paredes.

f) Los cables y sistemas de conducción de cables deben instalarse de forma que no se reduzcan las características de la estructura del edificio en la seguridad contra incendios.

Los cables eléctricos a utilizar en las instalaciones de tipo general y en el conexionado interior de cuadros eléctricos en este tipo de locales, serán no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida. Los cables con características equivalentes a las de la forma UNE 21128 parte 4 o 5; o a la norma UNE 211002 (según la tensión asignada del cable), cumplen con esta prescripción.

Los elementos de conducción de cables con características equivalentes a los clasificados como "no propagadores de la llama" de acuerdo con las normas UNE-EN 50085-1 y UNE-EN 50086-1, cumplen con esta prescripción.

Los cables eléctricos destinados a circuitos de servicios de seguridad no autónomos o a circuitos de servicios con fuentes autónomas centralizadas, deben mantener el servicio durante y después del incendio, siendo conformes a las especificaciones de la norma UNE-EN 50200 y tendrán emisión de humos y opacidad reducida. Los cables con características equivalentes a la norma UNE 21123, apartado 3.4.6, cumplen con esta prescripción.

g) Las fuentes propias de energía de corriente alterna a 50 Hz, no podrán dar tensión de retorno a la acometida o acometidas de la red de Baja Tensión pública que alimenten al local de pública concurrencia.

5. PRESCRIPCIONES COMPLEMENTARIAS PARA LOCALES DE ESPECTÁCULOS Y ACTIVIDADES RECREATIVAS

Además de las prescripciones generales señaladas en el capítulo anterior, se cumplirán en los locales de espectáculos las siguientes prescripciones complementarias:

a) A partir del cuadro general de distribución se instalarán líneas distribuidoras generales, accionadas por medio de interruptores omnipolares con la debida protección, al menos, para cada uno de los siguientes grupos de dependencias o locales:
- Sala de público.
- Vestíbulo, escaleras y pasillos de acceso a la sala desde la calle, y dependencias anexas a ellos.
- Escenario y dependencias anexas a él, tales como camerinos, pasillos de acceso a éstos, almacenes, etc.
- Cabinas cinematográficas o de proyectores para alumbrado.

Cada uno de los grupos señalados dispondrá de su correspondiente cuadro secundario de distribución, que deberá contener todos los dispositivos de protección. En otros cuadros se ubicarán los interruptores, conmutadores, combinadores, etc., que sean precisos para las distintas líneas, baterías, combinaciones de luz y demás efectos obtenidos en escena.

b) En las cabinas cinematográficas y en los escenarios, así como en los almacenes y talleres anexos a éstos, se utilizarán únicamente canalizaciones constituidas por conductores aislados, de tensión nominal no inferior a 750 V, colocados bajo tubos o canales protectores, preferentemente empotrados. Los dispositivos de protección contra sobreintensidades estarán constituidos siempre por interruptores automáticos magnetotérmicos; las canalizaciones móviles estarán constituidas por conductores con aislamiento del tipo doble o reforzado y los receptores portátiles tendrán un aislamiento de la clase II.

c) Los cuadros secundarios de distribución deberán estar colocados en locales independientes o en el interior de un recinto construido con material no combustible.

d) Será posible cortar, mediante interruptores omnipolares, cada una de las instalaciones eléctricas correspondientes a:
- Camerinos.
- Almacenes.
- Talleres.
- Otros locales con peligro de incendio.
- Los reostatos, resistencias y receptores móviles del equipo escénico.

e) Las resistencias empleadas para efectos o juegos de luz o para otros usos, estarán montadas a suficiente distancia de los telones, bambalinas y demás material del decorado y protegidas suficientemente para que una anomalía en su funcionamiento no pueda producir daños. Estas precauciones se hacen extensivas a cuantos dispositivos eléctricos se utilicen y especialmente a las linternas de protección y a las lámparas de arco de las mismas.

f) El alumbrado general deberá ser completado por un alumbrado de evacuación, conforme a las disposiciones del apartado 3.1.1, el cual funcionará permanentemente durante el espectáculo y hasta que el local sea evacuado por el público.

g) Se instalará iluminación de balizamiento en cada uno de los peldaños o rampas con una inclinación superior al 8% del local con la suficiente intensidad para que puedan iluminar la huella. En el caso de pilotos de balizado, se instalará a razón de 1 por cada metro lineal de la anchura o fracción.
La instalación de balizamiento debe estar constituida de forma que el paso de alerta al de funcionamiento de emergencia se produzca cuando el valor de la tensión de alimentación descienda por debajo del 70 % de su valor nominal.

6. PRESCRIPCIONES COMPLEMENTARIAS PARA LOCALES DE REUNIÓN Y TRABAJO

Además de las prescripciones generales señaladas en el capítulo 5, se cumplirán en los locales de reunión las siguientes prescripciones complementarias:

– A partir del cuadro general de distribución se instalarán líneas distribuidoras generales, accionadas por medio de interruptores omnipolares, al menos para cada uno de los siguientes grupos de dependencias o locales:
Salas de venta o reunión, por planta del edificio.
Escaparates.
Almacenes.
Talleres.
Pasillos, escaleras y vestíbulos.

INSTALACIONES EN LOCALES DE CARACTERÍSTICAS ESPECIALES ITC-BT-30

1. INSTALACIONES EN LOCALES HÚMEDOS

Locales o emplazamientos húmedos son aquellos cuyas condiciones ambientales se manifiestan momentáneamente o permanentemente bajo la forma de consideración en el techo y paredes, manchas salinas o moho aun cuando no aparezcan gotas, ni el techo o paredes estén impregnados de agua.
En estos locales o emplazamientos el material eléctrico, cuando no se utilicen muy bajas tensiones de seguridad, cumplirá con las siguientes condiciones:

1.2. Aparamenta

Las cajas de conexión, interruptores, tomas de corriente y, en general, toda la aparamenta utilizada, deberá presentar el grado de protección correspondiente a la caída vertical de gotas de agua, IPx1. Sus cubiertas y las partes accesibles de los órganos de accionamiento no serán metálicos.

2. INSTALACIONES EN LOCALES MOJADOS

Locales o emplazamientos mojados son aquellos en que los suelos, techos y paredes estén o puedan estar impregnados de humedad y donde se vean aparecer, aunque sólo sea temporalmente, lodo o gotas gruesas de agua debido a la consideración o bien estar cubiertos con vaho durante largos períodos.
Se considerarán como locales o emplazamientos mojados los lavaderos públicos, las fábricas de apresto, tintorerías, etc.., así como las instalaciones a la intemperie.
En estos locales o emplazamientos se cumplirán, además de las condiciones para locales húmedos del apartado 1, las siguientes:

2.2. Aparamenta
Se instalarán los aparatos de mando y protección y tomas de corriente fuera de estos locales. Cuando esto no se pueda cumplir, los citados aparatos serán del tipo protegido contra las proyecciones de agua IPx4, o bien se instalarán en el interior de cajas que les proporcionen un grado de protección equivalente.

2.3. Dispositivos de protección
De acuerdo con lo establecido en la ITC-BT-22, se instalará, en cualquier caso, un dispositivo de protección en el origen de cada circuito derivado de otro que penetre en el local mojado.

3. INSTALACIONES EN LOCALES CON RIESGO DE CORROSIÓN

Locales o emplazamientos con riesgo de corrosión son aquellos en los que existan gases o vapores que puedan atacar a los materiales eléctricos utilizados en la instalación.
Se considerarán como locales con riesgo de corrosión: las fábricas de productos químicos, depósitos de éstos, etc.
En estos locales o emplazamientos se cumplirán las prescripciones señaladas para las instalaciones en locales mojados, debiendo protegerse además, la parte exterior de los aparatos y canalizaciones con un revestimiento inalterable a la acción de dichos gases o vapores.

4. INSTALACIONES EN LOCALES POLVORIENTOS SIN RIESGO DE INCENDIO O EXPLOSIÓN

Los locales o emplazamientos polvorientos son aquellos en que los equipos eléctricos están expuestos al contacto con el polvo en cantidad suficiente como para producir su deterioro o un defecto de aislamiento.
En estos locales o emplazamientos se cumplirán las siguientes condiciones:
– Las canalizaciones eléctricas prefabricadas o no, tendrán un grado de protección mínimo IP5x (considerando la envolvente como categoría 1 según la norma UNE 20.324), salvo que las características del local exijan uno más elevado.
– Los equipos o aparamenta utilizados tendrán un grado de protección mínimo IP5x (considerando la envolvente como categoría 1 según la norma UNE 20324) o estará en el interior de una envolvente que proporcione el mis-

mo grado de protección IP5x, salvo que las características del local exijan uno más elevado.

5. INSTALACIONES EN LOCALES A TEMPERATURA ELEVADA

Locales o emplazamientos a temperatura elevada son aquellos donde la temperatura del aire ambiente es susceptible de sobrepasar frecuentemente los 40 °C, o bien se mantiene permanentemente por encima de los 35 °C.
En estos locales o emplazamientos se cumplirán las siguientes condiciones:

– Los cables aislados con materias plásticas o elastómeras podrán utilizarse para un temperatura ambiente de hasta 50 °C aplicando el factor de reducción, para los valores de la intensidad máxima admisible, señalados en la norma UNE 20460-5-523.
Para temperaturas ambientes superiores a 50 °C se utilizarán cables especiales con un aislamiento que presente una mayor estabilidad térmica.
– En estos locales son admisibles las canalizaciones con conductores desnudos sobre soportes aislantes. Los soportes estarán constituidos con un material cuyas propiedades y estabilidad queden garantizadas a la temperatura de utilización.
– Los aparatos utilizados deberán poder soportar los esfuerzos resultantes a que se verán sometidos debido a las condiciones ambientales. Su temperatura de funcionamiento a plena carga no deberá sobrepasar el valor máximo fijado en la especificación del material.

6. INSTALACIONES EN LOCALES A MUY BAJA TEMPERATURA

Locales o emplazamientos a muy baja temperatura son aquellos donde pueden presentarse y mantenerse temperaturas ambientales inferiores a –20 °C.
Se considerarán como locales a temperatura muy baja las cámaras de congelación de las plantas frigoríficas.
En estos locales o emplazamientos se cumplirán las siguientes condiciones:

– El aislamiento y demás elementos de protección del material eléctrico utilizado, deberá ser tal que no sufre deterioro a la temperatura de utilización.
– Los aparatos eléctricos deberán poder soportar los esfuerzos resultantes a que se verán sometidos debido a las condiciones ambientales.

7. INSTALACIONES EN LOCALES EN QUE EXISTAN BATERÍAS DE ACUMULADORES

Los locales en que deben disponerse baterías de acumuladores con posibilidad de desprendimiento de gases, se considerarán como locales o emplazamientos con riesgo de corrosión debiendo cumplir, además de las prescripciones señaladas para estos locales, las siguientes:

– El equipo eléctrico utilizado estará protegido contra los efectos de vapores y gases desprendidos por el electrolito.
– Los locales deberán estar provistos de una ventilación natural o forzada que garantice una renovación perfecta y rápida del aire. Los vapores evacuados no deben penetrar en locales contiguos.
– La iluminación artificial se realizará únicamente mediante lámparas eléctricas de incandescencia o de descarga.

– Las luminarias serán de material apropiado para soportar el ambiente corrosivo y evitar la penetración de gases en su interior.
– Los acumuladores que no aseguren por si mismos y permanentemente un aislamiento suficiente entre partes en tensión y tierra, deberán ser instalados con un aislamiento suplementario. Este aislamiento no podrá ser afectado por la humedad.
– Los acumuladores estarán dispuestos de forma que pueda realizarse fácilmente la sustitución y el mantenimiento de cada elemento. Los pasillos de servicio tendrán una anchura mínima de 0,75 metros.
– Si la tensión de servicio en corriente continua es superior a 75 voltios con relación a tierra y existen partes desnudas bajo tensión que puedan tocarse inadvertidamente, el suelo de los pasillos de servicio será eléctricamente aislante.
– Las piezas desnudas bajo tensión, cuando entre éstas existan tensiones superiores a 75 voltios en corriente continua, deberán instalarse de forma que sea imposible tocarlas simultáneamente e inadvertidamente.

8. INSTALACIONES EN LOCALES AFECTOS A UN SERVICIO ELÉCTRICO

Locales o emplazamientos afectos a un servicio eléctrico son aquellos que se destinan a la explotación de instalaciones eléctricas y , en general, sólo tienen acceso a las mismas personas cualificadas para ello. Se considerarán como locales o emplazamientos afectos a un servicio eléctrico: los laboratorios de ensayos, las salas de mando y distribución instaladas en locales independientes de las salas de máquinas de centrales, centros de transformación, etc.

En estos locales se cumplirán las siguientes condiciones:

– Estarán obligatoriamente cerrados con llave cuando no haya en ellos personal de servicio.
– El acceso a estos locales deberá tener al menos una altura libre de 2 metros y una anchura mínima de 0,7 metros. Las puertas se abrirán hacia el exterior.
– Si la instalación contiene instrumentos de medida que deban ser observados o aparatos que hayan de manipular constante o habitualmente, tendrán un pasillo de servicio de una anchura mínima de 1,10 metros. No obstante, ciertas partes del local o de la instalación que no estén bajo tensión podrán sobresalir en el pasillo de servicio, siempre que su anchura no quede reducida en esos lugares a menos de 0,80 metros. Cuando existan a los lados del pasillo de servicio piezas desnudas bajo tensión, no protegidas, aparatos a manipular o instrumentos a observar, la distancia entre equipos eléctricos instalados frente unos de otros, será como mínimo de 1,30 metros.
– El pasillo de servicio tendrá una altura de 1,90 metros, como mínimo. Si existen en su parte superior piezas no protegidas bajo tensión, la altura libre hasta esas piezas no será inferior a 2,30 metros.

– Sólo se permitirá colocar en el pasillo de servicio los objetos necesarios para el empleo de aparatos instalados.
– Los locales que tengan personal de servicio permanente, estarán dotados de un alumbrado de seguridad.
– Los locales que estén bajo rasante deberán disponer de un sumidero.

9. INSTALACIONES EN OTROS LOCALES DE CARACTERÍSTICAS ESPECIALES

Cuando en los locales o emplazamientos donde se tengan que establecer instalaciones eléctricas concurran circunstancias especiales no especificadas en estas Instrucciones y que puedan originar peligro para las personas o cosas, se tendrá en cuenta lo siguiente:
– Los equipos eléctricos deberán seleccionarse e instalarse en función de las influencias externas definidas en la Norma UNE 20460-3, a las que dichos materiales pueden estar sometidos de forma que garanticen su funcionamiento y la fiabilidad de las medidas de protección.
– Cuando un equipo no posea por su construcción, las características correspondientes a las influencias externas del local (o las derivadas de su ubicación), podrá utilizarse realización de la instalación, una protección complementaria adecuada. Esta protección no deberá perjudicar las condiciones de funcionamiento del material así protegido.
– Cuando se produzcan simultáneamente diferencias externas, sus efectos podrá ser independientes o influirse mutuamente, y los grados de protección deberán seleccionarse en consecuencia.

9.1. Clasificación de las influencias externas

La norma UNE 20460-3 establece una clasificación y una codificación de las influencias que deben ser tenidas en cuenta para el proyecto y la ejecución de las instalaciones eléctricas.
Esta codificación no está prevista para su utilización en el marcado de los equipos.

INSTALACIONES CON FINES ESPECIALES. PISCINAS Y FUENTES ITC-BT-31

1. CAMPO DE APLICACIÓN

Esta ITC trata de las descripciones de las instalaciones eléctricas de las piscinas, pediluvios y fuentes ornamentales.

2.2.4. Aparamenta y otros equipos
Elementos tales como interruptores, programadores, y bases de toma de corriente no deben instalarse en los volúmenes 0 y 1.
No obstante, para las piscinas pequeñas, en las que la instalación de bases de toma de corriente fuera del volumen 1 no sea posible, se admitirán bases de toma de corriente, preferentemente no metálicas, si se instalan fuera

del alcance de la mano (al menos 1,25 m) a partir del límite del volumen 0 y al menos 0,3 metros por encima del suelo, estando protegidas, además por una de las medidas siguientes:
– Protegidas por MBTS, de tensión nominal no superior a 25 V en corriente alterna o 60 V en corriente continua, estando instalada la fuente de seguridad fuera de los volúmenes 0 y 1.
– Protegidas por corte automático de la alimentación mediante un dispositivo de protección por corte diferencial-residual de corriente nominal como máximo igual a 30 mA.
– Alimentación individual por separación eléctrica, estando la fuente de separación fuera de los volúmenes 0 y 1.

En el volumen 2 se podrán instalar bases de toma de corriente e interruptores siempre que estén protegidos por una de las siguientes medidas:
– MBTS, con la fuente de seguridad instalada fuera de los volúmenes 0, 1 y 2 protegidas por corte automático de la alimentación mediante un dispositivo de protección por corte diferencial-residual de corriente nominal como máximo igual a 30 mA.
– Alimentación individual por separación eléctrica, estando la fuente de separación fuera de los volúmenes 0, 1 y 2.

En los volúmenes 0 y 1 sólo se podrán instalar equipos de uso específico en piscinas, si cumplen las prescripciones del capítulo 3 siguiente.

Los equipos destinados a utilizarse únicamente cuando las personas están fuera del volumen 0 se podrán colocar en cualquier volumen si se alimentan por circuitos protegidos por una de las siguientes formas:
– Bien por MBTS, con la fuente de alimentación de seguridad instalada fuera de las Zonas 0, 1 y 2.
– Bien por desconexión automática de la alimentación, mediante un interruptor diferencial de corriente máxima 30 mA.
– Por separación eléctrica cuya fuente de separación alimente un único elemento del equipo y que esté instalada fuera de la Zona 0, 1 y 2.

Las bombas eléctricas deberán cumplir lo indicado en UNE-EN 60385-2-41.

Los eventuales elementos calefactores eléctricos instalados debajo del suelo de la piscina se admiten si cumplen una de las siguientes condiciones:
– Estar protegidos por MBTS, estando la fuente de seguridad instalada fuera de los volúmenes 0, 1 y 2.
– Estar blindados por una malla o cubierta metálica puesta a tierra o unida a la línea equipotencial suplementaria mencionada en el apartado 2.2.1 y que sus circuitos de alimentación estén protegidos por un dispositivo de corriente diferencial-residual de corriente nominal como máximo de 30 mA.

3. FUENTES

En las fuentes se diferencian sólo dos volúmenes 0 y 1 tal como se decribe en la figura 5 (ver reglamento ITC-BT-31 o apartado 6.2 del capítulo L del 5.º volumen).

3.3. Protección contra la penetración del agua en los equipos eléctricos

Los equipos eléctricos deberán tener un grado de protección mínimo contra la penetración del agua, según:
– Volumen 0 IP × 8.
– Volumen 1 IP × 5.

4. PRESCRIPCIONES PARTICULARES DE EQUIPOS ELÉCTRICOS DE BAJA TENSIÓN INSTALADOS EN EL VOLUMEN 1 DE LAS PISCINAS Y OTROS BAÑOS

Los equipos eléctricos fijos especialmente destinados a ser utilizados en las piscinas y otros baños (por ejemplo equipos de filtrado, contracorrientes, etc.) alimentados en baja tensión, que no sea MBTS, límitada a 12 V en corriente alterna o 30 V en corriente continua, se admiten en el volumen 1, siempre que cumplan los siguientes requisitos:

a) Los equipos eléctricos deberán estar situados en un recinto cuyo aislamiento sea equivalente a un aislamiento suplementario y con una protección mecánica AG2 (choques medios), según UNE 20460-3.

b) Los equipos eléctricos no deben ser accesibles más que por un registro (o puerta), por medio de llave o útil. La apertura del registro (o de la puerta) debe cortar todos los conductores activos de los equipos. La instalación del dispositivo de seccionamiento y la entrada del cable debe ser de clase II o tener una protección equivalente.

c) Cuando el registro (o puerta) esté abierta, el grado de protección para los equipos eléctricos debe ser al menos IPxxB según UNE 20324.

d) La alimentación de estos equipos estará protegida:
  – Bien por MBTS con una tensión asignada no superior a 25 V en corriente alterna o 60 V en corriente continua, siempre que la fuente de alimentación de seguridad esté situada fuera de los volúmenes 0, 1 y 2.
  – Por separación eléctrica, cuya fuente de separación esté instalada fuera de los volúmenes 0, 1 y 2.

Para las piscinas pequeñas donde no es posible instalar luminarias fuera del volumen 1, su instalación se admite a 1,25 m a partir del borde del volumen 0 y estarán protegidas:
– Bien por MBTS.
– Bien por un dispositivo de corte diferencial como máximo de 30 mA.
– Bien por separación eléctrica, cuya fuente de separación esté instalada fuera de los volúmenes 0 y 1.

Además las luminarias deben poseer una envolvente con un aislamiento de clase II o similar y protección a los choques AG2 (choques medios) según UNE 20460-3.

INSTALACIONES CON FINES ESPECIALES. MAQUINAS DE ELEVACIÓN Y TRANSPORTE ITC-BT-32

1. ÁMBITO DE APLICACIÓN

Esta instrucción trata de los requisitos particulares de los sistemas de instalación del equipo eléctrico de grúas, aparatos de elevación y transporte y otros equipos similares tales como escaleras mecánicas, cintas transportadoras, puentes rodantes, cabrestantes, andamios eléctricos, etc.

2. REQUISITOS GENERALES

La instalación en su conjunto se podrá poner fuera de servicio mediante un interruptor omnipolar general de accionamiento manual, colocado en el circuito principal. Este interruptor deberá estar situado en lugares fácilmente accesibles desde el suelo, en el mismo local o recinto en que esté situado el equipo eléctrico de accionamiento y será fácilmente identificable mediante un rótulo indeleble.
Las canalizaciones que vayan desde el dispositivo general de protección al equipo eléctrico de elevación o de accionamiento deberán estar dimensionadas de forma que el arranque del motor no provoque una caída de tensión superior al 5 %.
Únicamente en el caso de que las máquinas destinadas exclusivamente al transporte de mercancias no dispongan de jaulas para el transporte, se permitirá la instalación de interruptores suspendidos de la extremidad a la canalización móvil.
Las canalizaciones móviles de mando y señalización se podrán colocar bajo la misma envolvente protectora de las demás líneas móviles, incluso si pertenecen a circuitos diferentes, siempre que cumplan las condiciones establecidas en la instrucción ITC-BT-20.
En las instalaciones en el exterior para servicios móviles se utilizarán cables flexibles con cubierta de policloropreno o similar según UNE 21027 o UNE 21150.
Los ascensores, las estructuras de todos los motores, máquinas elevadoras, combinadores y cubiertas metálicas de todos los dispositivos eléctricos en el interior de las cajas o sobre ellas y en el hueco, se conectarán a tierra.
Se considerarán conectados a tierra los equipos montados sobre elementos de estructura metálica del edificio si dicha estructura ha sido conectada previamente a la tierra y satisface las siguientes prescripciones:
– Su continuidad eléctrica está asegurada, ya sea por construcción, ya sea por medio de conexiones apropiadas, de forma que estén protegidas contra deterioros mecánicos, químicos o electroquímicos.
– Su conductibilidad debe ser adecuada a este uso
– Sólo podrá ser desmontada si se han previsto medidas compensatorias
– Ha sido estudiada y adaptada para este uso.

La estructura metálica de la caja soportada por los cables elevadores metálicos que pasen por poleas o tambores de la máquina elevadora se considerarán conectados a tierra con la condición de ofrecer toda garantía en las conexiones eléctricas entre ellos y tierra. Si esto no se cumpliera se instalará un conductor especial de protección.
Las vías de rodadura de toda grúa de taller estarán unidas a un conductor de protección.
Los locales, recintos, etc, en los que esté instalado el equipo eléctrico de accionamiento, sólo deberán ser accesibles a personas cualificadas. Cuando sus dimensiones permitan penetrar en él, deberán adaptarse las disposiciones relativas a las instalaciones en locales afectos a un servicio eléctrico según lo establecido en la ITC-BT-30. En estos lugares se colocará un esquema eléctrico de la instalación.

3. PROTECCIÓN PARA GARANTIZAR LA SEGURIDAD

3.1. Protección contra los contactos directos

En los sistemas colectores y conjuntos de anillos colectores, los cables y barras colectoras, así como los montajes de las vías de rodadura deben estar encerrados o alejados, de forma que cualquiera que tenga acceso a las zonas correspondientes de la instalación, por ejemplo, los pasillos de las guías de desplazamiento o los cables o barras colectoras, de acuerdo con el apartado 2.4 de la ITC-BT-24. En este caso, el límite del volumen de accesibilidad inferior a la superficie susceptible de ocupación por personas, finaliza en los límites de dicha superficie.
La protección mediante la colocación fuera de alcance está pensada únicamente para evitar el contacto accidental con las partes en tensión.
Los cables y barras colectoras deben estar dispuestos o protegidos de forma que incluso con una carga oscilante no puedan entrar en contacto con el aparejo de izar ni con ningún cable de control, cadenas de accionamiento, elementos similares que sean conductores eléctricos.

3.2. Protección contra sobreintensidades

El equipo eléctrico se protegerá mediante uno o más dispositivos automáticos de protección que actúen en caso de una sobreintensidad provocada por sobrecarga o cortocircuito. Este requisito no es aplicable a equipos diseñados para resistir sobreintensidades por si mismos.
El funcionamiento de los dispositivos de protección contra sobreintensidades para los accionadores de los frenos mecánicos producirá la desconexión simultánea de los accionadores del movimiento correspondiente.
Los dispositivos protectores contra temperatura excesiva que incluyen elementos sensibles a la temperatura (por ejemplo, resistencias dependientes de la temperatura o contactos bimetálicos) y que están montados en o sobre los devanados del motor en combinación con un contactor, no pueden considerarse como una protección suficiente contra corrientes de cortocircuito.

4. SECCIONAMIENTO Y CORTE

4.1. Corte por mantenimiento mecánico

Los interruptores deben ser de corte omnipolar y deberán tener los medios necesarios para impedir toda puesta en tensión de las instalaciones de forma imprevista.

En el lado de la alimentación de los anillos colectores o barras, debe instalarse un interruptor que permita el aislamiento y desconexión de todos los conductores de línea de la instalación y el conductor neutro.

Las instalaciones eléctricas de grúas y aparatos de elevación y transporte, deben estar equipadas con un interruptor de desconexión que permita que la instalación eléctrica quede desconectada durante el mantenimiento y reparación.

Los conjuntos de aparamenta deben ser capaces de quedar desconectados. Esta desconexión debe incluir circuitos de potencia y control.

Los medios de corte deben estar situados en las proximidades de los conjuntos de aparamenta.

Las partes activas de los conjuntos de aparamenta que por motivos de seguridad o mantenimiento deben permanecer en servicio después de la apertura, deben estar marcadas con una etiqueta que indiquen que están con tensión y protegidas contra un contacto directo no intencionado.

Si los circuitos después de los interruptores de desconexión pasan a través de los anillos o barras colectoras, éstos deben estar protegidos contra el contacto directo con un grado de protección de al menos IP2X.

Puede prescindirse de los interruptores de desconexión de mantenimiento si los interruptores de emergencia especificados en el apartado 4.2 están conectados a la entrada de la alimentación de la instalación.

En el caso de una única grua puede prescindirse del interruptor de desconexión al cumplir esta función el interruptor situado en la alimentación de la instalación de la grúa.

4.2. Corte y parada de emergencia

Cada grúa, aparato de elevación o transporte debe tener uno o más mecanismos de parada de emergencia, en todos los puestos de mando de movimiento. Cuando existen varios circuitos, los mecanismos de parada de emergencia, en todos los puestos de mando de movimiento. Cuando existen varios circuitos, los mecanismos de parada de emergencia deben ser tales que, con una sola acción, provoquen el corte de toda alimentación apropiada.

Los medios de corte de emergencia deben actuar lo más directamente posible sobre los conductores de alimentación apropiados.

Debe evitarse la reconexión del suministro después del corte de emergencia mediante enclavamientos mecánicos o eléctricos. La reconexión solamente puede ser posible desde dispositivos de control desde el cual se realizó el corte de corte de emergencia.

Cada grúa debe tener un dispositivo para la parada de emergencia accionado desde el suelo.
Cuando la parada de emergencia así lo permita, el corte de emergencia puede realizarse mediante el accionamiento de un interruptor situado en el punto de alimentación de la instalación, si es de corte en carga y está situado en una posición donde quede fácilmente accesible.
Las grúas controladas desde el suelo y los aparatos de elevación deben pararse automáticamente cuando esté desconectado el mecanismo de control de funcionamiento.

5. APARAMENTA

5.1. Interruptores

Los interruptores deberán cumplir la UNE-EN 60947-2 e instalarse en posiciones que permitan que los ensayos funcionales, se realicen sin peligro.
Están también permitidos los contactores como interruptores. Los contactores no deben utilizarse para seccionamiento.

5.2. Interruptores en el lado de la alimentación de la instalación

Debe ser posible aislar los anillos del colector y las barras o cables del suministro principal antes del punto de conexión de la grúa, mediante interruptores en el lado del suministro de la instalación para reparaciones y mantenimientos.
Los conectores y tomas de corriente conformes a UNE-EN 60309-1 pueden usarse para este fin.
Cuando un anillo colector o barra está alimentado a través de varios interruptores en paralelo por el lado de la alimentación de la instalación, éstos deben estar enclavados de forma que se desconecten todos simultáneamente aún cuando solamente uno de ellos esté funcionando.
Solamente debe ser posible poner en servicio un anillo colector accesible o barra desde un lugar tal que el anillo colector o barra quede a la vista.
Los interruptores en el lado de la alimentación de la instalación o sus mecanismos de control deben tener un dispositivo de protección contra el cierre intempestivo o no autorizado.
En el caso de grúas y aparatos de elevación en lugares de edificación, el interruptor principal de la máquina puede ser utilizado como interruptor en el lado de la alimentación de la instalación. El requisito de que este interruptor pueda tener protección contra el cierre intempestivo o no autorizado se considera como satisfecho si hay otras medidas que prevengan la puesta en servicio del aparato de elevación, p. ej. bloqueo por llave o candado.

6. DISPOSICIÓN DE LA TOMA DE TIERRA Y CONDICIONES DE PROTECCIÓN

Cuando la alimentación se suministra a través de cables colectores, barras colectoras o conjuntos de anillos colectores, el conductor de protección debe tener un anillo colector individual o una barra colectora, cuyos soportes sean claramente visibles y distinguibles de aquellos de los anillos o barras colectoras activos.

En lugares donde haya gases corrosivos, humedad o polvo, deben tomarse medidas especiales en los anillos, barras o carriles colectores utilizados como conductores de protección.
Los conductores de protección no deben transportar ninguna corriente cuando funcionen normalmente. No tienen que instalarse mediante soportes deslizantes sobre aislantes. Los aparatos de elevación deben conectarse a los conductores de protección no admitiéndose ruedas o rodillos para su conexión. Los colectores para conductores de protección que no serán intercambiables con los demás colectores.

INSTALACIONES CON FINES ESPECIALES. INSTALACIONES PROVISIONALES DE OBRAS ITC-BT-33

1. CAMPO DE APLICACIÓN

Las prescripciones particulares de esta instrucción se aplican a las instalaciones temporales destinadas:
– A la construcción de nuevos edificios.
– A trabajos de reparación, modificación, extensión o demolición de edificios existentes.
– A trabajos públicos.
– A trabajos de excavación.
– A trabajos similares.

Las partes de edificios que sufran transformaciones tales como ampliaciones, reparaciones importantes o demoliciones serán consideradas como obras durante el tiempo que duren los trabajos correspondientes, en la medida que estos trabajos necesitan la realización de una instalación eléctrica temporal.
En los locales de servicios de las obras (oficinas, vestuarios, salas de reunión, restaurantes, dormitorios, locales sanitarios, etc.) serán aplicables las prescripciones técnicas recogidas en la ITC-BT-24.
En las instalaciones de obras, las instalaciones fijas están limitadas al conjunto que comprende el cuadro general de mando y los dispositivos de protección principales.

2. CARACTERÍSTICAS GENERALES

2.1. Alimentación

Toda instalación deberá estar identificada según la fuente que la alimente y sólo debe incluir elementos alimentados por ella, excepto circuitos de alimentación complementaria de señalización o control.
Una misma obra puede ser alimentada a partir de varias fuentes de alimentación incluidos los generadores fijos o móviles.
Las distintas alimentaciones deben ser conectadas mediante dispositivos diseñados de modo que impidan la interconexión entre ellas.

4. PROTECCIÓN CONTRA LOS CHOQUES ELÉCTRICOS

Las medidas generadas para la protección contra los choques eléctricos serán las indicadas en la ITC-BT-24, teniendo en cuenta lo indicado a continuación:

4.1. Medidas de protección contra contactos directos

Las medidas de protección contra los contactos directos serán preferentemente:
– Protección por aislamiento de partes activas.
– Protección por medio de barreras o envolventes.

4.2. Medidas de protección contra contactos indirectos

Además de las medidas generales señaladas en la ITC-BT-24, serán aplicables las siguientes:
Cuando la protección de las personas contra los contactos indirectos está asegurada por corte automático de la alimentación, según esquema de alimentación TT, la tensión límite convencional no debe ser superior a 24 V de valor eficaz en corriente alterna, o 60 V en corriente continua.
Cada base o grupo de bases de toma de corriente deben estar protegidas por dispositivos diferenciales de corriente diferencial residual asignada igual como máximo a 30 mA; o bien alimentadas a muy baja tensión de seguridad MBTS; o bien protegidas por separación eléctrica de los circuitos mediante un transformador individual.

5. ELECCIÓN E INSTALACIÓN DE LOS EQUIPOS

5.1. Reglas comunes

Todos los conjuntos de aparamenta empleados en las instalaciones de obras deben cumplir las prescripciones de la norma UNE-EN 60439-4.
Las envolventes, aparamenta, las tomas de corriente y los elementos de la instalación que estén a la intemperie, deberán como mínimo un grado de protección IP45, según UNE 20324.
El resto de los equipos tendrán los grados de protección adecuados, según las influencias externas determinadas por las condiciones de instalación.

6. APARAMENTA

6.1. Aparamenta de mando y seccionamiento

En el origen de cada instalación debe existir un conjunto que incluya el cuadro general de mando y los dispositivos de protección principales.
En la alimentación de cada sector de distribución debe existir uno o varios dispositivos que aseguren las funciones de seccionamiento y de corte omnipolar en carga.
En la alimentación de todos los aparatos de utilización deben existir medios de seccionamiento y corte omnipolar en carga.
Los dispositivos de seccionamiento y de protección de los circuitos de distribución pueden estar incluidos en el cuadro principal o en cuadros distintos al principal.
Los dispositivos de seccionamiento de las alimentaciones de cada sector deben poder ser bloqueados en posición abierta (por ejemplo, por enclavamiento o ubicación en el interior de una envolvente cerrada con llave).

La alimentación de los aparatos de utilización debe realizarse a partir de cuadros de distribución, en los que se integren:
– Dispositivos de protección contra las sobreintensidades.
– Dispositivos de protección contra los contactos indirectos.
– Bases de toma de corriente.

INSTALACIONES CON FINES ESPECIALES. FERIAS Y STANDS ITC-BT-34

1. CAMPO DE APLICACIÓN

Las prescripciones de la presente instrucción se aplican a las instalaciones eléctricas temporales de ferias, exposiciones, muestras, stands, alumbrados festivos de calles, verbenas y manifestaciones análogas.
Para los efectos de esta instrucción se aplican las siguientes definiciones:
Exposición: Es un acontecimiento destinado a la exposición o venta de productos que puede tener lugar en un emplazamiento adecuado, ya sea edificio, estructura temporal o bien al aire libre.
Muestra: Es una presentación o espectáculo realizado en cualquier emplazamiento apropiado ya sea una estancia, edificio, estructura temporal o al aire libre.
Stand: Es un área o estructura temporal utilizada para presentación, marketing, ventas, ocio, etc.
Parque de atracciones: Es un lugar o área en el que se incluyen tiovivos, barracas de feria, casetas, atracciones, etc., que tienen la finalidad específica de la diversión del público.
Estructura temporal: Es una unidad o parte de ella situada en interior o exterior diseñada o concebida para su fácil instalación, retiro y transporte. Se incluyen las unidades móviles y portátiles.
Instalación eléctrica temporal: Es una instalación eléctrica destinada a ser montada y desmontada al mismo tiempo que la exposición, muestra, stand, etc, con la que está asociada.
Origen de la instalación eléctrica temporal: Es el punto de la instalación permanente o de otra fuente de suministro desde la que se alimenta a las instalaciones eléctricas temporales.

2. CARACTERÍSTICAS GENERALES

2.1. Alimentación

La tensión nominal de las instalaciones eléctricas temporales en exposiciones, muestras, stands y parques de atracciones no será superior a 230/400 V en corriente alterna.

2.2. Influencias externas

Las condiciones de influencias externas son las de los emplazamientos particulares, donde se realizan estas instalaciones, por ejemplo choques mecánicos, agua, temperaturas externas, etc.

3. PROTECCIÓN PARA GARANTIZAR LA SEGURIDAD

3.1. Protección contra contactos directos e indirectos

No se aceptan las medidas protectoras contra el contacto directo por medio de obstáculos ni por su colocación fuera del alcance.

No se aceptan medidas protectoras contra el contacto indirecto mediante un emplazamiento no conductivo ni mediante conducciones equipotenciales sin conexión a tierra. Cualquiera que sea el esquema de distribución utilizado, la protección de las instalaciones de los equipos eléctricos accesibles al público debe asegurarse mediante dispositivos diferenciales de corriente diferencial residual con una asignación máxima de 30 mA.

Cuando se utilice una MBTS, la protección contra contactos directos debe ser asegurada, cualquiera que sea la tensión nominal asignada, mediante un aislamiento capaz de resistir un ensayo dieléctrico de 500 V durante un minuto.

3.2. Medidas de protección en función de las influencias externas

Es recomendable que el corte automático de cables destinados a alimentar instalaciones temporales se realice mediante dispositivo diferencial cuya corriente diferencial residual asignada no supere 500 mA.

Estos dispositivos serán selectivos con los dispositivos diferenciales de los circuitos terminales.

Todos los circuitos de alumbrado además de las luminarias de emergencia y las tomas de corriente de valor asignado inferior a 32 A, deberán ser protegidos por un dispositivo diferencial cuya corriente asignada no supere los 30 mA.

3.3. Medidas de protección contra sobreintensidades

Todos los circuitos deben estar protegidos contra sobreintensidades mediante un dispositivo de protección apropiado, situado en el origen del circuito.

4. PROTECCIÓN CONTRA EL FUEGO

El riesgo de incendio es superior debido a la naturaleza temporal de las instalaciones y a la presencia de público. Esto debe tenerse en cuenta cuando se valoren las influencias externas, de acuerdo con la «naturaleza del material procesado o almacenado».

El equipo eléctrico debe seleccionarse y constituirse de forma que el aumento de su temperatura normal y el aumento de la temperatura previsible, en el caso de que se produzca un posible fallo, no dé lugar a una situación peligrosa.

5. PROTECCIÓN CONTRA ALTAS TEMPERATURAS

El equipo de iluminación, como por ejemplo, las lámparas incandescentes, focos, pequeños proyectores y otros aparatos o dispositivos con superficies que alcanzan altas temperaturas, además de protegerse adecuadamente, deben disponerse suficientemente apartados de los materiales combustibles.

Los escaparates y los rótulos con iluminación interna se construirán con materiales que tengan una resistencia al calor apropiada, sean mecánicamente resistentes y tengan aislamiento eléctrico, al tiempo que contarán con una ventilación adecuada.
A menos que los artículos expuestos sean de naturaleza incombustible, los escaparates se iluminarán solamente desde el exterior, o con lámparas de poca emisión de calor, en su funcionamiento.
Los stands que contengan una concentración de aparatos eléctricos, accesorios de iluminación o lámparas, propensos a generar un calor superior al normal, tendrán una cubierta bien ventilada, constituida con materiales incombustibles.

6. APARAMENTA Y MONTAJE DE EQUIPOS

6.1. Reglas comunes
La aparamenta de mando y protección deberán estar situada en envolventes cerradas que no puedan abrirse o desmontarse más que con la ayuda de un útil o una llave, a excepción de sus accionamientos manuales. Los grados de protección para las canalizaciones y envolventes será IP4X para instalaciones de interior e IP45 para instalaciones de exterior, según UNE 20324.

6.4.3. Interruptores de emergencia
Un circuito independiente alimentará a las luminarias, alumbrado de vitrinas, etc., los cuales deberán ser controlados por un interruptor de emergencia.

6.7. Cajas, cuadros y armarios de control
Las cajas destinadas a las conexiones eléctricas, cuadros y armarios deberán tener un grado de protección mínimo igual al indicado en 6.1.

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN PUERTOS Y MARINAS PARA BARCOS DE RECREO ITC-BT-42

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Las prescripciones de la presente instrucción se aplican a las instalaciones eléctricas de puertos y marinas, para la alimentación de los barcos de recreo.
Los receptores que se utilicen en dichas instalaciones cumplirán los requisitos de las directivas europeas aplicables conforme a lo establecido en el artículo 6 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
Se excluyen de este campo de aplicación aquellas embarcaciones afectadas por la Directiva 94/25/CEE.
A los efectos de la presente instrucción se entiende como barco de recreo toda unidad flotante utilizada exclusivamente para los deportes y el ocio, tales como barcos, yates, casas flotantes, etc. Así mismo se entiende como puerto marino todo aquel malecón, escollera o pontón flotante apropiado para el fondeo o amarre de barcos de recreo.

2. CARACTERÍSTICAS GENERALES

Las instalaciones eléctricas de puertos y barcos de recreo deben estar dispuestas y los materiales seleccionados, de forma que ninguna persona pueda estar expuesta a peligros y que no exista riesgo de incendio ni explosión.
Con carácter general, la tensión asignada de las instalaciones que alimentan a los barcos de recreo no debe ser superior a 230 V en corriente alterna monofásica.
Excepcionalmente se podrán alimentar con corriente alterna trifásica a 400 V aquellos barcos o yates de gran consumo eléctrico.

3. PROTECCIONES DE SEGURIDAD

Las protecciones contra contactos directos e indirectos serán conformes a lo establecido en la ITC-BT-24, con las siguientes consideraciones:

3.1. Protección por Muy Baja Tensión de Seguridad (MBTS)

Cuando se utilice Muy Baja Tensión de Seguridad (MBTS), la protección contra los contactos directos debe estar asegurada, cualquiera que sea la tensión asignada, por un aislamiento que pueda soportar un ensayo dieléctrico de 500 V durante un minuto.

3.2. Protección por corte automático de la alimentación

Cualquiera que sea el esquema utilizado, la protección debe estar asegurada por un dispositivo de corte diferencial-residual. En el caso de un esquema TN, se utilizará sólo la variante TN-S.

3.3. Aplicación de las medidas de protección contra los choques eléctricos

3.3.1. Protección por obstáculos
No se admiten las medidas de protección por obstáculos ni por puesta fuera del alcance.

3.3.2. Protección contra contactos indirectos
Contra los contactos indirectos en locales no conductores no son admitidas las conexiones equipotenciales no unidas a tierra.

4. SELECCIÓN E INSTALACIÓN DE EQUIPOS ELÉCTRICOS

4.1. Generalidades

Los equipos eléctricos deberán poseer al menos, el grado de protección IPX6, según UNE 20324, salvo si están encerrados en un armario que tenga este grado de protección y no pueda abrirse sin el empleo de herramientas o útiles específicos.

4.3. Aparamenta

4.3.1. Cuadros de distribución

Los cuadros de distribución de los puertos y marinas estarán situados lo más cerca posible de los amarres a alimentar.
Los cuadros de distribución y las bases toma de corriente asociadas colocadas sobre las instalaciones flotantes o

escolleras (pantanales) estarán fijados a 1 metro por encima de las aceras o pasarelas. Esta distancia puede ser reducida a 0,3 m si se toman medidas complementarias de protección.
Los cuadros de distribución deberán incorporar, para cada punto de amarre, una base de toma de corriente.

INSTALACIONES DE RECEPTORES PARA ALUMBRADO ITC-BT-44

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

La presente instrucción se aplica a las instalaciones de receptores para alumbrado (luminarias). Se entiende como receptor para alumbrado, el equipo o dispositivo que utiliza la energía eléctrica para la iluminación de espacios interiores o exteriores.
En la instrucción no se incluyen prescripciones relativas al alumbrado exterior recogido en la ITC-BT-09 ni al alumbrado de emergencia en locales de pública concurrencia recogido en la ITC-BT-28.

3.2. Condiciones específicas
Para instalaciones que alimenten tubos luminosos de descarga con tensiones asignadas de salida en vacío comprendidas entre 1 kV y 10 kV, se aplicará lo dispuesto en la UNE-EN 50107. No obstante, se considerarán como instalaciones de baja tensión las destinadas a lámparas o tubos de descarga, cualquiera que sean las tensiones de funcionamiento de éstas, siempre que constituyan un conjunto de unidad con los transformadores de alimentación y demás elementos, no presenten más que conductores de conexión en baja tensión y dispongan de barreras o envolventes con sistema de enclavamiento adecuados, que impidan alcanzar partes interiores del conjunto sin que sea cortada automáticamente la tensión de alimentación al mismo.
La protección contra los contactos directos e indirectos se realizará, en su caso, según los requisitos indicados en la instrucción ITC-BT-24.
La instalación irá provista de un interruptor de corte omnipolar, situado en la parte de baja tensión. Queda prohibido colocar interruptor, conmutador, seccionador o cortocircuito en la parte de instalación comprendida entre las lámparas y su dispositivo de alimentación.
Todos los condensadores que formen parte del equipo auxiliar eléctrico de las lámparas de descarga para corregir el factor de potencia de los balastos, deberán llevar conectada una resistencia que asegure que la tensión en bornes del condensador no sea mayor de 50 V transcurridos 60 s desde la conexión del receptor.

INSTALACIÓN DE RECEPTORES. APARATOS DE CALDEO ITC-BT-45

3.3. Aparatos de soldadura eléctrica por arco

Los aparatos destinados a la soldadura eléctrica cumplirán en su instalación y utilización las siguientes prescripciones:

a) Las masas de estos aparatos estarán puestas a tierra. Será admisible la conexión de uno de los polos del circuito de soldadura a estas masas, cuando, por su puesta a tierra, no se provoquen corrientes vagabundas de intensidad peligrosa. En caso contrario, el circuito de soldadura estará puesto a tierra únicamente en el lugar de trabajo.

b) Los bornes de conexión para los circuitos de alimentación de los aparatos manuales de soldar estarán cuidadosamente aislados.

c) Cuando existan en los aparatos ranuras de ventilación estarán dispuestas de forma que no se puedan alcanzar partes bajo tensión en su interior.

d) Cada aparato llevará incorporado un interruptor de corte omnipolar que interrumpa el circuito de alimentación, así como un dispositivo de protección contra sobrecargas, regulado, como máximo, al 200 % de la intensidad nominal de su alimentación, excepto en aquellos casos en que los conductores de este circuito estén protegidos en la instalación por un dispositivo igualmente contra sobrecargas, regulado a la misma intensidad.

e) Las superficies exteriores de los portaelectrodos a mano, y en todo lo posible sus mandíbulas, estarán completamente aisladas. Estos portaelectrodos estarán provistos de discos o pantallas que protejan la mano de los operarios contra el calor proporcionado por los arcos.

f) Las personas que utilicen estos aparatos recibirán las consignas apropiadas para:

- Hacer inaccesibles las partes bajo tensión de los portaelectrodos cuando no sean utilizados.
- Evitar que los portaelectrodos entren en contacto con objetos metálicos.
- Unir al conductor de retorno del circuito de soldadura las piezas metálicas que se encuentren en su proximidad inmediata.

Cuando los trabajos de soldadura se efectúen en locales muy conductores, se recomienda la utilización de pequeñas tensiones. En otro caso, la tensión en vacío entre el electrodo y la pieza a soldar no será superior a 90 voltios, valor eficaz para corriente alterna, y 150 voltios en corriente continua.

INSTALACIONES DE RECEPTORES. MOTORES ITC-BT-47

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

El objeto de la presente instrucción es determinar los requisitos de instalación de los motores y herramientas portátiles de uso exclusivamente profesionales.

Los receptores objeto de esta instrucción cumplirán los requisitos de las directivas europeas aplicables conforme a lo establecido en el artículo 6 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

2. CONDICIONES GENERALES DE INSTALACIÓN

La instalación de los motores debe ser conforme a las prescripciones de la norma UNE 20460 y las especificaciones aplicables a los locales (o emplazamientos) donde hayan de ser instalados.
Los motores deben instalarse de forma que la aproximación a sus partes en movimiento no puedan ser causa de accidente.
Los motores no deben estar en contacto con materiales fácilmente combustibles y se situarán de forma que no puedan provocar la ignición de éstas.

4. PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES

Los motores deben estar protegidos contra cortocircuitos y otra sobrecargas en todas sus fases, debiendo esta última protección ser de tal naturaleza que cubra, en los motores trifásicos, el riesgo de la falta de tensión en una de sus fases.
En el caso de motores con arrancador estrella-triángulo, se asegurará la protección, tanto para la conexión en estrella como en triángulo. Las características de los dispositivos de protección deben estar de acuerdo con las de los motores a proteger y con las condiciones de servicio previstas para éstos, debiendo seguirse las indicaciones dadas por el fabricante de los mismos.

5. PROTECCIÓN CONTRA LA FALTA DE TENSIÓN

Los motores deben estar protegidos contra la falta de tensión por un dispositivo de corte automático de la alimentación, cuando el arranque espontáneo del motor, como consecuencia del restablecimiento de la tensión, pueda provocar accidentes, o perjudicar el motor, de acuerdo con la norma UNE 20460-4-45.
Dicho dispositivo puede formar parte del de protección contra las sobrecargas o del de arranque, y puede proteger a más de un motor si se da una de las circunstancias siguientes:

– Los motores a proteger estén instalados en un mismo local y la suma de potencias absorbidas no es superior a 10 kilovatios.
– Los motores a proteger estén instalados en un mismo local y cada uno de ellos queda automáticamente en el estado inicial de arranque después de una falta de tensión.

Cuando el motor arranque automáticamente en condiciones preestablecidas, no se exigirá el dispositivo de protección contra la falta de tensión, pero debe quedar excluida la posibilidad de un accidente en caso de arranque espontáneo. Si el motor tuviera que llevar dispositivos limitadores de la potencia absorbida en el arranque, es obligatorio, para quedar incluidos en la anterior excepción, que los dispositivos de arranque vuelvan automáticamente a la

posición inicial al originarse una falta de tensión y parada del motor.

6. SOBREINTENSIDAD DE ARRANQUE

Los motores deben tener limitada la intensidad absorbida en el arranque cuando se pudieran producir efectos que perjudicasen a la instalación u ocasionasen perturbaciones inaceptables al funcionamiento de otros receptores o instalaciones.
Cuando los motores vayan a ser alimentados por una red de distribución pública, se necesitará la conformidad de la empresa distribuidora respecto a la utilización de los mismos, cuando se trate de:
– Motores de gran inercia.
– Motores de arranque lento en carga.
– Motores de arranque o aumentos de carga repetida o frecuente.
– Motor para frenado.
– Motores con inversión de marcha.
En general, los motores de potencia superior a 0,75 kilovatios deben estar provistos de reóstatos de arranque o dispositivos equivalentes que no permitan que la relación de corriente entre el período de arranque y el de marcha normal que corresponda a su plena carga, según las características del motor que debe indicar su placa, sea superior a la señalada en el cuadro siguiente:

Tabla 1

Motores de corriente continua		Motores de corriente alterna	
Potencia nominal del motor	Constante máxima de proporcionalidad entre la intensidad de la corriente de arranque y la de plena carga	Potencia nominal del motor	Constante máxima de proporcionalidad entre la intensidad de la corriente de arranque y la de plena carga
De 0,75 kW a 1,5 kW	2,5	De 0,75 kW a 1,5 kW	4,5
De 1,5 kW a 5,0 kW	2,0	De 1,5 kW a 5,0 kW	3,0
De más de 5,0 kW	1,5	De 5,0 kW a 15,0 kW	2,0
		De más de 15,0 kW	1,5

En los motores de ascensores, grúas y aparatos de elevación en general, tanto de corriente continua como de alterna, se computará como intensidad normal a plena carga, a los efectos de las constantes señaladas de los cuadros anteriores, la necesaria para elevar las cargas fijadas como normales a la velocidad de régimen una vez pasado el período de arranque, multiplicada por el coeficiente 1,3.
No obstante lo expuesto, y en casos particulares, podrán las empresas prescindir de las limitaciones impuestas cuando las corrientes de arranque no perturben el funcionamiento de sus redes de distribución.

7. INSTALACIÓN DE REÓSTATOS Y RESISTENCIAS

Los reóstatos de arranque y regulación de velocidad y las resistencias adicionales de los motores se colocarán de forma que estén separados de los muros cinco centímetros como mínimo.

Deben estar dispuestos de forma que no puedan causar deterioros como consecuencia de la radiación térmica o por acumulación de polvo, tanto en servicio normal como en caso de avería. Se montarán de forma que no puedan quemar las partes combustibles del edificio ni otros combustibles; si esto no fuera posible los elementos combustibles llevarán un revestimiento ignífugo.
Los reóstatos y las resistencias deberán poder ser separadas de la instalación por dispositivos de corte omnipolar, que podrán ser los interruptores generales del receptor correspondiente.

8. HERRAMIENTAS PORTÁTILES

Las herramientas portátiles utilizadas en obras de construcción de edificios, canteras y, en general, en el exterior, deberán ser de Clase II o de Clase III. Las herramientas de Clase I pueden ser utilizadas en los emplazamientos citados, debiendo, en este caso, ser alimentadas por intermedio de un transformador de separación de circuitos.
Cuando estas herramientas se utilicen en obras o emplazamientos muy conductores, tales como en trabajos de hormigón, en el interior de calderas o de tuberías metálicas u otros análogos, las herramientas portátiles a mano deben ser de Clase III.

INSTALACIONES DE RECEPTORES TRANSFORMADORES Y AUTOTRANSFORMADORES, REACTANCIAS Y RECTIFICADORES. CONDENSADORES ITC-BT-48

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

El objeto de la presente instrucción es determinar los requisitos de instalación de los transformadores, autotransformadores, reactancias, rectificadores y condensadores.
Los receptores objeto de esta instrucción cumplirán los requisitos de las directivas europeas aplicables conforme a lo establecido en el artículo 6 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

2. CONDICIONES GENERALES DE INSTALACIÓN

La instalación de los receptores incluidos en la presente Instrucción satisfarán, según los casos, las especificaciones aplicables a los locales (o emplazamientos) donde hayan de ser instalados.
Las conexiones de estos receptores se realizarán con los elementos de conexión adecuados a los materiales a unir, es decir, en el caso de bobinados de aluminio, con piezas de conexión bimetálicas.
Estos receptores serán instalados de forma que dispongan de ventilación suficiente para su refrigeración correcta.

2.1. Transformadores y autotransformadores

Los transformadores que puedan estar al alcance de personas no especializadas, estarán construidos o situados de forma que sus arrollamientos y elementos bajo tensión, si ésta es superior a 50 V, sean inaccesibles.

Los transformadores de instalación fija no se montarán directamente sobre partes combustibles de un edificio, y cuando sea necesario instalarlos próximos a los mismos, se emplearán pantallas incombustibles como elementos de separación.

La separación entre los transformadores y estas pantallas será de 1 cm, cuando la potencia del transformador sea inferior o igual a 3.000 VA. Esta distancia se aumentará proporcionalmente a la potencia cuando ésta sea mayor.

Los transformadores en instalación fija, cuando su potencia no exceda de 3.000 VA, provistos de un limitador de temperatura apropiado, podrán montarse directamente sobre partes combustibles.

El empleo de autotransformadores no será admitido si los circuitos conectados a ellos no tienen un aislamiento previsto para la tensión mayor.

En la conexión de un transformador a una fuente de alimentación con conductor neutro, el borne del extremo del arrollamiento común al primario y al secundario, se unirá al conductor neutro.

2.2. Reactancias y rectificadores

La instalación de reactancias y rectificadores responderán a los mismos requisitos generales que los señalados para los transformadores.

En relación con los rectificadores, se tendrán en cuenta, además:

– Cuando los rectificadores no se opongan, de por sí, al paso accidental de la corriente alterna al circuito que alimentan en corriente continua o al retorno de ésta al circuito de corriente alterna, se instalarán asociados a un dispositivo adecuado que impida esta eventualidad.
– Las canalizaciones correspondientes a las corrientes de diferente naturaleza, serán distintas y estarán convenientemente señalizadas o separadas entre sí.
– Los circuitos correspondientes a la corriente continua se instalarán siguiendo las prescripciones que correspondan a su tensión asignada.

2.3. Condensadores

Los condensadores que no lleven alguna indicación de temperatura máxima admisible no se podrán utilizar en lugares donde la temperatura ambiente sea 50 °C o mayor.

Si la carga residual de los condensadores pudiera poner en peligro a las personas, llevarán un dispositivo automático de descarga o se colocará una inscripción que advierta este peligro. Los condensadores con dieléctrico líquido combustible cumplirán los mismos requisitos que los reóstatos y reactancias.

Para la utilización de condensadores por encima de los 2.000 m de altitud sobre el nivel del mar, deberán tomarse precauciones de acuerdo con el fabricante, según especifica la Norma UNE-EN 60831-1.
Los condensadores deberán estar adecuadamente protegidos, cuando se vayan a utilizar con sobreintensidades superiores a 1,3 veces la intensidad correspondiente a la tensión asignada a frecuencia de red, excluidos los transitorios.
Los aparatos de mando y protección de los condensadores deberán soportar en régimen permanente, de 1,5 a 1,8 veces la intensidad nominal asignada del condensador, a fin de tener en cuenta los armónicos y las tolerancias sobre las capacidades.

3. PROTECCIÓN DE LOS TRANSFORMADORES CONTRA SOBREINTENSIDAD

Todo transformador estará protegido por un dispositivo de corte por sobreintensidad u otro sistema equivalente. Este dispositivo estará de acuerdo con las características que figuran en la placa del transformador, y con la utilización de dicho transformador.

ITC-BT	Título	Apartado que afecta						
		G	H1/2 H2/2	H1/3 H1/3	H1/4 H2/4	H1/5 H2/5	H1/6 H2/6	H1/7 H2/7
ITC-BT-09	INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR							
	4. Cuadros de protección, medida y control	■		■	■			■
	8. Equipos eléctricos de los puntos de luz			■				
	9. Protección contra contactos directos e indirectos	■						
ITC-BT-16	INSTALACIONES DE ENLACE. CONTADORES: UBICACIÓN Y SISTEMAS DE INSTALACIÓN							
	3. Concentración de contadores							■
ITC-BT-17	INSTALACIONES DE ENLACE. DISPOSITIVOS GENERALES E INDIVIDUALES DE MANDO Y PROTECCIÓN. INTERRUPTOR DE CONTROL DE POTENCIA							
	1. Dispositivos generales e individuales de mando y proteción. Interuptor de Control de Potencia							
	1.1. Situación							
	1.2. Composición y características de los cuadros			■				
	1.3. Características principales de los dispositivos de protección	■		■	■			■
ITC-BT-19	INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS. PRESCRIPCIONES GENERALES							
	2.4. Subdivisión de las instalaciones			■				■
	2.5. Equilibrado de cargas			■				
	2.6. Posibilidad de separación de la alimentación			■				
	2.7. Posibilidad de conectar y desconectar en carga			■				■
	2.8. Medidas de protección contra contactos directos o indirectos							■
ITC-BT-26	INSTALACIONES INTERIORES EN VIVIENDAS. PRESCRIPCIONES GENERALES DE INSTALACIÓN							
	1. Ámbito de aplicación		■					
	5. Cuadro general de distribución		■					
	7.2. Condiciones generales		■					
ITC-BT-28	INSTALACIONES EN LOCALES DE PÚBLICA CONCURRENCIA							
	4. Prescripciones de carácter general			■				■
	5. Prescripciones complementarias para locales de espectáculos y actividades recreativas			■				■
	6. Prescripciones complementarias para locales de reunión y trabajo			■				■
ITC-BT-30	INSTALACIONES EN LOCALES DE CARACTERÍSTICAS ESPECIALES							
	1. Instalaciones en locales húmedos	■		■	■			■
	1.2. Aparamenta	■		■	■			■
	2. Instalaciones en locales mojados	■		■	■			■
	2.2. Aparamenta	■		■	■			■
	2.3. Dispositivos de protección	■		■	■			■
	3. Instalaciones en locales con riesgo de corrosión	■		■	■			■
	4. Instalaciones en locales polvorientos sin riesgo de incendio o explosión	■		■	■			■
	5. Instalaciones en locales a temperatura elevada		■					
	6. Instalaciones en locales a muy baja temperatura		■					
	7. Instalaciones en locales que existan baterías de acumuladores		■					
	8. Instalaciones en locales afectos a un servicio eléctrico		■					
	9. Instalaciones en otros locales de características especiales		■					
	9.1. Clasificación de las influencias externas		■					

ITC-BT	Título	Apartado que afecta						
		G	H1/2 H2/2	H1/3 H1/3	H1/4 H2/4	H1/5 H2/5	H1/6 H2/6	H1/7 H2/7
ITC-BT-31	INSTALACIONES CON FINES ESPECIALES. PISCINAS Y FUENTES							
	1. Campo de aplicación							
	2.2.4. Aparamenta y otros equipos	■	■					
	3. Fuentes							
	3.3. Protección contra la penetración del agua en los equipos eléctricos	■	■	■	■	■	■	■
	4. Prescripciones particulares de equipos eléctricos de baja tensión instalados en el volumen 1 de las piscinas y otros baños	■						
ITC-BT-32	INSTALACIONES CON FINES ESPECIALES. MÁQUINAS DE ELEVACIÓN Y TRANSPORTE							
	1. Ámbito de aplicación							
	2. Requisitos generales					■		■
	3. Protección para garantizar la seguridad							
	3.1. Protección contra los contactos directos	■						
	3.2. Protección contra sobreintensidades			■				
	4. Seccionamiento y corte							■
	4.1. Corte por mantenimiento mecánico							■
	4.2. Corte y parada de emergencia							■
	5. Aparamenta							
	5.1. Interruptores							■
	5.2. Interruptores en el lado de la alimentación de la instalación							■
	6. Disposición de la toma de tierra y condiciones de protección	■						
ITC-BT-33	INSTALACIONES CON FINES ESPECIALES. INSTALACIONES PROVISIONALES DE OBRAS							
	1. Campo de aplicación			■				■
	2. Características generales							
	2.1. Alimentación			■				■
	4. Protección contra los choques eléctricos	■						
	4.1. Medidas de protección contra contactos directos	■						
	4.2. Medidas de protección contra contactos indirectos	■						
	5. Elección e instalación de los equipos							
	5.1. Reglas comunes	■	■	■	■		■	■
	6. Aparamenta							
	6.1. Aparamenta de mando y seccionamiento	■	■	■	■		■	■
ITC-BT-34	INSTALACIONES CON FINES ESPECIALES. FERIAS Y STANDS							
	1. Campo de aplicación							
	2. Características generales							
	2.1. Alimentación	■	■	■	■		■	■
	2.2. Influencias externas	■	■	■	■		■	■
	3. Protección para garantizar la seguridad							
	3.1. Protección contra contactos directos e indirectos	■						
	3.2. Medidas de protección en función de las influencias externas	■						
	3.3. Medidas de protección contra sobreintensidades	■						
	4. Protección contra el fuego		■					
	5. Protección contra altas temperaturas		■					
	6. Aparamenta y montaje de equipos							
	6.1. Reglas comunes	■	■	■	■		■	■

ITC-BT	Título	Apartado que afecta						
		G	H1/2 H2/2	H1/3 H1/3	H1/4 H2/4	H1/5 H2/5	H1/6 H2/6	H1/7 H2/7
	6.4.3. Interruptores de emergencia							■
	6.7. Cajas, cuadros y armarios de control							■
ITC-BT-42	INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN PUERTOS Y MARINAS PARA BARCOS DE RECREO	■	■	■	■		■	■
	1. Objeto y campo de aplicación	■	■	■	■		■	■
	2. Características generales	■	■	■	■		■	■
	3. Protecciones de seguridad	■						
	3.1. Protección por Muy Baja Tensión de Seguridad (MBTS)	■						
	3.2. Protección por corte automático de la alimentación	■						
	3.3. Aplicación de las medidas de protección contra los choques eléctricos							
	3.3.1. Protección por obstáculos	■						
	3.3.2. Protección contra contactos indirectos	■						
	4. Selección e instalación de equipos eléctricos							
	4.1. Generalidades	■	■	■	■		■	■
	4.3. Aparamenta							
	4.3.1. Cuadros de distribución	■	■	■	■		■	■
ITC-BT-44	INSTALACIONES DE RECEPTORES PARA ALUMBRADO							
	1. Objeto y campo de aplicación	■	■	■	■		■	■
	3.2. Condiciones específicas	■	■	■	■		■	■
ITC-BT-45	INSTALACIÓN DE RECEPTORES. APARATOS DE CALDEO							
	3.3. Aparatos de soldadura eléctrica por arco	■	■					
ITC-BT-47	INSTALACIONES DE RECEPTORES. MOTORES							
	1. Objeto y campo de aplicación	■	■	■	■		■	■
	2. Condiciones generales de instalación	■	■	■	■		■	■
	4. Protección contra sobreintensidades			■				
	5. Protección contra la falta de tensión						■	
	6. Sobreintensidad de arranque			■				
	7. Instalación de reóstatos y resistencias			■				
	8. Herramientas portátiles	■						
ITC-BT-48	INSTALACIONES DE RECEPTORES TRANSFORMADORES Y AUTOTRANSFORMADORES, REACTANCIAS Y RECTIFICADORES. CONDENSADORES							
	1. Objeto y campo de aplicación							
	2. Condiciones generales de instalación							
	2.1. Transformadores y autotransformadores	■						
	2.2. Reactancias y rectificadores	■		■				
	2.3. Condensadores			■				
	3. Protección de los transformadores contra sobreintensidad			■				

© **Schneider Electric España, S.A.**

Pl. Dr. Letamendi, 5-7
08007 Barcelona
Tel.: 93 484 31 00
Fax: 93 484 33 07
http://www.schneiderelectric.es

Volumen 2

Primera edición: diciembre de 2004

Impreso en España - Printed in Spain

Depósito legal: B. 48.341 - 2004

Preimpresión e impresión: Tecfoto, S.L. Ciutat de Granada, 55. 08005 Barcelona.

Reservados todos los derechos. El contenido de esta obra está protegido por la Ley. Queda prohibida la reproducción, total o parcial, su distribución pública, en todo o en parte, o su transformación, interpretación o ejecución artística fijada en cualquier tipo de soporte o comunicada a través de cualquier medio, sin la preceptiva autorización, por escrito, del editor.

P.V.P.: 40,00 €

En razón de la evolución de las normativas y del material, las características indicadas por el texto y las imágenes de este documento no nos comprometen hasta después de una confirmación por parte de nuestros servicios.

Schneider Electric España, S.A.

Pl. Dr. Letamendi, 5-7
08007 Barcelona
Tel.: 93 484 31 00
Fax: 93 484 33 07
http://www.schneiderelectric.es

miembro de:

voltimum
www.voltimum.es
El Portal de la instalación Eléctrica

600014 L04