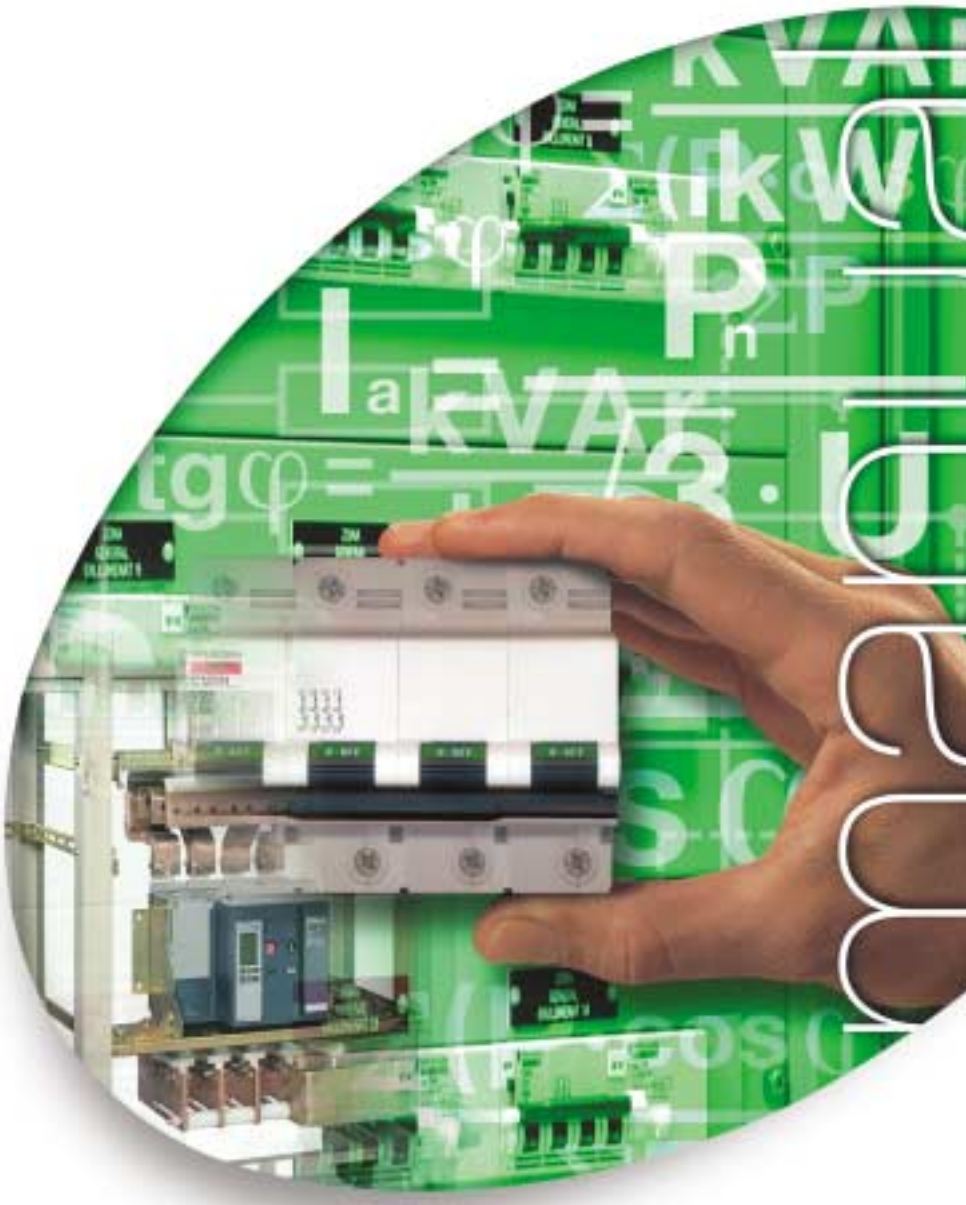
Manual teórico-práctico
Schneider
Instalaciones en Baja tensión

Volumen 1



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	
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

Indice volumen 1

A Presentación A/1

B Generalidades

Balance de potencias B/11

La legislación y las reglas del buen hacer B/13

Los receptores B/35

Potencia de una instalación B/67

D La acometida en BT

La distribución pública D/19

Las tarifas eléctricas D/35

La Caja General de Protección (CGP) D/53

Los equipos de protección y medida D/71

Cálculo de las acometidas D/111

E La compensación de la energía reactiva

¿Qué es el factor de potencia? E/13

¿Por qué mejorar el factor de potencia? E/21

¿Cómo compensar una instalación? E/27

¿Cómo compensar? E/31

¿Cómo determinar el nivel de compensación de la energía reactiva? E/47

Características de las baterías de condensadores E/59

Ejemplos E/79

F La distribución en BT

Generalidades F/35

La calidad de la energía eléctrica F/39

Las instalaciones de seguridad y las alimentaciones de sustitución F/57

Los regímenes de neutro F/71

La realización y medida de las puestas a tierra F/87

Los cuadros eléctricos F/109

Las conducciones F/159

Las influencias externas F/331

Indice

A

Presentación

1. Metodología A/2

2. Correspondencia entre los capítulos del Manual teórico-práctico Schneider y el Reglamento para Baja Tensión de 2002 ..... A/4

3. Normas de referencia en este manual y en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión

3.1. Normas generales para instalaciones y cuadros A/6
3.2. Normas para circuitos específicos A/7
3.3. Normas para conceptos de seguridad A/8
3.4. Normas para materiales / Aparamenta para alumbrado A/9
3.5. Aparamenta A/10
3.6. Aparamenta para atmósferas explosivas A/10
3.7. Conductores A/11
3.8. Conducciones A/17
3.9. Transmisiones A/19
3.10. Ensayos para materiales A/19

4. Reglamentación

4.1. Terminología ITC-BT-01 ..... A/21

A

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.

A

2. Correspondencia entre los capítulos del Manual teórico-práctico Schneider y el Reglamento para Baja Tensión de 2002

A Presentación

ITC-BT-01 Terminología
ITC-BT-02 Normas de referencia en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión

B Generalidades

B2 ITC-BT-03 Instaladores autorizados en baja tensión
ITC-BT-04 Documentación y puesta en servicio de las instalaciones
ITC-BT-05 Verificaciones e inspecciones
B4 ITC-BT-10 Previsión de cargas para suministros de baja tensión

D La acometida en BT

D1 ITC-BT-11 Redes de distribución de energía eléctrica. Acometidas
ITC-BT-12 Instalaciones de enlace. Esquemas
ITC-BT-14 Instalaciones de enlace. Línea general de alimentación
ITC-BT-15 Instalaciones de enlace. Derivaciones individuales
D3 ITC-BT-13 Instalaciones de enlace. Cajas generales de protección
D4 ITC-BT-16 Instalaciones de enlace. Contadores: ubicación y sistemas de instalación
ITC-BT-17 Instalaciones de enlace. Dispositivos generales e individuales de mando y protección. Interruptor de control de potencia

E La compensación de la energía reactiva

E6 ITC-BT-48 Transformadores y autotransformadores. Reactancias y rectificadores. Condensadores

F La distribución en BT

F4 ITC-BT-08 Sistemas de conexión del neutro y de las masas en redes de distribución de energía eléctrica
F5 ITC-BT-18 Instalaciones de puesta a tierra
F7 ITC-BT-06 Redes aéreas para distribución en baja tensión
ITC-BT-07 Redes subterráneas para distribución en baja tensión
ITC-BT-19 Instalaciones interiores o receptoras. Prescripciones generales
ITC-BT-20 Instalaciones interiores o receptoras. Sistemas de instalación
ITC-BT-21 Instalaciones interiores o receptoras. Tubos y canales protectores

G La protección contra los choques eléctricos

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

H1 Los circuitos y su dimensionado

ITC-BT-22 Instalaciones interiores o receptoras. Protección contra sobreintensidades

H2 La aparamenta de protección

ITC-BT-23 Instalaciones interiores receptoras. Protección contra sobretensiones

J La aparamenta y sus aplicaciones particulares

J20 ITC-BT-44 Instalaciones de receptores. Receptores para alumbrado
J21 ITC-BT-45 Aparatos de caldeo
ITC-BT-46 Cables y folios radiantes en viviendas

K El control energético de los edificios domésticos e industriales

ITC-BT-51 Instalaciones de sistemas de automatización. Gestión técnica de la energía y seguridad para viviendas y edificios

REAL DECRETO 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica:

TÍTULO II Transporte de enegía eléctrica. CAPÍTULO IV Calidad de servicio en la red de transporte

TÍTULO VI Suministro. CAPÍTULO II Calidad de servicio

L Las instalaciones domésticas e industriales

L2 ITC-BT-36 Instalaciones a muy baja tensión

ITC-BT-43 Instalaciones de receptores. Prescripciones generales

L6-1 ITC-BT-09 Instalaciones de alumbrado exterior

L6-2 ITC-BT-27 Instalaciones interiores en viviendas. Locales que contienen una bañera o ducha

ITC-BT-30 Instalaciones en locales con características especiales

ITC-BT-31 Instalaciones con fines especiales. Piscinas y fuentes

ITC-BT-42 Instalaciones en puertos y marinas para barcos de recreo

L6-3 ITC-BT-25 Instalaciones interiores en viviendas. Número de circuitos y características

ITC-BT-26 Instalaciones interiores en viviendas. Prescripciones generales de instalación

ITC-BT-41 Instalaciones generadoras en caravanas y parques de caravanas

L6-4 ITC-BT-28 Instalaciones en locales de pública concurrencia

L6-5 ITC-BT-35 Instalaciones con fines especiales. Establecimientos agrícolas y hortícolas

ITC-BT-38 Instalaciones con fines especiales. Quirófanos y salas de intervención

ITC-BT-39 Instalaciones con fines especiales. Cercas eléctricas para ganado

L6-7 ITC-BT-33 Instalaciones con fines especiales. Instalaciones provisionales y temporales de obras

ITC-BT-34 Instalaciones con fines especiales. Ferias y stands

M La seguridad en las máquinas

ITC-BT-32 Instalaciones con fines especiales. Máquinas de elevación y transporte

ITC-BT-47 Instalaciones de receptores. Motores

N Las instalaciones de BT de gran intensidad: 1.500 a 6.000 A

Las instalaciones de BT a tensiones especiales (750 V)

ITC-BT-37 Instalaciones con fines especiales. Instalaciones a tensiones especiales

Las instalaciones generadoras de BT

ITC-BT-40 Instalaciones generadoras de baja tensión

A

3. Normas de referencia en este manual y en el reglamento electrotécnico de baja tensión

3.1. Normas generales para instalaciones y cuadros

Norma UNE	Año	
20460-1	1990	Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 1: Campo de aplicación
20460-2	1991	Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 2: Definiciones
20460-3	1996	Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 3: Determinación de las características generales
20460-4-41	1998	Instalaciones eléctricas en edificos. Parte 4: Protección para garantizar la seguridad. Capítulo 41: Protección contra los choques eléctricos
20460-4-43	1990	Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 4: Protección para garantizar la seguridad. Capítulo 43: Protección contra la sobreintensidades
20460-4-45	1990	Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 4: Protección para garantizar la seguridad. Capítulo 45: Protección contra las bajadas de tensión
20460-4-47	1996	Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 4: Protección para garantizar la seguridad. Capítulo 47: Aplicación de medidas de protección para garantizar la seguridad
20460-4-473	1990	Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 4: Protección para garantizar la seguridad. Capítulo 47: Aplicación de las medidas de protección. Sección 473: Protección contra las sobreintensidades
20460-5-52	1996	Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 5: Selección e instalación de materiales eléctricos. Capítulo 52: Canalizaciones
20460-5-52/1M	1999	Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 5: Elección e instalación de materiales eléctricos. Capítulo 52: Canalizaciones
20460-5-54	1990	Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 5: Elección e instalación de materiales eléctricos. Puesta a tierra y conductores de protección
20460-5-523	1994	Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 5: Selección e instalación de materiales eléctricos. Capítulo 52: Canalizaciones. Sección 523: Corrientes admisibles
20460-6-61	1994	Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 6: Verificación inicial. Capítulo 61: Verificación inicial (previa a la puesta en servicio)
20460-7-703	1993	Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 7: Reglas para las instalaciones y emplazamientos especiales. Sección 703: Locales que contienen radiadores para saunas
20460-7-704	2001	Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 7: Reglas para las instalaciones y emplazamientos especiales. Sección 704: Instalaciones en obras

3.1. Normas generales para instalaciones y cuadros (continuación)		
Norma UNE	Año	
20460-7-705	1993	Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 7: Reglas para las instalaciones y emplazamientos especiales. Sección 705: Instalaciones eléctricas en los establecimientos agrícolas y hortícolas
20460-7-708	1994	Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 7: Reglas para las instalaciones y emplazamientos especiales. Sección 708: Instalaciones eléctricas en parques de caravanas y en caravanas
20481	1990	Instalaciones eléctricas en edificios. Campos de tensiones
Norma UNE-EN	Año	
60439-1	2001	Conjuntos de aparamenta de baja tensión. Parte 1: Requisitos para los conjuntos de serie y los conjuntos derivados de serie
60439-2	2001	Conjuntos de aparamenta de baja tensión. Parte 2: Requisitos particulares para las canalizaciones prefabricadas
60439-3	1994	Conjuntos de aparamenta para baja tensión. Parte 3: Requisitos particulares para los conjuntos de aparamenta de baja tensión destinados a estar instalados en lugares accesibles a personal no cualificado durante su utilización
60439-3/A1	1997	Conjuntos de aparamenta de baja tensión. Parte 3: Requisitos particulares para los conjuntos de aparamenta de baja tensión destinados a estar instalados en lugares accesibles a personal no cualificado durante su utilización
60439-4	1994	Conjuntos de aparamenta de baja tensión. Parte 4: Requisitos particulares para obras (CO)
60439-4/A1	1997	Conjuntos de aparamenta de baja tensión. Parte 4: Requisitos particulares para obras (CO)
60439-4/A2	2000	Conjuntos de aparamenta de baja tensión. Parte 4: Requisitos particulares para obras (CO)
3.2. Normas para circuitos específicos		
Norma UNE	Año	
20615	1978	Sistemas con transformador de aislamiento para uso médico y sus dispositivos de control y protección
20615/1C	1980	Sistemas con transformador de aislamiento para uso médico y sus dispositivos de control y protección. Especificaciones particulares de ensayo
20615/2C	1985	Sistemas con transformador de aislamiento para uso médico y sus dispositivos de control y protección
Norma UNE-EN	Año	
50107	1999	Rótulos e instalaciones de tubos luminosos de descarga que funcionan con tensiones asignadas de salida en vacío superiores a 1 kV pero sin exceder 10 kV

A

3.3. Normas para conceptos de seguridad

Norma UNE	Año	
20572-1	1997	Efectos de la corriente sobre el hombre y los animales domésticos. Parte 1: Aspectos generales
20324	1993	Grados de protección proporcionados por las envolventes (código IP)
20324/1M	2000	Grados de protección proporcionados por las envolventes (código IP)
20451	1997	Requisitos generales para envolventes de accesorios para instalaciones eléctricas fijas de usos domésticos y análogos
Norma UNE-EN	Año	
50102	1996	Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK)
50102/A1	1999	Grados de protección proporcionados por los envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK)
50281-1-2	1999	Aparatos eléctricos destinados a ser utilizados en presencia de polvos combustibles. Parte 1-2: Aparatos eléctricos protegidos con envolventes. Selección, instalación y mantenimiento
50281-1-2 CORRIGENDUM	2000	Aparatos eléctricos destinados a ser utilizados en presencia de polvos combustibles. Parte 1-2: Aparatos eléctricos protegidos con envolventes. Selección, instalación y mantenimiento
60335-2-41	1997	Seguridad de los aparatos electrodomésticos y análogos. Parte 2: Requisitos particulares para bombas eléctricas para líquidos con temperatura que no exceda de 35 ˚C
60335-2-60	1999	Seguridad de los aparatos electrodomésticos y análogos. Parte 2: Requisitos particulares para bañeras de hidromasaje y aparatos análogos
60335-2-76	2001	Seguridad de los aparatos electrodomésticos y análogos. Parte 2: Requisitos particulares para los electrificadores de cercas
60742	1996	Transformadores de separación de circuitos y transformadores de seguridad. Requisitos
61558-2-4	1999	Seguridad de los transformadores, unidades de alimentación y análogos. Parte 2-4: Requisitos particulares para los transformadores de separación de circuito para uso general
61558-2-4 ERRATUM	2001	Seguridad de los transformadores, unidades de alimentación y análogos. Parte 2-4: Requisitos particulares para los transformadores de separación de circuito para uso general
61558-2-5	1999	Seguridad de los transformadores, unidades de alimentación y análogos. Parte 2-5: Requisitos particulares para los transformadores y unidades de alimentación para máquinas de afeitar

3.4. Normas para materiales / Aparamenta para alumbrado		
Norma UNE	Año	
20062	1993	Aparatos autónomos para alumbrado de emergencia con lámparas de incandescencia
20392	1993	Aparatos autónomos para alumbrado de emergencia con lámparas de fluorescencia. Prescripciones de funcionamiento
Norma UNE-EN	Año	
60061-2/A1	1997	Casquillos y portalámparas junto con los calibres para el control de la intercambiabilidad y de la seguridad. Parte 2: Portalámparas
60061-2/A18	1999	Casquillos y portalámparas junto con los calibres para el control de la intercambiabilidad y de la seguridad. Parte 2: Portalámparas
60061-2/A19	2000	Casquillos y portalámparas junto con los calibres para el control de la intercambiabilidad y de la seguridad. Parte 2: Portalámparas
60061-2/A20	2000	Casquillos y portalámparas junto con los calibres para el control de la intercambiabilidad y de la seguridad. Parte 2: Portalámparas
60061-2/A2	1998	Casquillos y portalámparas junto con los calibres para el control de la intercambiabilidad y de la seguridad. Parte 2: Portalámparas
60061-2/A3	1998	Casquillos y portalámparas junto con los calibres para el control de la intercambiabilidad y de la seguridad. Parte 2: Portalámparas
60061-2/A4	1998	Casquillos y portalámparas junto con los calibres para el control de la intercambiabilidad y de la seguridad. Parte 2: Portalámparas
60061-2/A5	1998	Casquillos y portalámparas junto con los calibres para el control de la intercambiabilidad y de la seguridad. Parte 2: Portalámparas
60061-2/A6	1998	Casquillos y portalámparas junto con los calibres para el control de la intercambiabilidad y de la seguridad. Parte 2: Portalámparas
60061-2/A7	1998	Casquillos y portalámparas junto con los calibres para el control de la intercambiabilidad y de la seguridad. Parte 2: Portalámparas
60598-2-3	1997	Luminarias. Parte 2: Reglas particulares. Sección 3: Luminarias para alumbrado público
60598-2-3/A1	1997	Luminarias. Parte 2: Requisitos particulares. Sección 3: Luminarias para alumbrado público
60598-2-3/A2	2001	Luminarias. Parte 2: Requisitos particulares. Sección 3: Luminarias para alumbrado público
60598-2-18	1997	Luminarias. Parte 2: Reglas particulares. Sección 18: Luminarias para piscinas y análogos
60598-2-22	1999	Luminarias. Parte 2: Reglas particulares. Sección 22: Luminarias para alumbrados de emergencia
60669-1	1996	Interruptores para instalaciones eléctricas fijas, domésticas y análogas. Parte 1: Prescripciones generales

3.5. Aparamenta		
Norma UNE	Año	
20315	1994	Bases de toma de corriente y clavijas para usos domésticos y análogos
60309-1	2001	Tomas de corriente para usos industriales. Parte 1: Requisitos generales
60309-2	2001	Tomas de corriente para usos industriales. Parte 2: Requisitos de intercambiabilidad dimensional para los accesorios de espigas y alveolos
60669-1	1996	Interruptores para instalaciones eléctricas fijas, domésticas y análogas. Parte 1: Prescripciones generales
60669-1 ERRATUM	2000	Interruptores para instalaciones eléctricas fijas, domésticas y análogas. Parte 1: Prescripciones generales
60669-1/A2	1998	Interruptores para instalaciones eléctricas fijas, domésticas y análogas. Parte 1: Prescripciones generales
60831-1	1998	Condensadores de potencia autorregenerables a instalar en paralelo en redes de corriente alterna de tensión norminal inferior o igual a 1000 V. Parte 1: Generalidades. Características de funcionamiento, ensayos y valores nominales. Prescripciones de seguridad. Guía de instalación y explotación
60831-2	1998	Condensadores de potencia autorregenerables a instalar en paralelo en redes de corriente alterna de tensión norminal inferior o igual a 1000 V. Parte 2: Ensayos de envejecimiento, autorregeneración y destrucción
60947-2	1998	Aparamenta de baja tensión. Parte 2: Interruptores automáticos
60947-2/A1	1999	Aparamenta de baja tensión. Parte 2: Interruptores automáticos
60998-2-1	1996	Dispositivos de conexión para circuitos de baja tensión para usos domésticos y análogos. Parte 2-1: Reglas particulares para dispositivos de conexión independientes con elementos de apriete con tornillo

3.6. Aparamenta para atmósferas explosivas		
Norma UNE-EN	Año	
50015	1998	Material eléctrico para atmósferas potencialmente explosivas. Inmersión en aceite “o”
50018	1996	Material eléctrico para atmósferas potencialmente explosivas. Envolvente antideflagrante “d”
50020	1997	Material eléctrico para atmósferas potencialmente explosivas. Seguridad intrínseca “i”
50020 CORRIGENDUM	1999	Material eléctrico para atmósferas potencialmente explosivas. Seguridad intrínseca “i”
50039	1996	Material eléctrico para atmósferas potencialmente explosivas. Sistemas eléctricos de seguridad intrínseca “i”

3.6. Aparamenta para atmósferas explosivas (continuación)		
Norma UNE-EN	Año	
60079-10	1997	Material eléctrico para atmósferas de gas explosivas. Parte 10: Clasificación de emplazamientos peligrosos
60079-14	1998	Material eléctrico para atmósferas de gas explosivas. Parte 14: Instalaciones eléctricas en áreas peligrosas (a excepción de las minas)
60079-17	1998	Material eléctrico para atmósferas de gas explosivas. Parte 17: Inspección y mantenimiento de instalaciones eléctricas en áreas peligrosas (con excepción de las minas)
Norma CEI	Año	
60079-19	1993	Material eléctrico para atmósferas explosivas de gas. Parte 19: Reparación y revisión del material empleado de atmósferas explosivas (excluidas las minas o la fabricación de explosivos)
3.7. Conductores		
Norma UNE	Año	
21302-461	1990	Vocabulario electrotécnico. Capítulo 461: Cables eléctricos
21302-461/1M	1995	Vocabulario electrotécnico. Capítulo 461: Cables eléctricos
21302-461/2M	1999	Vocabulario electrotécnico. Capítulo 461: Cables eléctricos
21302-601	1991	Vocabulario electrotécnico. Capítulo 601: Producción, transporte y distribución de la energía eléctrica. Generalidades
21302-601/1M	2000	Vocabulario electrotécnico. Capítulo 601: Producción, transporte y distribución de la energía eléctrica. Generalidades
21302-602	1991	Vocabulario electrotécnico. Capítulo 601: Producción, transporte y distribución de la energía eléctrica. Producción
21302-603	1991	Vocabulario electrotécnico. Capítulo 603: Producción, transporte y distribución de energía eléctrica. Planificación de redes
21302-603/1M	2000	Vocabulario electrotécnico. Capítulo 603: Producción, transporte y distribución de energía eléctrica. Planificación de redes
21302-604	1991	Vocabulario electrotécnico. Capítulo 604: Producción, transporte y distribución de energía eléctrica. Explotación
21302-604/1M	2000	Vocabulario electrotécnico. Capítulo 604: Producción, transporte y distribución de energía eléctrica. Explotación
21302-605	1991	Vocabulario electrotécnico. Capítulo 605: Producción, transporte y distribución de energía eléctrica. Subestaciones
21302-826	1991	Vocabulario electrotécnico. Capítulo 826: Instalaciones eléctricas en edificios

3.7. Conductores (continuación)		
Norma UNE	Año	
21302-826/1M	1991	Vocabulario electrotécnico. Capítulo 826: Instalaciones eléctricas en edificios
21302-826/2M	1998	Vocabulario electrotécnico. Capítulo 826: Instalaciones eléctricas en edificios
21302-826/3M	2001	Vocabulario electrotécnico. Capítulo 826: Instalaciones eléctricas en edificios
21302-841	1990	Vocabulario electrotécnico. Capítulo 841: Electrotermia industrial
21302-845	1995	Vocabulario electrotécnico. Capítulo 845: Iluminación
20431	1982	Características de los cables eléctricos resistentes al fuego
21012	1971	Cables de cobre para líneas eléctricas aéreas. Especificación
21018	1980	Normalización de conductores desnudos a base de aluminio para líneas eléctricas aéreas
21022	1982	Conductores de cables aislados
21022/1M	1993	Conductores de cables aislados
21022-2	1985	Conductores de cables aislados. Guía sobre los límites dimensionales de los conductores circulares
21022-2/1M	1991	Conductores de cables aislados. Guía sobre los límites dimensionales de los conductores circulares
21027-1	1998	Cables aislados con goma de tensiones asignadas inferiores o iguales a 450/750 V. Prescripciones generales
21027-2	1998	Cables aislados con goma de tensiones asignadas inferiores o iguales a 450/750 V. Métodos de ensayo
21027-3	1996	Cables aislados con goma de tensiones nominales U_0/U inferiores o iguales a 450/750 V. Parte 3: Cables aislados con silicona resistentes al calor
21027-3/1C	1997	Cables aislados con goma de tensiones nominales U_0/U inferiores o iguales a 450/750 V. Parte 3: Cables aislados con silicona resistentes al calor
21027-3/1M	1999	Cables aislados con goma de tensiones asignadas inferiores o iguales a 450/750 V. Parte 3: Cables aislados con silicona resistente al calor
21027-4	1996	Cables aislados con goma de tensiones nominales U_0/U inferiores o iguales a 450/750 V. Parte 4: Cables flexibles
21027-4/1M	1999	Cables aislados con goma de tensiones asignadas inferiores o iguales a 450/750 V. Parte 4: Cables flexibles
21027-6	1996	Cables aislados con goma de tensiones nominales U_0/U inferiores o iguales a 450/750 V. Parte 6: Cables para máquinas de soldar
21027-6/1M	1999	Cables aislados con goma de tensiones asignadas inferiores o iguales a 450/750 V. Punto 6: Cables para máquinas de soldar

3.7. Conductores (continuación)		
Norma UNE	Año	
21027-7	1996	Cables aislados con goma de tensiones nominales U_0/U inferiores o iguales a 450/750 V. Parte 7: Cables resistentes al calor, para cableado interno, para temperaturas en el conductor de hasta 110 ˚C
21027-7/1M	1999	Cables aislados con goma de tensiones asignadas inferiores o iguales a 450/750 V. Parte 7: Cables resistentes al calor, para cableado interno, para temperaturas en el conductor de hasta 110 ˚C
21027-8	1995	Cables aislados con goma de tensiones nominales U_0/U inferiores o iguales a 450/750 V. Parte 8: Cables con cubierta de policloropreno o elastómero sintético equivalente, para guirnaldas luminosas
21027-8/1M	1999	Cables aislados con goma de tensiones asignadas inferiores o iguales a 450/750 V. Parte 8: Cables con cubierta de policloropreno o elastómero sintético equivalente, para guirnaldas luminosas
21027-9	1996	Cables aislados con goma de tensiones nominales U_0/U inferiores o iguales a 450/750 V. Parte 9: Cables unipolares sin cubierta para instalación fija, con baja emisión de humos y gases corrosivos
21027-9/1M	1999	Cables aislados con goma de tensiones asignadas inferiores o iguales a 450/750 V. Parte 9: Cables unipolares sin cubierta para instalación fija, con baja emisión de humos y gases corrosivos
21027-10	1995	Cables aislados con goma de tensiones nominales U_0/U inferiores o iguales a 450/750 V. Parte 10: Cables flexibles con aislamiento de EPR y cubierta de poliuretano
21027-10/1M	1999	Cables aislados con goma de tensiones asignadas inferiores o iguales a 450/750 V. Parte 10: Cables flexibles con aislamiento de EPR y cubierta de poliuretano
21027-11	1995	Cables aislados con goma de tensiones nominales U_0/U inferiores o iguales a 450/750 V. Parte 11: Cables con aislamiento y cubierta de EVA
21027-11/1M	1999	Cables aislados con goma de tensiones asignadas inferiores o iguales a 450/750 V. Parte 11: Cables con aislamiento y cubierta de EVA
21027-12	1996	Cables aislados con goma de tensiones nominales U_0/U inferiores o iguales a 450/750 V. Parte 12: Cables flexibles con aislamiento de EPR resistente al calor
21027-12/1M	1999	Cables aislados con goma de tensiones nominales U_0/U inferiores o iguales a 450/750 V. Parte 12: Cables flexibles con aislamiento de EPR resistente al calor
21027-13	1996	Cables aislados con goma de tensiones nominales U_0/U inferiores o iguales a 450/750 V. Parte 13: Cables flexibles con aislamiento y cubierta de compuesto reticulado con baja emisión de humos y gases corrosivos

3.7. Conductores (continuación)		
Norma UNE	Año	
21027-13/1M	2000	Cables aislados con goma de tensiones asignadas inferiores o iguales a 450/750 V. Parte 13: Cables flexibles con aislamiento y cubierta de compuesto reticulado con baja emisión de humos y gases corrosivos
21027-14	1996	Cables aislados con goma de tensiones nominales U_0/U inferiores o iguales a 450/750 V. Parte 14: Cables para aplicaciones que requieren una alta flexibilidad
21027-14/1M	1999	Cables aislados con goma de tensiones asignadas inferiores o iguales a 450/750 V. Parte 14: Cables para aplicaciones que requieren una alta flexibilidad
21027-15	1999	Cables aislados con goma de tensiones nominales U_0/U inferiores o iguales a 450/750 V. Parte 15: Cables multiconductores con aislamiento y cubierta de silicona resistente al calor
21027-16	2000	Cables aislados con goma de tensiones nominales U_0/U inferiores o iguales a 450/750 V. Parte 16: Cables con cubierta de policloropreno o elastómero sintético equivalente, resistente al agua
21030	1996	Conductores aislados cableados en haz de tensión asignada 0,6/1 kV, para líneas de distribución y acometidas
21031-1	1998	Cables aislados con policloruro de vinilo de tensiones asignadas inferiores o iguales a 450/750 V. Parte 1: Prescripciones generales
21031-2	1998	Cables aislados con policloruro de vinilo de tensiones asignadas inferiores o iguales a 450/750 V. Parte 2: Métodos de ensayo
21031-3	1996	Cables aislados con policloruro de vinilo de tensiones nominales U_0/U inferiores o iguales a 450/750 V. Parte 3: Cables sin cubierta para instalaciones fijas
21031-3/1M	2000	Cables aislados con policloruro de vinilo de tensiones asignadas inferiores o iguales a 450/750 V. Parte 3: Cables sin cubierta para instalaciones fijas
21031-4	1992	Cables aislados con policloruro de vinilo de tensiones nominales U_0/U inferiores o iguales a 450/750 V. Parte 4: Cables con cubierta para instalaciones fijas
21031-5	1994	Cables aislados con policloruro de vinilo de tensiones nominales U_0/U inferiores o iguales a 450/750 V. Cables flexibles
21031-5/1C	2001	Cables aislados con policloruro de vinilo de tensiones nominales U_0/U inferiores o iguales a 450/750 V. Parte 5: Cables flexibles. Cables de más de 5 conductores con cubierta normal de policloruro de vinilo
21031-5/1M	2000	Cables aislados con policloruro de vinilo de tensiones asignadas inferiores o iguales a 450/750 V. Cables flexibles
21031-5/2M	2001	Cables aislados con policloruro de vinilo de tensiones asignadas inferiores o iguales a 450/750 V. Parte 5: Cables flexibles

3.7. Conductores (continuación)		
Norma UNE	Año	
21031-7	1996	Cables aislados con policloruro de vinilo de tensiones nominales U_0/U inferiores o iguales a 450/750 V. Parte 7: Cables sin cubierta para cableado interno para una temperatura del conductor 90 ˚C
21031-7/1M	2000	Cables aislados con policloruro de vinilo de tensiones asignadas inferiores o iguales a 450/750 V. Parte 7: Cables sin cubierta para cableado interno para una temperatura del conductor 90 ˚C
21031-8	2000	Cables aislados con policloruro de vinilo de tensiones nominales U_0/U inferiores o iguales a 450/750 V. Cables sin cubierta para guirnaldas luminosas
21031-9	1996	Cables aislados con policloruro de vinilo de tensiones nominales U_0/U inferiores o iguales a 450/750 V. Parte 9: Cables para instalaciones fijas a baja temperatura
21031-9/1M	2000	Cables aislados con policloruro de vinilo de tensiones asignadas inferiores o iguales a 450/750 V. Parte 9: Cables unipolares sin cubierta para instalación a baja temperatura
21031-10	2001	Cables aislados con policloruro de vinilo de tensiones nominales U_0/U inferiores o iguales a 450/750 V. Parte 10: Cables extensibles
21031-11	1996	Cables aislados con policloruro de vinilo de tensiones nominales U_0/U inferiores o iguales a 450/750 V. Parte 11: Cables para luminarias
21031-11/1M	2001	Cables aislados con policloruro de vinilo de tensiones asignadas inferiores o iguales a 450/750 V. Parte 11: Cables para luminarias
21031-12	1995	Cables aislados con policloruro de vinilo de tensiones nominales U_0/U inferiores o iguales a 450/750 V. Parte 12: Cables flexibles resistentes al calor
21031-12/1M	2001	Cables aislados con policloruro de vinilo de tensiones asignadas inferiores o iguales a 450/750 V. Parte 12: Cables flexibles resistentes al calor
21031-13	1996	Cables aislados con policloruro de vinilo de tensiones nominales U_0/U inferiores o iguales a 450/750 V. Parte 13: Cables de dos o más conductores con cubierta de PVC resistente al aceite
21031-13/1M	2001	Cables aislados con policloruro de vinilo de tensiones asignadas inferiores o iguales a 450/750 V. Parte 13: Cables de dos o más conductores con cubierta de PVC resistente al aceite
21123-1	1999	Cables eléctricos de utilización industrial de tensión asignada 0,6/1 kV. Parte 1: Cables con aislamiento y cubierta de policloruro de vinilo
21123-2	1999	Cables eléctricos de utilización industrial de tensión asignada 0,6/1 kV. Parte 2: Cables con aislamiento de polietileno reticulado y cubierta de policloruro de vinilo

A

3.7. Conductores (continuación)		
Norma UNE	Año	
21123-3	1999	Cables eléctricos de utilización industrial de tensión asignada 0,6/1 kV. Parte 3: Cables con aislamiento de etileno-propileno y cubierta de policloruro de vinilo
21123-4	1999	Cables eléctricos de utilización industrial de tensión asignada 0,6/1 kV. Parte 4: Cables con aislamiento de polietileno reticulado y cubierta de poliolefina
21123-5	1999	Cables eléctricos de utilización industrial de tensión asignada 0,6/1 kV. Parte 5: Cables con aislamiento de etileno-propileno y cubierta de poliolefina
21144-1-1	1997	Cables eléctricos. Cálculo de la intesidad admisible. Parte 1: Ecuaciones de intensidad admisible (factor de carga 100%) y cálculo de pérdidas. Sección 1: Generalidades
21144-1-2	1997	Cables eléctricos. Cálculo de la intesidad admisible. Parte 1: Ecuaciones de intensidad admisible (factor de carga 100%) y cálculo de pérdidas. Sección 2: Factores de pérdidas por corrientes de Foulcault en las cubiertas en el caso de dos circuitos en capas
21144-2-1	1997	Cables eléctricos. Cálculo de la intesidad admisible. Parte 2: Resistencia térmica. Sección 1: Cálculo de la resistencia térmica
21144-2-2	1997	Cables eléctricos. Cálculo de la intesidad admisible. Parte 2: Resistencia térmica. Sección 2: Método de cálculo de los coeficientes de reducción de la intensidad admisible para grupos de cables al aire y protegidos de la radiación solar
21144-3-1	1997	Cables eléctricos. Cálculo de la intesidad admisible. Parte 3: Secciones sobre condiciones de funcionamiento. Sección 1: Condiciones de funcionamiento de referencia y selección del tipo de cable
21150	1986	Cables flexibles para servicios móviles, aislados con goma de etileno-propileno y cubierta reforzada de policloropreno o elastómero equivalente de tensión nominal 0,6/1 kV
21155-1	1994	Cables calefactores de tensión nominal 300/500 V para calefacción de locales y prevención de formación de hielo
21157-1	1996	Cables con aislamiento mineral de tensión nominal no superior a 750 V. Parte 1: Cables
21166	1989	Cables para alimentación de bombas sumergidas
211002	2000	Cables de tensión asignada hasta 450/750 V con aislamiento de compuesto termoplástico de baja emisión de humos y gases corrosivos. Cables unipolares sin cubierta para instalaciones fijas.
Norma UNE-HD	Año	
603 (serie)		Cables de distibución de tensión asignada 0,6/1 kV

3.7. Conductores (continuación)		
Norma EN	Año	
61196-2	1995	Cables para frecuencias radioeléctricas. Parte 2: Cables semirrígidos y coaxiales con aislamiento de politetrafluoretileno (PTFE). Especificación intermedia
61196-3	1999	Cables para frecuencias radioeléctricas. Parte 3: Especificación intermedia para cables coaxiales para redes locales
61196-3-2	1998	Cables para radiofrecuencia. Parte 3-2: Cables coaxiales para comunicación digital en cableado horizontal de inmuebles. Especificación particular para cables coaxiales con dieléctricos sólidos para redes de área local de 185 m cada una y hasta 10 Mb/s
61196-3-3	1998	Cables para radiofrecuencia. Parte 3-3: Cables coaxiales para comunicación digital en cableado horizontal de inmuebles. Especificación particular para cables coaxiales con dieléctricos expandidos para redes de área local de 186 m cada una y hasta 10 Mb/s
Norma CEI	Año	
60189-2	1981	Cables e hilos para bajas frecuencias con aislamiento y cubierta de PVC. Cables con formación en pares, tríos, cuadretes y quintetes para instalaciones interiores
60189-2/A1	1989	Cables e hilos para bajas frecuencias con aislamiento y cubierta de PVC. Cables con formación en pares, tríos, cuadretes y quintetes para instalaciones interiores
60189-2/A2	1996	Cables e hilos para bajas frecuencias con aislamiento y cubierta de PVC. Cables con formación en pares, tríos, cuadretes y quintetes para instalaciones interiores
3.8. Conducciones		
Norma UNE	Año	
36582	1986	Perfiles tubulares de acero, de pared gruesa, galvanizados, para blindaje de conducciones eléctricas (tubo “conduit”)
Norma UNE-EN	Año	
50085-1	1997	Sistemas para canales para cables y sistemas de conductos cerrados de sección no circular para cables en instalaciones eléctricas. Parte 1: Requisitos generales
50085-1/A1	1999	Sistemas para canales para cables y sistemas de conductos cerrados de sección no circular para cables en instalaciones eléctricas. Parte 1: Requisitos generales
50086-1	1995	Sistemas de tubos para instalaciones eléctricas. Parte 1: Requisitos generales
50086-1 ERRATUM	1996	Sistemas de tubos para instalaciones eléctricas. Parte 1: Requisitos generales
50086-1 CORRIGENDUM	2001	Sistemas de tubos para la conducción de cables. Parte 1: Requisitos generales
50086-2-1	1997	Sistemas de tubos para instalaciones eléctricas. Parte 2-1: Requisitos particulares para sistemas de tubos rígidos

A

3.8. Conducciones (continuación)		
Norma UNE-EN	Año	
50086-2-1 CORRIGENDUM	2001	Sistemas de tubos para conducciones de cables. Parte 2-1: Requisitos particulares para sistemas de tubos rígidos
50086-2-1/A11	1999	Sistemas de tubos para instalaciones eléctricas. Parte 2-1: Requisitos particulares para sistemas de tubos rígidos
50086-2-1/A11 CORRIGENDUM	2001	Sistemas de tubos para la conducción de cables. Parte 2-1: Requisitos particulares para sistemas de tubos rígidos
50086-2-2	1997	Sistemas de tubos para instalaciones eléctricas. Parte 2-2: Requisitos particulares para sistemas de tubos curvables
50086-2-2 CORRIGENDUM	2001	Sistemas de tubos para la conducción de cables. Parte 2-2: Requisitos particulares para sistemas de tubos curvables
50086-2-2/A11	1999	Sistemas de tubos para instalaciones eléctricas. Parte 2-2: Requisitos particulares para sistemas de tubos curvables
50086-2-2/A11 CORRIGENDUM	2001	Sistemas de tubos para la conducción de cables. Parte 2-2: Requisitos particulares para sistemas de tubos curvables
50086-2-3	1997	Sistemas de tubos para instalaciones eléctricas. Parte 2-3: Requisitos particulares para sistemas de tubos flexibles
50086-2-3 CORRIGENDUM	2001	Sistemas de tubos para la conducción de cables. Parte 2-3: Requisitos particulares para sistemas de tubos flexibles
50086-2-3/A11	1999	Sistemas de tubos para instalaciones eléctricas. Parte 2-3: Requisitos particulares para sistemas de tubos flexibles
50086-2-3/A11 CORRIGENDUM	2001	Sistemas de tubos para la conducción de cables. Parte 2-3: Requisitos particulares para sistemas de tubos flexibles
50086-2-3/A11 ERRATUM	2000	Sistemas de tubos para instalaciones eléctricas. Parte 2-3: Requisitos particulares para sistemas de tubos flexibles
50086-2-4	1995	Sistemas de tubos para instalaciones eléctricas. Parte 2-4: Requisitos particulares para sistemas de tubos enterrados
50086-2-4 CORRIGENDUM	2001	Sistemas de tubos para la conducción de cables. Parte 2-4: Requisitos particulares para sistemas de tubos enterrados
50086-2-4/A1	2001	Sistemas de tubos para la conducción de cables. Parte 2-4: Requisitos particulares para sistemas de tubos enterrados
60423	1999	Tubos de protección de conductores. Diámetros exteriores de los tubos para instalaciones eléctricas y roscas para tubos y accesorios

3.9. Transmisiones		
Norma UNE-EN	Año	
50065-1	1994	Transmisiones de señales por la red eléctrica de baja tensión en la banda de frecuencias de 3 kHz a 148,5 kHz. Reglas generales, bandas de frecuencia y perturbaciones electromagnéticas
50065-1/A1	1994	Transmisiones de señales por la red eléctrica de baja tensión en la banda de frecuencias de 3 kHz a 148,5 kHz. Parte 1: Reglas generales, bandas de frecuencia y perturbaciones electromagnéticas
50065-1/A2	1997	Transmisión de señales por la red eléctrica de baja tensión en la banda de frecuencias de 3 kHz a 148,5 kHz. Reglas generales, bandas de frecuencia y perturbaciones electromagnéticas
50065-1/A3	1997	Transmisión de señales por la red eléctrica de baja tensión en la banda de frecuencias de 3 kHz a 148,5 kHz. Reglas generales, bandas de frecuencia y perturbaciones electromagnéticas
3.10. Ensayos para materiales		
Norma UNE-EN	Año	
50200	2000	Método de ensayo de la resistencia al fuego de los cables de pequeñas dimensiones sin protección, para uso en circuitos de emergencia
50266-1	2001	Métodos de ensayo comunes para cables sometidos al fuego. Ensayo de propagación vertical de la llama de cables colocados en capas en posición vertical. Parte 1: Equipo de ensayo
50266-2-1	2001	Métodos de ensayo comunes para cables sometidos al fuego. Ensayo de propagación vertical de la llama de cables colocados en capas en posición vertical. Parte 2-1: Procedimientos. Categoría A F/R
50266-2-2	2001	Métodos de ensayo comunes para cables sometidos al fuego. Ensayo de propagación vertical de la llama de cables colocados en capas en posición vertical. Parte 2-2: Procedimientos. Categoría A
50266-2-3	2001	Métodos de ensayo comunes para cables sometidos al fuego. Ensayo de propagación vertical de la llama de cables colocados en capas en posición vertical. Parte 2-3: Procedimientos. Categoría B
50266-2-4	2001	Métodos de ensayo comunes para cables sometidos al fuego. Ensayo de propagación vertical de la llama de cables colocados en capas en posición vertical. Parte 2-4: Procedimientos. Categoría C
50266-2-5	2001	Métodos de ensayo comunes para cables sometidos al fuego. Ensayo de propagación vertical de la llama de cables colocados en capas en posición vertical. Parte 2-5: Procedimientos. Categoría D
50267-1	1999	Métodos de ensayo comunes para cables sometidos al fuego. Ensayo de gases desprendidos durante la combustión de materiales procedentes de los cables. Parte 1: Equipo

A

3.10. Ensayos para materiales (continuación)		
Norma UNE-EN	Año	
50267-2-1	1999	Métodos de ensayo comunes para cables sometidos al fuego. Ensayo de gases desprendidos durante la combustión de materiales procedentes de los cables. Parte 2: Procedimientos. Sección 1: Determinación de la cantidad de gases halógenos ácidos
50267-2-3	1999	Métodos de ensayo comunes para cables sometidos al fuego. Ensayo de gases desprendidos durante la combustión de materiales procedentes de los cables. Parte 2: Procedimientos. Sección 3: Determinación del grado de acidez de los gases de los cables a partir de la medida de la media ponderada del PH y de la conductividad
50268-1	2000	Métodos de ensayo comunes para cables sometidos al fuego. Medida de la densidad de los humos emitidos por cables en combustión bajo condiciones definidas. Parte 1: Equipo de ensayo
50268-2	2000	Métodos de ensayo comunes para cables sometidos al fuego. Medida de la densidad de los humos emitidos por cables en combustión bajo condiciones definidas. Parte 2: Procedimiento
60695-2-1/0	1997	Ensayos relativos a los riesgos del fuego. Parte 2: Métodos de ensayo. Sección 1/Hoja 0: Métodos de ensayo al hilo incandescente. Generalidades
60695-2-1/1	1997	Ensayos relativos a los riesgos del fuego. Parte 2: Métodos de ensayo. Sección 1/Hoja 1: Ensayo al hilo incandescente en productos acabados y guía
60695-2-1/2	1996	Ensayos relativos a los riesgos del fuego. Parte 2: Métodos de ensayo. Sección 1/Hoja 2: Ensayo de inflamabilidad al hilo incandescente en materiales
60695-2-1/3	1996	Ensayos relativos a los riesgos del fuego. Parte 2: Métodos de ensayo. Sección 1/Hoja 3: Ensayo de ignición al hilo incandescente en materiales
60695-11-10	2000	Ensayos relativos a los riesgos del fuego. Parte 11-10: Llamas de ensayo. Métodos de ensayo horizontal y vertical a la llama de 50 W

4. TERMINOLOGÍA. ITC-BT-01

CONSIDERACIONES GENERALES

Las definiciones específicas de los términos utilizados en las ITC particulares pueden encontrarse en el texto de dichas ITC.
Para aquellos términos no definidos en la presente instrucción ni en las ITC particulares se aplicará lo dispuesto en la norma UNE 21.302.

DEFINICIÓN

Aislamiento de un cable

Conjunto de materiales aislantes que forman parte de un cable y cuya función específica es soportar la tensión.

Aislamiento principal

Aislamiento de las partes activas, cuyo deterioro podría provocar riesgo de choque eléctrico.

Aislamiento funcional

Aislamiento necesario para garantizar el funcionamiento normal y la protección fundamental contra los choques eléctricos.

Aislamiento reforzado

Aislamiento cuyas características mecánicas y eléctricas hace que pueda considerarse equivalente a un doble aislamiento.

Aislamiento suplementario

Aislamiento independiente, previsto además del aislamiento principal, a efectos de asegurar la protección contra choque eléctrico en caso de deteriodo del aislamiento principal.

Aislante

Substancia o cuerpo cuya conductividad es nula o, en la práctica, muy débil.

Alta sensibilidad

Se consideran los interruptores diferenciales como de alta sensibilidad cuando el valor de ésta es igual o inferior a 30 mA.

Amovible

Calificativo que se aplica a todo material instalado de manera que se pueda quitar fácilmente.

Aparato amovible

Puede ser:
– Aparato portátil a mano, cuya utilización, en uso normal, exige la acción constante de la misma.
– Aparato movible, cuya utilización, en uso normal, puede necesitar su desplazamiento.
– Aparato semifijo, sólo puede ser desplazado cuando está sin tensión.

Aparato de caldeo eléctrico

Aparato que produce calor de forma deliberada por medio de fenómenos eléctricos. Destinado a elevar la temperatura de un determinado medio o fluido.

Aparamenta

Equipo, aparato o material previsto para ser conectado a un circuito eléctrico con el fin de asegurar una o varias de las siguientes funciones: protección, control, seccionamiento, conexión.

Aparato fijo	Es el que está instalado en forma inamovible.
Bandeja	Material de instalación constituido por un perfil, de paredes perforadas o sin perforar, destinado a soportar cables y abierto en su parte superior.
Base móvil	Base prevista para conectarse a, o a integrarse con, cables flexibles y que puede desplazarse fácilmente cuando está conectada al circuito de alimentación.
Borne o barra principal de tierra	Borne o barra prevista para la conexión a los dispositivos de puesta a tierra de los conductores de protección, incluyendo los conductores de equipotencialidad y eventualmente los conductores de puesta a tierra funcional.
Cable	Conjunto constituido por: – Uno o varios conductores aislados – Su eventual revestimiento individual – La eventual protección del conjunto – El o los eventuales revestimientos de protección que se dispongan. Pueden tener, además, uno o varios conductores no aislados.
Cable blindado con aislamiento mineral	Cable aislado por una materia mineral y que tiene una cubierta de protección constituida por cobre, aluminio o aleación de éstos. Estas cubiertas, a su vez, pueden estar protegidas por un revestimiento adecuado.
Cable con cubierta estanca	Son aquellos cables que disponen de una cubierta interna o externa que proporcionan una protección eficaz contra la penetración de agua.
Cable flexible	Cable diseñado para garantizar una conexión deformable en servicio y en el que la estructura y la elección de los materiales son tales que cumplen las exigencias correspondientes.
Cable flexible fijado permanentemente	Cable flexible de alimentación a un aparato, unido a éste de manera que sólo se pueda desconectar de él con ayuda de un útil.
Cable multiconductor	Cable que incluye más de un conductor, algunos de los cuales puede no estar aislado.
Cable unipolar	Cable que tiene un solo conductor aislado.
Cable con neutro concéntrico	Cable con un conductor concéntrico destinado a utilizarse como conductor de neutro.
Canal	Recinto situado bajo el nivel del suelo o piso y cuyas dimensiones no permiten circular por él y que, en caso de ser cerrado, debe permitir el acceso a los cables en toda su longitud.

Canalización amovible	Canalización que puede ser quitada fácilmente.
Canalización eléctrica	Conjunto constituido por uno o varios conductores eléctricos y los elementos que aseguran su fijación y, en su caso, su protección mecánica.
Canalización fija	Canalización instalada en forma inamovible, que no puede ser desplazada.
Canalización movible	Canalización que puede ser desplazada durante su utilización.
Canal moldura	Variedad de canal de paredes llenas, de pequeñas dimensiones, conteniendo uno o varios alojamientos para conductores.
Canal protectora	Material de instalación constituido por un perfil, de paredes llenas o perforadas, destinado a contener conductores y otros componentes eléctricos y cerrado por una tapa desmontable.
Cebado	Establecimiento de un arco como consecuencia de una perforación de aislamiento.
Cerca eléctrica	Cerca formada por uno o varios conductores, sujetos a pequeños aisladores, montados sobre postes ligeros a una altura apropiada a los animales que se pretende alejar y electrizados de tal forma que las personas o los animales que los toquen no reciban descargas peligrosas.
Circuito	Un circuito es un conjunto de materiales eléctricos (conductores, aparamenta, etc.) de diferentes fases o polaridades, alimentadas por la misma fuente de energía y protegidos contra las sobreintensidades por él o los mismos dispositivos de protección. No quedan incluidos en esta definición los circuitos que formen parte de los aparatos de utilización o receptores.
Conducto	Envolvente cerrada destinada a alojar conductores aislados o cables en las instalaciones eléctricas, y que permiten su reemplazamiento por tracción.
Conductor de un cable	Parte de un cable que tiene la función específica de conducir corriente.
Conductor aislado	Conjunto que incluye el conductor, su aislamiento y sus eventuales pantallas.
Conductor equipotencial	Conductor de protección que asegura una conexión equipotencial.
Conductor flexible	Conductor constituido por alambres suficientemente finos y reunidos de forma que puedan utilizarse como un cable flexible.

Conductor mediano	(ver punto mediano)
Conductor de protección (CP o PE)	Conductor requerido en ciertas medidas de protección contra choques eléctricos y que conecta alguna de las siguientes partes: – Masas – Elementos conductores – Borne principal de tierra – Toma de tierra – Punto de la fuente de alimentación unida a tierra o a un neutro artificial.
Conductor neutro	Conductor conectado al punto de una red y capaz de contribuir al transporte de energía eléctrica.
Conductor CPN o PEN	Conductor puesto a tierra que asegura, al mismo tiempo, las funciones de conductor de protección y de conductor neutro.
Conductores activos	Se consideran como conductores activos en toda instalación los destinados normalmente a la transmisión de la energía eléctrica. Esta consideración se aplica a los conductores de fase y al conductor neutro en corriente alterna y a los conductores polares y al compensador en corriente continua.
Conector	Conjunto destinado a conectar eléctricamente un cable a un aparato eléctrico. Se compone de dos partes: – Una toma móvil, que es la parte que forma cuerpo con el conductor de alimentación. – Una base, que es la parte incorporada o fijada al aparato de utilización.
Conexión equipotencial	Conexión electrica que pone al mismo potencial, o a potenciales prácticamente iguales, a las partes conductoras accesibles y elementos conductores.
Contactor con apertura automática	Contactor electromagnético provisto de relés que producen su apertura en condiciones predeterminadas.
Contactor con contactos abiertos en reposo	Aparato de interrupción no accionado manualmente, con una sola posición de reposo que corresponde a la apertura de sus contactos. El aparato está previsto, corrientemente, para maniobras frecuentes con cargas y sobrecargas normales.
Contactor con contactos cerrados en reposo	Aparato de interrupción no accionado manualmente, con una sola posición de reposo que corresponde al cierre de sus contactos. El aparato está previsto, corrientemente, para maniobras frecuentes con cargas y sobrecargas normales.
Contactor de sobrecarrera	Interruptor contactor de posición que entra en acción cuando un elemento móvil ha sobrepasado su posición de fin de carrera.

Contacto directo	Contacto de personas o animales con partes activas de los materiales y equipos.
Contacto indirecto	Contacto de personas o animales domésticos con partes que se han puesto bajo tensión como resultado de un fallo de aislamiento.
Corriente de contacto	Corriente que pasa a través de cuerpo humano o de un animal cuando está sometido a una tensión eléctrica.
Corriente admisible permanente (de un conductor)	Valor máximo de la corriente que circula permanentemente por un conductor, en condiciones específicas, sin que su temperatura de régimen permanente supere un valor especificado.
Corriente convencional de funcionamiento de un dispositivo de protección	Valor especificado que provoca el funcionamiento del dispositivo de protección antes de transcurrir un intervalo de tiempo determinado de una duración especificada llamado tiempo convencional.
Corriente de cortocircuito franco	Sobreintensidad producida por un fallo de impedancia despreciable, entre dos conductores activos que presentan una diferencia de potencial en condiciones normales de servicio.
Corriente de choque	Corriente de contacto que podría provocar efectos fisiopatológicos.
Corriente de defecto o de falta	Corriente que circula debido a un defecto de aislamiento.
Corriente de defecto a tierra	Corriente que en caso de un solo punto de defecto a tierra, se deriva por el citado punto desde el circuito averiado a tierra o partes conectadas a tierra.
Corriente de fuga de una instalación	Corriente que, en ausencia de fallos, se transmite a la tierra o a elementos conductores del circuito.
Corriente de puesta a tierra	Corriente total que se deriva a tierra a través de la puesta a tierra. Nota: La corriente de puesta a tierra es la parte de la corriente de defecto que provoca la elevación de potencial de una instalación de puesta a tierra.
Corriente de sobrecarga de un circuito	Sobreintensidad que se produce en un circuito, en ausencia de un fallo eléctrico.
Corriente diferencial residual	Suma algebraica de los valores instantáneos de las corrientes que circulan a través de todos los conductores activos de un circuito, en un punto de una instalación eléctrica.
Corriente diferencial residual de funcionamiento	Valor de la corriente diferencial residual que provoca el funcionamiento de un dispositivo de protección.

Cortacircuito fusible

Aparato cuyo cometido es el de interrumpir el circuito en el que está intercalado, por fusión de uno de sus elementos, cuando la intensidad que recorre el elemento sobrepasa, durante un tiempo determinado, un cierto valor.

Corte omnipolar

Corte de todos los conductores activos. Puede ser:
– Simultáneo, cuando la conexión y desconexión se efectúa al mismo tiempo en el conductor neutro o compensador y en las fases o polares.
– No simultáneo, cuando la conexión del neutro o compensador se establece antes que las de las fases o polares y se desconectan éstas antes que el neutro o compensador.

Cubierta de un cable

Revestimiento tubular continuo y uniforme de material metálico o no metálico generalmente extruido.

Choque eléctrico

Efecto fisiopatológico resultante del paso de corriente eléctrica a través del cuerpo humano o de un animal.

Dedo de prueba o sonda portátil de ensayo

Es un dispositivo de forma similar a un dedo, incluso en sus articulaciones internacionalmente normalizado, y que se destina a verificar si las partes activas de cualquier aparato o materias son accesibles o no al utilizador del mismo. Existen varios tipos de dedos de prueba, destinados a diferentes aparatos, según su clase, tensión, etc.

Defecto franco

Defecto de aislamiento cuya impedancia puede considerarse nula.

Defecto monofásico a tierra

Defecto de aislamiento entre un conductor y tierra.

Doble aislamiento

Aislamiento que comprende, a la vez, un aislamiento principal y un aislamiento suplementario.

Elementos conductores

Todos aquellos que pueden encontrarse en un edificio, aparato, etc. y que son susceptibles de transferir una tensión, tales como: estructuras metálicas o de hormigón armado utilizadas en la construcción de edificios (p.e. armaduras, paneles, carpintería metálica, etc.) canalizaciones metálicas de agua, gas, calefacción, etc. y los aparatos no eléctricos conectados a ellas, si la unión constituye una conexión eléctrica (p.e. radiadores, cocinas, fregaderos metálicos, etc.), suelos y paredes conductoras.

Elemento conductor ajeno a la instalación eléctrica

Elemento que no forma parte de la instalación eléctrica y que es susceptible de introducir un potencial, generalmente el de tierra.

Envolvente

Elemento que asegura la protección de los materiales contra ciertas influencias externas y la protección, en cualquier dirección, ante contactos directos.

Factor de diversidad

Inverso del factor de simultaneidad.

Factor de simultaneidad	Relación entre la totalidad de la potencia instalada o prevista para un conjunto de instalaciones o de máquinas, durante un período de tiempo determinado, y las sumas de las potencias máximas absorvidas individualmente por las instalaciones o por las máquinas.
Fuente de energía	Aparato generador o sistema suministrador de energía eléctrica.
Fuente de alimentación de energía	Lugar o punto donde una línea, una red, una instalación o un aparato recibe energía eléctrica que tiene que transmitir, repartir o utilizar.
Gama nominal de tensiones	(ver tensión nominal de un aparato)
Impedancia	Cociente de la tensión en los bornes de un circuito por la corriente que fluye por ellos. Esta definición sólo es aplicable a corrientes sinusoidales.
Impedancia del circuito de defecto	Impedancia total ofrecida al paso de una corriente de defecto.
Instalación eléctrica	Conjunto de aparatos y de circuitos asociados, en previsión de un fin particular: producción, conversión, transformación, transmisión, distribución o utilización de la energía eléctrica.
Instalación eléctrica de edificios	Conjunto de materiales eléctricos asociados a una aplicación determinada cuyas características están coordinadas.
Instalación de puesta a tierra	Conjunto de conexiones y dispositivos necesarios para poner a tierra, individual o colectivamente, un aparato o una instalación.
Instalaciones provisionales	Son aquellas que tienen, en tiempo, una duración limitada a las circunstancias que las motiven. Pueden ser: – De reparación. Las necesarias para paliar un incidente de explotación. – De trabajos. Las realizadas para permitir cambios o transformaciones de las instalaciones, sin interrumpir la explotación. – Semipermanentes. Las destinadas a modificaciones de duración limitada, en el marco de actividades habituales de los locales en los que se repitan periódicamente (Ferias). – De obras. Son las destinadas a la ejecución de trabajos de construcción de edificios y similares.
Intensidad de defecto	Valor que alcanza una corriente de defecto.
Interruptor automático	Interruptor capaz de establecer, mantener e interrumpir las intensidades de corriente de servicio, o de establecer e interrumpir automáticamente, en condiciones predeterminadas, intensidades de corriente anormalmente elevadas, tales como las corrientes de cortocircuito.

Interruptor de control de potencia y magnetotérmico

Aparato de conexión que integra todos los dispositivos necesarios para asegurar de forma coordinada:
– Mando.
– Protección contra sobrecargas.
– Protección contra cortocircuitos.

Interruptor diferencial

Aparato electromecánico o asociación de aparatos destinados a provocar la apertura de los contactos cuando la corriente diferencial alcanza un valor dado.

Línea general de distribución

Canalización eléctrica que enlaza otra canalización, un cuadro de mando y protección o un dispositivo de protección general con el origen de las canalizaciones que alimentan distintos receptores, locales o emplazamientos.

Luminaria

Aparato de alumbrado que reparte, filtra o transforma la luz de una o varias lámparas y que comprende todos los dispositivos necesarios para fijar y proteger las lámparas (excluyendo las propias lámparas) y cuando sea necesario, los circuitos auxiliares junto con los medios de conexión al circuito de alimentación.

Masa

Conjunto de las partes metálicas de un aparato que, en condiciones normales, están aisladas de las partes activas. Las masas comprenden normalmente:
– Las partes metálicas accesibles de los materiales y de los equipos eléctricos, separados de las partes activas solamente por un aislamiento funcional, las cuales son susceptibles de ser puestas en tensión a consecuencia de un fallo de las disposiciones tomadas para asegurar su aislamiento. Este fallo puede resultar de un defecto del aislamiento funcional, o de las disposiciones de fijación y de protección.
– Por tanto, son masas las partes metálicas accesibles de los materiales eléctricos, excepto los de Clase II, las armaduras metálicas de los cables y las condiciones metálicas del agua, gas, etc.
– Los elementos metálicos en conexión eléctrica o en contacto con las superficies exteriores de materiales eléctricos, que estén separadas de las partes activas por aislamientos funcionales, lleven o no estas superficies exteriores algún elemento metálico.
Por tanto son masas: las piezas metálicas que forman parte de las canalizaciones eléctricas, los soportes de aparatos eléctricos con aislamiento funcional, y las piezas colocadas en contacto con la envoltura exterior de estos aparatos.
Por extensión, también puede ser necesario considerar como masas, todo objeto metálico situado en la proximidad de partes activas no aisladas, y que presenta un riesgo apreciable de encontrarse unido eléctricamente con estas partes activas, a consecuencia de un fallo de los medios de fijación (p.e. aflojamiento de una conexión, rotura de un conducto, etc.).

	Nota: Una parte conductora que sólo puede ser puesta bajo tensión en caso de fallo a través de una masa, no puede considerarse como una masa.
Material de clase 0	Material en el cual la protección contra el choque eléctrico se basa en el aislamiento principal, lo que implica que no existe ninguna disposición prevista para la conexión de las partes activas accesibles, si las hay, a un conductor de protección que forme parte del cableado fijo de la instalación. La protección en caso de defecto en el aislamiento principal depende del entorno.
Material de clase I	Material en el cual la protección contra el choque eléctrico no se basa únicamente en el aislamiento principal, sino que comporta una medida de seguridad complementaria en forma de medios de conexión de las partes conductoras accesibles a un conductor de protección puesto a tierra, que forma parte del cableado fijo de la instalación, de forma tal que las partes conductoras accesibles no puedan presentar tensiones peligrosas.
Material de clase II	Material en el cual la protección contra el choque eléctrico no se basa únicamente en el aislamiento principal, sino que comporta medidas de seguridad complementarias, tales como el doble aislamiento o el aislamiento reforzado. Estas medidas no suponen la utilización de puesta a tierra para la protección y no dependen de las condiciones de la instalación. Este material debe estar alimentado por cables con doble aislamiento o con aislamiento reforzado.
Material de clase III	Material en el cual la protección contra el choque eléctrico se basa en la alimentación a muy baja tensión y en el cual no se producen tensiones superiores a 50 V en c.a. o a 75 V en c.c.
Material eléctrico	Cualquier material utilizado en la producción, transformación, transporte, distribución o utilización de la energía eléctrica, como máquinas, transformadores, aparamenta, instrumentos de medida, dispositivos de protección, material para canalizaciones, receptores, etc.
Material móvil	Material que se desplaza durante su funcionamiento, o que puede ser fácilmente desplazado, permaneciendo conectado al circuito de alimentación.
Material portátil (de mano)	Material móvil previsto para ser tenido en la mano en uso normal, incluido el motor si éste forma parte del material.
Nivel de aislamiento	Para un aparato determinado, característica definida por una o más tensiones especificadas de su aislamiento.
Nivel de protección (de un dispositivo de protección contra sobretensiones)	Son los valores de cresta de las tensiones más elevadas admisibles en los bornes de un dispositivo de protección

	cuando está sometido a sobretensiones de formas normalizadas y valores asignados bajo condiciones especificadas.
Partes accesibles simultáneamente	Conductores o partes conductoras que pueden ser tocadas simultáneamente por una persona o, en su caso, por animales domésticos o ganado. Nota: Las partes simultáneamente accesibles pueden ser: partes activas, masas, elementos conductores, conductores de protección, tomas de tierra.
Partes activas	Conductores y piezas conductoras bajo tensión en servicio normal. Incluyen el conductor neutro o compensador y las partes a ellos conectadas. Excepcionalmente, las masas no se consideran como partes activas cuando estén unidas al neutro con finalidad de protección contra contactos indirectos.
Perforación (ruptura eléctrica)	Fallo dieléctrico de un aislamiento por defecto de un campo eléctrico elevado o por la degradación físico-química del material aislante.
Persona adiestrada	Persona suficientemente informada o controlada por personas cualificadas que puede evitar los peligros que pueda presentar la electricidad.
Persona cualificada	Persona que teniendo conocimientos técnicos o experiencia suficiente puede evitar los peligros que pueda presentar la electricidad.
Poder de cierre	El poder de cierre de un dispositivo se expresa por la intensidad de corriente que este aparato es capaz de establecer, bajo una tensión dada, en las condiciones prescritas de empleo y de funcionamiento.
Poder de corte	El poder de corte de un aparato se expresa por la intensidad de corriente que este dispositivo es capaz de cortar, bajo una tensión de restablecimiento determinada, y en las condiciones prescritas de funcionamiento.
Potencia prevista o instalada	Potencia máxima capaz de suministrar una instalación a los equipos y aparatos conectados a ella, ya sea en el diseño de la instalación o en su ejecución, respectivamente.
Potencia nominal de un motor	Es la potencia mecánica disponible sobre su eje, expresada en vatios, kilovatios o megavatios.
Protección contra choques eléctricos en servicio normal	Prevención de contactos peligrosos, de persona o animales, con las partes activas.
Protección contra choques eléctricos en caso de defecto	Prevención de contactos peligrosos de personas o de animales con: – Masas. – Elementos conductores susceptibles de ser puestos bajo tensión en caso de defecto.

Punto a potencial cero

Punto del terreno a una distancia tal de la instalación de toma a tierra, que el gradiente de tensión resulta despreciable cuando pasa por dicha instalación una corriente de defecto.

Punto mediano

Es el punto de un sistema de corriente continua o de alterna monofásica que, en las condiciones de funcionamiento previstas, presenta la misma diferencia de potencial con relación a cada uno de los polos o fases del sistema. A veces se conoce también como punto neutro, por semejanza con los sistemas trifásicos. El conductor que tiene su origen en este punto mediano se denomina conductor mediano, neutro o, en corriente continua, compensador.

Punto neutro

Es el punto de un sistema polifásico que, en las condiciones de funcionamiento previstas, presenta la misma diferencia de potencial con relación a cada uno de los polos o fases del sistema.

Reactancia

Es un dispositivo que se aplica para agregar a un circuito inductancia con distintos objetos, por ejemplo: arranque de motores, conexión en paralelo de transformadores o regulación de corriente. Reactancia limitadora es la que se usa para limitar la corriente cuando se produzca un cortocircuito.

Receptor

Aparato o máquina eléctrica que utiliza la energía eléctrica para un fin determinado.

Red de distribución

El conjunto de conductores con todos sus accesorios, sus elementos de sujeción, protección, etc., que une una fuente de energía con las instalaciones interiores o receptoras.

Red posada

Red posada sobre fachada o muros es aquella en que los conductores aislados se instalan sin quedar sometidos a esfuerzos mecánicos, a excepción de su propio peso.

Red tensada

Red tensada sobre apoyos es aquella en que los conductores se instalan con una tensión mecánica predeterminada, contemplada en las correspondientes tablas de tendido mediante dispositivos de anclaje y suspensión.

Redes de distribución privadas

Son las destinadas, por un único ususario, a la distribución de energía eléctrica en Baja Tensión, a locales o emplazamiento de su propiedad o a otros especialmente autorizados por el órgano competente de la administración. Las redes de distribución privadas pueden tener su origen:
– En centrales de generación propia.
– En redes de distribución pública. En este caso, son aplicables en el punto de entrega de la energía, los preceptos fijados por los reglamentos vigentes que regulen las actividades de distribución, comercialización y suministro de

energía eléctrica, y en las especificaciones particulares de la empresa eléctrica, aprobadas oficialmente, si las hubiera.

Redes de distribución pública

Son las destinadas al suministro de energía eléctrica en Baja Tensión a varios usuarios. En relación con este suministro son de aplicación para cada uno de ellos, los preceptos fijados por los reglamentos vigentes que regulen las actividades de distribución, comercialización y suministro de energía eléctrica.
Las redes de distribución pública pueden ser:
– Pertenecientes a empresas distribuidoras de energía.
– De propiedad particular o colectiva.

Resistencia limitadora

Resistencia que se intercala en un circuito para limitar la corriente circulante.

Resistencia de puesta a tierra

Relación entre la tensión que alcanza con respecto a un punto a potencial cero una instalación de puesta a tierra y la corriente que la recorre.

Resistencia global o total de tierra

Es la resistencia de tierra medida en un punto, considerando la acción conjunta de la totalidad de las puestas a tierra.

Sobreintensidad

Toda corriente superior a un valor asignado. En los conductores, el valor asignado es la corriente admisible.

Suelo o pared no conductor

Suelo o pared no susceptibles de propagar potenciales.
Se considerará así el suelo (o la pared) que presentan una resistencia igual o superior a 50.000 Ω si la tensión nominal de la instalación es ⩽ 500 V y una resistencia igual o superior a 100.000 Ω si es superior a 500 V.
La medida de aislamiento de un suelo se efectúa recubriendo el suelo con una tela húmeda cuadrada de, aproximadamente 270 mm de lado, sobre la que se dispone una placa metálica no oxidada, cuadrada de 250 mm de lado y cargada con una masa M de, aproximadamente, 75 kg (peso medio de una persona).
Se mide la tensión con la ayuda de un voltímetro de gran resistencia interna (R, no inferior a 3.000 Ω, sucesivamente:
– Entre un conductor de fase y la placa metálica (U_2).
– Entre este mismo conductor de fase y una toma de tierra, eléctricamente distinta T, de resistencia despreciable con relación a R_i, se mide la tensión U_1.
La resistencia buscada viene dada por la fórmula:

$$R_s = R_i \cdot \left(\frac{U_1}{U_2} - 1 \right)$$

Se efectúan en un mismo local tres medidas por lo menos, una de las cuales sobre una superficie situada a un metro de un elemento conductor, si existe, en el local considerado.

Ninguna de estas tres medidas debe ser inferior a 50.000 Ω para poder considerar el suelo como no conductor.

	Si el punto neutro de la instalación está aislado de tierra, es necesario, para realizar esta medida, poner temporalmente a tierra una de las fases no utilizada para la misma.
Tensión de contacto	Tensión que aparece entre partes accesibles simultáneamente, al ocurrir un fallo de aislamiento. Notas: 1. Por convenio este término sólo se utiliza en relación con la protección contra contactos indirectos. 2. En ciertos casos el valor de la tensión de contacto puede resultar influido notablemente por la impedancia que presenta la persona en contacto con esas partes.
Tensión de defecto	Tensión que aparece a causa de un defecto de aislamiento, entre dos masas, entre una masa y un elemento conductor, o entre una masa y una toma de tierra de referencia, es decir, un punto en el que el potencial no se modifica al quedar la masa en tensión.
Tensión nominal (o asignada)	Valor convencional de la tensión con la que se denomina un sistema o instalación y para los que ha sido previsto su funcionamiento y aislamiento. Para los sistemas trifásicos se considera como tal la tensión compuesta.
Tensión nominal de una instalación	Tensión por la que se designa una instalación o una parte de la misma.
Tensión nominal de un aparato	Tensión prevista de alimentación del aparato y por la que se designa. Gama nominal de tensiones: intervalo entre los límites de tensión previstas para alimentar el aparato. En caso de alimentación trifásica, la tensión nominal se refiere a la tensión entre fases.
Tensión asignada de un cable	Es la tensión máxima del sistema al que un cable puede estar conectado.
Tensión con relación o respecto a tierra	Se entiende como tensión con relación a tierra: En instalaciones trifásicas con neutro aislado o no unido directamente a tierra, a la tensión nominal de la instalación. En instalaciones trifásicas con neutro unido directamente a tierra, a la tensión simple de la instalación. En instalaciones monofásicas o de corriente continua, sin punto de puesta a tierra, a la tensión nominal. En instalaciones monofásicas o de corriente continua, con punto mediano puesto a tierra, a la mitad de la tensión nominal. Nota: Se entiende por neutro unido directamente a tierra, la unión a la instalación de toma de tierra, sin interposición de una impedancia limitadora.
Tensión de puesta a tierra (tensión a tierra)	Tensión entre una instalación de puesta a tierra y un punto a potencial cero, cuando pasa por dicha instalación una corriente de defecto.

Tierra	Masa conductora de la tierra en la que el potencial eléctrico en cada punto se toma, convencionalmente, igual a cero.
Tierra lejana	Electrodo de tierra conectado a un aparato y situado a una distancia suficiente del mismo para que sea independiente de cualquier otro electrodo de tierra situado cerca del aparato.
Toma de tierra	Electrodo, o conjunto de electrodos, en contacto con el suelo y que asegura la conexión eléctrica con el mismo.
Tubo blindado	Tubo que, además de tener las características del tubo normal, es capaz de resistir, después de su colocación, fuertes presiones y golpes repetidos, y que ofrece una resistencia notable a la penetración de objetos puntiagudos.
Tubo normal	Tubo que es capaz de soportar únicamente los esfuerzos mecánicos que se producen durante su almacenado, transporte y colocación.
Sistemas de alimentación para servicios de seguridad	El sistema comprende la fuente de alimentación y los circuitos, hasta los bornes de los aparatos de utilización. Sistema de alimentación previsto para mantener el funcionamiento de los aparatos esenciales de seguridad de las personas. Ciertas instalaciones pueden incluir también en el suministro los equipos de utilización.
Sistema de doble alimentación	Sistema de alimentación previsto para mantener el funcionamiento de la instalación o partes de ésta, en caso de fallo de suministro normal, por razones distintas a las que afectan a la seguridad de las personas.
Temperatura ambiente	Temperatura del aire u otro medio donde el material vaya a ser utilizado.

Capítulo B
Generalidades



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.

Indice

Generalidades

1. Balance de potencias

1.1. La potencia instalada B/11

2. La legislación y las reglas del buen hacer

2.1. Las instalaciones eléctricas de BT B/13
Las directivas comunitarias asumidas por el estado B/13
El reglamento de BT, de obligado cumplimiento B/13
Las normas europeas UNE-EN B/13
Las normas de las empresas suministradoras de energía .. B/13
Las normas de los entes con capacidad normativa B/13
Exposición B/13
Comentario B/14

2.2. Conformidad de los materiales B/14
Conformidad B/14
Atestación de la conformidad B/15
Un ente reconocido, con marca propia B/15
Un certificado de conformidad a norma, expedido por un laboratorio oficial B/15
Declaración de conformidad B/15
Certificación de aseguramiento de la calidad B/15
El modelo 3 ..... B/15
El modelo 2 ..... B/15
El modelo 1 ..... B/16
El marcado CE B/16
El cumplimiento de la reglamentación europea B/16
Aplicación del marcado CE a los productos B/16
Reflexiones sobre la normativa y el marcado B/17
¿Qué es el marcado CE? B/17
Un cliente me ha pedido una Declaración CE de Conformidad de un producto. ¿Dónde puedo obtenerla? B/17
¿Qué directivas afectan directamente al material eléctrico de BT? B/17
¿Cómo afecta a los componentes eléctricos la Directiva de Máquinas DM? B/17
¿En qué nivel se encuentra la Directiva de Productos de Construcción DPC? B/17
¿El marcado CE es asimilable a una marca de calidad? B/17
¿Por qué no debe utilizarse el marcado CE como argumento comercial? B/18
Los productos de las marcas Schneider Electric ¿cuándo incorporarán el marcado CE? B/18
¿El marcado CE se aplicará en los países no europeos? B/18
Conclusiones B/18

2.3. ¿Quién puede realizar las instalaciones eléctricas? B/18
Categoría básica (IBTB) B/19
Categoría especialista (IBTE) B/19
Deberes a cumplir por los instaladores en sus actuaciones B/19

B

2.4. Legalización de las instalaciones B/20
La tramitación de las instalaciones B/20
Valoración de la importancia de una instalación o modificación . B/21
Instalaciones de nueva planta que necesitan proyecto B/21
Modificaciones y ampliaciones que necesitan proyecto B/22
Instalaciones de nueva planta que necesitan memoria técnica B/22
Ejecución y tramitación de las instalaciones B/23
Puestas en servicio B/24
Verificaciones B/24
Verificaciones previas a las puestas en servicio B/25
Verificaciones periódicas B/25
Procedimientos para las verificaciones B/25
Favorable B/26
Condicionada B/26
Negativa B/26
Concepto de severidad del defecto B/26
Defecto leve B/26
Defecto grave B/26
Defecto muy grave B/27
Realización de las verificaciones B/27
Inspección ocular B/27
Continuidad de los conductores B/28
Verificación del aislamiento B/30
La rigidez dieléctrica B/31
Medición de la resistencia entre las paredes y los suelos y el conductor de protección (tierra) B/31
Medición de la impedancia de los bucles de defecto para regímenes TN B/32
Comprobación de las protecciones contra contactos indirectos y fugas (interruptores diferenciales) B/33
Medida de la resistencia de la toma de tierra B/33
Comprobación de las bases de toma de corriente B/34

3. Los receptores

3.1. Los motores asíncronos B/35
La potencia B/35
Intensidad absorbida B/37
Circuito monofásico. B/37
Circuito trifásico B/37
La intensidad de arranque B/37
Motores de jaula (arranque directo) B/37
Motores de anillos (arranque directo) B/37
Motores de corriente continua B/37
La compensación de la energía inductiva (fluctuante) por energía capacitiva B/37

3.2. Motores de corriente continua B/37
La intensidad de arranque B/38
La intensidad media B/38
Variadores de velocidad para motores de c.c. B/38

3.3. Elementos de calefacción y lámparas incandescentes normales o halógenas B/39

La potencia absorbida B/39
En carga monofásica B/39
En carga trifásica B/39
Resistencias calefactoras B/39
Las lámparas incandescentes B/40
Funcionamiento regulado B/40
Instalación B/40
Lámparas lumínicas, potencias y rendimientos luminosos, características B/41
Cambio de lámparas B/43

3.4. Lámparas de descarga B/43
Lámparas de descarga compacta B/43
Lámparas de descarga de alta intensidad B/44
Balastos para las lámparas HID B/45
Balastos electrónicos B/45
Balastos electromagnéticos (reactancias impregnadas) B/45
Balastos electromagnéticos (reactancias encapsuladas) ... B/47
Balastos electromagnéticos (reactancias blindadas) B/47

3.5. Lámparas fluorescentes B/50
Lámparas convencionales B/50
Áreas de aplicación especial B/50
Lámparas compactas - No integradas B/51
Lámparas fluorescentes compactas - Integradas B/51
Balastos para lámparas fluorescentes B/54
Balastos electrónicos para lámparas fluorescentes B/54
Balastos electromagnéticos B/62

3.6. Tablas simplificadas del consumo de lámparas de descarga y tubos fluorescentes, estándar y compactos B/62
La intensidad absorbida B/62
Tubos fluorescentes B/63
Lámparas fluorescentes compactas B/63
Lámparas de descarga B/64

4. Potencia de una instalación

La potencia instalada B/67
La potencia absorbida B/67
La potencia de contratación necesaria B/67

4.1. Los suministros B/67
Suministros normales B/67
Suministros complementarios B/67
Qué comprende un suministro complementario B/67
Suministro de socorro B/68
Suministro de reserva B/68
Suministro duplicado B/68

4.2. Potencia instalada B/68

4.3. Potencia absorbida y potencia nominal o activa B/68
La potencia absorbida por un receptor B/68
La potencia nominal o activa B/68
La potencia fluctuante B/69

4.4. Potencia de utilización B/69
Factor de utilización ku (Fu) B/69
Factor de simultaneidad ks (Fs) B/70

4.5. Previsión de la potencia en las viviendas, locales comerciales e industrias B/71
Previsión de electrificación en las viviendas B/71
Grado de electrificación básico B/71
Electrificación elevada B/72
Previsión de electrificación en edificios de viviendas B/72
Carga correspondiente a cada ascensor según la NTE/IEB/1974 ..... B/72
La electrificación de los locales comerciales y/o de oficinas . B/72
La electrificación de los garajes B/72
Previsión de electrificación en edificios comerciales o de oficinas B/73
Previsión de electrificación en edificios para una concentración de industrias B/73
Tensión de los suministros B/73
Suministros monofásicos B/73
Suministros trifásicos B/73
Cálculo de la potencia de un grupo de viviendas unifamiliares pareadas B/73
Ejemplo de cálculo B/73
Cálculo de la potencia de una urbanización rural B/73
Ejemplo de cálculo B/74
Cálculo de la potencia de un bloque de viviendas y locales comerciales B/75
Descripción del edificio B/75
Ejemplo de cálculo B/75
Cálculo de la potencia de un bloque de oficinas y locales comerciales, con tres plantas de sótanos para aparcamientos y servicios generales B/76
Descripción del edificio B/76
Estimación de la potencia W/m^2 en función de la utilización prevista para cada abonado B/77
Cálculo de la potencia para cada abonado y total B/79
Potencia total edificio B/81
Cálculo de la potencia de una instalación para usos industriales B/82
Previsión de potencias de una instalación para usos industriales B/82
El factor de simultaneidad B/83
Ejemplo B/83
Descripción de la industria B/83
Cuadro resumen del proceso de cálculo de la potencia de una industria, método utilizado por la Norma UNE B/90

Tablas

2. La legislación y las reglas del buen hacer
B2-002: tabla del alcance de las nuevas instalaciones con proyecto . B/21
B2-011: valores de resistencia de aislamiento de las instalaciones ... B/30

3. Los receptores
B3-001: tabla de los valores de las potencias e intensidades de los motores asíncronos, con el factor de potencia sin compensar B/35
B3-002: tabla de los valores de las potencias e intensidades de los motores asíncronos, con el factor de potencia compensado B/36
B3-004: tabla de variadores de velocidad c.c. Telemecanique B/38
B3-005: tabla de las intensidades absorbidas para las resistencias calefactoras y las lámparas incandescentes B/39
B3-006: características de las lámparas de incandescencia B/41
B3-010: lámparas destinadas al alumbrado B/46
B3-011: características de los balastos para las lámparas HID B/48
B3-012: lámparas fluorescentes B/52
B3-013: balastos para tubos y lámparas fluorescentes B/55
B3-014: lámparas fluorescentes no integradas B/61
B3-015: lámparas fluorescentes integradas B/61
B3-016: intensidad absorbida por los tubos fluorescentes clásicos (220/240 V-50 Hz) B/63
B3-017: tabla de las intensidades absorbidas por las lámparas fluorescentes compactas B/63
B3-018: intensidad absorbida por las lámparas de descarga B/64

4. Potencia de una instalación
B4-002: coeficientes de simultaneidad en los bloques de viviendas .. B/70
B4-003: factores de simultaneidad para los servicios generales B/70
B4-004: potencias y tamaños de los ascensores en función del número de paradas y ocupantes, según NTE/IEB/1974 ..... B/72
B4-005: tabla de estimación de consumos en instalaciones industriales, comerciales y grandes espacios B/82
B4-006: tabla de coeficientes de simultaneidad de UNE en la concentración de circuitos B/83
B4-007: esquema resumen del proceso de cálculo de la potencia de una industria, de un almacén, de un local comercial o de unas oficinas B/90

Figuras, esquemas y diagramas

2. La legislación y las reglas del buen hacer
B2-001: marca CE B/16
B2-003: conexión en zonas pintadas con arandelas de presión para romper la pintura B/28
B2-004: conexión de zonas conductoras y pintadas con arandelas a presión y tuercas dentadas B/28
B2-005: conexión de partes móviles B/28
B2-006: conexión a pernos roscados B/28
B2-007: comprobación de la continuidad en los conductores activos, fase B/29
B2-008: comprobación de la continuidad en el conductor neutro B/29
B2-009: comprobación de la continuidad en el conductor de protección B/29
B2-010: comprobación de la continuidad en los conductores activos sin tensión B/29
B2-012: comprobación del aislamiento entre conductores activos ... B/31

B2-013: comprobación del aislamiento entre conductores activos y conductor de protección B/31
B2-014: comprobación de la resistencia entre paredes y suelos y el conductor de protección B/32
B2-015: comprobación de la impedancia del circuito de defecto para regímenes TN B/32
B2-016: comprobación de la corriente de fuga B/33
B2-017: comprobación de la resistencia de la puesta a tierra B/33

3. Los receptores
B3-003: esquema de un variador de velocidad de poca potencia ... B/38
B3-007: diagrama de la relación de la tensión con el flujo y la vida útil B/42
B3-008: instalación con conexiones en red B/43
B3-009: instalación con caja de bornes B/43

4. Potencia de una instalación
B4-001: correlación vectorial de las potencias B/69

Reglamento electrotécnico para BT e Instrucciones Técnicas Complementarias. Hojas de interpretación

2. La legislación y las reglas del buen hacer

Instaladores autorizados y empresas instaladoras autorizadas en Baja Tensión. ITC-BT-03
1. Objeto B/91
2. Instalador autorizado en baja tensión B/91
3. Clasificación de instaladores autorizados en baja tensión B/91
   3.1. Categoría básica (IBTB) B/91
   3.2. Categoría especialista (IBTE) B/91
4. Certificado de cualificación individual en baja tensión B/92
   4.1. Concepto B/92
   4.2. Requisitos B/92
   4.3. Concesión y validez B/93
5. Autorización como instalador en baja tensión B/93
   5.1. Requisitos B/93
   5.2. Concesión y validez B/94
6. Actuaciones de los instaladores autorizados en baja tensión en comunidades autónomas distintas de aquella donde obtuvieron el certificado B/95
7. Obligaciones de los instaladores autorizados en baja tensión B/95
Apéndice B/97

Documentación y puesta en servicio de las instalaciones ITC-BT-04
1. Objeto B/98
2. Documentación de las instalaciones B/98
   2.1. Proyecto B/98
   2.2. Memoria técnica de diseño B/98
3. Instalaciones que precisan proyecto B/99
4. Instalaciones que requieren memoria técnica de diseño B/100
5. Instalaciones que precisan proyecto B/100
6. Puesta en servicio de las instalaciones B/102

Verificaciones e inspecciones ITC-BT-05

1. Objeto B/103
2. Agentes intervinientes B/103
3. Verificaciones previas a la puesta en servicio B/103
4. Inspecciones B/103
4.1. Inspecciones iniciales B/103
4.2. Inspecciones periódicas B/104
5. Procedimiento B/104
6. Clasificación de defectos B/105
6.1. Defecto muy grave B/105
6.2. Defecto grave B/105
6.3. Defecto leve B/106

Instalaciones interiores o receptoras. Prescripciones generales ITC-BT-19

1. Campo de aplicación B/107
2. Prescripciones de carácter general B/107
2.1. Regla general B/107
2.2. Conductores activos B/107
2.2.1. Naturaleza de los conductores B/107
2.2.2. Sección de los conductores. Caídas de tensión B/107
2.2.4. Identificación de conductores B/108
2.4. Subdivisión de las instalaciones B/108
2.5. Equilibrio de cargas B/108
2.6. Posibilidad de separación de la alimentación B/109
2.9. Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica B/109

4. Potencia de una instalación

Previsión de cargas para suministros en baja tensión ITC-BT-10

1. Clasificación de los lugares de consumo B/112
2. Grado de electrificación y previsión de la potencia en las viviendas B/112
2.1. Grado de electrificación B/112
2.1.1. Electrificación básica B/112
2.1.2. Electrificación elevada B/112
2.2. Previsión de potencia B/112
3. Carga total correspondiente a un edificio destinado preferentemente a viviendas B/112
3.1. Carga correspondiente a un conjunto de viviendas B/113
3.2. Carga correspondiente a los servicios generales B/113
3.3. Carga correspondiente a los locales comerciales y oficinas .. B/113
3.4. Cargas correspondientes a los garajes B/113
4. Carga total correspondiente a edificios comerciales, de oficinas o destinados a una o varias industrias B/113
4.1. Edificios comerciales o de oficinas B/114
4.2. Edificios destinados a concentración de industrias B/114
5. Previsión de cargas B/114
6. Suministros monofásicos B/114

1. Balance de potencias

1.1. La potencia instalada

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.

2. La legislación y las reglas del buen hacer

2.1. Las instalaciones eléctricas de BT

Las instalaciones eléctricas de BT están sometidas a un conjunto de textos, reglamentarios, legislativos y normativos, que podríamos clasificar en cinco niveles:

Las directivas comunitarias asumidas por el estado:
La directiva de DBT. 73/23/CEE.
La directiva de responsabilidad civil. 85/374/CEE.
La directiva de DCEM. 89/336/CEE.
La directiva de la seguridad en las máquinas DM. 89/392/CEE.
La directiva social. 89/655/CEE.

El reglamento de BT, de obligado cumplimiento, y el REAL DECRETO 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.

Las normas europeas UNE-EN
Son consultivas y tienen carácter de complemento al reglamento en los vacíos de éste (por ejemplo: normas de aparamenta), de las cuales no se puede esgrimir ignorancia una vez publicadas en el BOE.

Las normas de las empresas suministradoras de energía, o los entes creados para tal fin.

Las normas de los entes con capacidad normativa: autonómicos, municipales, ministeriales...
Generalitat de Catalunya: *"Decret 329/2001, de 4 de desembre, pel qual s'aprova el Reglament del subministrament elèctric"*.

De la directiva de responsabilidad civil (85/374/CEE) promulgada en la Ley 22/1994 del 6 de julio (BOE n.° 161-15797), este autor desea efectuar unos comentarios relacionados con las instalaciones eléctricas, con el fin de relacionar la directiva con la normativa.

Exposición

...

Artículo 2. Concepto legal de producto (consideración genérica de producto).
...

2. Se consideran productos el gas y la electricidad.

Artículo 3. Concepto legal de producto defectuoso.
3.1. Se entenderá por producto defectuoso aquel que no ofrezca la seguridad que cabría legítimamente esperar, teniendo en cuenta todas las circunstancias y, especialmente, su presentación, el uso razonablemente previsible del mismo y el momento de su puesta en circulación.
3.2. En todo caso, un producto es defectuoso si no ofrece la seguridad normalmente dada por los demás ejemplares de la misma serie.

3.3. Un producto no podrá considerarse defectuoso por el solo hecho de que tal producto se ponga posteriormente en circulación de forma más perfeccionada.

...

Artículo 11. Límite total de la responsabilidad.
En el régimen de responsabilidad previsto en esta Ley, la responsabilidad civil global del fabricante o importador por muerte y lesiones personales causadas por productos idénticos que presenten el mismo defecto tendrá como límite la cuantía de 10.500.000.000 de pesetas (63.106.270 euros).

...

Disposición adicional única. Responsabilidad del suministrador.
El suministrador del producto defectuoso responderá, como si fuera el fabricante o el importador, cuando haya suministrado el producto a sabiendas de la existencia del defecto. En este caso, el suministrador podrá ejercitar la acción de repetición contra el fabricante o importador.

Disposición final cuarta. Entrada en vigor.
Esta Ley entrará en vigor el día siguiente al de su publicación en el "Boletín Oficial del Estado".

(Publicado en el BOE n.° 161 del jueves 7 de julio de 1994.)

Comentario
La normativa internacional tiende a definir las normas de los productos de forma que facilite efectuar el control en su certificación y un seguimiento de producción, para poder detectar y corregir las posibles desviaciones.
Las producciones seriadas y controladas permiten atender con eficacia la normativa y facilitan el cumplimiento de esta directiva, disminuyendo el riesgo de la responsabilidad civil por productos defectuosos.
Los productos de diseño único nos obligan a realizar los ensayos de certificación para comprobar los conceptos de seguridad de las Directivas Comunitarias de BT. Ensayos que en función del producto pueden ser más costosos que el propio producto, pero colaborarán a mitigar la responsabilidad civil en su caso.
Cada día es más necesario utilizar productos seriados y certificados. Desestimemos los hábitos de confección de productos únicos, adaptados a una necesidad, y procuremos adaptar las necesidades a los productos de mercado certificados.

2.2. Conformidad de los materiales

En las instalaciones de BT deben ser utilizados materiales conformes a las directivas y a las normas correspondientes.

Conformidad

La directiva europea de BT fija las exigencias esenciales de seguridad para los materiales eléctricos de BT, pero no es la única a cumplir para una correcta instalación.
Cada estado miembro debe transcribir las directivas a su régimen legal.
En el caso de España fueron transcritas tal como indicamos en el apartado "2.1. Las directivas asumidas por el Estado Español".

El cumplimiento de las directivas queda garantizado por el cumplimiento de las normas europeas o nacionales, en España las UNE.

Las normas europeas EN, publicadas en el BOE, sustituyen a las normas nacionales correspondientes. Así mismo, publicadas en cada país de la UE, con el mismo texto y referencia europea, con el añadido de las siglas propias: en España (UNE-EN).

Esta conformidad se puede obtener de diferentes formas.

Atestación de la conformidad

La conformidad de un material a norma puede ser efectuada por:

Un ente reconocido, con marca propia
En España AENOR y la marca **N**.

Un certificado de conformidad a norma, expedido por un laboratorio oficial de la red nacional.

Una declaración de conformidad del fabricante de cumplimiento a la directiva correspondiente

Declaración de conformidad

Para los materiales destinados a ser utilizados por personal cualificado, la declaración del fabricante es el procedimiento más utilizado (declaración dentro de la información técnica y refrendada por la propia marca del fabricante en el producto).
En caso de duda sobre la competencia del constructor, un organismo de control o defensa del consumidor puede solicitar un certificado de ensayo del producto, de conformidad a la norma correspondiente, a un laboratorio oficial de la red de laboratorios estatal.

Las normas definen tres modelos o métodos de asegurar la calidad, que corresponden a tres situaciones diferentes de niveles de calidad.

Certificación de aseguramiento de la calidad

Un laboratorio que ensaya los prototipos de un material no puede atestiguar la conformidad a la calidad de la producción seriada, simplemente efectúa los ensayos tipo.
Solamente el fabricante, con un sistema de seguimiento del control de la calidad, puede certificar que su producción está acorde con los prototipos certificados.
Controles periódicos del ente certificador sobre los productos de mercado y o almacen atestiguan la conservación o no de la conformidad a norma inicial.
Para demostrar que el proceso de control de calidad especificado por el fabricante es suficiente, está actualizado y es utilizado correctamente conforme a las normas ISO 9000 o EN 29000, el centro de producción del producto debe estar certificado por un ente competente de acuerdo a dichas normas.
Estos certificados son de tres niveles:

El modelo 3 define cómo asegurar la calidad por el control final del producto.

El modelo 2, control final del producto por muestreo y control del proceso de fabricación.
Ejemplo: los fusibles. Un control del 100% de la producción eliminaría la producción (se fundirían todos).

El modelo 1 es igual que el modelo 2 pero además controla la calidad del proceso de la concepción del producto.
Ejemplo: encargo de construcción de un producto único.

Según el artículo 21, "Inspecciones del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión", del 18/9/2002. Las instalaciones eléctricas deben verificarse antes de ser conectadas a la red por el propio instalador o, en su defecto y en función de la importancia de la instalación y en función de la reglamentación que se determine, por un organismo de control. Cualquiera que sea el verificador deberá realizarlo por el modelo 3.

El marcado CE

Los productos de las marcas de Schneider Electric cumplen las normas nacionales, europeas e internacionales. Incorporan marcas de calidad voluntarias y han sido ensayados y certificados por organismos externos.
Por otra parte, han sido fabricados en plantas de producción que han obtenido el Registro de Empresa, acreditando la implantación de sistemas de aseguramiento de calidad de acuerdo a ISO 9000, o están en proceso de obtención.
El marcado CE ha sido introducido para permitir la libre circulación de productos a través de los países del Espacio Económico Europeo. No debe confundirse con las marcas de calidad tales como: N de AENOR, NF, VDE, IMQ, CEBEC...

El cumplimiento de la reglamentación europea debe asegurarse mediante:
■ Productos que cumplan con los requisitos esenciales establecidos en las Directivas.
■ Declaraciones CE de Conformidad. Deberán ser emitidas por el fabricante y estarán destinadas únicamente a los organismos de control. La Declaración CE de Conformidad estará firmada por una persona autorizada y deberá guardarse durante 10 años a partir del cese de la comercialización del producto. No acompaña al producto, excepto en el caso de los componentes de seguridad. La Declaración de Conformidad del producto será cumplimentada, firmada y confiada a las DAS responsables del producto en cuestión.
■ Establecimiento de un Expediente Técnico, en el que se describe el producto, los ensayos realizados y el proceso de fabricación.

Tanto el Expediente Técnico como la Declaración CE de Conformidad deberán estar a disposición de los organismos oficiales de control. No están destinados a los señores clientes.

Aplicación del marcado CE a los productos
Para el cumplimiento de la legislación comunitaria, los productos afectados deberán llevar el marcado "oficial" con el diseño adjunto y una dimensión mínima de 5 mm. Debe colocarse en el producto y, si ello no fuera posible, en el embalaje, el manual de instrucciones o la hoja de garantía.
Schneider Electric ha decidido colocar el marcado CE en el producto y en el embalaje.

Por razones prácticas, es posible que puedan existir algunos productos que únicamente tengan el marcado CE en el embalaje. Se aplicará progresivamente a los productos en el lanzamiento de nuevas versiones o modificaciones de gama.

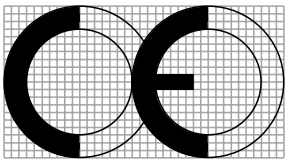


Fig. B2-001: *marca* CE.

Reflexiones sobre la normativa y el marcado

¿Qué es el marcado CE?
El marcado CE no es ninguna marca de calidad europea. Es un "sello" que atestigua que el producto en cuestión cumple con la ley, es decir, con las directivas comunitarias correspondientes. El marcado CE autoriza la libre circulación del producto por Europa.
En general, se trata de una autocertificación del constructor o del importador, mientras que la marca de calidad impone una certificación por un organismo independiente así como controles periódicos.
El marcado CE testifica que el producto es "conforme a la ley", pero no garantiza en ningún caso su calidad. Sólo corresponde a una declaración del fabricante, que lo ha construido de conformidad a las prescripciones de seguridad vigentes.

Un cliente me ha pedido una Declaración CE de Conformidad de un producto. ¿Dónde puedo obtenerla?
La Declaración CE de Conformidad no es para los señores clientes, sino únicamente para las administraciones nacionales y sus organismos de inspección.
Schneider Electric no suministrará ninguna Declaración CE de Conformidad, o copia de la misma. Mediante el marcado CE del producto, Schneider Electric está certificando que el producto satisface la legislación europea. Por otra parte, sigue estando permitido, como se venía haciendo habitualmente, suministrar "certificados de conformidad" a normas.

¿Qué directivas afectan directamente al material eléctrico de BT?
Para la mayor parte del material eléctrico de baja tensión se aplican las siguientes directivas:

La directiva de BT. 73/23/CEE.
La directiva de CEM. 89/336/CEE.
La directiva de responsabilidad civil. 85/374/CEE.

¿Cómo afecta a los componentes eléctricos la Directiva de Máquinas DM?
Con independencia de los "componentes de seguridad" que se declaran como tales, nuestros productos no están sujetos a la Directiva de Máquinas. De todas formas, son perfectamente adecuados para usarlos como material eléctrico en las máquinas, las cuales deberán cumplir las exigencias establecidas en la directiva.

¿En qué nivel se encuentra la Directiva de Productos de Construcción DPC?
Se está a la espera de una decisión de la Comisión Europea en relación con la aplicación o no de esta directiva al material eléctrico.

¿El marcado CE es asimilable a una marca de calidad?
No, en absoluto. Se trata de una marca legal-administrativa de tipo obligatorio.
Una marca de calidad o marca de conformidad a normas, es siempre voluntaria y requiere organismos externos para realizar ensayos y controlar el proceso de producción.
El marcado CE solamente indica que el producto cumple con las directivas, lo que significa que se satisfacen los mínimos requisitos de seguridad reglamentarios necesarios para iniciar la comercialización en Europa.

¿Por qué no debe utilizarse el marcado CE como argumento comercial?
En pocos meses, cuando todos los productos puestos en el mercado estén etiquetados, el marcado CE dejará de ser un factor diferencial.
Poner énfasis en este tema sólo nos llevaría a aumentar la confusión con las marcas de calidad o las marcas de conformidad a normas. Desde un punto de vista estratégico, no únicamente sería incorrecto sino también negativo.
En particular, los productos de distribución final están diseñados para satisfacer los requisitos de los mercados nacionales, de acuerdo con las normas existentes, y por esta razón están autorizados a llevar las marcas de calidad correspondientes.

Los productos de las marcas Schneider Electric, ¿cuándo incorporarán el marcado CE?
La mayoría (casi la totalidad) de los productos de las marcas de Schneider Electric ya llevan el marcado CE. La incorporación del marcado CE a todos los productos afectados por directivas es una operación larga y costosa. El marcado CE aparecerá sobre los productos a medida que se vayan cumpliendo los plazos impuestos por la legislación.

¿El marcado CE se aplicará en los países no europeos?
El marcado CE sólo es obligatorio para el mercado europeo, pero será aceptado en terceros países.

Conclusiones
Los productos de las marcas de Schneider Electric:
- Son conformes a normas nacionales, europeas o internacionales.
- Llevan marcas de calidad (N, NF, CEBEC, VDE...) cuando sea necesario.
- Han sido ensayados por organismos externos.
- Cuando se vendan en Europa llevarán el marcado CE como signo de conformidad con las Directivas Europeas que les sean aplicables.

2.3. ¿Quién puede realizar las instalaciones eléctricas?

Las instalaciones eléctricas las pueden realizar los “instaladores autorizados en baja tensión”, según el artículo 22. Empresas instaladoras autorizadas del “Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión”.

> Las instalaciones de baja tensión se ejecutarán por instaladores o empresas instaladoras en baja tensión, autorizadas para el ejercicio de la actividad según lo establecido en la correspondiente Instrucción Técnica Complementaria, sin perjuicio de su posible proyecto y dirección de obra por técnicos titulados competentes.
> Según lo establecido en el artículo 13.3 de la Ley 21/1992 de Industria, las autorizaciones concedidas por los correspondientes órganos competentes de las comunidades autónomas a las empresas instaladoras tendrán ámbito estatal.

Los instaladores autorizados en baja tensión podrán ser una persona física o jurídica que acredite, por medio de un certificado, ser “cualificado individualmente en baja tensión”, o disponga por contratación de personas cualificadas, en el número que la reglamentación disponga.
Existen dos niveles de instaladores autorizados en baja tensión:
- Categoría básica (IBTB).
- Categoría especialista (IBTE).

Categoría básica (IBTB)

Podrán realizar, mantener y reparar las instalaciones eléctricas de baja tensión en edificios, industrias, infraestructuras y, en general, todas las comprendidas en el ámbito del Reglamento Eléctrico de Baja Tensión que no se reserven a la categoría especialista (IBTE).

Categoría especialista (IBTE)

Los instaladores de categoría especialista son instaladores de categoría básica que además acreditan la capacitación en una, varias o todas de las siguientes especialidades:

- Sistemas de automatización.
- Gestión técnica de la energía.
- Seguridad de edificios (sistemas de alarma y detección de incendios).
- Sistemas de control distribuido.
- Sistemas de supervisión, control y adquisición de datos.
- Control de procesos.
- Líneas aéreas o subterráneas para distribución de energía.
- Locales con riesgo de incendio o explosión.
- Quirófanos y salas de intervención.
- Lámparas de descarga de alta tensión, rótulos luminosos y similares.
- Instalaciones generadoras de baja tensión que estén contenidas en el ámbito del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.

Las acreditaciones las extenderán los órganos correspondientes de las comunidades autónomas.
Tendrán validez para todo el territorio español, pero para actuaciones diferentes fuera de la comunidad autónoma expendedora deberá presentarse la acreditación a la comunidad autónoma de actuación para su conocimiento.
La vigencia de la acreditación será para cinco años, su renovación por un período igual deberá solicitarlo 3 meses antes de la finalización de la acreditación.

Deberes a cumplir por los instaladores en sus actuaciones

Los instaladores autorizados en baja tensión deben, en sus respectivas categorías:

- Ejecutar, modificar, ampliar, mantener o reparar las instalaciones que les sean adjudicadas o confiadas, de conformidad con la normativa vigente y con la documentación de diseño de la instalación, utilizando, en su caso, materiales y equipos que sean conformes a la legislación que les sea aplicable.
- Efectuar las pruebas y ensayos reglamentarios que les sean atribuidos.
- Realizar las operaciones de revisión y mantenimiento que tengan encomendadas, en la forma y plazos previstos.
- Emitir los certificados de instalación o mantenimiento, en su caso.
- Coordinar, en su caso, con la empresa suministradora y con los usuarios las operaciones que impliquen interrupción del suministro.
- Notificar a la administración competente los posibles incumplimientos reglamentarios de materiales o instalaciones que observasen en el desempeño de su actividad. En caso de peligro manifiesto, darán cuenta inmediata de ello a los usuarios y, en su caso, a la empresa suministradora, y pondrá la circunstancia en conocimiento del órgano competente de la comunidad autónoma en el plazo máximo de 24 horas.
- Asistir a las inspecciones establecidas por el reglamento, o las realizadas de oficio por la administración, si fuera requerido por el procedimiento.
- Mantener al día un registro de las instalaciones ejecutadas o mantenidas.

■ Informar a la administración competente sobre los accidentes ocurridos en las instalaciones a su cargo.
■ Conservar a disposición de la administración, copia de los contratos de mantenimiento al menos durante 5 años inmediatos posteriores a la finalización de los mismos.

En la ITC-BT-03 “Instaladores autorizados en baja tensión” se especifican las condiciones reglamentarias para los instaladores autorizados en baja tensión (ver página B/91).

2.4. Legalización de las instalaciones

La tramitación de las instalaciones

Las instalaciones eléctricas deberán ser realizadas únicamente por empresas instaladoras autorizadas
Según lo establecido en el artículo 13.3 de la Ley 21/1992 de Industria, la puesta en servicio y utilización de las instalaciones eléctricas queda condicionada por el siguiente procedimiento:
■ Deberá elaborarse una documentación de diseño que, en función de las características de la instalación, según determine la correspondiente ITC, revestirá la forma de proyecto o memoria técnica de diseño.
■ La instalación deberá verificarse por el instalador en sus aspectos esenciales, a fin de comprobar la correcta ejecución y funcionamiento seguro de la misma.
■ En su caso, según su relevancia, en la forma que se determine en la correspondiente ITC, la instalación deberá ser objeto de una inspección inicial, por un organismo de control.
■ A la finalización de la instalación y realizadas las verificaciones pertinentes y, en su caso, la inspección inicial, la empresa instaladora emitirá un certificado de instalación en el que se hará constar que la misma se ha realizado de conformidad con lo establecido en el reglamento y sus ITCs y de acuerdo con la documentación de diseño. En su caso, identificará y justificará las variaciones que en la ejecución se hayan producido con relación a lo previsto en dicha documentación.
■ El certificado, junto con la documentación de diseño y, en su caso, el certificado de dirección de obra y el de inspección inicial, deberá depositarse ante el órgano competente de la comunidad autónoma con objeto de registrar la referida instalación, recibiendo las copias diligenciadas necesarias para la constancia de cada interesado y solicitud de suministro de energía.

La empresa instaladora no podrá conectar la instalación receptora a la red de distribución si no se le entrega la copia correspondiente del certificado de instalación debidamente diligenciado por el órgano competente de la comunidad autónoma. No obstante, éste, en casos especiales debidamente justificados, podrá autorizar el suministro provisional de energía eléctrica para cubrir estrictamente las necesidades planteadas.
En caso de instalaciones temporales (congresos y exposiciones, con distintos stands, ferias ambulantes, festejos, verbenas, etc.), el órgano competente de la comunidad podrá admitir que la tramitación de las distintas instalaciones parciales se realice de manera conjunta. De la misma manera, podrá aceptarse que se sustituya la documentación de diseño por una declaración, diligenciada la primera vez por la administración, en el supuesto de instalaciones realizadas sistemáticamente de forma repetitiva.
La ITC-BT-04 “Documentación y puesta en servicio de las instalaciones” desarrolla el artículo 18 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Valoración de la importancia de una instalación o modificación

Las instalaciones eléctricas de baja tensión deberán acompañarse en función de su importancia de:

- Un proyecto o
- Una memoria técnica de diseño.

Instalaciones de nueva planta que necesitan proyecto

Grupo	Tipo de instalación	Límites
a	Las correspondientes a industrias, en general	P > 20 kW
b	Las correspondientes: – Locales húmedos, polvorientos con riesgo de corrosión – Bombas de extracción o elevación de agua, sean industriales o no	P > 10 kW
c	Las correspondientes: – Locales mojados – Generadores y convertidores – Conductores aislados para caldeo, excluyendo las de viviendas	P > 10 kW
d	– De carácter temporal para alimentación de máquinas de obras en construcción – De carácter temporal en locales o emplazamientos	P > 50 kW
e	Las de edificios destinados principalmente a viviendas, locales comerciales y oficinas, que no tengan la consideración de locales de pública concurrencia, en edificación vertical u horizontal	P > 100 kW por caja general de protección
f	Las correspondientes a viviendas unifamiliares	P > 50 kW
g	Las de garajes que requieran ventilación forzada	Cualquiera que sea su ocupación
h	Las de garajes que disponen de ventilación natural	De más de 5 plazas de estacionamiento
i	Las correspondientes a locales de pública concurrencia	Sin límite
j	Las correspondientes: – Líneas de baja tensión con apoyos comunes con las de alta tensión – Máquinas de elevación y transporte – Las que utilicen tensiones especiales – Las destinadas a rótulos luminosos salvo que se consideren instalaciones de Baja tensión según lo establecido en la ITC-BT-44 – Cercas eléctricas – Redes aéreas o subterráneas de distribución	Sin límite de potencia
k	Instalaciones de alumbrado exterior	P > 5 W
l	Las correspondientes a locales con riesgo de incendio o explosión, excepto garajes	Sin límite
m	Las de quirófanos y salas de intervención	Sin límite
n	Las correspondientes a piscinas y fuentes	P > 5 kW
o	Todas aquellas que, no estando comprendidas en los grupos anteriores, determine el Ministerio de Ciencia y Tecnología mediante la oportuna disposición	Según corresponda

(P = Potencia prevista en la instalación, teniendo en cuenta lo estipulado en la ITC-BT-10.)

Tabla B2-002: *tabla del alcance de las nuevas instalaciones con proyecto.*

Modificaciones y ampliaciones que necesitan proyecto:

■ Las ampliaciones o modificaciones correspondientes a la descripción de la tabla B2-002, que con esta ampliación o modificación cubran los límites de la tabla y que en su inicio no los cubrían y por tanto no se realizó.

■ Las ampliaciones o modificaciones de los grupos de la tabla B2-002 que en una o varias actuaciones superan el 50 % de la potencia incial deberán presentar un proyecto global.

■ Todas las ampliaciones o modificaciones de importancia de los grupos b, c, j, l de la tabla B2-002.

■ Si una instalación está comprendida en más de un grupo de los indicados en la tabla B2-002, se le aplicará el criterio más restrictivo de los establecidos, dentro de los grupos de coincidencia.

■ La ejecución de los proyectos deberá contar con la dirección de un técnico titulado competente y deberá reflejar de forma explícita:

□ Datos relativos al propietario.

□ Emplazamiento, características básicas y uso al que se destina.

□ Características y secciones de los conductores a emplear.

□ Relación nominal de los receptores que se prevean instalar y su potencia, sistemas y dispositivos de seguridad adoptados y cuantos detalles sean necesarios de acuerdo con la importancia de la instalación proyectada y para que se ponga de manifiesto el cumplimiento de las prescripciones del Reglamento y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.

□ Esquema unifilar de la instalación y características de los dispositivos de corte y protección adoptados, puntos de utilización y secciones de los conductores.

□ Croquis de su trazado.

□ Cálculos justificativos del diseño.

Los planos serán los suficientes en número y detalle, tanto para una idea clara de las disposiciones que pretenden adoptarse en las instalaciones, como para que la empresa instaladora que ejecute la instalación disponga de todos los datos necesarios para la realización de la misma.

Instalaciones de nueva planta, ampliaciones y modificaciones que requieren memoria técnica:

■ Requerirán memoria técnica de diseño todas las instalaciones, sean nuevas, ampliaciones o modificaciones, no incluidas en los grupos de la tabla B2-002.

■ La ejecución de las memorias técnicas deberá realizarla un instalador autorizado en el campo de la instalación o un técnico con titulación en la competencia.

■ La memoria técnica de diseño (MTD) se redactará sobre impresos, según modelo determinado por el órgano competente de la comunidad autónoma, con objeto de proporcionar los principales datos y características de diseño de las instalaciones. El instalador autorizado para la categoría de la instalación correspondiente o el técnico titulado competente que firme dicha memoria será directamente responsable de que la misma se adapte a las exigencias reglamentarias, incluyendo explícitamente los siguientes datos:

□ Los referentes al propietario.

□ Identificación de la persona que firma la memoria y justificación de su competencia.

□ Emplazamiento de la instalación.

□ Uso al que se destina.

□ Relación nominal de los receptores que se prevean instalar y su potencia.

□ Cálculos justificativos de las características de la línea general de alimentación, derivaciones individuales y líneas secundarias, sus elementos de protección y sus puntos de utilización.

□ Pequeña memoria descriptiva.
□ Esquema unifilar de la instalación y características de los dispositivos de corte y protección adoptados, puntos de utilización y secciones de los conductores.
□ Croquis de su trazado.

Ejecución y tramitación de las instalaciones

Todas las instalaciones en el ámbito de aplicación del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión deben ser efectuadas por las empresas instaladoras autorizadas.
Las instalaciones que requieren proyecto, su ejecución deberá contar con la dirección de un técnico titulado competente.
Si en el curso de la ejecución de la instalación la empresa instaladora considerase que el proyecto o memoria técnica de diseño no se ajusta a lo establecido en el Reglamento, deberá por escrito poner tal circunstancia en conocimiento del autor de dicho proyecto o memoria y del propietario. Si no hubiera acuerdo entre las partes se someterá la cuestión al órgano competente de la comunidad autónoma para que ésta resuelva en el más breve plazo posible.
Al término de la ejecución de la instalación, la empresa instaladora realizará las verificaciones que resulten oportunas, en función de las características de aquéllas, según se especifica en la ITC-BT-05 y en su caso todas las que determine la dirección de obra.
Finalizadas las obras y realizadas las verificaciones e inspección inicial a que se refieren los puntos anteriores, la empresa instaladora deberá emitir un certificado de instalación, según modelo establecido por la administración, que deberá comprender, al menos, lo siguiente:
■ Los datos referentes a las principales características de la instalación.
■ La potencia prevista de la instalación.
■ En su caso, la referencia del certificado del organismo de control que hubiera realizado la inspección inicial.
■ Identificación del instalador autorizado responsable de la instalación.
■ Declaración expresa de que la instalación ha sido ejecutada de acuerdo con las prescripciones del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y, en su caso, con las especificaciones particulares aprobadas a la compañía eléctrica, así como, según corresponda, con el proyecto o la memoria técnica de diseño.

Antes de la puesta en servicio de las instalaciones, la empresa instaladora deberá presentar ante el órgano competente de la comunidad autónoma, al objeto de su inscripción en el correspondiente registro, el certificado de instalación con su correspondiente anexo de información al usuario, por quintuplicado, al que se acompañará, según el caso, el proyecto o la memoria técnica de diseño, así como el certificado de dirección de obra firmado por el correspondiente técnico titulado competente, y el certificado de inspección inicial del organismo de control, si procede.
El órgano competente de la comunidad autónoma deberá diligenciar las copias del certificado de instalación y, en su caso, del certificado de inspección inicial, devolviendo cuatro a la empresa instaladora, dos para sí y las otras dos para la propiedad, a fin de que ésta pueda, a su vez, quedarse con una copia y entregar la otra a la compañía eléctrica, requisito sin el cual ésta no podrá suministrar energía a la instalación, salvo lo indicado en el apartado “La tramitación de las instalaciones” (pág. B/20) correspondiente al artículo 18.3 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
Por lo que respecta a instalaciones temporales en ferias, exposiciones y similares:
■ Cuando exista para toda la instalación de la feria o exposición una dirección de obra común, podrán agruparse todas las documentaciones de las instala-

ciones parciales de alimentación a los distintos stands o elementos de la feria, exposición, etc., y presentarse de una sola vez ante el órgano competente de la comunidad autónoma, bajo una certificación de instalación global firmada por el responsable técnico de la dirección mencionada.

■ Cuando se trate de montajes repetidos idénticos, se podrá prescindir de la documentación de diseño, tras el registro de la primera instalación, haciendo constar en el certificado de instalación dicha circunstancia, que será válida durante un año, siempre que no se produjeran modificaciones significativas, entendiendo como tales las que afecten a la potencia prevista, tensiones de servicio y utilización y a los elementos de protección contra contactos directos e indirectos y contra sobreintensidades.

Puestas en servicio

El titular de la instalación deberá solicitar el suministro de energía a las empresas suministradoras mediante entrega del correspondiente ejemplar del certificado de instalación.

La empresa suministradora podrá realizar, a su cargo, las verificaciones que considere oportunas, en lo que se refiere al cumplimiento de las prescripciones del presente Reglamento.

Cuando los valores obtenidos en la indicada verificación sean inferiores o superiores a los señalados respectivamente para el aislamiento y corrientes de fuga en la ITC-BT-19, las empresas suministradoras no podrán conectar a sus redes las instalaciones receptoras.

En esos casos, deberán extender un acta en la que conste el resultado de las comprobaciones, la cual deberá ser firmada igualmente por el titular de la instalación, dándose por enterado.

Verificaciones

Las instalaciones eléctricas en baja tensión deberán ser objeto de verificación a fin de asegurar, en la medida de lo posible, el cumplimiento reglamentario a lo largo de la vida de dichas instalaciones de conformidad al atículo 20 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Las verificaciones quedan sujetas al atículo 21 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Artículo 21. Inspecciones.

Sin perjuicio de la facultat que, de acuerdo con lo señalado en el artículo 14 de la Ley 21/1992, de Industria, posee la administración pública competente para llevar a cabo, por sí mismas, las actuaciones de inspección y control que estime necesarias, el cumpliniento de las disposiciones y requisitos de seguridad establecidos por el presente Reglamento y sus Instrucciones Técnicas Complementarias, según lo previsto en el artículo 12.3 de dicha Ley, deberá ser comprobado, en su caso, por un organismo de control autorizado en este campo reglamentario.

A tal fin, la correspondiente Instrucción Técnica Complementaria determinará:

– Las instalaciones y las modificaciones, reparaciones o ampliaciones de instalaciones que deberán ser objeto de inspección inicial, antes de su puesta en servicio.

– Las instalaciones que deberán ser objeto de inspeciones periódicas.

– Los criterios para la valoración de las inspecciones, así como las medidas a adoptar como resultado de las mismas.

– Los plazos de las inspecciones periódicas.

Las inspecciones podrán ser:
- Iniciales: antes de la puesta en servicio de las instalaciones.
- Periódicas.

Verificaciones previas a las puestas en servicio
Las instalaciones eléctricas en baja tensión deberán ser verificadas, previamente a su puesta en servicio y según corresponda en función de sus características, siguiendo la metodología de la norma UNE 20.460-6-61 y la ITC-BT-04.

En el capítulo L "Las instalaciones domésticas e industriales", volumen 5.º, desarrollaremos las técnicas de verificación según la UNE 20.460-6-61 y la filosofía tecnológica de toda la serie de normas UNE 20.460 en que se basan las instalaciones eléctricas para poder realizar una certificación que asegure la calidad según el modelo 3.

Las verificaciones previas a la puesta en servicio de las instalaciones deberán ser realizadas por empresas instaladoras que las ejecuten.
De acuerdo con lo indicado en el artículo 20 del Reglamento, sin perjuicio de las atribuciones que, en cualquier caso, ostenta la administración pública, los agentes que lleven a cabo las inspecciones de las instalaciones eléctricas de baja tensión deberán tener la condición de organismos de control, según lo establecido en el Real Decreto 2/200/1995, de 28 de diciembre, acreditados para este campo reglamentario.
Serán objeto de inspección por un organismo de control, una vez ejecutadas las instalaciones, sus ampliaciones o modificaciones de importancia y previamente a ser documentadas ante el órgano competente de la comunidad autónoma, las siguientes instalaciones:
- Instalaciones industriales que precisen proyecto, con una potencia instalada superior a 100 kW.
- Locales de pública concurrencia.
- Locales con riesgo de incendio o explosión, de clase I, excepto garajes de menos de 25 plazas.
- Locales mojados con potencia instalada superior a 25 kW.
- Piscinas con potencia instalada superior a 10 kW.
- Quirófanos y salas de intervención.
- Instalaciones de alumbrado exterior con potencia instalada superior 10 kW.

Las instalaciones eléctricas no referenciadas, con la verificación realizada por un instalador autorizado es suficiente.

Verificaciones periódicas
Serán objeto de inspecciones periódicas, cada 5 años, todas las instalaciones eléctricas en baja tensión que precisaron inspección inicial, según el apartado anterior, y cada 10 años, las comunes de edificios de viviendas de potencia total instalada superior a 100 kW.

Procedimientos para las verificaciones

Los organismos de control realizarán la inspección de las instalaciones sobre la base de las prescripciones que establezca el Reglamento de aplicación y, en su caso, de lo especificado en la documentación técnica, aplicando los criterios para la clasificación de defectos que se relacionan a continuación, correspondientes a la ITC-BT-05.
La empresa instaladora, si lo estima conveniente, podrá asistir a la realización de estas inspecciones.
Como resultado de la inspección, el organismo de control emitirá un certificado de inspección, en el cual figurarán los datos de identificación de la instala-

ción y la posible relación de defectos, con su clasificación, y la clasificación de la instalación, que podrá ser:

■ **Favorable:** Cuando no se determine la existencia de ningún defecto muy grave o grave. En este caso, los posibles defectos leves se anotarán para constancia del titular, con la indicación de que deberá poner los medios para subsanarlos antes de la próxima inspección. Asimismo, podrán servir de base a efectos estadísticos y de control del buen hacer de las empresas instaladoras.

■ **Condicionada:** Cuando se detecte la existencia de, al menos, un defecto grave o defecto leve procedente de otra inspección anterior que no se haya corregido. En este caso:

□ Las instalaciones nuevas que sean objeto de esta clasificación no podrán ser suministradas de energía eléctrica en tanto no se hayan corregido los defectos indicados y puedan obtener la clasificación de favorable.

□ A las instalaciones ya en servicio se les fijará un plazo para proceder a su corrección, que no podrá superar los 6 meses. Transcurrido dicho plazo sin haberse subsanado los defectos, el organismo de control deberá remitir el certificado con la calificación negativa al órgano competente de la comunidad autónoma.

■ **Negativa:** Cuando se observe, al menos, un defecto muy grave. En este caso:

□ Las nuevas instalaciones no podrán entrar en servicio, en tanto no se hayan corregido los defectos indicados y puedan obtener la clasificación de favorable.

□ A las instalaciones ya en servicio se les emitirá certificado negativo, que se remitirá inmediatamente al órgano competente de la comunidad autónoma.

Concepto de severidad del defecto

Los defectos de las instalaciones se clasificarán en: defectos muy graves, defectos graves y defectos leves.

Defecto leve

Es todo aquel que no supone peligro para las personas o bienes, no perturba el funcionamiento de la instalación y en el que la desviación respecto de lo reglamentado no tiene valor significativo para el uso efectivo o el funcionamiento de la instalación.

Defecto grave

Es el que no supone un peligro inmediato para la seguridad de las personas o de los bienes, pero puede serlo al originarse un fallo en la instalación. También se incluye dentro de esta clasificación el defecto que pueda reducir de modo sustancial la capacidad de utilización de la instalación eléctrica.

Dentro de este grupo y con carácter no exhaustivo, se consideran los siguientes defectos graves:

■ Falta de conexiones equipotenciales, cuando éstas fueran requeridas.

■ Inexistencia de medidas adecuadas de seguridad contra contactos indirectos.

■ Falta de aislamiento de la instalación.

■ Falta de protección adecuada contra cortocircuitos y sobrecargas en los conductores, en función de la intensidad máxima admisible en los mismos, de acuerdo con sus características y condiciones de instalación.

■ Falta de continuidad de los conductores de protección.

■ Valores elevados de resistencia de tierra en relación con las medidas de seguridad adoptadas.

■ Defectos en la conexión de los conductores de protección a las masas, cuando estas conexiones fueran preceptivas.

■ Sección insuficiente de los conductores de protección.
■ Existencia de partes o puntos de la instalación cuya defectuosa ejecución pudiera ser origen de averías o daños.
■ Naturaleza o características no adecuadas de los conductores utilizados.
■ Falta de sección de los conductores, en relación con las caídas de tensión admisibles para las cargas previstas.
■ Falta de identificación de los conductores "neutro" y "de protección".
■ Empleo de materiales, aparatos o receptores que no se ajusten a las especificaciones vigentes.
■ Ampliaciones o modificaciones de una instalación que no se hubieran tramitado según lo establecido en la ITC-BT-04.
■ Carencia del número de circuitos mínimos estipulados.
■ La sucesiva reiteración o acumulación de defectos leves.

Defecto muy grave
Es todo aquel que la razón o la experiencia determina que constituye un peligro inmediato para la seguridad de las personas o los bienes.
Se consideran tales los incumplimientos de las medidas de seguridad que pueden provocar el desencadenamiento de los peligros que se pretenden evitar con tales medidas, en relación con:
■ Contactos directos, en cualquier tipo de instalación.
■ Locales de pública concurrencia.
■ Locales con riesgo de incendio o explosión.
■ Locales de características especiales.
■ Instalaciones con fines especiales.
■ Quirófanos y salas de intervención.

Hemos expuesto el protocolo de las inspecciones de conformidad al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión a través de un organismo independiente. Pero es conveniente que cada instalador se realice su propio protocolo de control de sus realizaciones para mantener un control de calidad interno, que puede basarse en el protocolo expuesto.

Realización de las verificaciones

Inspección ocular:
■ Instalaciones domésticas de viviendas:
□ Verificación de la existencia y su corrección, de la placa de declaración del grado de electrificación, a nombre del instalador autorizado.
■ Instalaciones domésticas e industriales:
□ Verificación de la existencia de las placas de identificación de los cuadros y del constructor.
□ Verificación de la existencia de los esquemas de circuito de los cuadros eléctricos.
■ **Verificación común a todas las instalaciones:**
□ Verificación del marcado CE.
□ Comprobación de la tensión de alimentación que corresponda a la tensión de empleo de la instalación.
□ Distancias de aislamiento en embarrados, conexiones y empalmes.
□ Grados de protección IP-K y de doble aislamiento.
□ Sección y señalización de los conductores, de conformidad a los esquemas.
□ Verificación de la intensidad, la tensión, y del poder de corte nominal de la aparamenta instalada, de conformidad a los esquemas o instrucciones.
□ Comprobación de los enclavamientos.
□ Comprobación por muestreo del par de apriete de los bornes.

□ Comprobación en las conexiones del conductor de protección con las masas, sean realizadas con:
– Arandelas de presión dentadas en las zonas con pintura. Fig. B2-003.
– Tuercas dentadas y arandelas de presión, en las zonas cincada, cromada o niquelada... y pintadas. Fig. B2-004.
– De la continuidad del circuito con trencilla soldada en las partes de masa móviles. Fig. B2-005.
– Protección de los pernos roscados para el embornado con terminales de doble tuerca, para no forzar la soldadura y comprobar que éstos no están pintados y facilitan un buen contacto. Fig. B2-006.

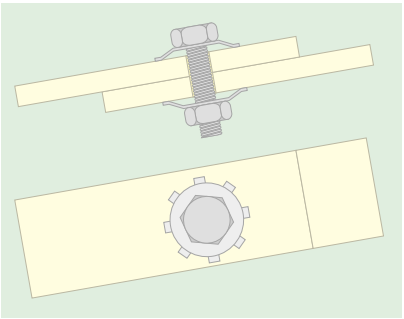


Fig. B2-003: *conexión en zonas pintadas con arandelas de presión para romper la pintura.*

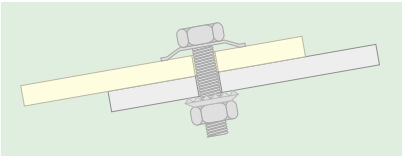


Fig. B2-004: *conexión de zonas conductoras y pintadas con arandelas a presión y tuercas dentadas.*

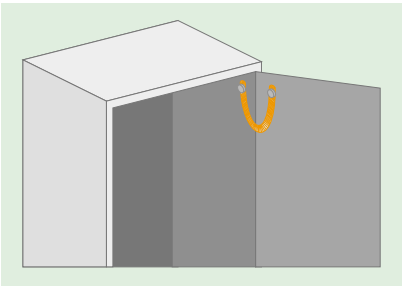


Fig. B2-005: *conexión de partes móviles.*

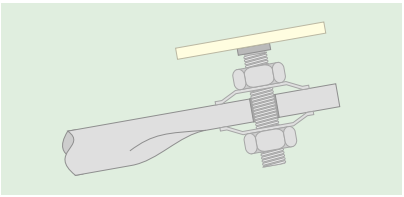


Fig. B2-006: *conexión a pernos roscados.*

Continuidad de los conductores

Se trata de verificar que los conductores cubren todo el esquema sin interrupciones. Que cada conductor cubre el circuito para el cual ha sido instalado, desde el origen hasta su destino, la alimentación de una carga.

■ Verificación con tensión. Es suficiente utilizar un detector de tensión (neón) para los conductores activos, y un ohmímetro para el conductor de protección:
□ Conductor de fase. Todas las cargas deberán desconectarse:
– Se desconectarán todos los conductores activos a la salida del interruptor general, excepto el que se desea comprobar.
– Todos los interruptores se conectarán y, a la entrada de cada carga o enchufe, se comprobará la llegada del conductor activo correspondiente con el detector de tensión.
La utilización de conductores con aislamiento de color y el marcaje facilitan la identificación, la comprobación también permite detectar si hay desviaciones en el sistema de señalización o marcaje. Así sucesivamente para cada conductor de fase.
En las instalaciones domésticas monofásicas solamente se realizará para el conductor de fase. Fig. B2-007.

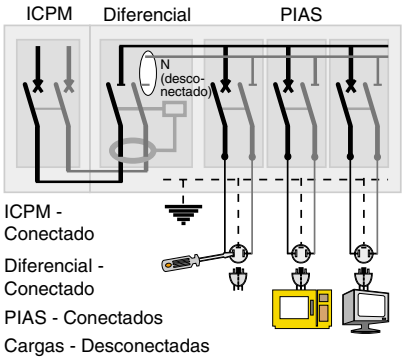


Fig. B2-007: *comprobación de la continuidad en los conductores activos, fase.*

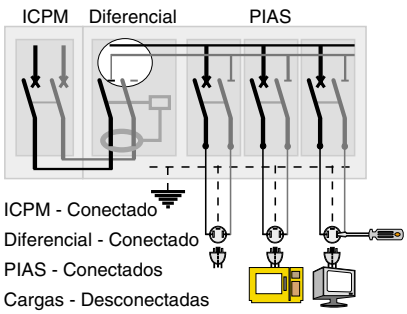


Fig. B2-008: *comprobación de la continuidad en el conductor neutro.*

□ Conductor neutro. Todas las cargas deberán desconectarse:
– Se desconectarán todos los conductores activos y el neutro se conectará a la salida de una fase del interruptor general.
– Todos los interruptores se conectarán y a la entrada de cada carga o enchufe se comprobará la llegada del conductor neutro correspondiente, con el detector de tensión. Fig. B2-008.
La utilización de conductores con aislamiento de color y el marcaje facilitan la identificación, la comprobación también permite detectar si hay desviaciones en el sistema se señalización o marcaje.
□ Conductor de protección (tierra):
– Todos los interruptores se desconectarán y a la entrada de cada carga o enchufe se comprobará la llegada del conductor de protección, observando la continuidad con el ohmímetro.
La utilización de conductores con aislamiento de color y el marcaje facilitan la identificación, la comprobación también permite detectar si hay desviaciones en el sistema de señalización o marcaje. Fig. B2-009.
■ Verificación sin tensión. Es suficiente utilizar un ohmímetro, igual que para la comprobación del conductor de protección.
El interruptor general debe estar desconectado.
Los interruptores deben estar conectados.
Las cargas deben estar desconectadas.
Con la lectura del ohmímetro podemos deducir la sección del conductor.
Las lecturas se tomarán desde el borne del interruptor general hasta cada punto definido del circuito. Fig. B2-010.
□ Conductor de protección (tierra). Igual al del apartado de ensayo con tensión.

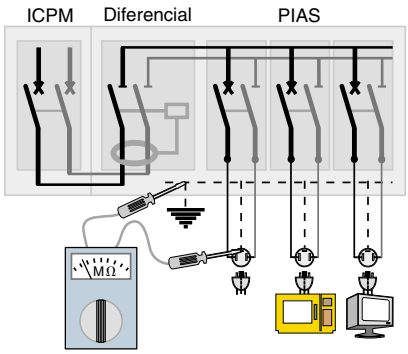


Fig. B2-009: *comprobación de la continuidad en el conductor de protección.*

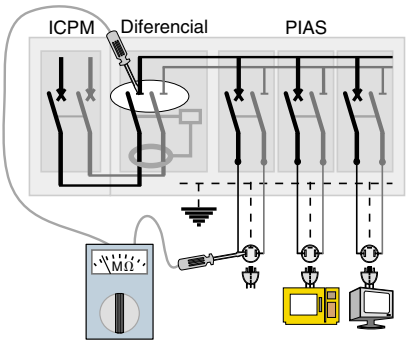


Fig. B2-010: *comprobación de la continuidad en los conductores activos sin tensión.*

Verificación del aislamiento

Las instalaciones deberán presentar una resistencia de aislamiento al menos igual a los valores indicados en la tabla siguiente:

Tensión nominal de la instalación	Tensión de ensayo en corriente continua (V)	Resistencia de aislamiento (MΩ)
Muy baja tensión de seguridad (MBTS) Muy baja tensión de protección (MBTP)	250	⩾ 0,25
Inferior o igual a 500 V, excepto caso anterior	500	⩾ 0,50
Superior a 500 V	1.000	⩾ 1,00

Nota: para instalaciones MBTS y MBTP, véase la ITC-BT-36.

Tabla B2-011: *valores de resistencia de aislamiento de las instalaciones.*

■ La resistencia de aislamiento entre conductores activos o conductor de protección (tierra), no será inferior a los valores de la tabla en tramos de 100 m de línea.

■ Cuando esta longitud exceda del valor anteriormente citado y pueda fraccionarse la instalación en partes de aproximadamente 100 metros de longitud, bien por seccionamiento, desconexión, retirada de fusibles o apertura de interruptores, cada una de las partes en que la instalación ha sido fraccionada debe presentar la resistencia de aislamiento que corresponda.

■ Para obtener tramos de 100 m podemos efectuar la revisión circuito a circuito, conectando, de forma selectiva, solamente el interruptor del circuito a medir.

■ Cuando no sea posible efectuar el fraccionamiento citado, se admite que el valor de la resistencia de aislamiento de toda la instalación sea, con relación al mínimo que le corresponda, inversamente proporcional a la longitud total, en hectómetros, de las canalizaciones.

■ En realidad debe cumplir que será superior a: 1.000 Ue (expresado en ohmios), siendo Ue la tensión máxima de empleo en voltios.

■ La medición se efectúa con un “Megger”, capaz de suministrar una tensión continua de 500 a 1.000 V suministrando una corriente de 1 mA para una carga igual a la mínima resistencia de aislamiento especificada para cada tensión.

■ Las cargas deben estar desconectadas.

■ El interruptor general debe estar desconectado.

■ Cuando la instalación tenga circuitos con dispositivos electrónicos, en dichos circuitos los conductores de fases y el neutro estarán unidos entre sí durante las medidas.

■ Circuitos monofásicos. El ensayo se realizará:

□ Entre los dos conductores activos.

□ Entre los dos conductores activos y el conductor de protección (tierra).

■ Circuitos trifásicos. La misma operación que para los monofásicos, pero:

□ 1.° Entre dos fases.

□ 2.° Entre estas dos unidas y la tercera.

□ 3.° Entre las fases unidas y el conductor neutro.

■ Entre partes activas y el conductor de protección (tierra):

□ Con el interruptor general desconectado y todos los conductores activos unidos (cortocircuitados).

□ Entre un conductor activo y el borne del conductor de protección (tierra). El polo positivo del aparato al conductor de protección y el negativo a los conductores activos.

□ Las cargas deben estar desconectadas (desenchufadas), para medir solamente el aislamiento de la red. Fig. B2-013.

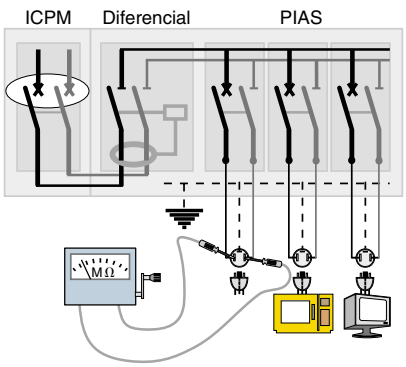


Fig. B2-012: *comprobación del aislamiento entre conductores activos.*

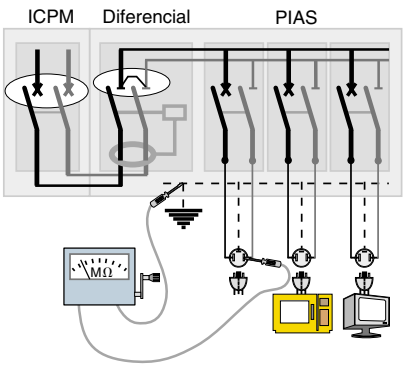


Fig. B2-013: *comprobación del aislamiento entre conductores activos y conductor de protección.*

■ La medida de aislamiento con relación a tierra, se efectuará uniendo a ésta el polo positivo del generador y dejando, en principio, todos los receptores conectados y sus mandos en posición “paro”, asegurándose que no existe falta de continuidad eléctrica en la parte de la instalación que se verifica; los dispositivos de interrupción se pondrán en posición de “cerrado” y los cortacircuitos instalados como en servicio normal. Todos los conductores se conectarán entre sí incluyendo el conductor neutro o compensador, en el origen de la instalación que se verifica y a este punto se conectará el polo negativo del generador.

■ Cuando la resistencia de aislamiento obtenida resulta inferior al valor mínimo que le corresponda, se admitirá que la instalación es no obstante correcta si se cumplen las siguientes condiciones:

□ Cada aparato receptor presenta una resistencia de aislamiento por lo menos igual al valor señalado por la Norma UNE que le concierna o en su defecto 0,5 MΩ.

□ Desconectados los aparatos receptores, la instalación presenta la resistencia de aislamiento que le corresponda.

La rigidez dieléctrica

Este ensayo no se realizará en instalaciones correspondientes a locales que presenten riesgo de incendio o explosión.

Por lo que respecta a la rigidez dieléctrica de una instalación, ha de ser tal que desconectados los aparatos de utilización (receptores) resista durante 1 minuto una prueba de tensión de 2U + 1.000 voltios a frecuencia industrial, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios y con un mínimo de 1.500 voltios. Este ensayo se realizará para cada uno de los conductores incluido el neutro o compensador, con relación a tierra y entre conductores, salvo para aquellos materiales en los que se justifique que haya sido realizado dicho ensayo previamente por el fabricante.

Durante este ensayo los dispositivos de interrupción se pondrán en posición “cerrado” y los cortacircuitos instalados como en servicio normal.

Las corrientes de fuga no serán superiores para el conjunto de la instalación o para cada uno de los circuitos en que ésta pueda dividirse a efectos de su protección, a la sensibilidad que presenten los interruptores diferenciales instalados como protección contra los contactos indirectos.

Medición de la resistencia entre las paredes y los suelos y el conductor de protección (tierra)

El interruptor general debe estar desconectado para evitar que posibles fugas interfieran en la lectura.

La medición se ha de realizar con corriente alterna, puesto que de hacer pasar una corriente continua, podría producirse la electrólisis de las sales disueltas en la humedad del terreno, que determina una fuerza contraelectromotriz que podría falsear la lectura.
Un "Megger" de bobinas octogonales cruzadas en el seno del campo magnético de un imán permanente y con un circuito de corriente alterna, alimentado con un generador de manivela, para el circuito a medir, permite obtener lecturas fiables.
Se aplica un electrodo en el suelo o la pared formado por un papel de tela hidrofilada, húmeda, de 270 · 270 mm y una placa metálica (cobre o latón) de 250 · 250 mm.
Se aplica sobre el electrodo una presión de 750 N - 76,5 kg para los suelos y de 250 N - 25,5 kg para las paredes, para facilitar un buen contacto.
Se conecta un borne del equipo de medida al electrodo y el otro al borne principal del conductor de protección.
Las lecturas se tomarán en diferentes puntos, sobre todo al lado de las máquinas a una distancia de un metro. Fig. B2-014.

Medición de la impedancia de los bucles de defecto para regímenes TN
Deberemos desconectar la alimentación del transformador y cortocircuitar los bobinados del primario. La medición debe realizarse con un generador de corriente alterna de la misma frecuencia de la corriente de la red. Un amperímetro para realizar la medida de la intensidad y un voltímetro para medir la tensión. Actuando como en el circuito de la fig. B2-014, para cada fase, tendremos las lecturas de tensión e intensidad por fase:

$$Z_{L1} = \frac{U_{L1}}{I_{L1}}$$

Z_{L1} - es la impedancia del bucle de defecto de la fase L_1, en ohmios.
U_{L1} - es la tensión de lectura en el ensayo, en V.
I_{L1} - es la intensidad de lectura en el ensayo, en A. Fig. B2-015.

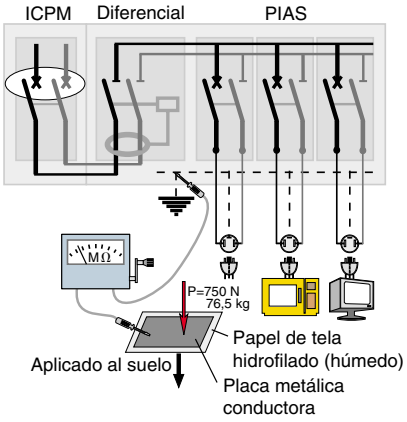


Fig. B2-014: *comprobación de la resistencia entre paredes y suelos y el conductor de protección.*

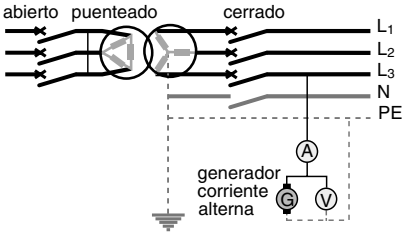


Fig. B2-015: *comprobación de la impedancia del circuito de defecto para regímenes TN.*

En el caso de realizarse la distribución con canalizaciones prefabricadas, con conductor de protección incorporado, los fabricantes facilitan los datos de ensayo por unidad de longitud y no es necesario realizar la medición.

Comprobación de las protecciones contra contactos indirectos y fugas (interruptores diferenciales)

Debemos realizar una corriente de fuga controlada entre dos fases, o una fase y neutro o una fase y tierra, con una conexión aguas arriba y otra aguas abajo del dispositivo a comprobar.

Los interruptores deben estar conectados en el momento de realizar el ensayo, por lo menos los que alimentan el circuito del aparato a comprobar.

El circuito de la fig. B2-016 nos facilita una posibilidad de ejecución.

La resistencia variable ha de ser dimensionada de forma que su valor inicial no permita ninguna corriente de fuga y paulatinamente, para poder tener lecturas estabilizadas, reducimos la resistencia para incrementar la intensidad de fuga.

Los dispositivos diferenciales deben desconectar a partir de un 50% del valor de la corriente de fuga y un 100% de ella. Fig. B2-016.

Para los dispositivos con retardo, una vez ajustado el valor de desconexión, se desconecta la fuga, se acopla un osciloscopio para poder ver la cantidad de ciclos de la corriente alterna que circulan hasta la desconexión, y a partir de ellos calcular el tiempo sabiendo que cada ciclo son 0,02 segundos.

Al volver a conectar, con el valor de fuga de desconexión calibrado, podremos valorar el tiempo de desconexión.

Medida de la resistencia de la toma de tierra

La base de esta medida es hacer circular una corriente alterna entre la puesta a tierra, cuya resistencia queremos medir, y dos electrodos auxiliares, uno de tensión y otro de corriente a distancias entre ellos de unos 6 m aproximadamente, procurando que el electrodo de tensión quede a la mitad de distancia entre la puesta a tierra y el electrodo auxiliar de corriente, según indica la fig. F2-017.

Para el ensayo desconectar el interruptor general. Fig. B2-017.

Se dispone en el mercado de unos aparatos de medida, concebidos expresamente para este tipo de mediciones, denominados “Megger”. Están constituidos por un ohmímetro de bobinas cruzadas octogonales en el seno del campo magnético creado por un imán permanente. La corriente la produce el generador G, accionado mediante la maneta que lleva el aparato.

Por el circuito de tierra pasa la corriente alterna, pero por las bobinas circula una corriente continua rectificada. Por ello el instrumento va provisto de un convertidor de cc a ca,. y de un rectificador de ca a cc.

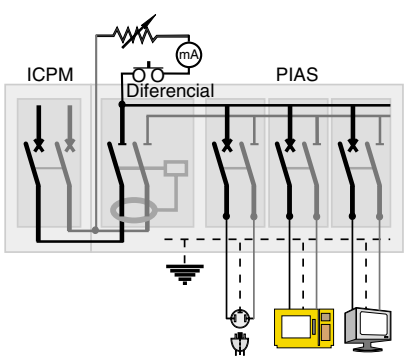


Fig. B2-016: *comprobación de la corriente de fuga.*

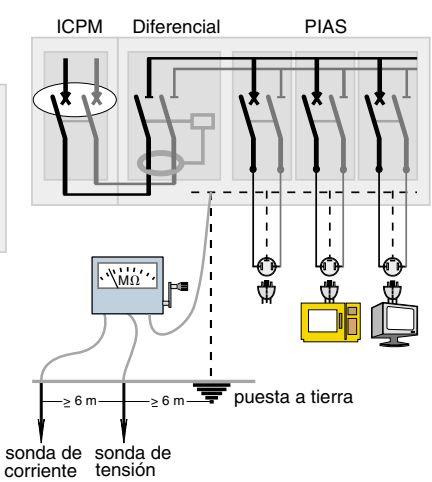


Fig. B2-017: *comprobación de la resistencia de la puesta a tierra.*

Un hecho a resaltar es que la tensión de la magneto depende del número de r.p.m. de ésta. Como las corrientes que pasan por las bobinas cruzadas se incrementan o disminuyen en igual proporción, la lectura es independiente de la velocidad de giro.

Comprobación de las bases de toma de corriente

Las bases de toma de corriente utilizadas en las instalaciones interiores o receptoras serán del tipo indicado en las figuras C2a, C3a o ESB 25-5a de la norma UNE 20315.

El tipo indicado en la figura C3a queda reservado para instalaciones en las que se requiera distinguir la fase del neutro, o disponer de una red de tierras específica.

En instalaciones diferentes de las indicadas en la ITC-BT-25 para viviendas, además se admitirán las bases de toma de corriente indicadas en la serie de normas UNE-EN 60309.

Las bases móviles deberán ser del tipo indicado en las figuras ESC 10-1a, C2a o C3a de la norma UNE 20315. Las clavijas utilizadas en los cordones prolongadores deberán ser del tipo indicado en las figuras ESC 10-1b, C2b, C4, C6 o ESB 25-5b.

■ Las bases de toma de corriente del tipo indicado en las figuras C1a, las ejecuciones fijas de las figuras ESB 10-5a y ESC 10-1a, así como las clavijas de las figuras ESB 10-5b y C1b, recogidas en la norma UNE 20315, sólo podrán comercializarse e instalarse para reposición de las existentes.

3. Los receptores

El examen de las potencias a instalar o instaladas permite establecer:
– La potencia de la energía a contratar.
– La potencia del transformador del centro de transformación de MT/BT.
– La potencia que circulará por el cuadro general de distribución (CGD).

3.1. Los motores asíncronos

La potencia

– La potencia nominal (Pn) de un motor corresponde a la potencia mecánica disponible sobre su eje.

Motores asíncronos sin compensación de energía reactiva

Potencia nominal Pn		η a Pn %	cos φ a Pn	Potencia absorbida Pa (kVA)	Intensidad absorbida					
					mono-fásica	trifásica				
kW	CV				220 V	220 V	380 V	440 V	500 V	600 V
0,37	0,50	64	0,73	0,79	3,60	1,80	1,03	0,99	0,91	0,60
0,55	0,75	68	0,75	1,10	4,70	2,75	1,60	1,36	1,21	0,90
0,75	1	72	0,75	1,40	6	3,50	2	1,68	1,50	1,10
1,10	1,50	75	0,79	1,90	8,50	4,40	2,60	2,37	2	1,50
1,50	2	78	0,80	2,40	12	6,10	3,50	3,06	2,60	2
2,20	3	79	0,80	3,50	16	8,70	5	4,42	3,80	2,80
3	4	81	0,80	4,60	21	11,50	6,60	5,77	5	3,80
3,70	5	82	0,80	5,10	25	13,50	7,70	7,10	5,90	4,40
4	5,50	82	0,80	6,90	26	14,50	8,50	7,90	6,50	4,90
5,50	7,50	84	0,83	7,60	35	20	11,50	10,40	9	6,60
7,50	10	85	0,83	10,30	47	27	15,50	13,70	12	6,90
9	12	86	0,85	12,70		32	18,50	16,90	13,90	10,60
10	13,50	86	0,85	13,70		35	20	17,90	15	11,50
11	15	87	0,86	14,80		39	22	20,10	18,40	14
15	20	88	0,86	19,20		52	30	26,50	23	17,30
18,50	25	89	0,86	24,70		64	37	32,80	28,50	21,30
22	30	89	0,86	28		75	44	39	33	25,40
25	35	89	0,86	33		85	52	45,30	39,40	30,30
30	40	89	0,86	39		103	60	51,50	45	34,60
33	45	90	0,86	43		113	68	58	50	39
37	50	90	0,86	48		126	72	64	55	42
40	54	91	0,86	51		134	79	67	60	44
45	60	91	0,86	57		150	85	76	65	49
51	70	91	0,86	65		170	98	83	75	57
55	75	92	0,86	70		182	105	90	80	61
59	80	92	0,87	74		195	112	97	85	66
63	85	92	0,87	79		203	117	109	89	69
75	100	92	0,87	94		240	138	125	105	82
80	110	92	0,87	100		260	147	131	112	86
90	125	92	0,87	112		295	170	146	129	98
100	136	92	0,87	125		325	188	162	143	107

Nota: estos valores son indicativos, pueden variar en función del fabricante y del tipo de motor, generalmente se ajustan a esta tabla.

Tabla B3-001: *tabla de los valores de las potencias e intensidades de los motores asíncronos, con el factor de potencia sin compensar.*

Motores asíncronos con compensación											
Potencia nominal Pn		η a Pn %	cos φ a Pn	Potencia		Intensidad absorbida					
				con-den-sador (kVAr)	absor-bida Pa (kVA)	mono-fásica 220 V	trifásica				
kW	CV						220 V	380 V	440 V	500 V	600 V
0,37	0,50	64	0,93	0,31	0,62	2,80	1,40	0,80	0,77	0,71	0,47
0,55	0,75	68	0,93	0,39	0,87	3,80	2,20	1,30	1,10	1	0,72
0,75	1	72	0,93	0,48	1,10	4,80	2,80	1,60	1,30	1,20	0,88
1,10	1,50	75	0,93	0,53	1,60	7,20	3,70	2,20	2	1,70	1,30
1,50	2	78	0,93	0,67	2,10	10,30	5,20	3	2,60	2,20	1,70
2,20	3	79	0,93	0,99	3	13,70	7,50	4,30	3,80	3,30	2,40
3	4	81	0,93	1,31	4	18	9,90	5,70	5	4,30	3,30
3,70	5	82	0,93	1,59	4,80	22	11,60	6,60	6,10	5,10	3,80
4	5,50	82	0,93	1,74	5,20	22	12,50	7,30	6,80	5,60	4,20
5,50	7,50	84	0,93	1,80	7	31	17,80	10,30	9,30	8	5,90
7,50	10	85	0,93	2,44	9,50	42	24	13,80	12,20	10,70	7,90
9	12	86	0,93	2,40	11,30		29	16,90	15,40	12,70	9,70
10	13,50	86	0,93	2,60	12,50		32	18	16,40	13,70	10,50
11	15	87	0,93	2,50	13,60		36	20	19	17	13
15	20	88	0,93	3,37	18,30		48	28	25	21	16
18,50	25	89	0,93	4,12	22,40		59	34	30	26	20
22	30	89	0,93	4,89	26,60		69	41	36	31	23
25	35	89	0,93	5,57	30		79	48	42	36	28
30	40	89	0,93	6,68	36		95	55	48	42	32
33	45	90	0,93	7,25	39		104	63	54	46	36
37	50	90	0,93	8,12	44		117	67	59	51	39
40	54	91	0,93	8,72	47		124	73	62	55	41
45	60	91	0,93	9,71	53		139	79	70	60	45
51	70	91	0,93	11,10	60		157	91	77	69	53
55	75	92	0,93	11,89	64		168	97	83	74	56
59	80	92	0,93	10,98	69		182	105	91	80	62
63	85	92	0,93	11,66	74		190	109	102	83	65
75	100	92	0,93	13,89	88		225	129	117	98	77
80	110	92	0,93	14,92	93		243	138	123	105	80
90	125	92	0,93	16,80	105		276	159	137	121	92
100	136	92	0,93	18	117		304	176	152	134	100

Nota: estos valores son indicativos, pueden variar en función del fabricante y del tipo de motor, generalmente se ajustan a esta tabla.

Tabla B3-002: *tabla de los valores de las potencias e intensidades de los motores asíncronos, con el factor de potencia compensado.*

– La potencia absorbida (Pa) es la que suministra la línea, corresponde a la potencia nominal (trabajo + pérdidas), más la potencia fluctuante para crear el campo capaz de hacer girar el motor y es función de la potencia nominal, del rendimiento y del factor de potencia del motor.

$$Pa = \frac{Pn}{\eta \cdot \cos \varphi}$$

– Para los motores asíncronos mandados por variadores de velocidad (convertidores de frecuencia), salvo indicación precisa, considerar un incremento del 10% de la potencia activa del motor.

Intensidad absorbida

La intensidad absorbida la calculamos por medio de las fórmulas:

Circuito monofásico:

$$I_a = \frac{P_n}{U_o \cdot \eta \cdot \cos \varphi}$$

Circuito trifásico:

$$I_a = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \eta \cdot \cos \varphi}$$

I_a = intensidad absorbida en A
P_n = potencia nominal (útil) en W
U_n = tensión nominal entre fases
U_0 = tensión nominal entre fase y neutro
η = rendimiento del motor
$\cos \varphi$ = factor de potencia

La intensidad de arranque

La intensidad de arranque de los motores asíncronos es:

Motores de jaula (arranque directo):
- I_d = 4,2 a 9 I_n para los motores de dos polos.
- I_d = 4,2 a 7 I_n para los motores de más de dos polos (valor medio 6 I_n).

Motores de anillos (arranque directo):
- I_d = 1,5 a 3 I_n (valor medio 2,5 I_n).

Motores de corriente continua:
- I_d = 1,5 a 3 I_n (valor medio 2,5 I_n).

La compensación de la energía inductiva (fluctuante) por energía capacitiva

Es interesante disminuir la intensidad de la energía absorbida por los motores asíncronos, compensando la energía fluctuante con energía capacitiva, por medio de condensadores.
La intensidad absorbida después de la compensación será:

$$I_a' = I_a \frac{\cos \varphi}{\cos \varphi'}$$

- cos φ es el factor de potencia antes de la compensación.
- cos φ' es el factor de potencia después de la compensación.

Nota: La compensación de la energía reactiva se trata en el capítulo E.

3.2. Motores de corriente continua

Los motores de corriente continua son utilizados en aplicaciones específicas, caracterizadas por la necesidad de la variación de la velocidad (máquinas herramienta, machacadoras, etc.).
Su alimentación se realiza generalmente a través de variadores de velocidad (Rectivar 4 Telemecanique).

Los variadores no se definen por su intensidad eficaz nominal sino por la intensidad de arranque y en función de las frecuencias de arranques.

La intensidad de arranque de un motor debe ser inferior a la capacidad de sobrecarga de un variador, y a las características de desconexión de las protecciones del mismo.

La intensidad media que absorbe es función de la intensidad de arranque y de la frecuencia de las secuencias de arranque tal como se producen.
Se determina a partir de los ciclos de trabajo y de las informaciones de los constructores de los variadores.
Encontrarán información en el catálogo de Telemecanique de mando de motores.

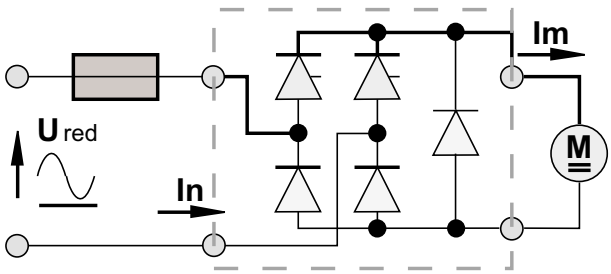


Fig. B3-003: *esquema de un variador de velocidad de poca potencia.*

Variadores de velocidad para motores de c.c. (alimentados en c.a.)			
U_{red}	Tipo de variador	Intensidad In (A)	Potencia motor (kW)
monofásico 230 V	VA3-D	4 (1)	0,37
	VA3-C	9	0,75
		17	1,50
		24 (1)	2,20
	RTV-04	7,50	0,65
		15	1,30
		30	2,70
		55 (1)	5
	VD1	16	1,20
		32	2,40
		64 (2)	5,10
trifásico 400 V	RTV-541	24	10
	RTV-74	36 (1)	16
	RTV-641	12	4,70
	RTV-84	24 (1)	9,50

(1) El acoplamiento de arrastre con la máquina es solamente resistente.
(2) El acoplamiento de arrastre con la máquina es resistente o simplemente de arrastre.
Nota: la gama de velocidades del motor puede ser de 1 a 10 o de 1 a 1.000 según el tipo de variador.

Tabla B3-004: *tabla de variadores de velocidad c.c. Telemecanique.*

3.3. Elementos de calefacción y lámparas incandescentes normales o halógenas

La potencia absorbida

La potencia absorbida por un elemento de calefacción a resistencias o una lámpara incandescente, es igual a la potencia nominal (Pn) de referencia, dada por el fabricante.
La corriente absorbida es:

En carga monofásica: $I_a = \frac{P_n}{U}$

En carga trifásica: $I_a = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U}$

Las lámparas incandescentes con presencia de gases halógenos permiten rendimientos de iluminación y vida superiores a los normales (doble vida).
A la conexión presentan puntas elevadas en función del cambio de temperatura del filamento:
- Lámparas de 15 a 20 In.
- Resistencias de 2 a 3 In.

Estas puntas deben tenerse en cuenta en el momento de elegir las protecciones (capítulo J7, "Aparamenta para el control de la iluminación", 3.er volumen).

Resistencias calefactoras y lámparas incandescentes

Potencia nominal kW	Intensidad absorbida (A) monofásica 127 V	monofásica 230 V	trifásica 230 V	trifásica 400 V
0,10	0,79	0,43	0,25	0,14
0,20	1,58	0,87	0,50	0,29
0,50	3,94	2,17	1,26	0,72
1	7,90	4,35	2,51	1,44
1,50	11,80	6,52	3,77	2,17
2	15,80	8,70	5,02	2,89
2,50	19,70	10,90	6,28	3,61
3	23,60	13	7,53	4,33
3,50	27,60	15,20	8,72	5,05
4	31,50	17,40	10	5,77
4,50	35,40	19,60	11,30	6,50
5	39,40	21,70	12,60	7,22
6	47,20	26,10	15,10	8,66
7	55,10	30,40	17,60	10,10
8	63	34,80	20,10	11,50
9	71	39,10	22,60	13
10	79	43,50	25,10	14,40

Tabla B3-005: *tabla de las intensidades absorbidas para las resistencias calefactoras y las lámparas incandescentes.*

Las lámparas incandescentes

Las lámparas incandescentes desprenden una gran cantidad de calor llegando a temperaturas peligrosas para su entorno inmediato. Los elementos que las soportan deben ser de materiales autoextinguibles (a poder ser metálicos).
La transmisión de calor por convección es importante y por tanto necesitan de una buena ventilación, natural o forzada.
La transmisión de calor por radiación es importante y consecuentemente deben mantenerse distancias de separación entre la lámpara y la superficie a iluminar. Esta distancia la fijarán los fabricantes para cada caso.

Funcionamiento regulado

Las lámparas incandescentes se pueden regular todas sin limitaciones.
Las halógenas al operar a baja potencia la evaporación de tungsteno disminuye antes que el ciclo halógeno se interrumpa. Si, de forma excepcional, se depositan algunas partículas de tungsteno en el cristal de la lámpara, un breve período de funcionamiento al voltaje nominal será suficiente para retirar la fina capa que provoca el oscurecimiento.
Las lámparas halógenas que funcionan a tensión de red (230 V) pueden regularse con equipos estándar.
Las lámparas halógenas de bajo voltaje se alimentan a través de un transformador y la regulación se efectúa normalmente desde el primario del transformador. Los reguladores deberán ser compatibles con el transformador, es decir, deberán ser reguladores de ciclo completo con bloque simétrico de cargas inductivas.
Con algunos transformadores, como por ejemplo los toroidales con más de 300 W, debe instalarse un módulo limitador con interruptor de corriente para proteger el regulador. El fabricante del transformador debe informar de las necesidades del mismo.
La mayoría de los transformadores electrónicos usan transformadores especiales de ángulo de fase, o bien, si se utilizan como transformadores de regulación, se controlan simplemente por medio de un potenciómetro.
Al calcular la potencia de un regulador, además de la potencia de la lámpara deben tenerse en cuenta la potencia de pérdidas del regulador.

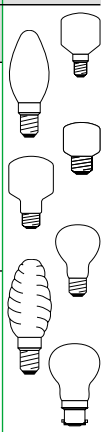
Instalación

La situación de los transformadores es muy importante tanto para la distancia de él a las lámparas como para la utilidad de la protección del secundario desde el primario.
Sólo deben usarse transformadores aisladores de separación.
El transformador debe ser adecuado a la carga real del secundario. Un transformador para una capacidad mayor de la carga real del secundario, o sea subcargado, la tensión del secundario se incrementa y disminuye la vida útil de las lámparas.
Los transformadores deben instalarse de forma que no se transmitan vibraciones, con el objeto de no crear zumbidos en las tomas de corriente.
Los transformadores con las marcas  pueden instalarse en cajas o sobre superficies cuya inflamabilidad no sea conocida. Las medidas especificadas garantizan que en un funcionamiento normal, la temperatura de la superficie de la instalación de los transformadores mencionados no superará los 95 °C ni llegará a los 115 °C en caso de fallo.

Lámparas lumínicas, potencias y rendimientos luminosos, características

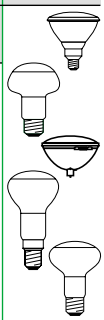
Lámparas incandescentes

Potencia W	Flujo (lm) Luminoso	Flujo (lm) Luminoso	Flujo (lm) Luminoso	Flujo (lm) Luminoso	Flujo (lm) Luminoso	Flujo (lm) Luminoso	Flujo (lm) Luminoso	Flujo (lm) Luminoso	Tipo
SOFTONE					PRACTITONE				
	Vela	Mini	Estándar	Globo	Horno C	Frigorífico	Línea	Mini	
15	–	–	–	–	85	110	–	–	
25	195	195	195	–	175	–	–	165	
35	–	–	–	–	–	–	210	–	
40	365	365	370	–	–	–	–	–	
60	580	610	630	X	–	–	400	–	
75	–	–	840	–	–	–	–	–	
100	–	–	1.200	X	–	–	–	–	
120	–	–	–	–	–	–	780	–	
CLASSICTONE									
	Vela								
15	115								
25	215								
40	415								
60	670								



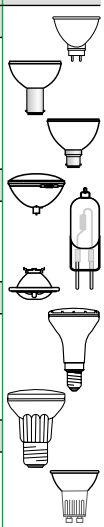
Lámparas incandescentes reflectoras

Potencia W	Intensidad lumino-(cd)	Intensidad lumino-(cd)	Intensidad lumino-(cd)	Intensidad lumino-(cd)	Intensidad lumino-(cd)	Intensidad lumino-(cd)	Intensidad lumino-(cd)	Intensidad lumino-(cd)	Tipo
SPOTONE									
	Par38 Ex-	Par38 In-	Par56 (12)	Par56 (25)	Par56 (40)	SPOTLINE	MINILUX	PHILUX	
25	–	–	–	–	–	220	–	–	
30	–	–	–	–	–	–	160	–	
40	–	–	–	–	–	540	–	160	
60	1.200	3.400	–	–	–	960	–	270	
75	–	–	–	–	–	1.600	–	360	
80	1.800	5.400	–	–	–	–	–	–	
100	–	–	–	–	–	3.000	–	530	
120	3.100	9.300	–	–	–	–	–	–	
150	–	–	–	–	–	4.150	–	–	
300	–	–	40.000	22.000	9.000	–	–	–	



Lámparas halógenas

Potencia W	Intensidad lumino-(cd)	Intensidad lumino-(cd)	Intensidad lumino-(cd)	Intensidad lumino-(cd)	Intensidad lumino-(cd)	Intensidad lumino-(cd)	Intensidad lumino-(cd)	Intensidad lumino-(cd)	Tipo
	MASTER-8	24D	36D	60D	Brillant-10D	Brillant-24D	Brillant-36D	Brillant-60D	
20	6.500	–	1.000	–	5.000	1.300	780	350	
30	11.000	3.350	1.600	750	–	–	–	–	
35	14.000	4.400	2.200	1.050	8.000	3.100	1.500	700	
45	16.000	5.450	2.850	1.300	–	–	–	–	
50	–	–	–	–	13.000	4.400	2.200	1.100	
	Brillant-10D	Brillant-30D	Accen-10	Accen-36	Accen-60	Alu-37-6D	Alu-37-18D	Alu56-6D	
20	4.800	690	3.400	550	–	6.400	1.500	–	
35	6.000	1.300	6.000	1.000	–	–	–	18.000	
50	–	–	8.800	1.600	750	–	–	–	
	Alu56-10D	Alu56-14D	Alu56-25D	Alu111-8D	Alu111-25D	Par20-10D	Par20-25D	Par16-30D	
20	–	–	–	–	–	7.000	1.200	–	
35	–	4.400	–	–	–	–	–	–	
40	–	–	–	–	–	–	–	850	
50	12.000	–	2.500	23.000	4.000	–	–	–	
	Par20-10D	Par20-30D	Par25-25D	Par30-10D	Par30-30D	Par38-10D	Par38-30D	TWIST-25D	
50	3.500	1.000	–	–	–	–	–	1.250	
75	–	–	1.850	6.500	2.000	9.500	2.400	–	
100	–	–	–	–	–	15.000	3.000	–	



Lámparas halógenas (continuación)									
Potencia W	Intensidad lumino-(cd)	Intensidad lumino-(cd)	Intensidad lumino-(cd)	Intensidad lumino-(cd)	Intensidad lumino-(cd)	Intensidad lumino-(cd)	Intensidad lumino-(cd)	Intensidad lumino-(cd)	Tipo
	A PRO - 35	A PRO - 40	A PRO - C	A PRO - O	A PRO - 95	PRO-T32-C	PRO-T32-M	IDE - Clara	
40	500	–							
60	840	840	840	800					
100	–	–	1.600	1.480	1.480	1.600	1.525		
150	–	–	2.550	2.380	2.380	2.550	2.450		
500	–	–	–	–	–	–	–	10.250	
1.000	–	–	–	–	–	–	–	24.000	
2.000	–	–	–	–	–	–	–	50.000	

Tabla B3-006: *características de las lámparas de incandescencia.*

Los transformadores con la marca ⓕ son según la normativa, adecuados para su instalación en superficies de materiales normales y ligeramente inflamables, con una temperatura de ignición de al menos 200 °C. Se engloban en este tipo materiales como la madera o los conglomerados (atención a los barnices o pinturas de sus superficies). Para las superficies de instalación de hormigón, piedra o yeso, la marca ⓕ no es necesaria.
El sobrevoltaje de 1 voltio no tiene consecuencias en una lámpara halógena de 230 V de tensión nominal; sin embargo para una lámpara de 12 V, supone un sobrevoltaje del 8%, lo que puede reducir la vida útil de la halógena de 3.000 a 1.200 horas.
El transformador debe montarse, siempre que sea posible, cerca de las fuentes de luz, pero a no menos de 30 cm para evitar efectos de recalentamiento, ya que en las instalaciones de bajo voltaje fluye una corriente relativamente alta, por lo que el diámetro y la longitud del conductor, y en consecuencia la caída de potencial, juegan un papel importante. La caída de potencial va siempre acompañada de un descenso de la emisión de flujo luminoso, ver diagrama fig. B3-007.

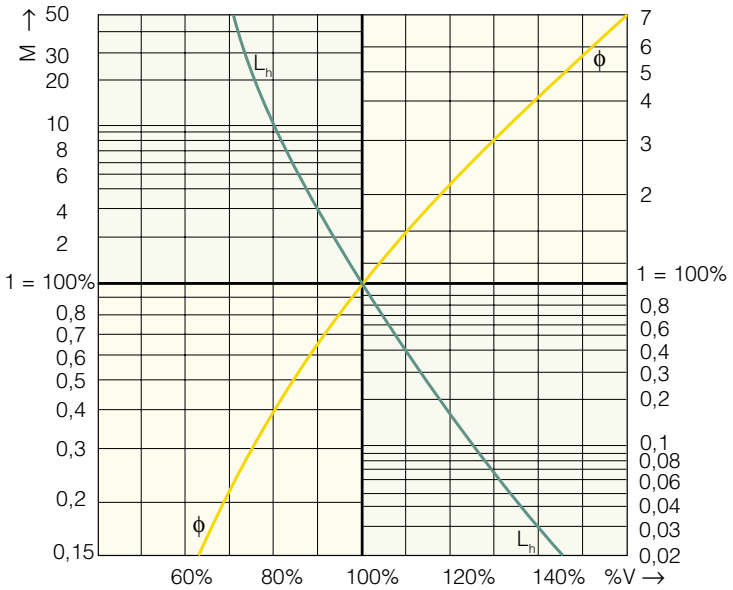


Fig. B3-007: *diagrama de la relación de la tensión con el flujo y la vida útil.*

El diseño de una red de bajo voltaje puede ser como se muestra en las figuras B3-008 y B3-009.

Los cables que acostumbramos a utilizar en las instalaciones de alumbrado doméstico de 1,5 mm^2, en las instalaciones de bajo voltaje se convierten en 2,5 mm^2 y por tanto los bornes de conexión deben adaptarse a estas secciones. Siempre que sea posible los cables deberán conectarse en forma de estrella con conductores de la misma longitud, ya que este tipo de disposición proporciona el mismo voltaje a todas las lámparas.

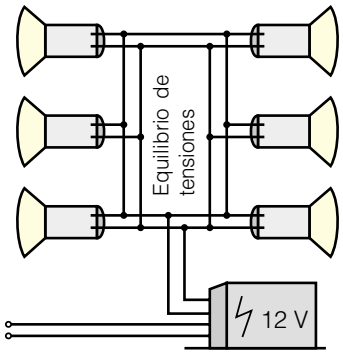


Fig. B3-008: *instalación con conexiones en red.*

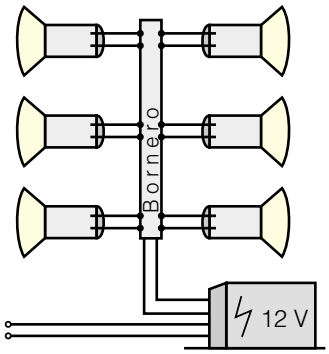


Fig. B3-009: *instalación con caja de bornes.*

Cambio de lámparas

■ Las lámparas deben cambiarse siempre con la corriente desconectada.

■ En circuitos de 230 V, es peligroso tocar el material conductor.

■ En circuitos de 12 V, es posible dañar el casquillo del foco; con este voltaje, la corriente es alta: (lámpara de 50 W - 4,2 A aproximadamente, lámpara de 75 W - 6,3 A aproximadamente; lámpara de 100 W - 8,3 A aproximadamente, y al retirar la lámpara puede fundirse los contactos del casquillo. Con los contactos dañados, no e posible garantizar que la lámpara nueva se conecte sin fallos, por lo que puede dañarse aún más el casquillo y afectar seriamente la vida útil de la lámpara. Se debe evitar el contacto directo con las lámparas que no tengan un protector de bombilla o un reflector, ya que las huellas dactilares en la ampolla de cristal de cuarzo se queman al encender la lámpara, dañándola considerablemente. Si se toca una de estas lámparas por error, se deben quitar las huellas dactilares con alcohol o con un trapo suave.

3.4. Lámparas de descarga

Lámparas de descarga compacta

Mastercolor (CDM-T) - (CDM-TC) - (CDM-TD)

Lámparas de descarga compactas de color estable, con altas intensidades del haz luminoso debido al pequeño arco de descarga axial y a las dimensiones compactas de la lámpara.

Mastercolor (CDM-R)

Lámparas reflectoras, con altas intensidades del haz luminoso debido al pequeño arco de descarga axial del tubo de descarga de óxido de aluminio.

Mastercolor (CDM-TP)

Lámparas de descarga compactas de color estable, con altas intensidades del haz luminoso debido al pequeño arco de descarga axial y a las dimensiones compactas de la lámpara. Protegida por un doble casquillo de cuarzo de bloqueo de los rayos UV y un tubo exterior de vidrio duro.

Mastercolor (CDM-TT)
Lámparas de descarga compactas de color estable, con altas intensidades del haz luminoso debido al pequeño arco de descarga axial producido en el interior de un tubo cerámico y a las dimensiones compactas de la lámpara. Protegida por un tubo exterior tubular transparente.

Mastercolor (CDM-ET)
Lámparas de descarga de alta intensidad con un tubo de descarga cerámico dentro de un bulbo elíptico exterior recubierto de color blanco.

Máster sodio blanco (SDW-T)
Lámparas de vapor de sodio de alta presión con un tubo de descarga de óxido de aluminio sintetizado, incluido en un bulbo exterior de cristal blando transparente en el que se ha realizado el vacío.

Halogenuros metálicos de baja potencia
Lámparas de halogenuros metálicos, con doble terminal, alojadas en un bulbo de cuarzo exterior tubular transparente de vacío con filtro de bloqueo de los rayos UV.

Lámparas de descarga de alta intensidad

Máster (SON PIA PLUS) - (SON-T PIA PLUS)
Lámparas de vapor de sodio de alta presión con un tubo de descarga de óxido de aluminio sintetizado, incluido en un bulbo exterior de cristal en el que se ha realizado el vacío. Tubo de descarga con amalgama de sodio-mercurio y xenón.

Máster (SON PIA Libre Mercurio)
Lámparas de vapor de sodio de alta presión con un tubo de descarga de óxido de aluminio sintetizado, incluido en un bulbo exterior de cristal en el que se ha realizado el vacío. Tubo de descarga con amalgama de sodio y xenón. Bulbo exterior con revestimiento interior blanco.

Máster (SON-T PIA Libre Mercurio)
Lámparas de vapor de sodio de alta presión con un tubo de descarga de óxido de aluminio sintetizado, incluido en un bulbo exterior de cristal en el que se ha realizado el vacío. Tubo de descarga con amalgama de sodio y xenón. Bulbo exterior tubular transparente.

Máster (SON-T PIA AGRO)
Lámparas de vapor de sodio de alta presión con un tubo de descarga de óxido de aluminio sintetizado, incluido en un bulbo exterior de cristal en el que se ha realizado el vacío. Tubo de descarga con amalgama de sodio y mercurio y gas inicial xenón. Bulbo exterior con revestimiento interior blanco.

Máster (SON PRO)
Lámparas de vapor de sodio de alta presión con un tubo de descarga de óxido de aluminio sintetizado, incluido en un bulbo exterior de cristal en el que se ha realizado el vacío. Tubo de descarga con amalgama de sodio y mercurio y gas inicial xenón. Bulbo exterior con revestimiento interior blanco.
Las de tipo SON-I llevan un arrancador incorporado.

Máster (SON COMFORT PRO) - (SON H PRO)
Lámparas de vapor de sodio de alta presión con un tubo de descarga de óxido de aluminio sintetizado, incluido en un bulbo exterior ovoide con revestimiento interior blanco.

Máster (SON-T COMFORT PRO) - (SON-T PRO)
Lámparas de vapor de sodio de alta presión con un tubo de descarga de óxido de aluminio sintetizado, incluido en un bulbo exterior de cristal en el que se ha realizado el vacío. Tubo de descarga con amalgama de sodio y mercurio y gas inicial xenón, incluido en un bulbo exterior tubular.

Máster (SOX-E) - (SOX PRO)
Lámpara de vapor de sodio de baja presión con tubo de descarga en forma de U que contiene sodio, incluido en un bulbo exterior tubular transparente, al que se efectúa el vacío.

Máster (HPL COMFORT PRO) (HPL-N)
Lámparas de vapor de mercurio de alta presión con un tubo de descarga de cuarzo con vapor de mercurio, incluido en un bulbo exterior ovoide con revestimiento interior especial.

Máster (HPL) (HPL-N)
Lámparas de vapor de mercurio de alta presión con un tubo de descarga de cuarzo con vapor de mercurio, incluido en un bulbo exterior ovoide con reflector interno.

Máster (ML)
Lámparas de vapor de mercurio de alta presión en serie con un filamento de tungsteno que actúa como fuente de luz incandescente y como dispositivo limitador de corriente, cubierto por un bulbo de vidrio lleno de gas y revestimiento interior de fósforo.

Máster (MLR)
Lámparas de vapor de mercurio de alta presión en serie con un filamento de tungsteno que actúa como fuente de luz incandescente y como dispositivo limitador de corriente, cubierto por un bulbo de vidrio lleno de gas y revestimiento interior de fósforo y reflector interno.

Máster (HPI PLUS)
Lámparas de halogenuros metálicos de alta presión con un tubo de descarga de cuarzo con vapor de mercurio y una mezcla de halogenuros metálicos, incluido en un bulbo exterior ovoide con revestimiento interior especial.

Máster (HPI-T PLUS) - (HPI-T PRO)
Lámparas de halogenuros metálicos de alta presión con un tubo de descarga de cuarzo con vapor de mercurio y una mezcla de halogenuros metálicos, incluido en un bulbo exterior tubular transparente.

Balastos para las lámparas HID

Balastos electrónicos
HID - PV: para lámparas MH/CDM 35 W, 70 W y 150 W.
HID - DV: para lámparas SON y CDM 150 W.
EXC: para lámparas SOX.

Balastos electromagnéticos (reactancias impregnadas)
BMH: para lámparas SON, CDM y Halógenos Metálicos, Semi P.
BSN: para lámparas SON, CDM y Halógenos Metálicos, Semi P.
BMH: para lámparas SON, CDM y Halógenos Metálicos, Superimpregnadas.
BSN: para lámparas SON, CDM y Halógenos Metálicos, Superimpregnadas.
BSN: para lámparas SON, Halógenos Metálicos y HP, Semi P.

B
3

Lámparas de descarga compactas

Potencia W	η lumínico lm/w	η lumínico lm/w	η lumínico lm/w	η lumínico lm/w	η lumínico lm/w	Intensidad lumino-(cd)	Intensidad lumino-(cd)	Intensidad lumino-(cd)	Tipo
	CDM-T		CDM-TC	CDM-TD		CDM-R			
Color	830	942	830	830	942	830 (10D)	830 (30D)	830 (40D)	
35	87	–	87	–	–	23.000	5.000	–	
70	93	92	93	91	85	68.000	–	10.000	
150	95	88	–	91	91	–	–	–	

Potencia W	η lumínico lm/w	η lumínico lm/w	η lumínico lm/w	η lumínico lm/w	η lumínico lm/w	η lumínico lm/w	η lumínico lm/w		Tipo
	CDM-TP		CDM-TT	CDM-ET	SDW-T	MHN-TD	MHW-TD		
Color	830	942	830	830	825				
50	–	–	–	–	44	–	–		
70	83	78	88	88	–	76	83		
100	–	–	–	–	52	–	–		
150	87	81	95	–	–	86	92		
250	–	–	–	–	–	80	–		

Lámparas de descarga, alta intensidad

Potencia W	η lumínico lm/w	η lumínico lm/w	η lumínico lm/w	η lumínico lm/w	η lumínico lm/w	η lumínico lm/w	η lumínico lm/w	η lumínico lm/w	Tipo
	SON-P-P	SON-T	SON-P-M	SON-T-P-M	SON-T-P-A	SON-PRO	SON-PRO	SON-C-PRO	
Arrancador	E	E	E	E	E	E	I	E	
50	–	–	–	–	–	68	–		
70	–	94	–	–	–	80	80	–	
100	100	105	–	88	–	–	–	–	
150	107	110	97	100	–	–	–	83	
250	120	128	108	110	–	–	–	–	
400	135	138	120	120	130	–	–	88	
600	–	150	–	–	–	–	–	93	
1000	–	–	–	–	–	130	–	–	

	ML		MLR	MHN-SA	MHN-LA		HPI-PLUS		
	casqui-E27	casqui-E40	–	–	color 956	color 842	equi-HPL	equi-SON	
160	19	–	18,5	–	–	–	–	–	
230	–	–	–	86	–	–	–	–	
250	21	21	–	–	–	–	74	84	
400	–	–	–	87	–	–	87	93	
500	–	26	–	–	–	–	–	–	
1000	–	–	–	–	87	96	–	–	
2000	–	–	–	–	93	108	–	–	

	HPI-T-P		HPI-T-PRO						
	equi-HPL	equi-SON							
250	76	78	–						
400	90	85	–						
1000	–	–	86						
2000	–	–	95						

Lámparas de descarga, alta intensidad

Potencia W	η lumínico lm/w	η lumínico lm/w	η lumínico lm/w	η lumínico lm/w	η lumínico lm/w	η lumínico lm/w	η lumínico lm/w	η lumínico lm/w	Tipo
	SON-T-C-P	SON-T-PRO	SON-H	SON-E	SOX-PRO	HPL-C-PRO	HPL-N	HPL-R	
Arrancador	E	E	–	–	–	–	–	–	
18	–	–	–	99	–	–	–	–	
26	–	–	–	137	–	–	–	–	
35	–	–	–	–	123	–	–	–	
36	–	–	–	160	–	–	–	–	
50	–	–	–	–	–	40	36	–	
55	–	–	–	–	140	–	–	–	
66	–	–	–	165	–	–	–	–	
80	–	–	–	–	–	50	45	–	

Lámparas de descarga, alta intensidad (continuación)									
Potencia W	η lumínico lm/w	η lumínico lm/w	η lumínico lm/w	η lumínico lm/w	η lumínico lm/w	η lumínico lm/w	η lumínico lm/w	η lumínico lm/w	Tipo
Arrancador	SON-T-C-PE	SON-T-PROE	SON-H –	SON-E –	SOX-PRO –	HPL-C-PRO –	HPL-N –	HPL-R –	
90	–	–	–	–	146	–	–	–	
91	–	–	–	189	–	–	–	–	
125	–	–	–	–	–	55	50	46	
131	–	–	–	203	–	–	–	–	
135	–	–	–	–	161	–	–	–	
150	87	–	–	–	–	–	–	–	
180	–	–	–	–	179	–	–	–	
220	–	–	91	–	–	–	–	–	
250	92	–	–	–	–	57	51	48	
350	–	–	97	–	–	–	–	–	
400	95	–	–	–	–	61	55	51	
700	–	–	–	–	–	–	55	–	
1000	–	130	–	–	–	–	59	–	

Tabla B3-010: *lámparas destinadas al alumbrado.*

BSN: para lámparas SON, Halógenos Metálicos y HP, Superimpregnadas.
BHL: para lámparas HPI y HPL.
BSX: para lámparas SOX, SOX-E.

Balastos electromagnéticos (reactancias encapsulada)
BSN: para lámparas SON, CDM y Halógenos Metálicos, Semi P.
BSN: para lámparas SON, Halógenos Metálicos y HP, Semi P.
BHL: para lámparas HPI y HPL.
BHL: para lámparas de alta potencia. SON, Halógenos Metálicos y HP.
BSX: para lámparas SOX, SOX-E.

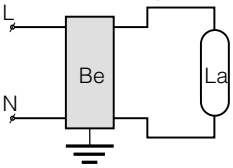
Balastos electromagnéticos (reactancias blindadas)
BSX: para lámparas SOX, SOX-E.

B
3

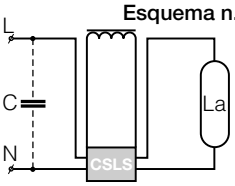
Balastos electrónicos

Potencia lámpara (W)	sistema (W)	Intensidad a 230 V nominal (A)	arranque (A)	(µs)	Capacidad paralelo (µF/ V)	Armónicos THDI %	Esquemas de conexionado N.º
Para lámparas CDM							
38	42,50	0,21	40	200			1
73	80	0,35	50	450			1
147	163	0,73	50	450			1
Para lámparas SON							
150	166	0,74	50	450			1
Para lámparas SOX							
30	34	0,15	40	185			1
46	59	0,23	40	185			1
54	59	0,26	40	185			1
82	90	0,40	50	220			1
Para lámparas SDW-T							
35	44,50	0,20	0,70		6/250		2
50	62	0,35	0,90		9/250		2
100	115	0,55	1,30		14/250		2
Para lámparas SON (reactancia)							
70	84	0,45/0,27	0,60		10/250		3
100	114	0,60/0,34	0,90		12/250		3
150	167	0,85/0,42	1,20		18/250		3
250	275	1,40/0,90	2,30		32/250		3
400	434	2,20/1,35	3,60		45/250		3
Para lámparas SON							
250		1,40/090	2,30		32/250		4
400		2,20/1,35	3,60		45/250		4
Balastos electromagnéticos (reactancias impregnadas) para lámparas SON, CDM y halógenos metálicos, semi P.							
38	45,50	0,24	0,55		6/250		6
50	61,30	0,30	0,45		10/250		6
70	82,80	0,45	0,60		12/250		6
75	88,20	0,45	0,60		12/250		6
100	114,90	0,60	0,90		12/250		6
147	163,30	0,85	1,20		18/250		6
150	166,30	0,85	1,20		18/250		6
250	273	1,40	2,30		32/250		7
252	275	1,40	2,30		32/250		7
302	325	1,40	3,60		32/250		7
400	429	2,20	3,60		45/250		6
454	483	2,20	3,60		45/250		6
600	634	3,10	4,90		65/250		6
Balastos electromagnéticos (reactancias impregnadas) para lámparas SON, CDM y halógenos metálicos, superimp.							
38	46	0,24	0,55		6/250		7
50	61,30	0,30	0,45		10/250		7
70	14,40	0,45	0,60		12/250		7
75	89,60	0,45	0,60		12/250		7
100	115,30	0,60	0,90		12/250		7
147	165,20	0,85	1,20		18/250		7
150	168,20	0,85	1,20		18/250		7
250	273	1,40	2,30		32/250		6
252	275	1,40	2,30		32/250		6
302	325	1,40	3,60		32/250		6
400	430	2,20	3,60		45/250		7
454	484	2,20	3,69		45/250		7

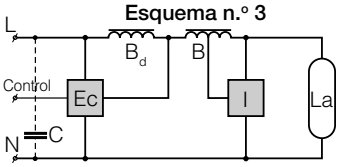
Esquema n.º 1



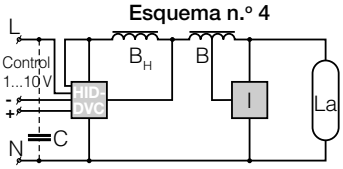
Esquema n.º 2



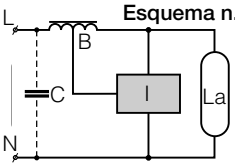
Esquema n.º 3



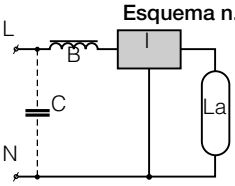
Esquema n.º 4



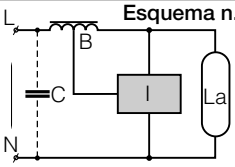
Esquema n.º 6



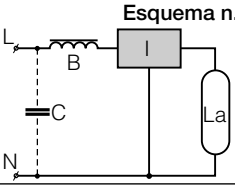
Esquema n.º 7



Esquema n.º 6



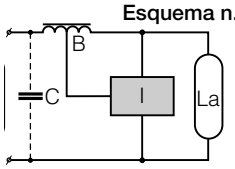
Esquema n.º 7



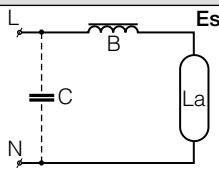
Balastros electrónicos (continuación)

Potencia lámpara (W)	sistema (W)	Intensidad a 230 V nominal (A)	arranque (A)	(µs)	Capacidad paralelo (µF/ V)	Armónicos THDI %	Esquemas N.º
Balastos electromagnéticos (reactancias encapsuladas) para lámparas SON, CDM y halógenos metálicos, semi P.							
50	60	0,30	0,45		10/250		6
70	81	0,45	0,69		12/250		6
100	113,80	0,60	0,90		12/250		6
150	169	0,85	1,20		18/250		6
250	276	1,40	2,30		32/250		6
252	278	1,40	2,30		32/250		6
302	328	1,40	2,30		32/250		6
400	430	2,20	3,60		45/250		6
454	484	2,20	3,60		45/250		6
Balastos electromagnéticos (reactancias impregnadas) para lámparas HPI y HPL							
50	58,70	0,30	0,40		7/250		8
80	89,60	0,45	0,65		8/250		8
125	140	0,79	1,10		10/250		8
250	268,50	1,35	2,20		18/250		8
256	274,50	1,35	2,20		18/250		11
400	423,30	2,15	3,90		25/250		11
Balastos electromagnéticos (reactancias impregnadas) para lámparas SOX, SOX-E							
18	26,20	0,14	0,15		4,5/250		11
27	36,60	0,16	0,22		6/250		11
37	48,60	0,22	0,28		8/250		11
56	68,50	0,35	0,40		8/250		11
Balastos electromagnéticos (reactancias encapsulada) para lámparas HPI y HPL							
50	57,50	0,30	0,45		7/250		8
80	90,50	0,45	0,65		8/250		8
125	138	0,70	1,10		10/250		8
250	270,50	1,35	2,20		18/250		8
256	276,50	1,35	2,20		18/250		11
400	422	2,15	3,90		25/250		11
Balastos electromagnéticos (reactancias encapsulada) para lámparas SON, halógenos, metálicos y HP							
985	1041	5,30	8,25		65/250		9
1000	1056	5,40	10,60		100/250		6
1040	1105	6,00	10,60		125/250		6
1800	1860	10,00	17,30		200/250		6
1850	1926	10,50	15,70		70/450		7
1930	2005	6,00	8,60		35/450		10
1960	2035	10,60	16,50		125/250		9
2040	2120	11,30	17,00		70/450		7
Balastos electromagnéticos (reactancias encapsulada) para lámparas SOX, SOX-E							
27	32,80	0,16	0,22		6/250		11
37	49,60	0,22	0,28		8/250		11
56	65	0,35	0,40		6/250		11
89	100,50	0,50	0,57		10/250		11
Balastos electromagnéticos (reactancias blindadas) para lámparas SOX, SOX-E							
38	48,50	0,22	0,31		4,4/300		12
56	75,50	0,34	0,39		5,7/420		12
65	83,50	0,39	0,49		7,6/300		12
89	107,70	0,50	0,57		9,6/300		12
90	106,50	0,49	0,66		5,2/300		12
128	148	0,66	0,95		3,4/650		13
129	151,50	0,73	0,86		6/420		12
180	212	0,73	0,86		4,4/650		13

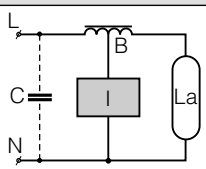
Esquema n.º 6



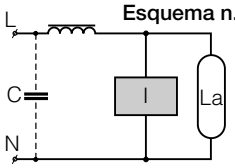
Esquema n.º 8



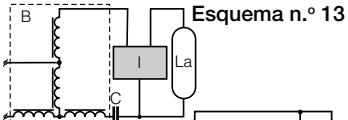
Esquemas n.os 10 y 11



Esquema n.º 9



Esquema n.º 13



Esquema n.º 12

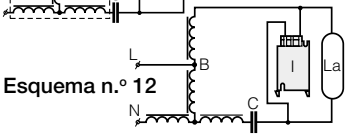


Tabla B3-011: *características de los balastos para las lámparas HID.*

3.5. Lámparas fluorescentes

Lámparas convencionales:

■ Máster TL5 HO. Lámpara de descarga de mercurio de baja presión con una envoltura tubular de 16 mm de diámetro.
■ Máster TL5 HE. Lámpara de descarga de mercurio de baja presión con una envoltura tubular de 16 mm de diámetro.
■ Máster TL5 circular. Lámpara de descarga de mercurio de baja presión con una envoltura circular de 16 mm de diámetro, con opciones de 22,5 o 37,5 mm.
■ Máster TL - D Súper 80. Lámpara de descarga de mercurio de baja presión con una envoltura tubular de 26 mm de diámetro.
■ Máster TL - D Súper 80 HF. Lámpara de descarga de mercurio de baja presión con una envoltura tubular de 26 mm de diámetro y relleno de argón.
■ Máster TL - D Réflex. Lámpara de descarga de mercurio de baja presión con una envoltura tubular de 26 mm de diámetro y con un reflector incorporado en su interior de 200°.
■ Máster TL - D Secura. Lámpara de descarga de mercurio de baja presión con una envoltura tubular de 26 mm de diámetro.
■ TL - D Estándar. Lámpara de descarga de mercurio de baja presión con una envoltura tubular de 26 mm de diámetro.
■ TL - M RS PRO. Lámpara de descarga de mercurio de baja presión con una envoltura tubular de 38 mm de diámetro.
■ TL - E PRO. Lámpara de descarga de mercurio de baja presión con una envoltura circular de 26 mm de diámetro.
■ TL - RS PRO. Lámpara de descarga de mercurio de baja presión con una envoltura tubular de 38 mm de diámetro.
■ TL - M RS. Lámpara de descarga de mercurio de baja presión con una envoltura tubular de 38 mm de diámetro.
■ TL - S. Lámpara de descarga de mercurio de baja presión con una envoltura tubular de 38 mm de diámetro.
■ TL - E. Lámpara de descarga de mercurio de baja presión con una envoltura circular de 26 mm de diámetro.
■ TL - Mini PRO. Lámpara de descarga de mercurio de baja presión con una envoltura tubular de 16 mm de diámetro.
■ TL - Mini Estándar. Lámpara de descarga de mercurio de baja presión con una envoltura tubular de 16 mm de diámetro.
■ TL - X. Lámpara de descarga de mercurio de baja presión con una envoltura circular de 38 mm de diámetro. Lámparas de 20, 40 y 65 W con banda de encendido interna para el encendido instantáneo, sin precalentamiento y sin cebador.

Áreas de aplicación especial:

■ TL - D especiales para establecimientos de la alimentación (temperatura de color 3800 °K). Lámpara de descarga de mercurio de baja presión con una envoltura tubular de 26 mm de diámetro.
■ TL - D Gama 90. Lámpara de descarga de mercurio de baja presión con una envoltura tubular de 26 mm de diámetro.
■ TL - D Apertura Súper 80. Lámpara de descarga de mercurio de baja presión con una envoltura tubular de 26 mm de diámetro, con una abertura de 30°.
■ Aquarela. Lámpara de descarga de mercurio de baja presión con una envoltura tubular de 26 mm de diámetro, con una emisión de flujo luminoso equivalente a la longitud de onda de la luz natural, necesaria para lograr la fotosíntesis y la síntesis clorofílica.

■ Colores. Lámpara de descarga de mercurio de baja presión con una envoltura tubular de 26 mm de diámetro, con las paredes internas revestidas de un polvo fluorescente que convierte la radiación UV producida por la descarga del gas en luz visible, con un filtrado que proporciona una percepción monocromática.
■ Luz negra. Lámpara de descarga de mercurio de baja presión con ampolla interna recubierta con polvo fluorescente que permite radiación UV de onda larga para excitar la luminiscencia.
■ Luz negra: compacta. Lámpara de descarga de mercurio de baja presión con ampolla interna recubierta con polvo fluorescente que permite radiación UV de onda larga para excitar la luminiscencia.

Lámparas compactas - No integradas:
■ Máster PL-C 2 patillas. Lámparas fluorescentes compactas de bajo consumo de energía. Compactas de arco largo en descarga en atmósfera de mercurio de baja presión. Integrada por cuatro tubos fluorescentes, estrechos y paralelos.
■ Máster PL-C 4 patillas. Lámparas fluorescentes compactas de bajo consumo de energía. Compactas de arco largo en descarga en atmósfera de mercurio de baja presión. Integrada por cuatro tubos fluorescentes, estrechos y paralelos.
■ Máster PL-T 2 patillas. Lámparas fluorescentes compactas de bajo consumo de energía. Compactas de arco largo en descarga en atmósfera de mercurio de baja presión. Integrada por tres tubos fluorescentes, estrechos y paralelos, doblados sobre sí mismos.
■ Máster PL-T 4 patillas. Lámparas fluorescentes compactas de bajo consumo de energía. Compactas de arco largo en descarga en atmósfera de mercurio de baja presión. Integrada por tres tubos fluorescentes, estrechos y paralelos, doblados sobre sí mismos.
■ PL-S PRO 2 patillas. Lámparas fluorescentes compactas de bajo consumo de energía. Compactas de arco largo en descarga en atmósfera de mercurio de baja presión. Integrada por dos tubos fluorescentes, estrechos y paralelos.
■ PL-S PRO 4 patillas. Lámparas fluorescentes compactas de bajo consumo de energía. Compactas de arco largo en descarga en atmósfera de mercurio de baja presión. Integrada por dos tubos fluorescentes, estrechos y paralelos.
■ PL-L PRO 4 patillas. Lámparas fluorescentes compactas de bajo consumo de energía. Compactas de arco largo en descarga en atmósfera de mercurio de baja presión. Integrada por dos tubos fluorescentes, estrechos y paralelos.
■ PL-L PRO HF 4 patillas. Lámparas fluorescentes compactas de bajo consumo de energía. Compactas de arco largo en descarga en atmósfera de mercurio de baja presión. Integrada por dos tubos fluorescentes, estrechos y paralelos.

Lámparas fluorescentes compactas - Integradas:
■ Ambiance PRO. Lámparas fluorescentes compactas de bajo consumo de energía, con balasto electrónico incorporado. De forma convencional.
■ Ambiance Economy. Lámparas fluorescentes compactas de bajo consumo de energía, con balasto electrónico incorporado. De forma convencional.
■ Ambiance Slimline. Lámparas fluorescentes compactas de bajo consumo de energía, con balasto electrónico incorporado. De forma de vela convencional.
■ PLE-T PRO . Lámparas fluorescentes compactas de bajo consumo de energía. Compactas de arco largo en descarga en atmósfera de mercurio de baja presión. Integrada por tres tubos fluorescentes, estrechos, paralelos y doblados sobre sí mismos. Con balasto electrónico incorporado.

■ PLE-C PRO. Lámparas fluorescentes compactas de bajo consumo de energía. Compactas de arco largo en descarga en atmósfera de mercurio de baja presión. Integrada por cuatro tubos fluorescentes, estrechos y paralelos. Con balasto incorporado.

■ PLE-D PRO. Lámparas fluorescentes compactas de bajo consumo de energía, con balasto electrónico incorporado. De forma esférica.

■ Economy. Lámparas fluorescentes compactas de bajo consumo de energía. Compactas de arco largo en descarga en atmósfera de mercurio de baja presión. Integrada por dos tubos fluorescentes, estrechos, paralelos y doblados sobre sí mismos. Con balasto electrónico incorporado.

Lámparas fluorescentes (tubos)

Tipo	Máster TL5 HO		Máster TL5 HE		M-TL5 Circular		M-TL-DS 80		M-TL-DS 80 HF		M-TL-DS	
Potencia Lámpara W	Rendim. lumínico lm/W	Color K	Rendim. lumínico lm/W	Color K	Rendim. lumínico lm/W	Color K	Rendim. lumínico lm/W	Color K	Rendim. lumínico lm/W	Color K	Rendim. lumínico lm/W	Color K
18	–	–	–	–	–	–	75	827	–	–	–	–
36	–	–	–	–	–	–	93	827	–	–	–	–
58	–	–	–	–	–	–	90	827	–	–	–	–
14	–	–	96	830	–	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	–	–	75	830	–	–	–	–
21	–	–	100	830	–	–	–	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	81	830	–	–	–	–	–	–
24	83	830	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
28	–	–	104	830	–	–	–	–	–	–	–	–
32	–	–	–	–	–	–	–	–	106	830	–	–
35	–	–	104	830	–	–	–	–	–	–	–	–
36	–	–	–	–	–	–	93	830	–	–	–	–
39	90	830	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
40	–	–	–	–	82	830	–	–	–	–	–	–
49	100	830	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
54	93	830	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
50	–	–	–	–	–	–	–	–	108	830	–	–
58	–	–	–	–	–	–	90	830	–	–	–	–
14	–	–	96	840	–	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	–	–	75	840	–	–	75	840
21	–	–	100	840	–	–	–	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	81	840	–	–	–	–	–	–
24	83	840	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
28	–	–	104	840	–	–	–	–	–	–	–	–
32	–	–	–	–	–	–	–	–	106	840	–	–
35	–	–	104	840	–	–	–	–	–	–	–	–
36	–	–	–	–	–	–	93	840	–	–	93	840
39	90	840	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
40	–	–	–	–	82	830	–	–	–	–	–	–
49	100	840	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
50	–	–	–	–	–	–	–	–	108	840	–	–
54	93	840	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
58	–	–	–	–	–	–	90	840	–	–	90	840
18	–	–	–	–	–	–	75	865				
36	–	–	–	–	–	–	93	865				
58	–	–	–	–	–	–	90	865				

Lámparas fluorescentes (tubos) (continuación)

Tipo	Máster TL-DS		TL-D estándar		TL-M RS PRO		TL-E PRO		TL-RS		TL-M RS	
Potencia Lámpara W	Rendim. lumínico lm/W	Color K	Rendim. lumínico lm/W	Color K	Rendim. lumínico lm/W	Color K	Rendim. lumínico lm/W	Color K	Rendim. lumínico lm/W	Color K	Rendim. lumínico lm/W	Color K
32	–	–	–	–	–	–	72	830	–	–	–	–
40	–	–	–	–	77	830	80	830	–	–	–	–
18	72	840	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
36	89	840	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
32	–	–	–	–	–	–	72	840	–	–	–	–
40	–	–	–	–	77	840	80	840	–	–	–	–
58	86	840	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	53	33/54	–	–	–	–	–	–	–	–
15	–	–	64	33/54	–	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	66	33/54	–	–	–	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	–	–	–	55	33/54	60	33/54
23	–	–	78	33/54	–	–	–	–	–	–	–	–
30	–	–	70	33/54	–	–	–	–	–	–	–	–
36	–	–	79	33/54	–	–	–	–	–	–	–	–
40	–	–	–	–	–	–	–	–	75	33/54	71	33/54
58	–	–	79	33/54	–	–	–	–	–	–	–	–
65	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	73	33/54
Tipo	TL-S		TL-E		TL-Mini PRO		TL-Mini estándar		TL-D aliment.		TL-D Gama 90	
8	–	–	–	–	59	830	–	–	–	–	–	–
13	–	–	–	–	77	830	–	–	–	–	–	–
4	–	–	–	–	–	–	35	33/54	–	–	–	–
6	–	–	–	–	–	–	46	33/54	–	–	–	–
8	–	–	–	–	–	–	51	33/54	–	–	–	–
13	–	–	–	–	–	–	72	33/54	–	–	–	–
20	47	33	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
22	–	–	25	33/54	–	–	–	–	–	–	–	–
32	–	–	64	33/54	–	–	–	–	–	–	–	–
40	59	33	72	33/54	–	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	–	–	–	–	36	79	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	40	79	–	–
36	–	–	–	–	–	–	–	–	44	79	–	–
58	–	–	–	–	–	–	–	–	43	79	–	–
8	–	–	–	–	59	840	–	–	–	–	–	–
13	–	–	–	–	77	840	–	–	–	–	–	–
Tipo	TL-D AS 80		Aquarelle		TL-X		Colores		Luz negra			
20	–	–	–	–	50	33						
40	–	–	–	–	58	33						
65	–	–	–	–	71	33						
8	–	–	52	89								
14	–	–	43	89								
15	–	–	50	89								
18	–	–	56	89								
25	–	–	57	89								
30	–	–	60	89								
36	–	–	68	89								
38	–	–	62	89								
58	–	–	52	89								

Lámparas fluorescentes (tubos) (continuación)												
Tipo	TL-D AS 80		Aquarelle		TL-X		Colores		Luz negra			
Potencia Lámpara W	Rendim. lumínico lm/W	Color K	Rendim. lumínico lm/W	Color K	Rendim. lumínico lm/W	Color K	Rendim. lumínico lm/W	Color K	Rendim. lumínico lm/W	Color K	Rendim. lumínico lm/W	Color K
15	56	865	–	–								
18	66	865	–	–								
30	70	865	–	–								
36	80	865	–	–								
58	76	865	–	–								
Tipo	Colores		Luz negra		Luz negra com.							
Potencia Lámpara W	Rendim. lumínico lm/W	Color K	Radiación UVA W		Radiación UVA W		Rendim. lumínico lm/W	Color K	Rendim. lumínico lm/W	Color K	Rendim. lumínico lm/W	Color K
18	1,40	rojo	–		–							
36	1,70	rojo	–		–							
18	36,60	amarillo	–		–							
36	43,80	amarillo	–		–							
18	72,20	verde	–		–							
36	87,20	verde	–		–							
18	22,20	azul	–		–							
36	26,90	azul	–		–							
4	–	–	0,50		–							
6	–	–	0,90		–							
8	–	–	1,20		–							
9	–	–	–		1,70							
15	–	–	3,10		–							
18	–	–	–		–							
30	–	–	6,00		–							
36	–	–	8,00		–							

Tabla B3-012: *lámparas fluorescentes.*

■ SL-E PRO. Lámparas fluorescentes compactas de bajo consumo de energía, con balasto electrónico incorporado. De forma convencional.

Balastos para lámparas fluorescentes

Balastos electrónicos para lámparas fluorescentes

■ HF-B (Básico) para lámparas TLD y PL-L. Balastos electrónicos estándar de alta frecuencia, ligeros y compactos, para aplicaciones con baja frecuencia de conmutación (máximo tres por día).

■ HF-P (Performer) para lámparas TLD. Balastos electrónicos estándar de alta frecuencia, ligeros y compactos, para aplicaciones con alta frecuencia de conmutación.

■ HF-P (Performer) para 3 o 4 lámparas de 18 W TLD. Balastos electrónicos estándar de alta frecuencia, ligeros y compactos, para aplicaciones con alta frecuencia de conmutación.

■ HF-P (Performer) para lámparas 38 W TLD y 60 W HF. Balastos electrónicos estándar de alta frecuencia, ligeros y compactos, para aplicaciones con alta frecuencia de conmutación.

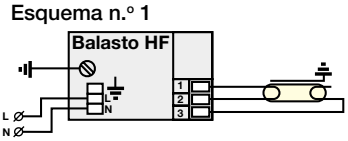
■ HF-P (Performer) para lámparas TL5 HE. Balastos electrónicos estándar de alta frecuencia, ligeros y compactos, para aplicaciones con alta frecuencia de conmutación.

■ HF-P (Performer) para lámparas TL5 HO. Balastos electrónicos estándar de alta frecuencia, ligeros y compactos, para aplicaciones con alta frecuencia de conmutación.
■ HF-P (Performer) para 3 o 4 lámparas de 14 W TL5. Balastos electrónicos estándar de alta frecuencia, ligeros y compactos, para aplicaciones con alta frecuencia de conmutación.
■ HF-P (Performer) para lámparas TL5 Circular. Balastos electrónicos estándar de alta frecuencia, ligeros y compactos, para aplicaciones con alta frecuencia de conmutación.
■ HF-P (Performer) para lámparas PL-L 18 W y 24 W formato cuadrado. Balastos electrónicos estándar de alta frecuencia, ligeros y compactos, para aplicaciones con alta frecuencia de conmutación.
■ HF-P (Performer) para lámparas PL-L formato lineal. Balastos electrónicos estándar de alta frecuencia, ligeros y compactos, para aplicaciones con alta frecuencia de conmutación.
■ HF-P (Performer) para lámparas PL-T y PL-C. Balastos electrónicos estándar de alta frecuencia, ligeros y compactos, para aplicaciones con alta frecuencia de conmutación para multitensiones.
■ HF-P (Performer) para lámparas PL-T y PL-C. Balastos electrónicos estándar de alta frecuencia, ligeros y compactos, para aplicaciones con alta frecuencia de conmutación.
■ HF-R (regulable) para lámparas PL-D y PL-L. Balastos electrónicos estándar de alta frecuencia, ligeros y compactos, para aplicaciones con alta frecuencia de conmutación.
■ HF-R (regulable) para 3 o 4 lámparas TL-D. Balastos electrónicos estándar de alta frecuencia, ligeros y compactos, para aplicaciones con alta frecuencia de conmutación.
■ HF-R (regulable) para lámparas TL-5. Balastos electrónicos estándar de alta frecuencia, ligeros y compactos, para aplicaciones con alta frecuencia de conmutación.
■ HF-R (regulable) para 3 o 4 lámparas TL-5. Balastos electrónicos estándar de alta frecuencia, ligeros y compactos, para aplicaciones con alta frecuencia de conmutación.

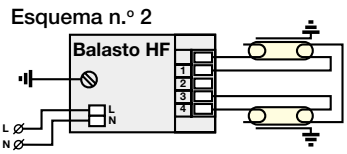
Balastos eléctrónicos

Potencia lámpara N.º	Ref.	(W)	Intensidad a 230 V sistema (W)	nominal (A)	arranque (A)	(µs)	Capacidad en cable (pF)	Armónicos THDI %	Esquemas de conexionado N.º
HF-B para lámparas TLD									
1	36	32	36	0,160	20	160	120		1
1	58	50	55	0,250	20	160	120		1
2	36	32	71	0,320	20	160	120		2
2	58	50	55	0,480	36	220	120		2
HF-B para lámparas PL-L									
1	36	30	34	0,160	20	160	120		1
1	55	50	55	0,250	20	160	120		1
2	36	30	67	0,320	20	160	120		2
2	55	50	55	0,480	36	220	120		2
HF-P (Performer) para lámparas TLD									
1	18	16	20	0,080	11	350	200		3
1	36	32	36	0,160	18	225	200		3
1	58	50	56	0,260	18	225	200		3
1	70	60	67	0,300	14	300	200		3

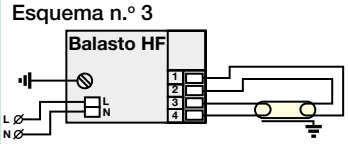
Esquema n.º 1



Esquema n.º 2



Esquema n.º 3

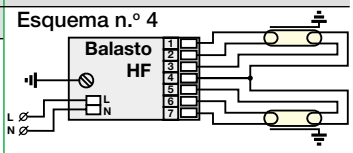


B
3

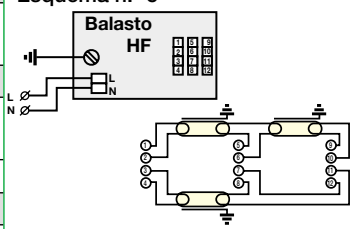
Balastos eléctrónicos (continuación)

Potencia lámpara N.º	Ref.	(W)	Intensidad a 230 V sistema (W)	nominal (A)	arranque (A)	(µs)	Capacidad paralelo (pF)	Armónicos THDI %	Esquemas de conexionado N.º
HF-P para lámparas TLD									
2	18	16	38	0,160	14	300	200		4
2	36	32	72	0,310	14	300	200		4
2	58	50	111	0,480	26	300	200		4
2	70	60	133	0,590	26	300	200		4
HF-P (Performer) para 3 o 4 lámparas 18 W TLD									
3	18	16	68	0,250	26	300	200		5
4	18	16	84	0,320	26	300	200		6
HF-P (Performer) para lámparas 38 W TLD y 60 W HF									
1	38	41	45	0,210	11	350	200		7
1	60	61	67	0,300	14	300	200		7
2	38	41	91	0,410	26	300	200		8
HF-P (Performer) para lámparas TL5 HE									
1	14	14	17	0,080	9	200	200		9
1	21	21	25	0,110	9	200	200		9
1	28	28	32	0,140	9	200	200		9
1	35	35	39	0,170	9	200	200		9
2	14	14	31	0,130	20	100	60/200		10
2	21	21	47	0,200	20	100	60/200		10
2	28	28	62	0,280	14	300	60/200		10
2	35	35	77	0,340	14	300	60/200		10
HF-P (Performer) para lámparas TL5 HO									
1	24	23	28	0,120	9	200	200		9
1	39	38	42	0,190	9	200	200		9
1	49	49	54	0,240	9	200	200		9
1	54	54	60	0,260	14	200	200		9
2	24	23	53	0,230	24	200	60/200		10
2	39	38	84	0,380	24	200	60/200		10
2	49	49	106	0,460	24	200	60/200		10
2	54	54	117	0,540	31	350	60/200		10
HF-P (Performer) para 3 o 4 lámparas 14 W TL5									
3	14	14	52	0,230	26	300	30/120		5
4	14	14	66	0,290	26	300	30/120		6
HF-P (Performer) para lámparas TL5 circular									
1	24	22	26	0,110	20	170	100-120		11
1	40	40	44	0,190	17	375	100-120		11
HF-P (Performer) para lámparas PL-L 18 W y 24 W, formato cuadrado									
1	18	16	20	0,090	20	170	60/120		11
1	22	22	26	0,110	20	170	100-120		11
1	24	24	26	0,110	20	170	100-120		11
2	18	16	37	0,110	20	170	100-120		12
2	24	22	51	0,220	20	170	100-120		12
HF-P (Performer) para lámparas PL-L, formato lineal									
1	36	32	36	0,160	11	350	200		13
1	40	40	45	0,200	11	350	200		13
1	55	52	58	0,250	11	350	200		13
2	36	32	72	0,310	14	300	200		14
2	40	40	89	0,400	26	300	200		14
2	55	52	116	0,500	26	300	200		14

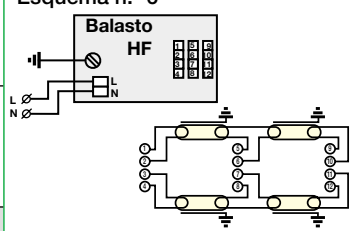
Esquema n.º 4



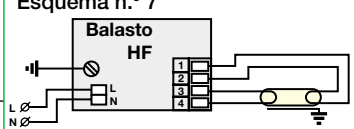
Esquema n.º 5



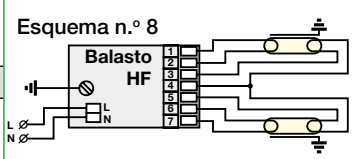
Esquema n.º 6



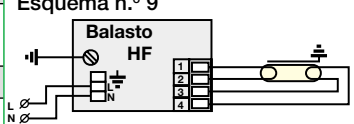
Esquema n.º 7



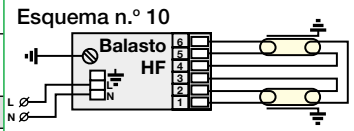
Esquema n.º 8



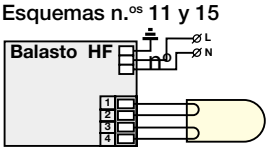
Esquema n.º 9



Esquema n.º 10



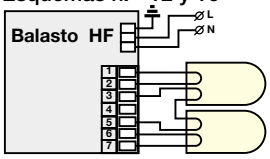
Esquemas n.ºs 11 y 15



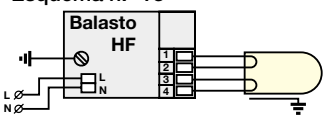
Balastos eléctrónicos (continuación)

Potencia lámpara N.º	Ref.	(W)	Intensidad a 230 V sistema (W)	nominal (A)	arranque (A)	(µs)	Capacidad paralelo (pF)	Armónicos THDI %	Esquemas de conexionado N.º
HF-P (Performer) para lámparas PL-T y PL-C									
1	10	9,50	12,50	0,060	20	170	60/120		15
1	13	12,50	15,50	0,060	20	170	60/120		15
1	18	16,50	20	0,090	20	170	60/120		15
1	26	24	28	0,130	20	170	60/120		15
1	32	32	36	0,160	20	170	60/120		15
1	42	43	47	0,210	20	170	60/120		15
2	10	9,50	23	0,120	20	170	60/120		16
2	13	12,50	26	0,120	20	170	60/120		16
2	18	16,50	38	0,170	20	170	60/120		16
2	26	24	54	0,240	20	170	60/120		16
2	32	32	72	0,310	45	170	60/120		17
2	42	43	96	0,420	45	170	60/120		17
Ultra HF-P (Performer) universal para lámparas PL-T y PL-C									
1	13	12,50	15,50						18
1	18	16,50	19,50						18
1	26	24	27						18
1	32	32	36						18
1	42	43	47						18
2	13	12,50	29						18
2	18	16,50	37						18
2	26	24	53						18
HF-R (regulable) con regulación para lámparas TLD y PL-L									
1	18	16	21	0,090			30/150		19/21
1	36	32	38	0,180			30/150		19/21
1	40	40	47	0,210			30/150		–/21
1	58	50	56	0,260			30/150		19/21
2	18	16	39	0,180			30/150		20/22
2	36	32	74	0,340			30/150		20/22
2	40	40	92	0,420			30/150		–/22
2	58	50	113	0,520			30/150		20/22
HF-R (regulable) con regulación para 3 o 4 lámparas TLD									
3	18	16	58	0,260			30/150		23
4	18	16	74	0,320			30/150		23
HF-R (regulable con regulación para lámparas TL5									
1	14	14	18	0,090	19	220	15/75		24
1	21	21	25	0,120	19	220	15/75		24
1	24	23	28	0,120	19	220	15/75		24
1	28	28	33	0,160	19	220	15/75		24
1	35	35	40	0,190	19	220	15/75		24
1	39	38	43	0,190	19	220	15/75		24
1	49	49	55	0,250	19	220	15/75		24
1	54	54	60	0,270	19	220	15/75		24
2	14	14	32	0,150	25	220	15/75		25
2	21	21	48	0,200	25	220	15/75		25
2	24	23	53	0,240	25	220	15/75		25
2	28	28	63	0,280	25	220	15/75		25
2	35	35	80	0,340	32	300	15/75		25
2	39	38	88	0,250	32	300	15/75		25
2	49	49	111	0,480	32	300	15/75		25
2	54	54	126	–	–	–	–		–

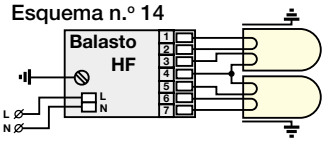
Esquemas n.os 12 y 16



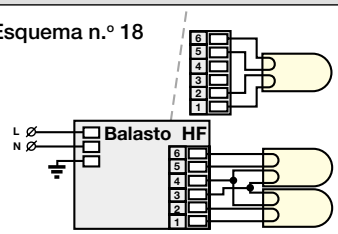
Esquema n.º 13



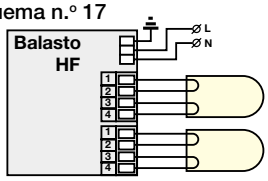
Esquema n.º 14



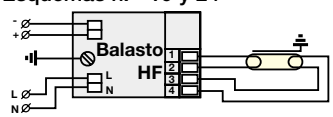
Esquema n.º 18



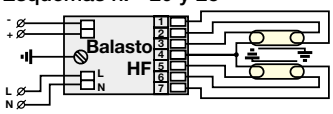
Esquema n.º 17



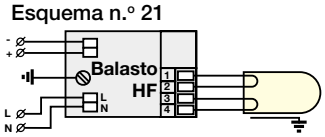
Esquemas n.os 19 y 24



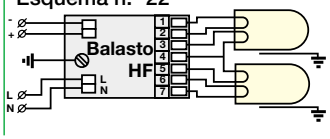
Esquemas n.os 20 y 25



Esquema n.º 21



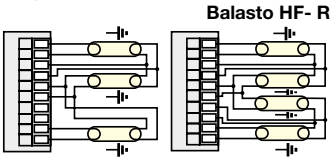
Esquema n.º 22



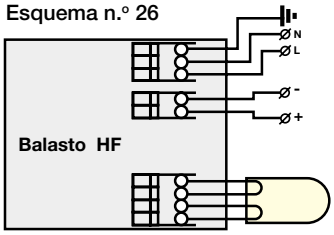
Balastos electrónicos (continuación)

Potencia lámpara N.º	Ref.	(W)	Intensidad a 230 V sistema (W)	nominal (A)	arranque (A)	(µs)	Capacidad paralelo (pF)	Armónicos THDI %	Esquemas de conexionado N.º
HF-R (regulable) con regulación para 3 o 4 lámparas TL5									
3	14	14	49	0,260	25	200	15/75		23
4	14	14	63	0,320	25	200	15/75		23
HF-R DALI direccionable y con regulación para lámparas TL5									
2	14	14	32	0,150	25	200	15/75		25
2	21	21	48	0,200	25	200	15/75		25
2	24	23	53	0,240	25	200	15/75		25
2	28	28	63	0,280	25	200	15/75		25
2	35	35	80	0,340	32	300	15/75		25
2	39	38	88	0,380	32	300	15/75		25
2	49	49	111	0,480	32	300	15/75		25
HF-R (regulable) con regulación para lámparas PL-T y PL-C									
1	18	16,50	21	0,090	40	110	30/75		26
1	26	24	29	0,130	40	110	30/75		26
1	32	32	38	0,170	40	110	30/75		26
1	42	43	50	0,220	40	110	30/75		26
2	18	16,50	38	0,170	35	120	30/75		27
2	26	24	54	0,240	35	120	30/75		27
2	32	32	72	0,310	45	170	30/75		27
2	42	43	96	0,420	45	170	30/75		27
HF-Matchbox para lámparas TL miniatura y fluorescentes compactas, LH, SH, LP y SP									
1	4	3,50	4,60	0,031					28
1	5	4,30	5,50	0,035					28
1	6	5,50	6,80	0,047					28
1	7	5,80	7	0,049					28
1	8	7	8,30	0,056					28
1	9	7,20	8,50	0,058					28
1	10	8,70	10,30	0,074					28
1	11	11,40	13,10	0,091					28
1	13	11,50	13,30	0,092					28
1	13	12,30	14,40	0,098					28
1	14	12,80	14,70	0,100					28
1	15	14,90	17,40	0,120					28
1	18	15,80	18,10	0,123					28
1	18	16,30	18,60	0,127					28
1	18	16,90	19	0,133					28
1	24	21,60	23,80	0,159					28
1	24	21,70	23,60	0,156					28

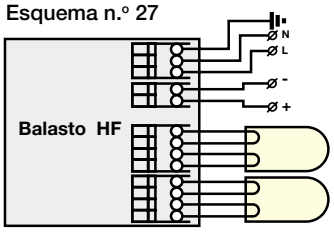
Esquema n.º 23



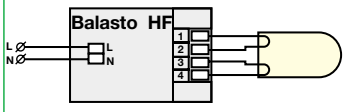
Esquema n.º 26



Esquema n.º 27



Esquema n.º 28

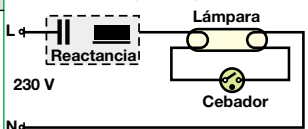


Balastos. Reactancias electromagnéticas para lámparas fluorescentes

Lámpara Referencias N.º	W	Ref.	Perd. reac. (W)	Intensidad a 230 V nominal (A)	arranque (A)	(µs)	Capacidad paralelo (µF/V)	Armónicos THDI %	Esquemas de conexionado
BTA 15 L31									
1	18	TLD	8,50	0,330	0,36		4,5/250		
BTA 18 L31									
1	18/24	TL-D y PL-L	8,70	0,370	0,41		4,5/250		
	20	TL-U	8,70	0,370	0,41		4,5/250		
	22	TL-E	8,70	0,370	0,41		4,5/250		
	26	PL-C y PL-T	8,70	0,370	0,41		4,5/250		
2	18/20	TL-D	9	0,270	0,27		2,7/450		

Circuitos con cebador

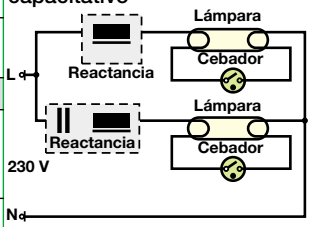
Circuito simple capacitativo



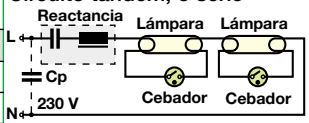
Balastos. Reactancias electromagnéticas para lámparas fluorescentes (continuación)

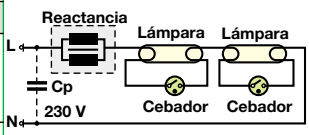
Lámpara Referencias N.º	W	Ref.	Perd. reac. (W)	Intensidad a 230 V nominal (A)	arranque (A)	(µs)	Capacidad paralelo (µF/V)	Armónicos THDI %
BTA 30 L31								
1	30	TLD y TL	8	0,370	0,47		4,5/250	
2	15	TLD	7,20	0,370	0,47		4,5/250	
2	30	TLD	9	0,380	0,38		2,9/450	
BTA 36 L31								
1	36	TLD y PL-L	8,10	0,420	0,58		4,5/250	
1	38	TLD	8,10	0,420	0,58		4,5/250	
1	40	TL y TL-U	8,10	0,420	0,58		4,5/250	
2	18/20	TLD y PL-L	6,70	0,420	0,58		4,5/250	
2	36/40	TLD	9	0,430	0,43		3,4/450	
4	18/20	TL-D	9	0,430	0,43		3,4/450	
BTA 58 L31								
1	58/65	TLD: TL y TLU	10,50	0,650	0,9		6,5/250	
2	58/65	TL-D	12	0,680	0,68		5,3/450	
BTA 18 L31 LW								
1	18	TL-D y PL-L	6	0,370	0,42		4,5/250	
1	20/22	TL-U y TL-E	6	0,370	0,42		4,5/250	
1	24/26	PL-I; PL-T y C	6	0,370	0,42		4,5/250	
2	18/20	TL-D	7	0,260	0,26		2,7/450	
BTA 36 L31 LW								
1	36	TLD y PL-L	6	0,430	0,59		4,5/250	
1	38/40	TLD; TL; TL-U	6	0,430	0,59		4,5/250	
2	18/20	TLD y PL-L	5	0,430	0,59		4,5/250	
2	36/40	TL-D	7	0,450	0,48		3,4/450	
4	18/20	TL-D	7	0,450	0,45		3,4/450	
BTA 58 L31 LW								
1	58/65	TLD; TL; TLU	9	0,630	0,96		6,5/250	
2	58/65	TL-D	9,50	0,710	0,71		5,3/450	
BTA 18 L25								
1	18	TLD y PL-L	8,90	0,370	0,42		4,5/250	
1	20/22	TLU y TLE	8,90	0,370	0,42		4,5/250	
1	24/26	PL-L y PL-T	8,90	0,370	0,42		4,5/250	
2	18/20	TL-D	9,50	0,260	0,26		2,6/450	
BTA 36 L25								
1	36	TL-D y PL-L	8,90	0,400	0,52		4,5/250	
1	38/40	TLD y TLU	8,90	0,400	0,52		4,5/250	
2	18	TL-D y PL-L	8,90	0,400	0,52		4,5/250	
2	18/20	TLD y PL-L	7,40	0,400	0,52		2,6/450	
2	36/40	TL-D	9,50	0,430	0,43		3,3/450	
4	18/20	TL-D	9	0,410	0,43		3,3/450	
BTA 58 L25								
1	58/65	TLD; TL; TLU	10,50	0,620	0,90		6,5/250	
2	58/65	TL-D	12,50	0,650	0,65		5,1/450	

Circuito doble inductivo y capacitivo



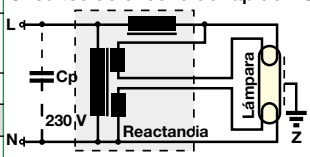
Circuito tándem, o serie



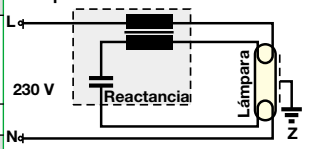


Circuitos sin cebador

Circuitos de encendido rápido RS

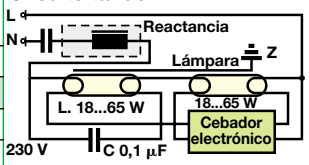


Circuito resonante de doble choque RD



Circuito con cebador electrónico ES 08

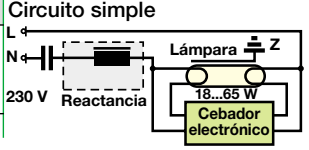
Circuito tándem



Reactancias electromagnéticas para lámparas TL miniatura y fluorescente compactas

BTA 18 L31								
1	18/24	TL-D y PL-L	8,70	0,370	0,41		4,5/250	
1	20/22	TL-U y TL-E	8,70	0,370	0,41		4,5/250	
1	26	PL-C Y PL-T	8,70	0,370	0,42		4,5/250	
2	18/20	TL-D	9	0,270	0,27		2,7/450	

Circuito simple



Balastos. Reactancias electromagnéticas para lámparas fluorescentes (continuación)

Lámpara Referencias N.º	W	Ref.	Perd. reac. (W)	Intensidad a 230 V nominal (A)	arranque (A)	(µs)	Capacidad paralelo (µF/V)	Armónicos THDI %	Esquemas de conexionado
BTL 02 L31V									
1	4	TL miniatura	5,40	0,175			2/250		
1	6	TL miniatura	5,10	0,160			2/250		
1	8	TL miniatura	4,70	0,153			2/250		
2	4	TL miniatura	4,70	0,153			2/250		
BPL 10 L31V									
1	5	PL-S	5,50	0,180			2/250		
1	7	PL-S	5,10	0,175			2/250		
1	9	PL-S	4,90	0,170			2/250		
1	11	PL-S	4,40	0,106			1,6/250		
2	5	PL-S	4,50	0,165			1,6/250		
2	7	PL-S	3,90	0,150			1,6/250		
BTL 13 L31V									
1	10	PL-C	5,60	0,190			2/250		
1	13	PL-C	4,70	0,165			1,6/250		
2	7	PL-S	4,70	0,165			1,6/250		
2	9	PL-S	3,90	0,145			1,6/250		
BPL 18 L31V									
1	18	PL-C y PL-T	6	0,220			2/250		

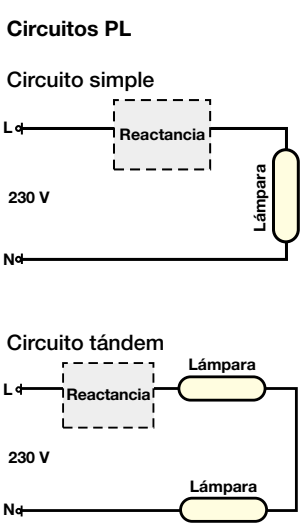


Tabla B3-013: *balastos para tubos y lámparas fluorescentes.*

Lámparas compactas - No integradas

Lámpara W	Sistema E. mag. W	Electrom. W	Color	Balasto adecuado Ref.
Máster PL-C 2 patillas				
10	15,60		827	BTL 13 L31V
13	17,70		827	BTL 13 L31V
18	24		827	BPL 18 L31V
26	33,20		827	BTL 18 L31
10	15,60		830	BTL 13 L31V
13	17,70		830	BTL 13 L31V
18	24		830	BTL 18 L31V
26	33,20		830	BTA 18 L31
10	15,60		840	BTL 13 L31V
13	17,70		840	BTL 13 L31V
18	24		840	BTL 18 L31V
26	33,20		840	BTL 18 L31
Máster PL-C 4 patillas				
10	15,60	12,50	827	HF-P 113 PL-C
13	17,70	15,50	827	HF-P 113 PL-C
18	24	20	827	HF-P 118 PL-C
26	32,20	28	827	HF-P 126 PL-C
10	15,60	12,50	830	HF-P 113 PL-C
13	17,70	15,50	830	HF-P 113 PL-C
18	24	20	830	HF-P 118 PL-C
26	32,20	28	830	HF-P 126 PL-C
10	15,60	12,50	840	HF-P 113 PL-C
13	17,70	15,50	840	HF-P 113 PL-C
18	24	20	840	HF-P 118 PL-C
26	32,20	28	840	HF-P 126 PL-C

Lámpara W	Sistema E. mag. W	Electrom. W	Color	Balasto adecuado Ref.
Máster PL-T 2 patillas				
18	24		827	BPL 18 L31V
26	32,20		827	BTA 18 L31
18	24		840	BPL 18 L31V
26	32,20		840	BPL 18 L31
Máster PL-T 4 patillas				
18		20	827	HF-P 118 PL-T/C
26		28	827	HF-P 126 PL-T/C
32		36	827	HF-P 132 PL-T
42		47	827	HF-P 142 PL-T
18		20	840	HF-P 118 PL-T/C
26		28	840	HF-P 126 PL-T/C
32		36	840	HF-P 132 PL-T
42		47	840	HF-P 142 PL-T
Máster PL-S PRO 2 patillas				
7	12,10		827	BPL 10 L31V
9	13,90		827	BPL 10 L31V
11	15,40		827	BPL 10 L31V
7	12,10		830	BPL 10 L31V
9	13,90		830	BPL 10 L31V
11	15,40		830	BPL 10 L31V
7	12,10		840	BPL 10 L31V
9	13,90		840	BPL 10 L31V
11	15,40		840	BPL 10 L31V

Lámparas Compactas - No Integradas (continuación)									
Lámpara	Sistema		Color	Balasto adecuado Ref.	Lámpara	Sistema		Color	Balasto adecuado Ref.
	E. mag.	Electrom.				E. mag.	Electrom.		
W	W	W			W	W	W		
PL-S PRO 4 patillas					PL-L PRO 4 patillas				
7		7,30	827	HF-M 109 TL/PL	18	26,70	20	827	HF-P 118 PLL
9		9	827	HF-M 109 TL/PL	24	32,70	26	827	HF-P 122 PLL
11		12,60	827	HF-M 114 TL/PL	36	44,10	36	827	HF-P 136 PLL
7		7,30	840	HF-M 109 TL/PL	18	26,70	20	830	HF-P 118 PLL
9		9	840	HF-M 109 TL/PL	24	32,70	26	830	HF-P 122 PLL
11		12,60	840	HF-M 114 TL/PL	36	44,10	36	830	HF-P 136 PLL
PL-L PRO HF 4 patillas					18	26,70	20	830	HF-P 118 PLL
40		45	840	HF-P 140 PLL	24	32,70	26	830	HF-P 122 PLL
55		58	840	HF-P 140 PLL	36	44,10	36	830	HF-P 136 PLL

Tabla B3-014: *lámparas fluorescentes no integradas.*

Lámparas fluorescentes integradas												
Tipo	Ambiance PRO		A. Economy		A. Slimline		PLE-T PRO		PLE-C PRO		PLE-D PRO	
Potencia Lámpara W	Rendim. lumínico lm/W	Color K	Rendim. lumínico lm/W	Color K	Rendim. lumínico lm/W	Color K	Rendim. lumínico lm/W	Color K	Rendim. lumínico lm/W	Color K	Rendim. lumínico lm/W	Color K
8	–	–	–	–	–	–	–	–	50	827	–	–
9	47	827	44	827	44	–	–	–	–	–	–	–
11	–	–	–	–	–	–	54	827	55	827	–	–
12	50	827	50	827	50	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	–	–	–	–	–	61	827	–	–
15	–	–	–	–	–	–	60	827	–	–	–	–
16	56	827	56	827	–	–	–	–	–	–	56	827
20	60	827	60	827	–	–	60	827	–	–	60	827
23	59	827	–	–	–	–	65	827	–	–	59	827
20	–	–	–	–	–	–	55	840	–	–	–	–
23	–	–	–	–	–	–	59	840	–	–	–	–
8	–	–	–	–	–	–	–	–	44	865	–	–
11	–	–	–	–	–	–	59	865	50	865	–	–
14	–	–	–	–	–	–	–	–	57	865	–	–
15	–	–	–	–	–	–	53	865	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	–	55	865	–	–	–	–
23	–	–	–	–	–	–	61	865	–	–	59	865
Tipo	PL Economy		SL-E PRO									
9	44	–	–	–								
11	55	–	–	–								
14	64	–	–	–								
18	67	–	–	–								
13	–	–	41	78								
17	–	–	44	78								
21	–	–	52	78								
13	–	–	46	82								
17	–	–	50	82								
21	–	–	57	82								

Tabla B3-015: *lámparas fluorescentes integradas.*

■ HF-R DALI direccionable y con regulación para lámparas TL-5. Balastos electrónicos estándar de alta frecuencia, ligeros y compactos, para aplicaciones con alta frecuencia de conmutación.
■ HF-R (regulable) para lámparas PL-T y PL-C. Balastos electrónicos estándar de alta frecuencia, ligeros y compactos, para aplicaciones con alta frecuencia de conmutación.
■ HF-Matchbox para lámparas TL miniatura y fluorescentes compactas, LH y SH. Balastos electrónicos estándar de alta frecuencia, ligeros y compactos, para aplicaciones con alta frecuencia de conmutación.

Balastos electromagnéticos
■ Reactancia electromagnética std y de bajas pérdidas para lámparas fluorescentes. Reactancias de bajo consumo, para uso con lámparas fluorescentes TL; TL-D; TL-E y TL-U.
■ Reactancias electomagnéticas para lámparas TL miniatura y fluorescentes compactas. Reactancias compactas de alta precisión en la intensidad para un funcionamiento óptimo de la lámpara.

La información extensa y precisa que hemos facilitado sobre las lámparas y sus balastos ha sido facilitada por PHILIPS.
Para la realización de anteproyectos o para la valoración previa de la carga de una instalación podemos utilizar las tablas resumen que facilitamos a continuación.

3.6. Tablas simplificadas del consumo de lamparas de descarga y tubos fluorescentes, estándar y compactos

La potencia indicada en los tubos fluorescentes no comprende la potencia absorbida por el balasto.
La potencia del balasto (reactancia), si no está referenciada, podemos considerar que supone un incremento del 25 % a la potencia del tubo.

La intensidad absorbida

Las puntas de conexión son del orden: $I_a = \frac{P_n + P_{(reactancia)}}{U \cdot \cos \varphi}$

De 1,1 a 1,6 In para equipos no compensados. De 15 a 20 In para los compensados, a causa de la punta de carga del condensador.
Estas puntas deben tenerse en cuenta en el momento de elegir las protecciones (capítulo J).

Factor de potencia para equipos:
cos φ = 0,6 no compensados.
cos φ = 0,86 compensados.
cos φ = 0,96 con balastos electrónicos.

Tubos fluorescentes						
Tipo de montaje	Potencia de los tubos (W) (1)	absor-bida (W)	Intensidad absorbida a U = 220/240 Balasto no comp. (A)	compen. (A)	electrón. (A)	Longitud de los tubos (cm)
Un tubo con cebador	18	27	0,37	0,19		60
	36	45	0,43	0,24		120
	58	69	0,67	0,37		150
Un tubo sin cebador (2) excitación externa	20	33	0,41	0,21		60
	40	54	0,45	0,26		120
	65	81	0,80	0,41		150
Dos tubos con cebador	2 · 18	55		0,27		60
	2 · 36	90		0,46		120
	2 · 58	138		0,72		150
Dos tubos sin cebador	2 · 40	108		0,49		120
Un tubo con balasto de alta	32	36			0,16	120
frecuencia cos φ = 0,96	50	56			0,25	150
Dos tubos con balasto de	2 · 32	72			0,33	120
alta frecuencia cos φ = 0,96	2 · 50	112			0,50	150

(1) La potencia indicada en el tubo.
(2) Exclusivamente utilizado en mantenimiento.

Tabla B3-016: *intensidad absorbida por los tubos fluorescentes clásicos (220/240 V-50 Hz).*

Lámparas fluorescentes compactas

Las lámparas fluorescentes compactas tienen las mismas características de rentabilidad y vida que los tubos fluorescentes clásicos.
Se utilizan para alumbrado permanente en zonas públicas (pasillos, escaleras, halls, bares, comercios, etc.) y se sitúan en los mismos emplazamientos que las lámparas incandescentes.
En los equipos electrónicos que sustituyen los balastos convencionales (reactancias), prácticamente no existe desfase entre la tensión y la intensidad (cos φ = 0,95), pero la corriente es impulsional y la potencia es del orden de 0,5 (FP).

Lámparas fluorescentes compactas			
Tipo de lámpara	Potencia Lámpara (W)	Intensidad absorbida (W)	absorbida a (220/240 V) (A)
Lámparas globo con balasto inductivo	9	9	0,090
(reactancia) incorporado	13	13	0,115
cos φ = 0,5 (1)	18	18	0,160
	25	25	0,205
Lamparas globo con balasto electrónico	9	9	0,070
cos φ = 0,95 (1)	11	11	0,090
	15	15	0,135
	20	20	0,155
Lamparas con cebador incorporado (sin balasto)			
Tipo simple en **U**	5	10	0,185
cos φ = 0,35	7	11	0,175
	9	13	0,170
	11	15	0,155
Tipo doble en **U**	10	15	0,190
cos φ = 0,45	13	18	0,165
	18	23	0,220
	26	31	0,315

1) El cos φ es aproximadamente de 0,95 (no existe prácticamente desfase entre la tensión y la corriente), pero el factor de potencia es de 0,5 a causa de la forma pulsante de la corriente.

Tabla B3-017: *tabla de las intensidades absorbidas por las lámparas fluorescentes compactas.*

Lámparas de descarga

La potencia en vatios indicada sobre la lámpara de descarga no comprende la potencia absorbida por el balasto (reactancia), del orden del 5 al 20% de la potencia de la lámpara.

Lámparas de descarga

Tipo de lámpara	Potencia absorbida		Intensidad absorbida In (A)				Arranque Ia/In	Tiempo	Rendimiento lumínico	Vida
			Compensado							
			sí		no					
	a 230 V	a 400 V	a 230 V	a 400 V	a 230 V	a 400 V				
W	W	W	A	A	A	A		min.	lm/W	horas
Lámparas de vapor de sodio de alta presión										
50	60		0,76		0,30		1,40 a 1,60	4 a 6	80 a 120	9.000
70	80		1		0,45					
100	115		1,20		0,65					
150	168		1,80		0,85					
250	274		3		1,40					
400	431		4,40		2,20					
1.000	1.055		10,45		4,90					
Lámparas de vapor de sodio a baja presión										
18	26,50		–		0,14		1,10 a 1,30	7 a 15	100 a 200	8.000
35	43,50		0,62		0,24					a
55	72		–		0,34					12.000
90	112		0,84		0,50					
135	159		–		0,73					
180	216		–		0,98					
Lámparas de vapor de sodio de baja presión económicas										
26	34,50		0,45		0,17		1,10 a 1,30	7 a 15	100 a 200	8.000
36	46,50		–		0,22					a
66	80,50		–		0,39					12.000
91	105,50		–		0,49					
131	154		–		0,69					
Lámparas de vapor de mercurio + halógenos metálicos (ioduros metálicos)										
70	80,50		1		0,40		1,70 a 2	3 a 5	70 a 90	6.000
150	172		1,80		0,88					6.000
250	276		2,10		1,35					6.000
400	425		3,40		2,15					6.000
1.000	1.046		8,25		5,30					6.000
2.000	2.092	2.052	16,50	8,60	10,50	6				6.000
Lámparas de vapor de mercurio + substancia fluorescente (bion fluorescente)										
50	57		0,60		0,30		1,70 a 2	3 a 6	40 a 60	8.000
80	90		0,80		0,45					a
125	141		1,15		0,70					12.000
250	268		2,15		1,35					
400	421		3,25		2,15					
700	731		5,40		3,85					
1.000	1.046		0,25		5,30					
2.000	2.140	2.080	15		11	6,10				

(1) Sustituir por lámparas a vapor de sodio.

Nota: las lámparas de vapor de sodio a baja presión poseen un rendimiento superior a todas las demás fuentes. Su dificultad en la aplicación es el color amarillo anaranjado que no permite el rendimiento de los demás colores.

Tabla B3-018: *intensidad absorbida por las lámparas de descarga.*

Estas lámparas utilizan el principio de la descarga eléctrica en un recipiente cristalino estanco, rellenado con un gas o vapores metálicos a una presión determinada. Poseen una vida considerable (larga vida).
Las puntas de corriente a la conexión son del orden de 1,1 a 1,7 In, sin compensar. Las compensadas debemos considerar la punta de carga del condensador del orden de 15 a 20 veces la intensidad nominal.
El factor de potencia es del orden de: cos φ = 0,5.
Las tablas adjuntas indican la potencia y la intensidad absorbida por los diferentes tipos de lámparas de descarga. Pueden existir diferencias no sustanciales de un fabricante a otro, por tanto los valores de la tabla son orientativos. Las lámparas de descarga son sensibles a las bajadas de tensión. Una bajada del 50% produce un descebado (apagado) de la misma, que vuelve a reencenderse al cabo de un período de enfriamiento del orden de los 4 minutos.

4. Potencia de una instalación

Las instalaciones consideradas en este capítulo serán las correspondientes a:
– Viviendas unifamiliares.
– Edificios destinados principalmente a viviendas.
– Edificios comerciales o de oficina.
– Edificios destinados a una industria específica.
– Edificios destinados a una concentración de industrias.
La potencia de una instalación no es la suma aritmética de todas las cargas. Su determinación necesita conocer la potencia de las cargas y su localización para poder acceder a la potencia de utilización y poder determinar la potencia de contratación.
Debemos determinar:

La potencia instalada
Es la suma de todas las potencias nominales de todos los receptores.

La potencia absorbida
Corresponde a la potencia útil, partiendo de la potencia instalada y teniendo en cuenta los rendimientos y el factor de potencia (cos φ), de todas las cargas.

La potencia de contratación necesaria
Debemos tener en consideración los coeficientes de simultaneidad y la posibilidad de discriminación de circuitos prioritarios y no prioritarios (ver capítulo K "Gestión técnica de edificios, el control energético y la seguridad", 4.º volumen).

Nota: debemos tener presente el Artículo 13 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, que prevé la reserva de un local para la instalación de un centro de transformación CT para potencias a contratar iguales o superiores a 50 kVA.

Debemos definir dos procesos distintos para el cálculo de las potencias, uno para usos domésticos y otro para usos industriales.

4.1. Los suministros

En función del Artículo 10 del Reglamento de Baja Tensión, los suministros de energía se clasifican en:
■ Suministros normales.
■ Suministros complementarios.

Suministros normales
Consideramos suministros normales los efectuados a cada abonado por una sola empresa suministradora por la totalidad de la potencia contratada por el mismo y con un solo punto de entrega de energía.

Suministros complementarios
Consideramos suministros complementarios los que, a efectos de seguridad y continuidad de suministro, complementan a un suministro normal. Estos suministros podrán realizarse por dos empresas suministradoras distintas o por la misma empresa, cuando se disponga, en el lugar de utilización de la energía, de medios de transporte y distribución independientes, o por el usuario mediante medios de producción propios.

¿Qué comprende un suministro complementario?:
■ Las cargas de los circuitos de socorro.
■ Las cargas de los circuitos de reserva.
■ Las cargas de los circuitos de reserva o duplicidad.

Suministro de socorro
Es el que está limitado a una potencia receptora máxima equivalente al 15 % del total contratado para el suministro normal.
Deberán disponer de suministros de socorro:
■ Con capacidad de asistencia superior a 300 personas:
□ Centros de enseñanza.
□ Bibliotecas.
□ Casinos.
□ Salas de conferencias.
■ Independientemente de su capacidad:
□ Teatros.
□ Cinematógrafos.
□ Salas de baile.
□ Toda clase de espectáculos públicos.

Suministro de reserva
Es el dedicado a mantener un servicio restringido de los elementos de funcionamiento indispensables de la instalación receptora, hasta una potencia mínima del 25 % del total contratado para el suministro normal.
Deberán disponer de suministros de reserva:
□ Los estadios.
□ Los pabellones deportivos.
□ Las estaciones de viajeros.
□ Los aeropuertos.
□ Los establecimientos comerciales receptores de gran afluencia de público (grandes almacenes).
□ Los hospitales.
□ Las clínicas.
□ Los sanatorios.
□ Los ambulatorios.

Suministro duplicado
Es el que se efectúa sin las limitaciones de potencia señaladas anteriormente para los suministros de socorro y de reserva, y que debe ser capaz de mantener en servicio una potencia mayor al 50 % de la potencia contratada para el servicio normal.
Estos suministros, especificados de forma general para todo el territorio español, podrán ser ampliados por los entes autonómicos correspondientes.

4.2. Potencia instalada

La potencia instalada es la suma de las potencias nominales de todos los receptores de la instalación. Puesto que en una instalación todas las características no son iguales, deberemos referenciar las potencias a las mismas unidades para poder conocer la potencia total.
Algunos fabricantes expresan la potencia absorbida y otros la potencia activa.

4.3. Potencia absorbida y potencia nominal o activa

La potencia absorbida por un receptor es la potencia total que recibe de la red, la que convierte en trabajo y pérdidas por calentamiento y la fluctuante que utiliza para crear los campos eléctricos y magnéticos para realizar su función.
La potencia nominal o activa es la parte de potencia absorbida que transforma en trabajo y pérdidas por calentamiento; por ejemplo, la que necesita un motor para dar la fuerza en el eje más las pérdidas por calentamiento.

La potencia fluctuante es la que utiliza para crear los campos eléctricos y magnéticos para realizar su función; por ejemplo, la que necesita un motor para crear un campo capaz de facilitarle un movimiento giratorio.
Estas potencias no se suman de forma aritmética, la potencia activa y la fluctuante están defasadas 90°, las tres forman un triángulo rectángulo y se suman según el teorema de Pitágoras, o de forma trigonométrica en función del ángulo φ.

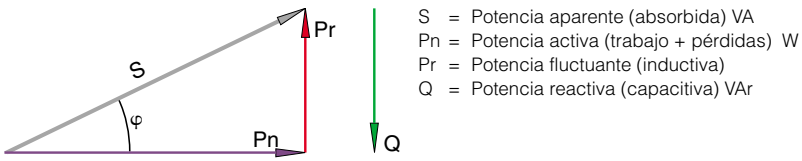


Fig. B4-001: *correlación vectorial de las potencias.*

La potencia reactiva sería la potencia a instalar para compensar la potencia fluctuante necesaria para que la potencia aparente fuese igual a la potencia activa.
Este tema lo desarrollaremos en el capítulo E.

$$S^2 = Pn^2 + Pr^2$$

$$S = \sqrt{Pn^2 + Pr^2}$$

$$S = \frac{Pn}{\cos \varphi}$$

Para los motores tenemos un factor más en consideración, el rendimiento propio η.

$$S = \frac{Pn}{\eta \cdot \cos \varphi}$$

4.4. Potencia de utilización

Todos los receptores no son utilizados en el mismo tiempo y máxima potencia, los factores de utilización y de simultaneidad permiten definir la potencia de utilización o de contratación.

En toda la normativa de la CEI para determinar el factor de utilización y simultaneidad, se acostumbra a utilizar la expresión ku y ks. En la ITC-BT-25 se utiliza Fu y Fs.

Factor de utilización ku (Fu)

El régimen de trabajo normal de un receptor puede ser tal que su potencia utilizada sea menor que su potencia nominal, lo que da noción al factor de utilización.
El factor de utilización se aplica individualmente a cada receptor. Por ejemplo los receptores con motores que no trabajan a plena carga.
En una instalación industrial es aconsejable apreciar un factor de utilización de media (ku = 0,75) para los motores y (ku = 1) para el alumbrado y la calefacción.
Para las tomas de corriente, si se dedican a una utilización general, quedarán controlados por el factor de utilización; si se utilizan en una zona para tomas de corriente de máquinas portátiles, requieren un estudio detallado de las aplicaciones.
La instrucción ITC-BT-25 especifica los factores de utilización en los circuitos de una vivienda.

Circuitos independientes:

C_1 Circuito de distribución interna, destinado a alimentar los puntos de iluminación (ku = 0,5).

C_2 Circuito de distribución interna, destinado a tomas de corriente de uso general frigorífico (ku = 0,25).

C_3 Circuito de distribución interna, destinado a alimentar la cocina y el horno (ku = 0,75).

C_4 Circuito de distribución interna, destinado a alimentar la lavadora, lavavajillas y termo eléctrico (ku = 0,75).

C_5 Circuito de distribución interna, destinado a alimentar tomas de corriente de los circuitos de baño, así como las bases auxiliares del cuadro de cocina (ku = 0,5).

C_{10} Circuito de distribución interna, destinado a la instalación de secadora independiente (ku = 0,75).

Factor de simultaneidad ks (Fs)

Todos los receptores instalados no funcionan al mismo tiempo.
Es por esta constatación que tiene objeto el factor de simultaneidad.
El factor de simultaneidad se aplica a un conjunto de receptores en el punto de unión de los mismos (cuadro de distribución).
La determinación de los factores de simultaneidad obligan a conocer la función de las cargas y sus programas de trabajo de forma muy concisa. Esta dificultad ha permitido dar unos valores medios extraídos de la experiencia, con automárgenes de seguridad para su aplicación genérica.
En este capítulo expondremos los coeficientes de simultaneidad estipulados por el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, los indicados en la normativa UNE y CEI, y en ausencia de ellos los de los comités de normalización más próximos a nuestro talante tecnológico, como por ejemplo los de UTE (Francia).
La instrucción ITC-BT-25 especifica los factores de simultaneidad en los circuitos de una vivienda
Circuitos independientes de las viviendas:

C_1 Circuito de distribución interna, destinado a alimentar los puntos de iluminación (ks = 0,75).

C_2 Circuito de distribución interna, destinado a tomas de corriente de uso general frigorífico (ks = 0,2).

C_3 Circuito de distribución interna, destinado a alimentar la cocina y el horno (ks = 0,5).

C_4 Circuito de distribución interna, destinado a alimentar la lavadora, lavavajillas y termo eléctrico (ks = 0,66).

C_5 Circuito de distribución interna, destinado a alimentar tomas de corriente de los circuitos de baño, así como las bases auxiliares del cuadro de cocina (ks = 0,4).

C_{10} Circuito de distribución interna, destinado a la instaalción de secadora independiente (ks = 1).

Coeficiente de simultaneidad en los conjuntos de viviendas									
N.º	ks (Fs)	N.º	ks (Fs)	N.º	ks (Fs)	N.º	ks (Fs)	N.º	ks (Fs)
1	1	6	5,4	11	9,2	16	12,5	21	15,3
2	2	7	6,2	12	9,9	17	13,1	n>21	15,3+(n–21) · 0,5
3	3	8	7	13	10,6	18	13,7		
4	3,8	9	7,8	14	11,3	19	14,4		
5	4,5	10	8,5	15	11,9	20	14,8		

Tabla B4-002: *coeficientes de simultaneidad en los bloques de viviendas.*

En realidad la tabla nos da el valor del número de viviendas por el factor de simultaneidad correspondiente: es decir que si disponemos de un bloque de 16 viviendas, en realidad es como si alimentáramos 12,5 viviendas a plena carga.
En las viviendas con tarifa nocturna el coeficiente de simultaneidad es ks (Fs) = 1.
Los coeficientes de simultaneidad en los servicos generales de los bloques de viviendas es ks (Fs) = 1.

La instrucción ITC-BT-10 prevé la utilización del ks (Fs) = 1 para los servicios generales de un conjunto de viviendas y a tal efecto las instalaciones en el territorio español debemos realizarlas según esta instrucción.
Como información complementaria en algunos países de Europa próximos al Mediterráneo, se toman en consideración valores muy próximos a los expuestos en la tabla siguiente:

Coeficientes de simultaneidad para los servicios generales	
Utilización	ks (Fs)
Alumbrado	1
Calefacción y aire acondicionado	1
Tomas de corriente	0,10 a 0,20 (1)
Ascensores (2) y montacargas – para el motor más potente – para el siguiente – para los demás	 1 0,75 0,60

(1) En industrias estos parámetros pueden variar en función de la utilización específica de la toma de corriente.
(2) La corriente a tomar en consideración es la nominal del motor, si es mayor a un tercio de la corriente de arranque.

Tabla B4-003: *factores de simultaneidad para los servicios generales.*

Coeficientes de simultaneidad en los locales comerciales y oficinas de los edificios mixtos de viviendas, locales comerciales y oficinas: ks (Fs) = 1.
Coeficientes de simultaneidad en los edificios destinados a locales comerciales, oficinas y/o algunas industrias: ks (Fs) = 1.
Coeficientes de simultaneidad en los edificios destinados a locales industriales: ks (Fs) = 1.
Coeficientes de simultaneidad en aparcamientos de los edificios destinados a locales comerciales, oficinas y/o algunas industrias: ks (Fs) = 1.

4.5. Previsión de la potencia en las viviendas, locales comerciales e industrias

Previsión de electrificación en las viviendas

La carga máxima por vivienda depende del grado de electrificación que desee alcanzar. El promotor, propietario o usuario del edificio fijará de acuerdo con la empresa suministradora la potencia a prever, la cual, para nuevas construcciones, no será inferior a la básica.

Grado de electrificación básico

Es el necesario para la cobertura de las posibles necesidades de utilización primarias sin necesidad de obras posteriores de adecuación y debe permitir la utilización de los aparatos eléctricos de uso común en una vivienda; considerándose un mínimo de 5.750 W a 230 V en cada vivienda, independientemente de la potencia contratada por cada usuario, que dependerá de la utilización que éste haga de la instalación eléctrica.

Electrificación elevada

Es la correspondiente a viviendas con una previsión de utilización de aparatos electrodomésticos superior a la electrificación básica o con previsión de utilización de sistemas de calefacción eléctrica o de acondicionamiento de aire o con superficies útiles de la vivienda superiores a 160 m^2, o con cualquier combinación de lo expuesto anteriormente; previendo una potencia mínima de 9.200 W.
No obstante la potencia de una instalación será la suma de todas las cargas instaladas por los factores de simultaneidad y utilización correspondientes; el valor de contratación se establecerá de común acuerdo con la compañía suministradora y se limitará a través del ICPM correspondiente.

Previsión de electrificación en edificios de viviendas:

■ La electrificación de las viviendas.
Será la misma que hemos descrito anteriormente y para considerar la potencia de todo el edificio deberemos aplicar los coeficientes de simultaneidad de la tabla B4-002.
■ La electrificación de los servicios generales.
Será la suma de todas las cargas de los servicios generales aplicando un coeficiente de simultaneidad ks (Fs) = 1.
Para facilitar su determinación facilitamos la carga de los ascensores según la IEB.

Carga correspondiente a cada ascensor según la NTE/IEB/1974

Tipo	Uso	Paradas	Plazas (kW)	Carga en ascensor
ITA 1	Viviendas	8	5	4
ITA 2	Viviendas Apartamentos Residencias	15	5	6
	Otros	8	5	
ITA 3	Viviendas Apartamentos Residencias	15	8	12
	Otros	8	8	
ITA 4	Viviendas Apartamentos Residencias	20	8	12
	Otros	12	8	
ITA 5	Viviendas Apartamentos Residencias	20	13	25
	Otros	15	13	

Tabla B4-004: *potencias y tamaños de los ascensores en función del número de paradas y ocupantes, según NTE/IEB/1974.*

La electrificación de los locales comerciales y/o de oficinas

Se preverá un mínimo de 100 W · m^2 y planta, con un mínimo por local de 3.450 W a 230 V.

La electrificación de los garajes:

■ Garajes con ventilación natural.
Se preverá un mínimo de 10 W · m^2 y planta, con un mínimo por local de 3.450 W a 230 V.

■ Garajes con ventilación forzada.
Se preverá un mínimo de 20 W · m² y planta, con un mínimo por local de 3.450 W a 230 V.

Previsión de electrificación en edificios comerciales o de oficinas

Se preverá un mínimo de 100 W · m² y planta, con un mínimo por local de 3.450 W a 230 V.

Previsión de electrificación en edificios para una concentración de industrias

Se preverá un mínimo de 125 W · m² y planta, con un mínimo por local de 10.350 W a 230 V.

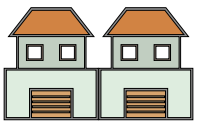
Tensión de los suministros

Suministros monofásicos

Los suministros deberán ser monofásicos a 230 V hasta una potencia de 5.750 W y podrán ser monofásicos hasta una potencia de 14.490 W.

Suministros trifásicos

Los suministros deberán ser trifásicos 230/400 V a partir de los 14.490 W y podrán serlo a partir de 5.750 W.
No obstante cualquier acuerdo entre la compañía suministradora y el cliente se puede regularizar.



Cálculo de la potencia de un grupo de viviendas unifamiliares pareadas

La potencia total necesaria será la suma de las potencias por el factor de simultaneidad.
Los servicios de alumbrado y señalización pública corresponden a otras previsiones, simplemente especificamos las que corresponden a un promotor dentro de una zona urbana.
■ Electrificación "Elevada" Pv = 9.200 W.
■ Número de viviendas, n = 16 ud.
■ Coeficiente de simultaneidad correspondiente a las 16 viviendas ks (Fs) = = 12,5 (según tabla B4-002).
■ P_T = Potencia total.

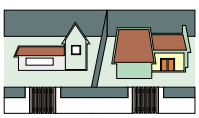
Ejemplo de cálculo:

P_T = Potencia elevada · coeficiente ks (Fs) = 9,2 kW · 12,5 = 115 kW.

En viviendas el factor de potencia se considera prácticamente cos φ = 0,95, por tanto la potencia aparente correspondiente será:

$$S_T = \frac{P_T}{\cos \varphi} = \frac{115\ kW}{0,95} = 121,05\ kVA > 100\ kW$$

El promotor estaría obligado a facilitar un solar para la instalación de un centro de transformación CT, de conformidad al "Artículo 13. Reserva de local" del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.



Cálculo de la potencia de una urbanización rural

En una urbanización rural se han de prever los servicios de conformidad con las indicaciones de las ordenanzas municipales, generalmente alumbrado público.
■ Electrificación "Elevada" Pv = 9.200 W.
■ Número de parcelas, n = 32 ud.

■ Coeficiente de simultaneidad correspondiente a las 32 parcelas ks (Fs) = = 15,3 + (n – 21) · 0,5 (según tabla B4-002), es de:

ks (Fs) = 15,3 + (32 – 21) = 15,3 + 11 = 26,3

■ P_T = Potencia total.

■ Alumbrado público 1,2 km de calles de 7 m, 25 lux.

Ejemplo de cálculo:

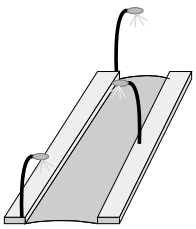
■ Potencia viviendas total P_{Tv}:

P_{Tv} = Potencia elevada · coeficiente ks (Fs) = 9,2 kW · 26,3 = 241,96 kW

■ Potencia total absorbida viviendas S_{Tv}.

En viviendas el factor de potencia se considera prácticamente cos φ = 0,95, por tanto la potencia aparente correspondiente será:

$$S_{Tv} = \frac{P_T}{\cos \varphi} = \frac{241{,}96 \text{ kW}}{0{,}95} = 254{,}70 \text{ kVA} > 100 \text{ kW}$$



■ Potencia alumbrado P_A:

□ Superficie a alumbrar S_A: $S_A = L \cdot a = 1{,}2 \text{ km} \cdot 7 \text{ m} = 8.400 \text{ m}^2$.

□ Iluminación media 25 lux, total lúmenes (lm) necesarios:

lm_T = lux · 8.400 m^2 = 210.000 lm.

□ Solución con lámparas de descarga:

Alumbrado con lámparas de descarga Hg + sustancia fluorescente de 125 W:

P_A = potencia alumbrado.

η = rendimiento lámpara, 50 lm/w.

η' = rendimiento pantalla, 60%.

Ia = intensidad absorbida, no compensada, 1,15 A (tabla B3-018).

■ El número de puntos luz a utilizar con una lámpara de 125 W será:

Lúmenes útiles punto luz = Pl · η (lm/W) · η' = 125 W · 50 lm/W · 0,6 = 3.750 lm.

□ Puntos luz necesarios = $\frac{T(lm)}{lm_{(punto\ luz)}} = \frac{210.000 \text{ lm}}{3.750 \text{ lm}} = 56$ ud.

□ Número de lámparas a utilizar:

$N.°_{lam}$ = número total de lámparas.

P_{lam} = potencia lámpara 125 W.

□ Espacios entre puntos luz, E_{lam}:

$E_{lam} = N.°_{lam} - 1 = 56 - 1 = 55$ ud.

□ Distancia entre puntos luz = l_{pl}: $l_{pl} = \frac{L}{E_{lam}} = \frac{1.200 \text{ m}}{55} = 21{,}82$ m.

□ Potencia total absorbida en alumbrado, S_A:

– S_{lam} = Potencia absorbida lámpara:
  S_{lam} = Un · Ia = 230 V · 1,15 A = 264,5 VA.

– Potencia absorbida por las 56 lámparas S_A:
  $S_A = N.°_{lam} \cdot S_{lam}$ = 56 ud. · 264,5 VA = 14.812 VA.

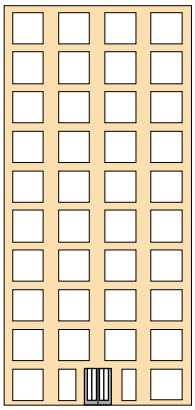
– Previsión del alumbrado ornamental, en función de las ordenanzas municipales; puede ser una media del 30% de la potencia instalada.
  k_f = coeficiente de alumbrado ornamental = 1,3.
  $S_{TA} = S_A \cdot k_f$ = 14.812 · 1,3 = 19.256 VA.

□ Potencia total a prever (Ia) de las viviendas más la del alumbrado, S_T:

$S_T = S_{Tv} + S_{TA}$ = 254,70 + 19,256 = 273,966 kVA > 100 kW.

El promotor estaría obligado a facilitar un solar para la instalación de un centro de transformación CT, de conformidad al "Artículo 13. Reserva de local" del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

En algunos municipios el promotor no debe prever el alumbrado público, que corre a cargo de los servicios municipales.



Cálculo de la potencia de un bloque de viviendas y locales comerciales

Descripción del edificio:

■ Edificio de diez plantas: con nueve plantas de viviendas, cuatro viviendas por planta de electrificación mínima, 5.750 W con dos locales comerciales en la planta baja de 120 m^2.

■ Dos ascensores: con motores de 10 CV a 230/400 V.

■ Alumbrado de escalera: con lámparas fluorescentes compactas tipo globo de 25 W, cuatro por rellano y seis unidades en el hall y dos en cuarto de motores de los ascensores.

■ Enchufes: doce enchufes de 10 A a 230 V para los servicios de limpieza de la escalera y el cuarto de ascensores.

■ Un grupo de presión: para el agua de 7,5 CV a 230/400 V.

■ Alumbrado de emergencia: en la escalera y cuarto de ascensores.

Ejemplo de cálculo:

Viviendas:

Número de viviendas, $N.°_{viviendas}$: $N.°_{v} = 9_{plantas} \cdot 4_{viviendas} = 36_{viviendas}$.

■ Potencias viviendas; alumbrado básico (5.750 W), Pv.

■ Coeficiente de simultaneidad correspondiente a las 36 viviendas ks (Fs) = = 15,3+(n−21) · 0,5 (según tabla B4-002) es de:

ks (Fs) = 15,3 + (36−21) = 15,3 + 15 = 30,3.

■ Potencia viviendas total P_{Tv}:

$P_{Tv,36ud.}$ = Potencia básica · coeficiente ks (Fs) = 5,75 kW · 30,3 = 172,5 kW.

■ Potencia total absorbida viviendas S_{Tv}.

En viviendas el factor de potencia se considera prácticamente cos φ = 0,95, por tanto la potencia aparente correspondiente será:

$$S_{Tv,36ud.} = \frac{P_{TV,36ud.}}{\cos \varphi} = \frac{172,5\ kW}{0,95} = 181,58\ kVA > 100\ kW.$$

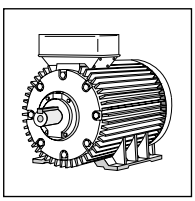
Locales comerciales (2 ud. de 120 m^2):

■ Potencia local comercial P_{lc}: $P_{lc} = 120\ m^2 \cdot 100\ W/m^2 = 12\ kW$.

■ Comprobación de la potencia mínima: 12.000 W < 3.450 W.

■ Los dos locales comerciales: $P_{Tlc} = 2\ ud. \cdot P_{lc} = 2 \cdot 12 = 24\ kW$.

En los locales comerciales podemos considerar que el factor de potencia es muy próximo a uno y por tanto la potencia activa es igual a la potencia absorbida. Si predomina el alumbrado fluorescente sin compensar se debe tener en consideración: $S_{Tlc} \approx P_{Tlc} = 24\ VA$.



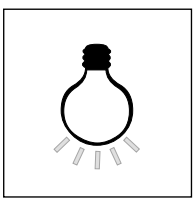
Servicios generales:

■ Potencia motores (ver tabla B3-001):

□ Dos motores ascensores de 10 CV ; 10,3 kVA; η = 0,85; cos φ = 0,83.

□ Un motor grupo de presión de 7,5 CV; 7,6 kVA; η = 0,84; cos φ = 0,83.

□ Potencia total motores servicios: $S_{Tm} = S_{Pm} = (2 \cdot 10,3) + 7,6 = 28,2\ kVA$.



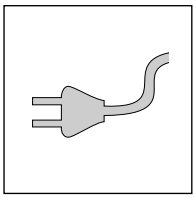
■ Potencia alumbrado de servicios:

□ Potencia aparente lámparas 25 W (ver tabla B3-017):

$S_{lam} = Un \cdot Ia = 230\ V \cdot 0,205 = 47,15\ VA$.

□ Número de lámparas: $N.°_{lam} = (9 \cdot 4)_{escalera} + 6_{hall} + 2_{c-a} = 44\ ud.$

□ Potencia total lámparas: $S_A = 44\ ud. \cdot 47,15\ VA = 2,075\ kVA$.



■ Potencia tomas de corriente servicios:

En la ITC-BT-10, en el apartado 3.2, "Carga correspondiente a los servicios generales", especifica que para todo el servicio eléctrico general del edificio el factor de simultaneidad es ks (Fs) = 1.
Si aplicamos este concepto estrictamente al pie de la letra tendremos que las tomas de corriente a situar en los servicios comunes para poder realizar la limpieza o alguna reparación serán mínimas, lo que provocará la utilización de multiplicadores de tomas (ladrón), introcuciendo puntos débiles en la propia instalación. A mi modesto entender es aconsejable realizar la previsión de tomas de conexión adecuadas y utilizar el factor de simultaneidad utilizado en varios países de Europa.

□ Factor de simultaneidad para los enchufes:

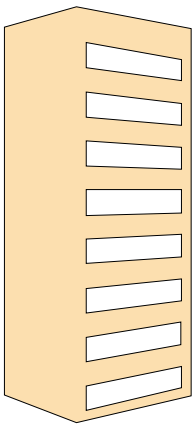
$$ks\ (Fs) = 0{,}1 + \frac{0{,}9}{n} = 0{,}1 + \frac{0{,}9}{12} = 0{,}175.$$

ks (Fs) = coeficiente de simultaneidad.
n = número de enchufes.
□ Potencia total tomas de corriente:
$S_{enchufes} = n \cdot Ue \cdot Ie \cdot ks = 12 \cdot 230 \cdot 10 \cdot 0{,}175 = 4{,}83$ kVA.
Ue = tensión nominal enchufes.
Ie = intensidad nominal enchufes.

■ Potencia total servicios:
$S_{Tser} = S_{Tm} + S_A + S_{enchufes} = 28{,}20 + 2{,}075 + 4{,}83 = 35{,}105$ kVA.

■ **Potencia total edificio:**
□ $S_T = S_{Tv} + S_{Tlc} + S_{Tser} = 181{,}50 + 24 + 35{,}105 = 240{,}605$ kVA.
□ 240,605 kVA > 100 kW.

El promotor estaría obligado a facilitar un solar para la instalación de un centro de transformación CT, de conformidad al "Artículo 13. Reserva de local" del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.



Cálculo de la potencia de un bloque de oficinas y locales comerciales, con tres plantas de sótanos para aparcamientos y servicios generales

Descripción del edificio:
Edificio de ocho plantas y tres plantas sótano.

■ **La planta baja:** alberga el hall (50 m²), la caja de escalera y ascensores (45 m²), el acceso al aparcamiento (40 m²), el local comercial (260 m²).

■ **La primera planta, la segunda y la tercera:** corresponden a un abonado para uso de oficinas (350 m² · 3 = 1.050 m²).

■ **La cuarta y quinta:** a otro abonado, para uso de oficinas (350 m² · 2 = = 700 m²).

■ **La sexta planta:** está repartida entre tres abonados:
6.° - 1.ª Corresponde a un despacho de 100 m².
6.° - 2.ª Corresponde a un despacho de 125 m².
6.° - 3.ª Corresponde a un despacho de 125 m².

■ **La séptima planta:** corresponde a un abonado para un despacho para diseño (350 m²).

■ **Servicios comunitarios:**

□ Tres plantas sótano para aparcamiento de (350 + 350 + 300 m² y una sala de servicios de 50 m² y cajón de escalera y ascensores de 45 m²).

□ Los cajones de escalera y el hall están acondicionados y disponen junto al cuarto de servicios de 60 tomas de corriente de 10 A a 230 V.

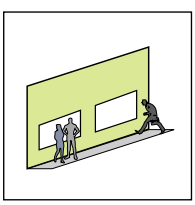
□ El alumbrado de emergencia general de la escalera, el cuarto de servicios y el aparcamiento están centralizados en una toma alimentada por un conjunto de baterías en un apartado del cuarto de servicio. Los alumbrados de emergencia de los abonados son particulares para cada abonado.

□ El edificio dispone de tres ascensores de 10 CV cada uno.

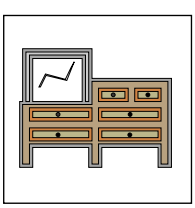
□ El acondicionamiento de aire es individual para cada abonado. La ITC-BT-10 nos indica una prevención de carga para oficinas de 100 W/m², es obvio que para una oficina con acondicionamiento de aire es insuficiente, puesto que en función de la climatología de la península Ibérica, para el aire acondicionado corresponden 100 a 120 W/m².

En espera de la publicación de una ampliación de la ITC-BT-10, les propongo una consideración de 140 a 170 W/m², en función de la intensidad de alumbrado y el acondicionamiento del aire, en función de las temperaturas atmosféricas máximas. En el 4.º volumen, capítulo K "Gestión técnica de edificios, el control energético y la seguridad", desarrollamos el estudio de análisis de consumo de todos los ejemplos arrastrados aplicando las técnicas de control energético.

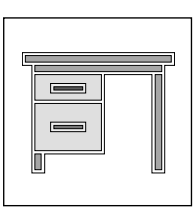
Estimación de la potencia W/m² en función de la utilización prevista para cada abonado:



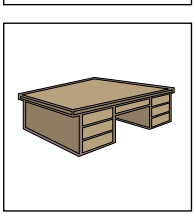
Abonado planta baja, local comercial de 300 m², con acondicionamiento de aire 170 W/m².



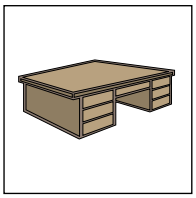
Abonado plantas 1.ª, 2.ª y 3.ª, local de oficinas (centro de cálculo) de 1.050 m², con acondicionamiento de aire 150 W/m².



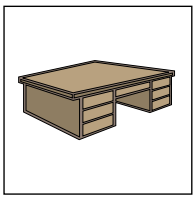
Abonado plantas 4.ª y 5.ª, local de oficinas de 750 m², con acondicionamiento de aire 150 W/m².



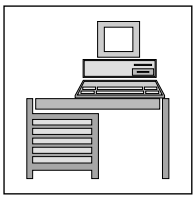
Abonado plantas 6.ª-1.ª, local de oficina de 100 m², con acondicionamiento de aire 160 W/m².



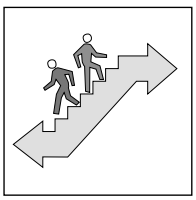
Abonado plantas 6.ª-2.ª, local de oficina de 125 m², con acondicionamiento de aire 160 W/m².



Abonado plantas 6.ª-3.ª, local de oficina de 125 m², con acondicionamiento de aire 160 W/m².



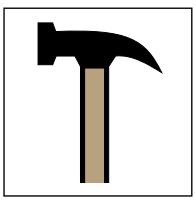
Abonado planta 7ª, local de oficinas para diseño de 350 m², con acondicionamiento de aire 170 W/m².



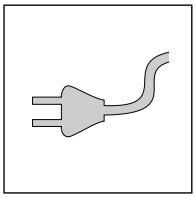
Abonado para los servicios comunitarios:
■ Superficie cajón escalera, 45 m² por 10 plantas = 450 m², acondicionamiento de aire y alumbrado 150 lux = 115 W/m².



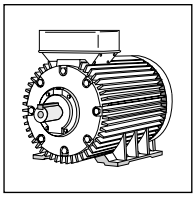
■ Superficie sótanos 1.000 m², iluminación de 150 lux = 7 VA/m².



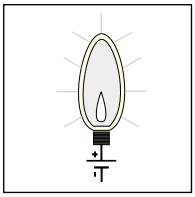
■ Superficie cuarto servicios 50 m², alumbrado de 150 lux y fuerza = 80 VA/m².



■ Bases de enchufe servicios generales, 60 ud. · 10 A · 230 V · ks.



■ Ascensores tres unidades de 10 CV.



■ Alumbrado de emergencia, 26 ud. en la escalera, 3 ud. en el hall y 16 ud. en el aparcamiento, con alimentación ininterrumpida a 230 Vca, y una hora de reserva.

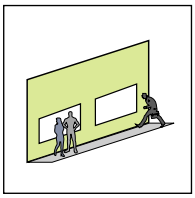


■ Alumbrado de señalización, indicando la circulación por el edificio y con alimentación ininterrumpida en caso de emergencia, 35 ud. 25 W a 230 Vca con una autonomía de una hora.

La ITC-BT-10 especifica un coeficiente de simultaneidad de ks (Fs) = 1 utilizando una carga de 100 Wlm². En el momento que utilizamos valores un 70 % superiores, podemos utilizar para el factor de simultaneidad general del edificio el que especifican las normas UNE para la concentración de circuitos en un cuadro. Considerando cada abonado un circuito.

Para los ocho abonados, y para una horquilla entre seis y nueve circuitos, le corresponde un factor de simultaneidad ks de 0,7.

Cálculo de la potencia para cada abonado y total

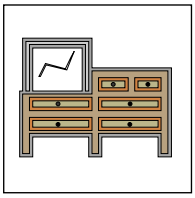


■ Potencia abonado planta baja local comercial 260 m²:

$$P_{lc} = 260\ m^2 \cdot 170\ W/m^2 = 44{,}2\ kW$$

La potencia aparente con un factor de potencia medio de 0,75:

$$S_{lc} = \frac{P_{lc}}{\cos \varphi} = \frac{44{,}2\ kW}{0{,}75} = 58{,}94\ kVA$$

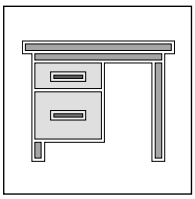


■ Potencia abonado plantas 1.ª, 2.ª y 3.ª, local de oficinas de 1.050 m²:

$$P_{lo1} = 1.050\ m^2 \cdot 150\ W/m^2 = 157{,}5\ kW$$

La potencia aparente con un factor de potencia medio de 0,8:

$$S_{lo1} = \frac{P_{lo1}}{\cos \varphi} = \frac{157{,}5\ kW}{0{,}8} = 196{,}875\ kVA$$

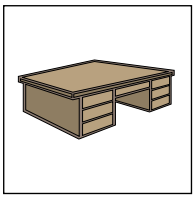


■ Potencia abonado plantas 4.ª y 5.ª, local de oficinas de 750 m²:

$$P_{lo2} = 750\ m^2 \cdot 150\ W/m^2 = 112{,}5\ kW$$

La potencia aparente con un factor de potencia medio de 0,8:

$$S_{lo2} = \frac{P_{lo2}}{\cos \varphi} = \frac{112{,}5\ kW}{0{,}8} = 140{,}625\ kVA$$

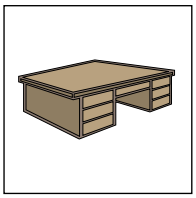


■ Potencia abonado plantas 6.ª-1.ª, local de oficinas de 100 m²:

$$P_{lo3} = 100\ m^2 \cdot 160\ W/m^2 = 16\ kW$$

La potencia aparente con un factor de potencia medio de 0,8:

$$S_{lo3} = \frac{P_{lo3}}{\cos \varphi} = \frac{16\ kW}{0{,}8} = 20\ kVA$$

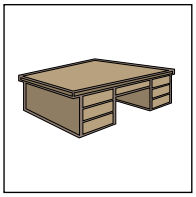


■ Potencia abonado plantas 6.ª-2.ª, local de oficinas de 125 m²:

$$P_{lo4} = 125\ m^2 \cdot 160\ W/m^2 = 20\ kW$$

La potencia aparente con un factor de potencia medio de 0,8:

$$S_{lo4} = \frac{P_{lo4}}{\cos \varphi} = \frac{20\ kW}{0,8} = 25\ kVA$$

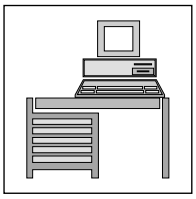


■ Potencia abonado plantas 6.ª-3.ª, local de oficinas de 125 m²:

$$P_{lo5} = 125\ m^2 \cdot 160\ W/m^2 = 20\ kW$$

La potencia aparente con un factor de potencia medio de 0,8:

$$S_{lo5} = \frac{P_{lo5}}{\cos \varphi} = \frac{20\ kW}{0,8} = 25\ kVA$$

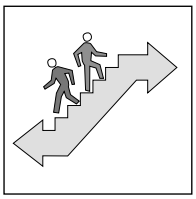


■ Potencia abonado planta 7.ª, local de oficinas para el diseño de 350 m²:

$$P_{lo6} = 350\ m^2 \cdot 170\ W/m^2 = 59,5\ kW$$

La potencia aparente con un factor de potencia medio de 0,8:

$$S_{lo6} = \frac{P_{lo6}}{\cos \varphi} = \frac{59,5\ kW}{0,8} = 74,735\ kVA$$



■ Potencia abonado servicios generales:
□ Acondicionamiento y alumbrado escalera

Superficie:

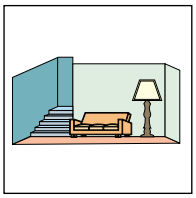
$$S = 11_{pisos} \cdot 45\ m^2 = 450\ m^2$$

Potencia:

$$P_{s-es} = 450\ m^2 \cdot 115\ W/m^2 = 51,75\ kW$$

Potencia aparente (cos φ = 0,8):

$$S_{s-es} = \frac{P_{s-es}}{\cos \varphi} = \frac{51,75\ kW}{0,8} = 64,69\ kVA$$



□ Acondicionamiento y alumbrado hall

Superficie:

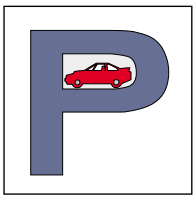
$$S = 1\ ud. \cdot 50\ m^2 = 50\ m^2$$

Potencia:

$$P_{s-es} = 50\ m^2 \cdot 115\ W/m^2 = 5,75\ kW$$

Potencia aparente (cos φ = 0,8):

$$S_{s-hall} = \frac{P_{s-hall}}{\cos \varphi} = \frac{5,75\ kW}{0,8} = 7,2\ kVA$$



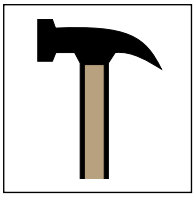
□ Alumbrado aparcamiento con tubos fluorescentes compensados (cos φ = 0,86)

Superficie:

$$S = 2_{plantas} \cdot 350\ m^2 + 1_{planta} \cdot 300\ m^2 = 1.000\ m^2$$

Potencia aparente:

$$S_{A-a} = 1.000\ m^2 \cdot 7\ VA/m^2 = 7\ kVA$$



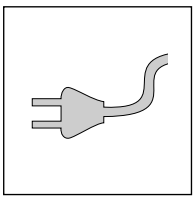
□ Alumbrado y fuerza cuarto de servicios

Superficie:

$$S_{c-servicios} = 50\ m^2$$

Potencia aparente:

$$S_{c-servicios} = 50\ m^2 \cdot 80\ VA/m^2 = 4\ kVA$$



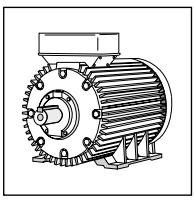
□ Tomas de corriente para mantenimiento y limpieza de los servicios generales, escalera, hall, aparcamiento

N.° de enchufes: 60 ud. de 10 A a 230 V.
Factor de simultaneidad:

$$ks\ (Fs) = 0{,}1 + \frac{0{,}9}{n} = 0{,}1 + \frac{0{,}9}{60} = 0{,}115$$

Potencia aparente:

$$S_{s-enchufes} = n \cdot Ue \cdot Ie \cdot ks = 60\ ud. \cdot 230\ V \cdot 10\ A \cdot 0{,}115 = 15{,}87\ kVA$$

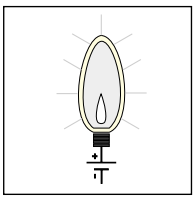


□ Ascensores:
Potencia motores (ver tabla B3-001):
Tres motores ascensores de 10 CV; 10,3 kVA; $\eta = 0{,}85$; $\cos \varphi = 0{,}83$
$S_{TM} = 3 \cdot Pm = 3 \cdot 10{,}3 = 30{,}9\ kVA$



□ Alumbrado de señalización:
35 ud. puntos luminosos de 25 W a 230 V (ver tabla B3-007).
Potencia aparente:

$$S_{señalización} = 35\ ud. \cdot 0{,}205\ A \cdot 230\ V = 1{,}65\ kVA$$



□ Alumbrado de emergencia:
N.° de puntos luz de 25 W con lámparas fluorescentes compactas a 230 V.
Escalera: 26 ud. + hall, 3 ud. + aparcamiento, 16 ud. = total 45 ud.

Potencia aparente:

$$S_{A-emergencia} = 45\ ud. \cdot 0{,}205\ A \cdot 230\ V = 2{,}13\ kVA$$

Potencia de la SAI para asegurar el funcionamiento del alumbrado de señalización y el de emergencia durante una hora:

$$S_{SAI} = 1{,}65 + 2{,}13 = 3{,}78\ kVA$$

□ Potencia total servicios:

$$S_{s-G} = S_{s-es} + S_{s-hall} + S_{A-a} + S_{c-servicios} + S_{s-enchufes} + S_{TM} + S_{señalización} + S_{A-emergencia} =$$

$$= 64{,}69 + 7{,}2 + 7 + 4 + 15{,}87 + 30{,}9 + 1{,}65 + 2{,}13 = 133{,}35\ kVA$$

Potencia total edificio:

$$S_{T-ed} = (S_{lc} + S_{lo1} + S_{lo2} + S_{lo3} + S_{lo4} + S_{lo5} + S_{lo6} + S_{lo7} + S_{s-G})\ ks =$$

$$= (58{,}94 + 196{,}875 + 140{,}625 + 20 + 25 + 25 + 74{,}735 + 125{,}41)\ 0{,}7 =$$

$$= 674{,}525 \cdot 0{,}7 = 472{,}17\ kVA$$

El promotor estaría obligado a facilitar un solar para la instalación de un centro de transformación CT, de conformidad al "Artículo 13. Reserva de local" del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Si analizamos los consumos de cada abonado y los de los servicios generales solamente existen tres abonados que no superan los 100 kVA.

Cálculo de la potencia de una instalación para usos industriales

El Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión en la instrucción ITC-BT-010 solamente especifica una previsión de 125 W/m^2 y por planta, con un factor de simultaneidad Fs = 1. Es obvio que con la tecnología actual es difícil realizar una previsión con tan poca información. Procuraremos facilitar la información de la normativa UNE y la práctica de los países europeos más próximos y afines.

Previsión de potencia (en términos generales) en locales industriales		
Alumbrado (alumbrado fluorescente compensado cos φ = 0,86)		
Tipo de explotación	Potencia estimada VA/m^2	Alumbrado medio (lux = lm/m^2)
Vías de circulación Areas de almacenaje	7	150
Trabajos bastos: Procesos de fabricación Zonas de montaje de grandes piezas...	14	300
Trabajos normales: Oficinas, comercios...	24	500
Trabajos finos: Oficinas de dibujo, montajes de precisión (relojería)	41	800
Fuerza motriz		
Tipo de explotación	Previsión de (VA/m^2)	
Para sala de compresores	3 a 6	
Potencia para ventilación de locales	23	
Potencia para calefacción con convectores:		
Para locales no aislados	115 a 146	
Para locales aislados	90	
Zona de oficinas	25	
Zona de expediciones	50	
Zona de montaje	70	
Zona de fabricación	300	
Zona de pintura	350	
Zona de tratamientos térmicos	700	

Tabla B4-005: *tabla de estimación de consumos en instalaciones industriales, comerciales y grandes espacios.*

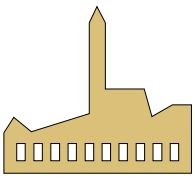
El factor de simultaneidad

En este aspecto solamente tenemos la información de las normas UNE que especifican factores de simultaneidad en los nudos de circuitos (los cuadros).

Coeficientes de simultaneidad en la concentración de circuitos principales, según UNE	
N.° de circuitos principales	Coeficientes de simultaneidad ks
2 y 3	0,9
4 y 5	0,8
6 a 9	0,7
10 a > 10	0,6

Tabla B4-006: *tabla de coeficientes de simultaneidad de UNE en la concentración de circuitos.*

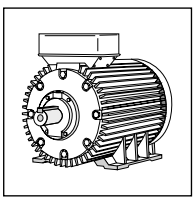
Ejemplo:



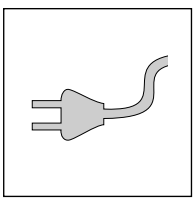
Descripción de la industria

Una industria de inyección de plásticos, con nave de inyección, almacenaje y oficinas. La zona de inyección dispone de 150 m², el cuarto de compresores 50 m², la zona de almacenaje, carga y descarga 200 m², taller de mantenimiento 300 m², oficinas 150 m².

■ **Zona de máquinas de inyección:**



(1) Máquina n.º 1 10 CV = 10,3 kVA.
(2) Máquina n.º 2 10 CV = 14,2 kVA.
(3) Máquina n.º 3 15 CV = 14,2 kVA.
(4) Máquina n.º 4 20 CV = 24 kVA.
(5) Máquina n.º 5 3 CV = 3,5 kVA.



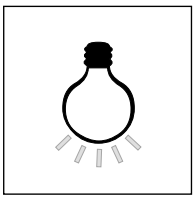
□ Tomas de corriente III, 10 unidades de 16 A a 400 V.

Coeficiente de simultaneidad ks:

$$ks = 0,1 + \frac{0,9}{n} = 0,1 + \frac{0,9}{10} = 0,19$$

Potencia aparente:

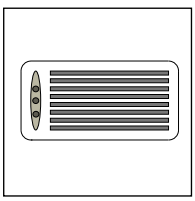
$$S_{s-enchufes} = n\sqrt{3} \cdot Ue \cdot Ie \cdot ks = 10\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 16 \cdot 0,19 = 21,04 \text{ kVA}$$



□ Alumbrado 300 lux (en la tabla B4-005).

s = superficie.

$$S_{l-a} = s \cdot n \text{ VA/m}^2 = 150 \text{ m}^2 \cdot 14 \text{ VA/m}^2 = 21,04 \text{ kVA}$$

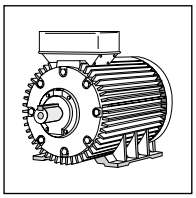


□ Climatización 150 m² (en la tabla B4-005).

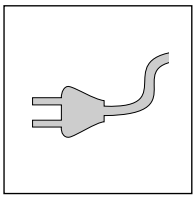
s = superficie.

$$S_{l-c} = s \cdot n \text{ VA/m}^2 = 150 \text{ m}^2 \cdot 110 \text{ VA/m}^2 = 16,5 \text{ kVA}$$

■ **Zona sala de compresores:**



□ Compresor de 7,5 CV = 7,6 kVA.

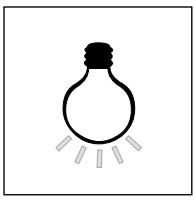


□ Tomas de corriente II 10 A 230 V.
Coeficiente de utilización ks:

$$ks = 0,1 + \frac{0,9}{n} = 0,1 + \frac{0,9}{3} = 0,4$$

Potencia aparente:

$$S_{c-en} = n \cdot Ue \cdot Ie \cdot ks = 3 \cdot 230 \cdot 10 \cdot 0,4 = 2,76 \text{ kVA}$$

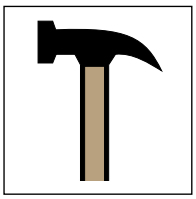


□ Alumbrado 150 lux (ver la tabla B4-005).

s = superficie.

$$S_{c-A} = s \cdot VA/m^2 = 50 \cdot 7 = 0,35 \text{ kVA}$$

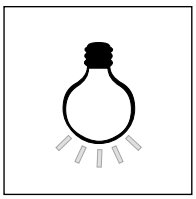
■ **Zona taller de mantenimiento 300 m²:**



□ Potencia aparente (ver la tabla B4-005).

s = superficie.

$$S_{ta} = s \cdot n \text{ VA/m}^2 = 300 \text{ m}^2 \cdot 70 \text{ VA/m}^2 = 21 \text{ kVA}$$

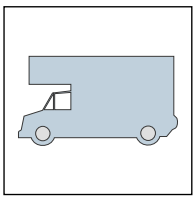


□ Alumbrado 300 lux (en la tabla B4-005).

s = superficie.

$$S_{ta-A} = s \cdot n \text{ VA/m}^2 = 300 \text{ m}^2 \cdot 14 \text{ VA/m}^2 = 4,2 \text{ kVA}$$

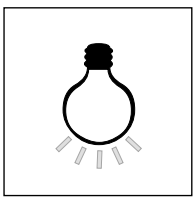
■ **Zona de almacén, carga y descarga 200 m²:**



□ Potencia (ver la tabla B4-005).

s = superficie.

$$S_{al} = s \cdot n \text{ VA/m}^2 = 200 \text{ m}^2 \cdot 50 \text{ VA/m}^2 = 10 \text{ kVA}$$

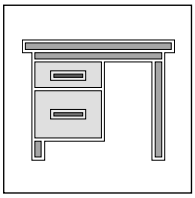


□ Alumbrado 150 lux (ver la tabla B4-005).

s = superficie.

$$S_{al-A} = s \cdot n \text{ VA/m}^2 = 200 \text{ m}^2 \cdot 7 \text{ VA/m}^2 = 1,4 \text{ kVA}$$

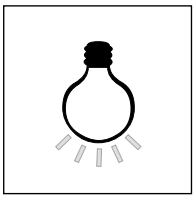
■ Zona de oficinas 150 m²:



□ Potencia aparente (ver la tabla B4-005).

s = superficie.

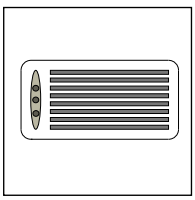
$$S_{of} = s \cdot n\ VA/m^2 = 150\ m^2 \cdot 25\ VA/m^2 = 3{,}75\ kVA$$



□ Alumbrado 500 lux (ver la tabla B4-005).

s = superficie.

$$S_{of-A} = s \cdot n\ VA/m^2 = 150\ m^2 \cdot 24\ VA/m^2 = 3{,}6\ kVA$$

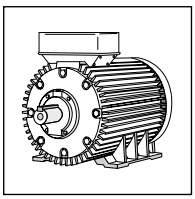


□ Acondicionamiento de aire (ver la tabla B4-005).
s = superficie.

$$S_{of-ac} = s \cdot n\ VA/m^2 = 150\ m^2 \cdot 100\ VA/m^2 = 15\ kVA$$

■ Cálculo de la potencia aparente en función del coeficiente de utilización

Las máquinas en función de su ciclo no trabajan al cien por cien de su potencia, es adecuado considerar un factor de utilización (ku) de valor 0,8. Excepto en casos particulares en que se deberá estudiar el ciclo de la máquina, para el alumbrado se considera un coeficiente de utilización (ku) de valor 1, puesto que al encenderse trabaja al cien por cien y las tomas de corriente después de su reducción por la coincidencia, se considera el coeficiente de utilización (ku) de valor 1.



□ Zona máquinas de inyección:

– 01 Máquina n.º 1:

$$S_{M-1} = 10{,}3 \cdot ku = 10{,}3 \cdot 0{,}8 = 8{,}24\ kVA$$

– 02 Máquina n.º 2:

$$S_{M-2} = 10{,}3 \cdot ku = 14{,}2 \cdot 0{,}8 = 11{,}36\ kVA$$

– 03 Máquina n.º 3:

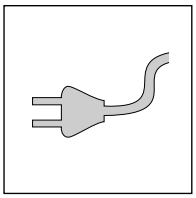
$$S_{M-3} = 10{,}3 \cdot ku = 14{,}2 \cdot 0{,}8 = 11{,}36\ kVA$$

– 04 Máquina n.º 4:

$$S_{M-4} = 24 \cdot ku = 24 \cdot 0{,}8 = 19{,}2\ kVA$$

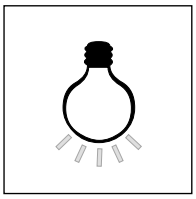
– 05 Máquina n.º 5:

$$S_{M-5} = 3{,}5 \cdot ku = 3{,}5 \cdot 0{,}8 = 2{,}8\ kVA$$



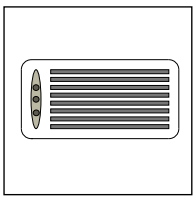
– 06 Tomas de corriente:

$$S_{M-en} = 21{,}04 \cdot ku = 21{,}04 \cdot 1 = 21{,}04 \text{ kVA}$$



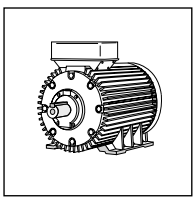
– 07 Alumbrado:

$$S_{M-A} = 4{,}2 \cdot ku = 4{,}2 \cdot 1 = 4{,}2 \text{ kVA}$$



– 08 Climatización:

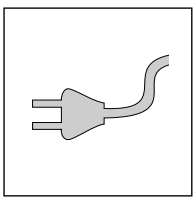
$$S_{M-cl} = 16{,}5 \cdot ku = 16{,}5 \cdot 0{,}8 = 13{,}2 \text{ kVA}$$



□ Zona compresores:

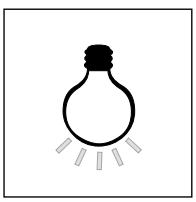
– 09 Compresor:

$$S_C = 7{,}6 \cdot ku = 7{,}6 \cdot 0{,}8 = 6{,}08 \text{ kVA}$$



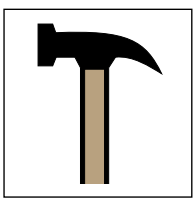
– 10 Potencia tomas de corriente área compresor:

$$S_{C-en} = 2{,}8 \cdot ku = 2{,}8 \cdot 1 = 2{,}8 \text{ kVA}$$



– 11 Alumbrado área compresor:

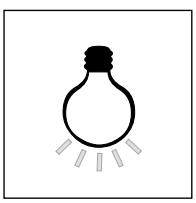
$$S_{C-A} = 3{,}5 \cdot ku = 3{,}5 \cdot 1 = 3{,}5 \text{ kVA}$$



□ Zona taller de mantenimiento:

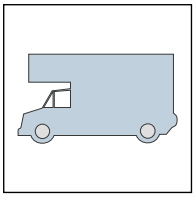
– 12 Potencia área taller de mantenimiento:

$$S_{ta} = 21 \cdot ku = 21 \cdot 0{,}8 = 16{,}8 \text{ kVA}$$



– 13 Alumbrado área de mantenimiento:

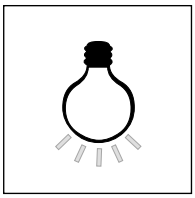
$$S_{ta-A} = 4{,}2 \cdot ku = 4{,}2 \cdot 1 = 4{,}2 \text{ kVA}$$



□ Zona almacén y expediciones:

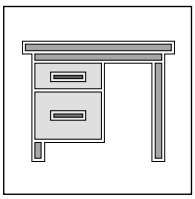
– 14 Potencia área almacén y expediciones:

$$S_a = 10 \cdot ku = 10 \cdot 0{,}8 = 8 \text{ kVA}$$

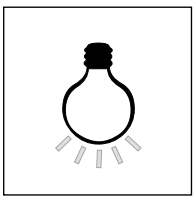


– 15 Alumbrado área almacén y expediciones:

$$S_{a-A} = 1{,}4 \cdot ku = 1{,}4 \cdot 1 = 1{,}4 \text{ kVA}$$



□ Zona de oficinas:

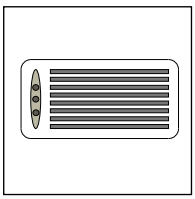


– 16 Alumbrado oficinas:

$$S_{of-A} = 3{,}6 \cdot ku = 3{,}6 \cdot 1 = 3{,}6 \text{ kVA}$$

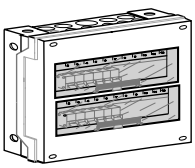
– 17 Potencia área oficinas:

$$S_{of} = 3{,}8 \cdot ku = 3{,}8 \cdot 0{,}8 = 3{,}04 \text{ kVA}$$



– 18 Climatización oficinas:

$$S_{of-ac} = 15 \cdot ku = 15 \cdot 0{,}8 = 12 \text{ kVA}$$



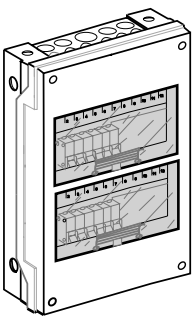
■ **Cuadros distribución, zonas:**

□ Cuadro zona 1, máquinas de inyección:

ks = coeficiente de simultaneidad de los circuitos, según UNE = 0,7.

$$S_{z-1} = (S_{M-1} + S_{M-2} + S_{M-3} + S_{M-4} + S_{M-5} + S_{en} + S_{T-A} + S_{T-c}) \text{ ks} = (8{,}24 +$$

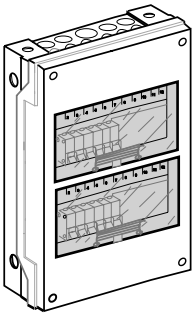
$$+ 11{,}36 + 11{,}36 + 19{,}2 + 2{,}8 + 21{,}04 + 4{,}2 + 13{,}2) \cdot 0{,}7 = 63{,}98 \text{ kVA}$$



□ Cuadro zona 2, compresores:

ks = coeficiente de simultaneidad de los circuitos, según UNE = 0,9.

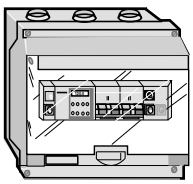
$$S_{z-2} = (S_C + S_{C-en} + S_{C-A}) \text{ ks} = (6{,}08 + 2{,}8 + 3{,}5) \cdot 0{,}9 = 12{,}6 \text{ kVA}$$



□ Cuadro zona 3, taller de mantenimiento:

ks = coeficiente de simultaneidad de los circuitos, según UNE = 0,9.

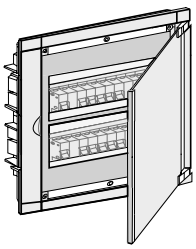
$$S_{z-3} = (S_T + S_{T-A})\ ks = (16{,}8 + 4{,}2) \cdot 0{,}9 = 18{,}9\ kVA$$



□ Cuadro almacén y expediciones:

ks = coeficiente de simultaneidad de los circuitos, según UNE = 0,9.

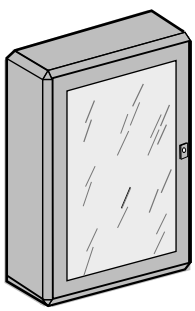
$$S_{z-4} = (S_a + S_{a-A})\ ks = (8 + 1{,}4) \cdot 0{,}9 = 8{,}46\ kVA$$



□ Cuadro oficinas:

ks = coeficiente de simultaneidad de los circuitos, según UNE = 0,9.

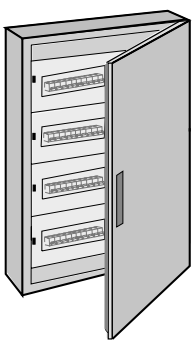
$$S_{z-5} = (S_{of-A} + S_{of} + S_{of-ac})\ ks = (3{,}6 + 3{,}04 + 12) \cdot 0{,}9 = 14{,}13\ kVA$$



□ Cuadro zonas industriales:

ks = coeficiente de simultaneidad de los circuitos, según UNE = 0,9.

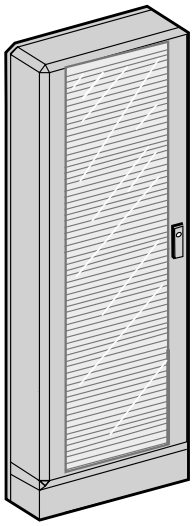
$$S_{L-1} = (S_{Z-1} + S_{Z-2} + S_{Z-3})\ ks = (63{,}98 + 12{,}6 + 18{,}9) \cdot 0{,}9 = 85{,}95\ kVA$$



□ Cuadro almacén y oficinas:

ks = coeficiente de simultaneidad de los circuitos, según UNE = 0,9.

$$S_{L-2} = (S_{Z-4} + S_{Z-5})\ ks = (8{,}46 + 14{,}13) \cdot 0{,}9 = 20{,}34\ kVA$$



□ Cuadro general (potencia de contratación):

ks = coeficiente de simultaneidad de los circuitos, según UNE = 0,9.

$$S_T = (S_{L-1} + S_{L-2})\ ks = (85{,}95 + 20{,}34) \cdot 0{,}9 = 95{,}64\ kVA$$

El promotor estaría obligado a facilitar un solar para la instalación de un centro de transformación CT, de conformidad al "Artículo 13. Reserva local" del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
Los parámetros coeficiente e índices son válidos para tres niveles de agrupaciones o nudos: CGD-cuadro general de distribución, CD-cuadro de distribución y CC-cuadros de control.

■ Cálculo según el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. ITC-BT-10 "4.2. Edificios destinados a la concentración industrial"

□ Planta industrial:

– Superficie:
1-Zona inyección: 150 $m^{2.}$
2-Zona compresores: 50 $m^{2.}$
3-Zona almacenaje y expedición: 200 $m^{2.}$
4-Zona taller de mantenimiento: 300 $m^{2.}$
Total superficie industrial:

$$s = 150 + 50 + 200 + 300 = 700\ m^2$$

– Potencia industria:

$$P_{in} = 700\ m^2 \cdot 125\ W/m^2 = 15\ kW$$

Total superficie oficinas: 150 $m^{2.}$

– Potencia oficinas:

$$P_{of} = 150\ m^2 \cdot 125\ W/m^2 = 18{,}75\ kW$$

– Potencia total:

$$P_T = P_{in} + P_{of} = 87{,}5 + 18{,}75 = 106{,}25\ kW$$

La potencia total calculada según el Reglamento Electrotécnico Para Baja Tensión (P_T = 106,25 kW) y la calculada, de forma más detallada, por el proceso de UTE (S_T = 95,64 kVA), pueden diferir en función de la actividad de la función industrial.

Cuadro resumen del proceso de cálculo de la potencia de una industria, método utilizado por la normativa UNE

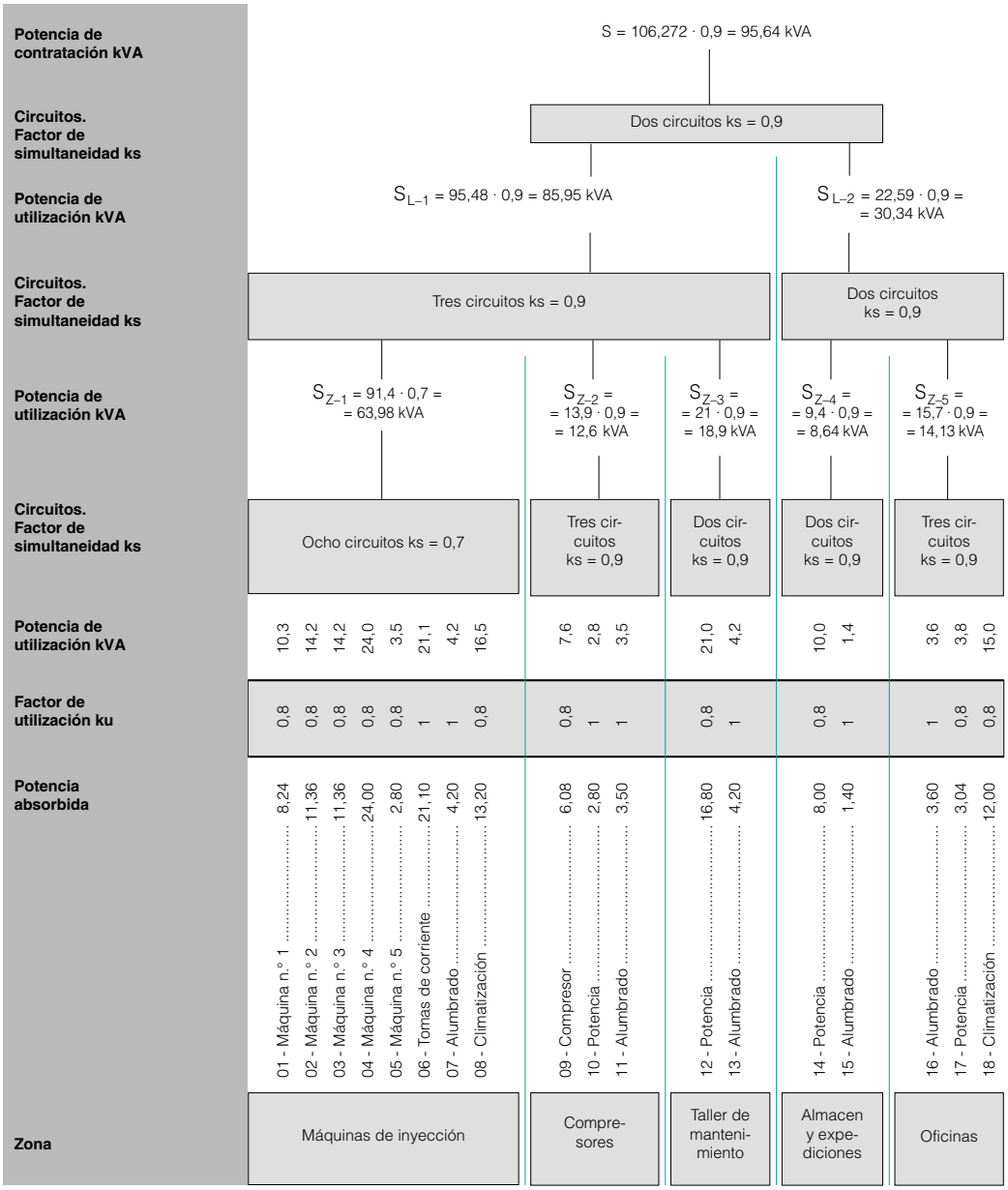


Tabla B4-007: *esquema resumen del proceso de cálculo de la potencia de una industria, de un almacén, de un local comercial o de unas oficinas.*

2. La legislación y las reglas del buen hacer

INSTALADORES AUTORIZADOS EN BAJA TENSIÓN ITC-BT-03

1. OBJETO

La presente Instrucción Técnica Complementaria tiene por objeto desarrollar las previsiones del artículo 22 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, estableciendo las condiciones y requisitos que deben observarse para la certificación de la competencia y la autorización administrativa correspondiente de los instaladores autorizados en el ámbito de aplicación del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

2. INSTALADOR AUTORIZADO EN BAJA TENSIÓN

Instalador Autorizado en Baja Tensión es la persona física o jurídica que realiza, mantiene o repara las instalaciones eléctricas en el ámbito del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias, habiendo sido autorizado para ello según lo prescrito en la presente Instrucción.

3. CLASIFICACIÓN DE INSTALADORES AUTORIZADOS EN BAJA TENSIÓN

3.1. Categoría básica (IBTB)
Los instaladores autorizados en Baja Tensión se clasifican en las siguientes categorías:

Los instaladores de esta categoría podrán realizar, mantener y reparar las instalaciones eléctricas para baja tensión en edificios, industrias, infraestructuras y, en general, todas las comprendidas en el ámbito del presente Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, que no se reserven a la categoría especialista (IBTE).

3.2. Categoría especialista (IBTE)
Los instaladores y empresas instaladoras de la categoría especialista podrán realizar, mantener y reparar las instalaciones de categoría Básica y, además, las correspondientes a:

– Sistemas de automatización, gestión técnica de la energía y seguridad para viviendas y edificios.
– Sistemas de control distribuido.
– Sistemas de supervisión, control y adquisición de datos.
– Control de procesos.
– Líneas aéreas o subterráneas para distribución de energía.
– Locales con riesgo de incendio o explosión.
– Quirófanos y salas de intervención.
– Lámparas de descarga en alta tensión, rótulos luminosos y similares.
– Instalaciones generadoras de baja tensión que estén contenidas en el ámbito del presente Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y sus Instrucciones Técnicas complementarias.

4. CERTIFICADO DE CUALIFICACIÓN INDIVIDUAL EN BAJA TENSIÓN

En los certificados de cualificación individual y de instalador deberán constar expresamente la modalidad o modalidades de entre las citadas para las que se haya sido autorizado, caso de no serlo para la totalidad de las mismas.

4.1. Concepto

El Certificado de Cualificación Individual en Baja Tensión es el documento mediante el cual la Administración reconoce a su titular la capacidad personal para desempeñar alguna de las actividades correspondientes a las categorías indicadas en el apartado 3 de la presente Instrucción, identificándole ante terceros para ejercer su profesión en el ámbito del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. Dicho certificado no capacita, por sí solo, para la realización de dicha actividad, sino que constituirá requisito previo para la obtención del Certificado de Instalador Autorizado en Baja Tensión.

4.2. Requisitos

Para obtener el Certificado de Cualificación Individual en Baja Tensión, las personas físicas deberán acreditar ante la Comunidad Autónoma donde radique el interesado:

a) Encontrarse en edad legal laboral.

b) Conocimientos teóricos-prácticos de electricidad.
Sin perjuicio de lo previsto en la legislación sobre competencias profesionales, se entenderá que reúnen dichos conocimientos las personas que se encuentren en alguna de las siguientes situaciones:

- *b.1)* Técnicos de grado medio en equipos e instalaciones electrotécnicas, con 1 año de experiencia, como mínimo, en empresas de instalaciones eléctricas y habiendo realizado un curso de 40 horas impartido por una Entidad de Formación Autorizada en Baja Tensión.
- *b.2)* Técnicos de grado medio en equipos e instalaciones electrotécnicas, habiendo realizado un curso de 100 horas impartido por una Entidad de Formación Autorizada en Baja Tensión.
- *b.3)* Técnicos superiores en instalaciones electrotécnicas.
- *b.4)* Técnicos superiores en instalaciones electrotécnicas y experiencia de trabajo en empresas de instalaciones eléctricas.
- *b.5)* Titulados en Escuelas Técnicas de Grado Medio o Superior con formación suficiente en el campo electrotécnico.
- *b.6)* Titulados de Escuelas Técnicas de Grado Medio o Superior con formación suficiente en el campo electrotécnico y experiencia de trabajo en empresas de instalaciones eléctricas.

Se admitirán las titulaciones declaradas por la Administración española competente como equivalentes a

las mencionadas, así como las titulaciones equivalentes que se determinen por aplicación de la legislación comunitaria o de otros acuerdos internacionales con terceros países, ratificados por el Estado Español.

c) Haber superado un examen, ante dicha Comunidad Autónoma, en los siguientes casos:
c.1) Teórico-práctico, en las situaciones *b.1)* y *b.2)*,
c.2) Práctico, en las situaciones *b.3)* y *b.5)*,
sobre las disposiciones del Reglamento e Instrucciones Técnicas Complementarias correspondientes a la categoría en la que se desea obtener la cualificación, cuyos requisitos, criterios y contenidos mínimos podrán ser definidos mediante resolución del Órgano Competente en materia de Seguridad Industrial del Ministerio de Ciencia y Tecnología.

4.3. Concesión y validez

Cumplidos los requisitos de 4.2, la Comunidad Autónoma expedirá el correspondiente Certificado de Cualificación Individual en Baja Tensión, con la anotación de la categoría o categorías correspondientes.
El Certificado de Cualificación Individual en Baja Tensión tendrá validez en todo el territorio español.
En caso de variación importante del Reglamento respecto del que constituyó la base para la concesión del certificado, y siempre que en la Disposición correspondiente se determine expresamente que, en razón de la misma, sea preciso hacerlo, el titular del certificado deberá solicitar la actualización del mismo, cumpliendo los requisitos que dicha Disposición establezca para ello. En caso de no hacerlo, el certificado solamente será válido para la reglamentación anterior, en tanto en cuanto no sea preciso aplicarla junto con las nuevas disposiciones.

5. AUTORIZACIÓN COMO INSTALADOR EN BAJA TENSIÓN

5.1. Requisitos

Para obtener la autorización de Instalador en Baja Tensión, a que se refiere el apartado 2 de la presente Instrucción, deberán acreditarse ante la Comunidad Autónoma donde radiquen los interesados, los siguientes requisitos:

a) Contar con los medios técnicos y humanos que se determinan en el Apéndice de la presente Instrucción, para las respectivas categorías.

b) Tener suscrito seguro de responsabilidad civil que cubra los riesgos que puedan derivarse de sus actuaciones, mediante póliza por una cuantía mínima de 600.000 euros para la categoría básica y de 900.000 euros para la categoría especialista, cantidad que se actualizará anualmente, según la variación del índice de precios al consumo, certificada por el Instituto Nacional de Estadística. De dicha actualización se trasladará justificante al Órgano competente de la Comunidad.

c) Estar dados de alta en el Impuesto de Actividades Económicas, en el epígrafe correspondiente.

d) Estar incluidos en el censo de obligaciones tributarias.

e) Estar dados de alta en el correspondiente régimen de la Seguridad Social.

f) En el caso de las personas jurídicas, estar constituidas legalmente. Además, deberán aportarse, cumplimentados con los datos de la entidad, los carnets identificativos de las personas físicas dotadas de Certificados de cualificación individual.

5.2. Concesión y validez

5.2.1. El Órgano competente de la Comunidad Autónoma

El Órgano competente de la Comunidad Autónoma, en caso de que se cumplan los requisitos indicados en el apartado anterior, expedirá el correspondiente Certificado de Instalador Autorizado en Baja Tensión, en el cual constará la categoría o categorías que comprenda. Además, constará en el certificado la advertencia de que el mismo no tendrá validez si el instalador no ha sido inscrito en el Registro de Establecimientos Industriales, para lo cual deberá reservarse un apartado en el certificado para su cumplimentación por el Registro.

En el caso de personas jurídicas se diligenciarán por la Comunidad Autónoma, asimismo, los carnets individuales identificativos.

5.2.2. El certificado de Instalador Autorizado en Baja Tensión

El certificado de Instalador Autorizado en Baja Tensión tendrá validez en todo el territorio español, y por un período inicial de 5 años, siempre y cuando se mantengan las condiciones que permitieron su concesión.

Se renovará, por un período igual al inicial, siempre que el Instalador autorizado lo solicite al Órgano competente de la Comunidad Autónoma con anterioridad a los 3 meses previos inmediatos a la finalización de su vigencia, y se acredite el mantenimiento de las condiciones que dieron lugar a su anterior autorización.

Si el Órgano competente no resolviese sobre la renovación antes de la fecha de caducidad de la autorización, o en los 3 meses posteriores, aquélla se considerará concedida.

5.2.3. Cualquier variación

Cualquier variación en las condiciones y requisitos establecidos para la concesión del certificado deberá ser comunicada al Órgano competente de la Comunidad Autónoma, en el plazo de un mes, si no afecta a la validez del mismo. En caso de que dicha variación supusiera dejar de cumplir los requisitos necesarios para la concesión del

certificado, la comunicación deberá ser realizada en el plazo de 15 días inmediatos posteriores a producirse la incidencia, a tal fin de que el Órgano competente de la Comunidad Autónoma, a la vista de las circunstancias, pueda determinar la cancelación del mismo o, en su caso, la suspensión o prórroga condicionada de la actividad, en tanto se restablezcan los referidos requisitos.
La falta de notificación en el plazo señalado en el párrafo anterior, podrá suponer, además de las posibles sanciones que figuran en el reglamento, la inmediata suspensión cautelar del certificado de Instalador Autorizado en Baja Tensión.
Asimismo, el certificado de instalador o de persona jurídica autorizada en Baja Tensión podrá quedar anulado, previo el correspondiente expediente, en caso de que se faciliten, cedan o enajenen certificados de instalación de obras no realizadas por el instalador autorizado.

6. ACTUACIONES DE LOS INSTALADORES AUTORIZADOS EN BAJA TENSIÓN EN COMUNIDADES AUTÓNOMAS DISTINTAS DE AQUELLA DONDE OBTUVIERON EL CERTIFICADO

Antes de comenzar su actividad en una Comunidad Autónoma distinta de aquella que les concedió el certificado, los Instaladores Autorizados en Baja Tensión deberán comunicarlo al Órgano competente de la Comunidad Autónoma correspondiente, aportando copia legal de dicho certificado.

7. OBLIGACIONES DE LOS INSTALADORES AUTORIZADOS EN BAJA TENSIÓN

Los instaladores Autorizados en Baja Tensión deben, en sus respectivas categorías:

a) Ejecutar, modificar, ampliar, mantener o reparar las instalaciones que les sean adjudicadas o confiadas, de conformidad con la normativa vigente y con la documentación de diseño de la instalación, utilizando, en su caso, materiales y equipos que sean conformes a la legislación que les sea aplicable.

b) Efectuar las pruebas y ensayos reglamentarios que les sean atribuidos.

c) Realizar las operaciones de revisión y mantenimiento que tengan encomendadas, en la forma y plazos previstos.

d) Emitir los certificados de instalación o mantenimiento, en su caso.

e) Coordinar, en su caso, con la empresa suministradora y con los usuarios las operaciones que impliquen interrupción del suministro.

f) Notificar a la Administración competente los posibles incumplimientos reglamentarios de materiales o instalaciones, que observasen en el desempeño de su actividad. En caso de peligro manifiesto, darán cuenta inmediata de ello a los usuarios y, en su caso, a la empresa

suministradora, y pondrá la circunstancia en conocimiento del Órgano competente de la Comunidad Autónoma en el plazo máximo de 24 horas.

g) Asistir a las inspecciones establecidas por el Reglamento, o las realizadas de oficio por la Administración, si fuera requerido por el procedimiento.

h) Mantener al día un registro de las instalaciones ejecutadas o mantenidas.

i) Informar a la Administración competente sobre los accidentes ocurridos en las instalaciones a su cargo.

j) Conservar a disposición de la Administración, copia de los contratos de mantenimiento al menos durante los 5 años inmediatos posteriores a la finalización de los mismos.

APÉNDICE. MEDIOS MÍNIMOS, TÉCNICOS Y HUMANOS, REQUERIDOS PARA LOS INSTALADORES AUTORIZADOS EN BAJA TENSIÓN

1. MEDIOS HUMANOS

Al menos una persona dotada de Certificado de Cualificación Individual en Baja Tensión, de categoría igual a cada una de las del Instalador Autorizado en Baja Tensión, si es el caso, en la plantilla de la entidad, a jornada completa. En caso de que una misma persona ostente dichas categorías, bastará para cubrir el presente requisito. Operarios cualificados, en número máximo de 10 por cada persona dotada de Certificado de Cualificación Individual en Baja tensión, o por cada Técnico superior en instalaciones electrotécnicas o por cada Titulado de Escuelas Técnicas de grado Medio o Superior con formación suficiente en el campo electrotécnico.

2. MEDIOS TÉCNICOS

2.1. Categoría básica

2.1.1. Local

Local: 25 m^2.

2.1.2. Equipos

– Telurómetro.
– Medidor de aislamiento, según ITC-BT-19.
– Multímetro o tenaza, para las siguientes magnitudes:
  Tensión alterna y continua hasta 500 V.
  Intensidad alterna y continua hasta 20 A.
  Resistencia.
– Medidor de corrientes de fuga, con resolución mejor o igual que 1 mA.
– Detector de tensión.
– Analizador-registrador de potencia y energía para corriente alterna trifásica, con capacidad de medida de las siguientes magnitudes: potencia activa; tensión alterna; intensidad alterna; factor de potencia.
– Equipo verificador de la sensibilidad de disparo de los interruptores diferenciales, capaz de verificar la característica intensidad-tiempo.
– Equipo verificador de la continuidad de conductores.
– Medidor de impedancia de bucle, con sistema de medición independiente o con compensación del valor de la resistencia de los cables de prueba y con una resolución mejor o igual que 0,1 Ω.
– Herramientas comunes y equipo auxiliar.
– Luxómetro con rango de medida adecuado para el alumbrado de emergencia.

2.2. Categoría especialista

Además de los medios anteriores, deberán contar con los siguientes, según proceda.

– Analizador de redes, de armónicos y de perturbaciones de red.
– Electrodos para la medida de aislamiento de los suelos.
– Aparato comprobador del dispositivo de vigilancia del nivel de aislamiento de los quirófanos.

2.3. Herramientas, equipos y medios de protección individual

Estarán de acuerdo con la normativa vigente y las necesidades de la instalación.

DOCUMENTACIÓN Y PUESTA EN SERVICIO DE LAS INSTALACIONES ITC-BT-04

1. OBJETO

2. DOCUMENTACIÓN DE LAS INSTALACIONES

La presente Instrucción tiene por objeto desarrollar las prescripciones del artículo 18 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, determinando la documentación técnica que debe tener las instalaciones para ser legalmente puestas en servicio, así como su tramitación ante el Organo competente de la Administración.

Las Instalaciones en el ámbito de aplicación del presente Reglamento deben ejecutarse sobre la base de una documentación técnica que, en función de su importancia, deberá adoptar una de las siguientes modalidades.

2.1. Proyecto

Cuando se precise proyecto, de acuerdo con lo establecido en el apartado 3, éste deberá ser redactado y firmado por técnico titulado competente, quien será directamente responsable de que el mismo se adapte a las disposiciones reglamentarias. El proyecto de instalación se desarrollará, bien como parte del proyecto general del edificio, bien en forma de uno o varios proyectos específicos.
En la memoria del proyecto se expresarán especialmente:

– Datos relativos al propietario.
– Emplazamiento, características básicas y uso al que se destina.
– Características y secciones de los conductores a emplear.
– Características y diámetros de los tubos para canalizaciones.
– Relación nominal de los receptores que se prevean instalar y su potencia, sistemas y dispositivos de seguridad adoptados y cuantos detalles sean necesarios de acuerdo con la importancia de la instalación proyectada y para que se ponga de manifiesto el cumplimiento de las prescripciones del Reglamento y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.
– Esquema unifilar de la instalación y características de los dispositivos de corte y protección adoptados, puntos de utilización y secciones de los conductores.
– Croquis de su trazado.
– Cálculos justificativos del diseño.

Los planos serán los suficientes en número y detalle, tanto para una idea clara de las disposiciones que pretenden adoptarse en las instalaciones, como para que la Empresa Instaladora que ejecute la instalación disponga de todos los datos necesarios para la realización de la misma.

2.2. Memoria técnica de diseño

La Memoria Técnica de Diseño (MTD) se redactará sobre impresos, según modelo determinado por el Órgano competente de la Comunidad Autónoma, con objeto de proporcionar los principales datos y características de diseño de las instalaciones. El instalador autorizado para la cate-

goría de la instalación correspondiente o el técnico titulado competente que firme dicha Memoria será directamente responsable de que la misma se adapte a las exigencias reglamentarias.
En especial, se incluirán los siguientes datos:

– Los referentes al propietario.
– Identificación de la persona que firma la memoria y justificación de su competencia.
– Emplazamiento de la instalación.
– Uso al que se destina.
– Relación nominal de los receptores que se prevea instalar y su potencia.
– Cálculos justificativos de las características de la línea general de alimentación, derivaciones individuales y líneas secundarias, sus elementos de protección y sus puntos de utilización.
– Pequeña memoria descriptiva.
– Esquema unifilar de la instalación y características de los dispositivos de corte y protección adoptados, puntos de utilización y secciones de los conductores.
– Croquis de su trazado.

3. INSTALACIONES QUE PRECISAN PROYECTO

3.1. Para su ejecución, precisan elaboración de proyecto las nuevas instalaciones siguientes:

Grupo	Tipo de instalación	Límites
a	Las correspondientes a industrias, en general	P > 20 kW
b	Las correspondientes a: – Locales húmedos, polvorientos o con riesgo de corrosión – Bombas de extracción o elevación de agua, sean industriales o no	P > 10 kW
c	Las correspondientes a: – Locales mojados – Generadores y convertidores – Conductores aislados para caldeo, excluyendo las de viviendas	P > 10 kW
d	– De carácter temporal para alimentación de máquinas de obras en construcción – De carácter temporal en locales o emplazamientos abiertos	P > 50 kW
e	Las de edificios destinados principalmente a viviendas, locales comerciales y oficinas, que no tengan la consideración de locales de pública concurrencia, en edificación vertical u horizontal	P > 100 kW por caja general de protección
f	Las correspondientes a viviendas unifamiliares	P > 50 kW
g	Las de garajes que requieran ventilación forzada	Cualquiera que sea su ocupación
h	Las de garajes que disponen de ventilación natural	De más de 5 plazas de estacionamiento
i	Las correspondientes a locales de pública concurrencia	Sin límite

Grupo	Tipo de instalación	Límites
j	Las correspondientes a: – Líneas de baja tensión con apoyos comunes con las de alta tensión – Máquinas de elevación y transporte – Las que utilicen tensiones especiales – Las destinadas a rótulos luminosos salvo que se consideren instalaciones de Baja Tensión según lo establecido en la ITC-BT-44 – Cercas eléctricas – Redes aéreas o subterráneas de distribución	Sin límite de potencia
k	Instalaciones de alumbrado exterior	P > 5 kW
l	Las correspondientes a locales con riesgo de incendio o explosión, excepto garajes	Sin límite
m	Las de quirófanos y salas de intervención	Sin límite
n	Las correspondientes a piscinas y fuentes	P > 5 kW
o	Todas aquellas que, no estando comprendidas en los grupos anteriores, determine el Ministerio de Ciencia y Tecnología, mediante la oportuna Disposición	Según corresponda

P = potencia prevista en la instalación, teniendo en cuenta lo estipulado en la ITC-BT-10.

3.2. Asimismo, requerirán elaboración de proyecto las ampliaciones y modificaciones de las instalaciones siguientes:

a) Las ampliaciones de las instalaciones de los tipos *(b, c, g, i, j, l, m)* y modificaciones de importancia de las instalaciones señaladas en 3.1.

b) Las ampliaciones de las instalaciones que, siendo de los tipos señalados en 3.1, no alcanzasen los límites de potencia prevista establecidos para la mismas, pero que los superan al producirse la ampliación.

c) Las ampliaciones de instalaciones que requirieron proyecto originalmente si en una o en varias ampliaciones se supera el 50 % de la potencia prevista en el proyecto anterior.

3.3. Si una instalación esta comprendida en más de un grupo de los especificados en 3.1, se aplicará el criterio más exigente de los establecidos para dichos grupos.

4. INSTALACIONES QUE REQUIEREN MEMORIA TÉCNICA DE DISEÑO

Requerirán Memoria Técnica de Diseño todas las instalaciones –sean nuevas, ampliaciones o modificaciones– no incluidas en los grupos indicados en el apartado 3.

5. INSTALACIONES QUE PRECISAN PROYECTO

5.1. Todas las instalaciones en el ámbito de aplicación del Reglamento deben ser efectuadas por los instaladores autorizados en baja tensión a los que se refiere la Instrucción Técnica complementaria ITC-BT-03.

En el caso de instalaciones que requirieron Proyecto, su ejecución deberá contar con la dirección de un técnico titulado competente.
Si, en el curso de la ejecución de la instalación, el instalador autorizado considerase que el Proyecto o Memoria Técnica de Diseño no se ajusta a lo establecido en el Reglamento, deberá, por escrito, poner tal circunstancia en conocimiento del autor de dichos Proyecto o Memoria, y del propietario. Si no hubiera acuerdo entre las partes se someterá la cuestión al Órgano competente de la Comunidad Autónoma, para que ésta resuelva en el más breve plazo posible.

5.2. Al término de la ejecución de la instalación, el instalador autorizadso realizará las verificaciones que resulten oportunas, en función de las características de aquélla, según se especifica en la ITC-BT-05 y en su caso todas las que determine la dirección de obra.

5.3. Asimismo, las instalaciones que se especifican en la ITC-BT-05, deberán ser objeto de la correspondiente Inspección Inicial por Organismo de Control.

5.4. Finalizadas las obras y realizadas las verificaciones e inspección inicial a que se refieren los puntos anteriores, el instalador autorizado deberá emitir un Certificado de Instalación, según modelo establecido por la Administración, que deberá comprender, al menos, lo siguiente:

a) Los datos referentes a las principales características de la instalación.
b) La potencia prevista de la instalación.
c) En su caso, la referencia del certificado del Organismo de Control que hubiera realizado con calificación de resultado favorable, la inspección inicial.
d) Identificación del instalador autorizado responsable de la instalación.
e) Declaración expresa de que la instalación ha sido ejecutada de acuerdo con las prescripciones del Reglamento Electrónico para Baja Tensión y, en su caso, con las especificaciones particulares aprobadas a la Compañía eléctrica, así como, según corresponda, con el Proyecto o la Memoria Técnica de Diseño.

5.5. Antes de la puesta en servicio de las instalaciones, el instalador autorizado deberá presentar ante el Órgano competente de la Comunidad Autónoma, al objeto de su inscripción en el correspondiente registro, el Certificado de Instalación con su correspondiente anexo de información al usuario, por quintuplicado, al que se acompañará, según el caso, el Proyecto o la Memoria Técnica de Diseño, así como el certificado de Dirección de Obra firmado por el correspondiente técnico titulado competente, y el certificado de inspección inicial con calificación de resultado favorable, del Organismo de Control, si procede.

El Órgano competente de la Comunidad Autónoma deberá diligenciar las copias del Certificado de Instalación y, en su caso, del certificado de inspección inicial, devolviendo cuatro al instalador autorizado, dos para sí y las otras dos para la propiedad, a fin de que ésta pueda, a su vez, quedarse con una copia y entregar la otra a la Compañía eléctrica, requisito sin el cual ésta no podrá suministrar energía a la instalación, salvo lo indicado en el Artículo 18.3 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

5.6. Instalaciones temporales en ferias, exposiciones y similares

Cuando en este tipo de eventos exista para toda la instalación de la feria o exposición una Dirección de Obra común, podrán agruparse todas las documentaciones de las instalaciones parciales de alimentación a los distintos stands o elementos de la feria, exposición, etc., y presentarse de una sola vez ante el Órgano competente de la Comunidad Autónoma, bajo una certificación de instalación global firmada por el responsable técnico de la Dirección mencionada.

Cuando se trate de montajes repetidos idénticos, se podrá prescindir de la documentación de diseño, tras el registro de la primera instalación, haciendo constar en el certificado de instalación dicha circunstancia, que será válida durante un año, siempre que no se produjeran modificaciones significativas, entendiendo como tales las que afecten a la potencia prevista, tensiones de servicio y utilización y a los elementos de protección contra contactos directos e indirectos y contra sobreintensidades y sobretensiones.

6. PUESTA EN SERVICIO DE LAS INSTALACIONES

El titular de la instalación deberá solicitar el suministro de energía a la Empresa suministradora mediante entrega del correspondiente ejemplar del certificado de instalación.

La Empresa suministradora podrá realizar, a su cargo, las verificaciones que considere oportunas, en lo que se refiere al cumplimiento de las prescripciones del presente Reglamento.

Cuando los valores obtenidos en la indicada verificación sean inferiores o superiores a los señalados respectivamente para el aislamiento y corrientes de fuga en la ITC-BT-19, las Empresas suministradoras no podrán conectar a sus redes las instalaciones receptoras.

En esos casos, deberán extender un Acta, en la que conste el resultado de las comprobaciones, la cual deberá ser firmada igualmente por el titular de la instalación, dándose por enterado. Dicha acta, en el plazo más breve posible, se pondrá en conocimiento del Órgano competente de la Comunidad Autónoma, quien determinará lo que proceda.

VERIFICACIONES E INSPECCIONES ITC-BT-05

1. OBJETO

La presente Instrucción tiene por objeto desarrollar las previsiones de los artículos 18 y 20 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, en relación con las verificaciones previas a la puesta en servicio e inspecciones de las instalaciones eléctricas incluidas en su campo de aplicación.

2. AGENTES INTERVINIENTES

2.1. Las verificaciones previas a la puesta en servicio de las instalaciones deberán ser realizadas por empresas instaladoras que las ejecuten.

2.2. De acuerdo con lo indicado en el artículo 20 del Reglamento, sin perjuicio de las atribuciones que, en cualquier caso, ostenta la Administración Pública, los agentes que lleven a cabo las inspecciones de las instalaciones eléctricas de Baja Tensión deberán tener la condición de Organismos de Control, según lo establecido en el Real Decreto 2.200/1995, de 28 de diciembre, acreditados para este campo reglamentario.

3. VERIFICACIONES PREVIAS A LA PUESTA EN SERVICIO

Las instalaciones eléctricas en baja tensión deberán ser verificadas, previamente a su puesta en servicio y según corresponda en función de sus características, siguiendo la metodología de la norma UNE 20.460-6-61.

4. INSPECCIONES

Las instalaciones eléctricas en baja tensión de especial relevancia que se citan a continuación, deberán ser objeto de inspección por un Organismo de Control, a fin de asegurar, en la medida de lo posible, el cumplimiento reglamentario a lo largo de la vida de dichas instalaciones. Las inspecciones podrán ser:

– Iniciales: Antes de la puesta en servicio de las instalaciones.
– Periódicas.

4.1. Inspecciones iniciales

Serán objeto de inspección, una vez ejecutadas las instalaciones, sus ampliaciones o modificaciones de importancia y previamente a ser documentadas ante el Órgano competente de la Comunidad Autónoma, las siguientes instalaciones:

a) Instalaciones industriales que precisen proyecto, con una potencia instalada superior a 100 kW.

b) Locales de Pública Concurrencia.

c) Locales con riesgo de incendio o explosión, de clase I, excepto garajes de menos de 25 plazas.

d) Locales mojados con potencia instalada superior a 25 kW.

e) Piscinas con potencia instalada superior a 10 kW.

f) Quirófanos y salas de intervención.

g) Instalaciones de alumbrado exterior con potencia instalada superior 5 kW.

4.2. Inspecciones periódicas
Serán objeto de inspecciones periódicas, cada 5 años, todas las instalaciones eléctricas en baja tensión que precisaron inspección inicial, según el punto 4.1 anterior, y cada 10 años, las comunes de edificios de viviendas de potencia total instalada superior a 100 kW.

5. PROCEDIMIENTO

5.1. Los Organismos de Control realizarán la inspección de las instalaciones sobre la base de las prescripciones que establezca el Reglamento de aplicación y, en su caso, de lo especificado en la documentación técnica, aplicando los criterios para la clasificación de defectos que se relacionan en el apartado siguiente. La empresa instaladora, si lo estima conveniente, podrá asistir a la realización de estas inspecciones.

5.2. Como resultado de la inspección, el Organismo de Control emitirá un Certificado de Inspección, en el cual figurarán los datos de identificación de la instalación y la posible relación de defectos, con su clasificación, y la clasificación de la instalación, que podrá ser:

5.2.1. Favorable: Cuando no se determine la existencia de ningún defecto muy grave o grave. En este caso, los posibles defectos leves se anotarán para constancia del titular, con la indicación de que deberá poner los medios para subsanarlos antes de la próxima inspección. Asimismo, podrán servir de base a efectos estadísticos y de control del buen hacer de las empresas instaladoras.

5.2.2. Condicionada: Cuando se detecte la existencia de, al menos, un defecto grave o defecto leve procedente de otra inspección anterior que no se haya corregido. En este caso:

a) Las instalaciones nuevas que sean objeto de esta clasificación no podrán ser suministradas de energía eléctrica en tanto no se hayan corregido los defectos indicados y puedan obtener la clasificación de favorable.

b) A las instalaciones ya en servicio se les fijará un plazo para proceder a su corrección, que no podrá superar los 6 meses. Transcurrido dicho plazo sin haberse subsanado los defectos, el Organismo de Control deberá remitir el Certificado con la calificación negativa al Organo competente de la Comunidad Autónoma.

5.2.3. Negativa: Cuando se observe, al menos, un defecto muy grave. En este caso:

a) Las nuevas instalaciones no podrán entrar en servicio, en tanto no se hayan corregido los defectos indicados y puedan obtener la calificación no favorable.

b) A las instalaciones ya en servicio se les emitirá Certificado negativo, que se remitirá inmediatamente al Órgano competente de la Comunidad Autónoma.

6. CLASIFICACIÓN DE DEFECTOS

Los defectos en las instalaciones se clasificarán en: Defectos muy graves, defectos graves y defectos leves.

6.1. Defecto muy grave

Es todo aquel que la razón o la experiencia determina que constituye un peligro inmediato para la seguridad de las personas o los bienes.
Se consideran tales los incumplimientos de las medidas de seguridad que pueden provocar el desencadenamiento de los peligros que se pretenden evitar con tales medidas, en relación con:

– Contactos directos, en cualquier tipo de instalación.
– Locales de pública concurrencia.
– Locales con riesgo de incendio o explosión.
– Locales de características especiales.
– Instalaciones con fines especiales.
– Quirófanos y salas de intervención.

6.2. Defecto grave

Es el que no supone un peligro inmediato para la seguridad de las personas o de los bienes, pero puede serlo al originarse un fallo en la instalación. También se incluye dentro de esta clasificación, el defecto que pueda reducir de modo sustancial la capacidad de utilización de la instalación eléctrica.
Dentro de este grupo y con carácter no exhaustivo, se consideran los siguientes defectos graves:

– Falta de conexiones equipotenciales, cuando éstas fueran requeridas.
– Inexistencia de medidas adecuadas de seguridad contra contactos indirectos.
– Falta de aislamiento de la instalación.
– Falta de protección adecuada contra cortocircuitos y sobrecargas en los conductores, en función de la intensidad máxima admisible en los mismos, de acuerdo con sus características y condiciones de instalación.
– Falta de continuidad de los conductores de protección.
– Valores elevados de resistencia de tierra en relación con las medidas de seguridad adoptadas.
– Defectos en la conexión de los conductores de protección a las masas, cuando estas conexiones fueran preceptivas.

– Sección insuficiente de los conductores de protección.
– Existencia de partes o puntos de la instalación cuya defectuosa ejecución pudiera ser origen de averías o daños.
– Naturaleza o características no adecuadas de los conductores utilizados.
– Falta de sección de los conductores, en relación con las caídas de tensión admisibles para las cargas previstas.
– Falta de identificación de los conductores "neutro" y "de protección".
– Empleo de materiales, aparatos o receptores que no se ajusten a las especificaciones vigentes.
– Ampliaciones o modificaciones de una instalación que no se hubieran tramitado según lo establecido en la ITC-BT-04.
– Carencia del número de circuitos mínimos estipulados.
– La sucesiva reiteración o acumulación de defectos leves.

6.3. Defecto leve

Es todo aquel que no supone peligro para las personas o bienes, no perturba el funcionamiento de la instalación y en el que la desviación respecto de lo reglamentado no tiene valor significativo para el uso efectivo o el funcionamiento de la instalación.

INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS. PRESCRIPCIONES GENERALES ITC-BT-19

Esta instrucción es útil para realizar las verificaciones, pero existen unos apartados que quedan desarrollados en otros capítulos y por tanto el texto del reglamento los incorporamos a dichos capítulos:

2.3. Conductores de protección en el capítulo F5 de este volumen.

2.6. Posibilidad de separación de la alimentación y

2.7. Posibilidad de conectar y desconectar en carga, en el capítulo H2 del segundo volumen.

2.8. Medidas de protección contra contactos directos o indirectos, en el capítulo G del segundo volumen.

2.10. Bases de toma de corriente, en el capítulo L6-3 "Instalaciones eléctricas para viviendas" del quinto volumen.

1. CAMPO DE APLICACIÓN

Las prescripciones contenidas en esta Instrucción se extienden a las instalaciones interiores dentro del campo de aplicación del artículo 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 20.460-3.

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 distri-

bución 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.
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.

2.2.4. 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.

2.4. 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 solo hay un circuito de alumbrado.

2.5. Equilibrio 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.

2.9. Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica

Las instalaciones deberán presentar una resistencia de aislamiento al menos igual a los valores indicados en la tabla siguiente:

Tabla 3

Tensión nominal de la instalación	Tensión de ensayo en corriente continua (V)	Resistencia de aislamiento (MΩ)
Muy baja tensión de seguridad (MBTS) Muy baja tensión de protección (MBTP)	250	⩾ 0,25
Inferior o igual a 500 V, excepto caso anterior	500	⩾ 0,50
Superior a 500 V	1.000	⩾ 1,00

Nota: para instalaciones MBTS y MBTP, véase la ITC-BT-36.

Este aislamiento se entiende para una instalación en la cual la longitud del conjunto de canalizaciones y cualquiera que sea el número de conductores que las componen no exceda de 100 metros. Cuando esta longitud exceda del valor anteriormente citado y pueda fraccionarse la instalación en partes de aproximadamente 100 metros de longitud, bien por seccionamiento, desconexión, retirada de fusibles o apertura de interruptores, cada una de las partes en que la instalación ha sido fraccionada debe presentar la resistencia de aislamiento que corresponda. Cuando no sea posible efectuar el fraccionamiento citado, se admite que el valor de la resistencia de aislamiento de

toda la instalación sea, con relación al mínimo que le corresponda, inversamente proporcional a la longitud total, en hectómetros, de las canalizaciones.
El aislamiento se medirá con relación a tierra y entre conductores, mediante un generador de corriente continua capaz de suministrar las tensiones de ensayo especificadas en la tabla anterior con una corriente de 1 mA para una carga igual a la mínima resistencia de aislamiento especificada para cada tensión.
Durante la medida, los conductores, incluido el conductor neutro o compensador, estarán aislados de tierra, así como de la fuente de alimentación de energía a la cual están unidos habitualmente. Si las masas de los aparatos receptores están unidas al conductor neutro, se suprimirán estas conexiones durante la medida, restableciéndose una vez terminada ésta.
Cuando la instalación tenga circuitos con dispositivos electrónicos, en dichos circuitos los conductores de fases y el neutro estarán unidos entre sí durante las medidas.
La medida de aislamiento con relación a tierra, se efectuará uniendo a ésta el polo positivo del generador y dejando, en principio, todos los receptores conectados y sus mandos en posición "paro", asegurándose que no existe falta de continuidad eléctrica en la parte de la instalación que se verifica; los dispositivos de interrupción se pondrán en posición de "cerrado" y los cortacircuitos instalados como en servicio normal. Todos los conductores se conectarán entre sí incluyendo el conductor neutro o compensador, en el origen de la instalación que se verifica y a este punto se conectará el polo negativo del generador.
Cuando la resistencia de aislamiento obtenida resulta inferior al valor mínimo que le corresponda, se admitirá que la instalación es, no obstante correcta, si se cumplen las siguientes condiciones:

– Cada apartado receptor presenta una resistencia de aislamiento por lo menos igual al valor señalado por la Norma UNE que le concierna o en su defecto 0,5 MΩ.
– Desconectados los apartados receptores, la instalación presenta la resistencia de aislamiento que le corresponda.

La medida de la resistencia de aislamiento entre conductores polares, se efectúa después de haber desconectado todos los receptores, quedando los interruptores y cortacircuitos en la misma posición que la señalada anteriormente para la medida del aislamiento con relación a tierra. La medida de la resistencia de aislamiento se efectuará sucesivamente entre los conductores tomados dos a dos, comprendiendo el conductor neutro o compensador.
Por lo que respecta a la rigidez dieléctrica de una instalación, ha de ser tal que, desconectados los aparatos de utilización (receptores), resista durante 1 minuto una prueba de tensión de 2U + 1.000 voltios a frecuencia indus-

trial, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios y con un mínimo de 1.500 voltios. Este ensayo se realizará para cada uno de los conductores incluido el neutro o compensador, con relación a tierra y entre conductores, salvo para aquellos materiales en los que se justifique que haya sido realizado dicho ensayo previamente por el fabricante.

Durante este ensayo los dispositivos de interrupción se pondrán en posición “cerrado” y los cortacircuitos instalados como en servicio normal. Este ensayo no se realizará en instalaciones correspondientes a locales que presenten riesgo de incendio o explosión.

Las corrientes de fuga no serán superiores para el conjunto de la instalación o para cada uno de los circuitos en que ésta pueda dividirse a efectos de su protección, a la sensibilidad que presenten los interruptores diferenciales instalados como protección contra los contactos indirectos.

4. Potencia de una instalación

PREVISIÓN DE CARGAS PARA SUMINISTROS EN BAJA TENSIÓN ITC-BT-10

1. CLASIFICACIÓN DE LOS LUGARES DE CONSUMO

Se establece la siguiente clasificación de los lugares de consumo:

– Edificios destinados principalmente a viviendas.
– Edificios comerciales o de oficinas.
– Edificios destinados a una industria específica.
– Edificios destinados a una concentración de industrias.

2. GRADO DE ELECTRIFICACIÓN Y PREVISIÓN DE LA POTENCIA EN LAS VIVIENDAS

La carga máxima por vivienda depende del grado de utilización que se desee alcanzar.
Se establece los siguientes grados de electrificación.

2.1. Grado de electrificación

2.1.1. Electrificación básica

Es la necesaria para la cobertura de las posibles necesidades de utilización primarias sin necesidad de obras posteriores de adecuación.
Debe permitir la utilización de los aparatos eléctricos de uso común en una vivienda.

2.1.2. Electrificación elevada

Es la correspondiente a viviendas con una previsión de utilización de aparatos electrodomésticos superior a la electrificación básica o con previsión de utilización de sistemas de calefacción eléctrica o de acondicionamiento de aire o con superficies útiles de la vivienda superiores a 160 m^2, o con cualquier combinación de los casos anteriores.

2.2. Previsión de potencia

El promotor, propietario o usuario del edificio fijará de acuerdo con la Empresa Suministradora la potencia a prever, la cual, para nuevas construcciones, no será inferior a 5.750 W a 230 V, en cada vivienda, independientemente de la potencia a contratar por cada usuario, que dependerá de la utilización que éste haga de la instalación eléctrica.
En las viviendas con grado de electrificación elevada, la potencia a prever no será inferior a 9.200 W.
En todos los casos, la potencia a prever se corresponderá con la capacidad máxima de la instalación, definida ésta por la intensidad asignada del interruptor general automático, según se indica en la ITC-BT-25.

3. CARGA TOTAL CORRESPONDIENTE A UN EDIFICIO DESTINADO PREFERENTEMENTE A VIVIENDAS

La carga total correspondiente a un edificio destinado principalmente a viviendas resulta de la suma de la carga correspondiente al conjunto de viviendas, de los servicios generales del edificio, de la correspondiente a los locales comerciales y de los garajes que forman parte del mismo.

La carga total correspondiente a varias viviendas o servicios se calculará de acuerdo con los siguientes apartados:

3.1. Carga correspondiente a un conjunto de viviendas

Se obtendrá multiplicando la media aritmética de las potencias máximas previstas en cada vivienda, por el coeficiente de simultaneidad indicado en la tabla 1, según el número de viviendas.

Tabla 1. Coeficiente de simultaneidad, según el número de viviendas

N.º viviendas (n)	Coeficiente simultaneidad	N.º viviendas (n)	Coeficiente simultaneidad
1	1	12	9,9
2	2	13	10,6
3	3	14	11,3
4	3,8	15	11,9
5	4,6	16	12,5
6	5,4	17	13,1
7	6,2	18	13,7
8	7	19	14,3
9	7,8	20	14,8
10	8,5	21	15,3
11	9,2	n > 21	15,3 + (n − 21) · 0,5

Para edificios cuya instalación esté prevista para la aplicación de la tarifa nocturna, la simultaneidad será 1 (coeficiente de simultaneidad = n.º de viviendas).

3.2. Carga correspondiente a los servicios generales

Será la suma de la potencia prevista en ascensores, aparatos elevadores, centrales de calor y frío, grupos de presión, alumbrado de portal, caja de escalera y espacios comunes y en todo el servicio eléctrico general del edificio sin aplicar ningún factor de reducción por simultaneidad (factor de simultaneidad = 1).

3.3. Carga correspondiente a los locales comerciales y oficinas

Se calculará considerando un mínimo de 100 W por metro cuadrado y planta, con un mínimo por local de 3.450 W a 230 V y coeficiente de simultaneidad 1.

3.4. Carga correspondiente a los garajes

Se calculará considerando un mínimo de 10 W por metro cuadrado y planta para garajes de ventilación natural y de 20 W para los de ventilación forzada, con un mínimo de 3.450 W a 230 V y coeficiente de simultaneidad 1.
Cuando en aplicación de la NBE-CPI-96 sea necesario un sistema de ventilación forzada para la evacuación de humos de incendio, se estudiará de forma específica la previsión de cargas de los garajes.

4. CARGA TOTAL CORRESPONDIENTE A EDIFICIOS COMERCIALES, DE OFICINAS O DESTINADOS A UNA O VARIAS INDUSTRIAS

En general, la demanda de potencia determinará la carga a prever en estos casos que no podrá ser nunca inferior a los siguientes valores.

4.1. Edificios comerciales o de oficinas
Se calculará considerando un mínimo de 100 W por metro cuadrado y planta, con un mínimo por local de 3.450 W a 230 V y coeficiente de simultaneidad 1.

4.2. Edificios destinados a concentración de industrias
Se calculará considerando un mínimo de 125 W por metro cuadrado y planta, con un mínimo por locales de 10.350 W a 230 V y coeficiente de simultaneidad 1.

5. PREVISIÓN DE CARGAS

La previsión de los consumos y cargas se hará de acuerdo con lo dispuesto en la presente instrucción. La carga total prevista en los capítulos 2, 3 y 4, será la que hay que considerar en el cálculo de los conductores de las acometidas y en el cálculo de las instalaciones de enlace.

6. SUMINISTROS MONOFÁSICOS

Las empresas distribuidoras estarán obligadas, siempre que lo solicite el cliente, a efectuar el suministro de forma que permita el funcionamiento de cualquier receptor monofásico de potencia menor o igual a 5.750 W a 230 V, hasta un suministro de potencia máxima de 14.490 W a 230 V.

Capítulo D
La acometida en BT

Capítulo 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.

Indice

La acometida en BT

1. La distribución pública

1.1. Los tipos de redes D/19
Tensiones de distribución D/19

1.2. Las instalaciones de enlace D/19
Tipos de instalaciones de enlace D/20
En función del tipo de red pública D/20
En función del número de abonados D/20
En función de la situación D/20
El tipo de protección D/20
Acometidas desde redes aéreas D/20
Acometidas situadas sobre fachada D/20
Acometidas tensadas sobre poste D/21
El tubo de protección D/21
Acometidas desde redes subterráneas D/22
Acometidas en edificios desde redes subterráneas con concentración de contadores D/23
Acometidas mixtas D/23
Acometidas desde redes aéreas para instalaciones provisionales (feriantes) D/24
Instalación D/24
Instalaciones de enlace D/25
Componentes D/25
La línea general de alimentación (LGA) D/25
Las derivaciones individuales D/27
Características específicas de las conducciones D/27
Características específicas de los conductores D/28
Cálculo de las secciones de los conductores D/30
Determinación de la intensidad D/30
Determinación de la sección por calentamiento D/30
Comprobación de la caída de tensión D/30
Determinación de la sección por caída de tensión D/31
Ejemplo D/31

2. Las tarifas eléctricas

2.1. El contrato D/35
La elección D/35
Las estructuras de las tarifas D/35

2.2. Descripción del sistema tarifario español en BT D/35
2.2.1. Definición y aplicación de las tarifas (Título I) D/35
Ámbito de aplicación (Primero) D/35
Estructura general tarifaria (Segundo) D/35
Las tarifas de energía eléctrica D/35
El término de facturación de potencia D/36
El término de facturación de energía D/36
La facturación básica D/36
Definición de las tarifas de BT (Tercero) D/36
Tarifa 1.0 (3.1.1) D/36

Tarifa 2.0 (3.1.2) D/36
Tarifa 3.0, general (3.1.3) D/36
Tarifa 4.0, general de larga utilización (3.1.4) D/36
Tarifa B.0 de alumbrado público (3.1.5) D/37
Tarifa R.0 para riegos agrícolas (3.1.6) D/37
Condiciones generales de aplicación de las tarifas (Cuarto) D/37
Contratos de suministro y facturación de consumos (4.1) ... D/37
Plazos de facturación y de lectura (4.2) D/37
Elección de tarifa (4.3) D/38
Temporadas eléctricas (4.4) D/38
Condiciones particulares de aplicación de las tarifas (Quinto) . D/38
Tarifa 2.0 con discriminación horaria nocturna (5.1) D/38
Contratos para suministros de temporada (5.2) D/38
Determinación de los componentes de la facturación básica (Sexto) D/40
Determinación de la potencia a facturar (6.1) D/40
Energía a facturar (6.2) D/41
Complementos tarifarios (Séptimo) D/41
Complemento por discriminación horaria (7.1) D/41
Complemento por energía reactiva (7.2) D/47
Complemento por estacionalidad (7.3) D/48
Complemento por interrumpibilidad (7.4) D/49
Equipos y sistemas de medida y control y su incidencia en la facturación (Octavo) D/49
Condiciones generales (8.1) D/49
Control de la potencia (8.2) D/49
Medida a distintas tensiones (8.3) D/50
Condiciones particulares (8.4) D/50

3. La Caja General de Protección (CGP)

Las cajas generales de protección CGP D/53
En instalaciones con cometidas aéreas D/53
En instalaciones con cometidas subterráneas D/53
Las cajas generales de protección y medida CGP y M D/53
El número de cajas y su potencia D/54
Potencia de las CGP D/54
Cajas monofásicas (fase y neutro) D/54
Cajas trifásicas (tres fases y neutro) D/54
El número de cajas a emplear D/54
Potencias máximas admisibles en las CGP D/54
Esquemas de las CGP D/55
Esquema n.° 1 ..... D/55
Esquema n.° 7 ..... D/55
Esquema n.° 9 ..... D/55
Esquema n.° 10 ..... D/56
Esquema n.° 11 ..... D/56
Esquema n.° 12 ..... D/56
Esquema n.° 14 ..... D/57
Características D/57
Material D/57
Color D/57
Doble aislamiento D/57
Fijación D/57

3.1. Cajas generales de protección PN y PL D/60
Armarios de poliéster prensado PN D/60
Características D/60
Ventilación D/60
Armarios de poliéster prensado PL D/60
Características D/60
Ventilación D/60
Tejadillo D/60
Placa base D/60
Cajas generales de protección modelo PN-55 de 250 y 400 A D/61
Cajas generales de protección modelo PN-57 de 250 A D/61
Cajas generales de protección modelo PN-57+57 de 250 A. D/62

3.2. Las cajas de protección y seccionamiento D/63
Cajas generales de protección y seccionamiento modelo PN-57 y PL de 250/400 A D/63
Cajas generales de protección y seccionamiento modelo PL-77 de 400 A D/64

3.3. Los armarios de distribución D/65
Armario de distribución modelo PL-105T D/65
Armario de distribución modelo PL-107T D/66
Armario de distribución modelo PL-1010T D/67
Armario de distribución modelo PL-55+105 ..... D/68
Armario de distribución modelo PL-77T+57 ..... D/69

3.4. Armario de distribución para suministros provisionales D/70
Armario de distribución modelo PL-75T D/70

4. Los equipos de protección y medida

Descripción D/71
Los equipos individuales D/71
Las centralizaciones de contadores D/71

4.1. Los equipos individuales D/71
En función de su colocación podrán ser:
Exteriores D/71
Interiores D/71
En función del grado de resistencia al fuego D/71
Las protecciones D/71
Los bornes y las regletas de comprobación D/71
Las placas de montaje D/71
El cableado D/71
Los sistemas de ventilación D/71
El precintado D/71
Los equipos de protección y medida individuales o dobles ... D/72
Equipos de protección y medida PN-34 ..... D/72
Equipos de protección y medida PN-52 ..... D/73
Equipos de protección y medida PN-55 ..... D/74
Equipos de protección y medida PN-57 ..... D/75
Equipos de protección y medida PN-34, PN-55, PN-57 y PN 57+57 ..... D/77

Equipos de protección y medida PL-55 ..... D/81
Equipos de protección y medida PL-57T D/82
Equipos de protección y medida PL-77T D/83
Equipos de protección y medida PL-107T D/84
Equipos de protección y medida PL-77T+57 ..... D/86
Equipos de protección y medida PL-107+57 ..... D/87
Equipos de protección y medida de interior D/88
Serie H (Centro y Norte) D/88
Series M y T (Zona Noreste) D/91

4.2. Centralización de contadores D/95
Su situación D/95
Las centralizaciones de contadores deben disponer de las siguientes partes D/97
Unidad funcional de interruptor general de maniobra D/97
Unidad funcional de embarrado general y fusibles de seguridad D/97
Unidad funcional de medida D/97
Unidad funcional de mando (opcional) D/97
Unidad funcional de embarrado de protección y bornes de salida D/97
Unidad funcional de telecomunicaciones (opcional) D/97
Sistema 30 modular D/97
Modelos de centralizaciones D/97
Características D/98
Unidad funcional de interruptor general de maniobra D/98
Unidad funcional de embarrado general y con fusibles de protección Neozed D/99
Unidad funcional de medida para contadores monofásicos (modular) D/100
Unidad funcional de medida para contadores trifásicos (modular) D/100
Unidad funcional de medida para contadores monofásicos (modular) D/101
Unidad funcional de medida para contadores trifásicos (modular) D/102
Unidad funcional de embarrado de protección y embarrado de mando (modular) D/102
Unidad funcional de embarrado de protección y embarrado de mando (modular) D/103
Unidad funcional de discriminación horaria (modular) D/104
Columnas para centralización de contadores Sistema 30 ..... D/105
Características D/105
Centralización modular D/105
Modelo normal D/105
Modelo especial (todo eléctrico) D/106
Centralización panel s/RU 1411B D/108
Modelo normal D/108
Modelo especial (todo eléctrico) D/109

5. Cálculo de las acometidas

5.1. Ejemplos D/111
Cálculo de las acometidas para el grupo de viviendas unifamiliares pareadas D/111

Suministro D/111
Potencia contratada D/111
Tarifa de contratación D/112
Tensión de suministro D/113
Intensidad D/113
El ICPM D/113
La CGP y medida D/113
Acometida D/113
Línea general de alimentación (LGA) D/113
Línea de derivación individual (DI) D/113
Cálculo de las instalaciones de enlace para las viviendas unifamiliares de una urbanización D/113
Suministro D/113
Electrificación básica D/114
Tarifa de contratación D/114
Tensión de suministro D/114
Intensidad D/114
El ICPM D/114
La CGP D/114
Acometida D/115
Línea general de alimentación (LGA) D/115
Línea de derivación individual (DI) D/115
Cálculo de las instalaciones de enlace para el alumbrado público de una urbanización D/116
Suministro D/116
Tensión de suministro D/117
Intensidad D/117
El ICPM D/117
La CGP D/117
La CGPM D/117
Acometida D/117
Línea general de alimentación (LGA) D/118
Línea de derivación individual (DI) D/118
Cálculo de la conexión de enlace para un bloque de viviendas y locales comerciales D/118
Suministro D/118
Potencia contratada viviendas, 36 unidades a 5.700 W D/118
Potencia contratada en locales comerciales D/119
Potencia contratada servicios generales D/119
Potencia total suministro edificio D/119
Intensidad necesaria para el suministro en trifásico a 400/230 V D/119
Caja general de protección (CGP) D/119
Acometida D/119
Línea general de alimentación (LGA) D/119
Línea de derivación individual (DI) D/119
Para una vivienda D/119
Para un local comercial D/120
Para los servicios generales D/120
Centralización de contadores de doble aislamiento D/121
Cálculo de las acometidas para un bloque de oficinas y locales comerciales con tres plantas, sótanos para aparcamiento y servicios generales D/122
Suministro D/122
Abonado n.° 1, local comercial D/122

Abonado n.º 2, de las plantas 1.ª, 2.ª y 3.ª D/122
Abonado n.º 3, de las plantas 4.ª y 5.ª D/123
Abonado n.º 4, de la planta 6.ª, 1.ª D/123
Abonado n.º 5, de la planta 6.ª, 2.ª D/123
Abonado n.º 6, de la planta 6.ª, 3.ª D/123
Abonado n.º 7, de la planta 7.ª D/123
Abonado n.º 8, servicios generales D/124
Potencia total contratada en edificio a la empresa B D/124
Intensidad D/124
Acometida D/124
Caja general de protección (CGP) D/124
Línea general de alimentación (LGA) D/124
Grupo de acometidas (T-20 y T-30) para abonados: n.º 2 plantas 1.ª, 2.ª y 3.ª; n.º 8 servicios generales; n.º 7 planta 7.ª. Alimentadas por la empresa B D/125
Potencia total contratada en edificio a la empresa A D/126
Las secciones de los conductores D/126
Grupo de acometidas (T-2) para abonados: n.º 1 local comercial; n.º 4 planta 6.ª, 1.ª; n.º 5 planta 6.ª, 2.ª; n.º 6 planta 6.ª, 3.ª. Alimentadas por la empresa A D/127
Las caídas de tensión D/127
Grupo de acometidas (T-20 y T-30) para abonados: n.º 2 plantas 1.ª, 2.ª y 3.ª; n.º 3 plantas 4.ª y 5.ª; n.º 8 servicios generales; n.º 7 planta 7.ª. Alimentadas por la empresa A D/128
Cálculo de las acometidas para una industria D/129
Potencias y consumos D/129
Contratación D/130
Cálculo de los consumos por período de invierno y verano, en función de la coincidencia en horas valle, llano y punta D/130
¿Por qué hemos escogido una tarifa 4.0 y una discriminación horaria tipo 4? D/130
El equipo de medida y protección D/133
Situación de la CGP del equipo de medida CMP H/CIT D/134

Tablas

1. La distribución pública
D1-005: características del tubo de protección contra impactos ... D/21
D1-013: diámetros de los tubos de protección y de la sección del neutro correspondiente D/27
D1-014: dimensiones mínimas de la canaladura o conducto de fábrica D/28
D1-016: para el cálculo de las secciones de los conductores en función de la potencia, la longitud y las caídas de tensión máximas D/31

2. Las tarifas eléctricas
D2-001: tabla de potencias tarifa 1.0 ..... D/36
D2-002: tabla de las temporadas eléctricas y los meses correspondientes a cada zona D/39

D2-003: tabla de las zonas de aplicación de la discriminación horaria D/42
D2-004: tabla de los recargos, descuentos y horas de aplicación al Tipo 0 ..... D/43
D2-005: tabla de los recargos, descuentos y horas de aplicación al Tipo 2 ..... D/43
D2-006: tabla de los recargos, descuentos y horas de aplicación al Tipo 3 ..... D/44
D2-007: tabla de los horarios de los recargos y descuentos del Tipo 3 ..... D/44
D2-008: tabla de los recargos, descuentos y horas de aplicación al Tipo 4 ..... D/44
D2-009: tabla de los horarios de los recargos y descuentos del Tipo 4 ..... D/45
D2-010: tabla de las categorías de los días para el Tipo 5 ..... D/45
D2-011: tabla de los períodos, categorías, días y los descuentos o recargos, Tipo 5 ..... D/46
D2-012: tabla de los horarios de los recargos y descuentos por zonas del Tipo 5 ..... D/46
D2-013: tabla de recargos y bonificaciones en función del cos φ .. D/48
D2-014: tabla de recargos y bonificaciones en función de la estacionalidad D/48

D

3. La Caja General de Protección (CGP)

D3-004: tabla de potencias máximas de las CGP D/54
D3-016: tabla de las CGP homologadas por las empresas distribuidoras de la energía D/59
D3-017: tabla de las cajas de protección PN-55 y las empresas que las utilizan D/61
D3-019: tabla de las cajas de protección PN-57 y las empresas que las utilizan D/61
D3-021: tabla de las cajas de protección PN-57+57 y las empresas que las utilizan D/62
D3-023: tabla de las cajas de protección y seccionamiento PN-57T y PL-57T y las empresas que las utilizan D/63
D3-026: tabla de los armarios de protección y seccionamiento PL-77T y las empresas que los utilizan D/64
D3-028: tabla de los armarios de distribución PL-105T y las empresas que los utilizan D/65
D3-030: tabla de los armarios de distribución PL-107T y las empresas que los utilizan D/66
D3-032: tabla de los armarios de distribución PL-1010T/BTV y las empresas que los utilizan D/67
D3-034: tabla de los armarios de distribución PL-55+105 y las empresas que los utilizan D/68
D3-036: tabla de los armarios de distribución PL-77T+57 y las empresas que los utilizan D/69
D3-040: tabla de los armarios de distribución PL-75T/FEREN y las empresas que los utilizan D/70

4. Los equipos de protección y medida

D4-001: tabla de los equipos de distribución PN-34 y las empresas que los utilizan D/72

D4-004: tabla de los equipos de distribución PN-52 y las empresas que los utilizan D/73
D4-007: tabla de los equipos de protección y medida PN-55 y las empresas que los utilizan D/74
D4-012: tabla de los equipos de protección y medida PN-57 y las empresas que los utilizan D/75
D4-020: tabla de los equipos de protección y medida PN-34, PN-55, PN-57, PN-57+57 y las empresas que los utilizan D/77
D4-035: tabla de los equipos de protección y medida PL-55 y las empresas que los utilizan D/81
D4-039: tabla de los armarios de protección y medida PL-57T y las empresas que los utilizan D/82
D4-045: tabla de los equipos de protección y medida PL-77T y las empresas que los utilizan D/83
D4-051: tabla de los equipos de protección y medida PL-107, PL-107T y las empresas que los utilizan D/84
D4-058: tabla de los equipos de protección y medida PL-77T+57 y las empresas que los utilizan D/86
D4-061: tabla de los equipos de protección y medida PL-107T+57 y las empresas que los utilizan D/87
D4-064: tabla de los equipos de medida para interiores H/-- y las empresas que los utilizan D/88
D4-078: tabla de los equipos de medida para interiores M/--, T/-- y las empresas que los utilizan D/91
D4-088: tabla de las características de los equipos de medida para interiores M/--, T/-- D/94

5. Cálculo de las acometidas

D5-016: tabla de las potencias y consumos de la industria D/129
D5-017: tabla de horas valle, llano y punta en la zona tercera y la coincidencia con los turnos de la industria D/130
D5-018: cálculo de los consumos por períodos de invierno y verano, coincidentes con las horas valle, llano y punta D/130

Figuras, esquemas y diagramas

1. La distribución pública

D1-001: distribución pública a 230 V D/19
D1-002: distribución pública a 230/400 V D/19
D1-003: acometidas aéreas situadas sobre fachadas D/20
D1-004: acometidas aéreas tensadas sobre postes o edificios D/21
D1-006: sistema de instalación de las CGP y CGPM, empotrada o al aire y con red subterránea D/22
D1-007: derivaciones subterráneas en función del sistema de alimentación D/22
D1-008: instalación de la línea de enlace en un edificio de viviendas con centralización de contadores D/23
D1-009: CGP, con entrada y salida de red, salida protegida para el abonado, esquema 10 ..... D/23
D1-010: tipo de acometida aérea para dos abonados D/23
D1-011: acometida para zona de feriantes D/24
D1-012: los componentes de las instalaciones de enlace D/25
D1-015: canaladuras, registros y cortafuegos D/28

3. La Caja General de Protección (CGP)

D3-001: situación de las CGP en instalaciones aéreas D/53
D3-002: situación de las CGP en instalaciones subterráneas D/53
D3-003: situación de las CGP y M D/53
D3-005: esquema n.° 1 CGP D/55
D3-006: esquema n.° 7 CGP D/55
D3-007: esquema n.° 9 CGP D/55
D3-008: esquema n.° 10 CGP D/56
D3-009: esquema n.° 11 CGP D/56
D3-010: esquema n.° 12 CGP D/56
D3-011: esquema n.° 14 CGP D/57
D3-012: dimensiones CGP de 40 A D/57
D3-013: dimensiones CGP de 80 y 100 A D/57
D3-014: dimensiones CGP de 160 A D/58
D3-015: dimensiones CGP de 250 y 400 A D/58
D3-018: dimensiones de las CGP tipo PN-55 ..... D/61
D3-020: dimensiones de las CGP tipo PN-57 ..... D/61
D3-022: dimensiones de las CGP tipo PN-57+57 ..... D/62
D3-024: dimensiones de las CGP y seccionamiento tipo PN-57 ..... D/63
D3-025: dimensiones de las CGP y seccionamiento tipo PL-57T D/63
D3-027: esquema para la caja de protección y medida PL-77TG .. D/64
D3-029: dimensiones de los armarios de distribución tipo PL-105T D/65
D3-031: dimensiones de los armarios de distribución tipo PL-107T D/66
D3-033: dimensiones de los armarios de distribución tipo PL-1010T D/67
D3-035: dimensiones de los armarios de distribución tipo PL-55T+105 ..... D/68
D3-037: dimensiones de los equipos de protección PL-77T+57 .... D/69
D3-038: esquema (1) de los equipos de protección y medida PL-77T+57 ..... D/69
D3-039: esquema (2) de los equipos de protección y medida PL-77+57 ..... D/69
D3-041: dimensiones de los armarios de distribución tipo PL-75T/FEREN D/70

4. Los equipos de protección y medida

D4-002: dimensiones de los equipos de protección y medida PN-34 ..... D/72
D4-003: esquema de los equipos de protección y medida PN-34 . D/72
D4-005: dimensiones de los equipos de protección y medida PN-52 ..... D/73
D4-006: esquema de los equipos de protección y medida PN-52 . D/73
D4-008: dimensiones de los equipos de protección y medida PN-55, figura A D/74
D4-009: esquema (1) de los equipos de protección y medida PN-55 ..... D/74
D4-010: dimensiones de los equipos de protección y medida PN-55, figura B D/74
D4-011: esquema (2) de los equipos de protección y medida PN-55 ..... D/74
D4-013: dimensiones de los equipos de protección y medida PN-57, en soluciones dobles (B+C), (C+C) D/75

D4-014: dimensiones de los equipos de protección y medida PN-57, figura A D/76
D4-015: dimensiones de los equipos de protección y medida PN-57, figura B D/76
D4-016: dimensiones de los equipos de protección y medida PN-57, figura C D/76
D4-017: esquema (1) de los equipos de protección y medida PN-57 ..... D/76
D4-018: esquema (2) de los equipos de protección y medida PN-57 ..... D/76
D4-019: esquema (3) de los equipos de protección y medida PN-57 ..... D/76
D4-021: dimensiones de los equipos de protección y medida PN-57 ..... D/77
D4-022: dimensiones de los equipos de protección y medida PN-57/ML+57 ..... D/78
D4-023: dimensiones de los equipos de protección y medida PN-55/2 ML D/78
D4-024: dimensiones de los equipos de protección y medida PN-55 ..... D/79
D4-025: dimensiones de los equipos de protección y medida PN-34/2 ML D/79
D4-026: dimensiones de los equipos de protección y medida PN-34 ..... D/79
D4-027: dimensiones de los equipos de protección y medida PN-52/ML D/80
D4-028: esquema (1) de los equipos de protección y medida PN-34, PN-55, PN-57, PN-57+57 ..... D/80
D4-029: esquema (2) de los equipos de protección y medida PN-34, PN-55, PN-57, PN-57+57 ..... D/80
D4-030: esquema (3) de los equipos de protección y medida PN-34, PN-55, PN-57, PN-57+57 ..... D/80
D4-031: esquema (4) de los equipos de protección y medida PN-34, PN-55, PN-57, PN-57+57 ..... D/80
D4-032: esquema (5) de los equipos de protección y medida PN-34, PN-55, PN-57, PN-57+57 ..... D/80
D4-033: esquema (6) de los equipos de protección y medida PN-34, PN-55, PN-57, PN-57+57 ..... D/80
D4-034: esquema (7) de los equipos de protección y medida PN-34, PN-55, PN-57, PN-57+57 ..... D/80
D4-036: dimensiones de los equipos de protección y medida PL-55T D/81
D4-037: dimensiones de los equipos de protección y medida PL-55T D/81
D4-038: esquema de los equipos de protección y medida PL-55 .. D/81
D4-040: dimensiones de los equipos de protección y medida PL-57T D/82
D4-041: esquema (1) de los equipos de protección y medida PL-57T D/82
D4-042: esquema (2) de los equipos de protección y medida PL-57T D/82
D4-043: dimensiones de los equipos de protección y medida PL-57+57T D/82
D4-044: esquema (3) de los equipos de protección y medida PL-57+57T D/82

D4-046: dimensiones de los equipos de protección y medida PL-77T D/83
D4-047: esquema (1) de los equipos de protección y medida PL-77T D/83
D4-048: esquema (2) de los equipos de protección y medida PL-77T D/83
D4-049: dimensiones de los equipos de protección y medida PL-77T D/83
D4-050: esquema (3) de los equipos de protección y medida PL-77T D/83
D4-052: dimensiones de los equipos de protección y medida PL-107T D/84
D4-053: esquema (1) de los equipos de protección y medida PNL-107T D/84
D4-054: dimensiones de los equipos de protección y medida PL-107T, figura B D/85
D4-055: dimensiones de los equipos de protección y medida PL-107T, figura C D/85
D4-056: esquema (2) de los equipos de protección y medida PNL-107T, para salidas monofásicas o trifásicas D/85
D4-057: esquema (3) de los equipos de protección y medida PNL-107T D/85
D4-059: dimensiones de los equipos de protección y medida PL-77T D/86
D4-060: esquema de los equipos de protección y medida PL-77T .. D/86
D4-062: dimensiones de los equipos de protección y medida PL-107T+57 ..... D/87
D4-063: esquema de los equipos de protección y medida PL-107T+57 ..... D/87
D4-065: dimensiones de los equipos de protección y medida de interior, hasta 15 kW, H/Al 1 ..... D/88
D4-066: esquema monofásico de los equipos de protección y medida H/Al 1 ..... D/88
D4-067: dimensiones de los equipos de protección y medida de interior, hasta 15 kW, con ampliación en tarifa nocturna H/Al 2 ..... D/88
D4-068: esquema monofásico de los equipos de protección y medida H/Al 2, con ICPM para tarifa diurna y nocturna . D/88
D4-069: dimensiones de los equipos de protección y medida de interior, hasta 15 kW, H/Bl 1 ..... D/88
D4-070: esquema trifásico de los equipos de protección y medida H/Bl 1 ..... D/88
D4-071: dimensiones de los equipos de protección y medida de interior, hasta 15 kW, con ampliación en tarifa nocturna H/Bl 2 ..... D/89
D4-072: esquema trifásico de los equipos de protección y medida H/Bl 2, con ICPM para tarifa diurna y nocturna D/89
D4-073: dimensiones de los equipos de protección y medida de interior, hasta 42 kW, H/Bl R D/89
D4-074: esquema trifásico de los equipos de protección y medida H/Bl R, con ICPM tripolar D/89
D4-075: dimensiones de los equipos de protección y medida de interior H/Cl T D/90
D4-076: esquema trifásico de los equipos de protección y medida H/Cl T, con ICPM tripolar, contador de doble o triple tarifa con maxímetro D/90

D4-077: dimensiones de los equipos de protección y medida de interior H/DI T D/90
D4-079: dimensiones de los equipos de protección y medida de interior tipo M-2 D/H D/91
D4-080: esquema trifásico de los equipos de protección y medida M-2 D/H, contador de activa de doble tarifa y contador de reactiva D/91
D4-081: dimensiones de los equipos de protección y medida de interior tipo T-2 D/H D/91
D4-082: dimensiones de los equipos de protección y medida de interior tipo T-20 D/H D/92
D4-083: esquema trifásico de los equipos de protección y medida T-20 D/H, contador de activa de doble tarifa y contador de reactiva D/92
D4-084: dimensiones de los equipos de protección y medida de interior tipo T-30 D/H D/92
D4-085: esquema trifásico de los equipos de protección y medida T-30 D/H, contador de activa de doble tarifa y contador de reactiva, con opción de un maxímetro D/92
D4-086: dimensiones de los equipos de protección y medida de interior tipo T-300 D/H D/93
D4-087: esquema trifásico de los equipos de protección y medida T-300 D/H, contador de activa de doble tarifa y contador de reactiva, con opción de un maxímetro D/93
D4-089: locales para ubicar concentraciones de contadores a partir de más de dos contadores D/95
D4-090: armarios para ubicar concentraciones de contadores hasta 16 unidades D/96
D4-091: situación de las concentraciones de contadores D/96
D4-092: etiqueta de identificación de la centralización D/97
D4-093: unidad funcional de interruptor general de maniobra D/98
D4-094: unidad funcional de embarrado general D/99
D4-095: unidad funcional de medida, monofásica D/100
D4-096: unidad funcional de medida, trifásica D/100
D4-097: unidad funcional de medida, monofásica D/101
D4-098: unidad funcional de medida, trifásica D/102
D4-099: unidad funcional de embarrado de protección y mando .. D/102
D4-100: unidad funcional de embarrado de protección y mando, con protecciones D/103
D4-101: unidad funcional de discriminación horaria D/104
D4-102: columna para centralización de contadores modelo normal (RU 1404E) D/106
D4-103: columna para centralización de contadores modelo especial (todo eléctrico) (RU 1404E) D/107
D4-104: columna para centralización de contadores modelo normal (RU 1411B) D/108
D4-105: columna para centralización de contadores modelo especial (todo eléctrico) (RU 1411E) D/109

5. Cálculo de las acometidas

D5-001: situación en fachada de la CGPM D/111
D5-002: circuito en bucle de alimentación abonados, casas unifamiliares pareadas D/111
D5-003: situación de la CGP y medida y las líneas de abonado D/112
D5-004: forma de instalación de la CGP y medida D/112

D5-005: situación de las CGP y medida, recorrido de la línea general de alimentación al cuadro general de protección .. D/113
D5-006: red pública de distribución en antena, desde el centro de transformación D/114
D5-007: instalación de la CGPM D/116
D5-008: situación de la CGPM D/116
D5-009: instalación de la CGP y medida D/117
D5-010: situación de la red pública, CGP línea repartidora y centralización de contadores D/118
D5-011: centralización de contadores para 36 unidades de monofásicos y 3 unidades de trifásicos, preparada para futuras ampliaciones con discriminación horaria D/121
D5-012: situación en planta de las acometidas D/122
D5-013: grupo de acometidas para abonados: n.º 2 plantas 1.ª, 2.ª y 3.ª; n.º 8 servicios generales; n.º 7 planta 7.ª. Alimentados desde el CT de la empresa suministradora B D/125
D5-014: grupo de acometidas para abonados: n.º 1 local comercial; n.º 4 planta 6.ª, 1.ª; n.º 5 planta 6.ª, 2.ª; n.º 6 planta 6.ª, 3.ª. Alimentados desde el CT de la empresa suministradora A . D/127
D5-015: grupo de acometidas para abonados: n.º 2 plantas 1.ª, 2.ª y 3.ª; n.º 3 plantas 4.ª y 5.ª; n.º 8 servicios generales; n.º 7 planta 7.ª. Alimentados desde el CT de la empresa suministradora A . D/128
D5-019: equipo de contaje hasta 300 A D/133
D5-020: situación de la CGP y del equipo de medida D/134

D

Reglamento electrotécnico para BT e Instrucciones Técnicas Complementarias. Hojas de interpretación

1. La distribución pública

Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT-11
Redes de Distribución de Energía Eléctrica. Acometidas

1. Acometidas D/135
1.1. Definición D/135
1.2. Tipos de acometidas D/135
1.2.1. Acometidas aéreas situadas sobre fachadas D/135
1.2.2. Acometidas aéreas tensadas sobre postes D/136
1.2.3. Acometidas subterráneas D/136
1.2.4. Acometidas aerosubterráneas D/136
1.3. Instalación D/137
1.4. Características de los cables y conductores D/137

Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT-12
Instalaciones de Enlace. Esquemas

1. Instalaciones de enlace D/137
1.1. Definición D/137
1.2. Partes que constituyen las instalaciones de enlace D/138
2. Esquemas D/138
2.1. Para un solo usuario D/138
2.2. Para más de un usuario D/138

2.2.1. Colocación de contadores para dos usuarios alimentados desde el mismo lugar D/139
2.2.2. Colocación de contadores en forma centralizada en un lugar D/139
2.2.3. Colocación de contadores en forma centralizada en más de un lugar D/140

Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT-14
Instalaciones de Enlace. Línea General de Alimentación
1. Definición D/141
2. Instalación D/142
3. Cables D/142

Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT-15
Instalaciones de Enlace. Derivaciones Individuales
1. Definición D/143
2. Instalación D/144
3. Cables D/145

3. La Caja General de Protección (CGP)

Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT-13
Instalaciones de Enlace. Cajas Generales de Protección
1. Cajas generales de protección D/147
   1.1. Emplazamiento e instalación D/147
   1.2. Tipos y características D/148
2. Cajas de protección y medida D/148
   2.1. Emplazamiento e instalación D/148
   2.2. Tipos y características D/148

4. Los equipos de protección y medida

Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT-16
Instalaciones de Enlace. Contadores: Ubicación y Sistemas de Instalación
1. Generalidades D/149
2. Formas de colocación D/150
   2.1. Colocación en forma individual D/150
   2.2. Colocación en forma concentrada D/151
      2.2.1. En local D/151
      2.2.2. En armario D/152
3. Concentración de contadores D/153
4. Elección del sistema D/154

1. La distribución pública

La distribución pública en baja tensión en España es del tipo trifásica de 50 Hz, con neutro a tierra (TT).

1.1. Los tipos de redes

Tensiones de distribución

Las tensiones asignadas que contempla la reglamentación actual para la distribuciones en corriente alterna en baja tensión son:

- 230 V entre fases para redes trifásicas de tres conductores.
- 230 V entre fase y neutro, y 400 V, entre fases, para redes trifásicas de 4 conductores.

Todas ellas a la frecuencia de 50 Hz.

Para esta década más de 197 países, entre ellos España, han acordado unificar las tensiones de suministro a 400/230 V y la construcción de todos los elementos eléctricos a esta tensión.

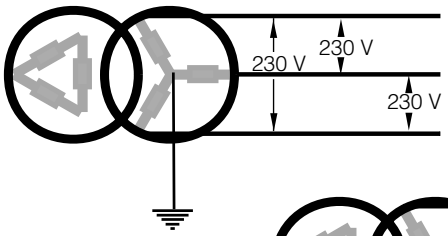


Fig. D1-001: *distribución pública a 230 V.*

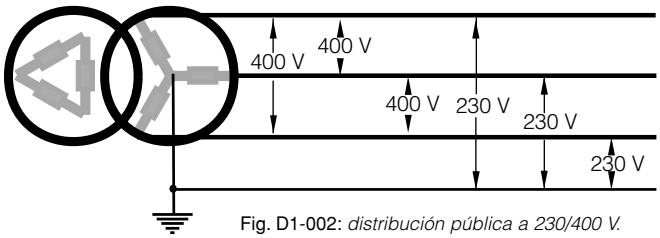
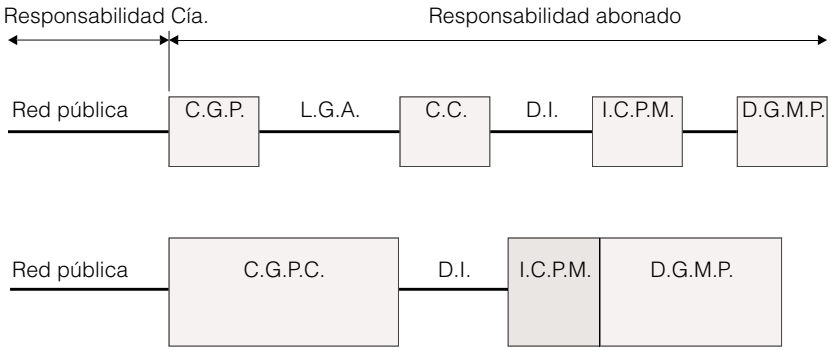


Fig. D1-002: *distribución pública a 230/400 V.*

1.2. Las instalaciones de enlace

Es la parte de instalación comprendida entre el abonado hasta la red pública. El límite del abonado son los bornes de entrada de la caja general de protección y desde este punto hasta la conexión con la red pública es de la empresa suministradora; por tanto, la responsabilidad del abonado empieza en los bornes de la caja general de protección y la de la empresa suministradora termina en este punto.



Tipos de instalaciones de enlace

En función del tipo de red pública:

- ■ Aérea: □ Con conducciones situadas sobre fachada.
  □ Con conducciones tensadas.
- ■ Subterránea: □ De derivación.
  □ De bucle, entrada y salida.
- ■ Mixta □ Aérea y subterránea.

En función del número de abonados:

- ■ Individual.
- ■ De 2 abonados.
- ■ Pluriabonados.

En función de la situación:

- ■ Las individuales o para 2 abonados pueden ser:
- □ Interiores.
- □ Exteriores.
- ■ Las de pluriabonados:
- □ Interiores o bajo tejado.

El tipo de protección

Desde el primer punto accesible por el hombre hasta la salida del cuadro de protección del abonado, provisto de interruptor diferencial de 30 mA, con doble aislamiento.

Acometidas desde redes aéreas

Las acometidas aéreas se realizarán de conformidad al Capítulo F7, “Las conducciones”, pág. F/159, de forma general y al apartado 7.1.1. “Líneas aéreas, con conductores desnudos o aislados”, pág. F/169, de una forma específica.
Protegidas en tubo resistente al impacto de 6 julios (corresponde un IK09 de 10 julios) desde una altura de 2,5 m hasta el suelo.
Conexión de la red a la caja general de protección, con doble aislamiento.
Para abonados individuales o para 2 abonados, la caja general de protección y la de medida pueden ser un mismo elemento, denominado caja de protección y medida.
Para pluriabonados, la caja general de protección se colocará lo más cerca posible de la centralización de contadores y de fácil accesibilidad.
Debe colocarse la caja general de protección con accesibilidad desde el exterior.

Acometidas situadas sobre fachada

Deben utilizarse conductores aislados de 0,6/1 kV (individuales o trenzados) situados sobre fachadas y separados de las mismas. Es aconsejable dar la prioridad de instalación en conductos cerrados o canaletas que precisen una herramienta para su accesibilidad.

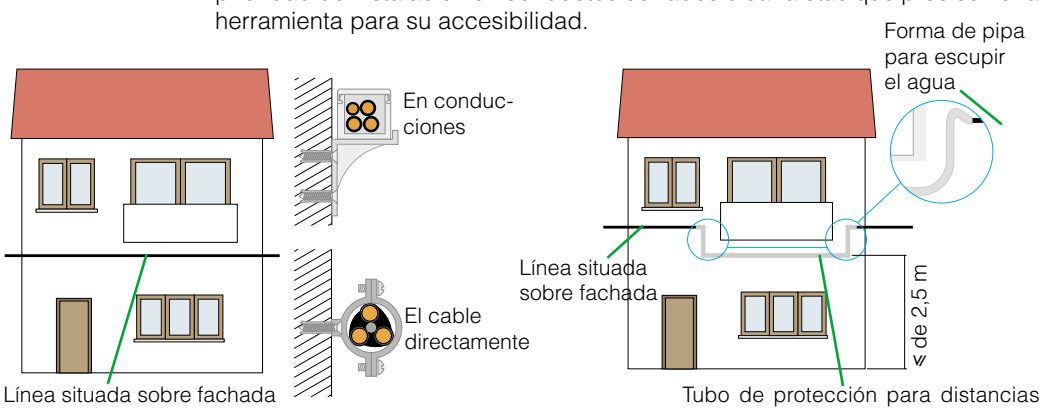


Fig. D1-003: *acometidas aéreas situadas sobre fachadas.*

Acometidas tensadas sobre poste

Deben utilizarse conductores aislados de 0,6/1 kV (individuales o trenzados) situados sobre postes y tensados.

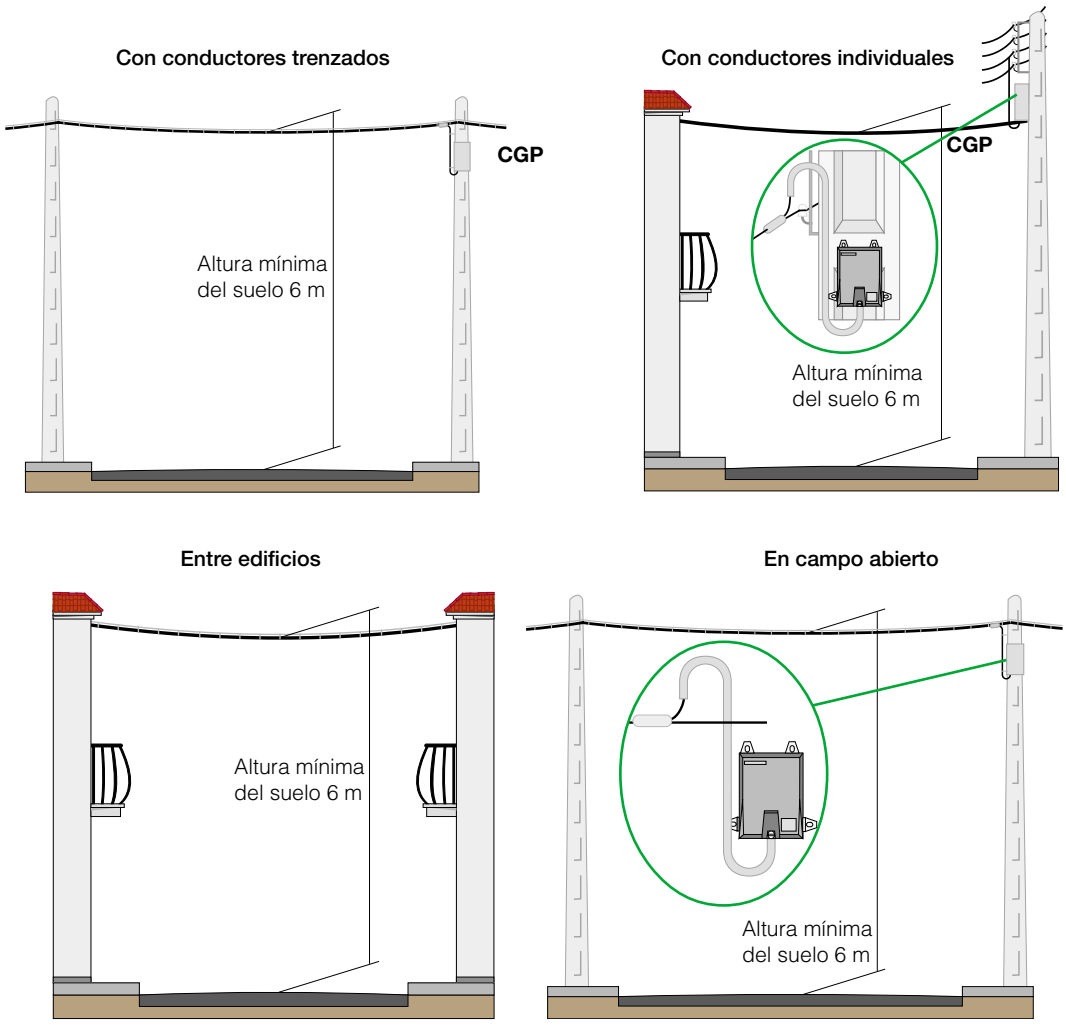


Fig. D1-004: *acometidas aéreas tensadas sobre postes o edificios.*

El tubo de protección		
Características	Grado (canales)	Código (Tubos)
Resistencia al impacto	(6 julios)	4
Temperatura mínima de instalación y servicio	– 5 °C	4
Temperatura máxima de instalación y servicio	+ 60 °C	1
Propiedades eléctricas	Continuidad eléctrica: □ Aislante	1/2
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	$\phi \geq 1$ mm	4
Resistencia a la corrosión (conductos metálicos)	Protección: □ Interior media □ Exterior alta	3
Resistencia a la propagación de la llama	No propagador	1

Tabla D1-005: *características del tubo de protección contra impactos.*

Acometidas desde redes subterráneas

Conexión de la red a la caja general de protección, con doble aislamiento, a partir del primer punto accesible. Para abonados individuales o para 2 abonados, la caja general de protección y medida puede ser un mismo elemento.

Cajas de protección y medida

Para pluriabonados, la caja general de protección se colocará lo más cerca posible de la centralización de contadores y de fácil accesibilidad.

Debe colocarse la caja general de protección con accesibilidad desde el exterior.

La caja general de protección puede ser del tipo empotrable en muro o al aire sobre cimiento de hormigón u obra.

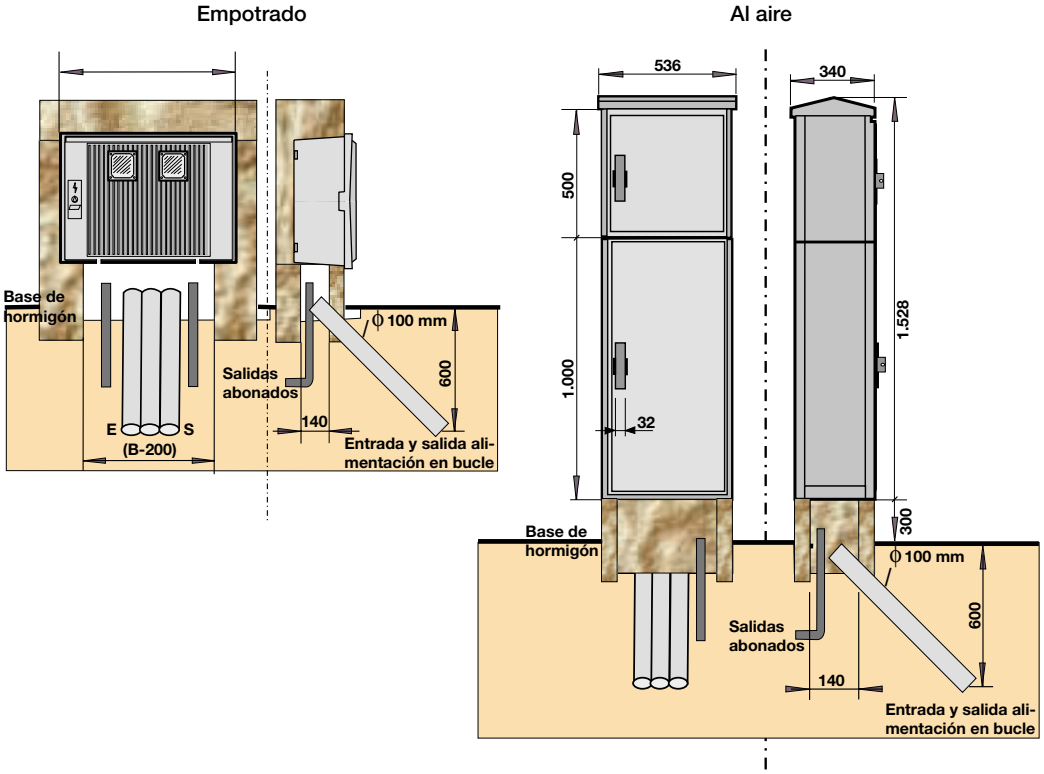


Fig. D1-006: *sistema de instalación de las CGP y CGPM, empotrada o al aire y con red subterránea.*

Las alimentaciones pueden ser:

- De derivación: con una entrada de la red y salida o salidas para abonado.
- De bucle: con entrada y salida de la red y salida o salidas para abonado.

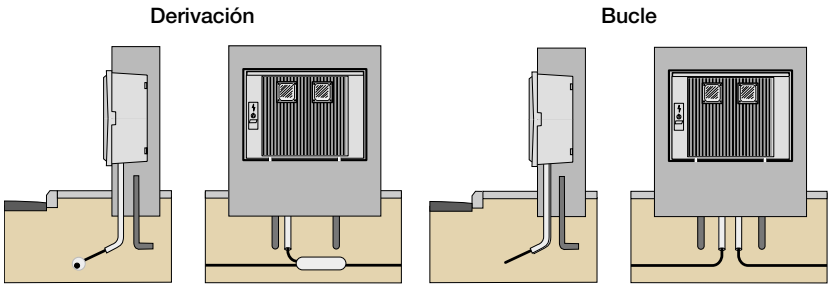


Fig. D1-007: *derivaciones subterráneas en función del sistema de alimentación.*

Acometidas en edificios desde redes subterráneas con concentración de contadores

Instalación de la CGP lo más cerca posible de la centralización de contadores y de la red de suministro.

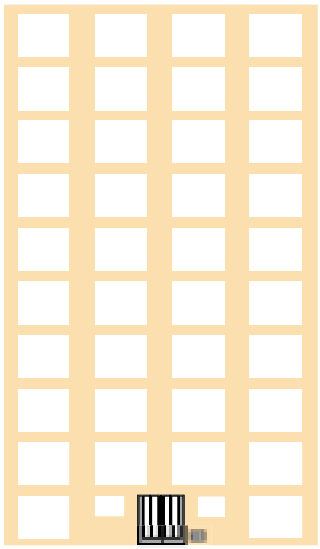


Fig. D1-008: *instalación de la línea de enlace en un edificio de viviendas con centralización de contadores.*

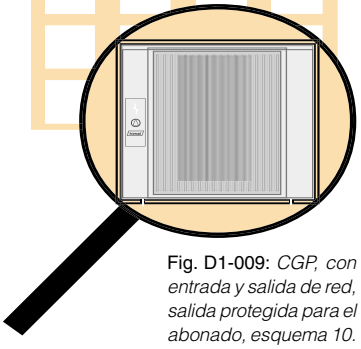


Fig. D1-009: *CGP, con entrada y salida de red, salida protegida para el abonado, esquema 10.*

Acometidas mixtas

Son aquellas acometidas que parte es aérea y parte es subterránea. Cada parte debe cumplir sus propias prescripciones.



Fig. D1-010: *tipo de acometida aérea para dos abonados.*

Acometidas desde redes aéreas para instalaciones provisionales (feriantes)

Se instalará una caja de derivaciones, tipo PL-75T/FEREN, con fusibles generales y bornes paras derivaciones, con protección IP-44 y un tejadillo para colocar las cajas de protección y medida de cada abonado, con cuadro de protección provisto de pías e interruptor diferencial (cuadro de protección de abonado).

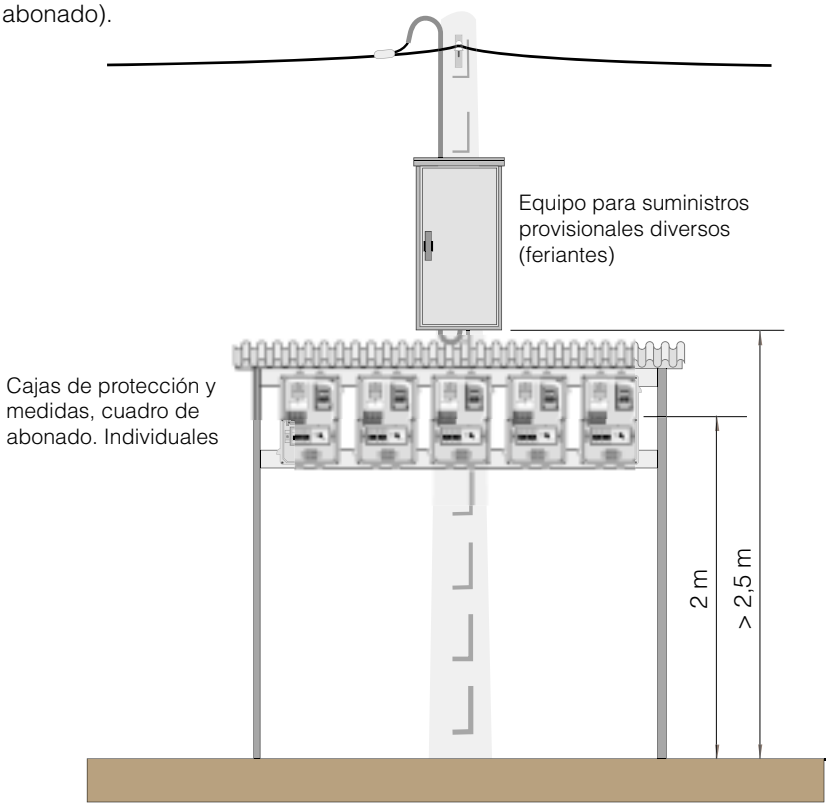


Fig. D1-011: *acometida para zona de feriantes.*

Instalación:

■ El trazado se procurará que sea el mas corto posible y en terrenos de dominio público, evitando los dominios privados o de acceso restringido.
Se procurará no tener que realizar empalmes, pero en caso imprescindible deberán mantener las mismas características de aislamiento y de resistencia ambientales que los conductores.

■ Debemos tomar precauciones especiales para no dañar y si es posible evitar la instalación de las líneas aéreas, especialmente las situadas en fachadas, en el entorno de los edificios con valores históricos, culturales, o bien con valores arquitectónicos reconocidos, catalogados o no, etc.

■ Los conductores serán conformes a las prescripciones de los apartados 7.1.1. “Líneas aéreas, con conductores desnudos o aislados”, pág. F/169, para las aéreas y 7.1.2. “Líneas subterráneas, enterradas, entubadas o en galerías”, pág. F/189 del capítulo F7.

■ El cálculo de las secciones de los conductores se realizará de conformidad: a la máxima carga previsible según el apartado B4. “Potencia de una instalación”, pág. B/67.

■ La caída de tensión máxima la definirá la compañía suministradora (un ΔU de 0,5 % es un valor habitual).

Instalaciones de enlace

Denominamos instalaciones de enlace, aquellas que unen la caja general de protección o cajas generales de protección, incluidas éstas, con las instalaciones interiores o receptoras del usuario, o sea desde los bornes de entrada de la caja general de protección CGP hasta los bornes de salida del interruptor de control de potencia ICPM.

Componentes:

- Caja general de protección (CGP).
- Línea general de alimentación (LGA).
- Elementos para la ubicación de contadores (CC).
- Derivación individual (DI).
- Caja para Interruptor de control de potencia (ICP).
- Dispositivos generales de mando y protección (DGMP).

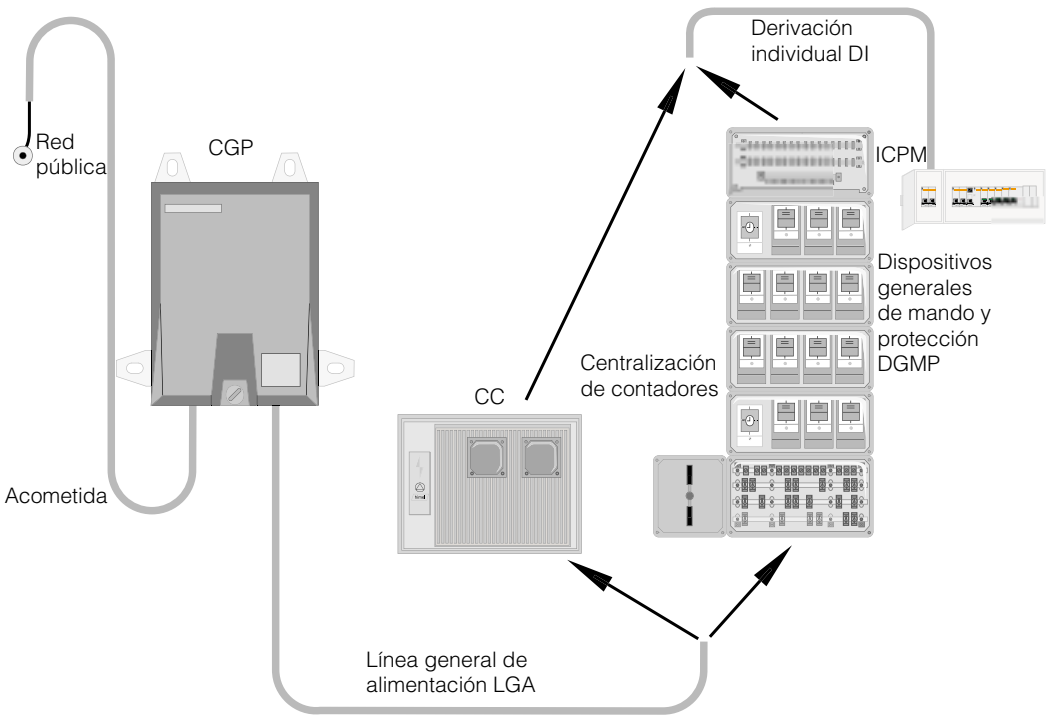


Fig. D1-012: *los componentes de las instalaciones de enlace.*

La línea general de alimentación

Es la parte de instalación que une la CGP con la caja de contaje CC o centralización de contadores.

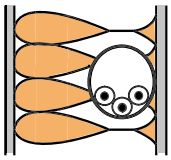
En los suministros individualizados o de dos abonados la CGP y la CC, pueden ser un mismo elemento. En estos casos las conexiones internas del elemento no se consideran línea general de alimentación (LGA).

Las líneas generales de alimentación pueden realizarse con:

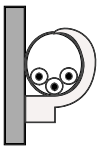
- Conductores aislados en el interior de tubos empotrados.
- Conductores aislados en el interior de tubos en montaje superficial.
- Conductores aislados en el interior de canales protectoras, cuya tapa sólo se pueda abrir mediante la ayuda de un útil.
- Conductores aislados en el interior de conductos cerrados de obra de fábrica, proyectados y constituidos al efecto.

Este conjunto de modalidades corresponden al tipo de instalación descrita en el capítulo F7, apartado 7.2. “Instalaciones de reparto de energía en instalaciones receptoras”, pág. F/214, con algunas desviaciones que especificaremos. En la pág. F/220 describimos los métodos de instalación.

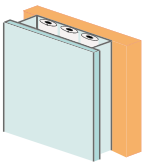
■ Conductores aislados en el interior de tubos empotrados. Corresponde al método de instalación (A) para las instalaciones con conductores unipolares y el (A2) para los conductores polifásicos.



■ Conductores aislados en el interior de tubos en montaje superficial. Corresponde al método de instalación (B) para las instalaciones con conductores unipolares y el (B2) para los conductores polifásicos.

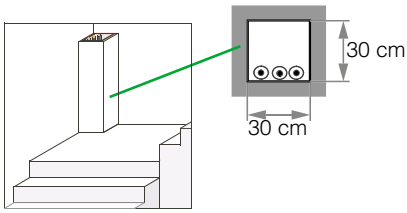


■ Conductores aislados en el interior de canales protectoras cuya tapa sólo se pueda abrir mediante la ayuda de un útil. Corresponde al método de instalación (B) para las instalaciones con conductores unipolares y el (B2) para los conductores polifásicos.



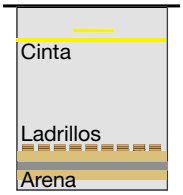
D
1

■ Conductores aislados en el interior de conductos cerrados de obra de fábrica, proyectados y constituidos al efecto.
Por las características del hueco de la canaladura establecido en la ITC-BT-14 de 30 × 30 cm las conducciones se ajustan al tipo (F).

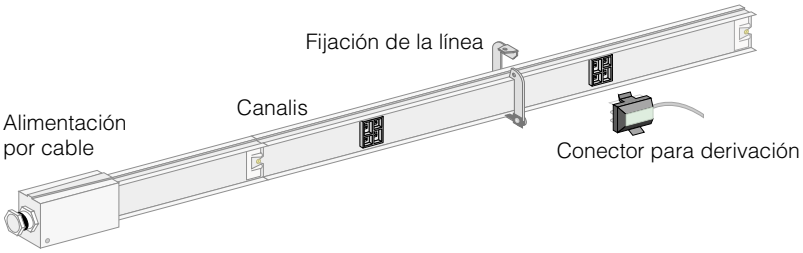


Para todo este grupo de posibilidades de instalación las intensidades máximas permitidas se expresan en la tabla F7-132, pág. F/257.
En función del tipo de aislamiento del conductor obtendremos la denominación, de la C1 a la C14, cuya clasificación se describe en el apartado “Intensidades admisibles” de la pág. F/252.

■ Conductores aislados en el interior de tubos enterrados. Para esta modalidad de instalación deberemos atenernos al apartado 7.1.2. “Líneas subterráneas, enterradas, entubadas o en galerías”, pág. F/189. En él encontraremos las condiciones de las zanjas, de los tubos para los conductores, las intensidades máximas permitidas y los factores de corrección aplicables.



■ Canalizaciones eléctricas prefabricadas de conformidad a la UNE-EN 60.439-2. Para atender a las características de las canalizaciones prefabricadas y sus aplicaciones ver apartado 7.4. “Las canalizaciones prefabricadas”, pág. F/282.



■ Los tubos de las conducciones. Serán de conformidad a las instrucciones referenciadas en el Capítulo F, tal como hemos indicado y en función del tipo de instalación, pero siempre sobredimensionados para una futura ampliación de hasta el doble de la sección original.
■ Los conductores. Serán del tipo de aislamiento (1) 0,6/1 kV de característica correspondientes a la norma UNE 21.123 parte 4 o 5.
La dimensión del conductor neutro y del tubo de protección deberá corresponder a las secciones y diámetros de la tabla adjunta.

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

Tabla D1-013: *diámetros de los tubos de protección y de la sección del neutro correspondiente.*

■ La caída de tensión correspondiente al tramo de la línea general de alimentación LGA será de:
□ Para centralizaciones de contadores o para abonados individuales o dobles con la caja general de protección CPG: separada de la de contage: $\Delta U = 0{,}5\,\%$.
□ Para las centralizaciones por planta: $\Delta U = 1\,\%$.

Derivaciones individuales
Es la parte de instalación desde la caja de contaje CC, hasta el interruptor de control de potencia ICPM.
Derivaciones individuales:
■ Conductores aislados en el interior de tubos empotrados.
■ Conductores aislados en el interior de tubos en montaje superficial.
■ Conductores aislados en el interior de canales protectoras cuya tapa sólo se pueda abrir mediante la ayuda de un útil.
■ Conductores aislados en el interior de conductos cerrados de obra de fábrica, proyectados y constituidos al efecto.
■ Conductores aislados en el interior de tubos enterrados
En todas ellas las conducciones cumplirán las prescripciones del apartado 7.2. “Instalaciones de reparto de energía en instalaciones receptoras”, pág. F/214.

Características específicas de las conducciones:
■ Cada derivación será totalmente independiente de las correspondientes a otros usuarios.
■ Las conducciones deberán preverse para futuras ampliaciones, hasta el doble de la sección inicial, y los tubos deberán dimensionarse con un diámetro mínimo de 32 mm.
■ Deberá preverse un tubo de reserva para cada diez derivaciones o fracción.

■ En edificios o locales donde no esté definida la partición deberá preverse un conducto para derivación individual para cada 50 m^2 de superficie.
■ En los edificios de más de un propietario (propiedad horizontal) las conducciones deberán trazarse por los espacios de servicios comunes y en su defecto especificar las servidumbres correspondientes para la utilización y el mantenimiento.
■ Si los conductos se deben realizar en canaladuras de obra, éstas deberán disponer de una resistencia al fuego de RF 120, o cumplir las prescripciones de la NBE-CPI-96. Con cortafuegos cada tres plantas y registros ignífugos (RF 30) por planta.
Las dimensiones de las canaladuras se ajustarán a la tabla D1-014:

Dimensiones en (m)		
Número de derivaciones	Anchura L (m) Profundidad	
	P = 0,15 m Una fila	P = 0,30 m Dos filas
Hasta 12	0,65	0,50
13 - 24	1,25	0,65
25 - 36	1,85	0,95
35 - 48	2,45	1,35

Tabla D1-014: *dimensiones mínimas de la canaladura o conducto de fábrica.*

Se podrán situar cajas de registro precintables e ignífugas (grado de inflamabilidad V-1 según UNE-EN 60695-11-10): los conductores no deben perder su continuidad ni uniformidad. Las cajas solamente tienen la función de facilitar el tendido de los conductores.

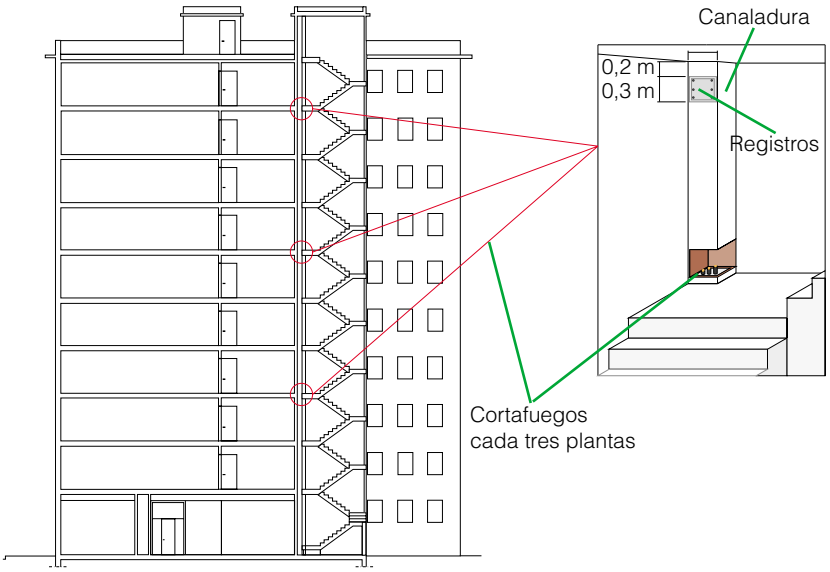


Fig. D1-015: *canaladuras, registros y cortafuegos.*

Características específicas de los conductores
Los conductores serán de cobre o aluminio, normalmente unipolares, con un aislamiento del tipo (07) 450/750 V, para todos los conductores de un mismo conducto.

El aislamiento de los conductores será del tipo no propagador de incendios y con emisión de humos y opacidad reducidos. De características equivalentes a las especificadas en las norma UNE 21.123 parte 4.ª o 5.ª o a la UNE 211002.
Para el cálculo de las secciones se utilizará, como base, las cargas mínimas establecidas en el apartado B4. "Potencia de una instalación", pág. B/67, y las caídas de tensión de:
– Para el caso de centralizaciones de contadores en un punto; $\Delta U = 1$ %.
– Para el caso de centralizaciones de contadores en varios puntos; $\Delta U = 0{,}5$ %.
– Para el caso de centralizaciones para suministros individuales (un solo usuario) y sin línea general de alimentación; $\Delta U = 1{,}5$ %.

■ Los conductores activos.

El número de conductores activos será función de la contratación y potencia, teniendo en cuenta que hasta 63 A de intensidad los abonados pueden solicitar una alimentación mono o bifásica.
La sección de los conductores activos estará de acorde a la intensidad a circular y al método de instalación, a la naturaleza del conductor y su aislamiento.
El modelo de instalación corresponde a la ref. 22 de la tabla F7-097, pág. F/226, "Conductores aislados con tubos en huecos de la construcción". En función de la relación entre el diámetro del tubo (De) y la profundidad de la canaladura (V) será un (B2) o un (B).
La intensidad máxima que puede circular por el conductor la encontraremos en la tabla F7-132, pág. F/257, que en función de la naturaleza y aislamiento del conductor podremos determinar.
La sección mínima de los conductores será de 6 mm^2.

■ El conductor de mando y control tarifario será de color rojo y de una sección de 1.5 mm^2.

■ El conductor de protección estará en concordancia con los cálculos de la puesta a tierra de la instalación. En el Capítulo G "La protección contra los choques eléctricos" del segundo volumen, encontraremos la forma de cálculo y la filosofía de las puestas a tierra, y en el apartado L6.3. "Instalaciones eléctricas en viviendas" del quinto volumen, encontraremos las formas prácticas más económicas de las protecciones contra los choques eléctricos.

Debemos efectuar una apreciación. En la ITC-BT-15 apartado 3. "Cables". Especifica una conducción independiente de conductor de protección por abonado, desde la caja de contaje (CC) y el cuadro de dispositivos generales de mando y protección (DGMP). Para instalaciones de bloques de pisos, una derivación individual representa un incremento sustancial de la resistencia con respecto a un montante general. Resistencia de un montante común de conductor de protección, de un edificio de 35 m de altura con una sección de 35 mm^2 en Cu:

$$R = \varrho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{35\ m}{35\ mm^2} = 0{,}0225\ \Omega$$

Resistencia de una derivación individual de 6 mm^2 en Cu:

$$R = \varrho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \frac{35\ m}{6\ mm^2} = 0{,}13125\ \Omega$$

Este incremento en la resistencia de puesta a tierra, en España y en según qué zonas, puede ser de mucha importancia para obtener una buena fiabilidad de las tierras, siendo recomendable la presentación de una solicitud, a la administración competente, para poder realizar montantes comunes de mayor sección y menor resistencia, para poder mantener una buena fiabilidad de la protección.

Normalmente las conducciones transcurren por el interior de edificios y si en alguna parte debe enterrarse la conducción, deberán realizarse de conformidad al apartado 7.2. “Instalaciones de reparto de energía en instalaciones receptoras”, pág. F/214 y la intensidad correspondiente al apartado “Intensidades en cables subterráneos”, pág. F/259. En el caso que tuviera que circular de forma subterránea en terrenos libres de edificaciones, la conducción debería realizarse de conformidad al apartado 7.1.2. “Líneas subterráneas, enterradas, entubadas o en galerías”, pág. F/189. En este caso el aislamiento de los conductores será del tipo (1) de 0,6/1 kV.

Cálculo de las secciones de los conductores

Determinación de la intensidad

■ Para abonados monofásicos o bifásicos en redes trifásicas de 230 V entre fases o redes trifásicas de 230 V entre fase y neutro; con un cos φ = 0,85.

$$I_{(A)} = \frac{1}{U_{(V)} \cdot \cos j} \cdot P_{(W)} = \frac{1}{230\ V \cdot 0,85} P_{(W)} = 0,005115 \cdot P$$

■ Para abonados trifásicos 400 V entre fases, con un cos φ = 0,85.

$$I_{(A)} = \frac{1}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos j} \cdot P_{(W)} = \frac{1}{\sqrt{3} \cdot 400\ V \cdot 0,85} P_{(W)} = 0,001698 \cdot P_{(W)}$$

D
1

Determinación de la sección por calentamiento

Con las tablas referenciadas en cada caso y en función de la intensidad a conducir.

Comprobación de la caída de tensión

Para los valores de poca potencia (hasta intensidades de 1.000 A) solamente tendremos en cuenta para la caída de tensión la resistencia, despreciando la inductancia.

Para definir el coeficiente de resistividad del conductor deberemos tener en consideración: que normalmente el coeficiente se da a la temperatura de 20 °C (ρ_{20}), pero los conductores con el paso de la intensidad y por las prescripciones reglamentarias en el estado español, se consideran a la temperatura de trabajo de 40 °C; por tanto podemos considerar que la resistividad a 40 °C es del orden de 1,25 (ρ_{20}); para el Cu 0,0225 Ω/m y para el Al 0,036 Ω/m.

■ Suministros monofásicos o bifásicos:

La longitud del conductor a considerar en suministros monofásicos o bifásicos es el doble de la distancia (d), en tres de los bornes de entrada y de salida. L = 2d:

$$\Delta U_{(V)} = 1,25 \rho_{20(\Omega/m)} \frac{L_{(m)}}{S_{(mm^2)}} I_{(A)} = 1,25 \rho_{20(\Omega/m)} \frac{2d_{(m)}}{S_{(mm^2)}} I_{(A)}$$

□ Conductores de cobre (Cu):

$$\Delta U_{(V)} = 1,25 \rho_{20(\Omega/m)} \frac{2d_{(m)}}{S_{(mm^2)}} I_{(A)} = 0,0002301 \frac{P_{(W)} \cdot d_{(m)}}{S_{(mm^2)}}$$

□ Conductores de aluminio (Al):

$$\Delta U_{(V)} = 1,25 \rho_{20(\Omega/m)} \frac{2d_{(m)}}{S_{(mm^2)}} I_{(A)} = 0,0003682 \frac{P_{(W)} \cdot d_{(m)}}{S_{(mm^2)}}$$

■ Suministros trifásicos:

$$\Delta U_{(V)} = 1,25 \rho_{20(\Omega/m)} \frac{L_{(m)}}{S_{(mm^2)}} I_{(A)}$$

□ Conductor de cobre (Cu):

$$\Delta U_{(V)} = 1{,}25\, r_{20(\Omega/m)} \frac{L_{(m)}}{S_{(mm^2)}} I_{(A)} = 0{,}0000382 \frac{P_{(W)} \cdot L_{(m)}}{S_{(mm^2)}}$$

□ Conductores de aluminio (Al):

$$\Delta U_{(V)} = 1{,}25\, r_{20(\Omega/m)} \frac{L_{(m)}}{S_{(mm^2)}} I_{(A)} = 0{,}0000611 \frac{P_{(W)} \cdot L_{(m)}}{S_{(mm^2)}}$$

Determinación de la sección por caída de tensión

Podemos determinar la sección necesaria para mantener la caída de tensión prescrita pero en las acometidas y línea general de derivación acostumbran a ser distancias muy cortas y prácticamente quedan definidas por la densidad de corriente. En las líneas de derivación individual las distancias pueden ser mayores y entonces quedan definidas por la caída de tensión.

En todos los casos deberemos definir la sección del conductor por la intensidad a circular y las características de instalación, definidas en las tablas referenciadas para cada caso. A continuación debemos realizar el cálculo por caída de tensión y colocar la mayor de las secciones de las dos opciones.

■ Suministros monofásicos o bifásicos:

□ Conductores de cobre (Cu): $S_{(mm^2)} = 0{,}0002301 \frac{P_{(W)} \cdot d_{(m)}}{\Delta U_{(V)}}$

□ Conductores de aluminio (Al): $S_{(mm^2)} = 0{,}0003682 \frac{P_{(W)} \cdot d_{(m)}}{\Delta U_{(V)}}$

■ Suministros trifásicos:

□ Conductores de cobre (Cu): $S_{(mm^2)} = 0{,}0000382 \frac{P_{(W)} \cdot L_{(m)}}{\Delta U_{(V)}}$

□ Conductores de aluminio (Al): $S_{(mm^2)} = 0{,}0000611 \frac{P_{(W)} \cdot L_{(m)}}{\Delta U_{(V)}}$

Cálculo de la sección en función de la caída de tensión permitida

Sección mm²	Red	Material	Caída de sección ΔU		
			0,5%	1 %	1,5 %
S =	230 V	Cobre	0,0002000·P·d	0,0001000·P·d	0,0000666·P·d
	II	Aluminio	0,0003211·P·d	0,0001600·P·d	0,0001067·P·d
	400 V	Cobre	0,0000191·P·L	0,0000095·P·L	0,0000063·P·L
	III	Aluminio	0,0000305·P·L	0,0000152·P·L	0,0001018·P·L

Tabla D1-016: *para el cálculo de las secciones de los conductores en función de la potencia, la longitud y las caídas de tensión máximas.*

Ejemplo: Calcular la sección de los conductores de una acometida para 100 kW de alimentación de un bloque de viviendas con centralización de contadores.

■ La distancia real del conductor de la acometida, desde la red pública a la caja general de protección es de 6 m.

■ La distancia real de la línea general de alimentación LGA desde la CGP a la centralización de contadores es de 12 m.

■ La distancia real de la línea derivación individual ID, desde la centralización de contadores hasta el abonado mas alejado es de 35 m.

■ La tensión de la red es de 400/230 V.

■ La intensidad será: I = 0,001698 · 100.000 W = 169,8 A.
■ La acometida es totalmente aérea y bajo tubo, tipo de instalación (B):
□ Según la tabla F7-132, pág. F/257, para determinar las intensidades máximas a conducir por los conductores en función de las condiciones de instalación. En la columna C13, un conductor de cobre de 95 mm² permite circular 175 A.

Nota: C13 (policloruro de vinilo). Dos o tres conductores cargados. T. conductor de cobre o aluminio –70 °C.

□ Caída de tensión: $\Delta U_{(V)} = 1{,}25\rho_{20(\Omega/m)}\frac{L_{(m)}}{S_{(mm^2)}} I_{(A)} =$

$$= 0{,}0000382\,\frac{P_{(W)} \cdot L_{(m)}}{S_{(mm^2)}} = 0{,}0000382\,\frac{100.000_{(W)} \cdot 6_{(m)}}{95_{(mm^2)}} = 0{,}241\ V$$

□ El conductor será de 3 · 90 + 50 mm² y el tubo de 140 mm de diámetro, según tabla D1-013.
■ La línea general de alimentación LGA:
□ Será trifásica e igual que la acometida.

□ Caída de tensión: $\Delta U_{(V)} = 1{,}25\rho_{20(\Omega/m)}\frac{L_{(m)}}{S_{(mm^2)}} I_{(A)} =$

$$= 0{,}0000382\,\frac{P_{(W)} \cdot L_{(m)}}{S_{(mm^2)}} = 0{,}0000382\,\frac{100.000_{(W)} \cdot 12_{(m)}}{95_{(mm^2)}} = 0{,}483\ V$$

■ La línea de derivación individual ID, corresponde a una electrificación básica 5.750 W a 230 V:
□ La instalación es bajo conducto en canaladura adosada al hueco de la escalera, tipo (B).
□ I = 0,005115 · P = 0,005115 · 5.750 W = 29,412 A.
□ Según la tabla F7-132, pág. F/257, para determinar las intensidades máximas a conducir los conductores en función de las condiciones de instalación.
□ En la columna C1, un conductor de cobre de 6 mm² permite circular 29 A.
□ En la columna C1, un conductor de aluminio de 10 mm² permite circular 31 A.

Nota:
C1 (policloruro de vinilo). Dos conductores cargados. T. conductor de cobre o aluminio –70 °C.
C2 (polietileno reticulado o etileno propileno). Dos conductores cargados. T. conductor de cobre o aluminio –90 °C.

□ Caída de tensión:

– Del conductor de Cu de 6 mm²: $\Delta U_{(V)} = 1{,}25\rho_{20(\Omega/m)}\frac{2d_{(m)}}{S_{(mm^2)}} I_{(A)} =$

$$= 0{,}0002301\,\frac{P_{(W)} \cdot d_{(m)}}{S_{(mm^2)}} = 0{,}0002301\,\frac{5.750_{(W)} \cdot 35_{(m)}}{6_{(mm^2)}} = 7{,}758\ V$$

– Del conductor de Al de 10 mm²: $\Delta U_{(V)} = 1{,}25\rho_{20(\Omega/m)}\frac{2d_{(m)}}{S_{(mm^2)}} I_{(A)} =$

$$= 0{,}0003682\,\frac{P_{(W)} \cdot d_{(m)}}{S_{(mm^2)}} = 0{,}0003682\,\frac{5.750_{(W)} \cdot 35_{(m)}}{10_{(mm^2)}} = 7{,}41\ V$$

En las derivaciones individuales para el caso de centralizaciones de contadores en un punto, la caída de tensión máxima permitida es de: ΔU = 1 % (2,3 V). Muy inferior a los valores obtenidos.

□ La pregunta es qué sección debo colocar para obtener una caída de tensión del 1 % (2,3 V):
– $S_{Cu} = 0{,}0001000 \cdot P \cdot d = 0{,}0001 \cdot 5.750\ W \cdot 35\ m = 20{,}125\ mm^2$.
– $S_{Al} = 0{,}0001600 \cdot P \cdot d = 0{,}00016 \cdot 5.750\ W \cdot 35\ m = 32{,}2\ mm^2$.
Las secciones normalizadas en el mercado serían 25 mm² en Cu y 35 mm² en Al.
Las caídas de tensión correspondientes a las secciones normalizadas serían:

– Para el conductor de cobre de 25 mm²: $\Delta U_{(V)} = 1{,}25\rho_{20(W/m)} \frac{L_{(m)}}{S_{(mm^2)}} I_{(A)} =$

$$= 0{,}0002301 \frac{P_{(W)} \cdot L_{(m)}}{S_{(mm^2)}} = 0{,}0002301 \frac{5.750_{(W)} \cdot 35_{(m)}}{25_{(mm^2)}} = 1{,}85\ V$$

– Para el conductor de aluminio de 35 mm²: $\Delta U_{(V)} = 1{,}25\rho_{20(W/m)} \frac{L_{(m)}}{S_{(mm^2)}} I_{(A)} =$

$$= 0{,}0003682 \frac{P_{(W)} \cdot L_{(m)}}{S_{(mm^2)}} = 0{,}0003682 \frac{5.750_{(W)} \cdot 35_{(m)}}{35_{(mm^2)}} = 2{,}11\ V$$

□ La caída de tensión total desde la red de distribución será:

– La caída de tensión de la acometida	0,241 V
– La caída de tensión de la línea general de alimentación LGA	0,483 V
– La caída de tensión de la derivación individual DI (Cu)	1,85 V
Total	2,574 V

Sobre los 230 V representa: $\% = \frac{2{,}574\ V \cdot 100}{230\ V} = 1{,}119\ \%$

□ Si utilizamos una sección en cobre de 16 mm² y en aluminio de 25 mm² tendríamos:

– En cobre de 16 mm²: $\Delta U_{(V)} = 1{,}25\rho_{20(W/m)} \frac{L_{(m)}}{S_{(mm^2)}} I_{(A)} =$

$$= 0{,}0002301 \frac{P_{(W)} \cdot L_{(m)}}{S_{(mm^2)}} = 0{,}0002301 \frac{5.750_{(W)} \cdot 35_{(m)}}{16_{(mm^2)}} = 2{,}90\ V$$

– En aluminio de 25 mm²: $\Delta U_{(V)} = 1{,}25\rho_{20(W/m)} \frac{L_{(m)}}{S_{(mm^2)}} I_{(A)} =$

$$= 0{,}0003682 \frac{P_{(W)} \cdot L_{(m)}}{S_{(mm^2)}} = 0{,}0003682 \frac{5.750_{(W)} \cdot 35_{(m)}}{25_{(mm^2)}} = 2{,}964\ V$$

□ La caída de tensión total desde la red de distribución será:
– Con la línea DI de cobre de 16 mm²: 3,624 V; equivalente a 1,57 %.
– Con la línea DI de aluminio de 25 mm²: 3,688 V; equivalente a 1,60 %.
Si nos atenemos al reparto de caídas de tensión del reglamento no podemos aceptar esta última proposición, si nos atenemos a la caída de tensión total, la de 1,5% más la de la acometida, sí que encaja la solución, que es en realidad lo que pretendemos que al abonado le llegue: una tensión de suministro óptima.

■ El conducto de la línea de derivación individual DI.
Esta línea llevará:
□ Un conductor H 07 V V F 16 de color marrón o negro.
□ Un conductor H 07 V V F 16 de color azul claro.
□ Un conductor H 07 V V F 1,5 de color rojo.
□ Un conductor H 07 V V F 10 de color verde-amarillo.
Al ser una instalación entubada en canaladura amplia, debemos considerar los tubos correspondientes a una instalación al aire, Tabla F7-111 pág. F/240.

Que para tres conductores de 16 mm^2 le corresponde un diámetro de 32 mm que coincide con el mínimo establecido por el reglamento.

Este ejemplo es un caso clásico de los que sería interesante realizar dos centralizaciones de contadores, una entre el primer y el segundo cuarto de la altura del edificio y otra entre el tercero y el cuarto de la altura del edificio. La carga incendiaria de tantos conductores de las (DI) es importante y en estos casos es recomendable utilizar canalizaciones prefabricadas para las líneas generales de alimentación disminuyendo la carga incendiaria.

2. Las tarifas eléctricas

El contrato de abono de un suministro de energía eléctrica en BT es un documento establecido entre el distribuidor y el consumidor, sobre las condiciones de suministro de energía y la compensación económica, bajo la reglamentación de la Dirección General de la Energía.

2.1. El contrato

La elección

La elección del tipo de contrato es función de la potencia a contratar y las características de utilización de la misma.
La determinación de la potencia se ha descrito en el capítulo B.
La elección en función de la utilización la expondremos en este capítulo.

Las estructuras de las tarifas

Las tarifas tienen:
- Un montante en función de la potencia contratada.
- Un montante en función de la energía consumida.
- Unos complementos (recargos o abonos) en función de:
  - la discriminación horaria,
  - la energía reactiva,
  - la estacionalidad.

La elección de una tarifa y sus complementos, en función de su aplicación, conlleva una repercusión directa en el coste de la energía.
Es muy importante efectuar un estudio previo del consumo a lo largo de las 24 horas del día y los 365 días del año, para poder elegir la tarifa más conveniente.
Al cabo de un año podremos determinar la distribución de los consumos y perfeccionar la contratación.
La descripción del sistema tarifario español la efectuamos bajo la publicación de la normativa vigente.

2.2. Descripción del sistema tarifario español en BT

Pretendemos exponer el sistema tarifario español en BT, para lo cual nos atendremos al **Anexo I de la O.M. de 12 de enero de 1995**.

2.2.1. Definición y aplicación de las tarifas *(Título I)**

Ámbito de aplicación *(Primero)*

Las tarifas de energía eléctrica descritas en este apartado son las de aplicación a los suministros de BT, realizados por las empresas acogidas al Sistema Integrado de Facturación de Energía Eléctrica (SIFE).

Estructura general tarifaria (*Segundo)*

Las tarifas de energía eléctrica son de estructura binomia y están compuestas por un término de facturación de potencia y un término de facturación de energía y, cuando proceda, por recargos o descuentos, como consecuencia de la discriminación horaria, del factor de potencia y de la estacionalidad.

* Las anotaciones en cursiva son las referencias de la O.M.

El término de facturación de potencia será el producto de la potencia a facturar por el precio del término de potencia.

El término de facturación de energía será el producto de la energía consumida durante el período de facturación considerado, por el precio del término de energía.

La facturación básica. La suma de los dos términos mencionados y de los citados complementos, función de la modulación de la carga y de la energía reactiva, constituye, a todos los efectos, el precio máximo de tarifa autorizado por el Ministerio de Industria y Energía.
En las cantidades resultantes de la aplicación tarifaria descrita no están incluidos los impuestos, recargos y gravámenes establecidos o que se establezcan sobre consumos y suministro que sean de cuenta del consumidor y estén las empresas suministradoras encargadas de su recaudación; alquileres de equipos de medida o control, derechos de acometida, enganche y verificación, ni aquellos otros cuya repercusión sobre el usuario esté legalmente autorizada.

Definición de las tarifas de BT *(Tercero)*

Se podrán aplicar a los suministros efectuados a tensiones no superiores a 1.000 voltios:

Tarifa 1.0 *(3.1.1)*
Se podrá aplicar a cualquier suministro, fase-neutro o bifásico, en BT, con potencia contratada no superior a 770 W.
En esta tarifa se podrán contratar las potencias siguientes:

Tensión nominal	Potencia contratada
127 V	445 W, 635 W
220 V	330 W, 770 W

Tabla D2-001: *tabla de potencias tarifa 1.0.*

A esta tarifa no le son de aplicación complementos por energía reactiva, discriminación horaria ni estacionalidad.

Tarifa 2.0 *(3.1.2)*
Se podrá aplicar a cualquier suministro en BT, con potencia contratada no superior a 15 kW.
A esta tarifa sólo le es de aplicación el complemento por energía reactiva si se midiera un cos φ inferior a 0,8 y, opcionalmente, el complemento por discriminación horaria Tipo 0, denominado “Tarifa Nocturna”, pero no le son de aplicación el complemento por estacionalidad.

Tarifa 3.0, general *(3.1.3)*
Se podrá aplicar a cualquier suministro en BT.
A esta tarifa le son de aplicación complementos por energía reactiva y discriminación horaria, pero no por estacionalidad.

Tarifa 4.0, general de larga utilización *(3.1.4)*
Se podrá aplicar a cualquier suministro en baja tensión.
A esta tarifa le son de aplicación complementos por energía reactiva y discriminación horaria, pero no por estacionalidad.

Tarifa B.0 de alumbrado público *(3.1.5)*
Se podrá aplicar a los suministros de alumbrado público en BT contratados por la Administración Central, Autonómica o Local.
Se entiende como alumbrado público el de calles, plazas, parques públicos, vías de comunicación y semáforos. No se incluye como tal el alumbrado ornamental de fachadas ni el de fuentes públicas.
Se considera también alumbrado público el instalado en muelles, caminos y carreteras de servicio, tinglados y almacenes, pescaderías y luces de situación, dependencias de las Juntas de Puertos, puertos autonómicos, Comisión Administrativa de Grupos de Puertos y puertos públicos.
A esta tarifa le es de aplicación complemento por energía reactiva, pero no por discriminación horaria y estacionalidad.

Tarifa R.0 para riegos agrícolas *(3.1.6)*
Se podrá aplicar a los suministros de energía en BT con destino a riegos agrícolas o forestales, exclusivamente para la elevación y distribución del agua de propio consumo.
A esta tarifa le son de aplicación complementos por energía reactiva y discriminación horaria, excepto el tipo 5, pero no por estacionalidad.

Condiciones generales de aplicación de las tarifas *(Cuarto)*

Contratos de suministro y facturación de consumos *(4.1)*
El contrato de suministro que se formule o renueve se adaptará siempre a las condiciones generales insertadas en el modelo oficial de póliza de abono, autorizándose a las empresas suministradoras de energía eléctrica para que impriman a su costa las pólizas para sus contratos con los usuarios, en las que deberán constar impresas y copiadas literalmente todas las cláusulas generales que figuran en el modelo oficial.
Para un mismo abonado, en un mismo local o unidad de consumo, todos los usos generales constituirán un único contrato de suministro.
Los consumos de energía realizados en un período de facturación en el que haya regido más de una tarifa, se distribuirán para su facturación proporcionalmente a la parte del tiempo transcurrido desde la última lectura en que haya estado en vigor cada una de ellas. En casos particulares, por causa debidamente justificada, si la distribución del consumo hubiese sido excepcionalmente irregular, el organismo competente podrá establecer otro tipo de distribución.
La facturación expresará las variables que sirvieron de base para el cálculo de las cantidades y se realizará en los modelos oficiales de recibos que estuvieran aprobados por la Dirección General de la Energía.

Plazos de facturación y de lectura *(4.2)*
Las facturaciones serán mensuales o bimensuales, y corresponderán a las lecturas reales o estimadas, en su caso, de los consumos correspondientes al período que se especifique en la citada factura.
Los plazos de lectura no serán superiores a los tres días anteriores o posteriores a la finalización del mes o bimestre de la última lectura realizada, excepto en los casos de lecturas estimadas de abonados acogidos a la tarifa 1.0 y 2.0, que se regirán por su normativa específica.
Los maxímetros que sirven de base para la facturación de potencia se leerán y pondrán a cero mensualmente, excepto los abonados que determinen la potencia a facturar según el modo 5.

Elección de tarifa *(4.3)*
Todo abonado podrá elegir la tarifa y el sistema de complementos que estime más conveniente a sus intereses entre los oficialmente autorizados para el suministro de energía que él mismo desee demandar, siempre que cumpla las condiciones establecidas en la presente Orden.
Como principio general, los abonados podrán elegir la potencia a contratar, debiendo ajustarse, en su caso, a los escalones correspondientes a los de intensidad normalizados para los aparatos de control.
Al abonado que haya cambiado voluntariamente de tarifa podrá negársele pasar a otra mientras no hayan transcurrido, como mínimo, doce meses, excepto si se produjese algún cambio en la estructura tarifaria que le afecte. Estos cambios no conllevan el pago de derecho alguno, en este concepto, a favor de la empresa suministradora.
El cambio de modalidad de aplicación de alguno de los complementos de tarifa, así como la modificación de la potencia contratada, se considerará, a estos efectos, como cambio de tarifa.
Las empresas suministradoras están obligadas a modificar la potencia contractual para ajustarla a la demanda máxima que deseen los abonados, con la limitación propia de las tarifas, o cuando, por sus especiales condiciones, precisara autorización de la Dirección General de la Energía.
Por reducciones de potencia, las empresas no podrán cobrar cantidad alguna en concepto de derechos de enganche, acometida ni ningún otro a favor de la empresa, salvo los gastos que se puedan producir por la sustitución o corrección de aparatos de medida o control de la potencia, cuando ello fuera necesario.
Los aumentos de potencia contratada se tramitarán como un alta adicional, sin perjuicio de que en lo sucesivo se haga una sola facturación.

Temporadas eléctricas *(4.4)*
A efectos de la aplicación de tarifas, se considerará el año dividido en tres períodos: temporada alta, media y baja, incluyendo en cada una de ellas una serie de los siguientes meses, en función de las zonas (zona peninsular, zona de las Baleares, Ceuta y Melilla, zona de las Canarias). Ver tabla D2-002 en la página siguiente.

Condiciones particulares de aplicación de las tarifas *(Quinto)*

Tarifa 2.0 con discriminación horaria nocturna *(5.1)*
Los abonados acogidos a esta tarifa deberán comunicar a la empresa suministradora las potencias máximas de demanda en horas diurnas y nocturnas. La potencia contratada será la correspondiente a las horas diurnas. El límite de la potencia en las horas nocturnas será el admisible técnicamente en la instalación.
La potencia a facturar se calculará de acuerdo con lo establecido con carácter general.
Como derechos de acometida por la potencia que exceda de la contratada y que se demande solamente en las horas de valle no se abonarán derechos de responsabilidad y se computará el 20 por 100 de esta potencia para el cálculo de los derechos de extensión, cuyo valor quedará adscrito a la instalación.

Contratos para suministros de temporada *(5.2)*
A efectos de aplicación de tarifas se considerarán como suministros de temporada los de duración inferior a doce meses de forma repetitiva anualmente, circunstancia que se deberá consignar en la Póliza de Abono. A estos suministros sólo les serán de aplicación las tarifas generales, 3.0 y 4.0 en BT, con las siguientes condiciones:

a) Los precios del término de potencia se aumentarán en un 100% para los meses de temporada alta, y en un 50% para los restantes en que se reciba energía.
b) El complemento por energía reactiva se aplicará sobre la facturación básica más los aumentos citados.
c) No se podrá aplicar el Modo 5 para determinar la potencia a facturar, el complemento por estacionalidad y la discriminación horaria tipo 5.

Temporadas eléctricas *(4.4)*		
Zona	Temporada	Mes
Península	Alta	Noviembre Diciembre Enero Febrero
	Media	Marzo Abril Julio Octubre
	Baja	Mayo Junio Agosto Septiembre
Baleares, Ceuta y Melilla	Alta	Junio Julio Agosto Septiembre
	Media	Enero Febrero Octubre Diciembre
	Baja	Marzo Abril Mayo Noviembre
Islas Canarias	Alta	Diciembre Enero Febrero Marzo
	Media	Abril Septiembre Octubre Noviembre
	Baja	Mayo Junio Julio Agosto

Tabla D2-002: *tabla de las temporadas eléctricas y los meses correspondientes a cada zona.*

Determinación de los componentes de la facturación básica *(Sexto)*

Determinación de la potencia a facturar *(6.1)*

El cálculo de la potencia a facturar se realizará atendiendo a los diferentes modos que se describen a continuación, con las limitaciones impuestas en cada uno de ellos:

■ Modo 1. Sin maxímetro:

Será aplicable a cualquier suministro en BT, cuando el abonado haya contratado una sola potencia y no tenga instalado aparato maxímetro, salvo lo dispuesto en el punto *(3.2.5).*

En estos casos la potencia a facturar será la potencia contratada.

■ Modo 2. Con un maxímetro:

Será aplicable a cualquier suministro en BT, cuando el abonado haya contratado una sola potencia y tenga instalado un solo maxímetro para la determinación de la potencia base de facturación.

La potencia a facturar se calculará de la forma que se establece a continuación:

a) Si la potencia máxima demandada registrada por el maxímetro en el período de facturación estuviere dentro de +5 y –10%, respecto a la establecida en el contrato de la Póliza de Abono, dicha potencia registrada será la potencia a facturar.

b) Si la potencia máxima demandada registrada por el maxímetro en el período de facturación fuese superior al 105% de la potencia contratada, la potencia a facturar en el período considerado será igual al valor registrado por el maxímetro, más el doble de la diferencia entre el valor registrado por el maxímetro y el valor correspondiente al 105% de la potencia contratada.

c) Si la potencia máxima demandada en el período de facturación fuese inferior al 85% de la potencia contratada, la potencia a facturar será igual al 85% de la potencia contratada.

No se tendrá en cuenta la punta máxima registrada durante las veinticuatro horas siguientes a un corte o a una irregularidad importante en la tensión o frecuencia del suministro. Para ello, será condición necesaria su debida justificación, preferentemente mediante aparato registrador.

A estos efectos la orden de reducción de potencia en el sistema de interrumpibilidad no tendrá la consideración de corte.

■ Modo 3. Con dos maxímetros:

Será sólo aplicable a los abonados acogidos al sistema de discriminación horaria tipos 3, 4 o 5, que tengan instalados dos maxímetros y contratadas dos potencias, una para horas punta y llano y otra para horas valle.

En estos casos, la potencia a facturar en cualquier período será igual a la que resulte de aplicar la siguiente fórmula:

$$P_f = P_{12} + 0{,}2\ (P_3 - P_{12})$$

Donde:

P_{12} = potencia a considerar en horas punta y llano una vez aplicada la forma de cálculo establecida para el Modo 2. Para aquellos períodos de facturación en que no existieran horas punta y llano se tomará como valor de P_{12} el 85% de la potencia contratada por el abonado para las mismas.

P_3 = potencia a considerar en horas valle una vez aplicada la forma de cálculo establecida para el Modo 2.

Si $P_3 - P_{12}$ es menor que cero, se considerará de valor nulo el segundo término de la fórmula anterior.

■ Modo 4. Con tres maxímetros:
Será sólo aplicable a los abonados acogidos al sistema de discriminación horaria tipos 3, 4 o 5 que tengan instalados tres maxímetros y contratadas tres potencias, una para horas punta, otra para horas llano y otra para horas valle. En estos casos, la potencia a facturar en cualquier período será igual a la que resulte de aplicar la siguiente fórmula:

$$P_f = P_1 + 0{,}5\ (P_2 - P_1) + 0{,}2\ (P_3 - P_2)$$

Donde:

P_1 = potencia a considerar en horas punta una vez aplicada la forma de cálculo establecida para el Modo 2. Para aquellos períodos de facturación en que no existieran horas punta se tomará como valor de P_1 el 85% de la potencia contratada por el abonado para las mismas.

P_2 = potencia a considerar en horas llano una vez aplicada la forma de cálculo establecida para el Modo 2. Para aquellos períodos de facturación en que no existieran horas llano se tomará como valor de P_2 el 85% de la potencia contratada por el abonado para las mismas.

P_3 = potencia a considerar en horas valle una vez aplicada la forma de cálculo establecida para el Modo 2.

En el caso de que alguna P_n sea inferior a P_{n-1}, la diferencia ($P_n - P_{n-1}$) se considerará de valor nulo. En estos casos, la potencia del sumando siguiente será ($P_{n+1} - P_{n-1}$).
■ Modo 5. Estacional:
Aplicables a los contratos de alta tensión, no corresponde al ámbito de la presente exposición.

Energía a facturar *(6.2)*
La energía a facturar será en todos los casos la energía consumida y medida por contador, o en su caso estimada, durante el período al que corresponda la facturación.

Complementos tarifarios *(Séptimo)*

Los complementos tarifarios consistirán en una serie de recargos o descuentos, que se calcularán tal como se especifique en cada caso y deberán figurar por separado en el recibo de energía eléctrica.

Complemento por discriminación horaria *(7.1)*:
■ Condiciones generales *(7.1.1)*
El complemento de discriminación horaria estará constituido por un recargo o descuento que se calculará de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$CH = Tej\ S\ Ei\ Ci\ /\ 100$$

En la que:

CH = recargo o descuento, en pesetas.
Ei = energía consumida en cada uno de los períodos horarios definidos para cada tipo de discriminación horaria, en kWh.
Ci = coeficiente de recargo o descuento especificado en el apartado de "Recargos, descuentos y horas de aplicación" *(7.1.4).*
Tej = precio del término de energía de la tarifa general de media utilización correspondiente en BT a la tarifa 3.0.

Se aplicará obligatoriamente a todos los suministros con tarifas 3.0, 4.0 y R.0 de BT.

Los abonados de la tarifa 2.0 tendrán opción a que se les aplique la tarifación horaria Tipo 0 “Tarifa nocturna”. No es de aplicación el complemento por discriminación horaria a los abonados de las tarifas B.0 (alumbrado público) y 1.0.
Los cambios de horario de invierno a verano o viceversa coincidirán con la fecha del cambio oficial de hora.
Los abonados, de acuerdo con las empresas suministradoras, podrán solicitar por causas debidamente justificadas a la Dirección General de la Energía la aplicación de períodos distintos a los establecidos en la presente Orden, siempre que se mantengan la duración y los recargos y los descuentos correspondientes a los mismos.
El citado Centro Directivo podrá conceder lo solicitado, siempre que ello no resulte perjudicial para el Sistema Eléctrico Nacional, considerando el efecto resultante que dicha modificación pudiera producir de aplicarse a los abonados con características similares de consumo.
Se faculta a la Dirección General de la Energía para que pueda modificar con carácter general las horas consideradas, en correcto, como de punta, llano y valle, teniendo en cuenta las condiciones de cada zona y en su caso las de ámbito peninsular.

■ Tipos de discriminación horaria *(7.1.2)*
Los tipos de discriminación horaria a los que podrán optar los distintos abonados, sin más limitaciones que las que en cada caso se especifican, y siempre que tengan instalados los equipos de medida adecuados, serán los siguientes:
□ Tipo 0: “Tarifa nocturna” con contador de doble tarifa. Sólo será aplicable a los abonados a la tarifa 2.0.
□ Tipo 1: Discriminación horaria sin contador de tarifa múltiple. De aplicación a los abonados con potencia contratada igual o inferior a 50 kW.
□ Tipo 2: Discriminación horaria con contador de doble tarifa. De uso general.
□ Tipo 3: Discriminación horaria con contador de triple tarifa, sin discriminación de sábados y festivos. De uso general.
□ Tipo 5: Discriminación horaria estacional con contador de quíntuple tarifa. De uso general, pero será incompatible con el complemento por estacionalidad y con tarifas que en su definición estén excluidas de este tipo de discriminación.

Zonas para la aplicación de la discriminación horaria	
Zona	Comunidades Autónomas
1	Galicia, Asturias, Cantabria, País Vasco, Castilla-León, La Rioja y Navarra
2	Aragón y Catalunya
3	Madrid, Castilla-La Mancha y Extremadura
4	Valencia, Murcia y Andalucía
5	Baleares
6	Canarias
7	Ceuta y Melilla

Tabla D2-003: *tabla de las zonas de aplicación de la discriminación horaria.*

■ Zonas de aplicación *(7.1.3)*
Las zonas en que se divide el mercado eléctrico nacional, a efectos de aplicación de la discriminación horaria, serán las Comunidades Autónomas.

■ Recargos, descuentos y horas de aplicación de la discriminación horaria *(7.1.3):*
□ Tipo 0: Los precios que se aplicarán directamente a la energía consumida en cada uno de los períodos horarios serán los que estén vigentes; en la tabla D2-004 se expresan los valores correspondientes a 1997.
Se considerarán horas valle en todas las zonas de 23 a 24 h y de 0 a 7 h en invierno y de 0 a 8 h en verano.

Recargos y descuentos Tipo 0			
Período horario		Duración (h/día)	Precio término de energía (ptas./kWh)
Día	Punta Llano	16	0,10(1)
Noche	Valle	8	0,04(1)

(1) En función del valor autorizado.

Tabla D2-004: *tabla de los recargos, descuentos y horas de aplicación al Tipo 0.*

□ Tipo 1: Se considerarán dentro de este tipo todos los abonados a los que les sea de aplicación el complemento por discriminación horaria y no hayan optado por alguno de los restantes tipos.
Esos abonados tendrán un coeficiente de recargo de 20 sobre la totalidad de la energía consumida.

□ Tipo 2: El coeficiente de recargo para este tipo de abonados y la duración de cada período serán los siguientes:

Recargos y descuentos Tipo 2			
Período horario		Duración (h/día)	Recargo (coeficiente)
Horas	Punta	4	+40
Horas	Llano Valle	20	—

Tabla D2-005: *tabla de los recargos, descuentos y horas de aplicación al Tipo 2.*

Se considerarán como horas punta en todas las zonas de 9 a 13 h en invierno y de 10 a 14 h en verano.

□ Tipo 3:
Los coeficientes de recargo o descuento aplicables y la duración de cada período serán los que se detallan a continuación:

Recargos y descuentos Tipo 3			
Período horario		Duración (h/día)	Recargo (coeficiente)
Horas	Punta	4	+70
	Llano	12	—
	Valle	8	–43

Tabla D2-006: *tabla de los recargos, descuentos y horas de aplicación al Tipo 3.*

Se consideran horas punta, llano y valle, en cada una de las zonas antes definidas, las siguientes:

Horarios de los recargos y descuentos del Tipo 3						
Zona	Invierno			Verano		
	Punta	Llano	Valle	Punta	Llano	Valle
1	18-22	8-18	0-8	9-13	8-9	0-8
		22-24			13-24	
2	18-22	8-18	0-8	9-13	8-9	0-8
		22-24			13-24	
3	18-22	8-18	0-8	10-14	8-10	0-8
		22-24			14-24	
4	18-22	8-18	0-8	10-14	8-10	0-8
		22-24			14-24	
5	18-22	8-18	0-8	19-23	0-1	1-9
		22-24			0-19	
					23-24	
6	18-22	8-18	0-8	19-23	0-1	1-9
		22-24			0-19	
					23-24	
7	19-23	8-19	0-8	20-24	0-1	1-9
		23-24			9-20	

Tabla D2-007: *tabla de los horarios de los recargos y descuentos del Tipo 3.*

□ Tipo 4: Los coeficientes de recargo o descuento aplicables y la duración de cada período serán los que se detallan a continuación:

Recargos y descuentos Tipo 4			
Período horario		Duración (h/día)	Recargo (coeficiente)
Horas	Punta	6 horas de lunes a viernes	+40
	Llano	10 horas de lunes a viernes	—
	Valle	8 horas de lunes a viernes, 24 horas en sábados y domingos	–43

Tabla D2-008: *tabla de los recargos, descuentos y horas de aplicación al Tipo 4.*

Se consideran también como horas valle las 24 horas de los festivos de ámbito nacional con inclusión de aquellos que pueden ser sustituidos a iniciativa de cada Comunidad Autónoma para los abonados que posean el equipo de discriminación horaria adecuado.
Las horas punta, llano y valle en cada una de las zonas antes definidas son las siguientes:

Horarios de los recargos y descuentos del Tipo 4						
Zona	Invierno			Verano		
	Punta	Llano	Valle	Punta	Llano	Valle
1	16-22	8-16	0-8	8-14	14-24	0-8
		22-24				
2	17-23	8-17	0-8	9-15	8-9	0-8
		22-24			15-24	
3	16-22	8-16	0-8	9-15	8-9	0-8
		22-24			15-24	
4	17-23	8-17	0-8	10-16	8-10	0-8
		23-24			16-24	
5	16-22	7-16	0-7	17-23	0-1	1-9
		22-23	23-24		9-17	
					23-24	
6	16-22	7-16	0-7	17-23	8-17	1-9
		22-23	23-24		23-24	
7	17-23	8-17	0-8	18-24	0-1	1-9
		23-24			9-18	

Tabla D2-009: *tabla de los horarios de los recargos y descuentos del Tipo 4.*

□ Tipo 5: El contrato tipo 5 de discriminación horaria comenzará con el principio de la temporada alta eléctrica definida anteriormente y tendrá una vigencia de doce meses, prorrogable por períodos iguales, si el abonado no manifiesta su voluntad de rescindirlo por escrito, con una antelación mínima de cuarenta y cinco días antes de su vencimiento.
Los días del año correspondientes a cada categoría serán los siguientes:

Categoría y número de días del Tipo 5	
Categoría	N.º de días
Pico	70
Alto	80
Medio	80
Bajo	Resto

Tabla D2-010: *tabla de las categorías de los días para el Tipo 5.*

La Dirección General de la Energía fijará para cada año los días correctos asignados a cada categoría, tanto para el sistema integrado peninsular como para cada uno de los sistemas aislados o extrapeninsulares.

Los coeficientes de recargo o descuento aplicables y la duración de cada período serán los que se detallan a continuación:

Períodos, categorías y días, Tipo 5			
Período horario	Categoría de los días	Duración horas/día	Coeficientes descuentos o recargos
Punta	Pico	10	+300
	Alto	4	+100
Llano	Pico	6	
	Alto	12	
	Medio	8	
Valle	Pico	8*	–43
	Alto	8*	–43
	Medio	16*	–43
	Bajo	24*	–43
	Siguiente día/ bajo	8	–50

* Salvo que sean días siguientes a días bajos.

Tabla D2-011: *tabla de los períodos, categorías, días y los descuentos o recargos, Tipo 5.*

Se considerarán como valle con un coeficiente C_i 50 de descuento las ocho primeras horas valle de los siguientes a días bajos, sea cual sea la categoría de los mismos.
Se considerarán horas punta, llano y valle, en cada una de las zonas antes definidas:

Horarios de los recargos y descuentos del Tipo 5						
Zona	Días pico			Días medio		
	Punta	Llano	Valle	Punta	Llano	Valle
1	9-14	8-9	0-8	—	9-17	0-9
	17-22	14-17				17-24
		22-24				
2	9-14	8-9	0-8	—	10-18	0-10
	17-22	14-17				18-24
		22-24				
3	10-15	8-10	0-8	—	10-18	0-10
	18-23	15-18				18-24
		23-24				
4	9-14	8-9	0-8	—	14-12	0-14
	17-12	14-17				22-24
		22-24				
5	9-14	8-9	0-8	—	16-24	0-16
	17-12	14-17				
		22-24				
6	9-12	8-9	0-8	—	16-24	0-16
	16-23	12-16				
		23-24				
7	9-13	8-9	0-8	—	16-24	0-16
	18-24	13-18				

Tabla D2-012: *horarios de los recargos y descuentos por zonas del Tipo 5.*

Se considerarán como horas punta, llano y valle para los días altos, las establecidas para la discriminación horaria Tipo 3.

Complemento por energía reactiva *(7.2)*:

■ Condiciones generales *(7.2.1)*

El complemento por energía reactiva está constituido por un recargo o descuento porcentual y se aplicará sobre la totalidad de la facturación básica. Se calculará con una cifra decimal y el redondeo se hará por defecto o por exceso, según que la segunda cifra decimal, despreciada, sea o no menor de cinco.

Estarán sujetos al complemento por energía reactiva los abonados a cualquier tarifa, excepto a las 1.0 y 2.0. No obstante, los abonados a la tarifa 2.0 estarán sujetos a la excepción que se concreta en el próximo apartado *(7.2.2)*.

No se podrá aplicar este complemento si no se dispone para la determinación de su cuantía del contador de energía reactiva sobre el término de potencia facturado.

■ Corrección obligatoria del factor de potencia *(7.2.2)*

Cuando un abonado tenga su instalación con factor de potencia que sea inferior a 0,55 en tres o más mediciones, la empresa suministradora deberá comunicarlo al organismo competente de la Administración Pública, quien podrá establecer al usuario un plazo para la mejora de su factor de potencia, y si no cumpliera el plazo establecido, resolver la aplicación de recargos, pudiendo llegar a ordenar la suspensión del suministro en tanto no se mejore la instalación en la medida precisa. Los suministros acogidos a la tarifa 2.0 deberán disponer de los equipos de corrección del factor de potencia adecuados para conseguir como mínimo un valor medio del mismo de 0,8; en caso contrario, la empresa suministradora podrá instalar, a su costa, el contador correspondiente y efectuar en el futuro la facturación a este abonado con complemento por energía reactiva en los períodos de lectura real en los que el coseno de phi (cos φ) medio sea inferior a 0,8.

■ Corrección de los efectos capacitivos *(7.2.3)*

Cuando la instalación de un abonado produzca efectos capacitivos que den lugar a perturbaciones apreciables en la red de suministro de transporte, cualquier afectado por las perturbaciones podrá ponerlo en conocimiento del organismo competente, el cual, previo estudio de aquéllas, recabará del abonado su corrección y le fijará un plazo para ello. En caso de no hacerlo así se aplicarán las medidas que procedan, pudiendo llegar (en aplicación de las condiciones de carácter general de la póliza de abono) a ordenar la suspensión de suministro de energía eléctrica en tanto no se modifique la instalación.

■ Determinación del factor de potencia *(7.2.4)*

El factor de potencia o coseno de phi (cos φ) medido de una instalación se determinará a partir de la fórmula siguiente:

$$\cos j = \frac{Wa}{\sqrt{Wa^2 + Wr^2}}$$

en la que:

Wa = cantidad registrada por el contador de energía activa, expresada en kWh.

Wr = cantidad registrada por el contador de energía reactiva, expresada en kVAr.

Los valores de esta fórmula se determinarán con dos cifras decimales y el redondeo se hará por defecto o por exceso, según que la tercera cifra decimal despreciada sea o no menor que 5.

■ Recargos y bonificaciones

El valor porcentual Kr a aplicar a la facturación básica se determinará según la fórmula que a continuación se indica:

$$Kr\ (\%) = \frac{17}{\cos j} - 21$$

Cuando la misma dé un resultado negativo se aplicará una bonificación en porcentaje igual al valor absoluto del mismo.

La aplicación de esta fórmula da los resultados siguientes para los valores de cos φ que a continuación se indican. Los valores intermedios deben obtenerse de la misma fórmula y no por interpolación lineal.

Recargos y bonificaciones en función del cos φ		
cos φ	Recargo %	Descuento %
1,00	–	4,0
0,95	–	2,2
0,90	0,0	0,0
0,85	2,5	
0,80	5,6	
0,75	9,2	
0,70	13,7	
0,65	19,2	
0,60	26,2	
0,55	35,2	
0,50	47,0	

Tabla D2-013: *recargos y bonificaciones en función del cos φ.*

No se aplicarán recargos superiores al 47% ni descuentos superiores al 4%.

Complemento por estacionalidad *(7.3)*:

■ Condiciones generales *(7.3.1)*

El complemento por estacionalidad está constituido por un recargo o descuento porcentual y se aplicará exclusivamente sobre la parte correspondiente al término de energía de la factura básica.

Se aplicará a los abonados que hayan optado por el modo 5 estacional para el cálculo de la potencia a facturar.

■ Recargos o descuentos *(7.3.2)*

Los consumos de energía activa correspondientes a cada período, de los definidos en el punto *(4.4)*, tendrán los siguientes recargos o descuentos:

Recargos y bonificaciones en función de la estacionalidad	
Período (temporada)	Porcentaje (%)
Alta	+10
Media	–
Baja	–10

Tabla D2-014: *recargos y bonificaciones en función de la estacionalidad.*

Complemento por interrumpibilidad *(7.4)*
(Reservado a los abonados en AT.)

Equipos y sistemas de medida y control y su incidencia en la facturación *(Octavo)*

Condiciones generales *(8.1)*
Todo suministrador de energía eléctrica, sin distribución, está obligado a utilizar, para sus suministros, contadores de energía eléctrica, cuyos modelos, tipos y sistemas hayan sido aprobados previamente, e interruptores de control de potencia que correspondan a modelo y tipo de los autorizados por la Dirección General de la Energía. Para la aprobación o autorización citadas, se estará a lo que establezca la normativa vigente.
Es obligatoria, sin excepción alguna, la verificación y el precintado oficial de los contadores, transformadores de medida, limitadores o interruptores de control de potencia y similares que se hallen actualmente instalados o que se instalen en lo sucesivo, cuando sirvan de base directa o indirecta para regular la facturación total o parcial de la energía eléctrica.
Los abonados y las empresas suministradoras tiene derecho a la verificación de los equipos de medida y control instalados para su suministro, cualquiera que sea su propietario, previa solicitud al organismo competente.
Los costes de dicha verificación, así como las liquidaciones a que hubiere lugar en virtud de la misma, se determinarán en la forma reglamentariamente establecida.
En relación con los derechos y deberes de empresas suministradoras y abonados, respecto a la propiedad, instalación o alquiler de los equipos de medida y control, se estará a lo dispuesto en las pólizas de abono.

Control de la potencia *(8.2)*:
■ Sistemas de control *(8.2.1)*
La empresa suministradora podrá controlar la potencia demandada por el abonado. Este control se podrá efectuar por medio de maxímetros, limitadores de corriente o interruptores de control de potencia u otros aparatos de corte automático, cuyas características deberán estar aprobadas por el Ministerio de Industria y Energía, quien fijará el alquiler que las empresas suministradoras pueden cobrar por los citados aparatos cuando proceda. La elección del equipo de control corresponde al abonado.
No se podrán utilizar interruptores de control de potencia unipolares para suministros multipolares.
Cuando la potencia que desee contratar el abonado sea superior a la que resulte de una intensidad de 63 A, teniendo en cuenta el factor de potencia correspondiente, la empresa suministradora podrá disponer que los interruptores sean de disparo de intensidad regulable si se ha optado por este sistema de control.
■ Control por maxímetro* *(8.2.2)*
El abonado que tuviere instalado el equipo adecuado, cualquiera que sea la tensión o la potencia contratada, tendrá opción a que la determinación de la potencia que ha de servir de base para su facturación se realice por maxímetro. En todos los casos, los maxímetros tendrán un período de integración de 15 minutos.

** Un maxímetro puede actuar por una cresta de corriente. Se pretende que su lectura no sea la de la cresta, sino la media del incremento de consumo durante 15 minutos.*

La potencia máxima demandada en cualquier momento no podrá ser superior a la máxima admisible técnicamente en la instalación, tanto del abonado como de la empresa suministradora.
En caso de desacuerdo sobre este particular, el límite admisible se fijará por el organismo competente.
El registro de una demanda de potencia superior a la solicitada en contrato, a efectos de acometida, autoriza a la empresa suministradora a facturar al abonado los derechos de acometida correspondientes a este exceso, cuyo valor quedará adscrito a la instalación.

Medida a distintas tensiones *(8.3)*
En el caso de que un abonado posea un equipo de medida común a todos sus usos para una cierta tensión y otros equipos de medida similares, aunque sean de menor precisión, en otra tensión más baja, para registrar todos y cada uno de los consumos a que sean aplicables distintas tarifas, podrá exigir que las sumas de las potencias y energías facturadas sean las registradas en el equipo común a la tensión más alta y que el escalón de tensión aplicado sea el correspondiente a la misma. La distribución de las lecturas totales entre las distintas tarifas se hará según las registradas por los equipos situados en las tensiones menores.

Condiciones particulares *(8.4)*:
■ Ayuntamientos *(8.4.1)*
Las empresas suministradoras de energía eléctrica facilitarán, en régimen de alquiler, a los ayuntamientos que así lo requieran, los equipos de medida de energía reactiva y de energía activa, con cualquier tipo de discriminación horaria, que se precisen para los puntos de suministro de las instalaciones o edificios, cuyos gastos de mantenimiento figuren consignados expresamente en el presupuesto ordinario municipal, independientemente de la tarifa a la que esté contratado el suministro y del uso al que se destine la energía. Por la manipulación de los equipos de medida se cobrarán únicamente los derechos de enganche, de acuerdo con lo establecido en el vigente Reglamento sobre acometidas eléctricas.
En el alumbrado público, cuando se trate de puntos de conexión con potencias instaladas inferiores a 15 kW, se puede limitar el número de contadores con discriminación horaria a uno por cada grupo de no más de 10 puntos de conexión, siempre y cuando estén accionados por un sistema de encendido y apagado, y tengan un programa de apagado intermedio similares, aunque no estén conectados entre sí.
En el caso citado, el porcentaje de consumo que resulte de la lectura del contador instalado, para cada uno de los períodos horarios, se aplicará para la facturación del resto de los suministros del mismo grupo.
■ Equipos de discriminación horaria (*8.4.2)*
La instalación de contadores de tarifa múltiple es potestativa para los abonados que tengan contratada una potencia no superior a 50 kW y obligatoria para el resto.
Se faculta a las empresas suministradoras para instalar contadores de tarifa múltiple a los abonados de más de 50 kW de potencia contratada que no los tuvieran instalados por su cuenta, cargándoles los gastos de instalación y el alquiler correspondiente.
El uso de un equipo de medida de discriminación horaria deberá ser autorizado por la Dirección General de la Energía previa la aportación de los ensayos oportunos sobre seguridad eléctrica y garantía de medida.

Los abonados con discriminación horaria tipo 0 deberán instalar por su cuenta el equipo adecuado para ello. La empresa suministradora queda obligada a alquilar dicho equipo si así lo solicitare el abonado.

■ Equipos de energía reactiva *(8.4.3)*

Para la determinación del factor de potencia, en su caso, los abonados instalarán por su cuenta el contador de energía reactiva adecuado.

En caso de que el abonado no lo hubiere instalado y tuviera obligación de hacerlo, la empresa suministradora tendrá la opción de colocar por su cuenta el correspondiente contador de energía reactiva, cobrando por dicho aparato el alquiler mensual legalmente autorizado. La empresa suministradora podrá cobrar los derechos de enganche establecidos reglamentariamente para estos casos.

Las empresas eléctricas podrán instalar, a su cargo, contadores o maxímetros para la medida de energía reactiva capacitiva, cuyas medidas no se tendrán en cuenta para el cálculo de los recargos o descuentos, que se determinarán con base en los contadores de energía reactiva inductiva, sino sólo a los efectos de prevenir las posibles perturbaciones a que se ha hecho referencia en el punto *(7.2.3)*.

Nota: La numeración de los títulos en cursiva y dentro de paréntesis corresponde a la numeración de los artículos de la O.M. de 12 de enero de 1995.

3. La Caja General de Protección (CGP)

Deberán cumplir con la norma UNE-EN 60.430-1 en los aspectos correspondientes a un cuadro eléctrico, a la UNE-EN 60.439-3 en los aspectos de inflamabilidad, a la UNE-EN 20.324, con respecto a las influencias externas en el grado de IP43 y a la UNE-EN 50.102, con respecto a la resistencia de los impactos en grado IK08. En caso de situarse empotrada en una fachada con acceso directo con la mano, deberán ubicarse en un nicho con tapa metálica con un grado de resistencia al impacto de IK10, o bien que la propia envolvente atienda a las solicitudes correspondientes a un impacto correspondiente a un grado IK10 y una protección de doble aislamiento.
Las envolventes deberán disponer (manteniendo el grado de protección) aberturas para la renovación del aire, en el grado de poder evitar las posibles condensaciones internas.

Las cajas generales de protección CGP

Son los elementos que alojan los dispositivos de protección de la línea general de distribución.

En instalaciones con acometidas aéreas
Deberán instalarse en zona de suelo de dominio público a una altura de 3 a 4 m del suelo.

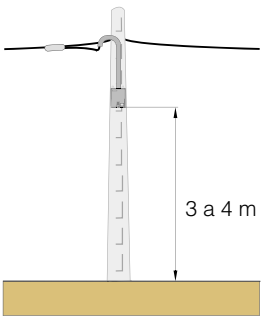


Fig. D3-001: *situación de las CGP en instalaciones aéreas.*

En instalaciones con acometidas subterráneas
Empotradas en fachadas con envolvente de grado de proteción IK10 o bien sobre una base de hormigón, en que la parte más baja de la puerta de acceso debe estar situada a 30 cm del suelo.

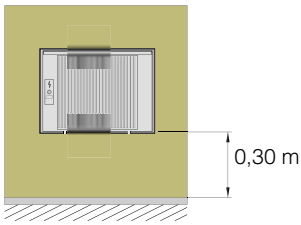


Fig. D3-002: *situación de las CGP en instalaciones subterráneas.*

Las cajas generales de protección y medida CGP y M

Son los elementos que alojan los dispositivos de protección de la línea general de distribución y los de medida (contadores).
Mantendrán las mismas características de instalación que las CGP pero con la condición de que las mirillas de visualización de los elementos de contaje, resistentes a los rayos ultravioleta, deben situarse a una altura del suelo de entre 0,7 m y 1,8 m.

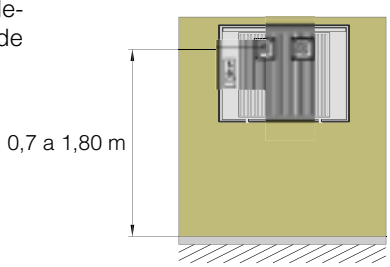


Fig. D3-003: *situación de las CGP y M.*

Las cajas generales de protección deberán satisfacer las normas de la empresa distribuidora de la energía.

El número de cajas y su potencia

El número de cajas y su potencia derivará del resultado de dividir la potencia a contratar por la potencia de la CGP, elegida por la empresa distribuidora.

Potencia de las CGP

En función de la tensión de suministro y de la intensidad de la CGP, podremos valorar la potencia aparente total que es capaz de proteger.

Cajas monofásicas (fase y neutro)

Tensión simple entre fase y neutro (U_0), en voltios (V).
Intensidad de empleo de la CGP (I_e), en amperios (A).
Potencia de empleo de la CGP, en kVA.

Cajas trifásicas (tres fases y neutro)

Tensión compuesta entre fases (U_e), en voltios (V).
Intensidad de empleo de la CGP (I_e), en amperios (A).
Potencia de empleo de la CGP, en kVA:

$$S_{CGP} = \sqrt{3} \cdot U_e \cdot I_e$$

El número de cajas a emplear

Será la potencia total a contratar partido por la potencia de la CGP:

$$N.°_{CGP} = \frac{T}{S_{CGP}}$$

No obstante, puede estar sometido a una revisión en función de:
- La estructura final de los suministros.
- El dimensionado de las líneas repartidoras.
- La disposición de los equipos de medida.

Potencias máximas admisibles en las CGP

Potencias CGP		
Intensidad de empleo I_e (A)	Monofásica U_e = 230 V kW	Trifásica U_e = 400 V kW
80	8,80	
100		31,5
160		40,0
250		100,0
400		125,0

Tabla D3-004: *potencias máximas de las CGP.*

Esquemas de las CGP

La asociación de las empresas distribuidoras UNESA, ha normalizado el tipo de esquema de las CGP, por medio de la Recomendación UNESA 1403 D.

Esquema n.° 1

Entrada de la acometida y salida para el abonado, por la parte inferior.
Fase con fusible y neutro seccionable.

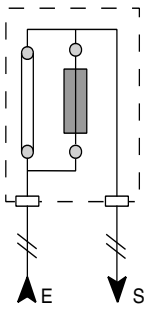


Fig. D3-005: *esquema n.° 1 CGP.*

Esquema n.° 7

Entrada de la acometida y salida para el abonado, por la parte inferior.
Tres fases con fusible y neutro seccionable.

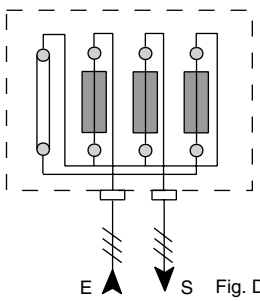


Fig. D3-006: *esquema n.° 7 CGP.*

Esquema n.° 9

Entrada de la acometida por la parte inferior y salida para el abonado por la parte superior.
Tres fases con fusible y neutro seccionable.

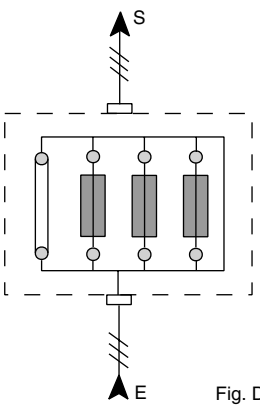


Fig. D3-007: *esquema n.° 9 CGP.*

Esquema n.° 10

Entrada y salida de la acometida por la parte inferior y salida para el abonado por la parte superior.
Tres fases con fusible y neutro seccionable. Doble número de bornes para la acometida.

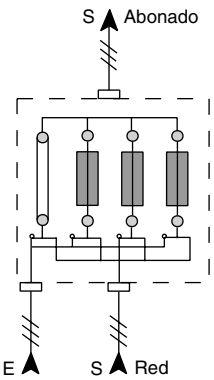


Fig. D3-008: *esquema n.° 10 CGP.*

Esquema n.° 11

Entrada y salida de la acometida por la parte inferior y salida para el abonado por la parte superior. Para dos abonados o líneas repartidoras.
Tres fases con fusible y neutro seccionable, para cada salida.

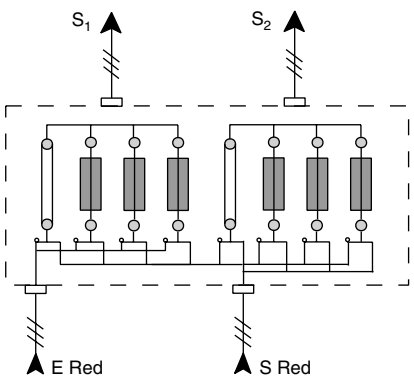


Fig. D3-009: *esquema n.° 11 CGP.*

Esquema n.° 12

Entrada de la acometida por la parte inferior y salida para el abonado por la parte inferior. Para dos abonados o líneas repartidoras.
Tres fases con fusible y neutro seccionable, para cada salida.

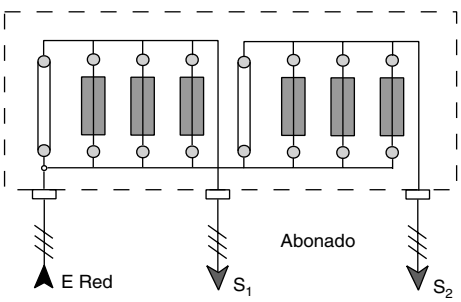


Fig. D3-010: *esquema n.° 12 CGP.*

Esquema n.° 14

Entrada y salida de la acometida por la parte inferior y salida para el abonado por la parte inferior. Doble número de bornes para la acometida. Para dos abonados o líneas repartidoras.

Tres fases con fusible y neutro seccionable, para cada salida.

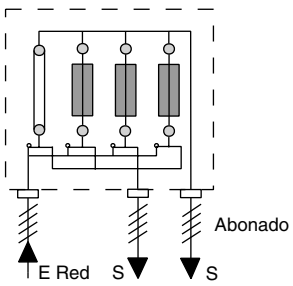


Fig. D3-011: *esquema n.° 14 CGP.*

Características

Material: resina de poliéster reforzada con fibra de vidrio, prensada y polimerizada para garantizar su estabilidad dimensional.

Color: gris claro UNE B-113, tintado de toda la masa.

Doble aislamiento: con protección interna de las fijaciones.

Fijación: desde el interior con tornillos o desde el exterior con fijaciones metálicas.

■ Modelo de 40 A

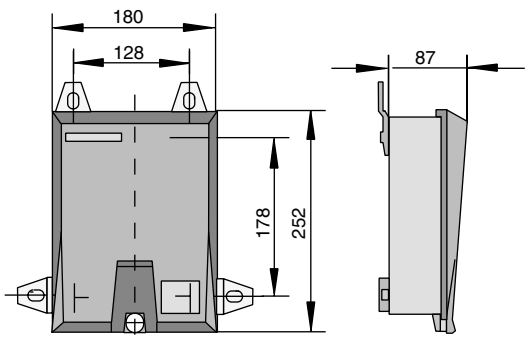


Fig. D3-012: *dimensiones CGP de 40 A.*

■ Modelo de 80 y 100 A

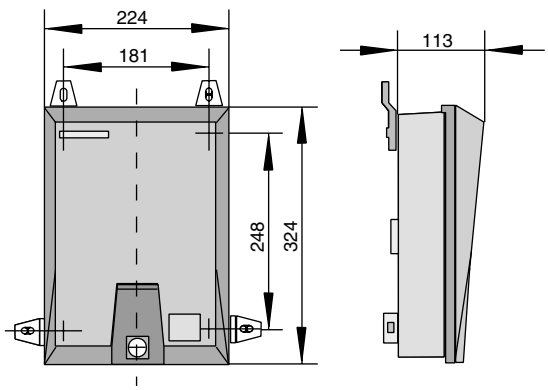


Fig. D3-013: *dimensiones CGP de 80 y 100 A.*

■ **Modelo de 160 A**

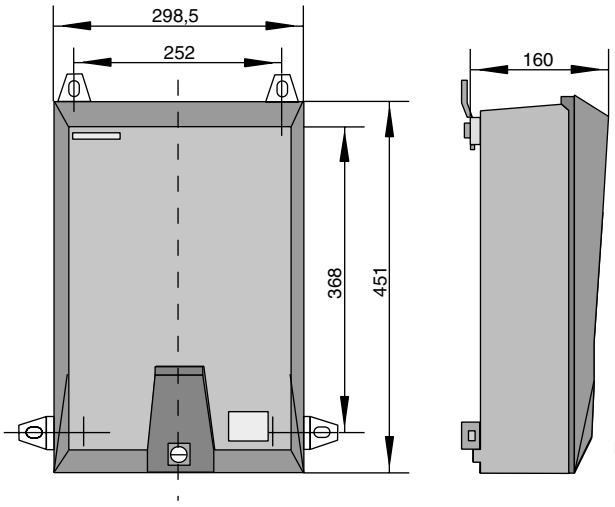


Fig. D3-014:
dimensiones CGP de 160 A.

■ **Modelo de 250 y 400 A**

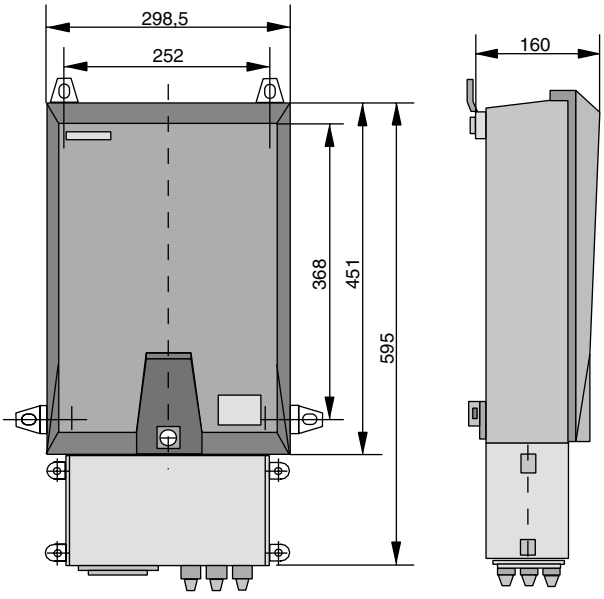


Fig. D3-015:
dimensiones CGP de 250 y 400 A.

Caja general de protección (CGP)																			
Referencias		**Esquemas**	**Bornes**	**Intensidad**	**Fig. D3**	ERZ.	FECSA	ENHER	HEC	H. DEL AMPURDAN	G.E.S.A.	UNELCO	UNION FENOSA	IBERDROLA	CSE SEVILLANA	VIESGO	H. DEL CANTABRICO	ZONA GALICIA
CGPH-	40/1-2	1-2	–	40	009													■
	40/1-2+2B	1-2	E	40	009													■
	40/1-2+4B	1-2	E+S	40	009						■							
	40/3-4+4B	3-4	E+S	40	009						■							
	40/7-8	7-8	–	40	009													■
	40/7-8+4B	7-8	E	40	009							■						■
	40/7-8+8B	7-8	E+S	40	009						■							
	80/1-2	1-2	–	80	011													■
	80/1-2+2B	1-2	E	80	011													■
	80/63 UN	–	–	63	011							■						
	80/63 NS+Carril	–	–	63	011							■						
	80/7-8	7-8	–	80	011													■
	80/7-8+4B	7-8	E	80	011						■							
	80/7-8+8B	7-8	E+S	80	011												■	
	80/9+8B	9	E+S	80	011													
	100/1-2	1-2	–	100	011													
	1-100/ID	1	–	100	011									■				
	100/7-8	7-8	–	100	011													
	100/7-8+4B	7-8	E	100	011													■
	100/7-8+8B	7-8	E+S	100	011							■					■	■
	100/7-C	7-8	E+S	100	011		■	■	■								■	
	100/7-8 VI	7-8	E+S	100	011											■		
	100/7 ID	7	–	100	011									■				
	160/7-8	7-8	–	160	010													
	160/7-8+4B	7-8	E	160	010													■
	160/7-8+8B	7-8	E+S	160	010						■	■						■
	160/7-C	7	E+S	160	010		■	■	■									
	7-160/ID	7	–	160	010									■				
	160/7-8 NR+4B+Botella	7-8	E	160	010											■		
	160/7-8 NR+8B+Botella	7-8	E+S	160	010											■		
	160/9	9	–	160	010													
	160/9-C	9	E+S	160	010		■	■	■									
	160/9+8B	9	E+S	160	010						■							
	160/14VI	9	E+S	160	010											■		
	250/7-8	7-8	–	250	012													
	250/7-8+4B	7-8	E	250	012													■
	250/7-8+8B	7-8	E+S	250	012						■	■				■		■
	250/7-C	7-8	E+S	250	012		■	■	■									
	7-250/ID	7	–	250	012									■				
	250/9-C	9	E+S	250	012		■	■	■									
	250/9+8B	9	E+S	250	012						■							
	250/10	10	–	250	012										■			
	250/12 ERZ	12	–	250	012	■												
	250/400/12	12	E+S	250	012													■
	250/14	14	–	250	012										■			
	250/14 VI	14	E+S	250	012											■		
	400/7-8	7-8	–	400	012													
	400/7-8+4B	7-8	E	400	012													■
	400/7-8+8B	7-8	E+S	400	012						■	■						■
	400/7-C	7	E+S	400	012		■	■	■									
	400/9-HC	7	E+S	400	012												■	
	400/9-C	9	E+S	400	012		■	■	■									
	400/9+4B+HC	9	E	400	012												■	
	400/14	14	–	400	012										■			
DSP-	9240/C	12	–	400	012		■		■									
	9240/HA	12	–	400	012					■								

Tabla D3-016: *cajas generales de protección homologadas por las empresas distribuidoras de la energía.*

3.1. Cajas generales de protección PN y PL

Armarios de poliéster prensado PN

Características:
■ Material: resina de poliéster reforzada con fibra de vidrio, prensada y polimerizada para garantizar su estabilidad dimensional.
■ Color: gris claro UNE B-113 (RAL-7032), tintado de toda la masa e inalterable a la intemperie.
■ Aislamiento: doble aislamiento, autoextinguible, gran resistencia al choque y a la temperatura.
■ Grado de protección: IP-43, IK-9 (CEI-529).

Ventilación: natural, excelente comportamiento a la intemperie; montaje saliente, empotrado o sobre zócalo.
■ Construcción:
□ tipo modular,
□ puertas con bisagra, apertura con giro a 90°; provistas, según el tipo, de mirillas transparentes. Resistentes a los rayos ultravioleta, con juntas de estanqueidad.
■ Aplicación: como envolvente de material eléctrico, principalmente para contadores eléctricos, gas o agua.

Armarios de poliéster prensado PL

Características:
■ Material: resina de poliéster reforzada con fibra de vidrio, prensada y polimerizada para garantizar su estabilidad dimensional.
■ Color: gris claro UNE B-113 (RAL-7032), tintado de toda la masa e inalterable a la intemperie.
■ Aislamiento: doble aislamiento, autoextinguible, gran resistencia al choque y a la temperatura.
■ Grado de protección: IP-55, IK-9 (CEI-529). Junta de estanqueidad de poliuretano espumado, alojada dentro de un perfil en U.
■ Cierre de triple acción con varillaje de perfil plano de aluminio.

Ventilación: natural, excelente comportamiento a la intemperie; montaje saliente o sobre zócalo.

Tejadillo de poliéster estratificado con laberinto y tela mosquitera.

Placa base de baquelita de color negro RAL-9005.

Cajas generales de protección modelo PN-55 de 250 y 400 A

Caja general de protección PN-55																			
Referencias	**Esquemas**	**Bornes**	**Intensidad A**	**Fig. D3-015**	ERZ.	FECSA	ENHER	HEC	H. DEL AMPURDAN	G.E.S.A.	UNELCO	UNION FENOSA	IBERDROLA	CSE SEVILLANA	VIESGO	H. DEL CANTABRICO	ZONA GALICIA
PN-55 G / DP I		E+S	250	■						■							
55 G / DP II		E+S	250	■						■							
55 G / DP III		E+S	250	■						■							
55 G / GP IV		E+S	250	■						■							
55 / ALS - 1		E+S	250	■							■						
55 / ALS - 2		E+S	250	■							■						
55 / ALS - 2 / 6,6		E+S	250	■							■						
55 / ALS - 3		E+S	250	■							■						
55 / ALS - 3 / 6,6		E+S	250	■							■						
55 / CGPH 250 / 10	10	E+S	250	■									■				
55 / CGPH 250 / 14	14	E+S	250	■									■				
55 / CGPH 400 / 10	10	E+S	400	■									■				
55 / CGPH 400 / 14	14	E+S	400	■									■				

Tabla D3-017: *cajas de protección PN-55 y las empresas que las utilizan.*

Cajas generales de protección modelo PN-57 de 250 A

Caja general de protección PN-57																	
Referencias	**Esquemas**	**Bornes**	**Intensidad A**	**Fig. D3-017**	ERZ.	FECSA	ENHER	HEC	H. DEL AMPURDAN	G.E.S.A.	UNELCO	UNION FENOSA	IBERDROLA	CSE SEVILLANA	VIESGO	H. DEL CANTABRICO	ZONA GALICIA
PN-57 / ALS - 1		E+S	250	■							■						
57 / ALS - 1 / 6,6		E+S	250	■							■						
57 / ALS - 2		E+S	250	■							■						
57 / ALS - 2 / 6,6		E+S	250	■							■						
57 / ALS - 3		E+S	250	■							■						
57 / ALS - 3 / 6,6		E+S	250	■							■						

Tabla D3-019: *cajas de protección PN-57 y las empresas que las utilizan.*

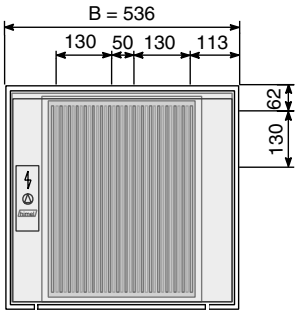


Fig. D3-018: *dimensiones de las CGP tipo PN-55.*

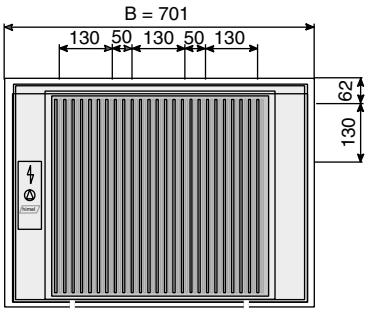
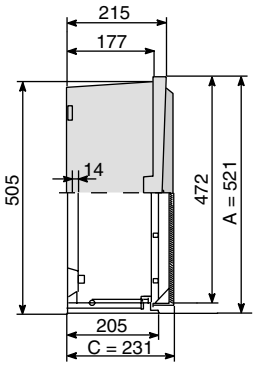


Fig. D3-020: *dimensiones de las CGP tipo PN-57.*



Cajas generales de protección modelo PN-57+57 de 250 A

Caja general de protección PN-57+57																	
Referencias	**Esquemas**	**Bornes**	**Intensidad A**	**Fig. D3-019**	ERZ.	FECSA	ENHER	HEC	H. DEL AMPURDAN	G.E.S.A.	UNELCO	UNION FENOSA	IBERDROLA	CSE SEVILLANA	VIESGO	H. DEL CANTABRICO	ZONA GALICIA
PN-57 + 57 / CSP - 10 E (10)	10	E+S	250	■	■												
57 + 57 / CSP - 10 EI (10)	10	E+S	250	■	■												
57 + 57 / CSP - 11 EA (11)	11	E+S	250	■	■												
57 + 57 / CSP - 11 EAI (11)	11	E+S	250	■	■												
57 + 57 / CSP - 11 EDI (11)	11	E+S	250	■	■												
57 + 57 / CSP - 14 E (14)	14	E+S	250	■	■												
57 + 57 / CSP - 14 EI (14)	14	E+S	250	■	■												

Tabla D3-021: *cajas de protección PN-57+57 y las empresas que las utilizan.*

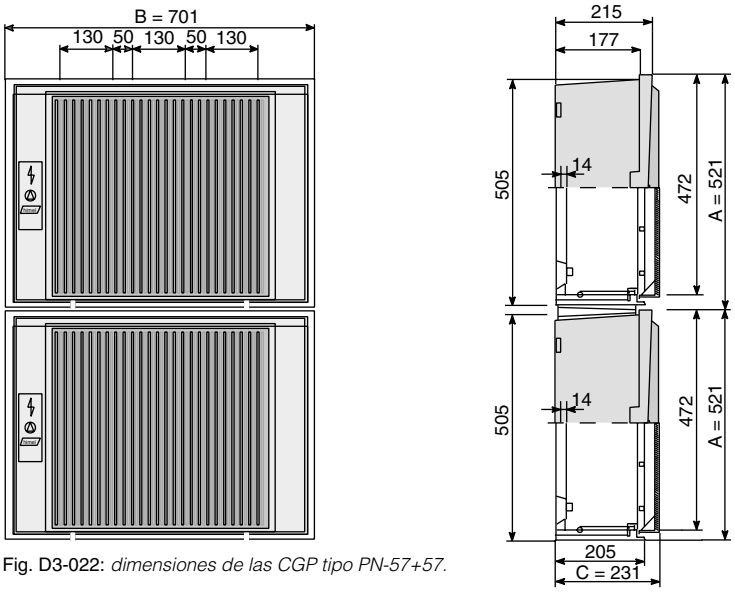


Fig. D3-022: *dimensiones de las CGP tipo PN-57+57.*

3.2. Las cajas de protección y seccionamiento

Cajas generales de protección y seccionamiento modelo PN-57 y PL de 250/400 A

Caja general de protección y seccionamiento PN-57T y PL-57T																	
Referencias	**Esquemas**	**Bornes**	**Intensidad A**	**Fig. D3**	ERZ.	FECSA	ENHER	HEC	H. DEL AMPURDAN	G.E.S.A.	UNELCO	UNION FENOSA	IBERDROLA	CSE SEVILLANA	VIESGO	H. DEL CANTÁBRICO	ZONA GALICIA
PN-57T / CS - 250		E+S	250	021									■				
57T / CS - 400		E+S	400	021									■				
PL-57T / CS - 250		E+S	250	022									■				
57T / CS - 400		E+S	400	022									■				

Tabla D3-023: *cajas de protección y seccionamiento PN-57T y PL-57T y las empresas que las utilizan.*

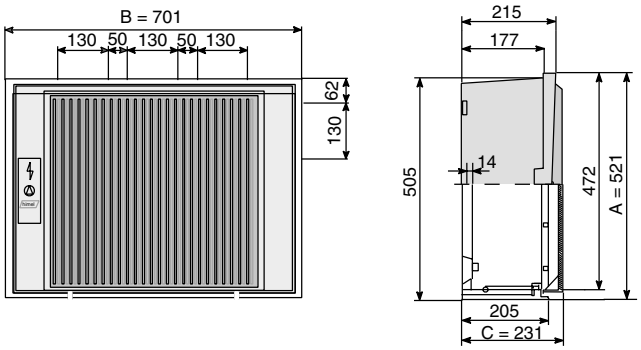


Fig. D3-024: *dimensiones de las CGP y seccionamiento tipo PN-57.*

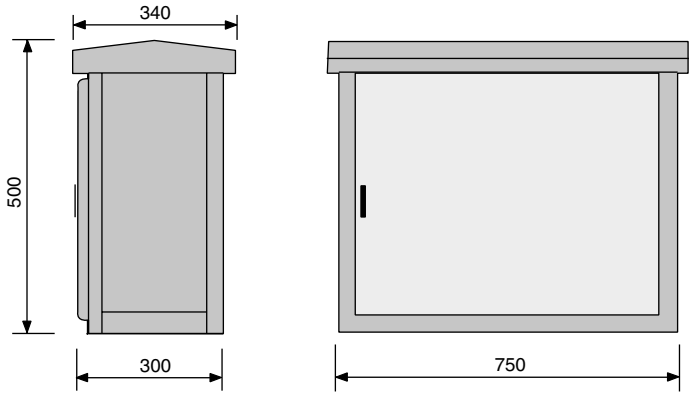


Fig. D3-025: *dimensiones de las CGP y seccionamiento tipo PL-57T.*

Cajas generales de protección y seccionamiento modelo PL-77 de 400 A

Caja general de protección y seccionamiento PL-77																		
Referencias	**Esquemas**	**Bornes**	**Intensidad A**	**Fig. D3-024**	ERZ.	FECSA	ENHER	HEC	H. DEL AMPURDAN	G.E.S.A.	UNELCO	UNION FENOSA	IBERDROLA	CSE SEVILLANA	VIESGO	H. DEL CANTABRICO	ZONA GALICIA
PL- 77TG / DP I		E+S	400	■						■							
77TG / DP II		E+S	400	■						■							
77TG / DP III		E+S	400	■						■							

Tabla D3-026: *armarios de protección y seccionamiento PL-77T y las empresas que los utilizan.*

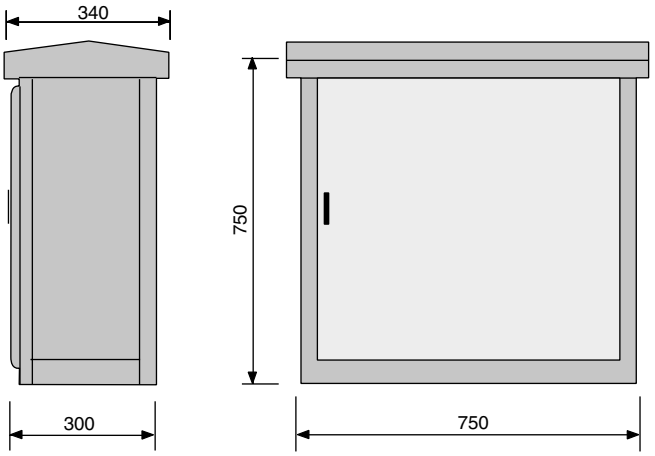


Fig. D3-027: *esquema para la caja de protección y medida PL-77TG.*

3.3. Los armarios de distribución

Armario de distribución modelo PL-105T

Armario de distribución PL-105T																	
Referencias	**Esquemas**	**Bornes**	**Intensidad A**	**Fig. D3-026**	ERZ.	FECSA	ENHER	HEC	H. DEL AMPURDAN	G.E.S.A.	UNELCO	UNION FENOSA	IBERDROLA	CSE SEVILLANA	VIESGO	H. DEL CANTABRICO	ZONA GALICIA
PL- 105T / ALS - 4 / 1			400	■							■						
105T / ALS - 4 / 2			400	■							■						
105T DU - 250			400	■		■											
105T 1 / 400 HEC			400	■				■									
105T 2 / 400 HEC			400	■				■									
105T 3 / 400 HEC			400	■				■									
105T 4 / 400 HEC			400	■				■									
105T 5 / 400 HEC			400	■				■									
105T 3 × 400 C - HC			400	■												■	
105T DI / 1 × 400			400	■			■										
105T DI / 2 × 400			400	■			■										
105T DI / 3 × 400			400	■			■										
105T DI / 4 × 400			400	■			■										
105T / VI			400	■											■		
105T / 2 × 400 C - HC			400	■												■	
105T / BTV - 2 × 250 UF			250	■								■					
105T / BTV - 2 × 400 UF			400	■								■					

Tabla D3-028: *armarios de distribución PL-105T y las empresas que los utilizan.*

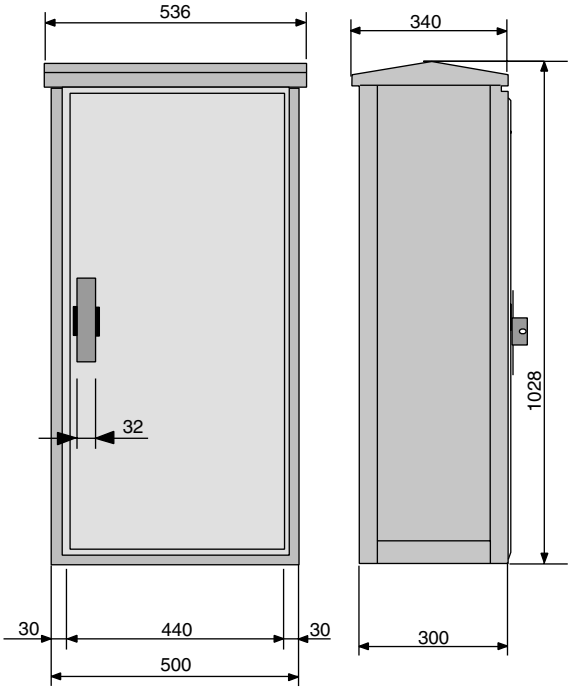


Fig. D3-029: *dimensiones de los armarios de distribución tipo PL-105T.*

Armario de distribución modelo PL-107T

Armario de distribución PL-107T																		
Referencias	**Esquemas**	**Bornes**	**Intensidad A**	**Fig. D3-028**	ERZ.	FECSA	ENHER	HEC	H. DEL AMPURDAN	G.E.S.A.	UNELCO	UNION FENOSA	IBERDROLA	CSE SEVILLANA	VIESGO	H. DEL CANTABRICO	ZONA GALICIA
PL- 107T / BTV - 3 × 250 UF			250	■								■					
107T / BTV - 3 × 400 UF			400	■								■					
107T / BTV - 4 × 250 UF			250	■								■					
107T / BTV - 4 × 400 UF			400	■								■					
107T / VI			400	■											■		
107T / ALS - 5 / 1			400	■							■						

Tabla D3-030: *armarios de distribución PL-107T y las empresas que los utilizan.*

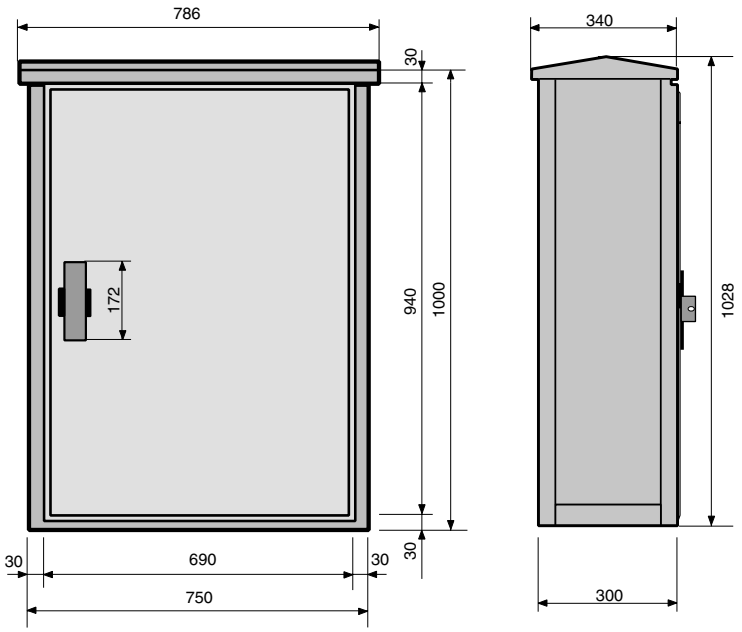


Fig. D3-031: *dimensiones de los armarios de distribución tipo PL-107T.*

Armario de distribución modelo PL-1010T

Armario de distribución PL-1010T/2P																	
Referencias	**Esquemas**	**Bornes**	**Intensidad A**	**Fig. D3-030**	ERZ.	FECSA	ENHER	HEC	H. DEL AMPURDAN	G.E.S.A.	UNELCO	UNION FENOSA	IBERDROLA	CSE SEVILLANA	VIESGO	H. DEL CANTABRICO	ZONA GALICIA
PL- 1010T / BTV - 5 × 250 - UF			250	■								■					
1010T / BTV - 5 × 400 - UF			400	■								■					
1010T / BTV - 6 × 250 - UF			250	■								■					
1010T / BTV - 6 × 400 - UF			400	■								■					

Tabla D3-032: *armarios de distribución PL-1010T/BTV y las empresas que los utilizan.*

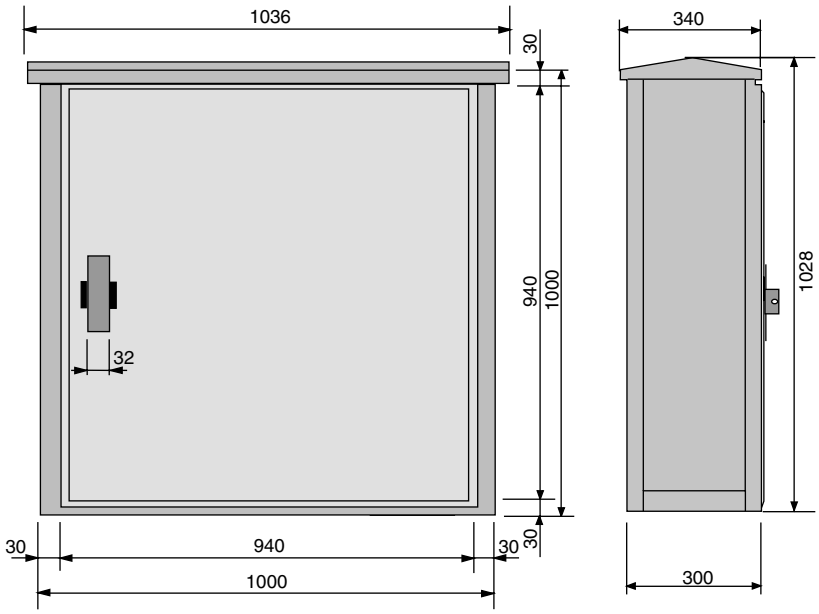


Fig. D3-033: *dimensiones de los armarios de distribución tipo PL-1010T.*

Armario de distribución modelo PL-55+105

Armario de distribución PL-55+105																		
Referencias	**Esquemas**	**Bornes**	**Intensidad A**	**Fig. D3-032**	ERZ	FECSA	ENHER	HEC	H. DEL AMPURDAN	G.E.S.A.	UNELCO	UNION FENOSA	IBERDROLA	CSE SEVILLANA	VIESGO	H. DEL CANTABRICO	ZONA GALICIA
PL- 55T + 105 / 2 × 400 C - HC			400	■												■	
55T + 105 / 3 × 400 C - HC			400	■												■	

Tabla D3-034: *armarios de distribución PL-55+105 y las empresas que los utilizan.*

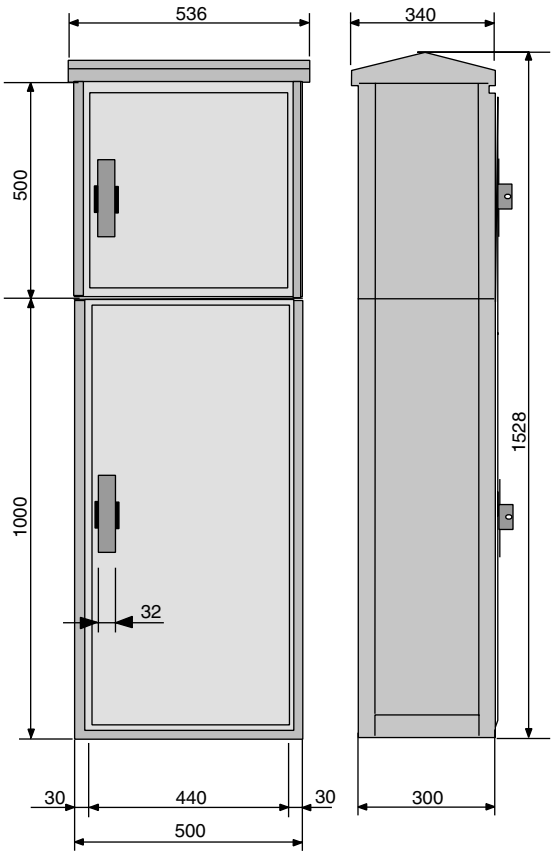


Fig. D3-035: *dimensiones de los armarios de distribución tipo PL-55T+105.*

Armario de distribución y medida modelo PL-77T+57

Armarios de distribución y medida																		
Referencias	**Esquemas**	**Bornes**	**Intensidad A**	**Fig. D3-034**	ERZ.	FECSA	ENHER	HEC	H. DEL AMPURDAN	G.E.S.A.	UNELCO	UNION FENOSA	IBERDROLA	CSE SEVILLANA	VIESGO	H. DEL CANTABRICO	ZONA GALICIA
PL- 77T + 57 D4 / HC	1		250	■												■	
77T + 57 PD4 / HC	2		250	■												■	

Tabla D3-036: *armarios de distribución PL-77T+57 y las empresas que los utilizan.*

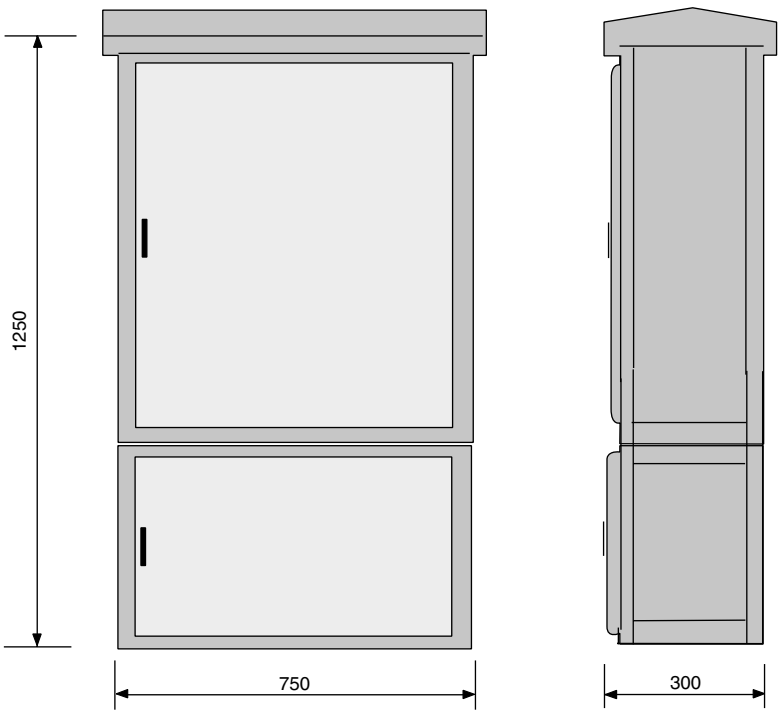


Fig. D3-037: *dimensiones de los equipos de protección PL-77T+57.*

Fig. 1

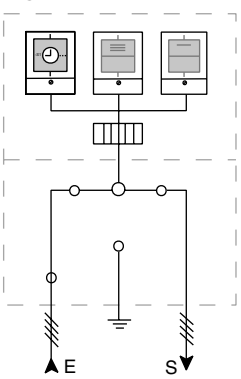


Fig. D3-038: *esquema (1) de los equipos de protección y medida PL-77T+57.*

Fig. 2

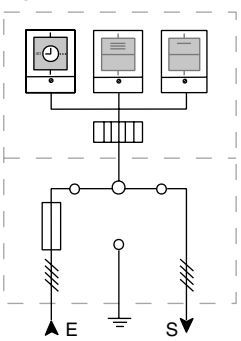


Fig. D3-039: *esquema (2) de los equipos de protección y medida PL-77+57.*

3.4. Armario de distribución para suministros provisionales

Armario de distribución modelo PL-75T

Caja general de protección																	
Referencias	**Esquemas**	**Bornes**	**Intensidad A**	**Fig. D3-038**	ERZ.	FECSA	ENHER	HEC	H. DEL AMPURDAN	G.E.S.A.	UNELCO	UNION FENOSA	IBERDROLA	CSE SEVILLANA	VIESGO	H. DEL CANTABRICO	ZONA GALICIA
PL- 75T/FEREN			DIN-1	■			■										

Tabla D3-040: *armarios de distribución PL-75T/FEREN y las empresas que los utilizan.*

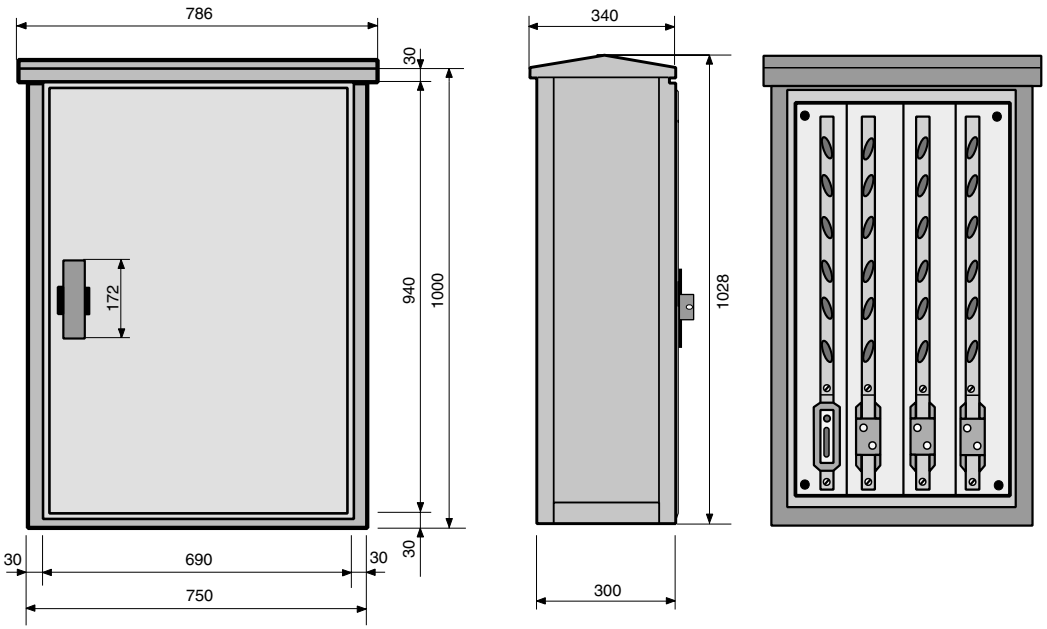


Fig. D3-041: *dimensiones de los armarios de distribución tipo PL-75T/FEREN.*

4. Los equipos de protección y medida

Descripción
Podemos distinguir dos tipos:
Los equipos individuales:
■ Los de lectura directa, baja potencia.
■ Los de lectura indirecta, gran potencia.
Las centralizaciones de contadores.

4.1. Los equipos individuales

En función de su colocación podrán ser:
■ **Los exteriores:**
□ Los exteriores empotrados. Se construyen con cajas PN (descritas en la pág. D/60).
□ Los exteriores con tejadillo. Se construyen con cajas PL (descritas en la pág. D/60).
■ **Los interiores:**
■ Se construyen con cajas del sistema modular:
□ Cajas de poliéster reforzado con fibra de vidrio color RAL-7032.
□ Tapas de policarbonato transparentes, protegidas a los efectos de envejecimiento de los rayos ultravioleta.
□ Placas base de montaje, de baquelita prensada.
□ Sistema modular, de montaje rápido, con un reducido número de accesorios para su montaje.
□ Grado de protección IP-43 según UNE 20.324.

En función del grado de resistencia al fuego
■ Cumplen con el ensayo de inflamabilidad, según la UNE-EN 60.695-2-1:
□ Grado de 960 °C para las partes en contacto con conductores activos.
□ Grado de 850 °C para las envolventes sin contacto con partes activas.

Las protecciones
Se realizan con fusibles, que podrán ser UTE, Neozed o DIN, en función de la potencia y la normativa de la empresa suministradora de energía.

Los bornes y las regletas de comprobación
Corresponden a los especificados por cada empresa suministradora de energía.

Las placas de montaje
Están mecanizadas de conformidad a los contadores, relojes, maxímetros, transformadores de intensidad, interruptores y fusibles, de conformidad a las especificaciones de las empresas suministradoras de la energía.

El cableado
Corresponde a las dimensiones y color, especificado por las normas y las recomendaciones UNESA y cumplen las características especificadas en la norma UNE 21.027-9 o la UNE 21.100-2, según la naturaleza.

Los sistemas de ventilación
Deberán estar proporcionados en función de las pérdidas de los conductores, en el interior de la envolvente y mantener el grado de protección especificado.

El precintado
Las cajas permiten mantener el control de su manipulación y el precintado de las mismas.

Los equipos de protección y medida individuales o dobles

Equipos de protección y medida PN-34

Equipos de protección y medida																		
Referencias	**Fusibles**		**Esquema D4**	**Fig. D4-002**	ERZ.	FECSA	ENHER	HEC	H. DEL AMPURDAN	G.E.S.A.	UNELCO	UNION FENOSA	IBERDROLA	CSE SEVILLANA	VIESGO	H. DEL CANTABRICO	ZONA GALICIA
	UTE	**Diazed**															
PN-34 C / D2-C BL			003	■		■	■	■									
34 G / 1M			003	■						■							
34 / ERZ			003	■	■												
34 / 2ML / P2M			003	■							■				■	■	
34 / UNION			003	■								■					
34 / 2ML / UNION			003	■								■					
34 / 2ML / P2M / UNION			003	■								■					
34 / 2ML / CPM1-D2			003	■									■				
34 / 2ML / CPM1-D2-N			003	■									■				
34 / 2ML / P2M-VI			003	■											■		
34 D2/HC			003	■												■	
34 D2/G			003	■													■
SE- 1M / PN - 34			003	■										■			
2M / PN - 34			003	■										■			

Tabla D4-001: *equipos de distribución PN-34 y las empresas que los utilizan.*

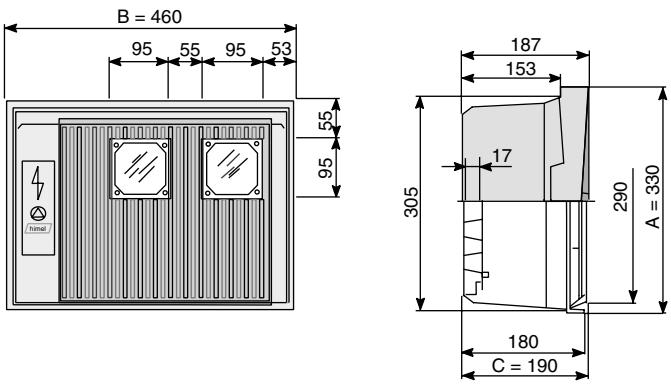


Fig. D4-002: *dimensiones de los equipos de protección y medida PN-34.*

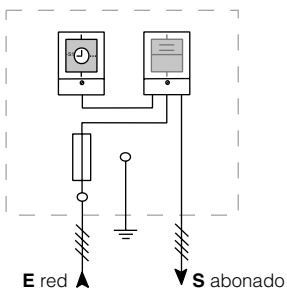


Fig. D4-003: *esquema de los equipos de protección y medida PN-34.*

Equipos de protección y medida PN-52

Equipos de protección y medida																	
Referencias	**Fusibles**		**Esquema D4**	**Fig. D4-005**	ERZ.	FECSA	ENHER	HEC	H. DEL AMPURDAN	G.E.S.A.	UNELCO	UNION FENOSA	IBERDROLA	CSE SEVILLANA	VIESGO	H. DEL CANTABRICO	ZONA GALICIA
	UTE	**Diazed**															
PN-52 C / S2 - CBL			006	■		■	■	■									
52 G / 1 M			006	■						■							
52 / P1TM			006	■							■				■	■	
52 / P1TM / CAN			006	■							■						
52 / P1M - VI			006	■											■		
52 S2 / HC			006	■												■	
52 S4 / HC			006	■												■	
SE- 1T / PM - 52			006	■										■			
2T / PM - 52			006	■										■			

Tabla D4-004: *equipos de distribución PN-52 y las empresas que los utilizan.*

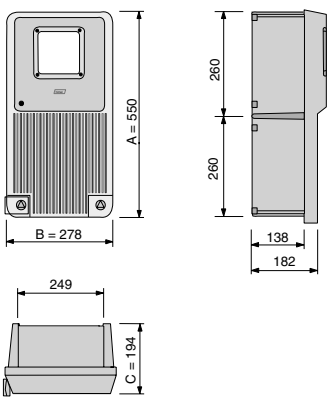


Fig. D4-005: *dimensiones de los equipos de protección y medida PN-52.*

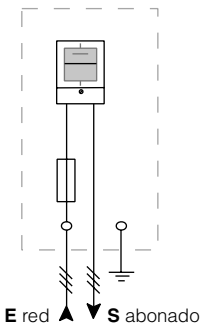


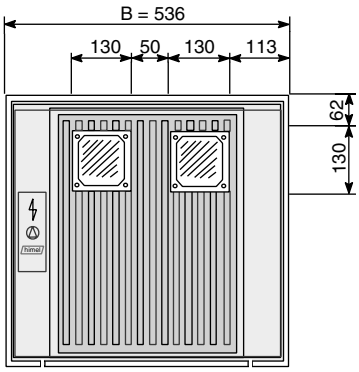
Fig. D4-006: *esquema de los equipos de protección y medida PN-52.*

Equipos de protección y medida PN-55

Equipos de protección y medida PN-55																		
Referencias	**Fusibles**		**Esquema**	**Fig.**	ERZ.	FECSA	ENHER	HEC	H. DEL AMPURDAN	G.E.S.A.	UNELCO	UNION FENOSA	IBERDROLA	CSE SEVILLANA	VIESGO	H. DEL CANTABRICO	ZONA GALICIA
	UTE	**Neozed**															
PN-55 C / D4 - CBL	■		1	A		■	■	■									
55 G / 3M	■		1	A						■							
55 G / 1TM	■		1	A						■							
55 / ERZ	■		1	A	■												
55 / 2ML / CPM1 - D2	■		1	A									■				
55 / 2ML / CPM2 - D4	■		1	A									■				
55 / 2ML / CPM1 - D2 - N		■	1	A									■				
55 / 2ML / CPM2 - D4 - N		■	1	A									■				
55 / 2ML / P2TM - VI	■		1	A											■		
55 / 3ML / P3M + PODP - VI	■		2	B											■		
55 / D4 / HC	■		1	A												■	
55 / D4 / G		■	1	A													■

Tabla D4-007: *equipos de protección y medida PN-55 y las empresas que los utilizan.*

Figura A



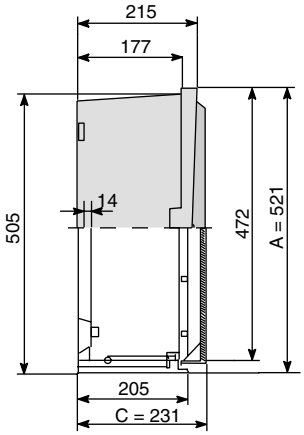


Fig. D4-008: *dimensiones de los equipos de protección y medida PN-55, figura A.*

Esquema 1

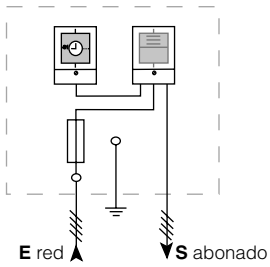
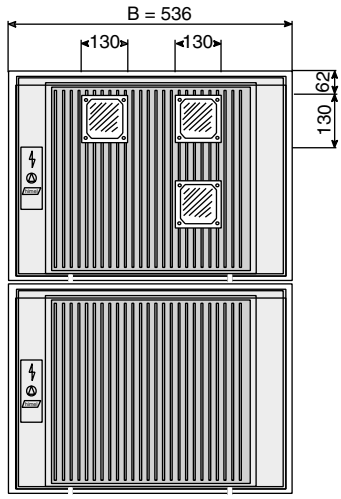


Fig. D4-009: *esquema (1) de los equipos de protección y medida PN-55.*

Figura B



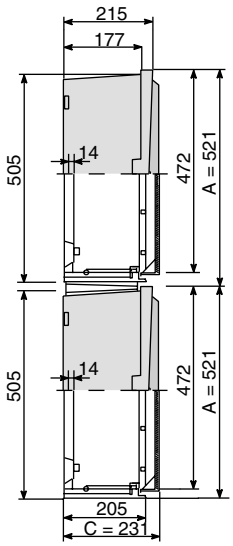


Fig. D4-010: *dimensiones de los equipos de protección y medida PN-55, figura B.*

Esquema 2

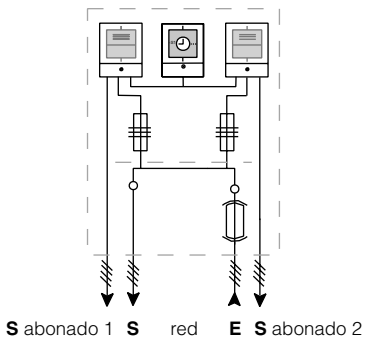


Fig. D4-011: *esquema (2) de los equipos de protección y medida PN-55.*

Equipos de protección y medida PN-57

Equipos de protección y medida																	
Referencias	**Fusibles**		**Esquema**	**Fig.**	ERZ.	FECSA	ENHER	HEC	H. DEL AMPURDAN	G.E.S.A.	UNELCO	UNION FENOSA	IBERDROLA	CSE SEVILLANA	VIESGO	H. DEL CANTABRICO	ZONA GALICIA
	UTE	**Neozed**															
PN-57 / ERZ	■		3	C	■												
57 / URB - 3	■		2	B+C	■												
57 / URB - 7	■		2	B+C	■												
57 / URB - 3 - M	■		2	C+C	■												
57 / URB - 7 - M	■		2	C+C	■												
57 / URB - 3 - DS	■		2	B+C	■												
57 / URB - 7 - DS	■		2	B+C	■												
57 / C / D4 - CBL	■		3	B		■	■	■									
57 / 3ML / CPM3 - D4		■	3	B									■				
57 / 3ML / CPM3 - D4 N		■	3	B									■				
57 / 3ML / CPM3 - D2 / 2		■	2	B									■				
57 / 3ML / CPM3 - D2 / 2 + CS - 250		■	1+2	B+C									■				
57 / 2S2 / HC	■		2	A												■	
57 / D4 / G	■		3	B													■
57 / D4 / HC	■		3	B												■	

Tabla D4-012: *equipos de protección y medida PN-57 y las empresas que los utilizan.*

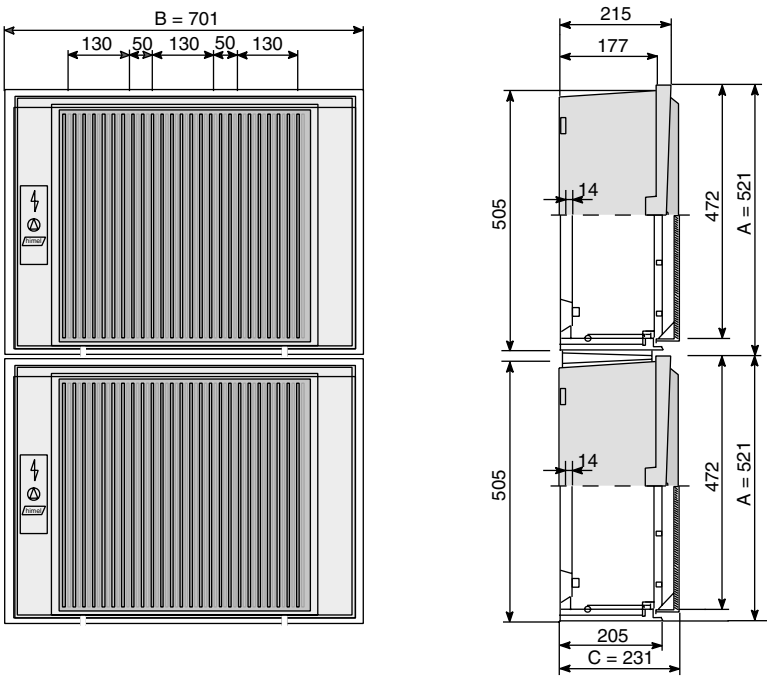


Fig. D4-013: *dimensiones de los equipos de protección y medida PN-57, en soluciones dobles (B+C), (C+C).*

Figura A

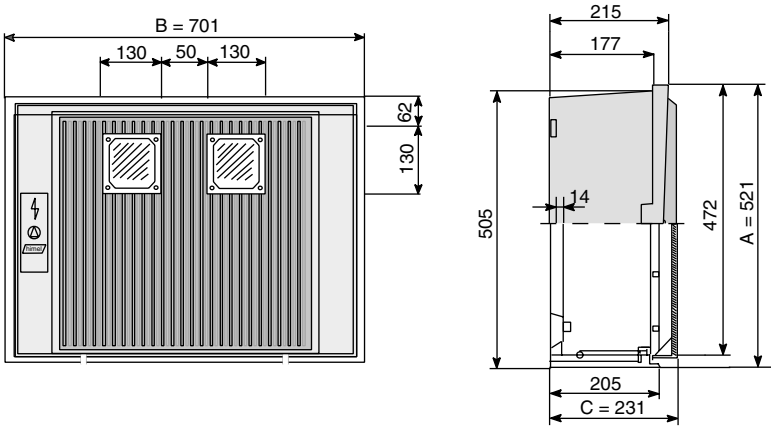


Fig. D4-014: *dimensiones de los equipos de protección y medida PN-57, figura A.*

Figura B

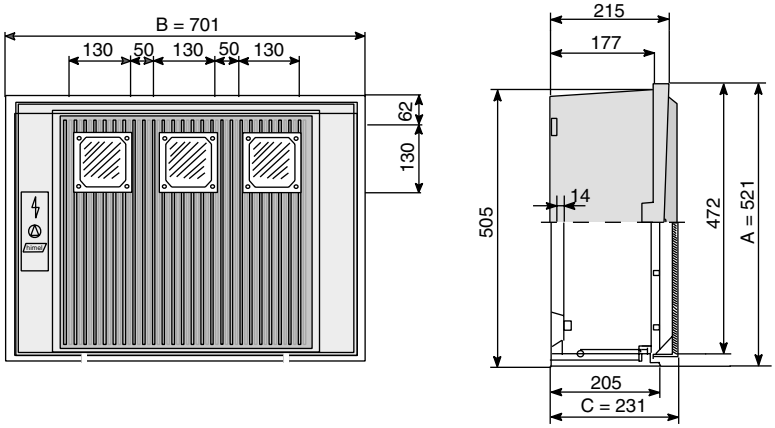


Fig. D4-015: *dimensiones de los equipos de protección y medida PN-57, figura B.*

Figura C

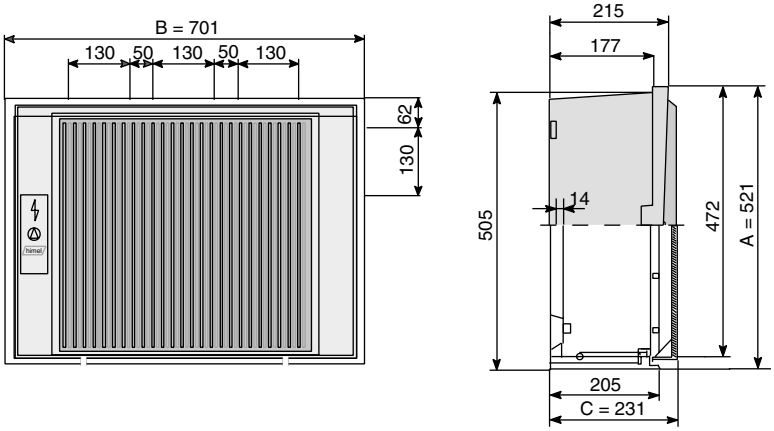


Fig. D4-016: *dimensiones de los equipos de protección y medida PN-57, figura C.*

Esquema 1

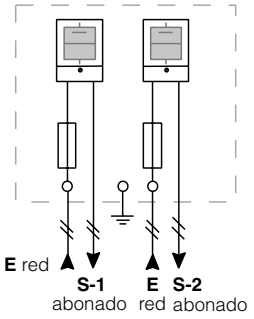


Fig. D4-017: *esquema (1) de los equipos de protección y medida PN-57.*

Esquema 2

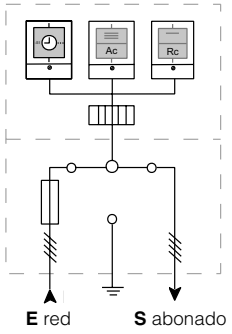


Fig. D4-018: *esquema (2) de los equipos de protección y medida PN-57.*

Esquema 3

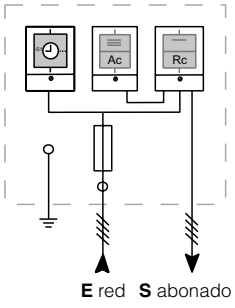


Fig. D4-019: *esquema (3) de los equipos de protección y medida PN-57.*

Equipos de protección y medida PN-34, PN-55, PN-57 y PN 57+57

Equipos de protección y medida																			
Referencias	Fusibles DIN					ERZ.	FECSA	ENHER	HEC	H. DEL AMPURDAN	G.E.S.A.	UNELCO	UNION FENOSA	IBERDROLA	CSE SEVILLANA	VIESGO	H. DEL CANTABRICO	ZONA GALICIA
	UTE	Base	Cartucho	Esquema	Fig.													
PN-57 / 3ML + 57 / CMT - 300				1	C									■				
57 + 57 / CMT - 300				1	B+B									■				
57 / 3ML + 57 / CPMT - 300		1	250	2	C									■				
57 + 57 / CPMT - 300		1	250	2	B+B									■				
57 + 57 D4 / HC				1	C												■	
57 + 57 PD4 / HC		1	250	2	C												■	
57 + 57 D4G				1	C													■
CU-1M / 95	■			7	F+G										■			
1M / 150	■			7	F+G										■			
1M / 240	■			7	F+G										■			
2M / 95	■			5	F+G										■			
2M / 150	■			5	F+G										■			
2M / 240	■			5	F+G										■			
1T / 95	■			6	H+G										■			
1T / 150	■			6	H+G										■			
1T / 240	■			6	H+G										■			
2T / 95	■			4	2H+G										■			
2T / 150	■			4	2H+G										■			
2T / 240	■			4	2H+G										■			
SE-160 ST / PN		0	160	3	D+E										■			
160 DT / PN		0	160	2	C										■			
250 ST / PN		1	250	3	D+E										■			
250 DT / PN		1	250	2	C										■			
400 ST / PN		2	400	3	D+E										■			
400 DT / PN		2	400	2	C										■			

Tabla D4-020: *equipos de protección y medida PN-34, PN-55, PN-57, PN-57+57 y las empresas que los utilizan.*

Figura B

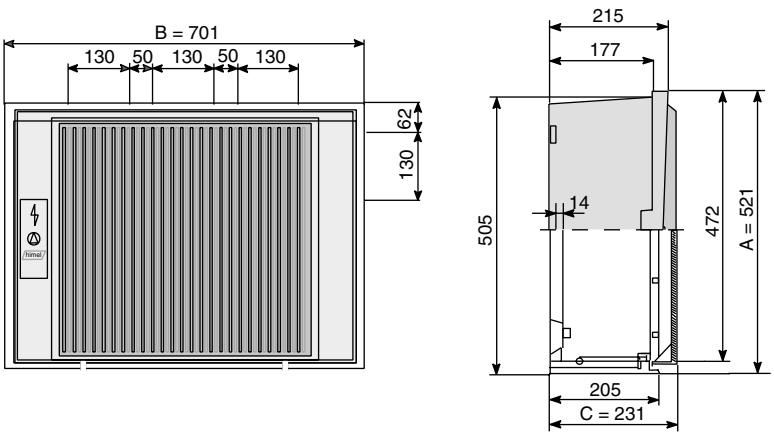


Fig. D4-021: *dimensiones de los equipos de protección y medida PN-57.*

Figura C

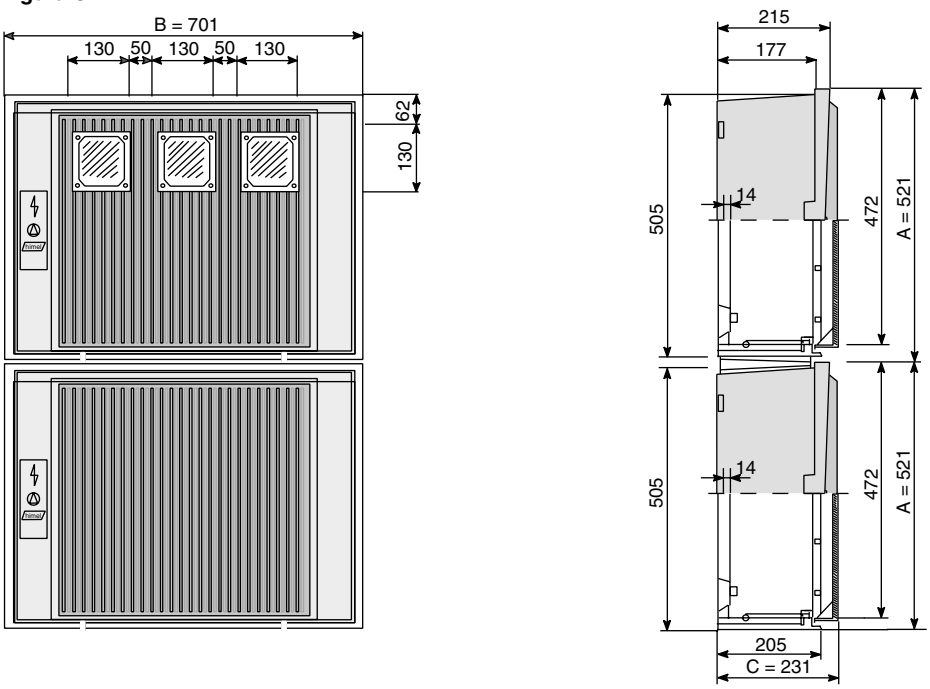


Fig. D4-022: *dimensiones de los equipos de protección y medida PN-57/ML+57.*

Figura D

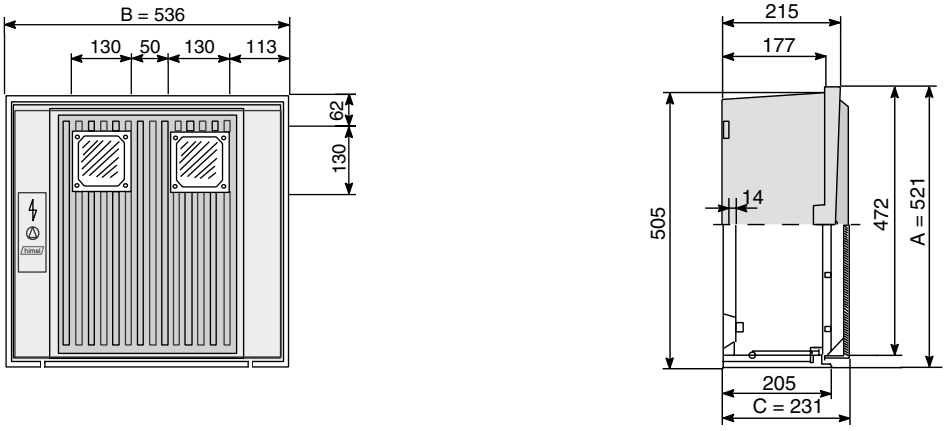


Fig. D4-023: *dimensiones de los equipos de protección y medida PN-55/2 ML.*

Figura E

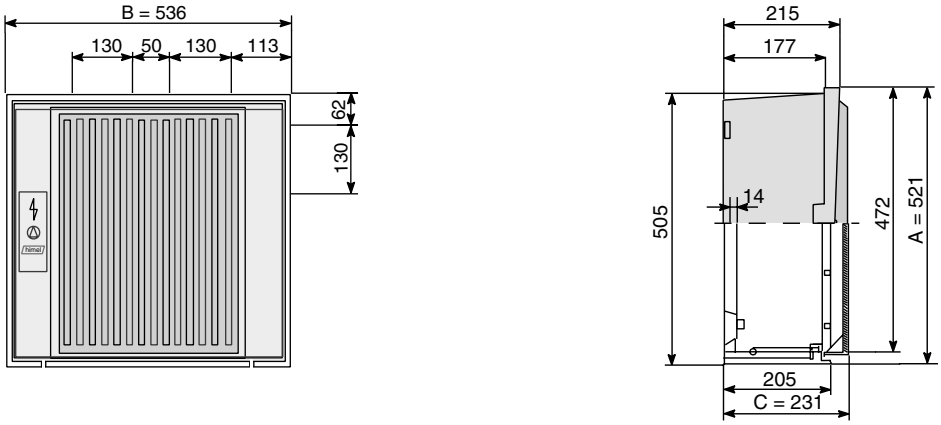


Fig. D4-024: *dimensiones de los equipos de protección y medida PN-55.*

Figura F

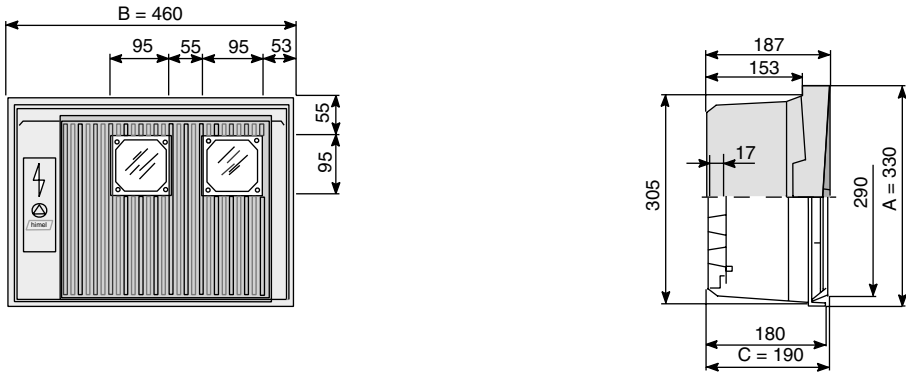


Fig. D4-025: *dimensiones de los equipos de protección y medida PN-34/2 ML.*

Figura G

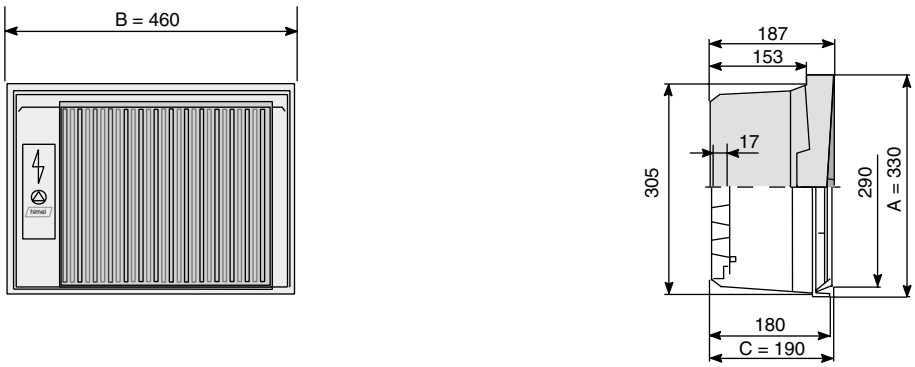


Fig. D4-026: *dimensiones de los equipos de protección y medida PN-34.*

Figura H

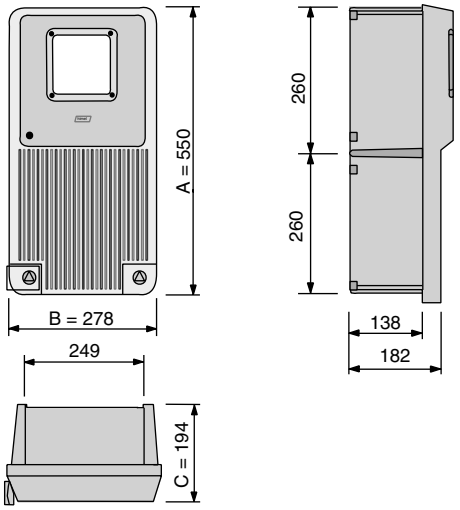


Fig. D4-027: *dimensiones de los equipos de protección y medida PN 52/ML.*

Esquema 1

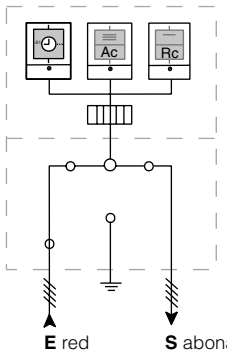


Fig. D4-028: *esquema (1) de los equipos de protección y medida PN-34, PN-55, PN-57, PN-57+57.*

Esquema 2

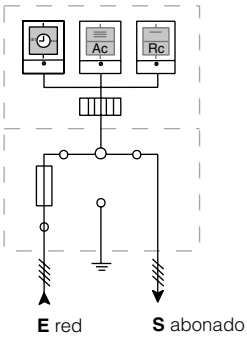


Fig. D4-029: *esquema (2) de los equipos de protección y medida PN-34, PN-55, PN-57, PN-57+57.*

Esquema 3

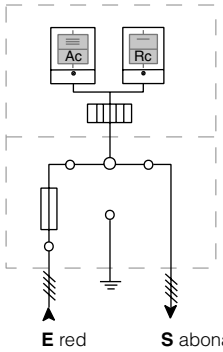


Fig. D4-030: *esquema (3) de los equipos de protección y medida PN-34, PN-55, PN-57, PN-57+57.*

Esquema 4

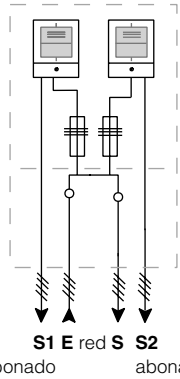


Fig. D4-031: *esquema (4) de los equipos de protección y medida PN-34, PN-55, PN-57, PN-57+57.*

Esquema 5

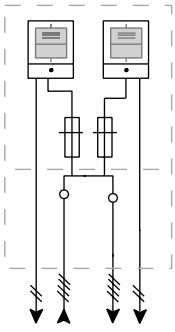


Fig. D4-032: *esquema (5) de los equipos de protección y medida PN-34, PN-55, PN-57, PN-57+57.*

Esquema 6

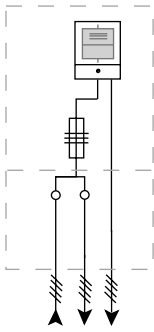


Fig. D4-033: *esquema (6) de los equipos de protección y medida PN-34, PN-55, PN-57, PN-57+57.*

Esquema 7

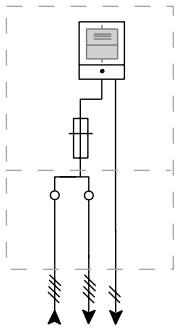


Fig. D4-034: *esquema (7) de los equipos de protección y medida PN-34, PN-55, PN-57, PN-57+57.*

Equipos de protección y medida PL-55

Equipos de protección y medida PL-55																		
Referencias	**Fusibles**		**Esquema D4**	**Fig.**	ERZ.	FECSA	ENHER	HEC	H. DEL AMPURDAN	G.E.S.A.	UNELCO	UNION FENOSA	IBERDROLA	CSE SEVILLANA	VIESGO	H. DEL CANTABRICO	ZONA GALICIA
	UTE	**Neozed**															
PL- 55T / CPM - VM - UF	■		038	A								■					
55T / CPM - VM - UF (200 V)	■		038	A								■					
55T / CPM - VT - UF	■		038	A								■					
55T / CPM1 - D2		■	038	B									■				
55T / 200 / CPM 1D-2		■	038	B									■				
55T / CPM2 - D4		■	038	B									■				
55T / 200 / CPM2 - DA		■	038	B									■				

Tabla D4-035: *equipos de protección y medida PL-55 y las empresas que los utilizan.*

Figura A

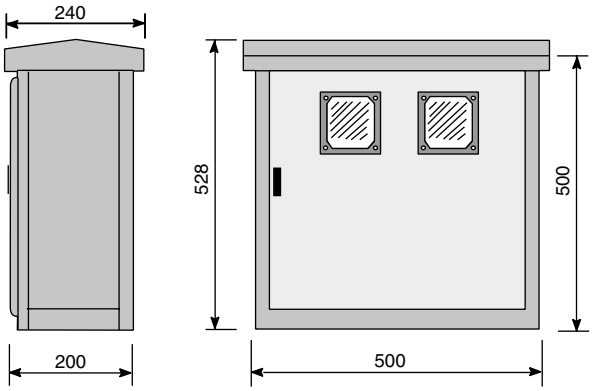


Fig. D4-036: *dimensiones de los equipos de protección y medida PL-55T.*

Figura B: X = 350

Figura C: X = 250

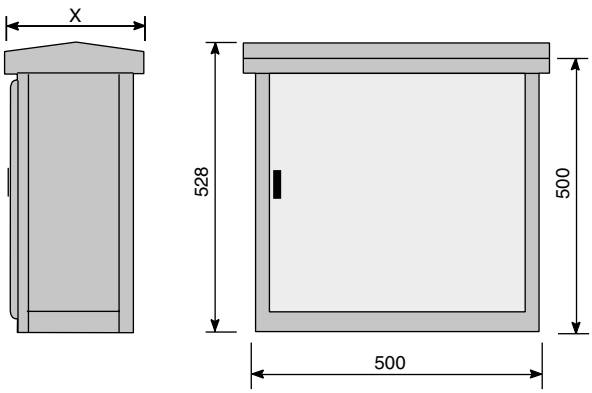


Fig. D4-037: *dimensiones de los equipos de protección y medida PL-55T.*

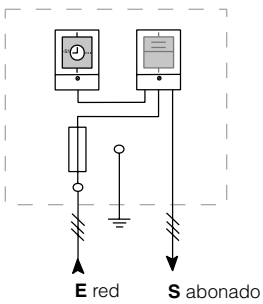


Fig. D4-038: *esquema de los equipos de protección y medida PL-55.*

Equipos de protección y medida PL-57T

Equipos de protección y medida PL-57T																		
Referencias	**Fusibles**		**Esquema**	**Fig.**	ERZ.	FECSA	ENHER	HEC	H. DEL AMPURDAN	G.E.S.A.	UNELCO	UNION FENOSA	IBERDROLA	CSE SEVILLANA	VIESGO	H. DEL CANTABRICO	ZONA GALICIA
	DIN	**Neozed**															
PL- 57T / CPM3 - D4 - N		■	1	A									■				
57T / CPM3 - D2 / 2		■	2	A									■				
57T / CPM3 - D2 / 2 + CS - 250	250	■	3	B									■				
57T / CPM3 - D2 / 2 + CS - 400	400	■	3	B									■				

Tabla D4-039: *armarios de protección y medida PL-57T y las empresas que los utilizan.*

Figura A

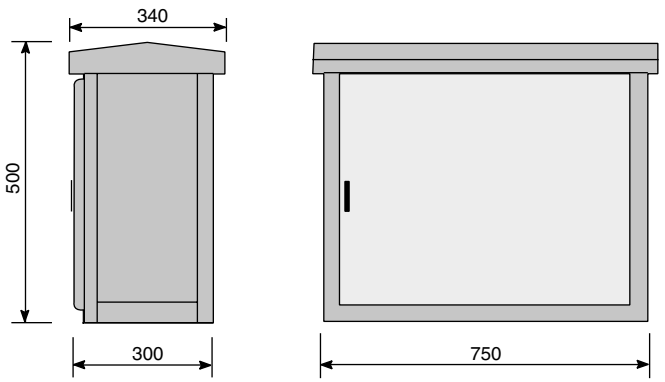


Fig. D4-040: *dimensiones de los equipos de protección y medida PL-57T.*

Figura B

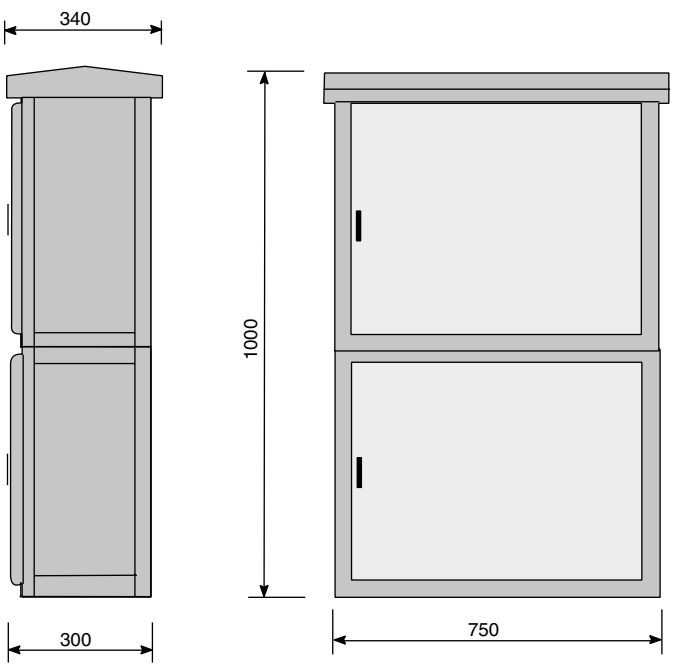


Fig. D4-043: *dimensiones de los equipos de protección y medida PL-57+57T.*

Esquema 1

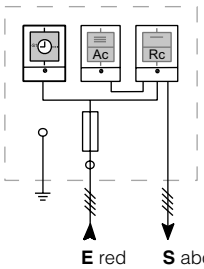


Fig. D4-041: *esquema (1) de los equipos de protección y medida PL-57T.*

Esquema 2

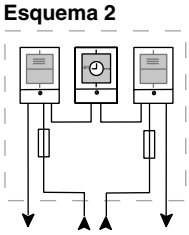


Fig. D4-042: *esquema (2) de los equipos de protección y medida PL-57T.*

Esquema 3

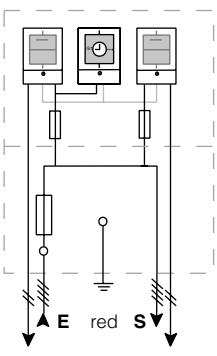


Fig. D4-044: *esquema (3) de los equipos de protección y medida PL-57+57T.*

Equipos de protección y medida PL-77T

Equipos de protección y medida PL-77T																					
Referencias	**Fusibles**				**Esquema**	**Fig**	ERZ.	FECSA	ENHER	HEC	H. DEL AMPURDAN	G.E.S.A.	UNELCO	UNION FENOSA	IBERDROLA	CSE SEVILLANA	VIESGO	H. DEL CANTABRICO	ZONA GALICIA
	UTE	**Diazed**	**NH**																		
PL- 77T / A - TRDIP - UF (63 A)	■				1	A								■					
77T / A - TRDIP - UF (100 A)	■				1	A								■					
77T / CPM3 - D4 / 4		■			2	A									■				
77T / CPM3 - D4 / 4 + CS-250		■	1	250	3	B									■				
77T / CPM3 - D4 / 4 + CS-400		■	2	400	3	B									■				

Tabla D4-045: *equipos de protección y medida PL-77T y las empresas que los utilizan.*

Figura A

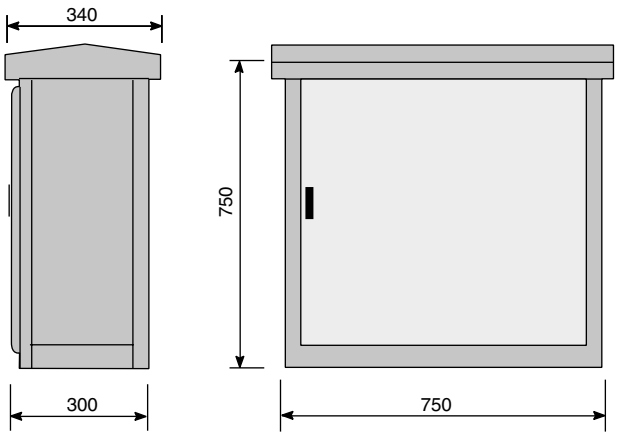


Fig. D4-046: *dimensiones de los equipos de protección y medida PL-77T.*

Figura B

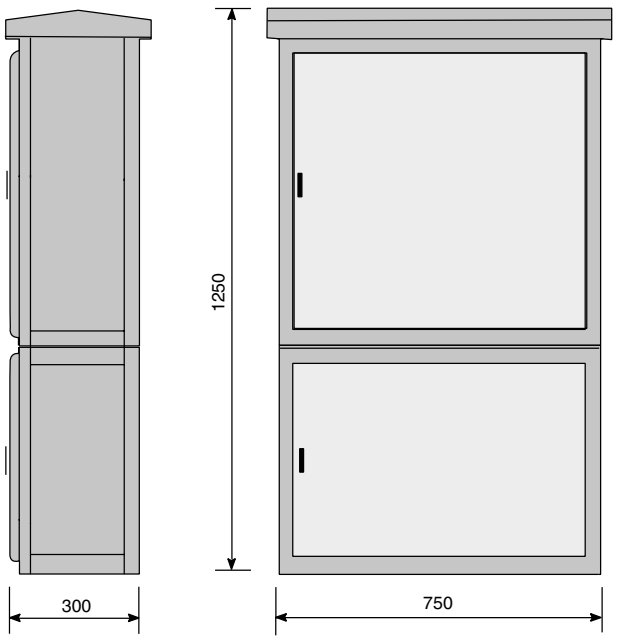


Fig. D4-049: *dimensiones de los equipos de protección y medida PL-77T.*

Esquema 1

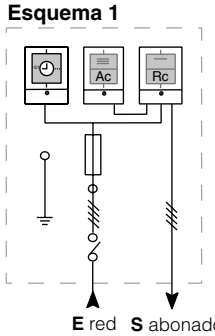


Fig. D4-047: *esquema (1) de los equipos de protección y medida PL-77T.*

Esquema 2

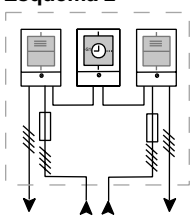


Fig. D4-048: *esquema (2) de los equipos de protección y medida PL-77T.*

Esquema 3

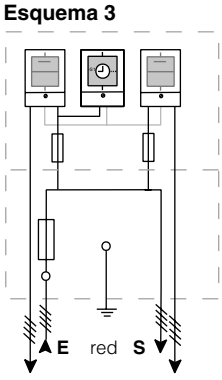


Fig. D4-050: *esquema (3) de los equipos de protección y medida PL-77T.*

Equipos de protección y medida PL-107T

Equipos de protección y medida PL-107T																		
Referencias	**Fusibles**			**Esquema**	**Fig.**	ERZ.	FECSA	ENHER	HEC	H. DEL AMPURDAN	G.E.S.A.	UNELCO	UNION FENOSA	IBERDROLA	CSE SEVILLANA	VIESGO	H. DEL CANTABRICO	ZONA GALICIA
	UTE	**DIN**																
PL- 107 - PE/ERZ				1	C	■												
107T/2P/AR-VDP-UF/2M	■			2	A								■					
107T/2P/AR-VDP-UF/M+T	■			2	A								■					
107T/2P/AR-VDP-UF/T+M	■			2	A								■					
107T/2P/AR-VDP-UF/2T	■			2	A								■					
107T/2P/AR-TRDIP-UF(63 A)	■			3	A								■					
107T/2P/AR-TRDIP-UF(100 A)	■			3	A								■					
107T/A-TtRDI-UF(160 A)		0	160	1	B								■					
107T/A-TtRDI-UF(250 A)		1	250	1	B								■					
107T/A-TtRDI-UF(400 A)		2	400	1	B								■					

Tabla D4-051: *equipos de protección y medida PL-107, PL-107T y las empresas que los utilizan.*

Figura A

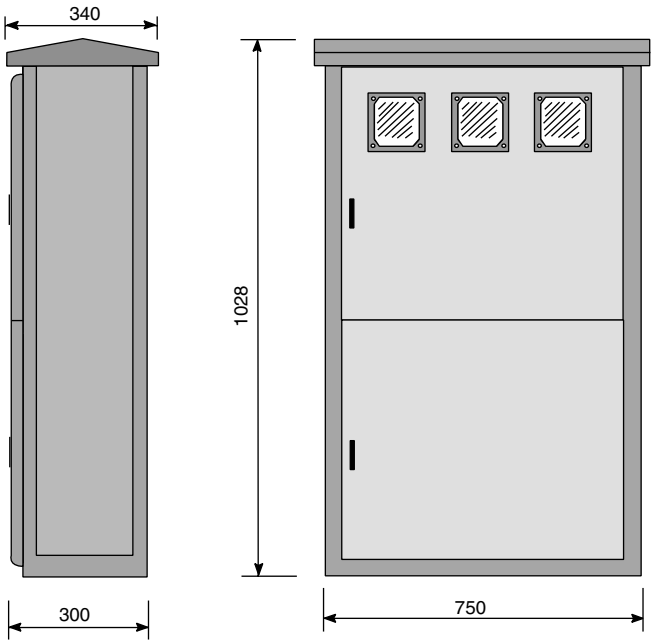


Fig. D4-052: *dimensiones de los equipos de protección y medida PL-107T.*

Esquema 1

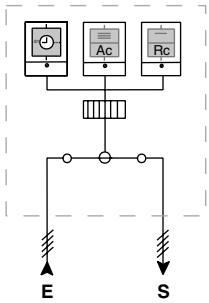


Fig. D4-053: *esquema (1) de los equipos de protección y medida PNL-107T.*

Figura B

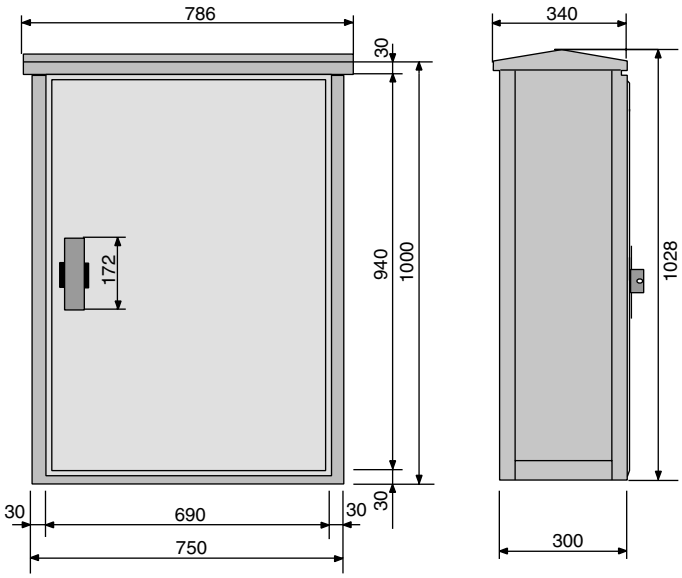


Fig. D4-054: *dimensiones de los equipos de protección y medida PL-107T, figura B.*

Figura C

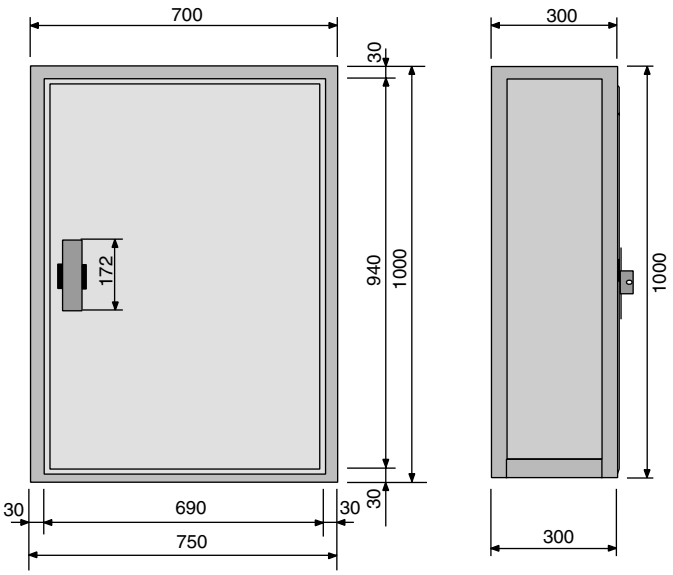
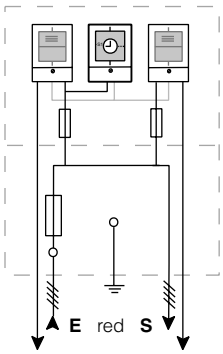


Fig. D4-055: *dimensiones de los equipos de protección y medida PL-107T, figura C.*

Esquema 2



S1 abonado **S2** abonado

Fig. D4-056: *esquema (2) de los equipos de protección y medida PNL-107T, para salidas monofásicas o trifásicas.*

Esquema 3

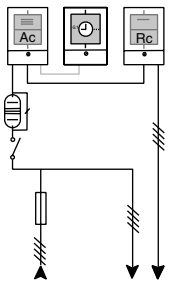


Fig. D4-057: *esquema (3) de los equipos de protección y medida PNL-107T.*

D
4

Equipos de protección y medida PL-77T+57

Equipos de protección y medida																	
Referencias	Fusibles		Esquema D4	Fig. D4-060	ERZ	FECSA	ENHER	HEC	H. DEL AMPURDAN	G.E.S.A.	UNELCO	UNION FENOSA	IBERDROLA	CSE SEVILLANA	VIESGO	H. DEL CANTABRICO	ZONA GALICIA
	UTE	Diazed															
PL-77T+57/CMT-300	■		061	■									■				

Tabla D4-058: *equipos de protección y medida PL-77T+57 y las empresas que los utilizan.*

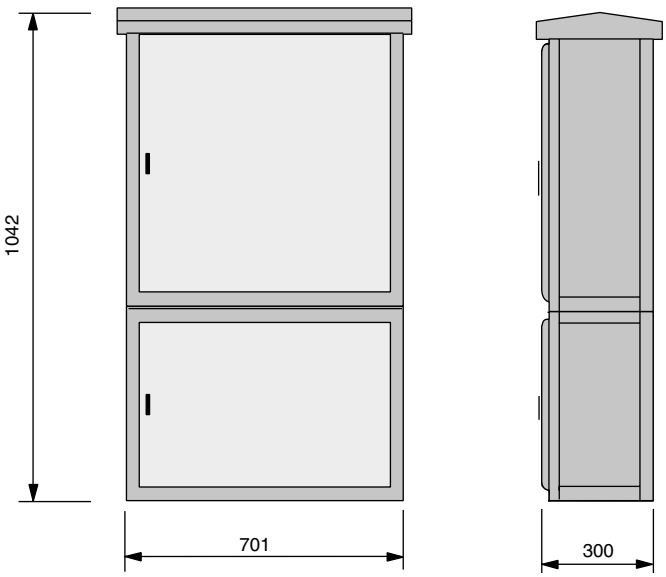


Fig. D4-059: *dimensiones de los equipos de protección y medida PL-77T.*

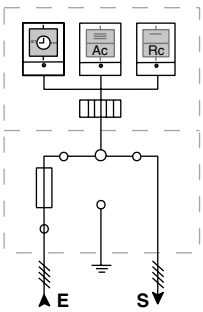


Fig. D4-060: *esquema de los equipos de protección y medida PL-77T.*

Equipos de protección y medida PL-107+57

Equipos de protección y medida																			
Referencias		Fusibles DIN	Interruptor (A)	Esquema	Fig. D4	ERZ.	FECSA	ENHER	HEC	H. DEL AMPURDAN	G.E.S.A.	UNELCO	UNION FENOSA	IBERDROLA	CSE SEVILLANA	VIESGO	H. DEL CANTABRICO	ZONA GALICIA
PL-	107T+57/AR-TtRDIP-UF(160 A)	0	160	160									■					
	107T+57/AR-TtRDIP-UF(250 A)	1	250	250									■					
	107T+57/AR-TtRDIP-UF(400 A)	2	400	400									■					

Tabla D4-061: *equipos de protección y medida PL-107T+57 y las empresas que los utilizan.*

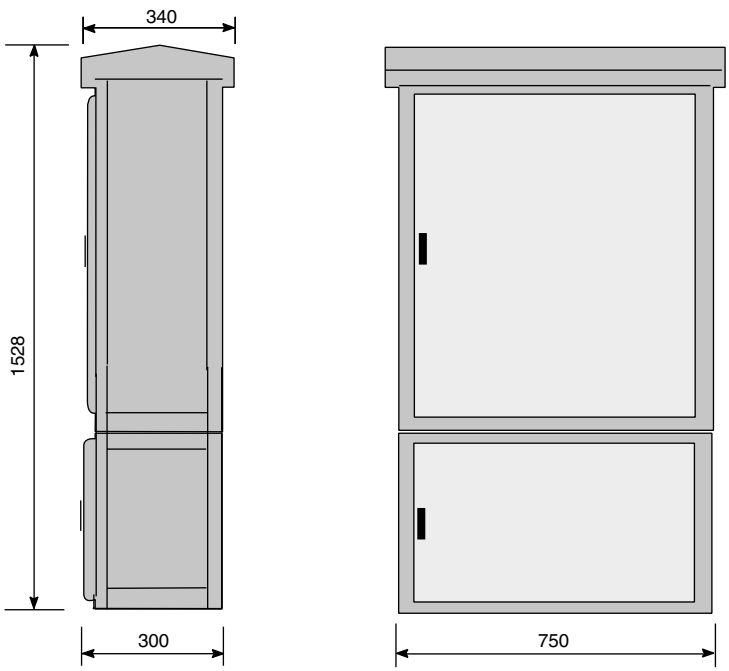


Fig. D4-062: *dimensiones de los equipos de protección y medida PL-107T+57.*

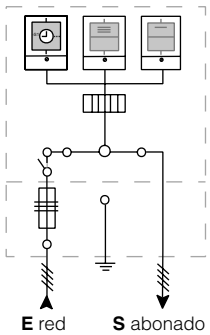


Fig. D4-063: *esquema de los equipos de protección y medida PL-107T+57.*

Equipos de protección y medida de interior

Serie H (Centro y Norte)

Equipos de protección y medida de interior																			
Referencias		Fusibles		Esquema	Fig.	ERZ.	FECSA	ENHER	HEC	H. DEL AMPURDAN	G.E.S.A.	UNELCO	UNION FENOSA	IBERDROLA	CSE SEVILLANA	VIESGO	H. DEL CANTABRICO	ZONA GALICIA
		UTE	Neozed															
H/	AI 1		■	1	A									■				
	AI 2		■	2	B									■				
	BI 1		■	3	C									■				
	BI 2		■	4	D									■				
	BIR		■	5	E									■				
	CIT		■	6	F									■				
	DIT		■	6	G									■				

Tabla D4-064: *equipos de medida para interiores H/-- y las empresas que los utilizan.*

Figura A

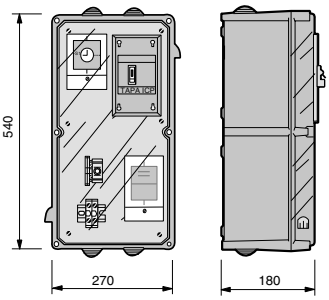


Fig. D4-065: *dimensiones de los equipos de protección y medida de interior, hasta 15 kW, H/AI 1.*

Figura B

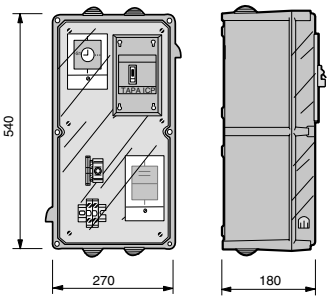


Fig. D4-067: *dimensiones de los equipos de protección y medida de interior, hasta 15 kW, con ampliación en tarifa nocturna H/AI 2.*

Figura C

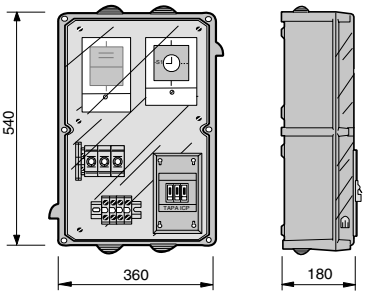


Fig. D4-069: *dimensiones de los equipos de protección y medida de interior, hasta 15 kW, H/BI 1.*

Esquema 1

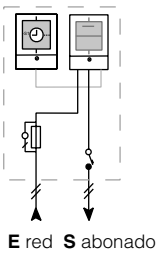


Fig. D4-066: *esquema monofásico de los equipos de protección y medida H/AI 1.*

Esquema 2

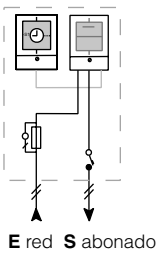


Fig. D4-068: *esquema monofásico de los equipos de protección y medida H/AI 2, con ICPM para tarifa diurna y nocturna.*

Esquema 3

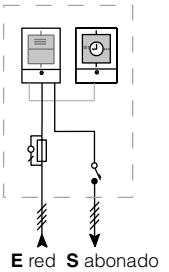


Fig. D4-070: *esquema trifásico de los equipos de protección y medida H/BI 1.*

Figura D

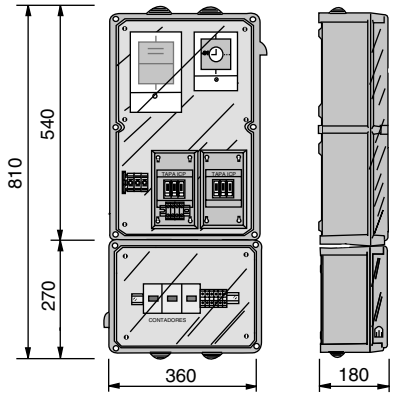


Fig. D4-071: *dimensiones de los equipos de protección y medida de interior, hasta 15 kW, con ampliación en tarifa nocturna H/BI 2.*

Figura E

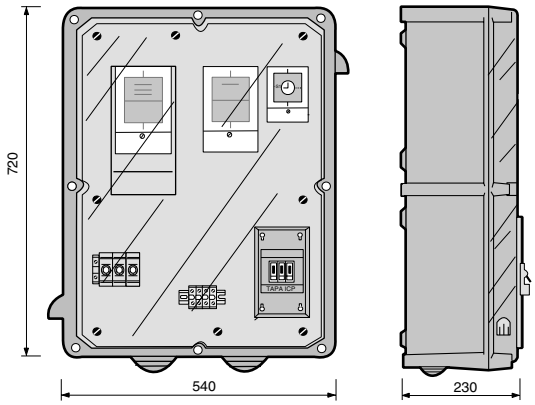


Fig. D4-073: *dimensiones de los equipos de protección y medida de interior, hasta 42 kW, H/BI R.*

Esquema 4

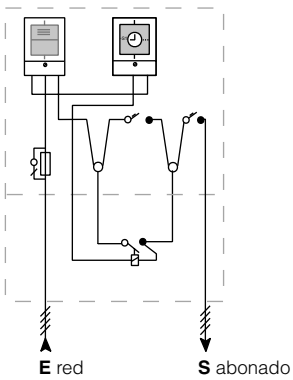


Fig. D4-072: *esquema trifásico de los equipos de protección y medida H/BI 2, con ICPM para tarifa diurna y nocturna.*

Esquema 5

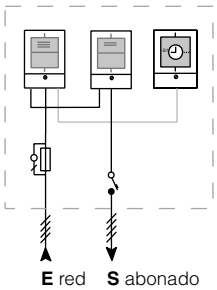


Fig. D4-074: *esquema trifásico de los equipos de protección y medida H/BI R, con ICPM tripolar.*

Figura F

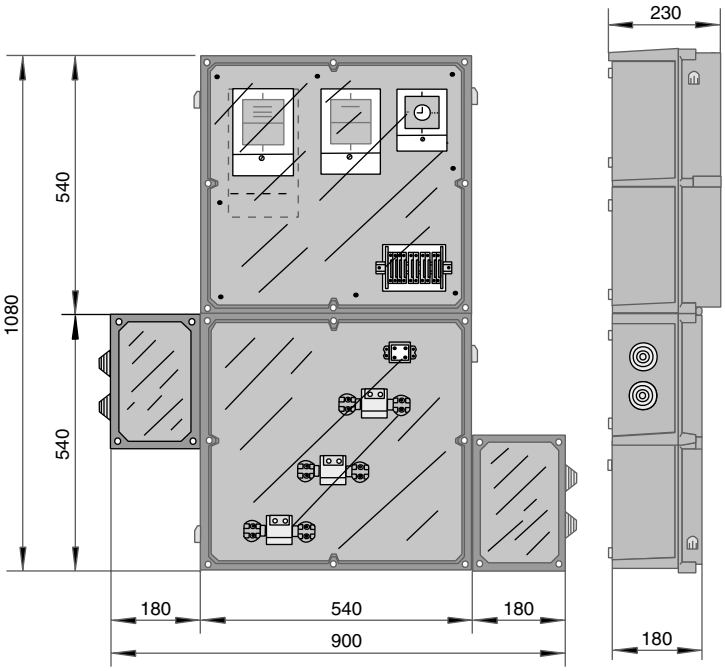


Fig. D4-075: *dimensiones de los equipos de protección y medida de interior H/CI T.*

Esquema 6

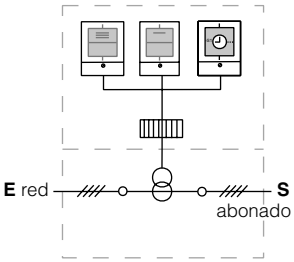


Fig. D4-076: *esquema trifásico de los equipos de protección y medida H/CI T, con ICPM tripolar, contador de doble o triple tarifa con maxímetro.*

Figura G

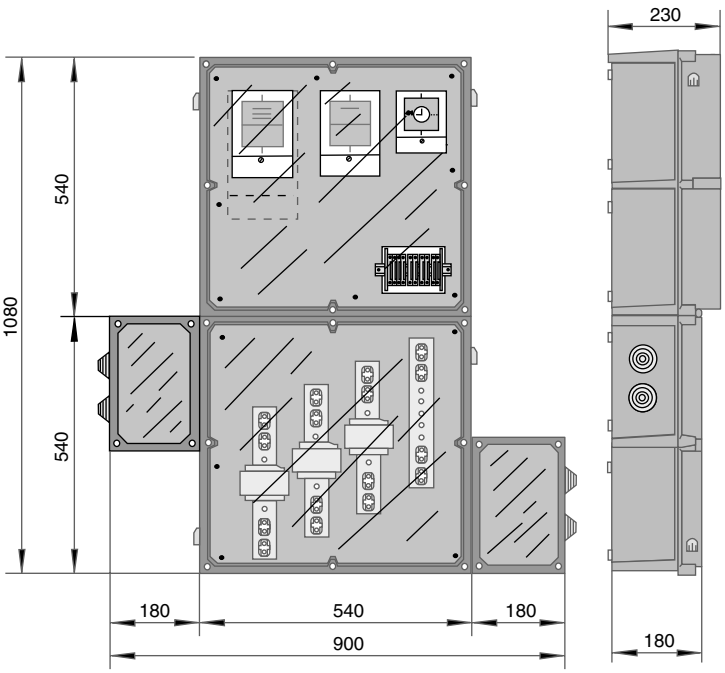


Fig. D4-077: *dimensiones de los equipos de protección y medida de interior H/DI T.*

Esquema 6

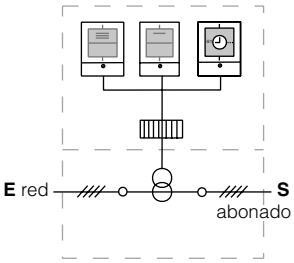


Fig. D4-076: *esquema trifásico de los equipos de protección y medida H/CI T, con ICPM tripolar, contador de doble o triple tarifa con maxímetro.*

Series M y T (Zona Noreste)

Equipos de protección y medida de interior							ERZ.	FECSA	ENHER	HEC	H. DEL AMPURDAN	G.E.S.A.	UNELCO	UNION FENOSA	IBERDROLA	CSE SEVILLANA	VIESGO	H. DEL CANTABRICO	ZONA GALICIA
Referencias	Fusibles UTE	Fusibles DIN	Int. ICPM	Int.Diferencial 30 mA	Esquema	Fig.													
M-2 D/H	■		C 32 a	In = 40 o 63 A	1	A		■	■	■	■								
T-2 D/H		0	C 32 c	In = 40 o 63 A	1	B		■	■	■	■								
T-20 D/H		1	C 160 N		2	C		■	■	■	■								
T-30 D/H		3	C 400 N		3	D		■	■	■	■								
T-300 D/H		4	C 630 N		4	E		■	■	■	■								

Tabla D4-078: *equipos de medida para interiores M/--, T/-- y las empresas que los utilizan.*

Figura A

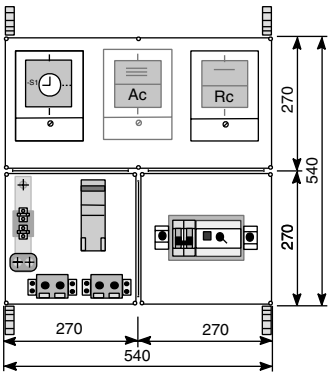


Fig. D4-079: *dimensiones de los equipos de protección y medida de interior tipo M-2 D/H.*

Figura B

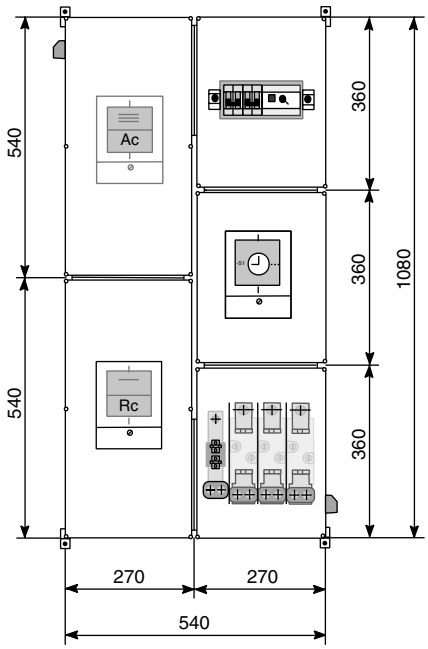


Fig. D4-081: *dimensiones de los equipos de protección y medida de interior tipo T-2 D/H.*

Esquema 1

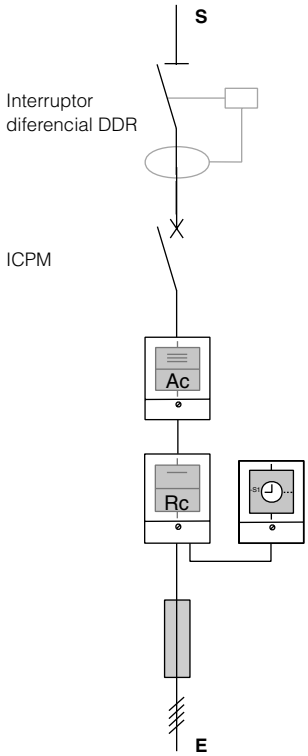


Fig. D4-080: *esquema trifásico de los equipos de protección y medida M-2 D/H, contador de activa de doble tarifa y contador de reactiva.*

Nota: todos los módulos son precintables en las cuatro esquinas.

Figura C

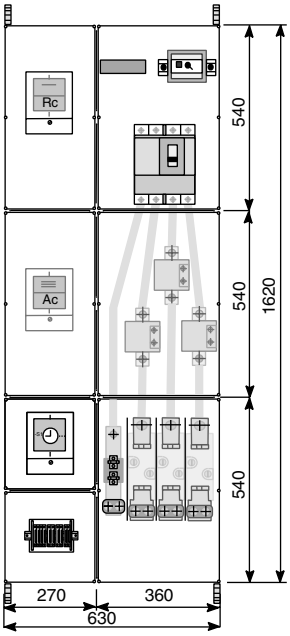


Fig. D4-082: *dimensiones de los equipos de protección y medida de interior tipo T-20 D/H.*

Esquema 2

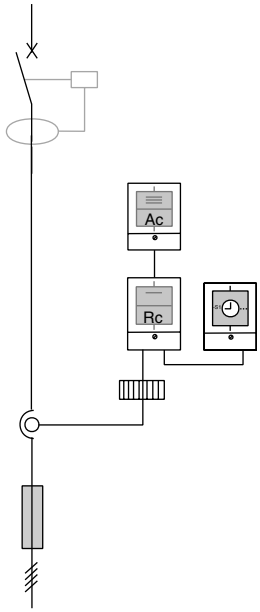


Fig. D4-083: *esquema trifásico de los equipos de protección y medida T-20 D/H, contador de activa de doble tarifa y contador de reactiva.*

Figura D

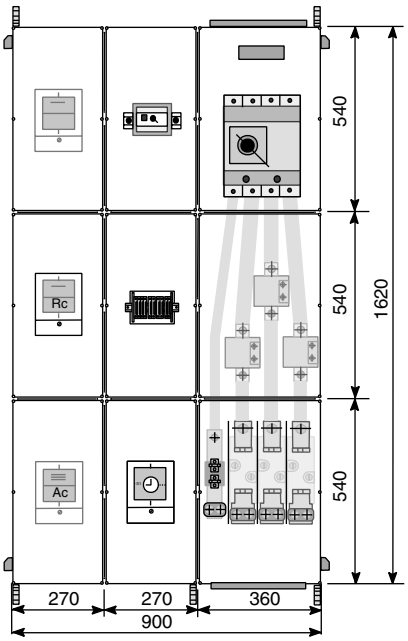


Fig. D4-084: *dimensiones de los equipos de protección y medida de interior tipo T-30 D/H.*

Esquema 3

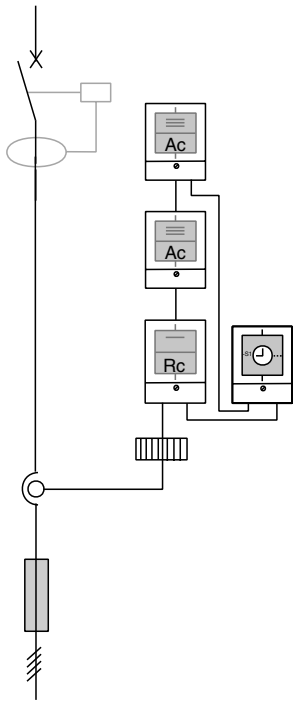


Fig. D4-085: *esquema trifásico de los equipos de protección y medida T-30 D/H, contador de activa de doble tarifa y contador de reactiva, con opción de un maxímetro.*

Nota: todos los módulos son precintables en las cuatro esquinas.

Figura E

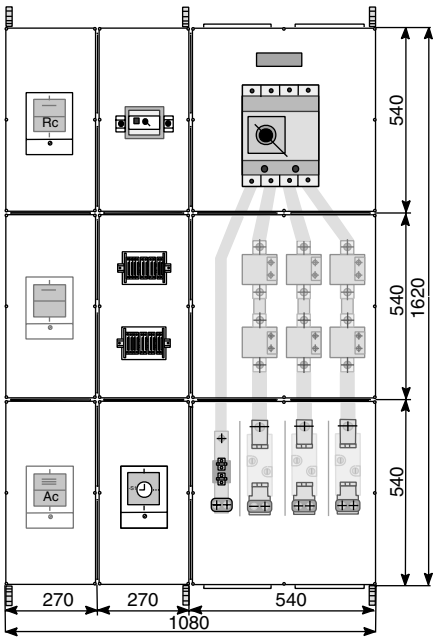


Fig. D4-086: *dimensiones de los equipos de protección y medida de interior tipo T-300 D/H.*

Esquema 4

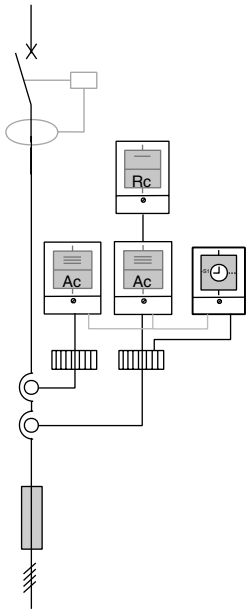


Fig. D4-087: *esquema trifásico de los equipos de protección y medida T-300 D/H, contador de activa de doble tarifa y contador de reactiva, con opción de un maxímetro.*

Potencias de contratación límite normalizadas													
Ref.	Monofásicas					Trifásicas							
	380/220 V					(1) 220/127 V					(2) 380/220 V		
	P	DDR		ICPM		P (kW)		DDR					
	(kW)	(A)	(mA)	(A)	(kA)	(1)	(2)	(A)	(mA)	Toro			
M-2 D/H	0,33	40	30	1,50	4,50								
	0,66	40	30	3	4,50								
	1,10	40	30	5	4,50								
	2,20	40	30	10	4,50								
	3,30	40	30	15	4,50								
	4,40	40	30	20	4,50								
	5,50	40	30	25	4,50								
	6,60	40	30	30	4,50								
	8,80	40	30	40	4,50								
T-2 D/H						2,15	4	40	30 o 300		7,50	4,50	
						3	5	40			10	4,50	
						4,30	8	40			15	4,50	
						6	10	40			20	4,50	
						8	12,50	40			25	4,50	
						10,50	15	40			30	4,50	
						12	20	63			40	4,50	
						15	25	63			50	4,50	
						20	31,50	63			63	4,50	
T-20 D/H						25,50	40		300	■	80	10	
						31	50			■	100	10	
						40	63			■	125	20	
						50	80			■	160	20	
T-30 D/H						63	100			■	200	20	
						80	125			■	250	20	
						100	160			■	315	20	
						125	200			■	400	20	
T-300 D/H						160	250			■	500	30	
						200	315			■	630	30	
						250	400			■	800	40	
						315	500			■	1000	40	
						400	630			■	1250	40	
						500	800			■	1600	40	

Tabla D4-088: *tabla de las características de los equipos de medida para interiores M/--, T/--.*

La presente tabla corresponde a las instrucciones del reglamento de 1973, en el reglamento de 2002 se especifican tensiones de suministro con redes trifásicas de tres conductores a 230 V entre fases y de redes trifásicas de cuatro conductores de 400/230 V. Estos cambios presuponen un nuevo escalado de potencias de contratación, pero hasta que las Cías. suministradoras de energía no lo especifiquen tendrán vigencia las expuestas en el cuadro adjunto.

4.2. Centralización de contadores

Permiten la instalación de todos los elementos necesarios para la aplicación de las disposiciones tarifarias vigentes y al ser modulares permite la incorporación de los avances tecnológicos en contaje, que se puedan incorporar en un futuro próximo.
El cableado de las uniones embarrado-contador-bornes de salida, se efectúa bajo tubo para cada derivación individual, con una tensión de aislamiento de 450/750 V y corresponde a las dimensiones y color, especificado por las normas y las recomendaciones de los distribuidores de energía. Cumplen las características especificadas en la norma UNE 21.027-9 o la UNE 21.100-2, según su naturaleza.

Su situación:

■ Las concentraciones superiores a 16 contadores se ubicarán en locales apropiados para ello y las inferiores a 16 contadores en elección, entre locales o armarios.
Estos locales sólo serán útiles para instalaciones eléctricas de baja tensión.

□ Debe preverse un espacio para la posible ubicación, por la Cía. suministradora, de un equipo de control y transmisión de datos.

□ La estructura de obra será conforme a la protección contra incendios establecida por la NBE-CPI-96, paredes de clase M0 y suelos de clase M1, y separado de locales con vapores corrosivos, con riesgo de incendios y no estará expuesto a vibraciones ni humedades.

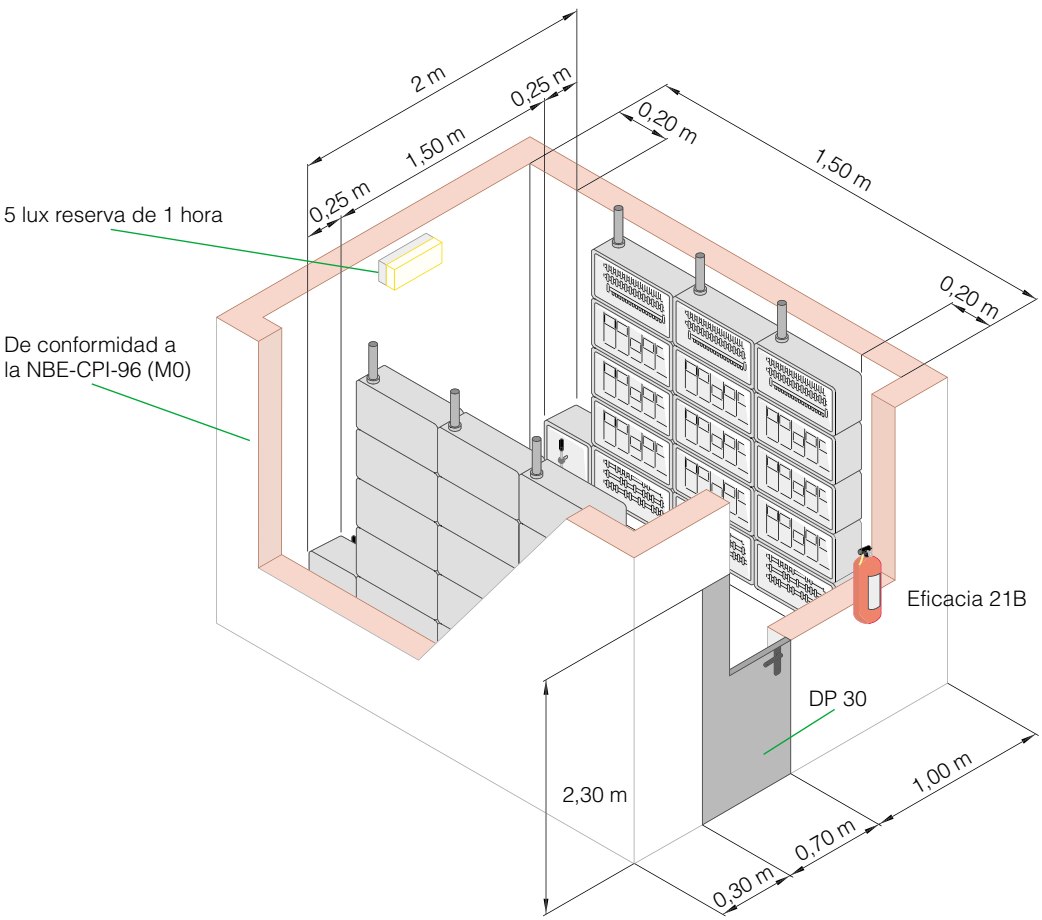


Fig. D4-089: *locales para ubicar concentraciones de contadores a partir de más de dos contadores.*

□ Dispondrá de ventilación natural o forzada, de iluminación suficiente para poder realizar las lecturas o trabajos de mantenimiento y deberá disponer de un alumbrado de emergencia de 5 lux con reserva de una hora, y una base toma corriente de 16 A para trabajos de mantenimiento.
□ A las proximidades adyacentes a la puerta de entrada deberá situarse un extintor contra incendios de eficacia mínima 21B.
■ Las concentraciones inferiores a 16 contadores podrán situarse en armarios destinados a uso exclusivo.
□ El armario deberá presentar una resistencia a las llamas como mínimo de DP 30 y las cerraduras corresponderán a las normalizadas por la Cía. suministradora.
□ Dispondrán de alumbrado y una toma de corriente de 16 A a 230 V en el interior y un extintor de eficacia mínima 21B.
□ Esta solución es adecuada para las instalaciones de las concentraciones de contadores en diversas plantas.

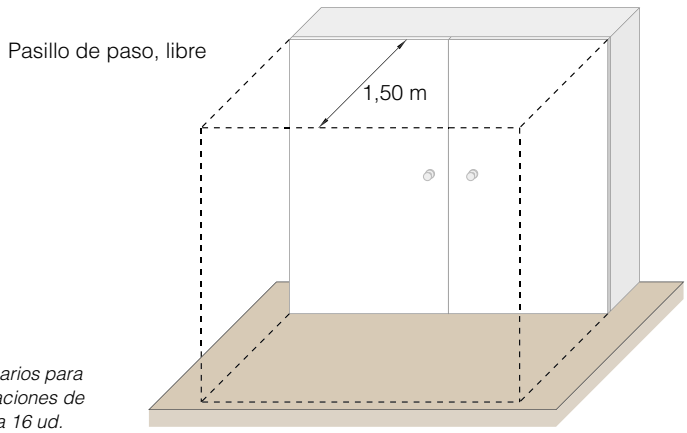


Fig. D4-090: *armarios para ubicar concentraciones de contadores hasta 16 ud.*

■ La colocación de los contadores en armarios o locales deberán mantener una distancia mínima del suelo de 0,25 m y la mirilla más elevada no puede superar 1,80 m del suelo.

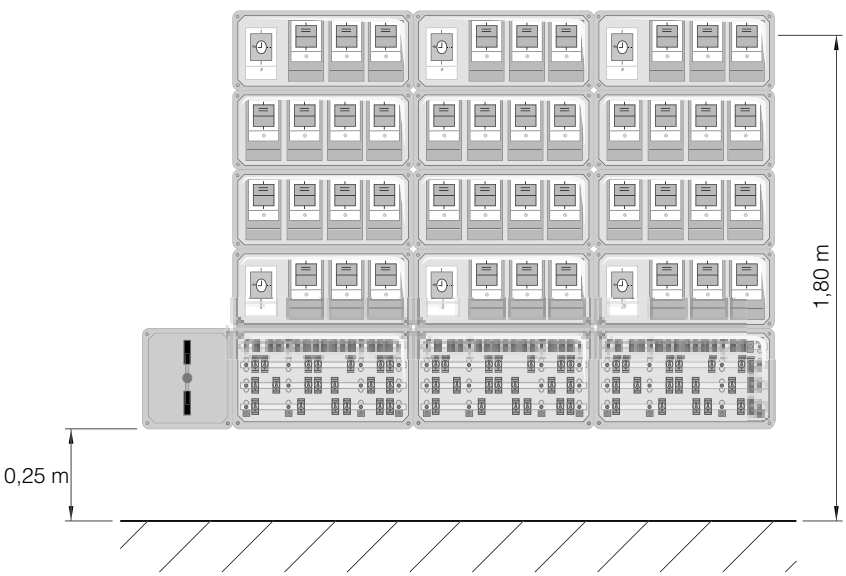


Fig. D4-091: *situación de las concentraciones de contadores.*

Las centralizaciones de contadores deben disponer de las siguientes partes:

Unidad funcional de interruptor general de maniobra
Un interruptor en carga con capacidad de seccionamiento será la entrada de la energía a la concentración:
- De 160 A hasta concentraciones de 90 kW.
- De 250 A para concentraciones de 91 kW hasta 150 kW.

Unidad funcional de embarrado general y fusibles de seguridad
Debe disponer de una protección adicional contra los choques eléctricos de categoría C (cubrebornes para que el dorso de la mano no pueda acceder a las partes activas).

Unidad funcional de medida
Contiene los contadores para realizar la medida.

Unidad funcional de mando (opcional)
Contiene los dispositivos de mando para el cambio tarifario.

Unidad funcional de embarrado de protección y bornes de salida
Contiene una barra para conectar todas las derivaciones de los conductores de protección. Esta barra debe estar señalizada con el símbolo de puesta a tierra, como mínimo en los extremos de cada módulo.

Unidad funcional de telecomunicaciones (opcional)
Deberá albergar los equipos de captación de datos de los contadores.

Sistema 30 modular

El sistema 30 modular dispone de dos líneas:
- Sistema 30 modular con envolventes.
- Sistema 30 modular con paneles.

Modelos de centralizaciones:
- Centralización normal.

Se aplicarán en todos aquellos suministros colectivos para edificios destinados principalmente a viviendas, en general de electrificación mínima y media:
- A.1) Sistema de módulos con envolventes aislantes.
- A.2) Sistema de cuadros modulares con paneles.
- Centralización especial. (Instalación TODO ELECTRICO.)

Se aplicarán en todos aquellos suministros colectivos para edificios destinados principalmente a viviendas, en general de electrificación elevada o especial, que correspondan a suministros con:



Fig. D4-092: *etiqueta de identificación de la centralización.*

□ Calefacción eléctrica.
□ Aire acondicionado.
□ Contrataciones de dos potencias distintas para día y noche.
□ Sincronización de señal de cambio de horario con la instalación interior.

Características

Sistema de centralización de contadores de doble aislamiento, formado por cajas de poliéster reforzado con fibra de vidrio autoextinguible. Diseñado y homologado según las especificaciones técnicas de UNESA (RU 1404E) C.U. n.os 249 y 250:

■ Con sólo dos tamaños de módulos se pueden realizar las centralizaciones.
■ Color gris RAL-7032.
■ Grado de protección IP-43 según UNE 20.324.
■ Identificación:
□ Se incorporará una etiqueta en un lugar bien visible de la unidad funcional de embarrado general y fusibles.
Si la centralización se compone de la asociación de columnas, deberá identificarse cada columna.
□ Datos a incorporar en la etiqueta:
– Fabricante del material.
– Instalador.
– Recomendación UNESA a que corresponde.
– Tensión nominal.
– Intensidad nominal.
– Fecha de montaje.

Unidad funcional de interruptor general de maniobra

■ Dimensiones

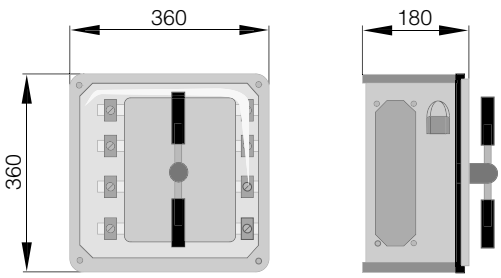


Fig. D4-093: *unidad funcional de interruptor general de maniobra.*

■ Descripción

Consta de un interruptor Interpact INY de 160 A o de 250 A, con corte visible.

■ Composición

FPLS-2863/1-2-4	Fondo del módulo con abertura superior para el paso de pletinas y entrada de cables.
TPLS-2863	Tapa transparente para módulo.
VM-25	Dos dispositivos de ventilación.
P204/30	Pletinas de interconexión interruptor embarrado.
BTC 15/50	Bornes de acometida con capacidad de embornamiento de hasta 150 mm^2 para las fases y 95 mm^2 para el neutro. (Sólo para entrada de centralización.)
TL-27/270	Tapa lateral.
TOT 30/4	4 tornillos para la fijación del interruptor.

Unidad funcional de embarrado general y con fusibles de protección Neozed:

■ Dimensiones

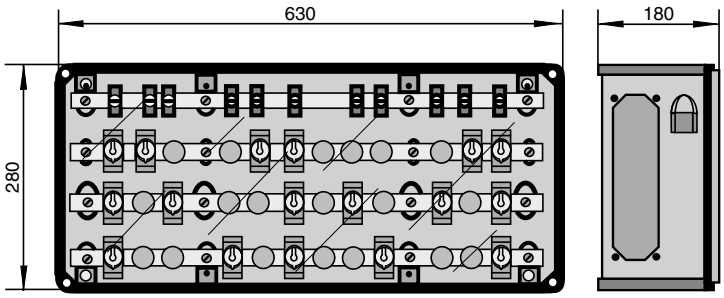


Fig. D4-094: *unidad funcional de embarrado general.*

■ Descripción

Consta del embarrado general y de los fusibles de seguridad de las derivaciones individuales.

■ Composición

FPLS-2863/1-2-4	Fondo del módulo con abertura superior para el paso de cables y aberturas laterales para el paso de barras.
TPLS-2863	Tapa transparente para módulo.
TCR-30	4 tornillos de cierre rápido.
VM-25	2 dispositivos de ventilación.
P204/30	Pletinas de cobre (3 fases + neutro) de 20 × 4 mm. Fusibles de protección de tipo Neozed D02, 63 A. Base y tapón.
BPC 20/50	Bornes de neutro con capacidad de embornamiento de hasta 16 mm^2.
PPF-2863	Pantalla de protección de policarbonato transparente con pretroquelados para el paso de tapones Neozed, con elevaciones y tornillería.
TL-27/270	Tapa lateral. (Sólo si es para la última columna.)
TOR 30/A	8 tornillos para la fijación del embarrado.
UCC-270	Brida de acoplamiento con otra unidad funcional de embarrado general.

Unidad funcional de medida para contadores monofásicos (modular)

■ **Dimensiones**

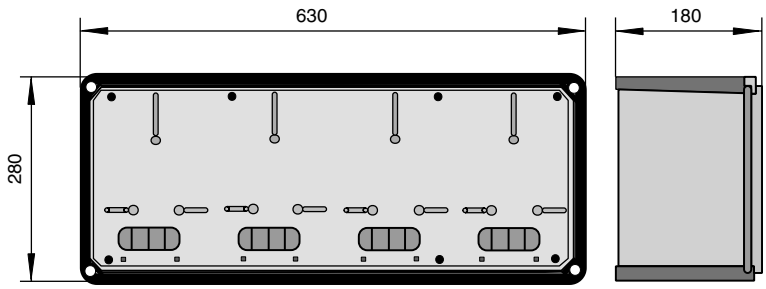


Fig. D4-095: *unidad funcional de medida, monofásica.*

■ **Descripción**

Consta de placa para 4 contadores monofásicos.
El reloj se considera a efectos de tamaño como un contador monofásico.

■ **Composición**

FPLS-2863/1-3	Fondo del módulo con aberturas superior e inferior para el paso de cables.
TPLS-2863	Tapa transparente para módulo.
TCR-30	4 tornillos de cierre rápido.
P4M 30/3	Placa de 3 mm de espesor con capacidad para 4 contadores monofásicos.
TFC-25L	Tornillos de latón para fijación de contadores.
CMM 30	4 canales para módulo monofásico, para el paso de cables con capacidad cada uno para 5 derivaciones individuales.
TOR 30	8 tornillos para fijación de la placa de contadores. Tarjeteros para la identificación de abonados.

Unidad funcional de medida para contadores trifásicos (modular)

■ **Dimensiones**

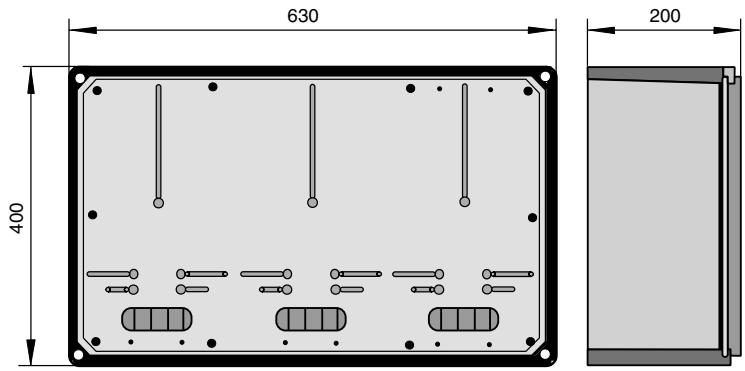


Fig. D4-096: *unidad funcional de medida, trifásica.*

■ **Descripción**

Consta de placa para 3 contadores trifásicos.

■ **Composición**

FPLS-4063/1-3	Fondo del módulo con aberturas superior e inferior para el paso de cables.
TPLS-4063	Tapa transparente para módulo.
TCR-30	4 tornillos de cierre rápido.
P3T 30/3	Placa de 3 mm de espesor con capacidad para 3 contadores trifásicos/monofásicos.
TFC-25L	Tornillos de latón para fijación de contadores.
CMT 30	4 canales para módulo monofásico, para el paso de cables con capacidad cada uno para 5 derivaciones individuales.
TOR 30	8 tornillos para fijación de la placa de contadores. Tarjeteros para la identificación de abonados.

Unidad funcional de medida para contadores monofásicos (modular)

■ **Dimensiones**

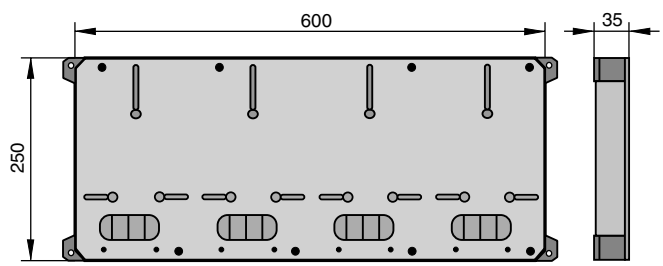


Fig. D4-097: *unidad funcional de medida, monofásica.*

■ **Descripción**

Consta de placa para 4 contadores monofásicos.
El reloj se considera a efectos de tamaño como un contador monofásico.

■ **Composición**

FPLS-2560	Fondo del panel.
P4M 30/4	Placa de 4 mm de espesor con capacidad para 4 contadores monofásicos.
TFC-25L	Tornillos de latón para fijación de contadores.
CPM 30	4 canales para panel monofásico, para el paso de cables con capacidad cada uno para 5 derivaciones individuales.
REM 6	8 remaches aislantes para fijación de la placa de contadores al panel. Tarjeteros para la identificación de abonados.

Unidad funcional de medida para contadores trifásicos (modular)

■ **Dimensiones**

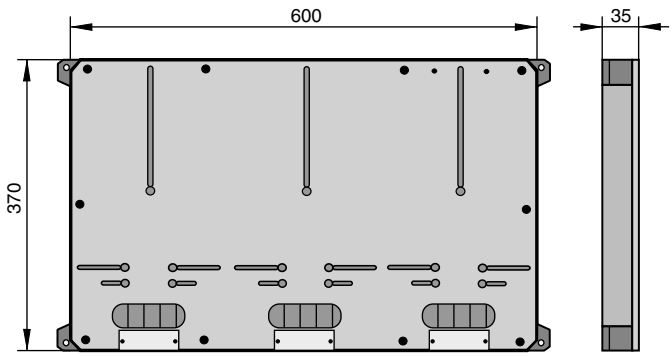


Fig. D4-098: *unidad funcional de medida, trifásica.*

■ **Descripción**

Consta de placa para 3 contadores trifásicos.

■ **Composición**

FPLS-3760	Fondo del panel.
P3T 30/4	Placa de 4 mm de espesor con capacidad para 3 contadores trifásicos/monofásicos.
TFC-25L	Tornillos de latón para fijación de contadores.
CPT 30	4 canales para panel monofásico, para el paso de cables, con capacidad cada uno para 5 derivaciones individuales.
REM 6	8 remaches aislantes para fijación de la placa de contadores al panel. Tarjeteros para la identificación de abonados.

Unidad funcional de embarrado de protección y embarrado de mando (modular)

■ **Dimensiones**

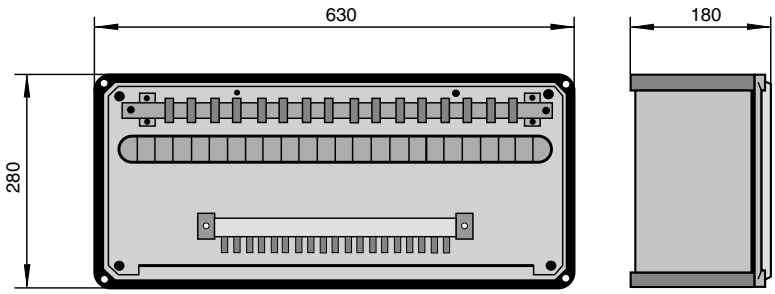


Fig. D4-099: *unidad funcional de embarrado de protección y mando.*

■ **Descripción**

Consta del embarrado de protección y embarrado de mando de señal horaria.

■ **Composición**

FPLS-2863/3	Fondo del módulo con abertura inferior para el paso de cables.
TPLS-2863	Tapa transparente para módulo.
TCR-30	4 tornillos de cierre rápido.
PMA-2863/UB	Placa para unidad funcional de embarrado de protección y embarrado de mando.
CMM 30	4 canales para módulo monofásico, para el paso de cables, con capacidad cada una para 5 derivaciones individuales. Barra de puesta a tierra de 20 × 4 mm. Con símbolo grabado en el extremo. Embarrado de mando para transmitir la señal del discriminador horario. Preparado para conexiones Faxtón (1 por contador).
BPC 20/50	Bornes para conexión de tierra (1 por contador).
BCT 15/20	2 bornes generales para puestas a tierra.

Unidad funcional de embarrado de protección y embarrado de mando (modular)

■ **Dimensiones**

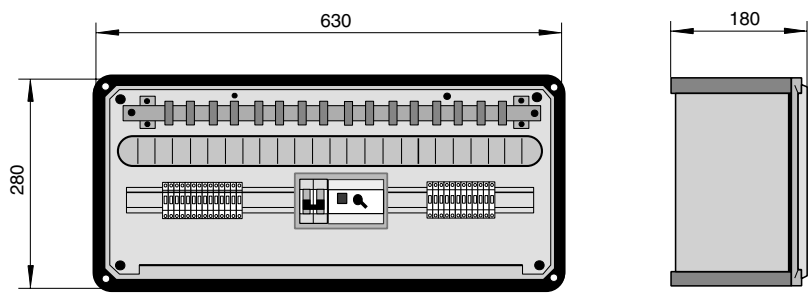


Fig. D4-100: *unidad funcional de embarrado de protección y mando, con protecciones.*

■ **Descripción**

Consta del embarrado de protección, interruptor diferencial, interruptor magnetotérmico y de regleta de bornes seccionables de las derivaciones individuales para conmutación del ICPM.

■ **Composición**

FPLS-2863/3	Fondo del módulo con abertura inferior para el paso de cables.
TPLS-2863	Tapa transparente para módulo.
TCR-30	4 tornillos de cierre rápido.
PMA-2863/UB	Placa para unidad funcional de embarrado de protección y embarrado de mando.
CMM 30	4 canales para módulo monofásico, para el paso de cables, con capacidad cada uno para 5 derivaciones individuales.

	Barra de puesta a tierra de 20 × 4 mm. Con símbolo grabado en el extremo.
CO-600/30	Carril DIN para los bornes seccionables. Bornes seccionables para conmutación de ICPM de cada abonado (2 por contador/columna).
BPC 20/50	Bornes para conexión de tierra (1 por contador).
BCT 15/20	2 bornes generales para puestas a tierra. Interruptor diferencial 2P/25 A 30 mA. Interruptor magnetotérmico 2P/5 A/curva D o K (sólo un conjunto por columna).
VA-27/6M	Ventanilla para interruptores.

Unidad funcional de discriminación horaria (modular)

■ **Dimensiones**

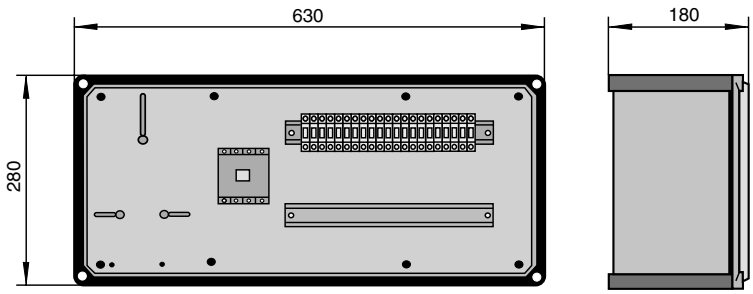


Fig. D4-101: *unidad funcional de discriminación horaria.*

■ **Descripción**

Consta del reloj de control de cambio de tarifa, contactor auxiliar y regleta de bornes seccionables.

Se colocará siempre una unidad por columna.

■ **Composición**

FPLS-2863/1-3	Fondo del módulo con aberturas superior e inferior para el paso de cables.
TPLS-2863	Tapa transparente para módulo.
TCR-30	4 tornillos de cierre rápido.
P1R30/3	Placa de 3 mm de espesor para 1 reloj colocado en la parte izquierda y espacio libre para contactor y 2 filas de bornes seccionables.
CMM 30	4 canales para módulo monofásico, para el paso de cables, con capacidad cada una para 5 velocidades individuales.
TFC-25	Tornillos aislantes para fijación de reloj.
CO-600/30	Carril DIN para colocación de regleta de bornes y contactor auxiliar. Contactor auxiliar que disponga de 4 contactos NA de 16 A. Regleta de bornes seccionables (2 bornes por cada contactor de la columna).

Columnas para centralización de contadores Sistema 30

Características

Cada una de las derivaciones individuales que discurran por el interior de las centralizaciones serán independientes con respecto a las demás, pasando cada una por su canal.

El cableado para cada derivación individual será de 10 mm^2 de sección de cobre, de 2,5 mm^2 para el cableado auxiliar destinado a la alimentación del discriminador horario y de 1,5 mm^2 para el resto de conexionado del control de discriminación horaria:

■ Los cables serán del tipo H0 7R- - -F 1 × 2,5.

■ El color de la funda de los cables será de:

□ AC - azul claro para el neutro.

□ N o M - negro o marrón para las fases en monofásico.

□ N, M y G - negro, marrón y gris para las fases en trifásico.

□ A/V - amarillo/verde para la tierra.

□ El cable de 2,5 mm^2 del color correspondiente a la fase y al neutro.

□ El cable de 1,5 mm^2 de color rojo.

■ Los cables se conectarán a los contadores directamente y sin terminal. Y estarán pelados una longitud de 20 mm, en su extremo.

■ Los cables de señal horaria estarán debidamente señalizados en cuanto a su polaridad y contador al que están asociados.

■ Cuando la centralización sea de tipo normal, la conexión de los cables al embarrado de mando de señal horaria será mediante terminal faxton.

D
4

Centralización modular

Modelo normal

1. Unidad funcional de embarrado de protección y embarrado de mando.

■ Descripción:

□ Consta del embarrado de protección y embarrado de mando de señal horaria.

■ Composición:

Según descripción de la figura D4-096, más:

□ 1 borne de tierra por contador.

□ 1 borne faxton por contador.

2. Unidad funcional de medida.

■ Descripción:

□ Monofásico.

□ Consta de placa para 4 contadores monofásicos.

□ El reloj se considera a efectos de tamaño como un contador monofásico.

□ Trifásico:

□ Consta de placa para 3 contadores trifásicos.

□ Capacidad máxima por columna de 19 contadores + 1 reloj.

□ Se puede combinar contadores monofásicos con contadores trifásicos.

□ En la parte superior izquierda se colocará siempre el discriminador horario (reloj). Uno por columna y con un máximo de 19 servicios.

□ Para cada local de superficie mayor de 50 m^2 se dispondrá de un espacio para contadores de activa-reactiva-reloj, colocados en un mismo módulo uno al lado del otro.

■ Composición:

Según figuras D4-095 y D4-096.

3. Unidad funcional de embarrado general y fusibles de protección.

■ Descripción:

□ Consta del embarrado general y de los fusibles de seguridad de las derivaciones individuales.

■ Composición:
Según figura D4-096, más:
□ 1 borne de neutro por contador.
□ 1 fusible de protección por contador monofásico y tres por trifásico.
4. Unidad funcional de interruptor general de maniobra.
■ Descripción:
□ Consta de un interruptor en carga de 160 A o 250 A.
□ 4 bornes de conexión de acometida para las fases R-S-T y para neutro. (Sólo para entrada en centralización.)

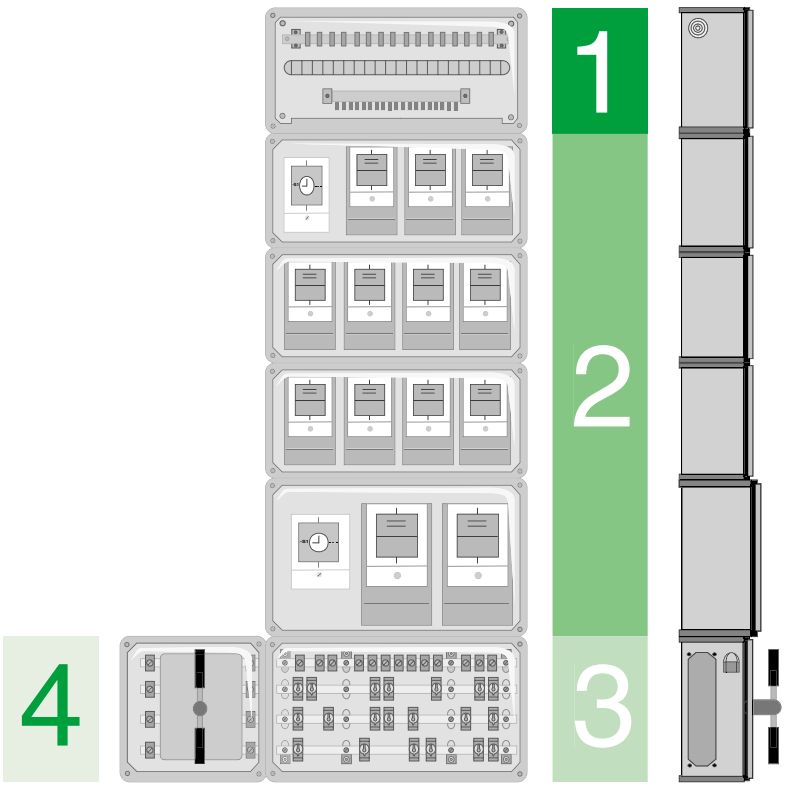


Fig. D4-102: *columna para centralización de contadores modelo normal (RU 1404E).*

Modelo especial (todo eléctrico)
1. Unidad funcional de embarrado de protección y embarrado de mando.
■ Descripción:
□ Consta del embarrado de protección, interruptor diferencial, interruptor magnetotérmico y de regleta de bornes seccionables de las derivaciones individuales para conmutación del ICPM.
■ Composición:
Según figura D4-099, más:
□ 1 borne de tierra por contador
□ 2 bornes seccionables, por contador, para cable de 1,5 mm^2 del circuito de conmutación ICPM
□ 1 Interruptor diferencial y 1 interruptor magnetotérmico por columna.
2. Unidad funcional de discriminación horaria.
■ Descripción:
□ Consta del reloj de control de cambio de tarifa, contactor auxiliar y regleta de bornes seccionables.
□ Se colocará siempre una unidad por columna.

3. Unidad funcional de medida.
■ Descripción:
□ Monofásicos.
□ Consta de placa para 4 contadores monofásicos.
□ El reloj se considera a efectos de tamaño como un contador monofásico.
□ Trifásico.
□ Consta de placa para 3 contadores trifásicos.
□ Capacidad máxima por columna de 19 contadores + 1 reloj.
□ Se puede combinar contadores monofásicos con contadores trifásicos.
□ Para cada local de superficie superior a 50 m^2 se dispondrá de un espacio para contadores de activa-reactiva-reloj, colocados en un mismo módulo uno al lado del otro.
■ Composición:
Según figuras D4-095 y D4-096.
4. Unidad funcional de embarrado general y fusibles de protección.
■ Descripción:
□ Consta del embarrado general y de los fusibles de seguridad de las derivaciones individuales.
■ Composición:
Según figura D4-094, más:
□ 1 borne de neutro por contador.
□ 1 fusible de protección por contador monofásico y tres por trifásico.
5. Unidad funcional de interruptor general de maniobra.
■ Descripción:
□ Consta de un interruptor en carga de 160 A o 250 A.
□ 4 bornes de conexión de acometida para las fases R-S-T y para el neutro. (Sólo para entrada de centralización.)

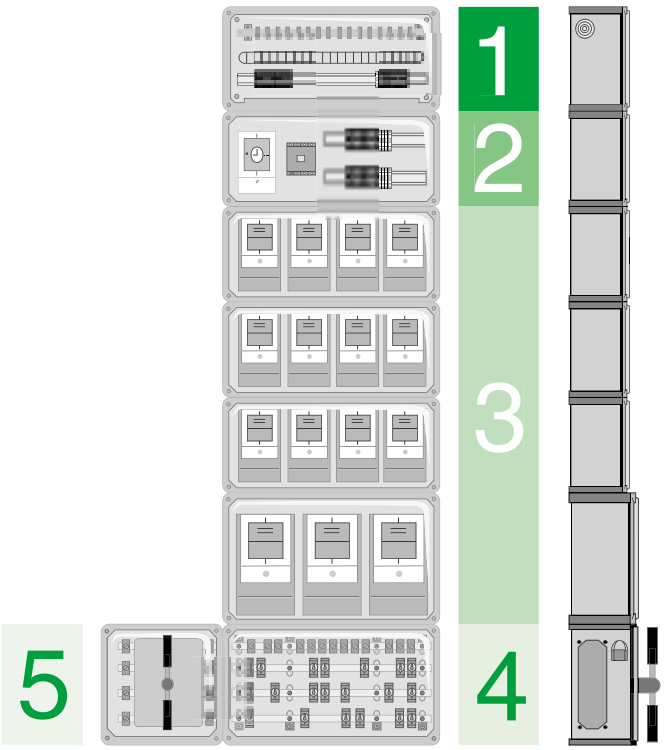


Fig. D4-103: *columna para centralización de contadores modelo especial (todo eléctrico) (RU 1404E).*

Centralización panel s/RU 1411B

Modelo normal

1. Unidad funcional de embarrado de protección y embarrado de mando.

■ Descripción:

□ Consta del embarrado de protección y embarrado de mando de señal horaria.

■ Composición:

Según figura D4-099, más:

□ 1 borne de tierra por contador.

□ 1 conector faxton por contador.

2. Unidad funcional de medida.

■ Descripción:

□ Monofásicos.

□ Consta de placa para 4 contadores monofásicos.

□ El reloj se considera a efectos de tamaño como un contador monofásico.

□ Trifásicos.

□ Consta de placa para 3 contadores trifásicos.

□ Capacidad máxima por columna de 19 contadores + 1 reloj.

□ Se puede combinar contadores monofásicos con contadores trifásicos.

□ En la parte superior izquierda se colocará siempre el discriminador horario (reloj). Uno por columna. Y con un máximo de 19 servicios.

□ En cada local de superficie superior a 50 m^2 habrá un espacio para contadores de activa-reactiva-reloj, colocados en un mismo módulo uno al lado del otro.

■ Composición:

Según figuras D4-097 y D4-098.

3. Unidad funcional de embarrado general y fusibles de protección.

■ Descripción:

□ Consta del embarrado general y de los fusibles de seguridad de las derivaciones individuales.

■ Composición:

Según figura D4-094, más:

□ 1 borne de neutro por contador.

□ 1 fusible de protección por contador monofásico y tres por trifásico.

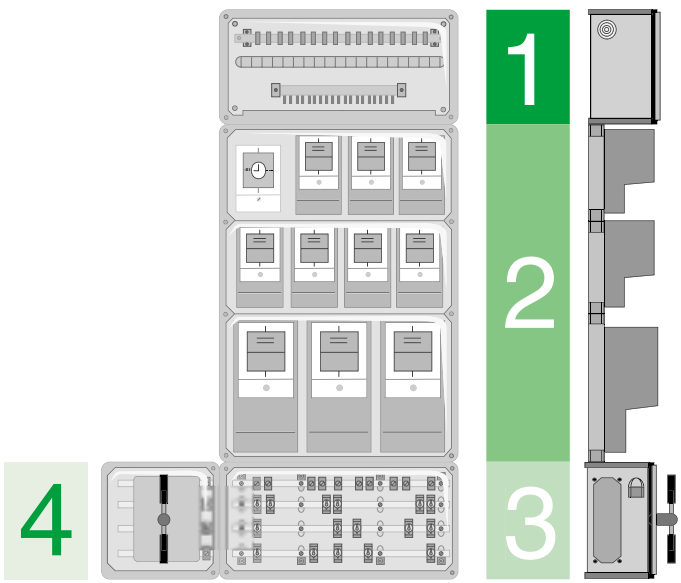


Fig. D4-104: *columna para centralización de contadores modelo normal (RU 1411B).*

4. Unidad funcional de interruptor general de maniobra.
■ Descripción:
□ Consta de un interruptor en carga de 160 A o 250 A.
□ 4 bornes de conexión de acometida para las fases R-S-T y para el neutro.

Modelo especial (todo eléctrico)
1. Unidad funcional de embarrado de protección y embarrado de mando.
■ Descripción:
□ Consta del embarrado de protección, interruptor diferencial, interruptor magnetotérmico y de regleta de bornes seccionables de las derivaciones individuales para conmutación del ICPM.
■ Composición:
Según figura D4-099, más:
□ 1 borne de tierra por contador.
□ 2 bornes seccionables, por contador, para cable de 1,5 mm^2 del circuito de conmutación ICPM.
□ 1 Interruptor diferencial y 1 interruptor magnetotérmico por columna.
2. Unidad funcional de discriminación horaria.
■ Descripción:
□ Consta del reloj de control de cambio de tarifa, contactor auxiliar y regleta de bornes seccionables.
□ Se colocará siempre una unidad por columna.
■ Composición:
Según figura D4-101, más:
□ 2 bornes seccionables por cada contador de la columna.
3. Unidad funcional de medida.
■ Descripción:
□ Monofásicos.
□ Consta de placa para 4 contadores monofásicos.

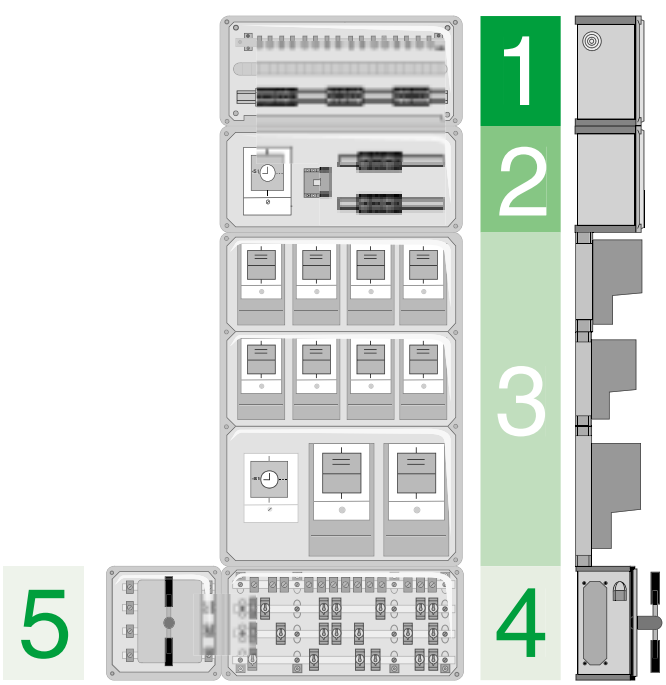


Fig. D4-105: *columna para centralización de contadores modelo especial (todo eléctrico) (RU 1411E).*

□ El reloj se considera a efectos de tamaño como un contador monofásico.
□ Trifásicos.
□ Consta de placa para 3 contadores trifásicos.
□ Capacidad máxima por columna de 20 contadores.
□ Se puede combinar contadores monofásicos con contadores trifásicos.
□ Para cada local de superficie superior a 50 m^2 se dispondrá de un espacio para contadores de activa-reactiva-reloj, colocados en un mismo módulo uno al lado del otro.

■ Composición:

Según figuras D4-097 y D4-098.

4. Unidad funcional de embarrado general y fusibles de protección.

■ Descripción:

□ Consta del embarrado general y de los fusibles de seguridad de las derivaciones individuales.

■ Composición:

Según figura D4-094.

□ 1 borne de neutro por contador.
□ 1 fusible de protección por contador monofásico y tres por trifásico.

5. Unidad funcional de interruptor general de maniobra.

■ Descripción:

□ Consta de un interruptor en carga de 160 A o 250 A.
□ 4 bornes de conexión de acometida para las fases R-S-T y para el neutro (sólo para entrada de centralización).

5. Cálculo de las acometidas

5.1. Ejemplos

Cálculo de las acometidas para el grupo de viviendas unifamiliares pareadas

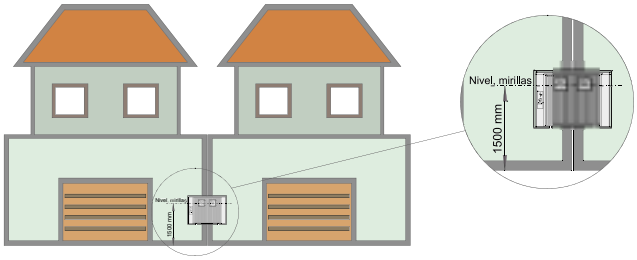


Fig. D5-001: *situación en fachada de la CGPM.*

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.

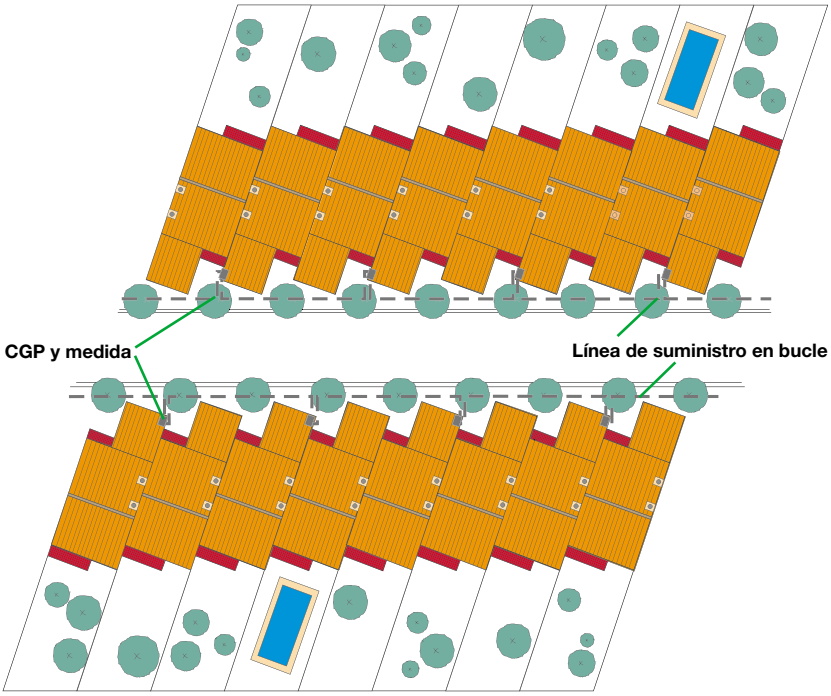


Fig. D5-002: *circuito en bucle de alimentación abonados, casas unifamiliares pareadas.*

Potencia contratada "Electrificación elevada P_V = 9.200 W"

Electrificación elevada, para el suministro de:

- Alumbrado general vivienda (C1).
- Tomas de corriente (C2).
- Cocina con horno eléctrico (C3).
- Lavadora con calentador de agua (C4).
- Lavaplatos con calentador de agua (C4).

■ Calentadores de agua (4):
□ De 80 litros para aseos,
□ De 50 litros para cocina.
■ Aire acondicionado, bomba de calor, con transporte térmico por agua, con dos circuitos (C9):
□ Circuito planta baja,
□ Circuito primera planta.

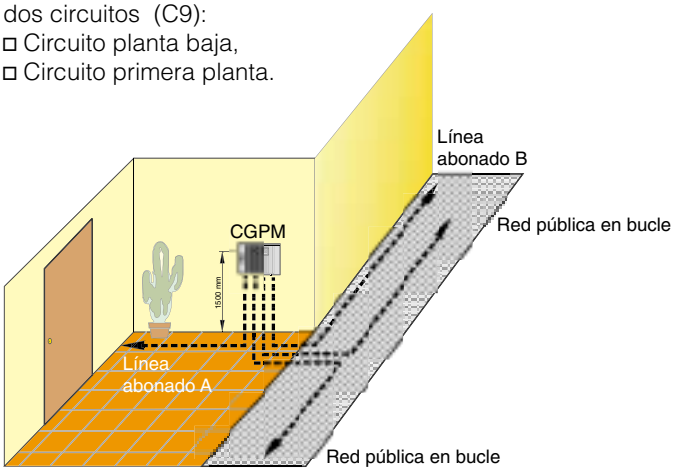


Fig. D5-003: *situación de la CGP y medida y las líneas de abonado.*

Tarifa de contratación

Para este nivel de electrificación es adecuada una tarifa 0.2, con discriminación horaria.
Será conveniente determinar circuitos prioritarios y discriminar algunos durante las horas punta.
■ Circuitos exclusivos de horas valle:
□ Lavadora con calentador de agua.
□ Lavaplatos con calentador de agua.
□ Lavavajillas con calentador de agua.
□ Calentadores de agua.
■ Circuitos alternativos:
□ El aire acondicionado con prioridad de funcionamiento con acumulación de agua aclimatada, en circuito cerrado, en horas valle.
□ El resto de circuitos.

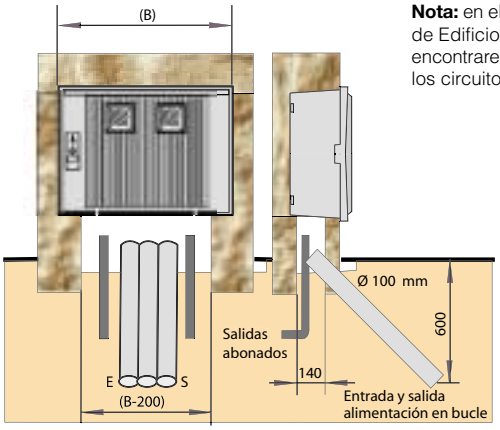


Fig. D5-004: *forma de instalación de la CGP y medida.*

Nota: en el volumen 4, capítulo K "Gestión Técnica de Edificios, el control energético y la seguridad", encontraremos un estudio detallado del consumo y los circuitos prioritarios.

Tensión de suministro:
220 V fase-N.

Intensidad (ver pág. D/30):
■ Horas punta: I = 0,005115 · P = 0,005115 · 9.200 = 47,058 A.
■ Horas valle hasta 63 A.

El ICPM, de 63 A.

La CGP y medida
■ Tipo PN55, fig. B, esquema 2.
■ Los fusibles de la CGP, de 80 A.
■ Situación.

Acometida
La empresa suministradora alimenta en bucle, no a lugar.

Línea general de alimentación (LGA)
La empresa suministradora alimenta en bucle y con CGPM, no a lugar.

Línea de derivación individual (ID)
■ La línea de derivación individual la debemos dimensionar por la potencia máxima en las horas de tarifa nocturna.
□ De la CGPM al ICPM disponemos de una longitud de 8 m.
□ La potencia máxima que podemos derivar de la red es de:

$$P_{(W)} = \frac{I_{(A)}}{0{,}005115} = \frac{63\ A}{0{,}005115} = 12.316\ W$$

□ La caída de tensión permitida en la línea de derivación con suministros con caja general de protección y medida (CGPM) es de 1,5 %, en la tabla D1-016, pág. D/31 encontremos la forma de cálculo.
□ S = 0,0000666 · P · d = 0,0000666 · 12.316 W · 8 m = 6,562 mm^2.
La sección normalizada en el mercado es de 10 mm^2.

Cálculo de las instalaciones de enlace para las viviendas unifamiliares de una urbanización

Suministro
La empresa suministradora alimenta a los abonados en una red aéra en ramal, con cajas de protección aérea y medida empotrada, para grupos de tres abonados.

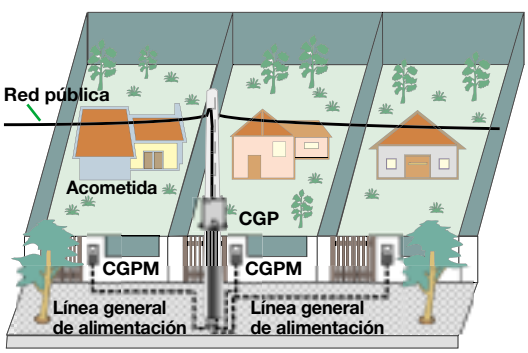


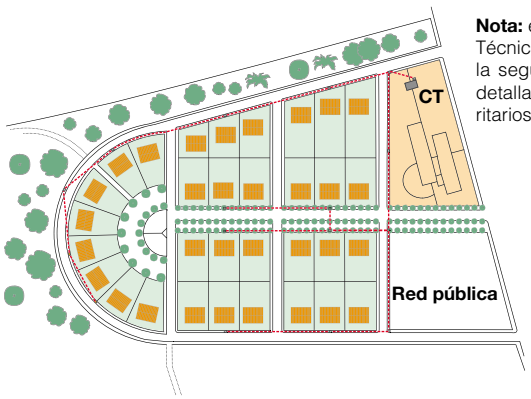
Fig. D5-005: *situación de las CGP y medida, recorrido de la línea general de alimentación al cuadro general de protección y medida.*

Electrificación básica 5.700 W, para el suministro de:
- ■ Alumbrado general vivienda (C1).
- ■ Tomas de corriente (C2).
- ■ Cocina con horno eléctrico (C3).
- ■ Lavadora con calentador de agua (C4).
- ■ Lavaplatos con calentador de agua (C4).
- ■ Calentadores de agua (C4):
- □ De 80 l para aseos.
- □ De 50 l para cocina.

Tarifa de contratación

Para este nivel de electrificación es adecuada una tarifa 0,2, con discriminación horaria.

Será conveniente determinar circuitos prioritarios y discriminar algunos durante las horas punta.
- ■ Circuitos exclusivos de horas valle:
- □ Lavadora con calentador de agua.
- □ Lavaplatos con calentador de agua.
- □ Lavavajillas con calentador de agua.
- □ Calentadores de agua.
- ■ Circuitos alternativos:
- □ El resto de circuitos.



Nota: en el volumen 4, capítulo K "Gestión Técnica de Edificios, el control energético y la seguridad", encontraremos un estudio detallado del consumo y los circuitos prioritarios.

Fig. D5-006: *red pública de distribución en antena, desde el centro de transformación.*

Tensión de suministro:

230 V fase-N.

Intensidad (ver pág. D/30):
- ■ Horas punta:

$$I = 0{,}005115 \cdot P = 0{,}005115 \cdot 5.700\ W = 29{,}15\ A$$

- ■ Horas valle hasta 40 A.

El ICPM:
- ■ De 35 A horas punta.
- ■ De 40 A horas valle.

La CGP:
- ■ Tipo CGP, 100 A, esquema 7 y reparte una fase para cada abonado.
- ■ Los fusibles de la CGP, de 80 A.
- ■ Modelo, ver tabla D3-016.

Acometida

■ Para poder conducir los 80 A de las protecciones de la CGP, en una instalación aérea bajo tubo con conductores unipolares (B), con conductores con aislamiento de PVC (C1) necesitamos un conductor de 25 mm^2, según tabla F7-132, pág. F/257.

■ Es aérea bajo tubo con conductores de 25 mm^2 en la fase y de 16 mm^2 para el neutro, en tubo de 110 mm según tabla D1-013. Pág. D/27.

■ La longitud desde la línea de la red pública hasta la caja de protección es de 3 m.

■ La caída de tensión para tres suministros de 9.200 W (3 · 9.200 W) es de:

$$\Delta U_{(V)} = 0{,}0000382 \frac{P_{(W)} \cdot L_{(m)}}{S_{(mm^2)}} = 0{,}0000382 \frac{(3 \cdot 9.200\ W) \cdot 3\ m}{25\ mm^2} = 0{,}127\ V$$

Línea general de alimentación (LGA)

■ La empresa suministradora distribuye fase y neutro a cada abonado desde una CGP trifásica con fusibles de 80 A. El conductor ha de estar coordinado con el fusible de 80 A.

■ Es una conducción aérea-subterránea con cables unipolares para cada conductor activo. Las condiciones más desfavorables son las del tramo aéreo bajo tubo (B), con conductor de PVC (C1) en la tabla F7-132, pág. F/257, para 80 A le corresponde un conductor de 25 mm^2, que puede conducir 88 A permanentemente.

■ El abonado más distante está a 26 m

■ Debemos calcular la línea general de alimentación (LGA) para que pueda suministrar toda la intensidad en horas valle que son 40 A.

$$P_{(W)} = \frac{I_{(A)}}{0{,}005115} = \frac{40\ A}{0{,}005115} = 7.820\ W$$

■ La caída de tensión para un abonado es de:

$$\Delta U_{(V)} = 0{,}0002301 \frac{P_{(W)} \cdot d_{(m)}}{S_{(mm^2)}} = 0{,}0002301 \frac{7.820\ W \cdot 26\ m}{25_{(mm^2)}} = 1{,}871\ V$$

□ La caída de tensión permitida es de: ΔU = 0,5 %, a 230 V = 1,15 V; inferior a los 1,871 V de la línea con conductor de 25 mm^2.

■ La sección correspondiente para no superar el 0,5% será:

$S = 0{,}0002 \cdot P \cdot d = 0{,}0002 \cdot 7.820\ W \cdot 26\ m = 40{,}66\ mm^2$, en el mercado encontramos conductores de 50 mm^2

□ Con 50 mm^2 la caída de tensión será:

$$\Delta U_{(V)} = 0{,}0002301 \frac{P_{(W)} \cdot d_{(m)}}{S_{(mm^2)}} = 0{,}0002301 \frac{7.820\ W \cdot 26\ m}{50_{(mm^2)}} = 0{,}936\ V,$$ menor que los 1,15 V permitidos.

La línea de derivación individual (DI)

■ La línea de derivación individual la debemos dimensionar por la potencia máxima en las horas de tarifa nocturna.

□ De la CGPM al ICPM disponemos de una longitud media de 18 m.

La acometida es subterránea. En la tabla F-138, pág. F7/260 para llevar los 40 amperios es suficiente un conductor de 4 mm^2.

□ La caída de tensión permitida en la línea de derivación con suministros con (LGA) es de: ΔU = 1% en la Tabla D1-016 pág. D/31 encontraremos la forma de cálculo.

$S = 0{,}0001 \cdot P \cdot d = 0{,}0001 \cdot 7.820\ W \cdot 18\ m = 6{,}562\ mm^2$.

La sección normalizada en el mercado es de 10 mm^2.

■ En realidad la normativa lo que pretende es que al abonado no le llegue una tensión con una caída de tensión superior al 1,5% entre la (LGA) y la (DI).
□ La longitud de la línea general de alimentación es de 26 m y la de la línea de derivación individual es de 18 m total 44 m.
□ La caída de tensión de las dos líneas con un conductor de 25 mm² será:

$$\Delta U_{(V)} = 0{,}0002301 \frac{P_{(W)} \cdot d_{(m)}}{S_{(mm^2)}} = 0{,}0002301 \frac{7.820\ W \cdot 44\ m}{25\ mm^2} = 3{,}167\ V$$

□ Un 1,5 % de los 230 V representan 3,45 V; por tanto si mantenemos la sección se 25 mm² a lo largo de las dos partes de la linea (LGA) y (DI) cumpliremos la finalidad; aunque en los repartos no sea exactamente igual a la prescripción, pero si el resultado final.
□ Si la instalación de la línea de derivación la queremos realizar empotrada bajo tubo deberemos instalar un tubo de 110 mm de diámetro.

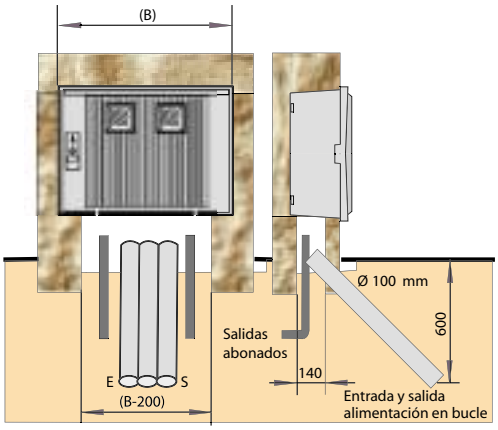


Fig. D5-007: *instalación de la CGPM.*

Cálculo de las instalaciones de enlace 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.

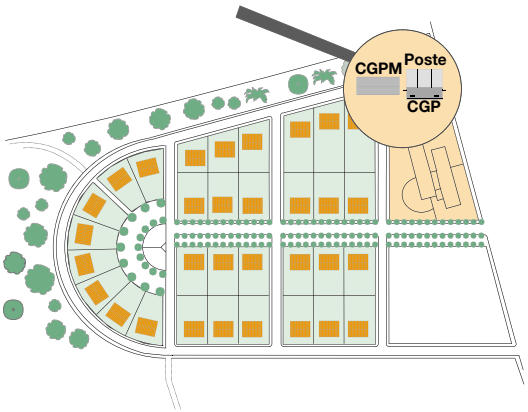


Fig. D5-008: *situación de la CGPM.*

Tensión de suministro: 400/230 V.

Intensidad (ver pág. D/30):

$$I_{(A)} = \frac{1}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos\varphi} \cdot P_{(W)} = 0{,}001698 \cdot P = 0{,}001698 \cdot 20.000\ W = 33{,}96\ A$$

El ICPM, de 40 A.

La CGP:
- Los fusibles de la CGP, de 63 A.
- Modelo, ver tabla D3-016.

La CGPM:
- Tipo PL-77T, fig. B, esquema 1 (pág. D/81).

Acometida:
- Potencia 20 kW.
- Distancia red-CGPM 3 m.
- Tensión 400/230 V.
- Intensidad, la correspondiente a los fusibles de la CGP 63 A.
- Sección:

□ Para poder conducir los 63 A de las protecciones de la CGP, en una instalación aérea bajo tubo con conductores unipolares (B), con conductores con aislamiento de PVC (C1) necesitamos un conductor de cobre de 16 mm², según tabla F7-132, pág. F/257.

□ Según la tabla D1-013, la línea debe ser de 3 · 16 + 10 mm², en un tubo de 75 mm de diámetro.

- La longitud desde la línea de la red pública hasta la caja de protección es de 11 m.
- La caída de tensión para 20.000 W es de:

$$\Delta U_{(V)} = 0{,}0000382 \frac{P_{(W)} \cdot L_{(m)}}{S_{(mm^2)}} = 0{,}0000382 \frac{20.000\ W \cdot 11\ m}{16\ mm^2} = 0{,}467\ V$$

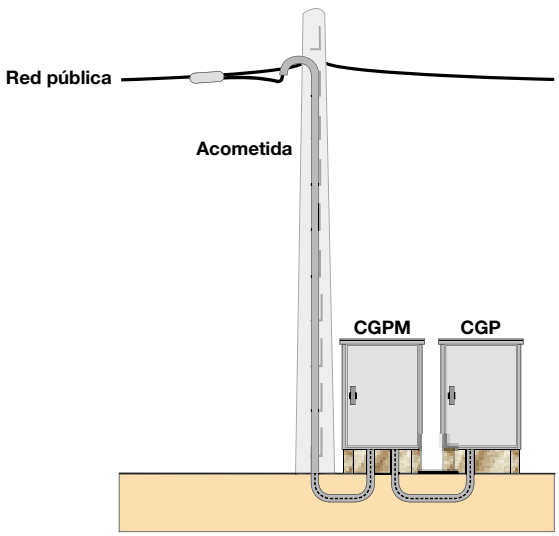


Fig. D5-009: *instalación de la CGP y medida.*

Línea general de alimentación (LGA)
Al utilizar una caja general de protección y medida CGPM no existe la línea general de alimentación (no a lugar).

Línea de distribución individual (DI)
El cuadro general de protección y medida con tubo de 75 mm de diámetro y una red de 3 · 16 + 10 mm^2 alimentamos el Cuadro general de Mando y Protección donde está ubicado el ICPM. La distancia es de 4 m.

$$\Delta U_{(V)} = 0{,}0000382 \frac{P_{(W)} \cdot L_{(m)}}{S_{(mm^2)}} = 0{,}0000382 \frac{20.000\ W \cdot 4\ m}{16\ mm^2} = 0{,}191\ V$$

La caída de tensión es muy inferior al 1 % de 230 V en las que están conectadas las cargas entre fase y neutro.

Cálculo de la conexión de enlace 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 5.700 W:
■ Electrificación básica, para el suministro de:
□ Alumbrado general vivienda (C1).
□ Tomas de corriente (C2).
□ Horno eléctrico (C3).
Lavadora, lavavajillas y termo, (C4).
■ Tensión de suministro 230 V fase-N.
■ Tarifa de contratación:
□ Para este nivel de electrificación es adecuada una tarifa 0,2.
■ Coeficiente de simultaneidad.
□ Para 36 ud le corresponde un coeficiente de simultaneidad = 15,3 + (36 – 21)0,5 = 22,8.
■ Potencia viviendas = 5.700 W · 22,8 = 129.960 W ≅ 130 kW.

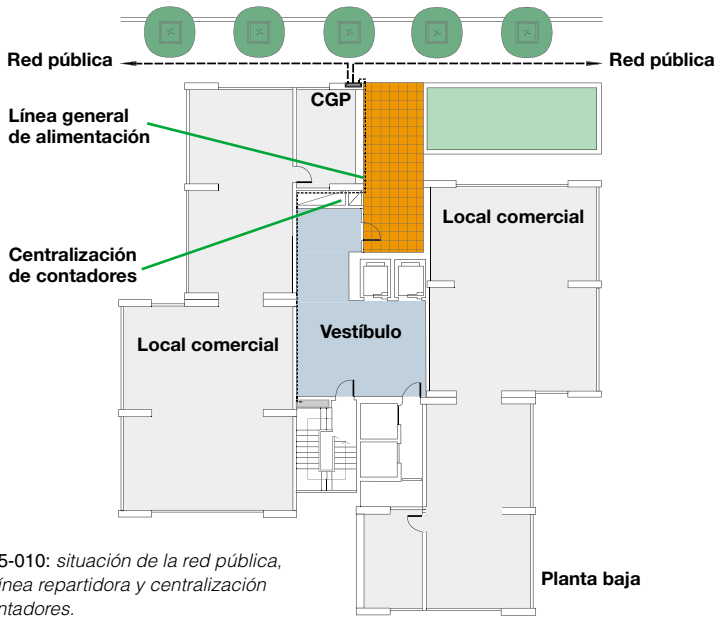


Fig. D5-010: *situación de la red pública, CGP línea repartidora y centralización de contadores.*

Potencia contratada en locales comerciales:
2 unidades de 120 m^2 a 100 W/m^2 = 2 · 120 m^2 · 100 W/m^2 = 24 kW.
■ Tarifa de contratación:
Para este nivel de electrificación es adecuada una tarifa 0,3.
■ Tensión de suministro: 400/230 V.

Potencia contratada servicios generales: 25 kW
■ Tarifa de contratación:
Para este nivel de electrificación es adecuada una tarifa 0,3.
■ Tensión de suministro 400/230 V.

Potencia total suministro edificio
Potencia viviendas + potencia locales comerciales + potencia servicios generales = 130 kW + 24 kW + 25 kW = 179 kW.

Intensidad necesaria para el suministro en trifásico a 400/230 V
I = 0,001698 · 179.000 W = 303,95 A

Caja general de protección (CGP)
■ Tipo PN-55, 400 A, esquema 14.
■ Los fusibles de la CGP, de 400 A.

Acometida
La empresa suministradora alimenta con línea subterránea en bucle, no a lugar.

Línea general de alimentación (LGA)
■ La línea de la CGP, hasta la centralización de contadores se realiza por debajo del pavimento del vestíbulo en línea subterránea en tubo.
■ Para que el conducto quede protegido con los 400 A de los fusibles de la CGP, necesitamos un conductor de Cu de 185 mm^2 de PVC , según la tabla F-138, pág. F/260, puede conducir 420 A.
■ El terreno mantiene una temperatura al entorno de los 25 °C.
■ La línea será, según la tabla D1-013, pág. D/27 de 3 · 185 + 95 mm^2 y el tubo ha de ser de como mínimo 185 mm de diámetro.
■ La distancia entre la CGP y la centralización de contadores es de 22 m.
■ La caída de tensión será:

$$\Delta U_{(V)} = 0{,}0000382 \frac{P_{(W)} \cdot L_{(m)}}{S_{(mm^2)}} = 0{,}0000382 \frac{179.000\ W \cdot 22\ m}{185\ mm^2} = 0{,}819\ V$$

La caída de tensión reglamentaria es del 0,5 % de 230 V = 1,15 V, superiores a los 0,819 V del cálculo.

Línea de derivación individual (DI)
■ **Para una vivienda.**
■ Para la línea individual de derivación a las viviendas debemos considerar la más alejada (última planta) que corresponde una longitud de 35 m.
■ La potencia a suministrar es de 5.700 W.
■ La tensión de suministro es de 230 V.
■ La caída de tensión de la derivación individual de las viviendas (DI).
□ La caída de tensión permitida es del 1 %.
□ En la tabla D1-019 encontramos la formula para calcular la sección con una caída de tensión del 1 %.
S = 0,0001 · P · d = 0,0001 · 5.700 W · 35 m = 19,95 en el mercado encontramos conductores de 25 mm^2.

□ La caída de tensión real será:

$$\Delta U_{(V)} = 0{,}0002301 \frac{P_{(W)} \cdot d_{(m)}}{S_{(mm^2)}} = 0{,}0002301 \frac{5.700\ W \cdot 35\ m}{25\ mm^2} = 1{,}837\ V$$

□ La caída de tensión total es: la de la Línea General de Protección (LGP) 0,819 V + la de la Derivación Individual (DI) 1,837 V = 2,656 V inferior al 1,5 % de 230 V = 3,45 V.

■ La sección del conductor de la derivación individual de las viviendas (DI).

□ En la tabla F-132 bajo una conducción con conductores de Cu, con aislamiento de PVC, entubados en una canaladura (B), dos conductores cargados (C1) pueden conducir 88 A.

■ En la tabla F7-111, pág. F/240 encontraremos el diámetro del tubo necesario para una conducción de dos conductores de 25 mm^2 un conductor de 10 mm^2 para el conductor de protección y un conductor de 1,5 mm^2 para el conductor del control tarifario, un tubo de diámetro de 32 mm es el adecuado. Al tener que prever una ampliación del 50 % de los conductores deberemos colocar un tubo de 40 mm de diámetro.

■ **Para un local comercial.**

■ Para la línea individual de derivación de un local comercial debemos considerar la más alejada que corresponde una longitud de 10 m.

■ La potencia a suministrar es de 12.000 W.

■ La tensión de suministro es de 400/230 V.

■ La intensidad a circular es de:

$$I_{(A)} = \frac{1}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos\varphi} \cdot P_{(W)} = 0{,}001698 \cdot P_{(W)} = 0{,}001698 \cdot 12.000\ W = 20{,}376\ A$$

□ La línea transcurre por el vestíbulo con tubo empotrado en la pared con una longitud de 10 m.

□ Los conductores de Cu, con aislamiento de PVC (C13), en tubos empotrados en paredes (A), una sección de 4 mm^2 puede conducir permanentemente 22 A según la tabla F7-132 de la pág. F/257.

□ El tubo debe albergar tres fases de 4 mm^2 el neutro de 2,5 mm^2, el conductor de protección de 2,5 mm^2 y el conductor para control tarifario de 1,5 mm^2, para estas condiciones deberíamos prever un tubo de 20 mm de diámetro, pero al tener que prever una ampliación del 50 % debemos prever un tubo de 35 mm de diámetro, según tabla F7-116, pág. F/242.

■ La caída de tensión de la derivación individual del local comercial (DI).

□ La caída de tensión permitida es del 1 % de 230 V = 2,3 V

$$\Delta U_{(V)} = 0{,}0000382 \frac{P_{(W)} \cdot L_{(m)}}{S_{(mm^2)}} = 0{,}0000382 \frac{12.000\ W \cdot 10\ m}{4\ mm^2} = 1{,}146\ V;$$ mucho menor que los 2,3 V permitidos por el reglamento.

□ La caída de tensión total es: la de la Línea General de Protección (LGP) 0,819 V + la de la Derivación Individual (DI) 1,146 V = 1,965 V inferor al 1,5 % de 230 V = 3,45 V.

■ **Para los servicios generales.**

■ Para la línea individual de derivación para los servicios generales debemos considerar la situación del local de mantenimiento situado en la azotea con los motores de los ascensores.

■ La potencia a suministrar es de 25.000 W.

■ La tensión de suministro es de 400/230 V.

■ La intensidad a circular es de:

$$I_{(A)} = \frac{1}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos\varphi} \cdot P_{(W)} = 0{,}001698 \cdot P_{(W)} = 0{,}001698 \cdot 25.000\ W = 42{,}45\ A$$

□ La línea transcurre por el vestíbulo con tubo empotrado en la pared con una longitud de 40 m.
□ Los conductores de Cu, con aislamiento de PVC (C13), en tubos situados en canaladuras (B2), una sección de 10 mm² puede conducir permanentemente 45 A, según la tabla F7-132 de la pág. F/257.
■ La caída de tensión de la derivación individual del local comercial (DI).
□ La caída de tensión permitida es del 1 % de 230 V = 2,3 V

$$\Delta U_{(V)} = 0{,}0000382 \frac{P_{(W)} \cdot L_{(m)}}{S_{(mm^2)}} = 0{,}0000382 \frac{25.000\ W \cdot 40\ m}{10\ mm^2} = 3{,}82\ V;$$ mayor que los 2,3 V permitidos por el reglamento.

Podemos calcular la sección necesaria, pero la sección inmediata superior que encontramos en el mercado es de 16 mm² que ya resolverá el problema.

$$\Delta U_{(V)} = 0{,}0000382 \frac{P_{(W)} \cdot L_{(m)}}{S_{(mm^2)}} = 0{,}0000382 \frac{25.000\ W \cdot 40\ m}{16\ mm^2} = 2{,}3875\ V;$$ a la par de los 2,3 V permitidos por el reglamento.

□ La caída de tensión total es: la de la Línea General de Protección (LGP) 0,819 V + la de la Derivación Individual (DI) 2,3875 V = 3,2065 V inferor al 1,5 % de 230 V = 3,45 V.
■ En la tabla F7-111, pág. F/240 encontraremos el diámetro del tubo necesario para una conducción de tres conductores de 16 mm² un conductor de 10 mm² para el conductor neutro; un conductor de 10 mm² para el conductor de protección y un conductor de 1,5 mm² para el conductor del control tarifario, un tubo de diámetro de 35 mm es el adecuado. Al tener que prever una ampliación del 50 % de los conductores deberemos colocar un tubo de 50 mm de diámetro.

Centralización de contadores de doble aislamiento:
■ Prepara 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.

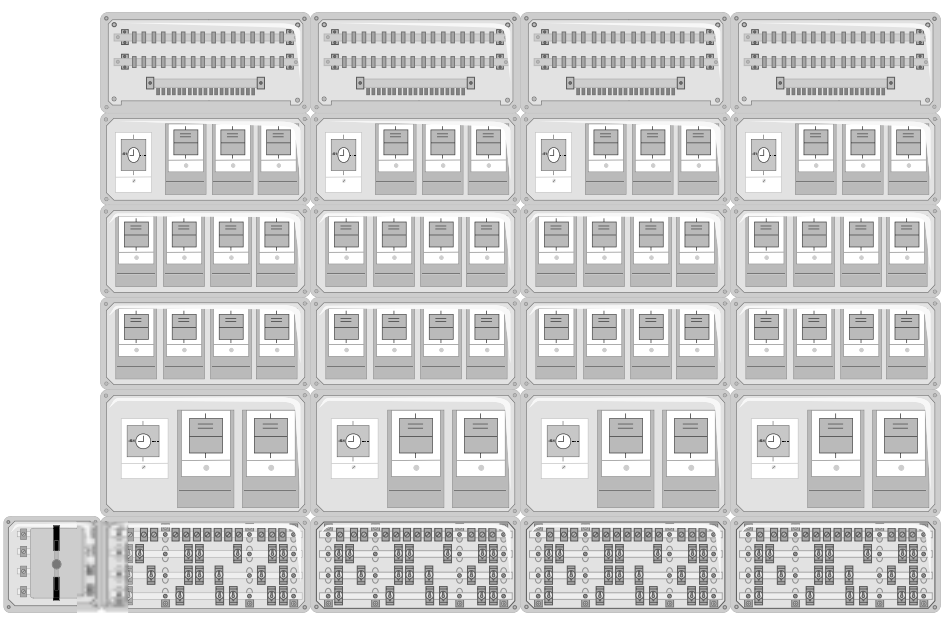


Fig. D5-011: *centralización de contadores para 36 unidades de monofásicos y 3 unidades de trifásicos, preparada para futuras ampliaciones con discriminación horaria.*

Cálculo de las acometidas para un bloque de oficinas y locales comerciales con tres plantas, sótanos para aparcamiento y servicios generales

Suministro

Tres abonados han solicitado un doble suministro, con dos empresas diferentes, con el fin de garantizar la continuidad de suministro:

■ El contrato obliga a mantener un mínimo de consumo para el segundo 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.

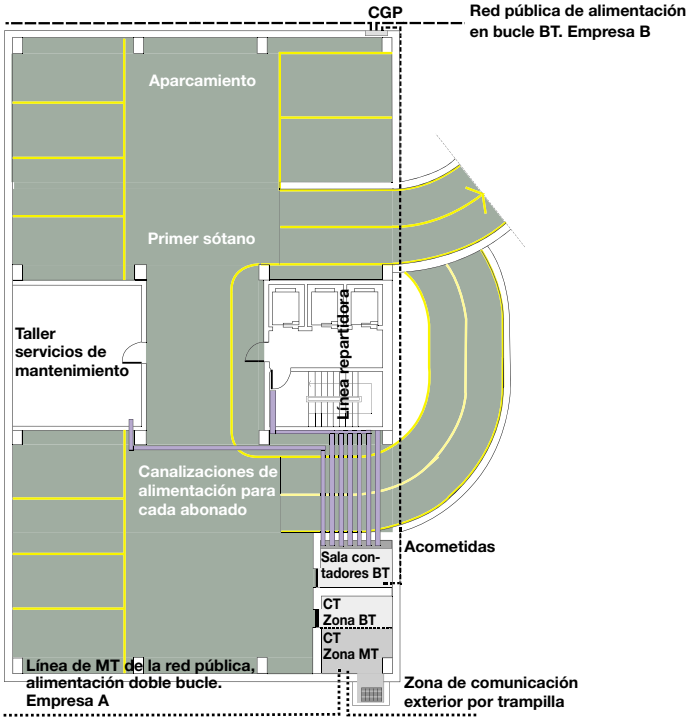


Fig. D5-012: *situación en planta de las acometidas.*

Abonado n.º 1, local comercial:

■ Potencia contratada 63 kW.

■ Tensión de suministro 400/230 V.

■ Tarifa de contratación:

Para este nivel de electrificación es adecuada una tarifa 0,3.

■ Equipo de protección y medida interior T-2, fusibles de 125 A.

Abonado n.º 2, de las plantas 1.ª, 2.ª y 3.ª

Contratación con dos empresas suministradoras:

■ Empresa suministradora A:

□ Potencia contratada 200 kW.

□ Tensión de suministro 400/230 V.

□ Tarifa de contratación:
Para este nivel de electrificación es adecuada una tarifa 0,4.
□ 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.
□ Tarifa de contratación:
Para este nivel de electrificación es adecuada una tarifa 0,4.
□ 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:
Para este nivel de electrificación es adecuada una tarifa 0,4.
■ 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.
■ Tarifa de contratación:
Para este nivel de electrificación es adecuada una tarifa 0,2 o 0,3.
■ 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.
■ Tarifa de contratación:
Para este nivel de electrificación es adecuada una tarifa 0,2 o 0,3.
■ Equipo de protección y medida interior T-2, fusibles de 50 A.

Abonado n.º 6, de las planta 6.ª, 3.ª:
■ Potencia contratada 25 kW.
■ Tensión de suministro 400/230 V.
■ Tarifa de contratación:
Para este nivel de electrificación es adecuada una tarifa 0,2 o 0,3.
■ 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.
□ Tarifa de contratación:
Para este nivel de electrificación es adecuada una tarifa 0,4.
□ 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.
□ Tarifa de contratación:
Para este nivel de electrificación es adecuada una tarifa 0,4.
□ 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.
□ Tarifa de contratación:
Para este nivel de electrificación es adecuada una tarifa 0,4.
□ Equipo de protección y medida interior T-30, fusibles de 250 A.
■ Empresa suministradora B:
□ Potencia contratada 125 kW.
□ Tensión de suministro 400/230 V.
□ Tarifa de contratación:
Para este nivel de electrificación es adecuada una tarifa 0,4.
□ Equipo de protección y medida interior T-30, fusibles de 250 A.

Potencia total contratada en edificio a la empresa B:

$$P_T = P_{n.º\,2} + P_{n.º\,7} + P_{n.º\,8} = 200 + 80 + 125 = 405 \text{ kW}$$

Intensidad (ver pág. D/30): $I_{(A)} = \frac{1}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos\varphi} P_{(W)} = \frac{1}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 0{,}85} P_{(W)} =$

$$= 0{,}001698 \cdot 405.000_{(W)} = 687{,}79 \text{ A}$$

□ La intensidad es muy elevada para una sola caja.
□ La compañía propone dos cajas de 400 A, una para el abonado n.° 2 y otra para los abonados n.os 7 y 8.

■ Abonado n.° 2: $I_{(A)} = \frac{1}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos\varphi} P_{(W)} = \frac{1}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 0{,}85} P_{(W)} =$

$$= 0{,}001698 \cdot 405.000_{(W)} = 687{,}79 \text{ A}$$

■ Abonados n.os 7 y 8: $I_{(A)} = \frac{1}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos\varphi} P_{(W)} = \frac{1}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 0{,}85} P_{(W)} =$

$$= 0{,}001698 \cdot 200.000_{(W)} = 339{,}6 \text{ A}$$

Acometida
No a lugar por que la compañía suministradora alimenta en bucle.

Caja general de protección (CGP)
Abonado n.° 2:
■ Tipo PN - 55, 400 A, esquema 14.
■ Los fusibles de la CGP, de 400 A.
Abonados n.os 7 y 8:
■ Tipo PN - 55, 400 A, esquema 14.
■ Los fusibles de la CGP, de 400 A.

Línea general de alimentación (LGA)
Abonado n.° 2:
■ Potencia 200 kW.
■ Distancia 20 m, con línea aérea bajo tubo desde la CGP hasta el cuadro de contaje CC.
■ Tensión 400/230 V.
Intensidad: si los fusibles de la CGP son de 400 A y actúan de protección de la línea general de alimentación (LGA) , ésta ha de estar dimensionada en función de esta protección, por tanto, para una intensidad permanente de 400 A.

■ Sección de los conductores.

□ Para el abonado n.º 2, fusibles de 400 A, en la tabla reducida F7-133, pág. F/257, en la línea del tipo de instalación (B) y la columna para un circuito de tres conductores con aislamiento XLPE o EPR, una sección de 240 mm² permite conducir 455 A. Tendremos una línea de 3 · 240 + 120 mm² y un conducto de 200 mm de diámetro.

□ Para los abonados n.ºs 7 y 8, fusibles de 400 A, en la tabla reducida F7-133, pág. F/257, en la línea del tipo de instalación (B) y la columna para un circuito de tres conductores con aislamiento XLPE o EPR, una sección de 240 mm² permite conducir 455 A. Tendremos una línea de 3 · 240 + 120 mm² y un conducto de 200 mm de diámetro.

■ Caídas de tensión.

Los conductorres de Cu, con aislamiento de PVC (C1), en tubos situados sobre muros (C), una sección de 240 mm² puede conducir permanentemente 401 A según la tabla F7-132 de la pág F/257.

□ La caída de tensión de la línea general de alimentación (LGA).

La caída de tensión permitida es del 0,5 % de 230 V = 1,15 V

$$\Delta U_{(V)} = 0{,}0000382 \frac{P_{(W)} \cdot L_{(m)}}{S_{(mm^2)}} = 0{,}0000382 \frac{200.000\ W \cdot 20\ m}{240\ mm^2} = 0{,}637\ V;$$ menor que los 3,45 V permitidos por el reglamento.

Grupo de acometidas (T-20 y T-30) para abonados: n.º 2 plantas 1.ª, 2.ª y 3.ª; n.º 8 servicios generales; n.º 7 planta 7.ª. Alimentadas por la empresa B

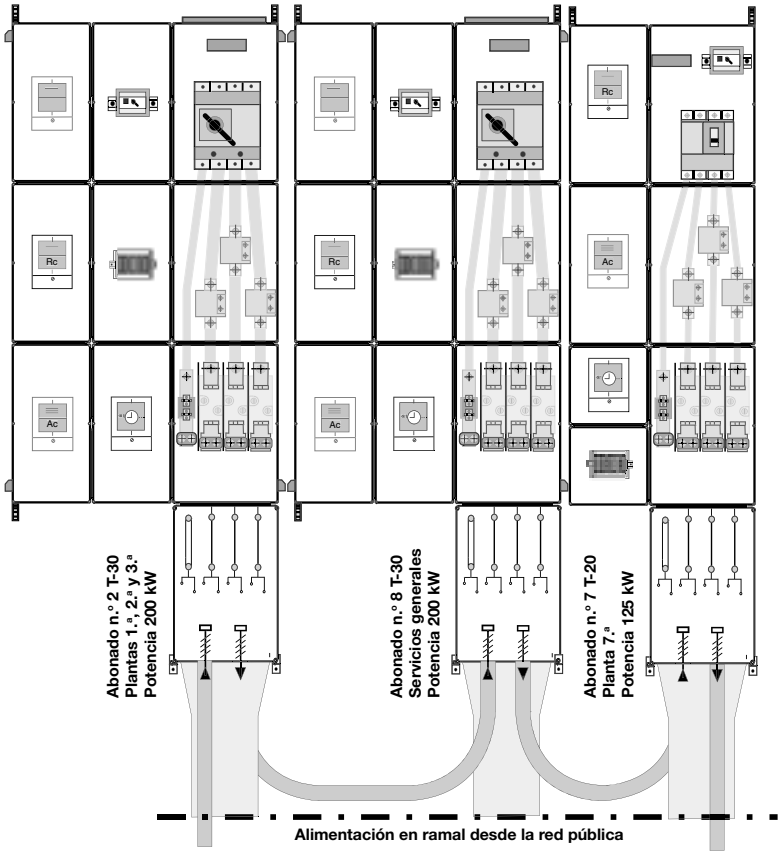


Fig. D5-013: *grupo de acometidas para abonados: n.º 2 plantas 1.ª, 2.ª y 3.ª; n.º 8 servicios generales; n.º 7 planta 7.ª. Alimentados desde el CT de la empresa suministradora B.*

□ Tubo de protección.
Según la tabla D1-013 pág. D/27, debemos utilizar 3 · 240 + 120 mm² en tubo de 200 mm de diámetro.
■ Abonados n.os 7 y 8:
Los valores de los abonados 7.º y 8.º, son equivalentes a los del abonado 2.º

Potencia total contratada en edificio a la empresa A:

$P_T = P_{n.º\ 1} + P_{n.º\ 2} + P_{n.º\ 3} + P_{n.º\ 4} + P_{n.º\ 5} + P_{n.º\ 6} + P_{n.º\ 7} + P_{n.º\ 8} =$

$= 63 + 200 + 160 + 20 + 25 + 25 + 80 +$

■ Suministra desde el centro de transformación ubicado en el edifico, con líneas de alimentación independientes para cada abonado, desde los fusibles individuales para cada derivación:
□ Para el abonado n.º 1, fusibles de 80 A.
□ Para el abonado n.º 2, fusibles de 500 A.
□ Para el abonado n.º 3, fusibles de 400 A.
□ Para el abonado n.º 4, fusibles de 63 A.
□ Para el abonado n.º 5, fusibles de 80 A.
□ Para el abonado n.º 6, fusibles de 80 A.
□ Para el abonado n.º 7, fusibles de 200 A.
□ Para el abonado n.º 8, fusibles de 315 A.

Las secciones de los conductores.

■ Las líneas generales de alimentación deben mantener secciones capaces de ser protegidas por los fusibles de cabecera.
□ Para el abonado n.º 1, fusibles de 80 A, conductor (C13) de 35 mm² permite conducir 86 A, según la tabla F7-132, pág. F/257, con 3 · 35 + 16 mm² y un conducto tubular de 110 mm de diámetro.
□ Para el abonado n.º 2, fusibles de 500 A, en la tabla reducida F7-133, pág. F/257, en la línea del tipo de instalación (B) y la columna para un circuito de tres conductores con aislamiento XLPE o EPR, una sección de 150 mm² permite conducir 338 A. Si colocamos dos circuitos 2 · 338 A = 676 A; pero al colocar dos circuitos en un mismo tubo, debemos aplicar el coeficiente 0,8 de la tabla F-135, pág. F/258, tendremos 2 · 338 · 0,8 A = 540,8 A y un conducto de 230 mm de diámetro.
□ Para el abonado n.º 3, fusibles de 400 A, en la tabla reducida F7-133, pág. F/257, en la línea del tipo de instalación (B) y la columna para un circuito de tres conductores con aislamiento XLPE o EPR, una sección de 95 mm² permite conducir 245 A. Si colocamos dos circuitos 2 · 245 A = 490 A; pero al colocar dos circuitos en un mismo tubo, debemos aplicar el coeficiente 0,8 de la tabla F-135 pág F/258, tendremos 2 · 245 · 0,8 A = 392 A y un conducto de 200 mm de diámetro.
□ Para el abonado n.º 4, fusibles de 63 A, conductor (C13) de 25 mm² permite conducir 70 A, según la tabla F7-132, pág. F/257, con 3 · 25 + 16 mm² y un conducto tubular de 110 mm de diámetro.
□ Para el abonado n.º 5, fusibles de 80 A, conductor (C13) de 35 mm² permite conducir 86 A, según la tabla F7-132, pág. F/257, con 3 · 35 + 16 mm² y un conducto tubular de 110 mm de diámetro.
□ Para el abonado n.º 6, fusibles de 80 A, conductor (C13) de 35 mm² permite conducir 86 A, según la tabla F7-132, pág. F/257, con 3 · 35 + 16 mm² y un conducto tubular de 110 mm de diámetro.
□ Para el abonado n.º 7, fusibles de 200 A, en la tabla reducida F7-133, pág. F/257, en la línea del tipo de instalación (B) y la columna para un circuito de tres conductores con aislamiento XLPE o EPR, una sección de 70 mm² permite conducir 202 A. Tendremos una línea de 3 · 70 + 35 mm² y un conducto de 140 mm de diámetro.

□ Para el abonado n.º 8, fusibles de 315 A, en la tabla reducida F7-133, pág. F/257, en la línea del tipo de instalación (B) y la columna para un circuito de tres conductores con aislamiento XLPE o EPR, una sección de 150 mm² permite conducir 202 A. Tendremos una línea de 3 · 150 + 70 mm² y un conducto de 160 mm de diámetro.

Grupo de acometidas (T-2) para abonados: n.º 1 local comercial; n.º 4 planta 6.ª, 1.ª; n.º 5 planta 6.ª, 2.ª; n.º 6 planta 6.ª, 3.ª. Alimentadas por la empresa A

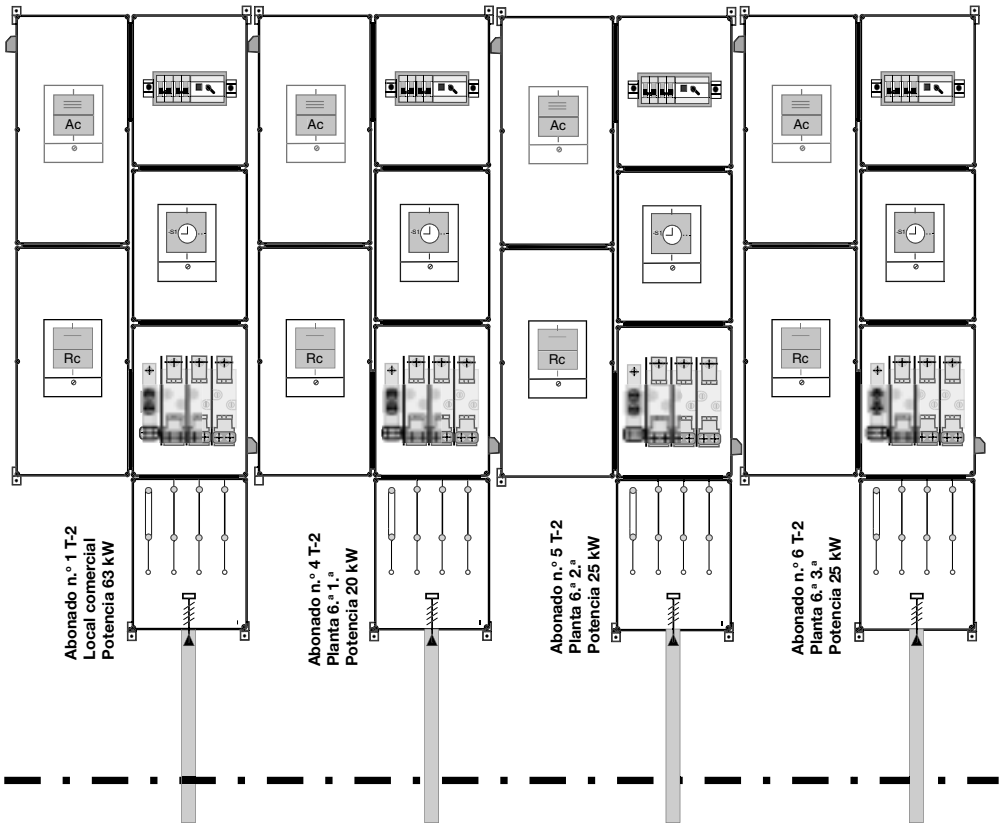


Fig. D5-014: *grupo de acometidas para abonados: n.º 1 local comercial; n.º 4 planta 6.ª, 1.ª; n.º 5 planta 6.ª, 2.ª; n.º 6 planta 6.ª, 3.ª. Alimentados desde el CT de la empresa suministradora A.*

■ **Las caídas de tensión.**

■ Los conductos son de tubo e instalados al aire (B2) y las distancias entre bornes oscilan al entorno de los 20 m.

□ Caída de tensión de la línea general de alimentación del abonado n.º 1

$$\Delta U_{(V)} = 0{,}0000382 \frac{P_{(W)} \cdot L_{(m)}}{S_{(mm^2)}} = 0{,}0000382 \frac{63.000\ W \cdot 20\ m}{35\ mm^2} = 1{,}3752\ V$$

□ Caída de tensión de la línea general de alimentación del abonado n.º 2

$$\Delta U_{(V)} = 0{,}0000382 \frac{P_{(W)} \cdot L_{(m)}}{S_{(mm^2)}} = 0{,}0000382 \frac{200.000\ W \cdot 20\ m}{2 \cdot 150\ mm^2} = 0{,}51\ V$$

□ Caída de tensión de la línea general de alimentación del abonado n.º 3

$$\Delta U_{(V)} = 0{,}0000382 \frac{P_{(W)} \cdot L_{(m)}}{S_{(mm^2)}} = 0{,}0000382 \frac{160.000\ W \cdot 20\ m}{2 \cdot 95\ mm^2} = 0{,}643\ V$$

□ Caída de tensión de la línea general de alimentación del abonado n.º 4

$$\Delta U_{(V)} = 0{,}0000382 \frac{P_{(W)} \cdot L_{(m)}}{S_{(mm^2)}} = 0{,}0000382 \frac{20.000\ W \cdot 20\ m}{25\ mm^2} = 0{,}612\ V$$

□ Caída de tensión de la línea general de alimentación del abonado n.º 5

$$\Delta U_{(V)} = 0{,}0000382 \frac{P_{(W)} \cdot L_{(m)}}{S_{(mm^2)}} = 0{,}0000382 \frac{25.000\ W \cdot 20\ m}{35\ mm^2} = 0{,}546\ V$$

□ Caída de tensión de la línea general de alimentación del abonado n.º 6

$$\Delta U_{(V)} = 0{,}0000382 \frac{P_{(W)} \cdot L_{(m)}}{S_{(mm^2)}} = 0{,}0000382 \frac{25.000\ W \cdot 20\ m}{35\ mm^2} = 0{,}546\ V$$

□ Caída de tensión de la línea general de alimentación del abonado n.º 7

$$\Delta U_{(V)} = 0{,}0000382 \frac{P_{(W)} \cdot L_{(m)}}{S_{(mm^2)}} = 0{,}0000382 \frac{80.000\ W \cdot 20\ m}{70\ mm^2} = 0{,}874\ V$$

□ Caída de tensión de la línea general de alimentación del abonado n.º 8

$$\Delta U_{(V)} = 0{,}0000382 \frac{P_{(W)} \cdot L_{(m)}}{S_{(mm^2)}} = 0{,}0000382 \frac{125.000\ W \cdot 20\ m}{150\ mm^2} = 0{,}637\ V$$

La caída de tensión máxima permitida para una línea general de alimentación (LGA) es del 0,5 % de 230 V = 1,15 V; lo importante es que la caída de tensión de la Línea General de Alimentación más la de la línea de derivación individual, no supere el 1,5 % de caída de tensión.

Grupo de acometidas (T-20 y T-30) para abonados: n.º 2 plantas 1.ª, 2.ª y 3.ª; n.º 3 plantas 4.ª y 5.ª; n.º 8 servicios generales; n.º 7 planta 7.ª. Alimentadas por la empresa A

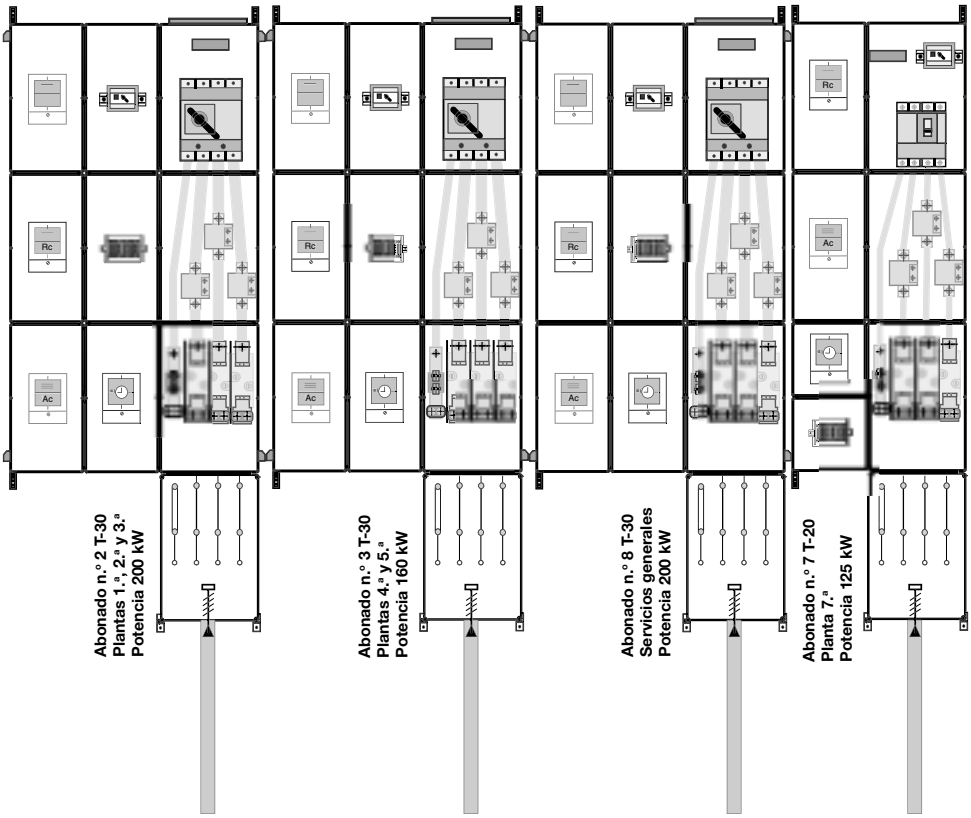


Fig. D5-015: *grupo de acometidas para abonados: n.º 2 plantas 1.ª, 2.ª y 3.ª; n.º 3 plantas 4.ª y 5.ª; n.º 8 servicios generales; n.º 7 planta 7.ª. Alimentados desde el CT de la empresa suministradora A.*

Cálculo de las acometidas para una industria

Potencias y consumos

Desde la red pública de baja tensión, la empresa trabaja cuatro turnos, tres de 8 horas de lunes a viernes y uno de 24 horas los sábados y festivos.
Las oficinas trabajan un turno durante 222 días al año.
El almacén y la sección de expediciones trabaja un turno durante 222 días al año.
El taller de mantenimiento trabajan dos turnos durante 222 días al año.
La sala de máquinas y los compresores trabajan cuatro turnos durante 360 días al año.

Cuadro de potencias y consumos

Descripción	S (kVA)	Kc	Cos φ	kVA/h (turnos)			kW/h (turnos)		
				1.°	2.°	3.°	1.°	2.°	3.°
Sala máquinas									
Máquina n.° 1	10,30	0,5	0,83	41,20	41,20	41,20	34,20	34,20	34,20
Máquina n.° 2	14,20	0,5	0,86	56,80	56,80	56,80	48,85	48,85	48,85
Máquina n.° 3	14,20	0,5	0,86	56,80	56,80	56,80	48,85	48,85	48,85
Máquina n.° 4	24,00	0,5	0,86	96,00	96,00	96,00	82,56	82,56	82,56
Máquina n.° 5	3,50	0,5	0,80	14,00	14,00	14,00	11,20	11,20	11,20
T. corriente	21,04	1	0,80	84,16	84,16	84,16	67,33	67,33	67,33
Alumbrado	4,2	0,8	0,86	29,90	29,90	29,90	25,72	25,72	25,72
Climatización	16,5	0,6	0,80	79,20	79,20	79,20	63,36	63,36	63,36
Zona de compresores									
Compresor	7,60	0,7	0,80	42,56	42,56	42,56	34,05	34,05	34,05
T. corriente	2,80	1	0,80	22,40	22,40	22,40	17,92	17,92	17,92
Alumbrado	3,50	0,8	0,86	22,40	22,40	22,40	17,92	17,92	17,92
Taller de mantenimiento									
Potencia	21,00	0,9	0,80	151,20	151,20		120,96	120,96	
Alumbrado	4,2	0,6	0,86	20,16	20,16		17,34	17,34	
Almacén y expediciones									
Potencia	10,00	0,6	0,80	48,00			38,4		
Alumbrado	1,40	0,6	0,86	6,72			5,78		
Oficinas									
Potencia	3,80	0,9	0,90	27,36			24,63		
Alumbrado	3,60	0,7	0,86	20,16			17,34		
Climatización	15,00	0,6	0,80	72,00			57,6		
Sumas				891,02	716,78	545,4	734,01	590,26	451,9
Cos φ medio							0,823	0,823	0,828
Potencia media consumida (kW)							91,75	73,78	56,49
Coeficiente [cos φ (de 0,82 a 0,98)]							0,489	0,489	0,489
Potencia energía reactiva (kVAr)							45	36	28
Potencia instalada (kVA) generadora de armónicos							16,9	11,9	7,7
Relación PGA, con la potencia CT, 630 kVA							2,7%	1,9%	1,2%

Tabla D5-016: *tabla de las potencias y consumos de la industria.*

Contratación:

- Tarifa 4.0.
- Complemento por discriminación horaria tipo 4.
- Zona 3. Madrid, Castilla-La Mancha y Extremadura.

Horarios de los turnos	Horarios de discriminación en la zona 3.ª			
	0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24			
	Invierno			
	Valle	Llano	Punta	Llano
1.° 6 a 14	2	6		
2.° 14 a 22		2	6	
3.° 22 a 6	6			2
	Verano			
	Valle	L	Punta	Llano
1.° 6 a 14	2	1	5	
2.° 14 a 22			1	7
3.° 22 a 6	6			2

Tabla D5-017: *tabla de horas valle, llano y punta en la zona tercera y la coincidencia con los turnos de la industria.*

Cálculo de los consumos por períodos de invierno y verano, en función de la coincidencia en horas valle, llano y punta

Consumo mensual									
Estación	Tipo	Horas	Días	Semanas	T	P (kW)	Consumos (kW/h)		
Invierno	Punta	6	5	4	2.°	73,78	8853,6	8853,6	19,10%
		–	–	–	–				
	Llano	6	5	4	1.°	91,75	11010,0		
		2	5	4	2.°	73,78	2951,2	16220,8	34,98%
		2	5	4	3.°	56,49	2259,6		
	Valle	2	5	4	1.°	91,75	3670,0		
		6	5	4	3.°	56,49	6778,8	21294,9	45,92%
		24	2	4	4.°	56,49	10846,1		
								46369,3	100%
Verano	Punta	5	5	4	1.°	91,75	9175,0	10650,6	22,98%
		1	5	4	2.°	73,78	1475,6		
	Llano	1	5	4	1.°	91,75	1835,0		
		7	5	4	2.°	73,78	10329,2	14423,8	31,10%
		2	5	4	3.°	56,49	2259,6		
	Valle	2	5	4	1.°	91,75	3670,0		
		6	5	4	3.°	56,49	6778,8	21294,9	45,92%
		24	2	4	4.°	56,49	10846,1		
								46369,3	100%

Tabla D5-018: *cálculo de los consumos por períodos de invierno y verano, coincidentes con las horas valle, llano y punta.*

¿Por qué hemos escogido una tarifa 4.0 y una discriminación horaria tipo 4?

Podemos considerar que el tipo de consumo de la industria es muy homogéneo.

La instalación con tres maxímetros sería adecuada.

■ **La potencia base** a facturar resultaría de la aplicación de la siguiente fórmula:

$$P_f = P_p + 0{,}5\ (P_{ll} - P_p) + 0{,}2\ (P_v - P_{ll})$$

Analizando la tabla E7-003, podemos establecer las potencias a contratar en punta, llano y valle, teniendo en cuenta que los maxímetros aceptan una banda estable de +5% a –10% de la potencia contratada.

P_f = Potencia a considerar en el término de potencia
P_p = Punta 95 kW
P_{ll} = Llano 80 kW
P_v = Valle 75 kW

$$P_f = 95 + 0{,}5\ (80 - 95) + 0{,}2\ (75 - 80) = 91{,}5\ kW$$

■ La potencia consumida en las horas punta, llano y valle se facturan en esta tarifa a:

Punta +40%.
Llano ---.
Valle –43%.

Si los consumos en horas punta los incrementamos en un 40%, los de horas llano los consideramos igual y los de horas valle los reducimos un 43%, tendremos la equivalencia de los kW que deberíamos pagar a precio normal de llano.

□ En verano:

Punta 10.650,6 · 1,40 = 14.910,84
Llano 14.423,8 · 1,00 = 14.423,8
Valle 21.294,8 · 0,57 = 12.138,04
414.72,68

Si debemos pagar, mensualmente, sólo 41.472,68 kW y hemos consumido 46.369,3 kW, representa que con la discriminación horaria obtenemos un descuento del precio del kW/h de:

$$\% = 100 - \frac{100 \cdot 41.472{,}68}{46.369{,}3} = 10{,}56$$

□ En invierno:

Punta 8.853,6 · 1,40 = 12.395,04
Llano 16.220,8 · 1,00 = 16.220,8
Valle 21.294,8 · 0,57 = 12.138,04
34.753,88

Si debemos pagar sólo 34.753,88 kW y hemos consumido 46.369,3 kW, representa que con la discriminación horaria obtenemos un descuento del precio del kW/h de:

$$\% = 100 - \frac{100 \cdot 34.753{,}88}{46.369{,}3} = 25{,}05$$

D
5

Si consideramos invierno y verano períodos de tiempo iguales, el descuento medio anual por discriminación horaria será de:

$$D_{medio}\% = \frac{10{,}56 + 25{,}05}{2} = 17{,}89$$

■ Intensidad (ver pág. D/30):

$$I_{(A)} = \frac{1}{\sqrt{3} \cdot U_{(V)} \cdot \cos\varphi} P_{(W)} = \frac{1}{\sqrt{3} \cdot 400\ V \cdot 0{,}85} P_{(W)} =$$

$$= 0{,}001698 \cdot 95.000_{(W)} = 161{,}31\ A$$

La compañía propone una caja de 250 A con fusibles de 200 A.

■ Caja general de protección (CGP):

□ Tipo PN - 55, 250 A, esquema 14.

□ Los fusibles de la CGP, de 200 A.

■ Acometida.

La alimentación en bucle de la empresa suministradora no da lugar al cálculo.

■ Línea General de Alimentación:

□ Potencia 95 kW.

□ Distancia 7 m.

□ Tensión 400/230 V.

□ Intensidad 162 A.

□ Sección.

Si los fusibles de la CGP son de 200 A y son la protección de la línea general de alimentación (LGA), ésta ha de estar dimensionada en función de esta protección, por tanto, para una intensidad permanente de 200 A.

Para fusibles de 200A, en la tabla reducida, F7-133, pág. F/257, en la línea del tipo de instalación (B) y la columna para un circuito de tres conductores con aislamiento XLPE o EPR, una sección de 70 mm^2 permite conducir 202 A. Tendremos una línea de $3 \cdot 70 + 35\ mm^2$ y un conducto de 140 mm de diámetro.

■ Caída de tensión.

$$\Delta U_{(V)} = 0{,}0000382 \frac{P_{(W)} \cdot L_{(m)}}{S_{(mm^2)}} = 0{,}0000382 \frac{95.000\ W \cdot 7\ m}{70\ mm^2} = 0{,}363\ V$$

La caída de tensión máxima permitida para una línea general de alimentación (LGA) es del 0,5 % de 230 V = 1,15 V; lo importante es que la caída de tensión de la Línea General de Alimentación más la de la línea de Derivación Individual, no supere el 1,5 % de caída de tensión.

El equipo de medida y protección:

- Tipo H/CIT para suministros hasta 300 A.
- Contador trifásico de triple tarifa.
- Maxímetro.
- Contador de reactiva.
- Reloj con discriminación tipo 4.
- 3 transformadores de intensidad 200/5.

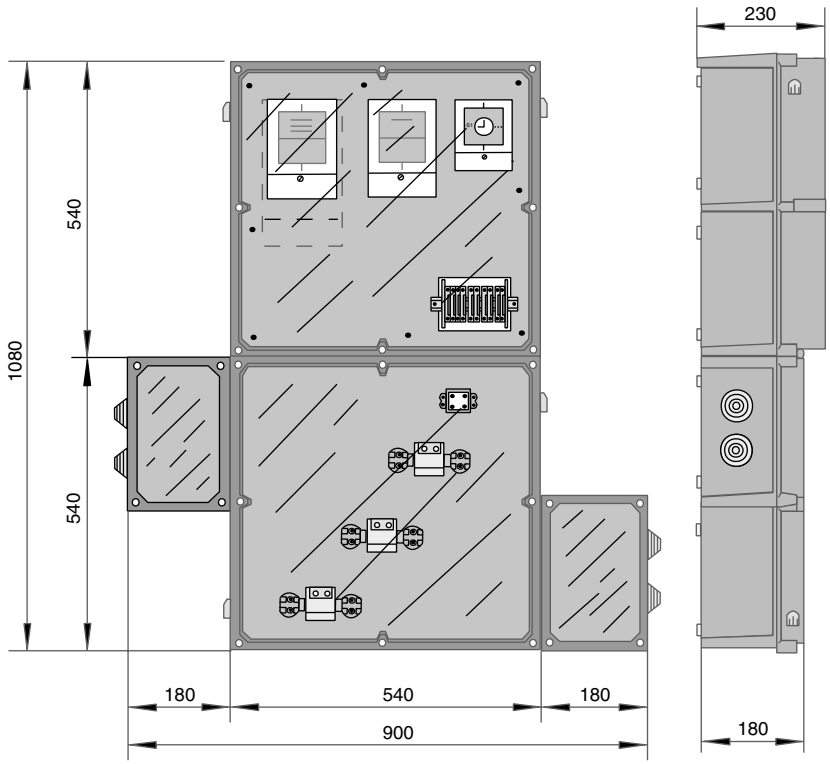


Fig. D5-019: *equipo de contaje hasta 300 A.*

Situación de la CGP del equipo de medida CMP H/CIT

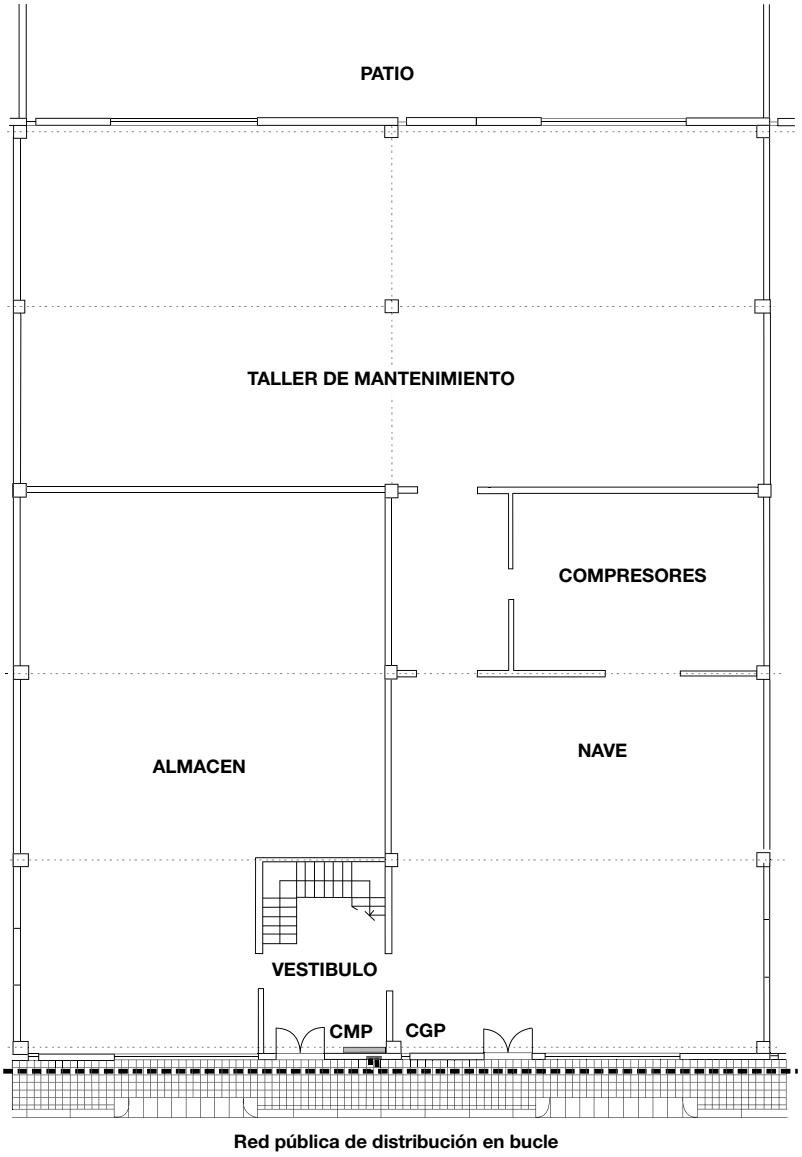


Fig. D5-020: *situación de la CGP y del equipo de medida.*

REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA. ACOMETIDAS. ITC-BT-11

1. ACOMETIDAS

1.1. Definición

Parte de la instalación de la red de distribución, que alimenta la caja o cajas generales de protección o unidad funcional equivalente (en adelante CGP).

1.2. Tipos de acometidas

Atendiendo a su trazado, al sistema de instalación y a las características de la red, las acometidas podrán ser:

Tabla 1. Tipo de acometida en función del sistema de instalación

Tipo	Sistema de instalación
Aéreas	Situada sobre fachada
	Tensada sobre poste
Subterráneas	Con entrada y salida
	En derivación
Mixtas	Aerosubterráneas

1.2.1. Acometidas aéreas situadas sobre fachadas

Antes de proceder a su realización, si es posible, deberá efectuarse un estudio previo de las fachadas para que éstas se vean afectadas lo menos posible por el recorrido de los conductores que deberán quedar suficientemente protegidos y resguardados.

En este tipo de acometidas los cables se instalarán distanciados de la pared y su fijación a ésta se hará mediante accesorios apropiados.

Los cables situados sobre fachada serán del tipo aislado 0,6/1 kV y su instalación se hará preferentemente, bajo conductos cerrados o canales protectoras con tapa desmontable con la ayuda de un útil.

Tabla 2. Características de los tubos o canales que deben utilizarse cuando la acometida quede a una altura sobre el suelo inferior a 2,5 m

Característica	Grado (canales)	Código (tubos)
Resistencia al impacto	Fuerte (6 julios)	4
Temperatura mínima de instalación y servicio	–5 °C	4
Temperatura máxima de instalación y servicio	+60 °C	1
Propiedades eléctricas	Continuidad eléctrica/aislante	1/2
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	Ø ≥ 1 mm	4
Resistencia a la corrosión (conductos metálicos)	Protección interior media, exterior alta	3
Resistencia a la propagación de la llama	No propagador	1

Los tramos en que la acometida quede a una altura sobre el suelo inferior a 2,5 m, deberán protegerse con tubos o canales rígidos de las características indicadas en la tabla

siguiente y se tomarán las medidas adecuadas para evitar el almacenamiento de agua en estos tubos o canales de protección.
El cumplimiento de estas características se verificará según los ensayos indicados en las normas UNE-EN 50.086-2-1 para tubos rígidos y UNE-EN 50.085-1 para canales.
Para los cruces de vías públicas y espacios sin edificar y dependiendo de la longitud del vano, los cables podrán instalarse amarrados directamente en ambos extremos, bien utilizando el sistema para acometida tensada, bien utilizando un cable fiador, siempre que cumplan las condiciones de la ITC-BT-06.
Estos cruces se realizarán de modo que el vano sea lo más corto posible, y la altura mínima sobre calles y carreteras no será en ningún caso inferior a 6 m.
En edificaciones de interés histórico o declaradas como tal se tratará de evitar este tipo de acometidas.

1.2.2. Acometidas aéreas tensadas sobre postes
Los cables serán del tipo aislado 0,6/1 kV y podrán instalarse suspendidos de un cable fiador, independiente y debidamente tensado o también mediante la utilización de un conductor neutro fiador con una adecuada resistencia mecánica, y debidamente calculado para esta función.
Todos los apoyos irán provistos de elementos adecuados que permitirán la sujeción mediante soportes de suspensión o de amarre, indistintamente.
Las distancias en altura, proximidades, cruzamientos y paralelismos cumplirán lo indicado en la ITC-BT-06.
Cuando los cables crucen sobre vías públicas o zonas de posible circulación rodada, la altura mínima sobre calles y carretas no será en ningún caso, inferior a 6 m.

1.2.3. Acometidas subterráneas
Este tipo de instalación se realizará de acuerdo con lo indicado en la ITC-BT-07.
Se tendrá en cuenta las separaciones mínimas indicadas en la ITC-BT-07 en los cruces y paralelismos con otras canalizaciones de agua, gas, líneas de telecomunicación y con otros conductores de energía eléctrica.

1.2.4. Acometidas aerosubterráneas
Son aquellas que se realizan parte en instalación aérea y parte en instalación subterránea.
El proyecto e instalación de los distintos tramos de la acometida se realizará en función de su trazado, de acuerdo con los apartados que le corresponden de esta instrucción, teniendo en cuenta las condiciones de su instalación.
En el paso de acometidas subterráneas a aéreas, el cable irá protegido desde la profundidad establecida según ITC-BT-07 y hasta una altura mínima de 2,5 m por encima del nivel del suelo, mediante un conductor rígido de las características indicadas en el apartado 1.2.1, de esta instrucción.

1.3. Instalación

Con carácter general, las acometidas se realizarán siguiendo los trazados más cortos, realizando conexiones cuando éstas sean necesarias mediante sistemas o dispositivos apropiados. En todo caso se realizarán de forma que el aislamiento de los conductores se mantenga hasta los elementos de conexión de la CGP.

La acometida discurrirá por terrenos de dominio público excepto en aquellos casos de acometidas aéreas o subterráneas, en que hayan sido autorizadas las correspondientes servidumbres de paso.

Se evitará la realización de acometidas por patios interiores, garajes, jardines privados, viales de conjuntos privados cerrados, etc.

En general se dispondrá de una sola acometida por edificio o finca. Sin embargo, podrán establecerse acometidas independientes para suministros complementarios establecidos en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión o aquellos cuyas características especiales (potencias elevadas, entre otras) así lo aconsejen.

1.4. Características de los cables y conductores

Los conductores o cables serán aislados, de cobre o aluminio y los materiales utilizados y las condiciones de instalación cumplirán con las prescripciones establecidas en la ITC-BT-06 y la ITC-BT-07 para redes aéreas o subterráneas de distribución de energía eléctrica respectivamente.

Por cuanto se refiere a las secciones de los conductores y al número de los mismos, se calcularán teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

– Máxima carga prevista de acuerdo con la ITC-BT-10
– Tensión de suministro.
– Intensidades máximas admisibles para el tipo de conductor y las condiciones de su instalación.
– La caída de tensión máxima admisible. Esta caída de tensión será la que la empresa distribuidora tenga establecida, en su reparto de caídas de tensión en los elementos que constituyen la red, para que en la caja o cajas generales de protección esté dentro de los límites establecidos por el Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía.

INSTALACIONES DE ENLACE. ESQUEMAS. ITC-BT-12

1. INSTALACIONES DE ENLACE

1.1. Definición

Se denominan instalaciones de enlace, aquellas que unen la caja general de protección o cajas generales de protección, incluidas éstas, con las instalaciones interiores o receptoras del usuario.

Comenzarán, por tanto, en el final de la acometida y terminarán en los dispositivos generales de mando y protección.

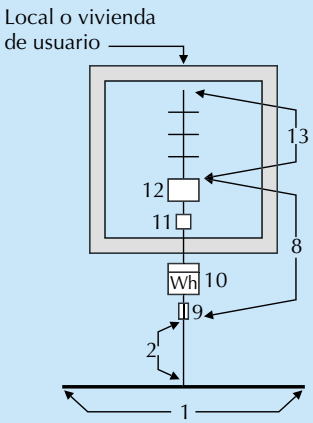
Estas instalaciones se situarán y discurrirán siempre por lugares de uso común y quedarán de propiedad del usuario, que se reponsabilizará de su conservación y mantenimiento.

1.2. Partes que constituyen las instalaciones de enlace
– Caja General de Protección (CGP).
– Línea General de Alimentación (LGA).
– Elementos para la Ubicación de Contadores (CC).
– Derivación Individual (DI).
– Caja para Interruptor de Control de Potencia (DGMP).

2. ESQUEMAS

Leyenda
01 Red de distribución.
02 Acometida.
03 Caja general de protección.
04 Línea general de alimentación.
05 Interruptor general de maniobra.
06 Caja de derivación.
07 Emplazamiento de contadores.
08 Derivación individual.
09 Fusible de seguridad.
10 Contador.
11 Caja para interruptor de control de potencia.
12 Dispositivos generales de mando y protección.
13 Instalación interior.
Nota: El conjunto de derivación individual e instalación interior constituye la instalación privada.

2.1. Para un solo usuario
En este caso se podrán simplificar las instalaciones de enlace al coincidir en el mismo lugar la Caja General de Protección y la situación del equipo de medida y no existir, por tanto, la línea general de alimentación. En consecuencia, el fusible de seguridad (9) coincide con el fusible de la CGP.

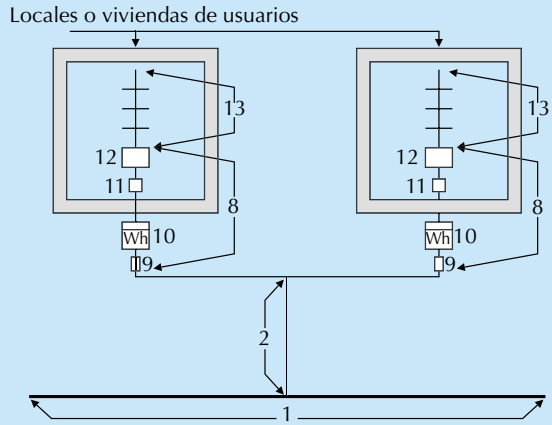


Esquema 2.1. *Para un solo usuario.*

2.2. Para más de un usuario
Las instalaciones de enlace se ajustarán a los siguientes esquemas según la colocación de los contadores.

2.2.1. Colocación de contadores para dos usuarios alimentados desde el mismo lugar

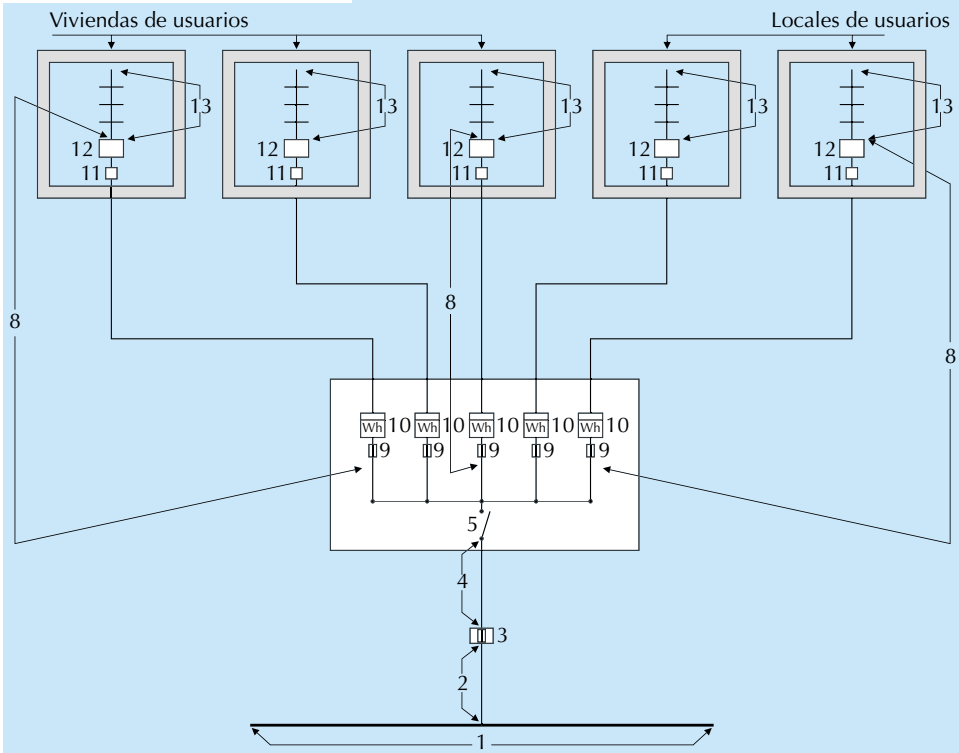
El esquema 2.1 puede generalizarse para dos usuarios alimentados desde el mismo lugar.
Por lo tanto es válido lo indicado para los fusibles de seguridad (9) en el apartado 2.1.



Esquema 2.2.1. *Para dos usuarios alimentados desde el mismo lugar.*

2.2.2. Colocación de contadores en forma centralizada en un lugar

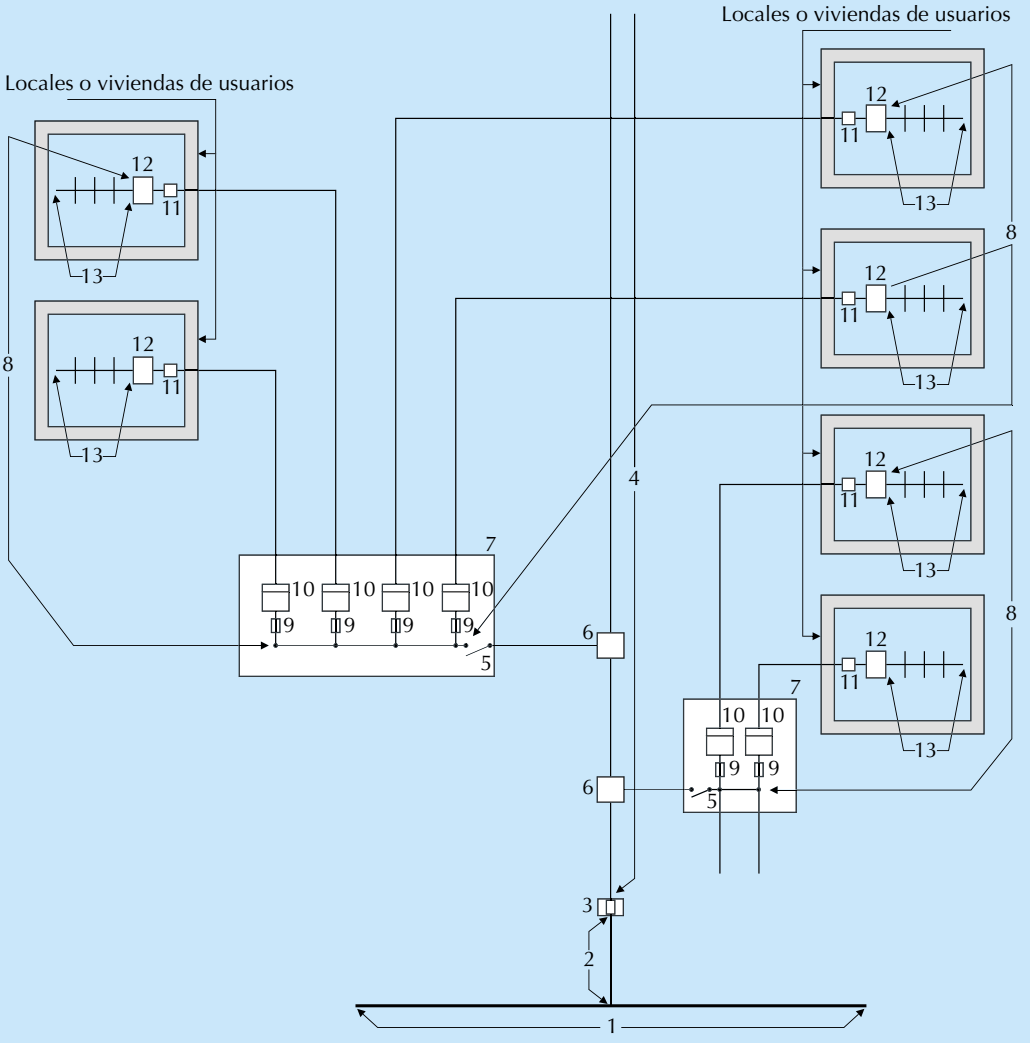
Este esquema es el que se utilizará normalmente en conjuntos de edificación vertical u horizontal, destinados principalmente a viviendas, edificios comerciales, de oficinas o destinados a una concentración de industrias.



Esquema 2.2.2. *Para varios usuarios con contadores en forma centralizada en un lugar.*

Leyenda
01 Red de distribución.
02 Acometida.
03 Caja general de protección.
04 Línea general de alimentación.
05 Interruptor general de maniobra.
06 Caja de derivación.
07 Emplazamiento de contadores.
08 Derivación individual.
09 Fusible de seguridad.
10 Contador.
11 Caja para interruptor de control de potencia.
12 Dispositivos generales de mando y protección.
13 Instalación interior.

2.2.3. Colocación de contadores en forma centralizada en más de un lugar



Esquema 2.2.3. *Para varios usuarios con contadores en forma centralizada en más de un lugar.*

Este esquema se utilizará en edificios destinados a viviendas, edificios comerciales, de oficinas o destinados a una concentración de industrias donde la previsión de cargas haga aconsejable la centralización de contadores en más de un lugar o planta. Igualmente se utilizará para la ubicación de diversas centralizaciones en una misma planta en edificios comerciales o industriales, cuando la superficie de la misma y la previsión de cargas lo aconseje. Tambien podrá ser de aplicación en las agrupaciones de viviendas en distribución horizontal dentro de un recinto privado.
Este esquema es de aplicación en caso de centralización de contadores de forma distribuida mediante canalizaciones eléctricas prefabricadas, que cumplan lo establecido en la norma UNE-EN 60.439-2.

Leyenda
01 Red de distribución.
02 Acometida.
03 Caja general de protección.
04 Línea general de alimentación.
05 Interruptor general de maniobra.
06 Caja de derivación.
07 Emplazamiento de contadores.
08 Derivación individual.
09 Fusible de seguridad.
10 Contador.
11 Caja para interruptor de control de potencia.
12 Dispositivos generales de mando y protección.
13 Instalación interior.

INSTALACIONES DE ENLACE. LÍNEA GENERAL DE ALIMENTACIÓN. ITC-BT-14

1. DEFINICIÓN

Es aquella que enlaza la Caja General de Protección con la centralización de contadores.
De una misma línea general de alimentación pueden hacerse derivaciones para distintas centralizaciones de contadores.
Las líneas generales de alimentación estarán constituidas por:

– Conductores aislados en el interior de tubos empotrados.
– Conductores aislados en el interior de tubos enterrados.
– Conductores aislados en el interior de tubos en montaje superficial.
– Conductores aislados en el interior de canales protectoras cuya tapa sólo se pueda abrir con la ayuda de un útil.
– Canalizaciones eléctricas prefabricadas que deberán cumplir la norma UNE-EN 60.439-2.
– Conductores aislados en el interior de conductos cerrados de obra de fábrica, proyectados y construidos al efecto.

En los casos anteriores, los tubos y canales así como su instalación, cumplirán lo indicado en la ITC-BT-21, salvo en lo indicado en la presente instrucción.
Las canalizaciones incluirán en cualquier caso, el conductor de protección.

2. INSTALACIÓN

El trazado de la línea general de alimentación será lo más corto y rectilíneo posible, discurriendo por zonas de uso común.
Cuando se instalen en el interior de tubos, su diámetro en función de la sección del cable a instalar, será el que se indica en la tabla 1.
Las dimensiones de otros tipos de canalizaciones deberán permitir la ampliación de la sección de los conductores en un 100 %.
En instalaciones de cables aislados y conductores de protección en el interior de tubos enterrados se cumplirá lo especificado en la ITC-BT-07, excepto en lo indicado en la presente instrucción.
Las uniones de los tubos rígidos serán roscadas o embutidas, de modo que no puedan separarse los extremos.
Además, cuando la línea general de alimentación discurra verticalmente lo hará por el interior de una canaladura o conducto de obra de fábrica empotrado o adosado al hueco de la escalera por lugares de uso común. La línea general de alimentación no podrá ir adosada o empotrada a la escalera o zona de uso común cuando estos recintos sean protegidos conforme a lo establecido en la NBE-CPI-96. Se evitarán las curvas, los cambios de dirección y la influencia térmica de otras canalizaciones del edificio. Este conducto será registrable y precintable en cada planta y se establecerán cortafuegos cada tres plantas, como mínimo y sus paredes tendrán una resistencia al fuego de RF 120 según NBE-CPI-96. Las tapas de registro tendrán una resistencia al fuego mínima, RF 30. Las dimensiones mínimas del conducto serán de 30×30 cm y se destinará única y exclusivamente a alojar la línea general de alimentación y el conductor de protección.

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 21.123 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 seción 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 20.460-5-523 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 ENLACE. DERIVACIONES INDIVIDUALES. ITC-BT-15

1. DEFINICIÓN

Derivación individual es la parte de la instalación que, partiendo de la línea general de alimentación suministra energía eléctrica a una instalación de usuario.
La derivación individual se inicia en el embarrado general y comprende los fusibles de seguridad, el conjunto de medida y los dispositivos generales de mando y protección.

Las derivaciones individuales estarán constituidas por:

– Conductores aislados en el interior de tubos empotrados.
– Conductores aislados en el interior de tubos enterrados.
– Conductores aislados en el interior de tubos en montaje superficial.
– Conductores aislados en el interior de canales protectoras cuya tapa sólo se puede abrir con la ayuda de un útil.
– Canalizaciones eléctricas prefabricadas que deberán cumplir la norma UNE-EN 60.439-2.
– Conductores aislados en el interior de conductos cerrados de obra de fábrica, proyectados y construidos al efecto.

En los casos anteriores, los tubos y canales así como su instalación, cumplirán lo indicado en la ITC-BT-21, salvo en lo indicado en la presente instrucción.
Las canalizaciones incluirán, en cualquier caso, el conductor de protección.
Cada derivación individual será totalmente independiente de las derivaciones correspondientes a otros usuarios.

2. INSTALACIÓN

Los tubos y canales protectores tendrán una sección nominal que permita ampliar la sección de los conductores inicialmente instalados en un 100 %. En las mencionadas condiciones de instalación, los diámetros exteriores nominales mínimos de los tubos en derivaciones de instalación, los diámetros exteriores nominales mínimos de los tubos en derivaciones de instalación, los diámetros exteriores nominales mínimos de los tubos en derivaciones individuales serán de 32 mm. Cuando por conciencia del trazado, se produzca una agrupación de dos o más agrupaciones individuales, éstas podrán ser tendidas simultáneamente en el interior de un canal protector mediante cable con cubierta, asegurándose así la separación necesaria entre derivaciones individuales.
En cualquier caso, se dispondrá de un tubo de reserva por cada diez derivaciones individuales o fracción, desde las concentraciones de contadores hasta las viviendas o locales, para poder atender fácilmente posibles ampliaciones.
En locales donde no esté definida su partición, se instalará como mínimo un tubo por cada 50 m^2 de superficie.
Las uniones de los tubos rígidos serán roscadas, o embutidas, de manera que no puedan separarse los extremos.
En el caso de edificios destinadas principalmente a viviendas, en edificios comerciales, de oficinas, o destinados a una concentración de industrias, las derivaciones individuales deberán discurrir por lugares de uso común, o en caso contrario quedar determinadas sus servidumbres correspondientes.
Cuando las derivaciones individuales discurran verticalmente se alojarán en el interior de una canaladura o conducto de obra de fábrica con paredes de resistencia al fuego RF 120, preparación única y exclusivamente para

este fin, que podrá ir empotrado o adosado al hueco de escalera o zonas de uso común, salvo cuando sean recintos protegidos conforme a lo establecido en la NBE-CPI-96, careciendo de curvas, cambios de dirección, cerrado convenientemente y precintables. En estos casos, para evitar la caída de objetos y la propagación de las llamas, se dispondrá como mínimo cada tres plantas, de elementos cortafuegos y tapas de registro precintables de las dimensiones de la canaladura, a fin de facilitar los trabajos de inspección y de instalación y sus características vendrán definidas por la NBE-CPI-96. Las tapas de registro tendrán una resistencia al fuego mínima, RF 30.
Las dimensiones mínimas de la canaladura o conducto de obra de fábrica, se ajustarán a la siguiente tabla:

Tabla 1. Dimensiones mínimas de la canaladura o conducto de obra de fábrica

Dimensiones en m		
Número de derivaciones	Anchura L (m) Profundidad	
	P = 0,15 m una fila	P = 0,30 m dos filas
Hasta 12	0,65	0,50
13 - 24	1,25	0,65
25 - 36	1,85	0,95
35 - 48	2,45	1,35

Para más derivaciones individuales de las indicadas se dispondrá el número de conductos o canaladuras necesario.
La altura mínima de las tapas registro será de 0,30 m y su anchura igual a la de las canaladuras. Su parte superior quedará instalada, como mínimo, a 0,20 m del techo.
Con objeto de facilitar la instalación, cada 15 m se podrán colocar cajas de registro precintables, comunes a todos los tubos de derivación individual, en las que no se realizarán empalmes de conductores. Las cajas serán de material aislante, no propagadoras de la llama y grado de inflamabilidad V-1, según UNE-EN 60695-11-10.
Para el caso de cables aislados en el interior de tubos enterrados, la derivación individual cumplirá lo que se indica en la ITC-BT-07 para redes subterráneas, excepto en lo indicado en la presente instrucción.

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.

A efecto de la consideración del número de fases que compongan la derivación individual, se tendrá en cuenta la potencia que en monofásico está obligada a suministrar la empresa distribuidora si el usuario así lo desea.
Los cables no presentarán empalmes y su sección será uniforme, exceptuándose en este caso las conexiones realizadas en la ubicación de los contadores y en los dispositivos de protección.
Los conductores a utilizar serán de cobre o aluminio, aislados y normalmente unipolares, siendo su tensión asignada 450/750 V. Se seguirá el código de colores indicado en la ITC-BT-19.
Para el caso de cables multiconductores o para el caso de derivaciones individuales en el interior de tubos enterrados, el aislamiento de los conductores será de 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 la norma UNE 21.123 parte 4 o 5; o a la norma UNE 21.102 (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 50.085-1 y UNE-EN 50.086-1, cumplen con esta prescripción.
La sección mínima será de 6 mm^2 para los cables polares, neutro y protección y de 1,5 mm^2 para el hilo de mando, que será de color rojo.
Para el cálculo de la sección de los conductores se tendrá en cuenta lo siguiente:

a) La demanda prevista por cada usuario, que será como mínimo la fijada por la ITC-BT-10 y cuya intensidad estará controlada por los dispositivos privados de mando y protección.
A efectos de las intensidades admisibles por cada sección, se tendrá en cuenta lo que se indica en la ITC-BT-19 y para el caso de cables aislados en el interior de tubos enterrados, lo dispuesto en la ITC-BT-07.

b) La caída de tensión máxima admisible será:

- Para el caso de contactores 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 %.

INSTALACIONES DE ENLACE. CAJAS GENERALES DE PROTECCIÓN. ITC-BT-13

1. CAJAS GENERALES DE PROTECCIÓN

1.1. Emplazamiento e instalación

Son las cajas que alojan los elementos de protección de las líneas generales de alimentación.

Se instalarán preferentemente sobre las fachadas exteriores de los edificios, en lugares de libre y permanente acceso. Su situación se fijará de común acuerdo entre la propiedad y la empresa suministradora.

En el caso de edificios que alberguen en su interior un centro de transformación para distribución en baja tensión, los fusibles del cuadro de baja tensión de dicho centro podrán utilizarse como protección de la línea general de alimentación, desempeñando la función de caja general de protección. En este caso, la propiedad y el mantenimiento de la protección serán de la empresa suministradora.

Cuando la acometida sea aérea podrán instalarse en montaje superficial a una altura sobre el suelo comprendida entre 3 m y 4 m. Cuando se trate de una zona en la que esté previsto el paso de la red aérea a red subterránea, la caja general de protección se situará como si se tratase de una acometida subterránea.

Cuando la acometida sea subterránea se instalará siempre en un nicho en pared, que se cerrará con una puerta preferentemente metálica, con grado de protección IK10 según UNE-EN-50.102, revestida exteriormente de acuerdo con las características del entorno y estará protegida contra la corrosión, disponiendo de una cerradura o candado normalizado por la empresa suministradora. La parte inferior de la puerta se encontrará a un mínimo de 30 cm del suelo.

En el nicho se dejarán previstos los orificios necesarios para alojar los conductos para la entrada de las acometidas subterráneas de la red general, conforme a lo establecido en la ITC-BT-21 para canalizaciones empotradas.

En todos los casos se procurará que la situación elegida, esté lo más próxima posible a la red de distribución pública y que quede alejada o en su defecto protegida adecuadamente, de otras instalaciones tales como de agua, gas teléfono, etc., según se indica en ITC-BT-06 y ITC-BT-07.

Cuando la fachada no linde con la vía pública, la caja general de protección se situará en el límite entre propiedades públicas y privadas.

No se alojarán más de dos cajas generales de protección en el interior del mismo nicho, disponiéndose una caja por cada línea general de alimentación. Cuando para un suministro se precisen más de dos cajas, podrán utilizarse otras soluciones técnicas previo acuerdo entre la propiedad y la empresa suministradora.

Los usuarios o el instalador electricista autorizado sólo tendrán acceso y podrán actuar sobre las conexiones con la línea general de alimentación, previa comunicación a la empresa suministradora.

1.2. Tipos y características

Las cajas generales de protección a utilizar corresponderán a uno de los tipos recogidos en las especificaciones técnicas de la empresa suministradora que hayan sido aprobadas por la Administración Pública competente. Dentro de las mismas se instalarán cortacircuitos fusibles en todos los conductores de fase o polares, con poder de corte al menos igual a la corriente de cortocircuito prevista en el punto de su instalación. El neutro estará constituido por una conexión amovible situada a la izquierda de las fases, colocada la caja general de protección en posición de servicio, y dispondrá también de un borne de conexión para su puesta a tierra si procede.

El esquema de caja general de protección a utilizar estará en función de las necesidades del suministro solicitado, del tipo de red de alimentación y lo determinará la empresa suministradora. En el caso de alimentación subterránea, las cajas generales de protección podrán tener prevista la entrada y salida de la línea de distribución.

Las cajas generales de protección cumplirán todo lo que sobre el particular se indica en la Norma UNE-EN 60.439-1, tendrán grado de inflamabilidad según se indica en la norma UNE-EN 60.439-3, una vez instaladas tendrán un grado de protección IP43 según UNE 20.324 e IK 08 según UNE-EN 50.102 y serán precintables.

2. CAJAS DE PROTECCIÓN Y MEDIDA

Para el caso de suministros para un único usuario o dos usuarios alimentados desde el mismo lugar conforme a los esquemas 2.1 y 2.2.1 de la Instrucción ITC-BT-12, al no existir línea general de alimentación, podrá simplificarse la instalación colocando en un único elemento, la caja general de protección y el equipo de medida; dicho elemento se denominará caja de protección y medida.

2.1. Emplazamiento e instalación

Es aplicable lo indicado en el apartado 1.1 de esta instrucción, salvo que no se admitirá el montaje superficial. Además, los dispositivos de lectura de los equipos de medida deberán estar instalados a una altura comprendida entre 0,7 m y 1,80 m.

2.2. Tipos y características

Las cajas de protección y medida a utilizar corresponderán a uno de los tipos recogidos en las especificaciones técnicas de la empresa suministradora que hayan sido aprobadas por la Administración Pública competente, en función del número y naturaleza del suministro.

Las cajas de protección y medida cumplirán todo lo que sobre el particular se indica en la Norma UNE-EN 60.439-1, tendrán grado de inflamabilidad según se indica en la UNE-EN 60.439-3, una vez instalada tendrán un grado de protección IP43 según UNE 20.324 e IK09 según UNE-EN 50.102 y serán precintables.

La envolvente deberá disponer de la ventilación interna necesaria que garantice la no formación de condensaciones.
El material transparente para la lectura, será resistente a la acción de los rayos ultravioleta.

INSTALACIONES DE ENLACE. CONTADORES: UBICACIÓN Y SISTEMAS DE INSTALACIÓN. ITC-BT-16

1. GENERALIDADES

Los contadores y demás dispositivos para la medida de la energía eléctrica, podrán estar ubicados en:

– Módulos (cajas con tapas precintables).
– Paneles.
– Armarios.

Todos ellos, constituirán conjuntos que deberán cumplir la norma UNE-EN 60.439 partes 1,2 y 3.
El grado de protección mínimo que deben cumplir estos conjuntos, de acuerdo con la norma UNE 20.324 y UNE-EN 50.102, respectivamente:

– Para instalaciones de tipo interior: IP 40; IK 09.
– Para instalaciones de tipo exterior: IP 43; IK 09.

Deberán permitir de forma directa la lectura de los contadores e interruptores horarios, así como la del resto de dispositivos de medida, cuando así sea preciso. Las partes transparentes que permiten la lectura directa, deberán ser resistentes a los rayos ultravioleta.
Cuando se utilicen módulos o armarios, éstos deberán disponer de ventilación interna para evitar condensaciones sin que disminuya su grado de protección.
Las dimensiones de los módulos, paneles y armarios, serán las adecuadas para el tipo y número de contadores así como del resto de dispositivos necesarios para la facturación de la energía, que según el tipo de suministro deban llevar.
Cada derivación individual debe llevar asociado en su origen su propia protección compuesta por fusibles de seguridad, con independencia de las protecciones correspondientes a la instalación interior de cada suministro. Estos fusibles se instalarán antes del contador y se colocarán en cada uno de los hilos de fase o polares que van al mismo, tendrán la adecuada capacidad de corte en función de la máxima intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en este punto y estarán precintados por la empresa distribuidora.
Los cables serán de 6 mm^2 de sección, salvo cuando se incumplan las prescripciones reglamentarias en lo que

afecta a previsión de cargas y caídas de tensión, en cuyo caso la sección será mayor.
Los cables serán de una tensión asignada de 450/750 V y los conductores de cobre, de clase 2 según norma UNE 21.022, con un aislamiento seco, extruido a base de mezclas termoestables o termoplásticas; y se identificarán según los colores prescritos en la ITC-BT-26.
Los cables serán no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida. Los cables con características equivalentes a la norma UNE 21.027-9 (mezclas termoestables) o a la norma UNE 21.1002 (mezclas termoplásticas) cumplen con esta prescripción.
Asimismo, deberán disponer del cableado necesario para los circuitos de mando y control con el objetivo de satisfacer las disposiciones tarifarias vigentes. El cable tendrá las mismas características que las indicadas anteriormente, su color de identificación será el rojo y con una sección de 1,5 mm^2.
Las conexiones se efectuarán directamente y los conductores no requerirán preparación especial o terminales.

2. FORMAS DE COLOCACIÓN

2.1. Colocación en forma individual

Esta disposición se utilizará sólo cuando se trate de un suministro a un único usuario independiente o a dos usuarios alimentados desde un mismo lugar.
Se hará uso de la Caja de Protección y Medida, de los tipos y características indicados en el apartado 2 de ITC- BT-13, que reúne bajo una misma envolvente, los fusibles generales de protección, el contador y el dispositivo para discriminación horaria. En este caso, los fusibles de seguridad coinciden con los generales de protección.
El emplazamiento de la Caja de Protección y Medida se efectuará de acuerdo a lo indicado en el apartado 2.1 de la ITC-BT-13.
Para suministros industriales, comerciales o de servicios con medida indirecta, dada la complejidad y diversidad que ofrecen, la solución a adoptar será la que especifique en los requisitos particulares de la empresa suministradora para cada caso en concreto, partiendo de los siguientes principios:

– Fácil lectura del equipo de medida.
– Acceso permanente a los fusibles generales de protección.
– Garantías de seguridad y mantenimiento.

El usuario será responsable del quebrantamiento de los precintos que coloquen los órganos oficiales o las empresas suministradoras, así como de la rotura de cualquiera de los elementos que queden bajo su custodia, cuando el contador esté instalado dentro de su local o vivienda. En el caso de que el contador se instale fuera, será responsable el propietario del edificio.

2.2. Colocación en forma concentrada
En el caso de:

– Edificios destinados a viviendas y locales comerciales.
– Edificios comerciales.
– Edificios destinados a una concentración de industrias.

Los contadores y demás dispositivos para la medida de la energía eléctrica de cada uno de los usuarios y de los servicios generales del edificio, podrán concentrarse en uno o varios lugares, para cada uno de los cuales habrá de preverse en el edificio un armario o local adecuado a este fin, donde se colocarán los distintos elementos necesarios para su instalación.
Cuando el número de contadores a instalar sea superior a 16, será obligatoria su ubicación en local, según el apartado 2.2.1 siguiente.
En función de la naturaleza y número de contadores, así como de las plantas del edificio, la concentración de los contadores se situará de la forma siguiente:

– En edificios de hasta 12 plantas se colocarán en la planta baja, entresuelo o primer sótano. En edificios superiores a 12 plantas se podrá conectar por plantas intermedias, comprendiendo cada concentración los contadores de 6 o más plantas.
– Podrán disponerse concentraciones por plantas cuando el número de contadores en cada una de las concentraciones sea superior a 16.

2.2.1. En local
Este local que estará dedicado única y exclusivamente a este fin podrá, además, albergar por necesidades de la Compañía Eléctrica para la gestión de los suministros que parten de la canalización, un equipo de comunicación y adquisición de datos, a instalar por la Compañía Eléctrica, así como el cuadro general de mando y protección de los servicios comunes del edificio, siempre que las dimensiones reglamentarias lo permitan.
El local cumplirá las condiciones de protección contra incendios que establece la NBE-CPI-96 para los locales de riesgo especial bajo y responderá a las siguientes condiciones:

– Estará situado en la planta baja, entresuelo o primer sótano, salvo cuando existan concentraciones por plantas, en un lugar lo más próximo posible a la entrada del edificio y a la canalización de las derivaciones individuales. Será de fácil y libre acceso, tal como portal o recinto de portería y el local nunca podrá coincidir con el de otros servicios tales como cuadros de calderas, concentración de contadores de agua, gas, telecomunicaciones, maquinaria de ascensores o de otros como almacén, cuarto trasero, de basuras, etc.

– No servirá nunca de paso ni de acceso a otros locales.
– Estará construido con paredes de clase M0 y suelos de clase M1, separado de otros locales que presenten riesgos de incendio o produzcan vapores corrosivos y no estará expuesto a vibraciones ni humedades.
– Dispondrá de ventilación y de iluminación suficiente para comprobar el buen funcionamiento de todos los componentes de la concentración.
– Cuando la cota del suelo sea inferior o igual a la de los pasillos o locales colindantes, deberán disponerse sumideros de desagüe para que el caso de avería, descuido o rotura de tuberías de agua, no puedan producirse inundaciones en el local.
– Las paredes donde debe fijarse la concentración de contadores tendrán una resistencia no inferior a la del tabicón de medio pie de ladrillo hueco.
– El local tendrá una altura mínima de 2,30 m y una anchura mínima en paredes ocupadas por contadores de 1,50 m. Sus dimensiones serán tales que las distancias desde la pared donde se instale la concentración de contadores hasta el primer obstáculo que tenga enfrente sean de 1,10 m. La distancia entre los laterales de dicha concentración y sus paredes colindantes será de 20 cm. La resistencia al fuego del local corresponderá a lo establecido en la Norma NBE-CPI-96 para locales de riesgo especial bajo.
– La puerta de acceso abrirá hacia el exterior y tendrá una dimensión mínima de 0,70 × 2 m, su resistencia al fuego corresponderá a lo establecido para puertas de locales de riesgo especiales bajo en la Norma NBE-CPI-96 y estará equipada con la cerradura que tenga normalizada la empresa distribuidora.
– Dentro del local e inmediato a la entrada deberá instalarse en equipo autónomo de alumbrado de emergencia, de autonomía no inferior a 1 hora y proporcionando un nivel mínimo de iluminación de 5 lux.
– En el exterior del local y lo más próximo a la puerta de entrada, deberá existir un extintor móvil, de eficacia mínima 21 B, cuya instalación y mantenimiento será a cargo de la propiedad del edificio.

2.2.2. En armario

Si el número de contadores a centralizar es igual o inferior a 16, además de poderse instalar en un local de las características descritas en 2.2.1, la concentración podrá ubicarse en un armario destinado única y exclusivamente a este fin.
Este armario, reunirá los siguientes requisitos:

– Estará situado en la planta baja, entresuelo o primer sótano del edificio, salvo cuando existan concentraciones por plantas, empotrado o adosado sobre un paramento de la zona común de la entrada lo más próximo a ella y a la canalización de las derivaciones individuales.

– No tendrá bastidores intermedios que dificulten la instalación o lectura de los contadores y demás dispositivos.
– Desde la parte más saliente del armario hasta la pared opuesta deberá respetarse un pasillo de 1,5 m como mínimo.
– Los armarios tendrán una característica parallamas mínima, PF 30.
– Las puertas de cierre, dispondrán de la cerradura que tenga normalizada la empresa suministradora.
– Dispondrá de ventilación y de iluminación suficiente y en sus inmediaciones, se instalará un extintor móvil, de eficacia mínima 21 B, cuya instalación y mantenimiento será a cargo de la propiedad del edificio. Igualmente, se colocará una base de enchufe (toma de corriente) con toma de tierra de 16 A para servicios de mantenimiento.

3. CONCENTRACIONES DE CONTADORES

Las concentraciones de contadores estarán concebidas para albergar los aparatos de medida, mando, control (ajeno al ICP) y protección de todas y cada una de las derivaciones individuales que se alimentan desde la propia concentración.
En referente al grado de inflamabilidad cumplirán con el ensayo del hilo incandescente descrito en la norma UNE-EN 60.695-2-1, a una temperatura de 960 °C para los materiales aislantes que estén en contacto con las partes que transportan la corriente y de 850 °C para el resto de los materiales tales como envolventes, tapas, etc.
Cuando existan envolventes estarán dotadas de dispositivos precintables que impidan toda manipulación interior y podrán constituir uno o varios conjuntos. Los elementos constituyentes de la concentración que lo precisen, estarán marcados de forma visible para que permitan una fácil y correcta identificación del suministro a que corresponde.
La propiedad del edificio o el usuario tendrán, en su caso, la responsabilidad del quebranto de los precintos que se coloquen y de la alteración de los elementos instalados que quedan bajo su custodia en el local o armario en que se ubique la concentración de contadores.
Las concentraciones permitirán la instalación de los elementos necesarios para la aplicación de las disposiciones tarifarias vigentes y permitirán la incorporación de los avances tecnológicos del momento.
La colocación de la concentración de contadores, se realizará de tal forma que desde la parte inferior de la misma al suelo haya como mínimo una altura de 0,25 m y el cuadrante de lectura del aparato de medida situado más alto, no supere el 1,80 m.
El cableado que efectúa las uniones embarrado-contador-borne de salida podrá ir bajo tubo o conducto.
La 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 necesi-

dad, 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.

– Unidad funcional de embarrado general de la concentración y los fusibles de seguridad correspondiente a todos los suministros que estén conectados al mismo.
Dispondrá de una protección aislante que evite contactos accidentales con el embarrado general al acceder a los fusibles de seguridad.
– Unidad funcional de medida.
Contiene los contadores, interruptores horarios y/o dispositivos de mando para la medida de la energía eléctrica.
– Unidad funcional de mando (opcional).
Contiene los dispositivos de mando para el cambio de tarifa de cada suministro.
– Unidad funcional de embarrado de protección y bornes de salida.
Contiene el embarrado de protección donde se conectarán los cables de protección de cada derivación individual así como los bornes de salida de las derivaciones individuales.
El embarrado de protección, deberá estar señalizado con el símbolo normalizado de puesta a tierra y conectado a tierra.
– Unidad funcional de telecomunicaciones (opcional).
Contiene el espacio para el equipo de comunicación y adquisición de datos.

4. ELECCIÓN DEL SISTEMA

Para homogeneizar estas instalaciones la Empresa Suministradora, de común acuerdo con la propiedad, elegirá de entre las soluciones propuestas la que mejor se ajuste al suministro solicitado. En caso de discrepancia resolverá el Organismo Competente de la Administración.
Se admitirán otras soluciones tales como contactores individuales en viviendas o locales, cuando se incorporen al sistema nuevas técnicas de telegestión.

Capítulo E
La compensación de la energía reactiva



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.

Indice

La compensación de la energía reactiva

1. ¿Qué es el factor de potencia?

1.1. Naturaleza de la energía reactiva E/13

1.2. Los consumidores de energía reactiva E/14
Los receptores consumidores más importantes de energía reactiva E/14
Los motores asíncronos E/14
Los transformadores E/14
Otros elementos E/14

1.3. El factor de potencia E/15
Definición del factor de potencia E/15
Representación gráfica del cuadro de potencias E/15
Potencia activa E/15
Potencia reactiva E/15
Potencia aparente E/15
Medición de las potencias E/16
Representación gráfica del cuadro de intensidades E/17

1.4. La tangente de φ E/17

1.5. Medida práctica del factor de potencia E/17
Valor instantáneo E/17
Valor medio E/18

1.6. Valores prácticos del factor de potencia E/18
Ejemplo de cálculo de las potencias E/18
Los cálculos para la determinación de las potencias del motor trifásico E/18
Factor de potencia de las cargas más usuales E/19

2. ¿Por qué mejorar el factor de potencia?

2.1. Disminución de la factura eléctrica E/21
El sistema tarifario español E/21
La consideración de consumidor cualificado E/21
El sistema tarifario para consumidores no cualificados E/22
El sistema tarifario para consumidores cualificados E/22
Por ejemplo E/23

2.2. Optimización de las características técnico-económicas E/24
Aumento de la potencia de un transformador E/24
Disminución de las pérdidas de los cables E/24
La intensidad aparente de una carga E/24
La intensidad activa E/24
La intensidad reactiva E/24
Exposición E/24
La resistencia del conductor E/24
Las pérdidas E/25
El coste de estas pérdidas E/25

E

Corrección de la sección de un conductor en función del cos φ E/25
Disminución de la caída de tensión E/25

3. ¿Cómo compensar una instalación?

3.1. Principio teórico E/27

3.2. ¿Con qué compensar? E/28
Compensación en BT E/28
Condensadores fijos E/28
Instalación E/28
Emplazamiento E/28
Baterías de condensadores con regulación automática E/28
Emplazamiento E/29
Principios y ventajas de la compensación automática E/29

4. ¿Cómo compensar?

4.1. Compensación global E/31
Principios E/31
Ventajas E/31
Inconvenientes E/31

4.2. Compensación parcial E/32
Principios E/32
Ventajas E/32
Inconvenientes E/32

4.3. Compensación individual E/32
Principios E/32
Ventajas E/33
Inconvenientes E/33

4.4. Compensación en los bornes de un transformador E/33
Compensación e incremento de la potencia de un transformador E/33
¿Cuál será la potencia de la batería de condensadores necesaria para que la potencia aparente del transformador pueda suministrar la potencia activa de la instalación actual más la de la ampliación? E/34
Potencia aparente y activa (en función del factor de potencia) de los transformadores usuales en el mercado E/35
Compensación de la energía reactiva propia de un transformador E/36

4.5. Compensación a los bornes de un motor asíncrono E/36
Precaución general E/36
Conexión E/37
Arranque E/37
Motores especiales E/37
Regulación de las protecciones E/37
Cómo evitar la autoexcitación de los motores asíncronos E/38

Ejemplos E/38
Motores de gran inercia E/39

4.6. Cuándo realizar una compensación automática E/39
Esquema de principio de una batería automática E/39
Los elementos internos E/39
Un equipo de compensación automático está constituido por tres elementos principales E/40
Los elementos externos E/40
Cómo instalar las baterías E/40
En la compensación de un solo embarrado con una sola alimentación E/40
La compensación de varios embarrados E/41
La compensación en un embarrado alimentado por varios transformadores E/41
El concepto de la regulación E/42
Regulación física y eléctrica E/42
Ejemplos E/42
El regulador E/44
La programación de un regulador E/44
¿Qué es el C/K? E/44
La importancia del ajuste del C/K E/45
Interpretación del ajuste C/K E/45

5. ¿Cómo determinar el nivel de compensación de la energía reactiva?

5.1. Métodos de cálculo E/47
Balance de potencias, determinación de la potencia reactiva (a la concepción) E/47
Balance de potencias de una instalación E/47
Balance de consumos a partir de la facturación de la empresa suministradora, optimización técnico-económica (para una instalación existente) E/47
Para determinar la potencia óptima de la batería de condensadores E/47
Comprobación del recibo E/48

5.2. Dimensionado de una batería de condensadores en presencia de armónicos E/50
Problemas presentados por los armónicos E/50
Elementos no generadores de armónicos E/50
Elementos generadores de armónicos E/51
Efectos de los armónicos sobre los condensadores E/51
Soluciones posibles E/52
Contra los efectos de los armónicos E/52
Contra los fenómenos de resonancia E/52
Elección de soluciones E/52
Elementos a tener en consideración E/52
Los filtros pasivos E/53
Elección de una solución E/54
Precauciones frente a los distribuidores de energía E/55
Tabla para la realización de un preestudio de armónicos E/56

5.3. Comparación de una instalación sin compensación con una con compensación E/57
Instalaciones sin compensar E/57
Instalaciones con compensación E/57

6. Características de las baterías de condensadores

6.1. Características técnicas E/59
Descripción E/59
Tecnología E/59
Ejemplo de ensamblajes de condensadores Varplus M1-M4 (400 V) E/60
Características técnicas E/61
Baterías automáticas E/61
Descripción E/61
Características técnicas E/62
Esquema tipo de conexión de baterías automáticas E/62
Reguladores Varlogic E/63
Descripción E/63
Características técnicas E/63
Entradas E/63
Salidas E/64
Ajustes y programación E/64
Ajustes de fábrica E/64
Contactores específicos para condensadores E/65
Descripción E/65
Características técnicas E/66

6.2. Dimensionado de los elementos de instalación y protección ... E/74
Dimensionado de los componentes E/74
Para las baterías de condensadores, la corriente absorbida es función de E/74
La corriente nominal de un condensador E/74
Las protecciones E/74
Sección de los conductores E/75
Protección de condensadores E/75
Recomendaciones de instalación E/76
Dimensionado de los cables E/76
Conexión del TI E/76
Conexión a tierra E/77
Conexión de los dos cables de alimentación de la maniobra a los bornes correspondientes E/77
Comprobación del par de apriete de los bornes de potencia .. E/77

7. Ejemplos

Cálculo de la compensación del factor de potencia de una industria E/79
Descripción de la industria E/79
Potencias aparentes de las diferentes zonas de carga E/79
Justificación de la elección de la forma de compensar E/79
El ciclo de trabajo de la máquina es corto E/79
Cómo compensar E/80

Cálculo de la potencia y el cos φ medio de la fábrica E/80
La industria trabaja E/80
Cálculo de la batería E/81
1.er paso E/81
2.º paso E/81
3.er paso E/81
4.º paso E/81
5.º paso E/81
6.º paso E/82
7.º paso E/82
8.º paso E/82
9.º paso E/82
10.º paso E/82
Qué cambios de recargos y bonificaciones representa la compensación E/83
Antes de compensar E/83
Después de compensar E/83

Tablas

1. ¿Qué es el factor de potencia?
E1-006: tabla del ejemplo de cálculo de potencias E/18
E1-008: tabla de los valores del cos φ y de la tg φ E/19

2. ¿Por qué mejorar el factor de potencia?
E2-002: comparación del sistema tarifario anterior con el actual E/23
E2-003: cálculo del recargo por energía reactiva en un recibo E/23
E2-004: tabla de los factores de incremento de la sección de los conductores en función del factor de potencia E/25

4. ¿Cómo compensar?
E4-005: potencia activa en kW que puede suministrar un transformador a plena carga en función del factor de potencia E/35
E4-006: consumo de potencia reactiva para transformadores de distribución de V1 = 20 kV E/36
E4-008: coeficientes de reducción de la intensidad de un motor sin compensar, al momento de compensar, en función del factor de potencia E/37
E4-009: potencia máxima en kVAr a instalar, en la compensación individual de un motor asíncrono, sin provocar la autoexcitación E/38

5. ¿Cómo determinar el nivel de compensación de la energía reactiva?
E5-001: tabla de análisis de potencias y factores de potencia E/47
E5-002: tabla de valores de los conceptos de un recibo de energía .. E/48
E5-003: tabla de coeficientes para calcular la potencia de la batería en VAr, en función del factor de potencia inicial y el deseado (final) E/49
E5-006: consideraciones sobre los generadores más usuales de armónicos, en los circuitos eléctricos de distribución E/51
E5-009: tabla de elección de una batería, limitando el efecto de los armónicos E/54

6. Características de las baterías de condensadores
E6-003: temperaturas máximas admisibles en los condensadores .. E/61
E6-007: tabla de ajuste manual del C/K para redes de 400 V E/64
E6-008: tabla de características generales de los reguladores Varlogic E/65
E6-010: tabla de elección de contactores específicos para el mando de condensadores E/66
E6-011: condensadores Varplus M1, M4 gran potencia E/67
E6-012: condensadores Rectibloc con interruptores automáticos ... E/68
E6-013: baterías automáticas Minicap E/69
E6-014: baterías automáticas Rectimat 2 estándar, clase H, clase SAH E/70
E6-015: baterías automáticas Prisma estándar, clase H, clase SAH .. E/71
E6-016: P400/P400 SAH y pletinas funcionales E/72
E6-017: inductancias y accesorios E/73
E6-018: tabla de dimensionado de interruptores automáticos para la protección de baterías E/76

7. Ejemplos
E7-001: tabla de valores del ejemplo de cálculo de compensación industrial E/80

Figuras, esquemas y diagramas

1. ¿Qué es el factor de potencia?
E1-001: esquema de la distribución de la energía en un motor E/13
E1-002: los receptores consumidores de energía reactiva E/14
E1-003: diagrama de potencias E/16
E1-004: esquema trifásico de medida de las potencias activa y aparente E/17
E1-005: diagrama de intensidades E/17
E1-007: diagrama de potencias del ejemplo del motor trifásico E/18

2. ¿Por qué mejorar el factor de potencia?
E2-001: diagrama exponencial de valores del coeficiente Kr E/22

3. ¿Cómo compensar una instalación?
E3-001: esquema de principio de la compensación: Qc = Pa (tg φ – tg φ') E/27
E3-002: ejemplo de condensadores fijos E/28
E3-003: ejemplo de batería de regulación automática E/28
E3-004: principio de funcionamiento de una batería automática y su instalación E/29
E3-005: ejemplos de baterías de condensadores con regulación automática Minicap, Rectimat y baterías Prisma E/30

4. ¿Cómo compensar?
E4-001: compensación global E/31
E4-002: compensación parcial E/32
E4-003: compensación individual E/33
E4-004: la compensación Q_c permite la ampliación S_2 sin tener que cambiar el transformador E/35
E4-007: a la izquierda, el transformador suministra toda la energía reactiva para el motor; a la derecha, la batería suministra parte de esta energía E/37

E4-010: esquema de conexionado de una batería de condensadores a un motor asíncrono E/39
E4-011: esquema de principio de un equipo de compensación automático E/39
E4-012: esquema de conexión a un único embarrado de BT y ubicación del TI E/41
E4-013: esquema de conexión a varios embarrados de BT, independientes, y ubicación del TI E/41
E4-014: esquema de conexión a varios transformadores en paralelo y ubicación del TI E/42
E4-015: escalonamientos 1.1.1.1 y 1.2.2.2 ..... E/43
E4-016: en una batería bien elegida debe existir un equilibrio entre la regulación eléctrica y la física E/43
E4-017: interpretación del ajuste C/K en un regulador de energía reactiva E/45

5. ¿Cómo determinar el nivel de compensación de la energía reactiva?
E5-004: cargas lineales que no generan armónicos E/50
E5-005: las cargas no lineales que son capaces de crear armónicos .. E/51
E5-007: curva de impedancias en función de la frecuencia para una instalación que incorpora equipos SAH (fr = 190 Hz) .. E/53
E5-008: curva de impedancias en función de la frecuencia para una instalación que incorpora un filtro sintonizando los armónicos n.os 5, 7 y 11 ..... E/54

6. Características de las baterías de condensadores
E6-001: condensadores Varplus E/59
E6-002: diagrama de diferentes ensamblajes de condensadores para la obtención de potencias superiores E/60
E6-004: esquema de conexión batería Rectimat V E/62
E6-005: regulador Varlogic R6 ..... E/63
E6-006: regulador Varlogic RC12 ..... E/63
E6-009: contactor específico para mando de contactores E/66
E6-019: identificación de la misma fase con un voltímetro E/77
E6-020: forma de conexión del transformador de intensidad E/77

Reglamento electrotécnico para BT e Instrucciones Técnicas Complementarias. Hojas de interpretación

Instalación de receptores. Prescripciones generales ITC-BT-42
2.7. Compensación del factor de potencia E/85

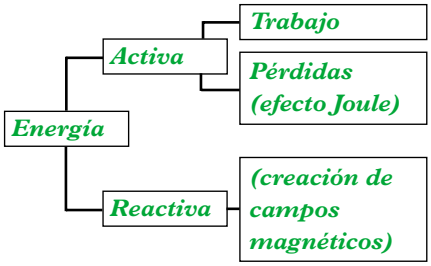
Instalación de receptores. Receptores para alumbrado ITC-BT-44
3.1. Condiciones generales E/85

Instalación de receptores. Transformadores y autotransformadores, reactancias y rectificadores, condensadores ITC-BT-48
2.3. Condensadores E/86

1. ¿Qué es el factor de potencia?

1.1. Naturaleza de la energía reactiva

Las redes de corriente eléctrica suministran energía que se utiliza para dos funciones distintas:
La energía activa, que se transforma en trabajo útil y calor.
La energía reactiva, que se utiliza para crear campos magnéticos (inducción).



Todas las máquinas eléctricas (motores, transformadores...) se alimentan, en corriente alterna, para dos formas de consumo: el que transforman en potencia activa, con las correspondientes pérdidas por efecto Joule (calentamiento), y el correspondiente a la creación de los campos magnéticos, que denominamos reactiva.
La energía activa corresponde a la potencia activa P dimensionada en W; se transforma íntegramente en energía mecánica (trabajo) y en calor (pérdidas térmicas).
La energía reactiva corresponde a la energía necesaria para crear los campos magnéticos propios de su función.
Esta energía es suministrada por la red de alimentación (preferencialmente) o por los condensadores instalados para dicha función.
La red de suministro alimenta la energía aparente que corresponde a la potencia aparente, denominada S y dimensionada en (VA).
La energía aparente es la resultante de dos energías vectoriales, la activa y la reactiva.

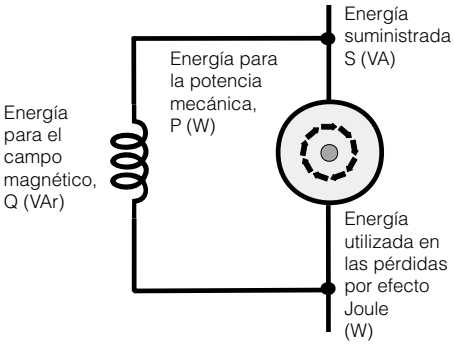


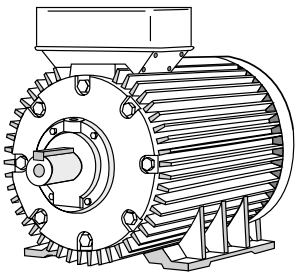
Fig. E1-001: *esquema de la distribución de la energía en un motor.*

1.2. Los consumidores de energía reactiva

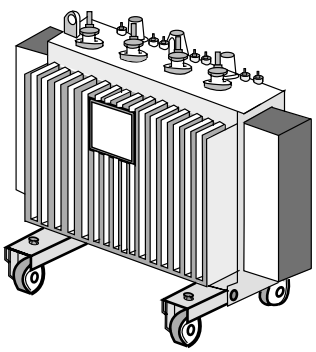
Los receptores utilizan una parte de su energía aparente (S) para energía reactiva (Q).

Los receptores consumidores más importantes de energía reactiva son:

Los motores asíncronos, en proporciones del 65 al 75% de energía reactiva (Q) en relación a la energía activa (P).



Los transformadores, en proporciones del 5 al 10% de energía reactiva (Q) en relación a la energía activa (P).



Otros elementos, como las reactancias de las lámparas fluorescentes y de descarga, o los convertidores estáticos (rectificadores), consumen también energía reactiva.

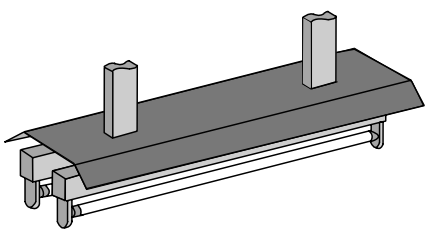


Fig. E1-002: *los receptores consumidores de energía reactiva.*

1.3. El factor de potencia

El factor de potencia (F) es la proporción de potencia activa en la potencia aparente.
Es tanto mejor cuando se acerca al valor de 1 (de 0 a 1).

$$F = \frac{P\ (kW)}{S\ (kVA)} = \cos\ \varphi$$

P = potencia activa (W)
S = potencia aparente (VA)
F = factor de potencia (cos φ)

Definición del factor de potencia

El factor de potencia de una instalación es el cociente de la potencia activa P (W) consumida por la instalación, en relación a la potencia aparente S (VA) suministrada para esta potencia activa.
Adquiere un valor entre 0 y 1.
El cos φ no tiene en cuenta la potencia propia de los armónicos.
Un factor de potencia próximo a 1 indica que la potencia absorbida de la red se transforma prácticamente en trabajo y pérdidas por calentamiento, optimizando el consumo.

Representación gráfica del cuadro de potencias

Potencia activa (en W)

■ Monofásica (fase-neutro):

$$P = U_0 \cdot I \cdot \cos \varphi$$

■ Bifásica (entre fases):

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

■ Trifásica (tres fases + neutro):

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

Potencia reactiva (en VA)

■ Monofásica (fase-neutro):

$$Q = U_0 \cdot I \cdot \text{sen } \varphi$$

■ Bifásica (entre fases):

$$Q = U \cdot I \cdot \text{sen } \varphi$$

■ Trifásica (tres fases + neutro):

$$Q = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \text{sen } \varphi$$

Potencia aparente (en VA)

■ Monofásica (fase-neutro):

$$S = U_0 \cdot I$$

■ Bifásica (entre fases):

$$S = U \cdot I$$

■ Trifásica (tres fases + neutro):

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$$

U_0 = Tensión entre fase y neutro.
U = Tensión entre fases.

Se utiliza, en forma clásica, la siguiente representación:

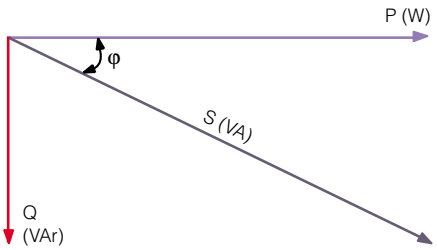


Fig. E1-003: *diagrama de potencias.*

Medición de las potencias

Si medimos la intensidad de cada fase con un amperímetro, la tensión con un voltímetro y la potencia con un vatímetro, tendremos que el vatímetro nos dará la potencia activa, y el producto de la intensidad por la tensión la potencia aparente.

W_{L1} = potencia de la fase R
W_{L2} = potencia de la fase S
W_{L3} = potencia de la fase T
A_{L1} = los amperios de la fase R
A_{L2} = los amperios de la fase S
A_{L3} = los amperios de la fase T
V_{L1} = la tensión simple de la fase R
V_{L2} = la tensión simple de la fase S
V_{L3} = la tensión simple de la fase T

La potencia aparente será:

$$I = \frac{I_{L1} + I_{L2} + L_{L3}}{3} \text{ (A)}$$

$$U = \frac{U_{0_{L1}} + U_{0_{L2}} + V_{0_{L3}}}{3} \text{ (V)}$$

$$S = U \cdot I \text{ (VA)}$$

La potencia activa será:

$$P = P_{L1} + P_{L2} + P_{L3}$$

La potencia reactiva será:

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

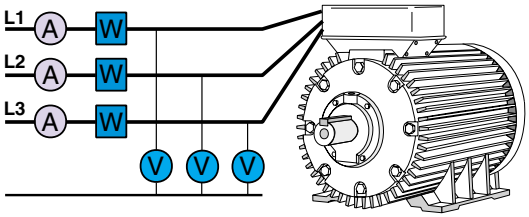
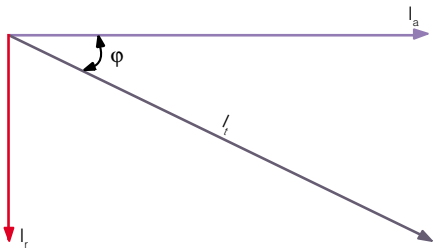


Fig. E1-004: *esquema trifásico de medida de las potencias activa y aparente.*

Representación gráfica del cuadro de intensidades

El diagrama de intensidades es homólogo al diagrama de potencias.
La intensidad activa y la reactiva se suman vectorialmente para formar la intensidad aparente, que se mide con un amperímetro.
El esquema es la representación clásica del diagrama de intensidades:
I_t = corriente total que circula por los conductores.
I_a = corriente activa.
I_r = corriente reactiva necesaria para la excitación magnética de los receptores.



$$I_t = \sqrt{I_a^2 + I_r^2}$$

$$I_a = I_t \cdot \cos \varphi$$

$$I_r = I_t \cdot \text{sen } \varphi$$

Fig. E1-005: *diagrama de intensidades.*

1.4. La tangente de φ

$$\text{tg } \varphi = \frac{\text{Energía (reactiva)}}{\text{Energía (activa)}} = \frac{\text{Q (VAr)}}{\text{P (W)}}$$

Algunos autores condicionan los cálculos a la tangente de φ en vez del cos φ; la tangente de φ representa la cantidad de potencia reactiva necesaria por vatio de consumo.
Una tangente de φ (tg φ) baja corresponde a un factor de potencia alto, poca potencia reactiva.

1.5. Medida práctica del factor de potencia

El factor de potencia o cos φ se puede medir según:

Valor instantáneo
Con un medidor de cos φ.

Valor medio
Por dos medidores de potencia (vatímetros) para activa y reactiva, con registro durante un período largo o equipos de medición preparados (Varmetro).

1.6. Valores prácticos del factor de potencia

Ejemplo de cálculo de las potencias

Circuito	S (potencia aparente)	P (potencia activa)	Q (potencia reactiva)
Monofásico fase-N Bifásico 2 fases	$S = U_0 \cdot I$ $S = U \cdot I$	$P = U_0 \cdot I \cdot \cos \varphi$ $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$	$Q = U_0 \cdot I \cdot \text{sen } \varphi$ $Q = U \cdot I \cdot \text{sen } \varphi$
Ejemplo: receptor de 5 kW $\cos \varphi = 0,5$	10 kVA	5 kW	8,7 KVAr
Trifásico 3 fases o 3 F + N	$S = \sqrt{3}\ UI$	$P = \sqrt{3}\ U\ I \cos \varphi$	$Q = \sqrt{3}\ UI \text{ sen } \varphi$
Ejemplo: motor Pn = 51 kW $\cos \varphi = 0,86$ $\eta = 0,91$	65 kVA	56 kW	33 kVAr

Tabla E1-006: *tabla del ejemplo de cálculo de potencias.*

Los cálculos para la determinación de las potencias del motor trifásico son los siguientes:
- Pn = potencia a disponer en el eje = 51 kW.
- La potencia activa a consumir, en función del rendimiento (η), será:

$$P = \frac{Pn}{\eta} = \frac{51}{0,9} = 56 \text{ kW}$$

- La potencia aparente absorbida a la red será:

$$S = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{56}{0,86} = 65 \text{ kVA}$$

En la tabla E1-009, pág. E/19, encontraremos la correspondencia entre la tg y el cos de un ángulo.
Para un cos $\varphi = 0,86$, le corresponde una tg $\varphi = 0,59$:

$$Q = P \text{ tg } \varphi = 56 \cdot 0,59 = 33 \text{ kVAr}$$

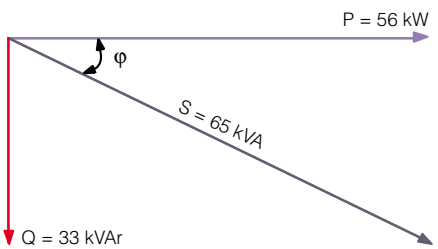


Fig. E1-007: *diagrama de potencias del ejemplo del motor trifásico.*

Factor de potencia de las cargas más usuales

Aparato			cos φ	tg φ
Motor asíncrono	carga a	0%	0,17	5,80
		25%	0,55	1,52
		50%	0,73	0,94
		75%	0,80	0,75
		100%	0,85	0,62
Lámparas incandescentes			1	0
Tubos fluorescentes no compensados			0,5	1,73
Tubos fluorescentes compensados			0,93	0,39
Lámparas de descarga			0,4 a 0,6	2,29 a 1,33
Hornos a resistencias			1	0
Hornos a inducción con compensación incorporada			0,85	0,62
Hornos a calentamiento dieléctrico			0,85	0,62
Hornos de arco			0,8	0,75
Máquinas de soldar a resistencia			0,8 a 0,9	0,75 a 0,48
Electrodos monofásicos, estáticos de soldadura al arco			0,5	1,73
Electrodos rotativos de soldadura al arco			0,7 a 0,9	1,02 a 0,48
Transformadores-rectificadores de soldadura al arco			0,7 a 0,9	1,02 a 0,75

Tabla E1-008: *tabla de los valores del cos φ y de la tg φ.*

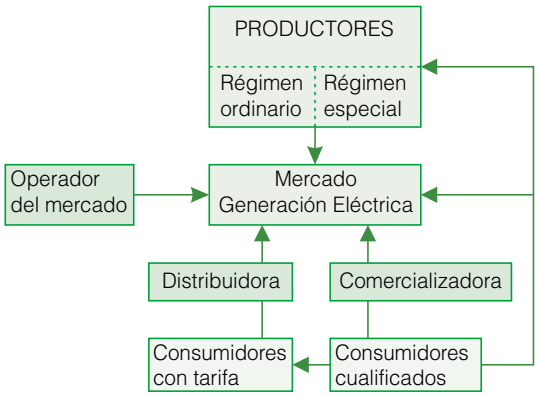
2. ¿Por qué mejorar el factor de potencia?

2.1. Disminución de la factura eléctrica

La mejora del factor de potencia de una instalación presenta múltiples ventajas de orden económico y eléctrico y permite reducir el coste del kWlh.

El sistema tarifario español

En el capítulo D, apartado 2, donde describimos el sistema tarifario español, encontraremos los conceptos de bonificaciones y recargos por energía reactiva, aplicable sobre los importes de los términos de potencia y energía, no aplicable a otros términos, recargos o impuestos en baja tensión.
Con la ley 54/1997 del Sector Eléctrico se inició el proceso de liberalización del sector. A partir de entonces, el mercado eléctrico pasó a tener una estructura horizontal en la que se creó una separación entre la generación, el transporte, la distribución y la comercialización, y en la que el consumidor puede escoger libremente la empresa comercializadora o ir directamente al mercado.



Uno de los aspectos importantes, desde el punto de vista de los consumidores, fue la creación de la figura del consumidor cualificado, como aquel que podía elegir libremente su suministrador/comercializador o acudir directamente al mercado para la compra de energía eléctrica, con independencia del distribuidor de la zona eléctrica en donde se localiza el suministro.
Por el uso de las redes de transporte y distribución debería abonar a este distribuidor un peaje regulado incluido en las denominadas tarifas de acceso.

La consideración de consumidor cualificado

Fue evolucionando de la siguiente forma, en función de los consumos anuales:

Fecha de efecto	Niveles de consumo año anterior	Equivalencia en kWh/año
01/01/1998	Superior a 15 GWh (*)	15.000.000
01/01/1999	Superior a 5 GWh	5.000.000
01/04/1999	Superior a 3 GWh	3.000.000
01/07/1999	Superior a 2 GWh	2.000.000
01/10/1999	Superior a 1 GWh	1.000.000

Hasta que mediante el Real Decreto-Ley 6/1999, se estableció que a partir del 1 de julio del año 2000, todos los titulares de suministros en alta tensión (tensiones superiores a 1.000 V), con independencia del nivel de consumo serían

consumidores cualificados (el resto de los consumidores serán cualificados a partir del 1 de enero del año 2003, tal y como ha sido establecido por el Real Decreto Ley 6/2000, de 23 de junio).
En cuanto a las tarifas eléctricas y a la penalización por consumo de reactiva, han coexistido dos tipos:

■ La tarifa para consumidores no cualificados, en las que el complemento por el consumo de reactiva sigue con el recargo tradicional: $K_r(\%) = \frac{17}{\cos \varphi^2} - 21$.

■ Para los consumidores cualificados que accedían al mercado se establecieron las "tarifas de acceso", que comprendían los peajes por utilización de las redes de distribución.

El sistema tarifario para consumidores no cualificados

En el capítulo D, apartado 2, donde describimos el sistema tarifario español, encontraremos los conceptos de bonificaciones y recargos por energía reactiva, aplicable sobre los importes de los términos de potencia y energía, no aplicable a otros términos, recargos o impuestos: $K_r(\%) = \frac{17}{\cos \varphi^2} - 21$.

Este coeficiente tiene dos límites, +47 % y –4 %; el límite de +47 % corresponde a un cos φ de 0,5.
El coeficiente negativo actúa de bonificación sobre los términos de potencia y energía.
El punto de inflexión entre el positivo y el negativo corresponde a un cos φ de 0,9.

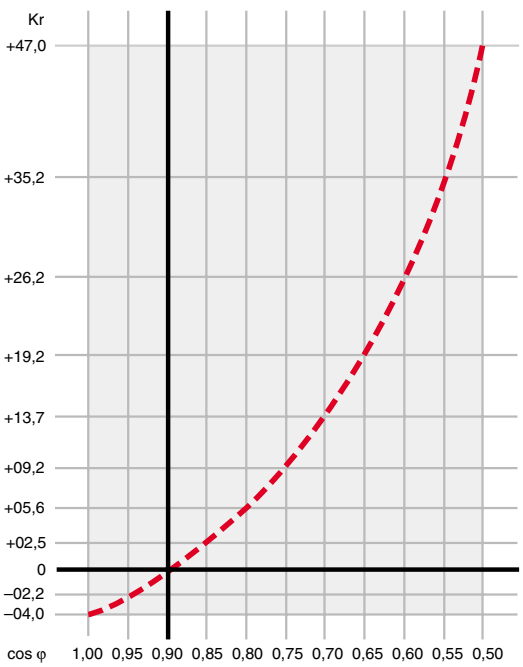


Fig. E2-001: *diagrama exponencial de valores del coeficiente Kr.*

El sistema tarifario para consumidores cualificados

Las primeras tarifas de acceso se publicaron en el Real Decreto 2820/1998, y en ellas no se contemplaba ningún complemento por energía reactiva en tarifas de alta tensión y en tarifas de BT, se seguía aplicando el recargo tradicional.

A la mayoría de clientes cualificados se les dejó de penalizar por el consumo de energía reactiva. Pero a finales del año 2001, y mediante el Real Decreto 1164/2001, se estableció una nueva estructura de las tarifas de acceso, contemplándose ya la penalización por el consumo de energía reactiva.

Tarifa antigua RD 2820/1998		**Tarifa nueva RC 1164/2001**	
Baja tensión		**Baja tensión**	
2.0	General, potencia no superior a 15 kW	2,0 A	Simple para baja tensión
3.0	General	3,0 A	General para baja tensión
4.0	General, larga utilización	3,0 A	General para baja tensión
B.0	Alumbrado público	3,0 A	General para baja tensión
R.0	Riegos agrícolas	3,0 A	General para baja tensión
Alta tensión		**Alta tensión**	
Tarifas T de tracción		**Tarifas generales de alta tensión**	
T.1	No superior a 36 kV	6,1 o 3,1 A	No superior a 36 kV (1)
T.2	Mayor de 36 kV y no superior a 72,5 kV	6,2	Mayor de 72,5 kV
T.3	Mayor de 72,5 kV	6,3	Mayor de 72,5 kV
Tarifas D distribuidores		**Tarifas generales de alta tensión**	
D.1	No superior a 36 kV	6,1 o 3,1 A	No superior a 36 kV (1)
D.2	Mayor de 36 kV y no superior a 72,5 kV	6,2	Mayor de 36 kV y no superior a 72,5 kV
D.3	Mayor de 72,5 kV y no superior a 145 kV	6,3	Mayor de 72,5 kV y no superior a 145 kV
D.4	Mayor de 145 kV	6,4	Mayor de 145 kV
Tarifas generales de AT		**Tarifas generales de AT**	
Escalón 1	No superior a 14 kW	6,1 o 3,1 A	No superior a 36 kW (1)
Escalón 2	Mayor de 14 kV y no superior a 35 kV	6,1 o 3,1 A	No superior a 36 kW (1)
Escalón 3	Mayor de 36 kV y no superior a 72,5 kV	6,2	Mayor de 36 kV y no superior a 72,5 kV
Escalón 4	Mayor de 72,5 kV y no superior a 145 kV	6,3	Mayor de 72,5 kV y no superior a 145 kV
Escalón 5	Mayor de 145 kV	6,4	Mayor de 145 kV
Escalón 6	Conexiones internacionales	6,5	Conexiones internacionales

(1) Se aplicará la tarifa 3.1 cuando la potencia contratada en todos los períodos sea igual o inferior a 450 kW, en caso contrario se aplicará la 6.1.

Tabla E2-002: *comparación del sistema tarifario anterior con el actual.*

En cuanto al término de facturación de energía reactiva, se establece que la penalización por consumo de reactiva es de:

- ■ Aplicación a cualquier tarifa, salvo 2,0 A.
- ■ Aplicación a todos los períodos tarifarios, excepto:
  - □ El tercer período de la tarifa 3,0 A y 3,1 A.
  - □ El sexto período de la tarifa 6.

Y sólo se aplica cuando el consumo de energía reactiva es superior al 33 % o sea cuando el cos φ de la instalación es menor de 0,95 (0,944).
El recargo está valorado, según el Real Decreto 1483/2001 en 0,06962 €/kVArh (6,15 pts. kVArh), al superar el 33 % de los kWh del término de energía.

Por ejemplo (consumos en recibos):

Período	**Término de energía kWh**	**Término de reactiva kVArh**	**El 33 % del término de energía**	**Exceso kVArh**	**Recargo en (€) Unitario €/kVArh**	**Total**
P3	15.432	9.996	5.093	4.903	0,06962	181,24
P4	28.387	14.699	9.368	5.331	0,06962	197,06
P6	37.056	16.860	12.228	4.632	Exento	–
						378,30 €

Tabla E2-003: *cálculo del recargo por energía reactiva en un recibo.*

En la factura de la compañía comercializadora podríamos observar (aproximadamente):
Término de energía reactiva 10.234 kVArh · 0,036963 €/kVArh = 378,30 €.
Sin la lectura de los contadores, es difícil averiguar de donde salen los 10.234 kVArh (4.903 + 5.331), cosa que puede llevar a confusión en el momento de recibir la factura.

2.2. Optimización de las características técnico-económicas

La mejora del factor de potencia optimiza el dimensionado de la instalación, transformadores, aparamenta, cables, etc. Reduce las pérdidas de la línea y las caídas de tensión.

Un buen factor de potencia permite optimizar las características técnico-económicas relativas a una instalación, evitando el sobredimensionado de los elementos y optimizando su utilización.

Aumento de la potencia de un transformador

La instalación de condensadores aguas abajo de un transformador de potencia, que alimenta una instalación donde el cos φ es bajo, permite un aumento de la potencia activa disponible en bornes de BT y nos permite incrementar la carga de la instalación sin cambiar el transformador.
Esta posibilidad la desarrollamos en el apartado 6 de este capítulo.

Disminución de las pérdidas de los cables

La intensidad de circulación en un conductor y su naturaleza son factores directos en las pérdidas de un conductor; a igualdad de naturaleza la intensidad a circular será la determinante de las pérdidas.
La intensidad de alimentación de una carga, según el apartado 1.3, pág. E/17, es la (I_t) intensidad total (aparente). A medida que reducimos el cos φ nos acercamos a la (I_a) intensidad activa, menor que (I_t); por tanto, la intensidad que circulará por el conductor será menor y sus pérdidas menores.

Ejemplo:

La intensidad aparente de una carga es 125 A y cos φ = 0,6: I_t = 125 A.

La intensidad activa será: $I_a = I_t \cdot \cos \varphi = 125 \cdot 0{,}6 = 75$ A.

La intensidad reactiva que se necesita para compensar la intensidad aparente hasta equilibrar a la activa es: $I_r = I_a \cdot \operatorname{tg} \varphi = 75 \cdot 1{,}33 = 99{,}75$ A.
- Si no compensamos, la intensidad que circulará será de 125 A.
- Si compensamos totalmente, la intensidad será de 75 A.

Exposición

Si tenemos instalado un conductor de 16 mm² y una longitud de 30 m, la explotación de la línea es de 8 horas diarias, y se trabaja 22 días al mes, el coste del kW/h es de 0,09 € (15 ptas.), tendremos que:

La resistencia del conductor por metro lineal de línea (2 conductores) en Ω/m.

$$R = (1{,}25 \cdot \rho_{20})\frac{2L}{S} = 1{,}25 \cdot \frac{1}{56} \cdot \frac{2 \cdot 1\ \text{m}}{16\ \text{mm}^2} = 0{,}0027901\ \Omega/\text{m}$$

Nota: La resistividad del conductor ha de corresponder a la temperatura de trabajo, por tanto se acepta incrementar un 25 % la resistividad a 20 °C.

Las pérdidas:

■ Las pérdidas por metro de línea, en el conductor de 16 mm^2 con 125 A, serán: $P_{cu125} = R \cdot I^2 = 0{,}0027901\ \Omega/m \cdot 125^2\ A = 43{,}595\ W/m$.

■ Las pérdidas por metro de línea, en el conductor de 16 mm^2 con 75 A, serán: $P_{cu75} = R \cdot I^2 = 0{,}0027901\ \Omega/m \cdot 75^2\ A = 15{,}694\ W/m$.

■ La diferencia de las pérdidas por el paso de las dos intensidades será: $P_{cu} = P_{cu125} - P_{cu75} = 43{,}595\ W/m - 15{,}694\ W/m = 27{,}901\ W/m$.

El coste de estas pérdidas será:

Coste = 0,027901 kW/m · 30 m · 8 h/día · 22 días · 0,09 €/kW/h = 13,258 € (2.206 ptas.).

Este valor de pérdidas no está incluido en los recargos por energía reactiva, es energía transformada en calor y se contabiliza en el contador de energía activa.
En función de cómo compensemos el factor de potencia obtendremos diferentes resultados.

Corrección de la sección de un conductor en función del cos φ

La sección de un conductor calculado para una carga con cos φ = 1, si cambiamos el cos φ, la sección deberemos incrementarla según la tabla adjunta:

cos φ	1	0,80	0,60	0,40
factor multiplicador	1	1,25	1,67	2,50

Tabla E2-004: *tabla de los factores de incremento de la sección de los conductores en función del factor de potencia.*

Disminución de la caída de tensión

La compensación del factor de potencia reduce las pérdidas en los conductores y consecuentemente disminuye la caída de tensión.

3. ¿Cómo compensar una instalación?

3.1. Principio teórico

Mejorar el factor de potencia de una instalación consiste en instalar un condensador al lado del consumidor de energía reactiva. Esto se denomina compensar una instalación.

La instalación de una batería de condensadores de potencia Qc disminuye la cantidad de energía reactiva suministrada por la red.

La potencia de la batería de condensadores a instalar se calcula a partir de la potencia activa de la carga (Pa en W) y su desfase con respecto a la tensión, corriente, antes de la compensación (φ) y después de la compensación (φ').

El hecho de instalar una batería de condensadores general es un método simple de asegurar un buen factor de potencia. A esto se llama compensar una instalación.

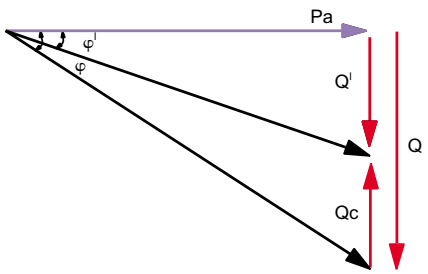


Fig. E3-001: *esquema de principio de la compensación: Qc = Pa (tg φ – tg φ').*

El diagrama de la figura ilustra el principio de compensación de la potencia reactiva Q de una instalación a un valor de Q' por la conexión de una batería de condensadores de potencia Qc. La actuación de la batería logra que la potencia aparente S pase al valor de S'.

Ejemplo:
Consideremos un motor que, en régimen normal, absorbe una potencia de 100 kW con un cos φ = 0,75, tg φ = 0,88.
Para pasar a un cos φ de 0,93, tg φ = 0,40 la potencia de la batería a instalar será:

Los elementos de elección del nivel de compensación y del cálculo de la potencia en VAr de la batería dependen de la instalación a considerar.
En los apartados 5, 6 y 7 de este capítulo especificaremos las formas de compensación de forma general, para transformadores y para motores respectivamente.

Nota: En referencia a la compensación deberemos tener ciertas precauciones, por ejemplo:
– Debemos evitar sobredimensionar la compensación en los motores.
– Debemos evitar la compensación de los motores en vacío.

3.2. ¿Con qué compensar?

La compensación de la energía reactiva puede realizarse con condensadores fijos.



Fig. E3-002: *ejemplo de condensadores fijos.*

La compensación de la energía reactiva se realiza, generalmente, con baterías de condensadores con regulación automática.



Fig. E3-003: *ejemplo de batería de regulación automática.*

Compensación en BT

En BT la compensación se realiza con dos tipos de equipos:
Los condensadores fijos.
Los equipos de regulación automática o baterías automáticas, que permiten ajustar permanentemente la compensación en función de la carga.

Condensadores fijos

Estos condensadores son de una potencia unitaria fija y constante.

Instalación:

- Manual: mando por interruptor automático o interruptor.
- Semiautomático: mando por medio de contactor.
- Directo: conectado a los bornes de un receptor.

Emplazamiento:

- En bornes de una carga de tipo inductiva (motores, transformadores, reactancias...).
- Sobre un embarrado que alimenta diversas cargas inductivas y en el que una compensación individual sería demasiado costosa.

Baterías de condensadores con regulación automática

Este tipo de equipamiento permite la adaptación automática de la potencia reactiva suministrada por los condensadores, en función de la potencia reactiva solicitada en cada momento para ajustar el sistema a un cos φ prefijado.

Emplazamiento:

- A los bornes de la alimentación general.
- A los embarrados de los cuadros de distribución de grandes potencias.

Principios y ventajas de la compensación automática

Las baterías con regulación automática permiten la adaptación de la compensación a la variación de carga.

Instaladas en la cabecera de la instalación de BT o en los cuadros de distribución con un consumo importante de energía reactiva.
Las baterías automáticas de condensadores están formadas por escalones de energía reactiva. El valor del cos φ se detecta por medio de un regulador, que actúa automáticamente en la conexión y desconexión de los escalones de la batería, adaptando la potencia de la batería a las necesidades de la energía reactiva a compensar y ajustando el máximo posible al cos φ medio deseado.
El regulador detecta las potencias a través de los secundarios de uno o varios transformadores de intensidad.
Los transformadores de intensidad deben situarse aguas arriba de la batería.
La batería automática permite la adaptación de la potencia de compensación a la potencia reactiva de la carga, evitando el envío de energía capacitiva a la red de suministro. En el caso de que la red de suministro sea la red pública, este fenómeno está prohibido por el RE de BT.
No obstante, puede suceder, en circunstancias determinadas, que esta energía sea beneficiosa para la red pública y la legislación especifica, en estos casos, que las empresas suministradoras de energía podrán comprobar si el abonado crea perjuicios a la red pública y, en tal caso, deberán compensar la instalación y si no se modifica adecuadamente pueden cortarle el suministro.
Este problema suele suceder con compensaciones fijas, y su alternativa es solucionar el problema con baterías de condensadores de regulación automática.

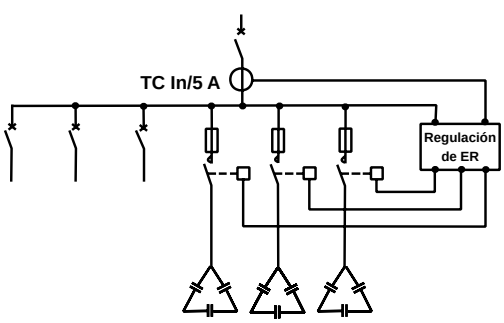


Fig. E3-004: *principio de funcionamiento de una batería automática y su instalación.*



Fig. E3-005: *ejemplos de baterías de condensadores con regulación automática Minicap, Rectimat y baterías Prisma.*

4. ¿Cómo compensar?

La localización de condensadores de BT sobre una red eléctrica constituye un indicio de diseño de red moderna. La compensación de una instalación puede realizarse de diferentes formas.

La compensación puede ser:
- Global.
- Por sectores.
- Individual.

En principio, la compensación ideal es aquella que limita el campo de actuación de la energía reactiva al entorno más próximo a su creación. Pero los criterios técnico-económicos determinarán su situación.

4.1. Compensación global

Si la carga es estable y continua, una compensación global es adecuada.

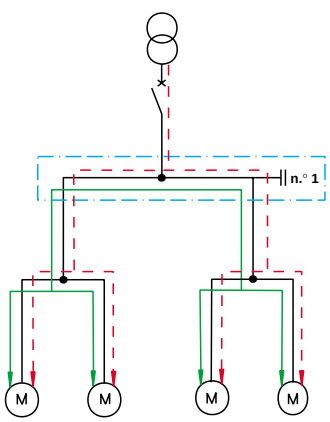


Fig. E4-001: *compensación global.*

Principios

La batería es conectada en cabecera de la instalación. Asegura una compensación global de la instalación. Estará en servicio parejo con la red a que se aplica.

Ventajas

- Los niveles de consumo propios de la instalación permiten dimensionar una mínima potencia de la batería y un máximo de horas de funcionamiento. Estas características permiten una rápida amortización.
- Suprime las penalizaciones por energía reactiva en el recibo de energía eléctrica.
- Disminuye la potencia aparente acercándola a la potencia activa.
- Optimiza el rendimiento del transformador de suministro.

Inconvenientes

- La corriente reactiva circula por toda la instalación.
- Las pérdidas por calentamiento (Joule) se mantienen y no permite una reducción de su dimensionamiento, aguas abajo de la instalación de la batería.

4.2. Compensación parcial

Una compensación parcial es aconsejable cuando la distribución de cargas es muy desequilibrada y de un cuadro de distribución depende una carga importante.

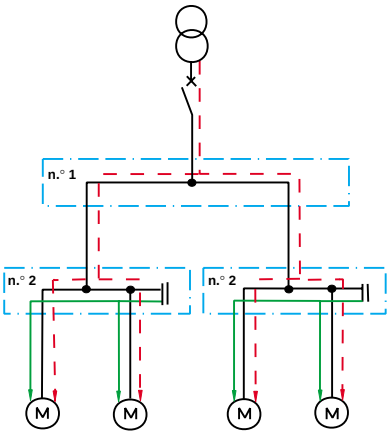


Fig. E4-002: *compensación parcial.*

Principios

La batería se conecta en el cuadro de distribución y genera la energía reactiva necesaria para compensar un grupo de cargas determinadas.
En una gran parte de la instalación, aligera, en particular a los cables de alimentación, las pérdidas por calentamiento.

Ventajas

- Suprime las penalizaciones por energía reactiva.
- Disminuye la potencia aparente acercándola a la potencia activa.
- Optimiza el rendimiento del transformador de suministro.
- Optimiza una parte de la instalación entre los puntos 1 y 2.

Inconvenientes

- La corriente reactiva circula desde el nivel 2, aguas abajo de la instalación.
- Las pérdidas por calentamiento (Joule) se mantienen a partir del nivel 2 y no permite una reducción del dimensionamiento de la instalación.

Si los escalones no están bien dimensionados, en función de la potencia y su propio reparto en cargas individuales, lleva el riesgo de sobredimensionamiento en períodos determinados.

4.3. Compensación individual

Una compensación individual es aconsejable cuando existen cargas muy importantes en relación a la carga total. Es el tipo de compensación que aporta más ventajas.

Principios

La batería se conecta a los bornes de una carga muy importante (motor de gran potencia, horno eléctrico...).
La potencia en kVAr representa un 25 % de los kW de la carga.

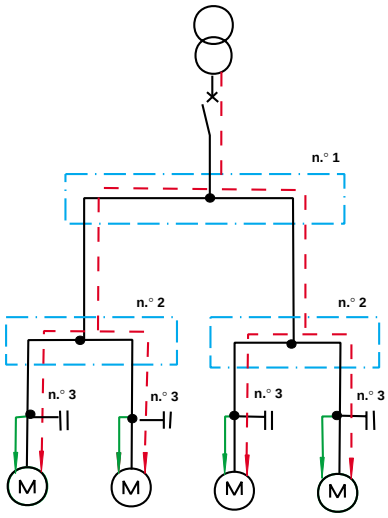


Fig. E4-003: *compensación individual.*

Es importante poder compensar lo más cerca posible de la fuente de energía inductiva, pero se debe complementar con una compensación de general al lado de la alimentación.

Ventajas

- Suprime las penalizaciones por energía reactiva.
- Disminuye la potencia aparente acercándola a la potencia activa.
- Optimiza el rendimiento del transformador de suministro.
- Optimiza la mayor parte de la instalación.

Inconvenientes

- El coste de la instalación sólo es rentable con cargas muy inductivas y regulares.

4.4. Compensación en los bornes de un transformador

Compensación e incremento de la potencia de un transformador

La instalación de una batería de condensadores puede evitar el cambio de un transformador por una simple ampliación de carga.

La potencia activa disponible en el secundario de un transformador es mayor a medida que el factor de potencia se acerque al máximo cos φ.
Es interesante este fenómeno, puesto que puede darse el caso que para una pequeña ampliación no sea necesario cambiar el transformador, sólo mejorar el factor de potencia.
La tabla E4-005 da los valores de potencia de un transformador a plena carga en función del cos φ de la instalación.

Ejemplo:
Una instalación es alimentada por un transformador de:

- Potencia de 630 kVA.
- La potencia activa necesaria por la carga es P1 = 450 kW.

■ Factor de potencia medio de la carga es de cos φ = 0,8.
■ La potencia aparente que necesita la carga será:

$$S_1 = \frac{450}{0,8} = 562 \text{ kVA}$$

■ La potencia reactiva de esta carga será:

$$Q_1 = \sqrt{S_1^2 - S_1^2} = 337 \text{ kVAr}$$

Una ampliación de la industria necesita una:
■ Potencia activa de P2 = 100 kW.
■ Factor de potencia cos φ = 0,7.
■ La potencia aparente de la ampliación será:

$$S_2 = \frac{100}{0,7} = 143 \text{ kVA}$$

■ La potencia reactiva de la ampliación será:

$$Q_2 = \sqrt{S_{22} - P_{22}} = 102 \text{ kVAr}$$

■ La potencia aparente instalada y la potencia aparente de la ampliación son:

$$S_t = S_1 + S_2 = 664 \text{ kVA}$$

■ Superiores a la potencia del transformador:

$$S_t = 664 > S = 630 \text{ kVA}$$

■ La potencia activa total necesaria será:

$$P_t = P_1 + P_2 = 550 \text{ kW}$$

¿Cuál será la potencia de la batería de condensadores necesaria para que la potencia aparente del transformador pueda suministrar la potencia activa de la instalación actual más la de la ampliación?
Para que con la potencia del transformador (S = 630 kVA) se pueda suministrar, la potencia activa de la instalación existente más la de la ampliación se ha de limitar la potencia reactiva a un máximo.
■ El máximo posible será:

$$Q_{máx} = \sqrt{S^2 - P_t^2} \quad \sqrt{=630^2 - 550^2} = 307 \text{ kVA}$$

La potencia reactiva que necesita la instalación más la ampliación es:

$$Q_t = Q_1 + Q_2 = 337 + 102 = 439 \text{ kVAr}$$

Si la que necesita la instalación es de 439 kVAr y la máxima que puede suministrar el transformador es de 307 kVAr, el resto lo debemos suministrar con una batería de condensadores:

$$Q_c = Q_t + Q_{máx} = 439 - 307 = 132 \text{ kVAr}$$

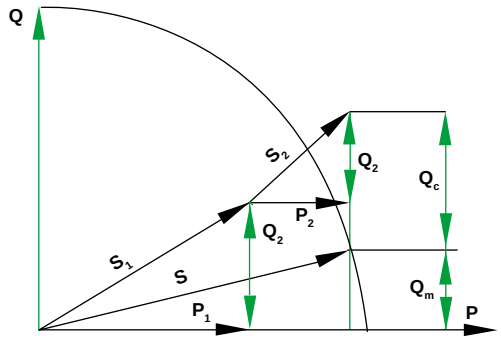


Fig. E4-004: *la compensación Q_c permite la ampliación S_2 sin tener que cambiar el transformador.*

El concepto que hemos resaltado ha sido simplemente el de no tener que ampliar la potencia del CT. Si deseamos eliminar los costes de la energía reactiva absorbida por la red, debemos compensar totalmente la energía reactiva necesaria.

Potencia aparente y activa (en función del factor de potencia) de los transformadores usuales en el mercado

tg φ	cos φ	Potencia aparente nominal del transformador (kVA)											
		100	160	250	315	400	500	630	800	1.000	1.250	1.600	2.000
0,00	1	100	160	250	315	400	500	630	800	1.000	1.250	1.600	2.000
0,20	0,98	98	157	245	309	392	490	617	784	980	1.225	1.568	1.960
0,29	0,96	96	154	240	302	384	480	605	768	960	1.200	1.536	1.920
0,36	0,94	94	150	235	296	376	470	592	752	940	1.175	1.504	1.880
0,43	0,92	92	147	230	290	368	460	580	736	920	1.150	1.472	1.840
0,48	0,90	90	144	225	284	360	450	567	720	900	1.125	1.440	1.800
0,54	0,88	88	141	220	277	352	440	554	704	880	1.100	1.408	1.760
0,59	0,86	86	138	215	271	344	430	541	688	860	1.075	1.376	1.720
0,65	0,84	84	134	210	265	336	420	529	672	840	1.050	1.344	1.680
0,70	0,82	82	131	205	258	328	410	517	656	820	1.025	1.312	1.640
0,75	0,80	80	128	200	252	320	400	504	640	800	1.000	1.280	1.600
0,80	0,78	78	125	195	246	312	390	491	624	780	975	1.248	1.560
0,86	0,76	76	122	190	239	304	380	479	608	760	950	1.216	1.520
0,91	0,74	74	118	185	233	296	370	466	592	740	925	1.184	1.480
0,96	0,72	72	115	180	227	288	360	454	576	720	900	1.152	1.440
1,02	0,70	70	112	175	220	280	350	441	560	700	875	1.120	1.400

Tabla E4-005: *potencia activa en kW que puede suministrar un transformador a plena carga en función del factor de potencia.*

Compensación de la energía reactiva propia de un transformador

La energía reactiva que consume un transformador no es despreciable (del orden del 5%); ella puede ser suministrada por una batería de condensadores.

La cantidad de energía (reactiva) que absorbe es función de la corriente magnetizante en vacío o en carga. Para los transformadores de alimentación y la contratación en MT, es importante, para reducir los recargos y las pérdidas, compensar dicho consumo.
Este capítulo está dedicado a BT; por tanto sólo consideraremos la función de los transformadores para cambios de tensión BT/BT o de régimen de neutro.
La compensación de los BT/BT puede realizarse a los bornes del transformador sin regulación automática, para el valor en vacío y las variaciones correspondientes a la carga por una compensación general regulable.
Un transformador absorbe energía (reactiva) para asegurar su función.

Compensación de la energía reactiva de los transformadores en kVAr

Transformador		En aceite		Seco	
S (kVA)	Ucc (%)	Vacío	Carga	Vacío	Carga
100	4	2,5	5,9	2,5	8,2
160	4	3,7	9,6	3,7	12,9
250	4	5,3	14,7	5	19,5
315	4	6,3	18,3	5,7	24
400	4	7,6	22,9	6	29,4
500	4	9,5	28,7	7,5	36,8
630	4	11,3	35,7	8,2	45,2
800	4	20	66,8	10,4	57,5
1.000	6	24	82,6	12	71
1.250	5,5	27,5	100,8	15	88,8
1.600	6	32	126	19,2	113,9
2.000	7	38	155,3	22	140,6
2.500	7	45	191,5	30	178,2

Tabla E4-006: *consumo de potencia reactiva para transformadores de distribución de V1 = 20 kV.*

4.5. Compensación a los bornes de un motor asíncrono

La compensación individual se ha de considerar, sobre todo, cuando la potencia del motor es importante en relación a la potencia total de la instalación.

Precaución general
El factor de potencia de los motores es muy bajo en vacío o con poca carga; debemos procurar evitar trabajar en estas condiciones sin compensación.

Conexión

La batería se puede conectar a los bornes del motor.

Arranque

Si el motor arranca con ayuda de una aparamenta especial (resistencia, inductancia, dispositivos estrella triángulo, autotransformador), la batería de condensadores no debe ser puesta en servicio hasta que termine el proceso de arranque.

Motores especiales

No es recomendable compensar los motores de paso a paso o de dos sentidos de marcha.

Regulación de las protecciones

La corriente aguas arriba (Ia) del motor es inferior con compensación que sin compensación, tal como se indica en la figura E4-011.

Puesto que la protección del motor se sitúa aguas arriba de la conexión motor batería, este fenómeno afecta las protecciones en relación a los factores de potencia, antes de la compensación y después de la compensación, disminuyendo la intensidad después de la compensación en la relación:

$\frac{\cos \varphi}{\cos \varphi'}$ ■ $\cos \varphi$ antes de la compensación
■ $\cos \varphi'$ después de la compensación

Si compensamos los motores con los valores indicados en la tabla E4-009, podemos considerar los coeficientes de reducción indicados en la tabla E4-008.

Coeficientes de reducción de la intensidad de los motores en función de la compensación

Velocidad (rpm)	Coeficiente de reducción
750	0,88
1.000	0,90
1.500	0,91
3.000	0,93

Tabla E4-008: *coeficientes de reducción de la intensidad de un motor sin compensar, al momento de compensar, en función del factor de potencia.*

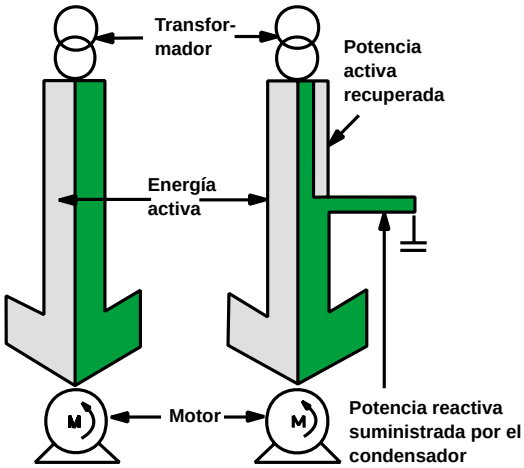


Fig. E4-007: *a la izquierda, el transformador suministra toda la energía reactiva para el motor; a la derecha, la batería suministra parte de esta energía.*

Cómo evitar la autoexcitación de los motores asíncronos

En el momento de instalar una batería de condensadores en los bornes de un motor, hemos de asegurarnos que la potencia de la batería es inferior a la potencia necesaria para la autoexcitación del motor.

Si un motor arrastra una carga con gran inercia (volante), puede suceder que después de un corte de la alimentación siga girando por la fuerza de la energía cinética y utilice la energía de la batería de condensadores para autoexcitarse y trabajar como un generador asíncrono. Esta actuación genera una sobretensión en la red, y a veces de valores importantes.
Para evitar este fenómeno, debemos asegurarnos que la potencia de la batería de condensadores es inferior a la autoexcitación propia del motor, asegurándonos que:

$$Qc \leq 0{,}9 \cdot I_0 \cdot U_n \sqrt{3}$$

I_0 = corriente en vacío del motor.
La tabla E4-009 da los valores de Qc, para una serie de motores, para evitar la autoexcitación.

Ejemplo:
Para un motor de 75 kW a 3000 rpm, la tabla E4-009 indica que puede aceptar una batería de condensadores de una potencia máxima de 17 kVAr.

Máxima potencia a compensar en los motores trifásicos					
Potencia nominal		Potencia máxima en kVAr a instalar			
		Velocidad en rpm			
kW	ch	3.000	1.500	1.000	750
22	30	6	8	9	10
30	40	7,5	10	11	12,5
37	50	9	11	12,5	16
45	60	11	13	14	17
55	75	13	17	18	21
75	100	17	22	25	28
90	125	20	25	27	30
110	150	24	29	33	37
132	180	31	36	38	43
160	218	35	41	44	52
200	274	43	47	53	61
250	340	52	57	63	71
280	380	57	63	70	79
355	482	67	76	86	98
400	544	78	82	97	106
450	610	87	93	107	117

Tabla E4-009: *potencia máxima en kVAr a instalar, en la compensación individual de un motor asíncrono, sin provocar la autoexcitación.*

Esta potencia es generalmente insuficiente para crear una autoexcitación y para compensar toda la energía reactiva que necesita.
Si queremos compensar hasta valores de cos φ que mejoren nuestra economía, deberemos compensar en cabecera de la instalación o del cuadro de distribución.

Motores de gran inercia
En toda instalación suelen encontrarse motores con grandes inercias; será conveniente que la aparamenta de mando de las baterías de condensadores corten toda posible conexión eléctrica con estos motores, en un fallo general de suministro.

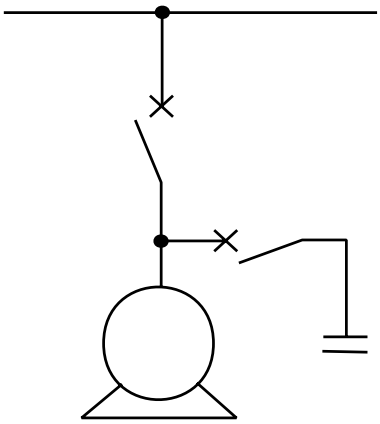


Fig. E4-010: *esquema de conexionado de una batería de condensadores a un motor asíncrono.*

4.6. Cuándo realizar una compensación automática

Esquema de principio de una batería automática

Los elementos internos
Un equipo de compensación automático debe ser capaz de adecuarse a las variaciones de potencia de reactiva de la instalación para conseguir mantener el cos φ predeterminado de la instalación.

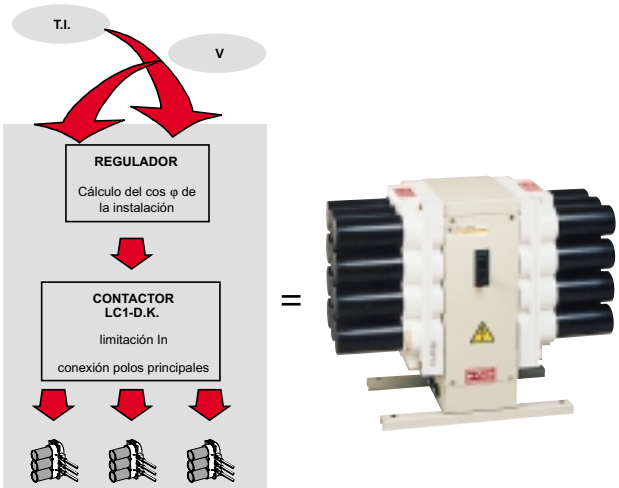


Fig. E4-011: *esquema de principio de un equipo de compensación automático.*

Un equipo de compensación automático está constituido por tres elementos principales:

■ El regulador.

Su función es medir el cos φ de la instalación y dar las órdenes a los contactores para intentar aproximarse lo más posible al cos φ deseado, conectando los distintos escalones de potencia reactiva. Además de esta función, los actuales reguladores Varlogic de Merlin Gerin incorporan funciones complementarias de ayuda al mantenimiento y la instalación.

Existen dos modelos de reguladores Varlogic atendiendo al número de salidas:

□ de 1 hasta 6 escalones,

□ de 1 hasta 12 escalones.

■ Los contactores.

Son los elementos encargados de conectar los distintos condensadores que configuran la batería. El número de escalones que es posible disponer en un equipo de compensación automático depende de las salidas que tenga el regulador.

■ Los condensadores.

Son los elementos que aportan la energía reactiva a la instalación. Normalmente la conexión interna de los mismos está hecha en triángulo.

Los elementos externos

Para el funcionamiento de un equipo de compensación automático es necesaria la toma de datos de la instalación; son los elementos externos que permiten actuar correctamente al equipo:

■ La lectura de intensidad.

Se debe conectar un transformador de intensidad que lea el consumo de la totalidad de la instalación.

■ La lectura de tensión.

Normalmente se incorpora en la propia batería, de manera que al efectuar la conexión de potencia de la misma ya se obtiene este valor.

Esta información de la instalación (tensión e intensidad) le permite al regulador efectuar, en todo momento, el cálculo del cos φ existente en la instalación y le capacita para tomar la decisión de conectar o desconectar escalones (grupos) de condensadores.

■ También es necesaria la alimentación a 230 V para el circuito de mando de la batería. Las baterías incorporan unos bornes denominados “a, b” para este efecto.

Cómo instalar las baterías

En la compensación de un solo embarrado con una sola alimentación

■ Generalidades.

Una instalación en la que haya un único embarrado de BT es de lo más usual. La compensación se realiza para la totalidad de los receptores de la instalación y en el primario del transformador de intensidad debe circular toda la potencia de la instalación. Su amperaje será función de la potencia de la instalación; es normal considerar el mismo valor del interruptor automático general.

■ Precauciones en la instalación.

Como se ha dicho anteriormente, es necesario realizar la instalación complementaria de un transformador de intensidad que “lea” el consumo total de la instalación.

Es indispensable la correcta ubicación del TI según la fig. E4-012; la instalación del transformador en los puntos indicados con una aspa no es correcta.

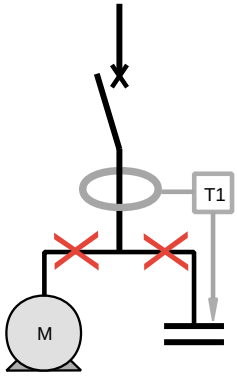


Fig. E4-012: *esquema de conexión a un único embarrado de BT y ubicación del TI.*

La compensación en varios embarrados:

■ Embarrados independientes en BT.

Otra posible instalación es la que dispone de varios embarrados independientes, que no tienen por qué estar conectados a dos transformadores idénticos.

Por este motivo, la necesidad de potencia reactiva será distinta para cada embarrado y se deberá evaluar separadamente, con los métodos anteriormente definidos.

La compensación se realizará para la totalidad de los receptores de la instalación y el amperaje de los transformadores de intensidad; para cada embarrado se determinará independientemente en función del total de la intensidad que atraviesa cada interruptor automático general de protección.

■ Precauciones de instalación.

Análogamente al caso anterior, la ubicación de cada TI se deberá realizar de la misma forma, para que lean ambos transformadores el consumo de cada parte de la instalación separadamente.

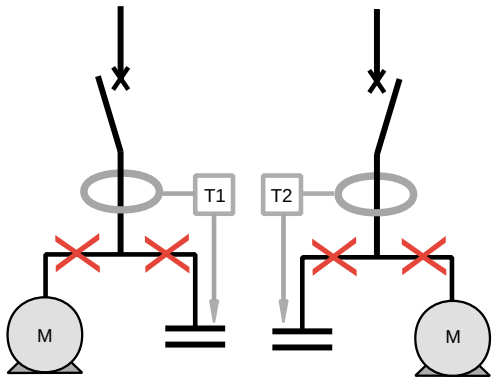


Fig. E4-013: *esquema de conexión a varios embarrados de BT, independientes, y ubicación del TI.*

La compensación en un embarrado alimentado por varios transformadores

Una instalación diferente a las anteriores es la que dispone de varios transformadores conectados en paralelo en el lado de BT:

■ Transformadores de distribución distintos.

La compensación de esta instalación se puede realizar con la colocación de dos baterías automáticas con sus respectivos TI.

■ Transformadores de distribución iguales.
En este caso se puede compensar con un única batería, cuyo regulador está alimentado por los transformadores de intensidad individuales a través de un sumador vectorial de las señales de los transformadores de intensidad.
El número máximo de entradas de los sumadores vectoriales es de 5.
■ Precauciones de instalación:
□ Transformadores de distribución distintos.
Cada batería es alimentada por un TI distinto conectado a la salida de cada transformador.
Tanto los ajustes como la instalación se deben considerar como si fueran dos embarrados independientes.
□ Transformadores de distribución iguales.
Si se realiza la compensación con una única batería, la única precaución es: en el momento de realizar la puesta en marcha, la relación C/K, que se debe programar en el regulador, debe considerar la suma de todos los TI que alimentan al sumador.

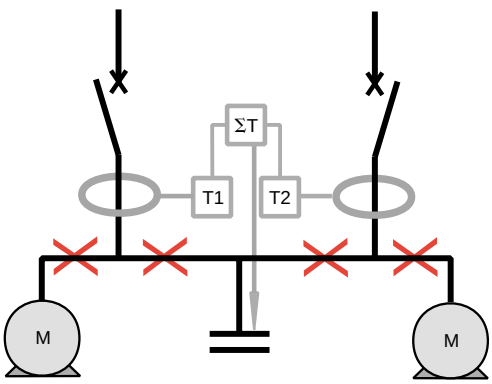


Fig. E4-014: *esquema de conexión a varios transformadores en paralelo y ubicación del TI.*

El concepto de la regulación

Regulación física y eléctrica

■ Definición de una batería automática.
Los tres parámetros que definen una batería automática son:
□ la potencia en kVAr, que vendrá dada por los cálculos y dependerá del cos φ inicial y el deseado,
□ la tensión nominal de la batería, que siempre deberá ser igual o mayor a la de la red,
□ la regulación de la batería, que indicará el escalonamiento físico de la misma.
■ Regulación física.
El escalonamiento o regulación física de una batería automática indica:
□ la composición,
□ el número,
□ la potencia
de cada uno de los conjuntos de condensadores que forman los escalones.
Normalmente se suele expresar la potencia del primer escalón con base y la de los demás escalones, iguales, doble o triple de la base.

Ejemplos:
– Batería de 70 kVAr, formada por los siguientes escalones de potencias:
10 + 20 + 20 + 20, tiene una regulación 1.2.2.2, ya que el primer escalón se toma de base y los demás escalones tienen doble potencia.

– Batería de 70 kVAr, formada por los siguientes escalones de potencias:
7 escalones de 10 kVAr, tendría una regulación 1.1.1.1 (se suele indicar con cuatro cifras representativas, no se indican los siete escalones).
Obsérvese en la fig. E4-015 la actuación de las dos baterías; prácticamente es la misma a pesar de tener dos configuraciones distintas.

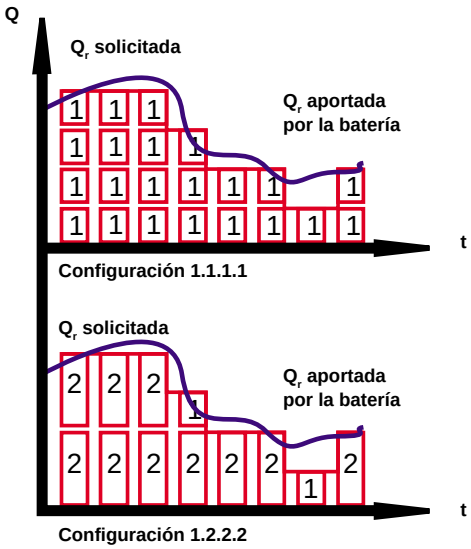


Fig. E4-015: *escalonamientos 1.1.1.1 y 1.2.2.2.*

■ Regulación eléctrica.
Realmente, el parámetro que marca la diferencia de actuación de una batería es su regulación eléctrica.
En el ejemplo anterior la regulación eléctrica de ambas baterías es la misma (7 × 10), indica que ambas baterías van a actuar con una regulación mínima de 10 kVAr.
■ Una batería bien elegida.
□ Desde el punto de vista del precio del equipo.
Cuantos más escalones físicos tiene la batería, mayor precio, puesto que aumenta el número de conjuntos condensador-contactor y el tamaño de la envolvente.
□ Desde el punto de vista de la adaptación al cos φ deseado.
Cuanto menor sea el escalón base, mejor se podrá ajustar a la variación de demanda de la energía reactiva.
Por tanto, en una batería bien elegida debe existir un equilibrio entre la regulación eléctrica y la física.
Los reguladores Varlogic permiten hasta 7 regulaciones distintas, con lo que optimizan el coste del equipo proporcionando un máximo de aproximación a las solicitudes de potencia reactiva.

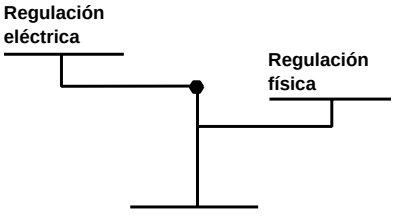


Fig. E4-016: *en una batería bien elegida debe existir un equilibrio entre la regulación eléctrica y la física.*

Ejemplo:
Una batería de 70 kVAr formada por escalones de potencias 10 + 20 + 40, regulación 1.2.4, proporciona una regulación eléctrica igual a la del ejemplo anterior, con un menor precio que la de 7 · 10, puesto que con sólo tres conjuntos de contactor-condensador se soluciona la compensación.

El regulador

La programación de un regulador

Los datos que se deben programar en un regulador al realizar la puesta en marcha son los siguientes:
■ El cos φ deseado en la instalación.
■ La relación C/K.
Estos datos son únicos para cada instalación y no se pueden programar de fábrica.

¿Qué es el C/K?

El regulador es el componente que decide la entrada o salida de los escalones, en función de la potencia reactiva utilizada en aquel momento en la instalación.
■ Para esta función utiliza tres parámetros:
□ el cos φ deseado,
□ el cos φ que existe en cada momento en la instalación,
□ la intensidad del primer escalón, que es el que marca la regulación mínima de la batería.
■ La toma de la señal de la intensidad se realiza siempre a través de un transformador de intensidad X/5.
■ Para que el regulador pueda conectar un escalón u otro, ha de conocer la potencia de cada escalón y consecuentemente su intensidad. La señal permanente, recibida del transformador de intensidad, le permite conocer las necesidades de cada momento.
■ La acomodación de esta necesidad a la conexión de escalones se realiza por medio de una relación, que llamamos C/K, introducida como un parámetro en el regulador.
El valor del C/K se obtiene de la fórmula siguiente:

$$C/K = \frac{\frac{Q_1}{\sqrt{3} \cdot U}}{R_{TI}}$$

de donde:

Q_1 = potencia del primer escalón, escalón base (VAr).
U = tensión de la red (V).
R_{TI} = relación de transformación del transformador de intensidad.

Ejemplo:
Batería de 70 kVAr, formada por los siguientes escalones de potencias:
10 + 20 + 40.
Se conecta en una instalación donde el interruptor automático general de protección es de 630 A.
El transformador de intensidad es de 700/5.

El C/K será:

$$C/K = \frac{\frac{Q_1}{\sqrt{3} \cdot U}}{R_{TI}} = \frac{\frac{(10 \cdot 1000)\ VAr}{\sqrt{3} \cdot 400\ V}}{700\ A/5\ A} = 0{,}10$$

La importancia del ajuste del C/K

Para comprender la importancia del ajuste del C/K, tenemos que entender que cada batería tiene su propio escalón base.
Por tanto, la batería sólo podrá ajustar su potencia a la potencia solicitada, en función del cos φ deseado, cuando ésta tenga un valor igual o múltiplo del escalón base.

Ejemplo:

Batería de 70 kVAr, formada por los siguientes escalones: 10 + 20 + 40.
El cos φ deseado y programado en el regulador es de 1.
Los datos facilitados por el transformador de intensidad, en un momento determinado, deducen:
P = 154 kW
cos φ = 0,97
Esta deducción por cálculo, efectuada por el regulador, le indica:

$$Q = P\ (tg\,\varphi_{inicial} - tg\,\varphi_{deseado}) = 154\ kW\ (0{,}25 - 0) = 38{,}5\ kVAr$$

Como que el escalonamiento de la batería es de 7 · 10 kVAr, la batería estaría constantemente fluctuando entre 30 y 40 kVAr.
Para evitar esta fluctuación existe la regulación C/K.

Interpretación del ajuste C/K

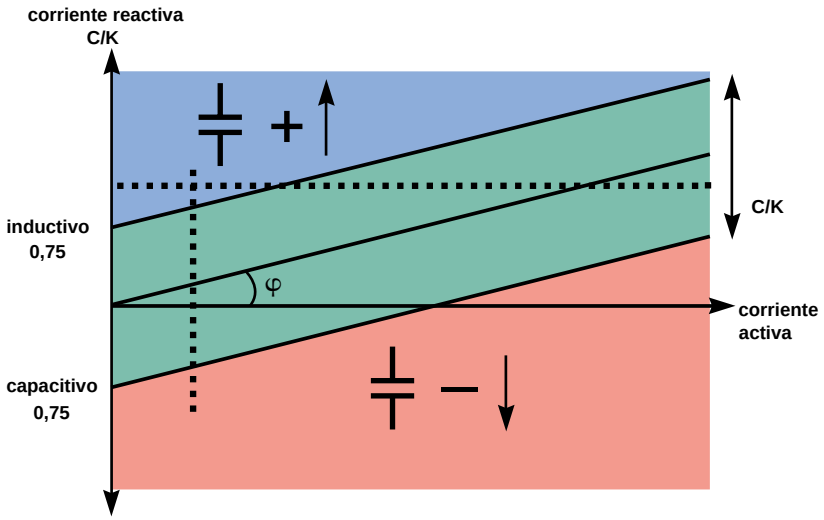


Fig. E4-017: *interpretación del ajuste C/K en un regulador de energía reactiva.*

En la fig. E4-017 está representado el significado del ajuste C/K.
■ El eje de las abscisas (X) representa la intensidad activa de la instalación, y el eje de las ordenadas (Y) representa la intensidad reactiva:
□ Inductiva (la que solicita la instalación) en el semiplano positivo.

□ Capacitiva (la que aporta la batería) en el semiplano negativo.

■ Se puede representar en este gráfico cualquier situación del cos φ en la instalación, como las coordenadas de un punto (X,Y), atendiendo a las componentes de la intensidad activa y reactiva.

■ Se representa una franja, con pendiente análoga a la tangente del ángulo correspondiente al cos φ deseado y la anchura de la banda responde a la regulación del C/K.

■ Cuando la solicitud de potencia reactiva caiga en un valor comprendido dentro la franja del C/K, el regulador no dará una nueva orden de conexión o desconexión, pero si supera el valor de la franja sí; en la parte superior conectará un escalón, y si es por la parte inferior desconectará un escalón.

■ Esta franja da un espacio de estabilidad, en detrimento de un ajuste preciso del cos φ, pero evita un desgaste excesivo de los contactores y los inconvenientes de las puntas de conexión, dando tiempo a realizar la descarga de los condensadores en las desconexiones.

■ Un ajuste demasiado bajo del C/K (banda muy estrecha) implica un sobretrabajo inútil de los contactores.

■ Un ajuste demasiado alto (banda muy ancha) implica un defecto de ajuste del cos φ deseado y una excesiva estabilidad de los contactores; por tanto, la regulación del C/K tiene un valor óptimo que corresponde a la fórmula anteriormente descrita.

■ Los reguladores proporcionan la posibilidad de ajuste automático del C/K bajo cualquier condición de carga de la instalación.

El ajuste manual permite la introducción de valores desde 0,01 hasta 1,99, pudiéndose visualizar en pantalla el valor ajustado.

5. ¿Cómo determinar el nivel de compensación de la energía reactiva?

5.1. Métodos de cálculo

Balance de potencias, determinación de la potencia reactiva (a la concepción)

La determinación se puede realizar de la misma forma que se realiza para la potencia activa (descrita en el capítulo B).
En el apartado 3 del capítulo B se dan los valores de la potencia activa y el factor de potencia de la mayoría de las cargas, así es posible determinar la potencia activa y reactiva, siguiendo el mismo proceso de forma pareja.
Una vez efectuado el análisis de potencias tendremos unas potencias y unos factores de potencia; efectuando la media tendremos una potencia total y factor de potencia medio.

Ejemplo:

Balance de potencias de una instalación

Potencias (kW)	cos φ	P · cos φ
20	0,65	20 · 0,65 = 13
15	0,60	15 · 0,60 = 9
60	0,80	60 · 0,80 = 48
5	1	5 · 1 = 5
Σ = 100		Σ = 75

Tabla E5-001: *tabla de análisis de potencias y factores de potencia.*

El cos φ medio de la instalación es de 0,75; si deseamos compensarlo hasta 0,95 podemos buscar en la tabla E5-003 el factor correspondiente a:

$$\cos \varphi = \frac{\Sigma(P \cdot \cos \varphi)}{\Sigma P} = \frac{75}{100} = 0{,}75$$

cos φ inicial = 0,75
cos φ compensado hasta = 0,95
Factor = 0,553
■ La potencia de la batería en kVAr será:

$$Q_c = 100 \text{ kW} \cdot 0{,}553 = 55,$$

Balance de consumos a partir de la facturación de la empresa suministradora, optimización técnico-económica (para una instalación existente)

Para determinar la potencia óptima de la batería de condensadores
Debemos tener en cuenta los siguientes elementos:
■ Facturas de la energía consumida durante un ciclo completo, aconsejable 12 meses.
■ Costes correspondientes a la compra e instalación de la batería.

Ejemplo:

Datos factura de energía			Tarifa 3.0
Tipo	Consumo	Término de potencia	Importe
		390 · 1,35	525,04
Activa	24640	Término de energía	
		35540 · 0,08	2.770,38
		Recargos	
Punta	10900	12,26 %	339,87
Reactiva	39400	16,90 %	556,93
		Tributos	
		Canon	

Tabla E5-002: *tabla de valores de los conceptos de un recibo de energía.*

Comprobación del recibo:

■ Comprobación de las lecturas de los contadores.

■ Comprobación del recargo por reactiva:

□ Comprobación del cos φ.

La tg φ será:

$$\text{tg } \varphi = \frac{\text{kVAr}}{\text{kW}} = \frac{39.400}{35.540} = 1{,}1086$$

A esta tg φ le corresponde un cos φ de 0,6705.

□ Comprobación del factor de recargo:

$$\text{Kr} = \frac{17}{\cos^2 \varphi} - 21 = \frac{17}{0{,}6705^2} - 21 = 16{,}82\ \%$$

En el recibo se ha redondeado por exceso a 16,9.

□ Comprobación del importe del recargo por energía reactiva:

Término de potencia = 525,04 €

Término de energía = 2.770,38 €

$$\text{Recargo} = \frac{(525{,}04 + 2.770{,}38)\ 16{,}9}{100} = 556{,}93\ €$$

La diferencia de 556,93 € a los 896,79 es el recargo por horas punta.

■ Cálculo de la potencia.

Los consumos por horas normales y horas punta nos indican los kilovatios consumidos durante el período de lectura.

Si los períodos de lectura son mensuales y los días de trabajo al mes son 22 y las horas de trabajo son 8 diarias, tendremos que la lectura de los kW/h corresponden a:

$$\text{Horas} = 22 \text{ días} \cdot 8 \text{ h/día} =$$

Las lecturas nos dan kW/h, la potencia corresponde a kW, por tanto la potencia media del abonado es de:

$$\text{P(kW)} = \frac{\text{consumo (kW/h)}}{\text{horas}} = \frac{35.540}{176} = 202 \text{ kW}$$

Antes de compensar		Potencia del condensador (en kVAr) a instalar por kW de carga, para compensar el cos φ de origen hasta un valor deseado												
tg φ		0,75	0,59	0,48	0,46	0,43	0,40	0,36	0,33	0,29	0,25	0,20	0,14	0,0
	cos φ	0,80	0,86	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1
2,29	0,40	1,557	1,691	1,805	1,832	1,861	1,895	1,924	1,959	1,998	2,037	2,085	2,146	2,288
2,22	0,41	1,474	1,625	1,742	1,769	1,798	1,831	1,840	1,896	1,935	1,973	2,021	2,082	2,225
2,16	0,42	1,413	1,561	1,681	1,709	1,738	1,771	1,800	1,836	1,874	1,913	1,961	2,022	2,164
2,10	0,43	1,356	1,499	1,624	1,651	1,680	1,713	1,742	1,778	1,816	1,855	1,903	1,964	2,107
2,04	0,44	1,290	1,441	1,558	1,585	1,614	1,647	1,677	1,712	1,751	1,790	1,837	1,899	2,041
1,98	0,45	1,230	1,384	1,501	1,532	1,561	1,592	1,628	1,659	1,695	1,737	1,784	1,846	1,988
1,93	0,46	1,179	1,330	1,446	1,473	1,502	1,533	1,567	1,600	1,636	1,677	1.725	1,786	1,929
1,88	0,47	1,130	1,278	1,397	1,425	1,454	1,485	1,519	1,532	1,588	1,629	1,677	1,758	1,881
1,83	0,48	1,076	1,228	1,297	1,370	1,400	1,430	1,464	1,497	1,534	1,575	1,623	1,684	1,826
1,78	0,49	1,030	1,179	1,248	1,326	1,355	1,386	1,420	1,453	1,489	1,530	1,578	1,639	1,782
1,73	0,50	0,982	1,232	1,202	1,276	1,303	1,337	1,369	1,403	1,441	1,481	1,529	1,590	1,732
1,69	0,51	0,936	1,087	1,160	1,230	1,257	1,291	1,323	1,357	1,395	1,435	1,483	1,544	1,686
1,64	0,52	0,894	1,043	1,116	1,188	1,215	1,249	1,281	1,315	1,353	1,393	1,441	1,502	1,644
1,60	0,53	0,850	1,000	1,075	1,144	1,171	1,205	1,237	1,271	1,309	1,349	1,397	1,458	1,600
1,56	0,54	0,809	0,959	1,035	1,103	1,130	1,164	1,196	1,230	1,268	1,308	1,356	1,417	1,559
1,52	0,55	0,769	0,918	0,996	1,063	1,090	1,124	1,156	1,190	1,228	1,268	1,316	1,377	1,519
1,48	0,56	0,730	0,879	0,958	1,024	1,051	1,085	1,117	1,151	1,189	1,229	1,277	1,338	1,480
1,44	0,57	0,692	0,841	0,921	0,986	1,013	1,047	1,079	1,113	1,151	1,191	1,239	1,300	1,442
1,40	0,58	0,665	0,805	0,884	0,949	0,976	1,010	1,042	1,076	1,114	1,154	1,202	1,263	1,405
1,37	0,59	0,618	0,768	0,849	0,912	0,939	0,973	1,005	1,039	1,077	1,117	1,165	1,226	1,368
1,33	0,60	0,584	0,733	0,815	0,878	0,905	0,939	0,971	1,005	1,043	1,083	1,131	1,192	1,334
1,30	0,61	0,549	0,699	0,781	0,843	0,870	0,904	0,936	0,970	1,008	1,048	1,096	1,157	1,299
1,27	0,62	0,515	0,665	0,749	0,809	0,836	0,870	0,902	0,936	0,974	1,014	1,062	1,123	1,265
1,23	0,63	0,483	0,633	0,716	0,777	0,804	0,838	0,870	0,904	0,942	0,982	1,030	1,091	1,233
1,20	0,64	0,450	0,601	0,685	0,744	0,771	0,805	0,837	0,871	0,909	0,949	0,997	1,058	1,200
1,17	0,65	0,419	0,569	0,654	0,713	0,740	0,774	0,806	0,840	0,878	0,918	0,966	1,007	1,169
1,14	0,66	0,388	0,538	0,624	0,682	0,709	0,743	0,775	0,809	0,847	0,887	0,935	0,996	1,138
1,11	0,67	0,358	0,508	0,595	0,652	0,679	0,713	0,745	0,779	0,817	0,857	0,905	0,966	1,108
1,08	0,68	0,329	0,478	0,565	0,623	0,650	0,684	0,716	0,750	0,788	0,828	0,876	0,937	1,079
1,05	0,69	0,299	0,449	0,536	0,593	0,620	0,654	0,686	0,720	0,758	0,798	0,840	0,907	1,049
1,02	0,70	0,270	0,420	0,508	0,564	0,591	0,625	0,657	0,691	0,729	0,769	0,811	0,878	1,020
0,99	0,71	0,242	0,392	0,479	0,536	0,563	0,597	0,629	0,663	0,701	0,741	0,783	0,850	0,992
0,96	0,72	0,213	0,364	0,452	0,507	0,534	0,568	0,600	0,634	0,672	0,712	0,754	0,821	0,963
0,94	0,73	0,186	0,336	0,425	0,480	0,507	0,541	0,573	0,607	0,645	0,685	0,727	0,794	0,936
0,91	0,74	0,159	0,309	0,398	0,453	0,480	0,514	0,546	0,580	0,618	0,658	0,700	0,767	0,909
0,88	0,75	0,132	0,282	0,371	0,426	0,453	0,487	0,519	0,553	0,591	0,631	0,673	0,740	0,882
0,86	0,76	0,105	0,255	0,345	0,399	0,426	0,460	0,492	0,526	0,564	0,604	0,652	0,713	0,855
0,83	0,77	0,079	0,229	0,319	0,373	0,400	0,434	0,466	0,500	0,538	0,578	0,620	0,687	0,829
0,80	0,78	0,053	0,202	0,292	0,347	0,374	0,408	0,440	0,474	0,512	0,552	0,594	0,661	0,803
0,78	0,79	0,026	0,176	0,266	0,320	0,347	0,381	0,413	0,447	0,485	0,525	0,567	0,634	0,776
0,75	0,80		0,150	0,240	0,294	0,321	0,355	0,387	0,421	0,459	0,499	0,541	0,608	0,750
0,72	0,81		0,124	0,214	0,268	0,295	0,329	0,361	0,395	0,433	0,473	0,515	0,582	0,724
0,70	0,82		0,090	0,188	0,242	0,269	0,303	0,335	0,369	0,407	0,447	0,489	0,556	0,698
0,67	0,83		0,072	0,162	0,216	0,243	0,277	0,309	0,343	0,381	0,421	0,463	0,530	0,672
0,65	0,84		0,046	0,136	0,190	0,217	0,251	0,283	0,317	0,355	0,395	0,437	0,504	0,645
0,62	0,85		0,020	0,109	0,164	0,191	0,225	0,257	0,291	0,329	0,369	0,417	0,478	0,620
0,59	0,86			0,083	0,140	0,167	0,198	0,230	0,264	0,301	0,343	0,390	0,450	0,593
0,57	0,87			0,054	0,114	0,141	0,172	0,204	0,238	0,275	0,317	0,364	0,424	0,567
0,54	0,88			0,028	0,085	0,112	0,143	0,175	0,209	0,246	0,288	0,335	0,395	0,538
0,51	0,89				0,059	0,086	0,117	0,149	0,183	0,230	0,262	0,309	0,369	0,512
0,48	0,90				0,031	0,058	0,089	0,121	0,155	0,192	0,234	0,281	0,341	0,484

Tabla E5-003: *coeficientes para calcular la potencia de la batería en VAr, en función del factor de potencia inicial y el deseado (final).*

■ Cálculo de la potencia de la batería.
Si deseamos pasar a un cos φ de 0,98, el coeficiente de la tabla E5-003, para pasar del cos φ de 0,6705, es de 0,905:

$$Q_c\ (kVAr) = P\ (kW) \cdot 0{,}905 = 202 \cdot 0{,}905 = 183\ kVAr$$

■ Elección de la batería.
Una Rectimat de 180 kVAr a 400 V tiene un valor de compra (tarifa) de 5.624,57 €.
■ Comprobación de recargo:

$$Kr = \frac{17}{\cos^2 \varphi} - 21 = \frac{17}{0{,}98^2} - 21 = -3{,}3$$

Representa una bonificación del 3,3%
La reducción por la compensación será:
□ Para el mismo consumo:
Témino de potencia = 525,04 €
Término de energía = 2.770,38 €
Total = 3.295,43 €
Bonificación = 3.295,43 · 3,3% = 108,75 €
□ La diferencia total corresponde a la anulación del recargo y a la obtención del abono:
Recargo = 556,93 €
Abono = 108,75 €
Total = 665,68 €
■ Amortización:

$$\text{Amortización} = \frac{\text{Inversión}}{\text{Reducción}} = \frac{5.624{,}57}{665{,}68} = 8{,}5\ \text{meses}$$

5.2. Dimensionado de una batería de condensadores en presencia de armónicos

Problemas presentados por los armónicos

Los equipos generadores de armónicos son aquellos que, integrados por cargas lineales, son capaces de oscilar por sí mismos a una frecuencia propia, no senoidal, en función de la capacitancia e inductancia acopladas a la oscilación; por tanto, existen diversas oscilaciones y en consecuencia diversas frecuencias de oscilación.

Elementos no generadores de armónicos

En términos generales se considera que las cargas lineales no crean armónicos, resistencias, inductancias, condensadores...

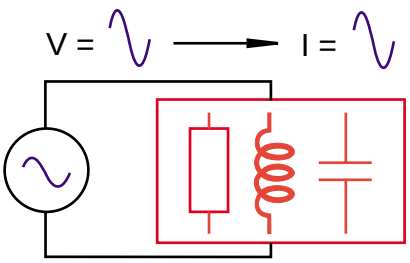


Fig. E5-004: *cargas lineales que no generan armónicos.*

Elementos generadores de armónicos

Las cargas no lineales son susceptibles de oscilar y por tanto de crear armónicos, tales como los circuitos de electrónica de potencia, variadores de velocidad, rectificadores estáticos, convertidores, etc. Los equipos con reactancias saturadas, equipos de soldadura, hornos de arco..., también son generadores de armónicos.

Efectos de los armónicos sobre los condensadores

Los armónicos perturban el funcionamiento de numerosas máquinas y equipos electrónicos. Los condensadores, en particular, son muy sensibles a los armónicos por el hecho de que su impedancia decrece en función de la frecuencia del armónico, facilitando puntos de perforación.

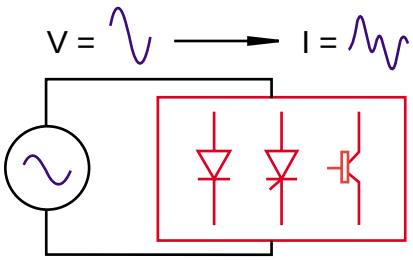


Fig. E5-005: *las cargas no lineales que son capaces de crear armónicos.*

Si la conexión a la red del condensador está próxima a un generador de armónicos, puede producirse una oscilación que entre en resonancia, amplificando así la oscilación.
En estas circunstancias, la corriente resultante calentará excesivamente al condensador y puede producir perforaciones en el mismo.
Un cierto número de soluciones permiten limitar las consecuencias de los armónicos, facilitando un buen funcionamiento de los condensadores.
Será necesario realizar un análisis de la coexistencia de los generadores de armónicos y los condensadores, instalados en un mismo circuito, para que no entren dentro del campo de las corrientes parásitas capaces de distorsionar el buen funcionamiento de los condensadores.

Generadores de armónicos		
Tipo de carga	Armónicos generados	Comentarios
Transformador	Orden par e impar	Componentes en cc
Motor asíncrono	Orden impar	Inter y subarmónicos
Lámpara de descarga Tubos fluorescentes	3° + impares	Puede llegar al 30% de I_1
Soldadura por arco	3°	
Hornos de arco CA	Espectro variable inestable	No lineal-asimétrico
Rectificadores con filtro inductivo	$H = K \cdot P + 1$ $Ih = I_1/h$	SAI-variadores de velocidad
Rectificadores con filtro capacitivo		Alimentación equipos electrónicos
Cicloconvertidores	Variables	Variadores de velocidad
Reguladores PWM		SAI-convertidores cc-ca

Tabla E5-006: *consideraciones sobre los generadores más usuales de armónicos, en los circuitos eléctricos de distribución.*

Soluciones posibles

La toma en consideración de los fenómenos de los armónicos consiste, generalmente, en sobredimensionar las baterías de condensadores ylo instalar conjuntos de inductancia condensador para filtrar frecuencias superiores a 50 Hz.

Contra los efectos de los armónicos

La presencia de armónicos produce un aumento de la intensidad eficaz.
Por ello toda la aparamenta y conductores serán dimensionados de 1,3 a 1,5 veces la intensidad nominal del circuito.

Contra los fenómenos de resonancia

Los condensadores no son generadores de armónicos, pero la presencia de un condensador, en una red con generadores de armónicos y en función de la configuración de la instalación, puede provocar una amplificación del armónico.
Este hecho se da cuando la frecuencia de resonancia paralela del sistema esté próxima a la frecuencia de los armónicos generados.
Esta frecuencia es función de la impedancia de la red y consecuentemente de la potencia de cortocircuito.
El valor de la frecuencia de resonancia de la instalación, en bornes del condensador, estará muy próxima a:

$$fr = \sqrt{\frac{Scc}{Q}}$$

Scc = potencia de cortocircuito de la red en kVA.
Q = potencia de la batería de condensadores en kVAr.
Si el rango de los armónicos generados próximos a los bornes de la batería se asemeja a los valores de la frecuencia de resonancia, en este punto se producirá la amplificación.
La intensidad se elevará y podrá provocar perforaciones al dieléctrico del condensador o simplemente envejecimiento del mismo. Para paliar este fenómeno podemos utilizar:
■ Condensadores sobredimensionados dieléctricamente (en tensión), por ejemplo para redes de 400 V, inductancias de 470 V.
■ Bobinas (self), antiarmónicos, conectadas en serie con los condensadores y sintonizadas a 190 Hz para redes de 50 Hz y a 228 Hz para redes de 60 Hz.
Son adecuadas para reducir las tensiones y las intensidades de los armónicos (de rangos más comunes), en los bornes de conexión del condensador.

Elección de soluciones

La elección de soluciones se realiza a partir de:
■ ΣR (Gh): la potencia en kVA de todos los generadores de armónicos.
■ Sn: potencia del o de los transformadores aguas arriba (en kVA).

Elementos a tener en consideración

La elección se realiza a partir de la toma en consideración de los siguientes elementos:
■ Σ(R) (Gh) = potencia en kVA de todos los generadores de armónicos (convertidores estáticos, onduladores, variadores de velocidad...) alimentados desde el mismo juego de barras que los condensadores.

■ Si la potencia de los generadores es conocida en kW en vez de kVA, deberemos dividir los kW por un factor de potencia medio de cos φ = 0,7 para obtener la verdadera Σ(R) (Gh) de potencias.
■ Si de varios transformadores que están en paralelo se deja fuera de servicio uno de ellos, comporta una disminución de la potencia (Sn) y de la potencia de cortocircuito (Scc).

Los filtros pasivos:
■ La resonancia serie.
La resonancia serie aparece con la conexión serie de reactancia inductiva y una capacitiva.
Existirá una determinada frecuencia que disminuirá, de forma importante, la impedancia del conjunto L-C serie.
Este fenómeno es utilizado para filtrar los armónicos en una instalación y se denomina resonancia serie.

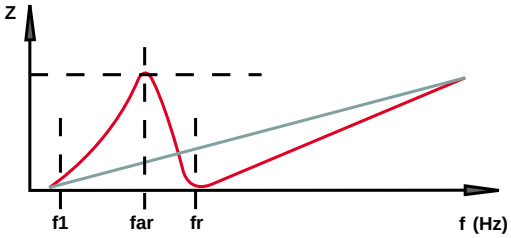


Fig. E5-007: *curva de impedancias en función de la frecuencia para una instalación que incorpora equipos SAH (fr = 190 Hz).*

■ Las soluciones de Schneider Electric:
□ Equipos clase “H”.
Toda la oferta de Schneider Electric de equipos de compensación en BT incorpora la gama clase “H”, que utiliza condensadores sobredimensionados en tensión.
Con los equipos clase “H” no se reduce la distorsión armónica ni se evita la amplificación, únicamente se protegen los condensadores de las sobretensiones armónicas que pueden existir en la instalación.
□ Equipos SAH.
Cuando a la necesidad de compensar se une la necesidad de filtrar, debido a que la amplificación de los armónicos existentes es demasiado elevada, se recomienda la instalación de equipos SAH.
Estos equipos evitan la amplificación y protegen a los condensadores de las sobretensiones armónicas.
Los equipos SAH son equipos L-C sintonizados a una frecuencia de resonancia serie de 190 Hz, y provocan el desplazamiento de la frecuencia de resonancia paralela fuera del espectro armónico, evitando de esta forma la amplificación.
□ Filtros sintonizados.
Utilizando la misma característica de la frecuencia de resonancia serie, los filtros sintonizados presentan una frecuencia de resonancia serie para cada uno de los armónicos que se pretenda filtrar.
De tal forma que un equipo de estas características presenta tantos escalones como frecuencias de sintonía se pretenda disponer.
□ Existen otros tipos de filtros en función de las necesidades de cada instalación, como pueden ser los filtros amortiguadores de 2.º o 3.er orden, que además de filtrar los armónicos de su propia frecuencia de sintonización amortiguan los de frecuencias superiores.

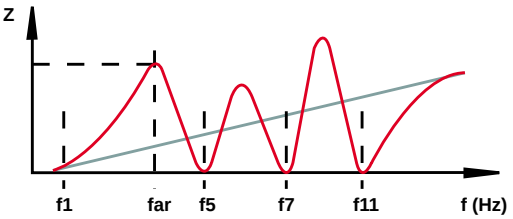


Fig. E5-008: *curva de impedancias en función de la frecuencia para una instalación que incorpora un filtro sintonizando los armónicos n.os 5, 7 y 11.*

Elección de una solución

A partir de estos elementos, la elección de una solución, limitando las consecuencias de los armónicos a un nivel aceptable para los condensadores, se define en la tabla E5-009.

Nota: En alguna publicación de Schneider Electric la suma de potencias generadoras de armónicos la denominan: ΣR = Gh

Tabla para la elección del proceso de cálculo de una batería para un circuito con armónicos

Condensadores alimentados en: BT por un transformador (regla general en función de su potencia)			
$\Sigma R = \frac{Scc}{120}$	$\frac{Scc}{120} \leq \Sigma R \leq \frac{Scc}{70}$	$\Sigma R = \frac{Scc}{70}$	
Condensadores estándar	Condensadores clase “H” (tensión sobredimensionada en un 10%)	Baterías de condensadores SAH (tensión sobredimensionada en un 10% + inductancia antiarmónicos)	
Condensadores alimentados en: BT por un transformador (regla simplificada utilizable si Sn < 2 MVA)			
ΣR ≤ 0,15 Sn	0,15 Sn < ΣR ≤ 0,25 Sn	0,25 Sn ≤ ΣR ≤ 0,60 Sn	ΣR ≥ 0,60 Sn
Condensadores estándar	Condensadores clase “H” (tensión sobredimensionada en un 10%)	Baterías de condensadores SAH (tensión sobredimensionada en un 10% e inductancias en serie)	Filtro sintonizador

Tabla E5-009: *tabla de elección de una batería, limitando el efecto de los armónicos.*

Ejemplos:

Se eligen tres casos que muestran, respectivamente, situaciones en las que deben instalarse baterías de condensadores estándar, sobredimensionadas, y baterías SAH.

Ejemplo 1:

Potencia nominal del transformador = 500 kVA.
Tensión de cortocircuito (transformador) = 4%.
Suma de potencias creadoras de armónicos ΣR = 50 kVA.

$$Scc = \frac{500 \cdot 100}{4} = 12.500 \text{ kVA}$$

$$\frac{Scc}{120} = \frac{12.500}{120} = 104 \qquad \Sigma R = 50 \leq \frac{Scc}{120}$$

Solución: utilizar condensadores estándar.

Ejemplo 2:
Potencia nominal del transformador = 1.000 kVA.
Tensión de cortocircuito (transformador) = 4%.
Suma de potencias creadoras de armónicos ΣR = 250 kVA.

$$Scc = \frac{1.000 \cdot 100}{4} = 25.000 \text{ kVA}$$

$$\frac{Scc}{120} = \frac{25.000}{120} = 208 \qquad \frac{Scc}{70} = \frac{25.000}{70} = 357$$

$$\Sigma R\text{: } 250 \text{ comprendido entre } \frac{Scc}{120} \text{ y } \frac{Scc}{70}$$

Solución: utilizar condensadores sobredimensionados a 440 V.

Ejemplo 3:
Potencia nominal del transformador = 630 kVA.
Tensión de cortocircuito (transformador) = 4%.
Suma de potencias creadoras de armónicos ΣR = 250 kVA.

$$Scc = \frac{630 \cdot 100}{4} = 15.750 \text{ kVA}$$

$$\frac{Scc}{70} = \frac{15.750}{70} = 225 \qquad \Sigma R = 250 > \frac{Scc}{70}$$

Solución: utilizar baterías de condensadores SAH (con condensadores sobredimensionados a 440 V e inductancias acopladas en serie y sintonizando el conjunto a 190 Hz).

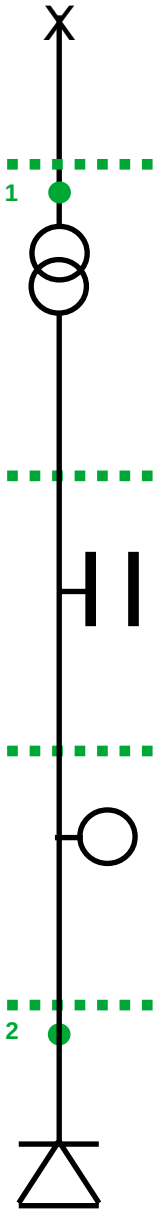
Precauciones frente a los distribuidores de energía

El Reglamento de BT de 1973 no especifica ninguna instrucción sobre la materia, pero en Europa existen prescripciones al respecto; los datos expuestos corresponden a la reglamentación francesa.

Es necesario verificar la coexistencia de los condensadores y las cargas generadoras de armónicos, para que no entreguen a la red de suministro valores de distorsión superiores a los aceptados por la empresa suministradora de energía.

Las empresas suministradoras de energía pueden limitar la introducción de armónicos a su red.
El umbral general de armónicos aceptable se corresponderá a la relación entre el valor eficaz de los armónicos y el valor eficaz de la onda fundamental a frecuencia industrial (50 Hz).
Es aconsejable que este valor no supere el 1,6%.
Esto nos conduce a limitar la distorsión, aguas abajo de los transformadores de MT/BT, a un 4 o 5%.
Si estos valores son superados, utilizaremos filtros en concordancia al rango de los armónicos presentes en mayoría.
Las soluciones planteadas para la reducción de armónicos son válidas.

Tabla para la realización de un preestudio de armónicos



Cliente . . . . . .
Obra . . . . . .
Datos de la red: Un . . . . . kV
Scc . . . . . MVA Sí ☐ No ☐
Importación de armónicos:

Transformadores

Transfo 1	Transfo 2	Transfo 3	Transfo 4
Sn . . . . . kVA	Sn . . . . . kVA	Sn . . . . . kVA	Sn . . . . . kVA
U_2 V	U_2 V	U_2 V	U_2 V
Ucc . . . . . %	Ucc . . . . . %	Ucc . . . . . %	Ucc . . . . . %

Conexión de los secundarios en paralelo Sí ☐ No ☐

Compensación de la energía reactiva

Existente Fija ☐ kVAr . . . .
Automática ☐ kVAr . . . .
SAH o filtros ☐ kVAr . . . . Hz . . . .
A calcular cos φ deseado . . . . . .

Cargas no generadoras de armónicos

Datos nominales carga Pn . . . . . kW cos φ . . . . . .
Funcionamiento habitual carga:
☐ 100% ☐ 75% ☐ 50% ☐ 25%
Pn kW cos φ

Cargas generadoras de armónicos

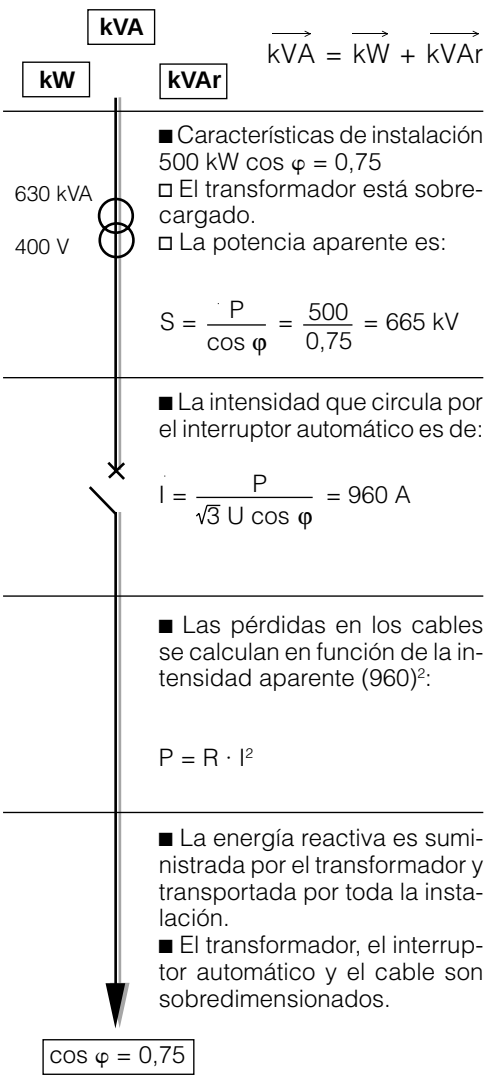
Tipo . . . . Modelo . . . . . Pn . . . . . kW . . . . . N.° . . . . . .
Punto de medición: 1 ☐ 2 ☐

	h1	h3	h5	h7	h11	h13	h	h	h	h	Σ THD
In (A)											
Ih (%)											
Uh (%)											

5.3. Comparación de una instalación sin compensación con una con compensación

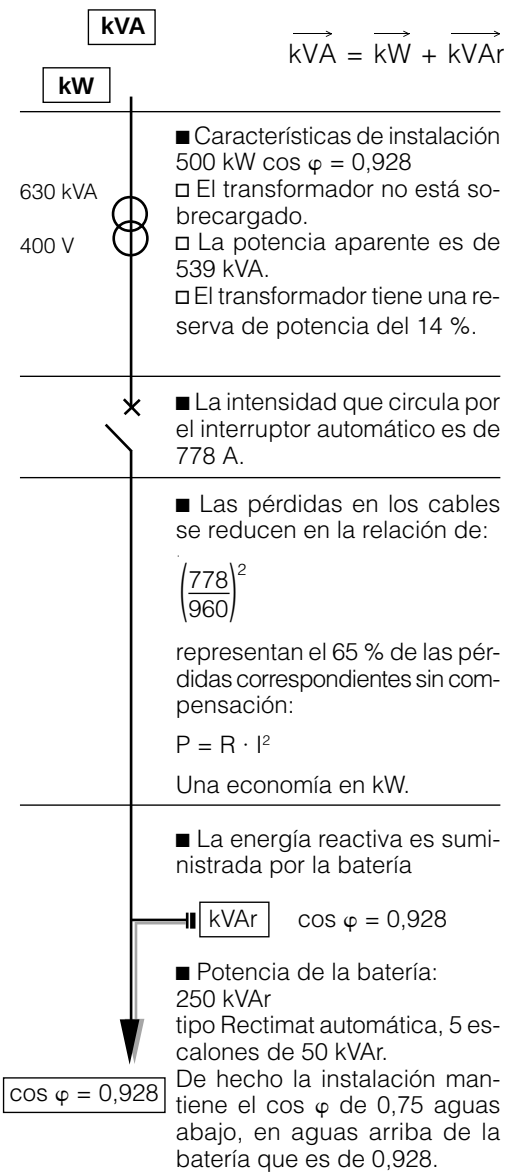
Instalaciones sin compensar:

■ Los kVAr son facturados.
■ La potencia aparente (kVA) es superior a la activa (kW).
■ El consumo en kW es superior al incluir las pérdidas producidas por los kVAr.
■ Las instalaciones son sobredimensionadas.



Instalaciones con compensación

■ El consumo de kVAr es:
□ eliminado,
□ disminuido.
■ La potencia solicitada en kVA se ajusta a la potencia activa kW.
■ Los recargos:
□ se eliminan,
□ se reducen, se transforman en abonos.



E
5

6. Características de las baterías de condensadores

6.1. Características técnicas

Descripción

Los condensadores Varplus M cubren una extensa gama de tensiones (230 V a 690 V) y de potencias, a partir de un reducido número de referencias.
Su diseño modular permite el ensamblaje de distintos elementos para conformar potencias superiores.

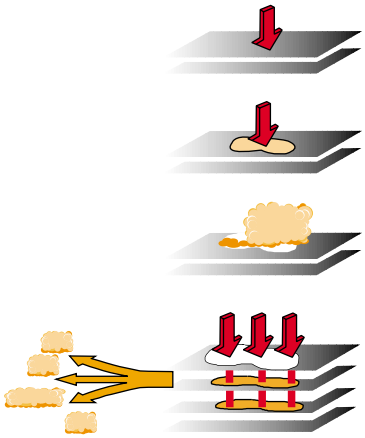
Tecnología

La utilización de una película de polipropileno metalizado evita la necesidad de cualquier impregnante, proporcionando la ventaja de la autocicatrización.
El sistema de protección HQ, que integra los elementos de condensadores monofásicos, avala la seguridad de su utilización al protegerlos frente a los dos tipos de defectos que pueden precipitar el fin de su vida:
■ Los defectos de elevada intensidad; se realiza con un fusible interno de alto poder de corte.
■ Los defectos de baja intensidad; se realiza con la combinación de una membrana elástica asociada a los bornes del fusible interno APR.
Para ambos defectos es un fusible APR normalizado el que asegura el corte del circuito eléctrico.
La envolvente plástica de los condensadores Varplus M posee doble aislamiento eléctrico y ofrece unas excelentes propiedades mecánicas y una máxima autoextinguibilidad (certificación UL 94 5 VA).

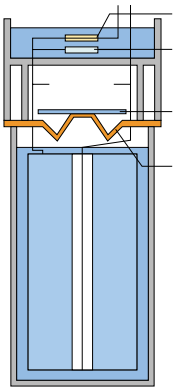


Fig. E6-001: *condensadores Varplus.*

1. El proceso de la autocicatrización permite despejar el defecto por evaporación del metalizado de la zona.



2. El proceso hacia el fin de la vida del condensador puede implicar un aumento de la temperatura y presión en el interior del bote. En este momento el sistema HQ empieza a actuar.



3. Corte de un elemento monofásico que muestra el sistema de protección HQ, formado por la actuación combinada de la membrana de sobrepresión que actúa por medio de un disco metálico, cortocircuitando el fusible interno y desconectando el elemento monofásico.

Ejemplo de ensamblajes de condensadores Varplus M1-M4 (400 V)

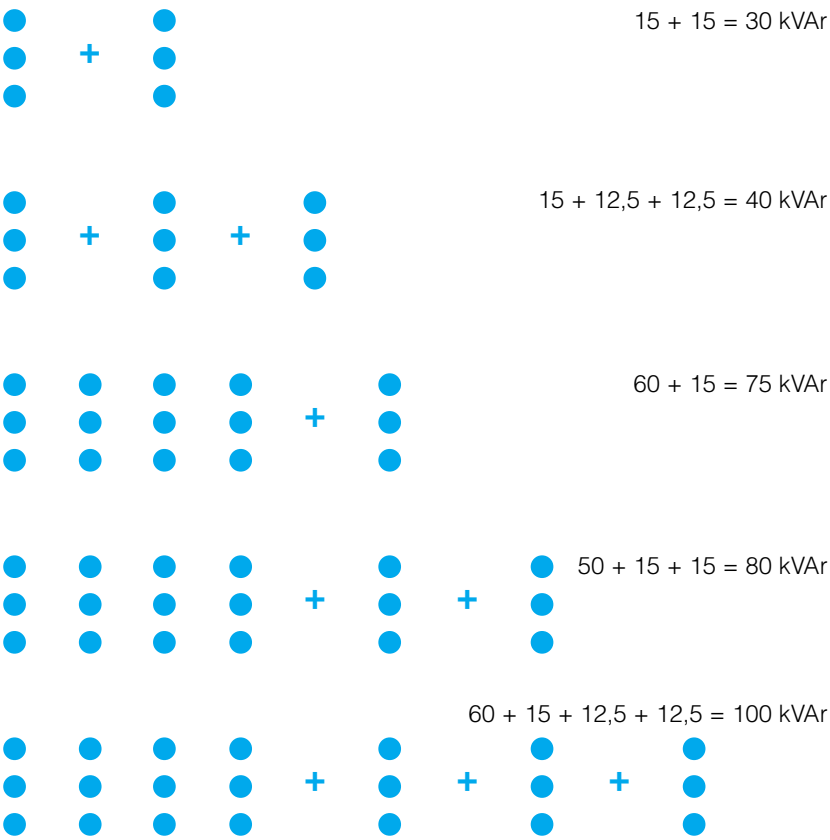


Fig. E6-002: *diagrama de diferentes ensamblajes de condensadores para la obtención de potencias superiores.*

Características técnicas:

■ Tensión nominal: 400 V, trifásica 50 Hz
(otras tensiones: 230 V, 440 V, 525 V, 550 V, 660 V).
■ Potencias máximas de ensamblaje (400 V):
□ Varios Varplus M1 = 50 kVAr.
□ Varplus M4 con Varplus M1 = 100 kVAr.
■ Tolerancia sobre el valor de la capacidad: 0 + 10%.
■ Clase de aislamiento:
□ Resistencia a 50 Hz, 1 minuto a 6 kV.
□ Resistencia a onda de choque 1,2/50 µs, 25 kV.
■ Intensidad máxima admisible:
□ Tipo estándar 1,3 In (400 V).
□ Clase "H": 1,5 In (400 V).
■ Tensión máxima admisible (8 h cada 24 h, según CEI 831):
□ Tipo estándar: 450 V.
□ Clase "H": 520 V.
■ Resistencia de descarga: incorporada, interiormente, en cada elemento monofásico.
■ Pérdidas: 0,3 W/kVAr (incluyendo las pérdidas en las resistencias de descarga).
■ Categoría térmica a 400 V:

Temperaturas			
Potencia (kVAr)	Máxima	Media más alta durante el período de 24 h	1 año
< 65 kVAr	55 °C	45 °C	35 °C
67 a 69	50 °C	40 °C	30 °C
92 a 100	45 °C	35 °C	25 °C

Tabla E6-003: *temperaturas máximas admisibles en los condensadores.*

□ Temperatura mínima ambiental: –25 °C.
■ Color:
□ Zócalo y accesorios RAL 9002.
□ Botes RAL 9005.
■ Normas: CEI 831 1/2, UNE EN-60831 1/2, NF C 54-104, VDE 0560-41, CSA 22-2 n.º 190, UL 810.
■ Instalación: montaje sobre soporte vertical (eje de los botes horizontal).

Baterías automáticas

Descripción

Las baterías automáticas permiten adaptarse a las variaciones de la demanda de reactiva, en función de la programación realizada en el regulador.
■ Están formadas por:
□ Condensadores Varplus M1/M4.
□ Contactores específicos para el mando de condensadores.
□ Reguladores de reactiva Varlogic R6 o R12.
□ Fusibles de protección.
■ La gama se estructura en tres modelos:
□ Estándar: para su instalación en redes no polucionadas por armónicos.
□ Clase "H": para redes débilmente polucionadas.
□ Equipos SAH para redes muy polucionadas.

Características técnicas:

■ Tensión nominal: 400 V, trifásica 50 Hz (otras tensiones bajo consulta).
■ Tolerancia sobre el valor de la capacidad: 0 + 10%.
■ Clase de aislamiento:
□ 0,66 kV.
□ Resistencia a 50 Hz 1 minuto, 2,5 kV.
■ Intensidad máxima admisible:
□ Tipo estándar: 1,3 In (400 V).
□ Clase “H” 1,5 In (400 V).
■ Tensión máxima admisible (8 h cada 24 h conforme a CEI 831):
□ Tipo estándar: 450 V.
□ Clase “H” 520 V.
■ Categoría de temperatura ambiental a (400 V):
□ Temperatura máxima 40 °C.
□ Temperatura media en 24 h 35 °C.
□ Temperatura media anual 25 °C.
□ Temperatura mínima –25 °C.
■ Indice de protección:
□ Estándar y clase “H” IP 31.
□ SAH, IP 21 (Rectimat SAH).
□ IP 54 opcional en baterías Prisma.
■ Color:
□ Rectibloc, RAL 7032.
□ Minicap y Prisma color beige Prisma RAL 1019.
□ Rectimat V, RAL 7032 y RAL 7015.
■ Normas CEI 439-1, UNE EN-60439-1.

Esquema tipo de conexión baterías automáticas

■ C1, C2..., Cn, condensadores.
■ KM1, KM2..., KMn, contactores.
■ FU21: fusibles de protección circuito de mando.
■ Bornas KL: bornas entrada TI.
■ Bornas AB: bornas alimentación auxiliar a 230 V, 50 Hz.

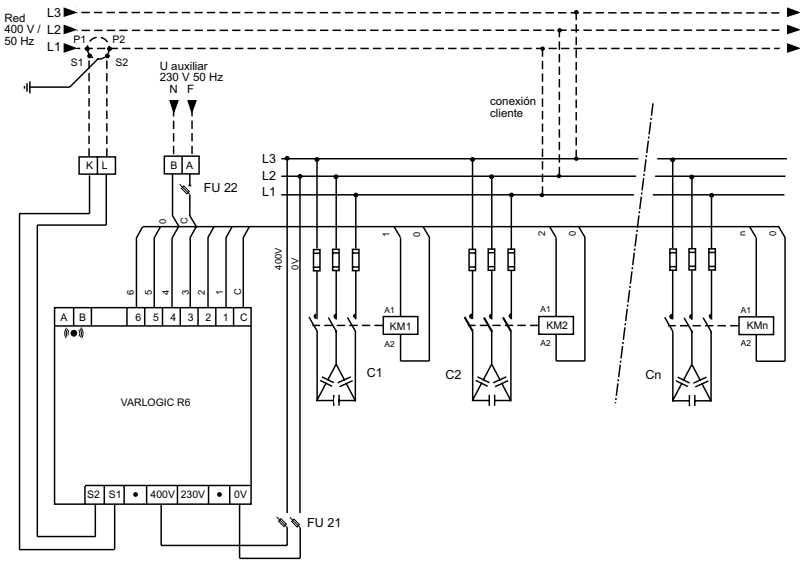


Fig. E6-004: *esquema de conexión batería Rectimat V.*

Reguladores Varlogic

Descripción

Los reguladores Varlogic controlan constantemente el cos φ de la instalación, dan las órdenes de conexión y desconexión de los escalones de la batería, para obtener el cos φ deseado.

■ La gama Varlogic está formada por tres aparatos:
□ Varlogic R6: regulador de 6 escalones.
□ Varlogic R12: regulador de 12 escalones.
□ Varlogic RC12: regulador de 12 escalones con funciones complementarias de ayuda al mantenimiento.

Características técnicas:

■ Datos generales:
□ Precisión 2,5%.
□ Temperatura de funcionamiento: 0 a 50 °C.
□ Temperatura de almacenamiento: –20 °C a +60 °C.
□ Color: RAL 7021.
□ Normas CEM: EN 50082-2, EN 50081-2.
□ Normas eléctricas: CEI 664, VDE 0110, CEI 1010-1, EN 61010-1.
□ Montaje sobre carril DIN 35 mm (EN 50022) o empotrado (taladro 138 · · 138 mm –0 +1 mm).
□ Pantalla de 7 segmentos (R6).
□ Pantalla alfanumérica de 16 caracteres (R12 y RC12). Idiomas (inglés, francés, alemán, español).
□ Contacto de alarma:
– separado y libre de tensión,
– mantenimiento del mensaje de alarma y anulación manual del mensaje.



Fig. E6-005: *regulador Varlogic R6.*



Fig. E6-006: *regulador Varlogic RC12.*

Entradas:

■ Conexión fase-fase o fase neutro.
■ Insensible al sentido de rotación de las fases y del sentido de conexión del TI (bornes K-L).
■ Desconexión frente a microcortes superiores a 15 ms.
■ Entrada intensidad: TI X/5 clase 1.
■ Intensidad mínima de funcionamiento en el secundario del TI:
□ R6, R12: 0,18 A.
□ RC12: 0,036 A.
■ Tensión:
□ R6: 220/240, 380/415 V.
□ R12, RC12: tensión de alimentación independiente 230 V, tensión de medida (red) 415 V.

Salidas:

■ Contactos secos:
□ CA: 2 A/400 V, 2 A/250 V, 2 A/120 V.
□ CC: 0,3 A/110 V, 0,6 A/60 V, 2 A/24 V.

Ajustes y programación:

■ Ajuste cos φ objetivo: 0,8 ind., a 0,9 cap.
■ Búsqueda automática del C/K.
■ Ajuste manual del C/K: 0 a 1,99.
■ Programas de regulación:
□ n: (2 + lineal).
□ Ca (circular).
□ S (lineal).
□ Cb (1 + circular).
■ Escalonamientos posibles / programas:
1.1.1.1.1.1 Ca / n / S
1.1.2.2.2.2 n
1.1.2.3.3.3 n
1.2.2.2.2.2 Cb / n
1.2.3.3.3.3 n
1.2.3.4.4.4 n
1.2.4.4.4.4 n
■ Temporización entre desconexiones sucesivas de un mismo escalón: ajuste digital (10 a 300 s).
■ Configuración de los escalones (sólo RC12): automático, manual, desconectado.
■ Aplicación generador (RC12).
■ Mando manual para test de funcionamiento.

Ajustes de fábrica:

■ Cos φ deseado: 1.
■ C/K: 0,5.
■ Programa de regulación n.
■ Temporización entre conexiones sucesivas de un mismo escalón: 50 s.

Tabla para el ajuste manual del C/K (U = 400 V)

TI (X/5)	Potencia del primer escalón (kVAr)						
	2,5	5	7,5	10	15	30	60
100 / 5	0,18	0,36	0,54	0,72	1,08	2,17	4,33
150 / 5	0,12	0,24	0,36	0,48	0,72	1,44	2,89
200 / 5	0,09	0,18	0,27	0,36	0,54	1,08	2,17
250 / 5	0,07	0,14	0,22	0,29	0,43	0,87	1,73
300 / 5	0,06	0,12	0,18	0,24	0,36	0,72	1,44
400 / 5	0,05	0,09	0,14	0,18	0,27	0,54	1,08
600 / 5	0,03	0,06	0,09	0,12	0,18	0,36	0,72
750 / 5	0,02	0,05	0,07	0,10	0,14	0,29	0,58
800 / 5	0,02	0,05	0,07	0,09	0,14	0,27	0,54
1000 / 5	0,02	0,04	0,05	0,07	0,10	0,21	0,43
1500 / 5	0,01	0,02	0,04	0,05	0,07	0,14	0,29
2000 / 5	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,11	0,22
2500 / 5	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,09	0,17
3000 / 5	0,01	0,01	0,02	0,02	0,04	0,07	0,14

Tabla E6-007: *tabla de ajuste manual de C/K para redes de 400 V.*

Tabla resumen de características de los reguladores Varlogic						
Tipo	N.º de contactos de salida escalón	Tensión de alimentación (V)	Tensión de medida (V)			Ref.
R6	6	220/240 - 380/415				52400
R12	12	220/240	99...456 V			52401
RC12	12	220/240	99...456 V			52402

Informaciones suministradas	R6	R12	RC12
Cos φ	■	■	■
Escalones conectados	■	■	■
Actuación (conexión-desconexión inminente)	■	■	■
Configuración de escalones (auto-man desconectado)			■
Intensidad aparente y reactiva			■
Tasa de distorsión armónica en tensión, THD (U)			■
Tensión, temperatura, potencias (S, P, Q), Irms/In			■
Espectro de tensión armónica (rangos 3, 5, 7, 11, 13)			■

Alarma	Código	Actuación	R6	R12	RC12
Falta de kVAr	(A01)		■	■	■
Inestabilidad	(A02) Intensidad		■	■	■
Cos φ anormal	(A03) < 0,5 ind. o 0,8 cap.		■	■	■
Tensión baja	(A04) < 0,8 U_0 (1 seg)	Desconexión (2)	■	■	■
Sobrecompensación	(A05)		■	■	■
Frecuencia no detectada	(A06) +/– 1 Hz	Paro regulación	■		
	+/– 2 Hz	Paro regulación		■	■
Sobreintensidad	(A07) > 6 A (180 s)	Paro regulación	■	■	■
Sobretensión	(A08) > 1,2 U_0 (60 s)	Paro regulación	■	■	■
Temperatura elevada	> 35 °C (1)				■
	(A09) > 50 °C (1)	Desconexión (2)			■
Tasa de distorsión armónica	(A10) > 7% (120 s) (1)	Ct. ventilador			■
Sobrecarga escalón Irms/In	(A11) > 1,5 (120 s) (1)	Desconexión (2)			■
Pérdida de potencia	(A12)				■
Avisos		Desconexión (2)	R6	R12	RC12
Intensidad baja	(I · L_0) < 0,24 A (2 s)		■	■	
	(I · L_0) < 0,05 A (2 s)				■
Intensidad elevada	(I · Hi) < 5,50 A (30 s)		■	■	■
Tensión no detectada				■	■

U_0: tensión de medida
(1): umbral regulable
(2): la regulación vuelve a actuar después de la desaparición del defecto

Tabla E6-008: *tabla de características generales de los reguladores Varlogic.*

Contactores específicos para condensadores

Descripción

Los contactores LC1-DK están específicamente diseñados por Telemecanique para el mando de condensadores de potencia.
Están equipados con un bloque de contactos de paso adelantado al cierre de los contactos principales y conectados en serie con resistencias de preinserción, que limitan la intensidad en la conexión a 60 In.
Su concepción, patentada, garantiza la seguridad y la longevidad de los condensadores y fusibles, instalados en las baterías de Merlin Gerin.

Características técnicas:

■ Condiciones de utilización:

□ No es necesario utilizar inductancias de choque ni en baterías de un solo escalón ni de escalones múltiples.



Fig. E6-009: *contactor específico para mando de contactores.*

□ La protección contra cortocircuitos se realizará por medio de fusibles gl de calibre comprendido entre 1,7 y 2 In.

□ Temperatura media sobre 24 h: 45 °C según normas CEI 831 y CEI 70.

■ Potencias máximas de empleo. Las potencias indicadas en la tabla E6-011 se entienden para las siguientes condiciones:

□ Corriente de cresta presumible a la conexión de 200 In.

□ Cadencia máxima:

– Los tipos LC1-DFK, DLK, DMK, 240 ciclos/hora.

– Los tipos LC1-DTK, DWK, 200 ciclos/hora.

□ Endurancia eléctrica, a la carga nominal.

– Los tipos LC1-DLK (400 V), 300.000 ciclos.

– Los tipos C1-DLK, DMK, DPK, DTK, DWK (600 V), 200.000 ciclos.

■ Circuitos de mando:

□ Tensiones disponibles: 24/42/48/110/230/240/380/400/415/440/500/600 Vca.

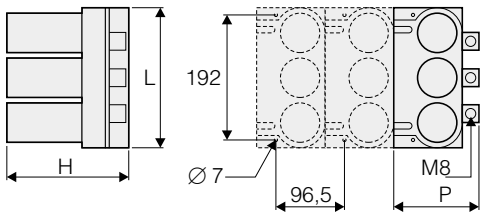
□ Frecuencias: 50 Hz, 60 Hz, 50-60 Hz.

■ Normas: de conformidad a CEI 70, CEI 831, NFC 54-100, VDE 0560, UL y CSA.

Tabla de elección de contactores específicos para el mando de contactores

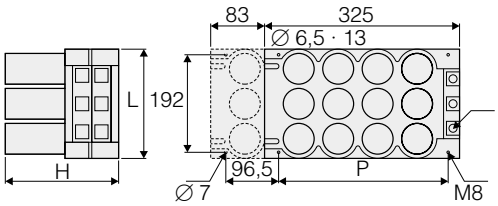
220 V 240 V kVAr	400 V 440 V kVAr	660 V 690 V kVAr	Contac. "NA"	Aux. "NC"	Par de apriete Nm	Ref. básica LC1
6,7	12,5	18	1	1	1,2	DFK11..
10	20	30	1	1	1,9	DLK11..
15	25	36	1	1	2,5	DMK11..
20	33,3	48	1	2	5	DPK12..
25	40	58	1	2	5	DTK12..
40	60	92	1	2	11	DWK12..

Tabla E6-010: *tabla de elección de contactores específicos para el mando de condensadores.*



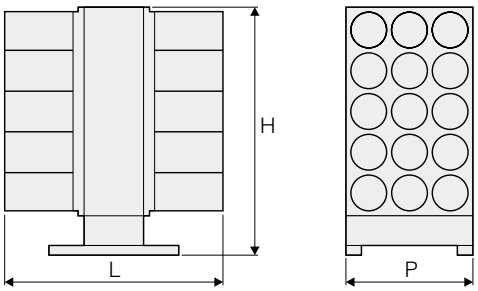
Varplus M1 estándar, clase H

Potencia (kVAr)			Dimensiones (mm)			Peso (kg)
Tipo estándar 400 V	230 V	Clase H 400 V	H	L	P	
2,5	2,5		210	218	116	2,5
	3,8	3,7	210	218	116	2,5
5	5		210	218	116	2,5
	5,5	5,5	210	218	116	2,5
7,5	7,5	7,5	210	218	116	2,5
10		10,3	210	218	116	2,5
		11,5	210	218	116	2,5
	12,5		210	218	116	2,5
15			210	218	116	2,5



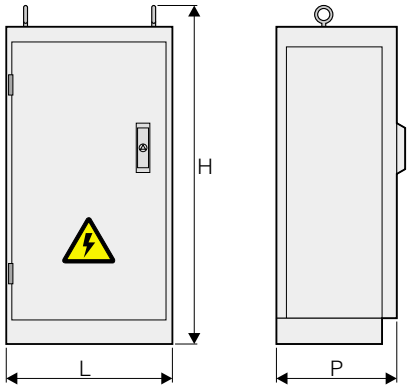
Varplus M4 estándar, clase H

Potencia (kVAr)			Dimensiones (mm)			Peso (kg)
Tipo estándar 400 V	230 V	Clase H 400 V	H	L	P	
	30		210	218	350	10
	32,5		210	218	350	10
		41,1	210	218	350	10
		45	210	218	350	10
50			210	218	350	10
60			210	218	350	10



Varplus gran potencia estándar, clase H

Potencia (kVAr)			Dimensiones (mm)			Peso (kg)
Tipo estándar 400 V	230 V	Clase H 400 V	H	L	P	
	50		460	544	215	22
	60		460	544	215	22
	70		555	544	215	32
		80	460	544	215	26
		90	555	544	215	32
100			460	544	215	26
		105	555	544	215	32
		120	555	544	215	32
120			460	544	215	26
140			555	544	215	32



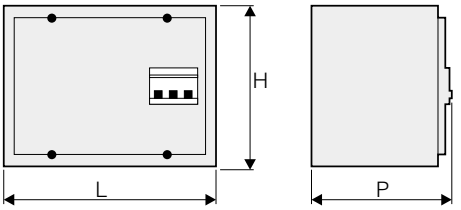
Varplus SAH

Potencia (kVAr)	Dimensiones (mm)			Peso (kg)
Tipo SAH 400 V	H	L	P	
12,5	1.000	800	500	■
25	1.000	800	500	■
37,5	1.000	800	500	■
50	1.000	800	500	■
75	1.000	800	500	■
100	1.000	800	500	■
125	1.000	800	500	■
150	1.000	800	500	■

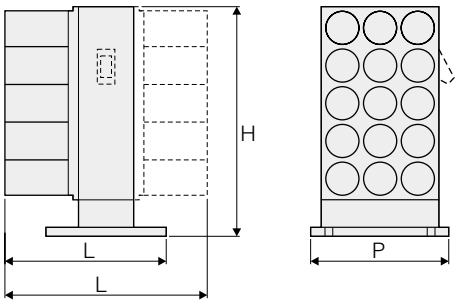
■ Consultar.

Tabla E6-011: *condensadores Varplus M1, M4 gran potencia.*

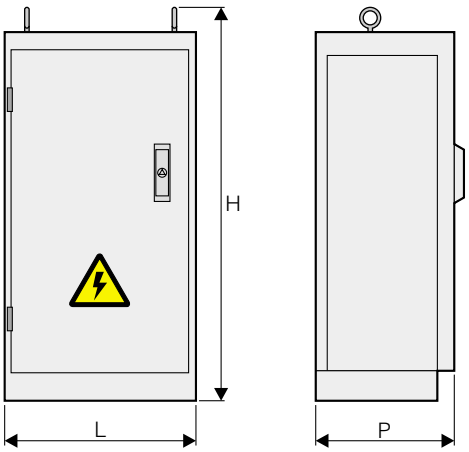
Condensadores con interruptor automático Rectibloc



Rectibloc en cofret estándar y clase H						
Potencia (kVAr)			Dimensiones (mm)			Peso (kg)
Tipo estándar 400 V	230 V	Clase H 400 V	H	L	P	
10	5	7,5	240	340	270	9
15	7,5	10	240	340	270	9
20	10	15	240	340	270	11



Rectibloc sobre zócalo, estándar y clase H						
Potencia (kVAr)			Dimensiones (mm)			Peso (kg)
Tipo estándar 400 V	230 V	Clase H 400 V	H	L	P	
25	12,5	20	460	500	218	13
30	15	22,5	460	500	218	13
40	20	30	460	500	218	16
	25	35	460	500	218	16
50		40	460	500	218	18
60	30	45	460	500	218	21
70	35	52,5	555	500	218	21
	40	60	555	500	218	21
80	50	70	460	575	218	24
100	60	80	460	575	218	28
120	70	90	460	575	218	28
		105	555	575	218	34

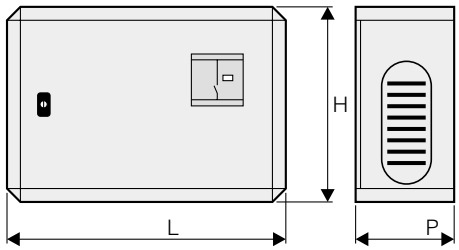


Rectibloc SAH						
Potencia (kVAr)			Dimensiones (mm)			Peso (kg)
Tipo estándar 400 V	230 V	Clase H 400 V	H	L	P	
25			1.000	800	500	■
37,5			1.000	800	500	■
50			1.000	800	500	■
75			1.000	800	500	■
100			1.000	800	500	■
125			1.000	800	500	■
150			1.000	800	500	■

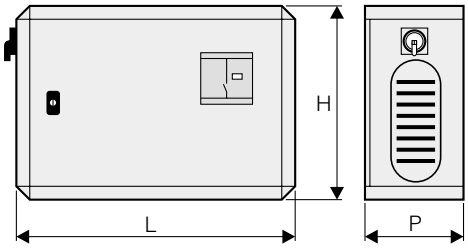
Tabla E6-012: *condensadores Rectibloc con interruptores automáticos.*

Baterías automáticas Minicap

Minicap sin seccionador



Minicap con seccionador

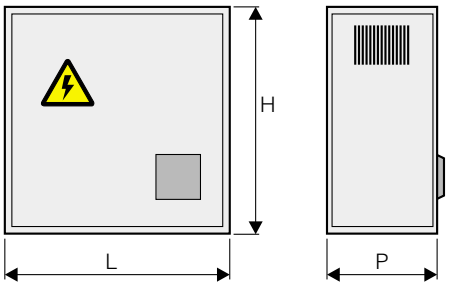


Minicap					
Potencia (kVAr)		Dimensiones (mm)			Peso (kg)
Tipo estándar 400 V	230 V	H	L	P	
Sin seccionador					
7,5	3,75	400	550	255	25
10	5	400	550	255	25
12,5	6,25	400	550	255	25
15	7,5	400	550	255	25
17,5	8,75	400	550	255	25
20	10	400	550	255	25
22,5	11,3	400	550	255	25
25	12,5	400	550	255	25
30 (1.2.2)	15 (1.2.2.)	400	550	255	25
30	15	600	550	255	35
35	17,5	600	550	255	35
37,5	18,8	600	550	255	35
40 (Reg.10)	20 (Reg.5)	600	550	255	35
45		600	550	255	35
40 (Reg.5)	20	800	550	255	45
50	22	800	550	255	45
52,5	22,5	800	550	255	45
55		800	550	255	45
60		800	550	255	45
62,5		800	550	255	45
67,5		800	550	255	45
70		1.000	550	255	45
75		1.200	550	255	50
90		1.200	550	255	45
Con seccionador					
7,5		400	587	255	26
10		400	587	255	26
12,5		400	587	255	26
15		400	587	255	26
17,5		400	587	255	26
20		400	587	255	26
22,5		400	587	255	26
25		400	587	255	26
30 (Reg. 10)		400	587	255	26
30		800	587	255	46
35		800	587	255	46
37,5		800	587	255	46
40		800	587	255	46
45		800	587	255	46
50		800	587	255	46
52,5		800	587	255	46

Tabla E6-013: *baterías automáticas Minicap.*

Baterías automáticas Rectimat 2 estándar, clase H, clase SAH

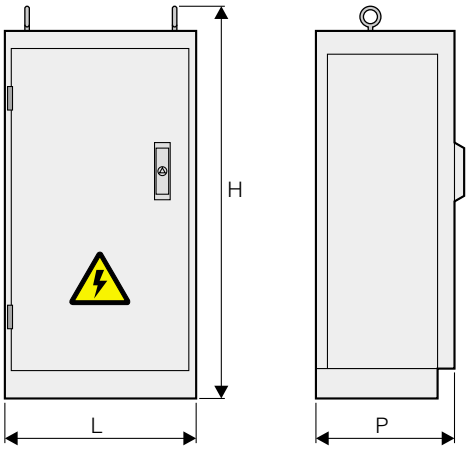
Rectimat 2, cofrets 1 y 2



Rectimar 2, estándar, clase H, clase SAH			
	Dimensiones (mm)		
	H	L	P
Cofret	800	500	250
Armario 1	1.000	550	500
Armario 2	1.000	800	500
Armario 3	2.100	800	500
Armario 3B	2.100	1.350	500
Armario4	2.100	1.600	500
Armario 4B	2.100	2.150	500

Tabla E6-014: *baterías automáticas Rectimat 2 estándar, clase H, clase SAH.*

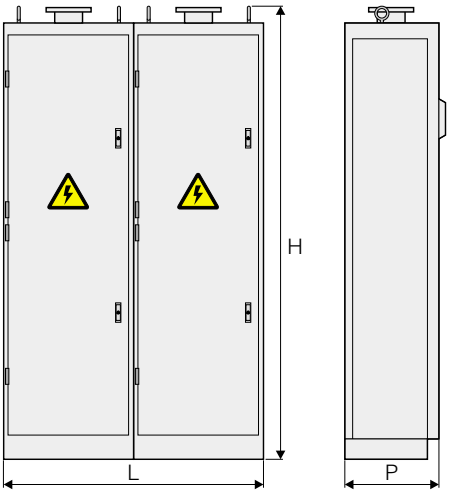
Rectimat 2, armarios 1 y 2



Armario 1
Potencia máxima 180 kVAr/400 V
2 módulos de compensación

Armario 2
Potencia máxima 270 kVAr/400 V
3 módulos de compensación

Rectimat 2, armarios 3 y 4

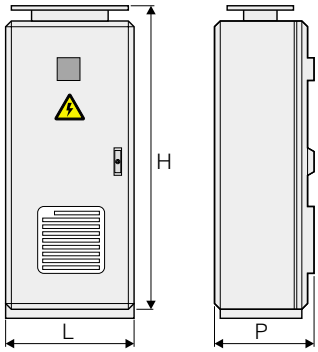


Armario 3
Potencia máxima 450 kVAr/400 V
5 módulos de compensación

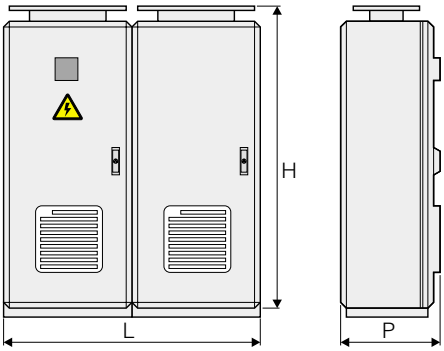
Armario 4
Potencia máxima 900 kVAr/400 V
10 módulos de compensación

Baterías automáticas Prisma estándar, clase H, clase SAH

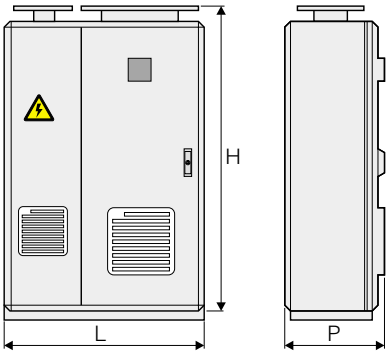
Batería Prisma, armario simple



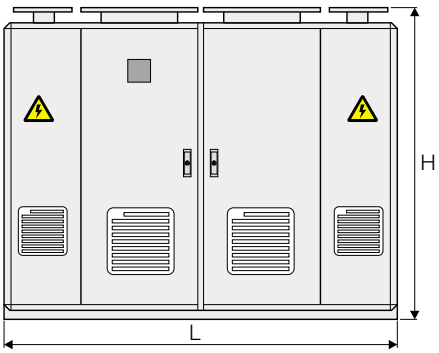
Batería Prisma, armario doble



Batería Prisma SAH, armario simple



Batería Prisma SAH, armario doble



Prisma					
Potencia (kVAr)		Dimensiones (mm)			Peso (kg)
Tipo estándar 400 V	Clase H 230 V	H	L	P	
Armario simple					
150	160	2.080	725	480	210
	180	2.080	725	480	210
180	200/225	2.080	725	480	215
200	400	2.080	725	480	220
210	270	2.080	725	480	230
240	315	2.080	725	480	230
250		2.080	725	480	260
270		2.080	725	480	260
300		2.080	725	480	260
360		2.080	725	480	280
420		2.080	725	480	300
Armario doble					
480	360	2.080	1.428	480	390
540	405	2.080	1.428	480	410
600	450	2.080	1.428	480	430
660	495	2.080	1.428	480	450
720	540	2.080	1.428	480	470
Prisma SAH					
Potencia (kVAr)		Dimensiones (mm)			Peso (kg)
Tipo estándar 400 V	Clase H 230 V	H	L	P	
Armario simple					
150		2.080	1.025	480	330
175		2.080	1.025	480	350
200		2.080	1.025	480	350
250		2.080	1.025	480	380
300		2.080	1.025	480	410
350		2.080	1.025	480	440
Armario doble					
400		2.080	2.025	480	540
450		2.080	2.025	480	570
500		2.080	2.025	480	600
550		2.080	2.025	480	630
600		2.080	2.025	480	660

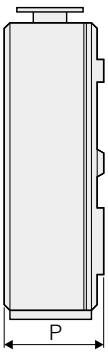
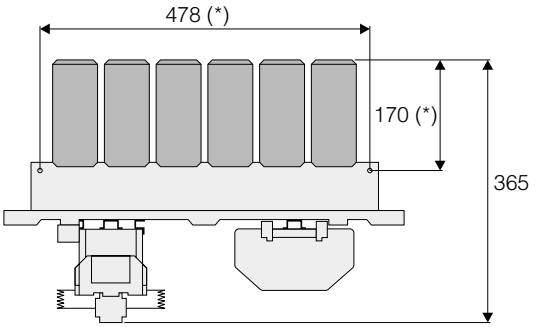
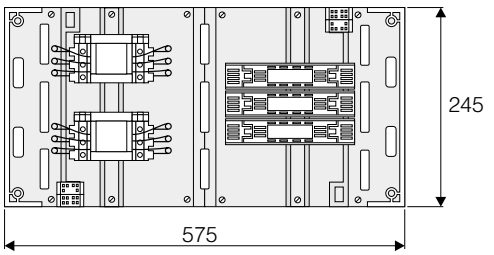


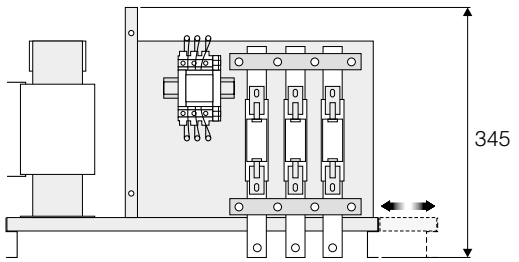
Tabla E6-015: *baterías automáticas Prisma estándar, clase H, clase SAH.*

P400/P400 SAH y pletinas funcionales

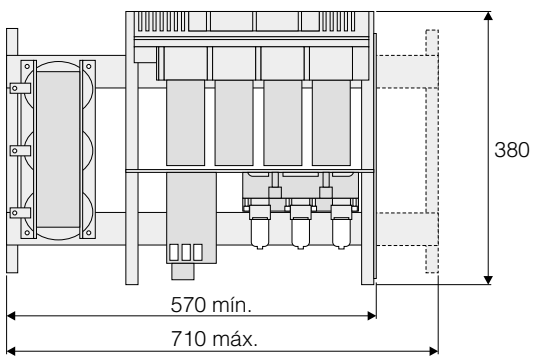


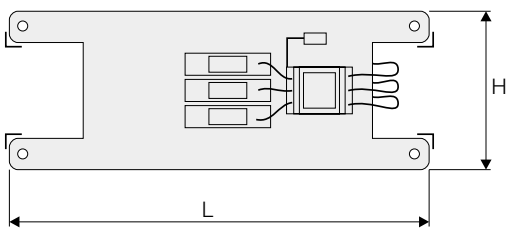
P400			
Dimensiones (mm)			Peso (kg)
H	L	P	
365	478	400	





P400 SAH			
Dimensiones (mm)			Peso (kg)
H	L	P	
380	570	400	

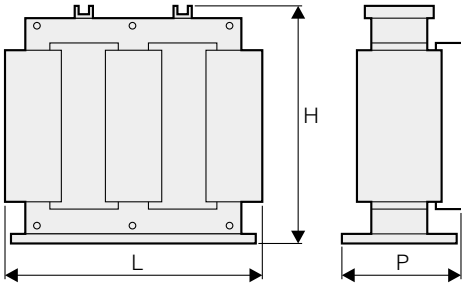




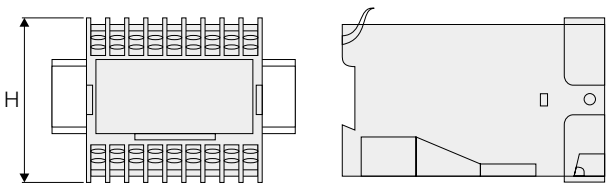
Pletina funcional Prisma para armarios Prisma			
Dimensiones (mm)			Peso (kg)
H	L	P	
221	596	405	

Tabla E6-016: *P400/P400 SAH y pletinas funcionales.*

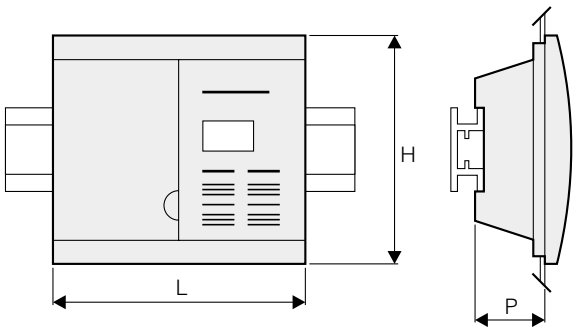
Inductancias y accesorios



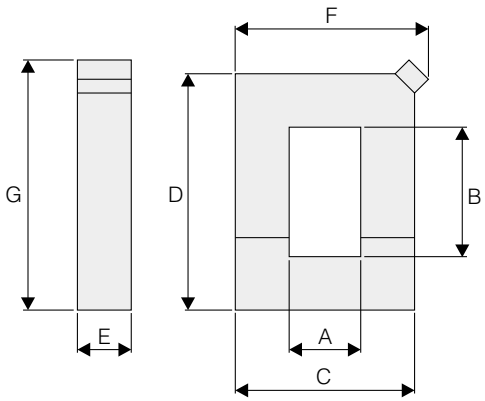
Inductancias antiarmónicos SAH				
Potencia kVAr	Dimensiones (mm)			Peso (kg)
	H	L	P	
12,5	205	200	130	11
25	200	275	175	20
50	235	280	185	30



Transformadores sumadores vectoriales				
Número de sumas	Dimensiones (mm)			Peso (kg)
	H	L	P	
2	73	75	112	
3	73	75	112	
4	73	150	112	
5	73	150	112	



Regulador de energía reactiva Varlogic					
Ref. Varlogic	Troquel en mm	Dimensiones (mm)			Peso (kg)
		H	L	P	
R6	138+0,1	144	144	80	0,65
R12	138+0,1	144	144	90	1,0
RC12	138+0,1	144	144	90	1,0



Transformadores de intensidad de núcleo abierto X/5							
Sección interior	Dimensiones (mm)						
mm	a	b	c	d	e	f	g
TI - X/5 núcleo abierto							
20 · 30	22	32	90	100	34	98	107
50 · 80	55	82	120	150	34	128	158
80 · 100	82	104	150	172	34	157	179
80 · 125	82	127	150	195	34	157	203

Tabla E6-017: *inductancias y accesorios.*

6.2. Dimensionado de los elementos de instalación y protección

Debido a las posibles corrientes armónicas y a las tolerancias de fabricación, sobre la capacidad de los condensadores, la aparamenta de protección de condensadores debe sobredimensionarse un 43%.

Dimensionado de los componentes

El dimensionado de los cables, de la aparamenta de maniobra y protección, aguas arriba de la batería, depende de la corriente absorbida por la batería.

Para las baterías de condensadores, la corriente absorbida es función de:

- La potencia.
- La tensión aplicada.
- Los armónicos de la red.

La corriente nominal de un condensador es:

- Para una red trifásica:

$$In = \frac{Q}{\sqrt{3}\ Un}$$

- Para una red monofásica:

$$In = \frac{Q}{U_0}$$

In = intensidad nominal (en A).
Q = potencia del condensador (en VAr).
U = tensión compuesta (en V).
U_0 = tensión simple (en V).

Las variaciones admisibles de la tensión y los posibles armónicos de la red pueden producir un incremento del 30% de la corriente nominal.
Las variaciones de la potencia de los condensadores, consecuencia de las tolerancias de fabricación, que por normativa pueden llegar hasta un 15 % de incremento de la intensidad.
En el caso de los condensadores Varplus de Merlin Gerin, el incremento por tolerancia máximo es del 10%.
La suma de los dos parámetros puede llegar a valores de 1,3 · 1,10 = 1,43 In.
El dimensionado de un 50% de incremento de las instalaciones, aguas arriba de una batería, corresponde a una temperatura ambiental de 50 °C. En caso de otras temperaturas se debería efectuar un estudio de corrección.

Las protecciones

- Protecciones externas:

La conexión de condensadores es equivalente al cierre en cortocircuito: durante el tiempo de conexión, lógicamente disminuyendo en función de la carga, por tanto un transitorio durante el tiempo de carga.

- La corriente de cresta, para un condensador, en estas condiciones será:

$$Ip = U\,\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}\sqrt{\frac{C}{L_0}}$$

– Para un condensador unitario, la impedancia aguas arriba se limita a la impedancia de los conductores, transformadores..., que limita la corriente aguas arriba.

– Por una batería automática de condensadores, en el momento que conectamos un escalón nuevo, aparte de la corriente de carga proveniente de la fuente de alimentación, se suma una corriente de descarga, muy importante, de los demás escalones ya conectados y cargados.

□ El valor de cresta de la corriente que circula en el escalón nuevo puede llegar a:

$$Ip = U \frac{n}{n+1} \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \sqrt{\frac{C}{L_0}}$$

Ip = corriente de cresta de conexión.
U = tensión de la red.
n = n.º de escalones bajo tensión.
C = capacidad de un escalón.
L_0 = inductancia de cortocircuito de la red.
L = inductancia de las conexiones del juego de barras al condensador.

Por normativa esta corriente de cresta debe ser inferior a 100 I_{ne} (escalón).
Para poder disminuir I_{ne} se deben instalar bobinas de choque (consultar al fabricante de la batería).
Hoy en día, existen contactores con bobinas de choque incorporadas, capaces de limitar las corrientes a 80 In, como el caso de los contactores utilizados en las baterías de Merlin Gerin.
Los interruptores automáticos y los fusibles de protección deberán poder absorber las corrientes de cresta sin desconectar.
Para los interruptores automáticos su desconexión instantánea debe ser superior a 12 In y su capacidad de cierre debe ser superior a la intensidad de cortocircuito de la red, en su punto de conexión.

Sección de los conductores

La corriente de empleo debe ser 1,5 In, la corriente nominal del condensador.
Las tablas del capítulo F permiten definir las secciones del conductor.
De forma orientativa, podemos definir las secciones de los conductores:
■ Condensadores alimentados a 400 V: cables capaces de soportar 2 A por kVAr.
■ Condensadores alimentados a 230 V: cables capaces de soportar 3,5 A por kVAr.

Protección de condensadores

Para los condensadores Varplus, la tolerancia sobre el valor de la capacidad es inferior o igual al 10%.
El incremento de la corriente, en función del incremento de la tensión y con la acción de las corrientes armónicas, a un valor del 30%, nos lleva a un valor conjunto de:

$$13 \cdot 110 = 1{,}43 \text{ In}$$

La corriente de empleo Ib, utilizada para determinar la corriente asignada del dispositivo de protección, será 1,43 In, tanto para los condensadores estándar o los sobredimensionados de Merlin Gerin.
Los catálogos de la aparamenta de BT de las marcas de Schneider Electric dan las tablas de elección y regulación de la aparamenta para la utilización de protección de condensadores, para una temperatura de trabajo de 50 °C, en función de la potencia y la tensión de la batería de condensadores.
Un extracto de estas tablas las reflejamos en el cuadro siguiente:

Redes trifásicas 400 V		
Potencia batería kVAr	Interruptor automático	Calibre o Ir (A)
100	C250 N/H/L C400 N/H/L ST204S	D200 200
120	C250 N/H/L C400 N/H/L ST204S	D250 240
140	C401 N/H/L C400 N/H/L ST204S C630 N/H/L ST204S	D321 280 285

Tabla E6-018: *tabla de dimensionado de interruptores automáticos para la protección de baterías.*

Ejemplos:
Condensador 100 kVAr.
Tensión 400 V trifásico.
Intensidad nominal del condensador (batería).

$$Ir = \frac{100.000\ VAr}{1{,}732 \cdot 400\ V} = 145\ A$$

Intensidad de empleo:

$$Ib = 143 \cdot 145\ A =$$

El calibre del interruptor automático deberá ser igual o superior a 207 A. Ateniéndonos a la tabla adjunta podemos elegir entre un C250 N/H/L calibre D200 o un C400 N/H/L ST240S calibre 200.

Recomendaciones de instalación

Dimensionado de los cables:
■ Sección del cable de conexión de los transformadores de intensidad: 2,5 mm^2 como mínimo.
■ Dimensionado de los cables de potencia:
□ Prever 3,5 A por kVAr a 230 V.
□ Prever 2 A por kVAr a 400 V.

Conexión del TI (circuito de medida de intensidad):
■ Situación del TI:
□ Verificar que el transformador de intensidad esté instalado aguas arriba de la batería y de todas las cargas.
□ Identificar una de las fases como fase 1.
■ Verificación de la correcta conexión de la fase 1 de la batería.
Cerciorarse que la fase 1 de la batería es la que lleva conectado el transformador de intensidad.

En caso de duda, conectar un voltímetro entre el borne L1 del equipo y la fase donde está el transformador de intensidad.

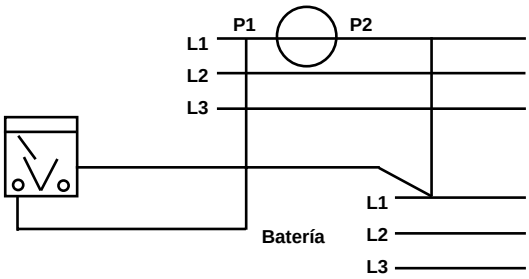


Fig. E6-019: *identificación de la misma fase con un voltímetro.*

El voltímetro debe marcar 0 V; si no es así, cambie el TI a la fase adecuada, o mantenga el TI en su sitio y permute los cables de potencia de alimentación de la batería hasta alcanzar la posición deseada.

■ Conexión del TI a la batería.

Conecte los cables provenientes del TI en el regletero del equipo: S1 en el borne K y S2 en el borne L.

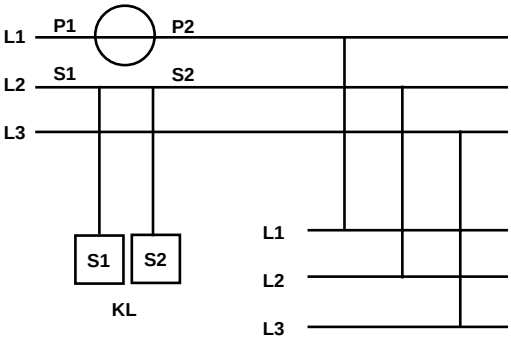


Fig. E6-020: *forma de conexión del transformador de intensidad.*

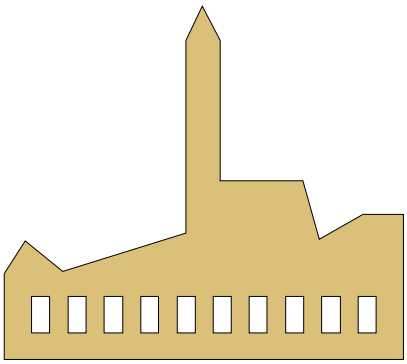
Conexión a tierra

Efectúe la conexión al borne identificado en el equipo para esta función.

Conexión de los dos cables de alimentación de la maniobra a los bornes correspondientes.

Comprobación del par de apriete de los bornes de potencia.

7. Ejemplos



Cálculo de la compensación del factor de potencia de una industria

Descripción de la industria

Una industria de inyección de plásticos, con nave de inyección, almacenaje y oficinas. La zona de inyección dispone de 150 m^2, el cuarto de compresores 50 m^2, la zona de almacenaje, carga y descarga 200 m^2, taller de mantenimiento 300 m^2, oficinas 150 m^2.

Potencias aparentes de las diferentes zonas de carga:

■ Zona máquinas de inyección:
Sz-1 = 63,98 kVA
■ Zona compresores:
Sz-2 = 12,6 kVA
■ Zona taller de mantenimiento:
Sz-3 = 18,9 kVA
■ Zona almacén de expediciones:
Sz-4 = 8,46 kVA
■ Zona oficinas:
Sz-5 = 14,13 kVA
La descripción de las cargas la encontraremos en el apartado 4 del capítulo B, pág. B/67.
El consumo y el reparto de las cargas durante los doce meses de un año, así como el tipo de contrato que se puede realizar con la empresa suministradora de la energía, lo encontraremos en el apartado 5 del capítulo D, pág. D/111.

Justificación de la elección de la forma de compensar

La zona de solicitud de máxima potencia reactiva es la zona de máquinas.
Las máquinas específicas para la inyección de plásticos poseen dos consumos principales:
■ El motor para mantener la presión del sistema hidráulico,
■ Las resistencias de calefacción para la plastificación del material.
De las dos cargas, el motor necesita energía reactiva para crear los campos para el movimiento giratorio del eje del motor.

El ciclo de trabajo de la máquina es corto:

■ Cierre, el motor da presión al sistema hidráulico para que pueda actuar el cilindro de cierre (2 a 3").
■ Inyección, el motor mantiene la presión para la actuación del cilindro de presión (3 a 5").

■ Enfriamiento del material en el molde (6 a 12"), el motor no actúa durante este período, que es el más largo; las electroválvulas mantienen la presión.
■ Apertura y expulsión (2 a 4"), el motor vuelve a actuar para mantener la presión del circuito hidráulico en las maniobras de apertura y expulsión.

Nota: El ejemplo de tiempos es del tipo orientativo, puesto que oscilan en función de la pieza, el material y la calidad de la misma.

Cómo compensar

Si compensamos el motor individualmente tendremos que en cada ciclo deberemos descargar la batería de condensadores, operación de descarga superior al tiempo de paro del motor; por tanto, debemos pensar en una compensación global.
Si el alumbrado, que es el segundo punto de consumo de energía reactiva, está realizado con tubos fluorescentes compensados hasta un cos φ = 0,86, el sistema más adecuado será una compensación global.

Cálculo de la potencia y el cos φ medio de la fábrica

La industria trabaja:

■ A tres turnos la parte de inyección y compresores, 360 días al año.
■ A dos turnos el taller de mantenimiento, 222 días al año.
■ A un turno el almacén de expediciones y las oficinas, 222 días al año.

Cuadro de potencias y consumos

Descripción	S(kVA)	Kc	Cos φ	kVA/h (turnos)			kW/h (turnos)		
				1.º	2.º	3.º	1.º	2.º	3.º
Sala de máquinas									
Máquina n.º 1	10,30	0,5	0,83	41,20	41,20	41,20	34,20	34,20	34,20
Máquina n.º 2	14,20	0,5	0,86	56,80	56,80	56,80	48,85	48,85	48,85
Máquina n.º 3	14,20	0,5	0,86	56,80	56,80	56,80	48,85	48,85	48,85
Máquina n.º 4	24,00	0,5	0,86	96,00	96,00	96,00	82,56	82,56	82,56
Máquina n.º 5	3,50	0,5	0,80	14,00	14,00	14,00	11,20	11,20	11,20
T. corriente	21,04	1	0,80	84,16	84,16	84,16	67,33	67,33	67,33
Alumbrado	4,2	0,8	0,86	29,90	29,90	29,90	25,72	25,72	25,72
Climatización	16,5	0,6	0,80	79,20	79,20	79,20	63,36	63,36	63,36
Zona de compresores									
Compresor	7,60	0,7	0,80	42,56	42,56	42,56	34,05	34,05	34,05
T. corriente	2,80	1	0,80	22,40	22,40	22,40	17,92	17,92	17,92
Alumbrado	3,50	0,8	0,86	22,40	22,40	22,40	17,92	17,92	17,92
Taller de mantenimiento									
Potencia	21,00	0,9	0,80	151,20	151,20		120,96	120,96	
Alumbrado	4,2	0,6	0,86	20,16	20,16		17,34	17,34	
Almacén y expediciones									
Potencia	10,00	0,6	0,80	48,00			38,4		
Alumbrado	1,40	0,6	0,86	6,72			5,78		
Oficinas									
Potencia	3,80	0,9	0,90	27,36			24,63		
Alumbrado	3,60	0,7	0,86	20,16			17,34		
Climatización	15,00	0,6	0,80	72,00			57,6		
Sumas				891,02	716,78	545,4	734,01	590,26	451,9
Cos φ medio							0,823	0,823	0,828
Potencia media consumida (kW)							91,75	73,78	56,49
Coeficiente [cos φ (de 0,82 a 0,98)]							0,489	0,489	0,489
Potencia energía reactiva (kVAr)							45	36	28
Potencia instalada (kVA) generadora de armónicos							16,9	11,9	7,7
Relación P.G.A., con la potencia C.T., 630 kVA							2,7%	1,9%	1,2%

Tabla E7-001: *tabla de valores del ejemplo de cálculo de compensación industrial.*

Cálculo de la batería

El cálculo de la batería lo podemos realizar con programas informáticos, introduciendo los datos de:

- Potencia en kW.
- Cos φ existente.
- Cos φ deseado.

Pero para facilitar la comprensión expondremos los pasos realizados y expresados en la tabla E7-001.

1.er paso:

Hemos buscado, de forma aproximada, el tiempo real que está trabajando cada carga. En función de su ciclo: las máquinas; de las horas de encendido: el alumbrado; y del tiempo de funcionamiento para la manutención térmica: el acondicionamiento de aire.

Una advertencia: hemos introducido un coeficiente de consumo medio Kc que no corresponde al coeficiente de utilización Ku, que hemos utilizado para el dimensionamiento de la instalación.

- El coeficiente de consumo medio nos interesa para acercarnos al consumo medio en kW/año.
- El coeficiente de utilización Ku nos interesa para poder dimensionar una instalación, capaz de suministrar la energía necesaria en cada momento, para cada carga y en función de su rendimiento. Está ligado al coeficiente de simultaneidad Ks.

2.º paso:

Hemos realizado el producto de la potencia de cada carga en kVA por el coeficiente de consumo medio en cada turno de trabajo, obteniendo los kVA/h medios consumidos en cada turno.

$$S_{(kVAh)} = S_{(kVA)} \cdot Kc \cdot 8_{h/turno}$$

Es habitual que el coeficiente de consumo varíe en función del turno, por ejemplo: el alumbrado no tendrá las mismas horas/año de media de encendido, el primer turno que el segundo o el tercero, pero para no extender demasiado el ejemplo hemos considerado el mismo coeficiente de media para los cuatro turnos de la industria.

3.er paso:

El mismo proceso que el segundo, pero para la potencia activa, multiplicando por el cos φ:

$$S_{(kVA/h)} = S_{(kVA)} \cdot Kc \cdot 8_{h/turno} \cdot \cos \varphi$$

4.º paso:

Hemos identificado las cargas que producen armónicos.

Como que los motores no disponen de variadores de velocidad, solamente arrancadores electromecánicos, los generadores de armónicos son las reactancias saturadas de los tubos fluorescentes.

Es probable que en la realidad, una vez la industria en funcionamiento, exista alguna carga no identificada en el proyecto que sea generadora de armónicos; es obvio que deberemos reconsiderar el estudio en el momento de la puesta en servicio y en términos generales después del primer año de trabajo.

5.º paso:

Sumar los consumos por turno.

6.º paso:
Buscar el cos φ medio por turno. Si tenemos la potencia aparente consumida por turno y la potencia activa consumida por turno, con una simple operación tenemos el cos φ medio por turno.

$$\cos \varphi = \frac{P_{(kW)}}{S_{(kVA/h)}}$$

7.º paso:
Definir el cos φ medio deseado. En este caso, cos φ = 0,98.

8.º paso:
Buscar en la tabla E5-003 el coeficiente correspondiente al cos φ medio que tenemos por turno y el deseado. En este caso, 0,489.

9.º paso:
Cálculo de la batería necesaria por turno.
■ A partir del consumo por turno podemos definir la potencia activa media por turno:

$$P_{(kW)} = \frac{P_{(kVA/h)}}{8_{h/turno}}$$

□ Primer turno:

$$P_{(kW)} = \frac{P_{(kVA/h)}}{8_{h/turno}} = \frac{734,01}{8} = 92 \text{ kW}$$

□ Segundo turno:

$$P_{(kW)} = \frac{P_{(kVA/h)}}{8_{h/turno}} = \frac{590,26}{8} = 74 \text{ kW}$$

□ Tercer turno:

$$P_{(kW)} = \frac{P_{(kVA/h)}}{8_{h/turno}} = \frac{451,9}{8} = 56 \text{ kW}$$

10.º paso:
Calcular la potencia y la proporcionalidad de los generadores de armónicos.
■ La potencia:
Si seguimos los mismos pasos que hemos realizado para conocer la potencia activa media total por turno, pero con las cargas generadoras de armónicos (en el cuadro bajo franja de color rosa) con la potencia aparente, tendremos:
□ Primer turno, 16,9 kVA.
□ Segundo turno, 11,9 kVA.
□ Tercer turno, 7,7 kVA.
■ La proporcionalidad:
La proporcionalidad ha de referirse a la potencia aparente del transformador de suministro.
Puestos en contacto con la empresa suministradora, nos indica que nos suministra desde un CT, con un transformador de 630 kVA:

$$\% = \frac{100 \cdot S_{armónicos}}{S_{transformador}}$$

□ Primer turno:

$$\% = \frac{100 \cdot 16,9 \text{ kVA}}{630 \text{ kVA}} = 2,7\%$$

□ Segundo turno:

$$\% = \frac{100 \cdot 11{,}09\ \text{kVA}}{630\ \text{kVA}} = 1{,}9\%$$

□ Tercer turno:

$$\% = \frac{100 \cdot 7{,}7\ \text{kVA}}{630\ \text{kVA}} = 1{,}2\%$$

Esta proporcionalidad es menor del 15%; por tanto, con soluciones estándar podemos solucionar la compensación.
Modelo: Minicap 400 V estándar.
Potencia: 45 kVAr.
Escalones: 7,5 + 7,5 + 2 · 15.
Regulación: 1-1-2-2.
Ref. 530816C.

Qué cambios de recargos y bonificaciones representa la compensación

Antes de compensar:

$$Kr = \frac{17}{0{,}82^2} - 21 = +4{,}28\%$$

Después de compensar:

$$Kr = \frac{17}{0{,}98^2} - 21 = -3{,}3\%$$

Pasaremos de un recargo a la factura sobre los términos de potencia y energía de un 4,28 % a una bonificación de un 3,3 %, o sea, que compraremos la energía un 7,58 % más económica.

INSTALACIÓN DE RECEPTORES. PRESCRIPCIONES GENERALES ITC-BT-42

2.7. Compensación del factor de potencia

Las instalaciones que suministren energía a receptores que resulte un factor de potencia inferior a 1, podrán ser compensadas, pero sin que en ningún momento la energía absorbida por la red pueda ser capacitativa.

La compensación del factor de potencia podrá hacerse de una de las dos formas siguientes:

– Por cada receptor o grupo de receptores que funcionen simultáneamente y se conecten por medio de un sólo interruptor. En este caso el interruptor debe cortar la alimentación simultáneamente al receptor o grupo de receptores y al condensador.

– Para la totalidad de la instalación. En este caso, la instalación de compensación debe estar dispuesta para que, de forma automática, asegure que la variación del factor de potencia no sea mayor de un ± 10 % del valor medio obtenido durante un prolongado período de funcionamiento.

Cuando se instalen condensadores y la conexión de éstos con los receptores pueda ser cortada por medio de interruptores, los condensadores irán provistos de resistencias o reactancias de descarga a tierra.

Los condensadores utilizados para la mejora del factor de potencia en los motores asíncronos se instalarán de forma que, al cortar la alimentación de energía eléctrica al motor, queden simultáneamente desconectados los indicados condensadores.

Las características de los condensadores y su situación deberán ser conformes a lo establecido en la norma UNE-EN 60831-1 y UNE-EN 60831-2.

INSTALACIÓN DE RECEPTORES. RECEPTORES PARA ALUMBRADO ITC-BT-44

3.1. Condiciones generales

En instalaciones de iluminación .....
.....

Para receptores con lámparas de descarga, la carga mínima prevista en voltiamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas. En el caso de distribuciones monofásicas, el conductor neutro tendrá la misma sección que los de la fase. Será aceptable un coeficiente diferente para el cálculo de la sección de los conductores, siempre y cuando el factor de potencia de cada receptor sea mayor o igual a 0,9 y si se conoce la carga que supone cada uno de los elementos asociados a las lámparas y las corrientes de arranque, que tanto éstas como aquéllos puedan producir. En este caso, el coeficiente será el que resulte.

INSTALACIÓN DE RECEPTORES. TRANSFORMADORES Y AUTOTRANSFORMADORES, REACTANCIAS Y RECTIFICADORES, CONDENSADORES ITC-BT-48

En el caso de receptores con lámparas de descarga será obligatoria la compensación del factor de potencia hasta un valor mínimo de 0,9, y no se admitirá compensación en conjunto de un grupo de receptores en una instalación de régimen de carga variable, salvo que dispongan de un sistema de compensación automático con variación de su capacidad siguiendo el régimen de carga.

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 reostatos 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 60.831-1.

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.

Capítulo F
La distribución en BT



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 la 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.

Indice

La distribución en BT

1. Generalidades

1.1. Las principales estructuras de la distribución en BT F/35
La división en circuitos F/35
De una forma general podemos establecer los siguientes circuitos diferentes F/35
Distribución radial arborescente F/35
Con conductores F/36
Con canalizaciones prefabricadas a nivel divisionario F/36
Con canalizaciones prefabricadas a nivel terminal F/37
Distribución radial pura (llamada de peine) F/37

1.2. El cuadro eléctrico F/38

1.3. El neutro F/38

2. La calidad de la energía eléctrica

2.1. La continuidad de la energía eléctrica F/39
La división de las instalaciones y la utilización de varias fuentes F/39
La instalación de alimentaciones de socorro F/39
La subdivisión de los circuitos F/40
El doblaje de suministros F/40
La adecuada elección del régimen de neutro F/40
La selectividad de las protecciones F/40

2.2. La calidad de la energía eléctrica F/41
Compatibilidad electromagnética “CEM” F/41
Campo de aplicación F/41
Nivel de perturbación F/41
Definición de una perturbación electromagnética F/42
Origen de las emisiones electromagnéticas F/43
Tipo de perturbaciones F/43
Perturbaciones de la red pública de BT F/45
Armónicos F/46
Perturbaciones de alta frecuencia F/49
Descargas electroestáticas F/52
Conclusiones F/54
La energía de alta calidad F/55

3. Las instalaciones de seguridad y las alimentaciones de sustitución

3.1. Las instalaciones de seguridad F/57
Afecta generalmente a... ..... F/57
Mínimos de seguridad para garantizar el tránsito y la evacuación del personal F/57
Suministros de sustitución F/58
Suministros de emergencia F/58

F

3.2. Las alimentaciones de sustitución o emergencia F/59

3.3. Generalidades de las fuentes de sustitución o emergencia F/59

3.4. Elección de las características de las fuentes de sustitución o emergencia F/60
Especificaciones principales F/60
Cortes F/60
Tiempo de salvaguarda de los datos en los procesos informáticos F/60
Autonomía deseada de la fuente de sustitución o emergencia F/60
Especificaciones propias a las instalaciones de seguridad F/61
Tiempos de corte admisibles en función de la aplicación F/61
Autonomía exigida de la fuente de sustitución o emergencia F/61

3.5. Elección y características de las fuentes F/61
Características de las fuentes F/62

3.6. Los grupos electrógenos F/62

3.7. Alumbrado de emergencia F/64
Alumbrado de seguridad F/64
Alumbrado de evacuación F/64
Alumbrado de ambiente o antipánico F/65
Alumbrado de zonas de alto riesgo F/65
Cómo realizar las instalaciones de alumbrado de seguridad F/65
Tipo A. F/65
Tipo B F/66
Tipo C F/67
Tipo D F/70
Tipo E F/70
Alumbrado de reemplazamiento F/70

4. Los regímenes de neutro

4.1. Definiciones F/71
Toma de tierra (1) F/71
Tierra F/71
Tomas de tierra eléctricamente distintas F/71
Resistencia de tierra o resistencia global de la puesta a tierra F/71
Conductor de tierra (2) F/71
Masa F/71
Conductor de protección (3) F/71
Elemento conductor (4) externo a la conducción eléctrica F/71
Conductor de equipotencialidad (5) F/71
Borne principal de tierra (6) F/71
Las conexiones equipotenciales F/71
La unión equipotencial principal F/71
La conexión de fundas metálicas F/72
La unión equipotencial suplementaria F/72

Conexión de las masas a la puesta a tierra F/72
Los componentes F/72
Elementos a considerar como masas F/72
Componentes a considerar como elementos conductores F/73
Elementos no considerados como masas F/73
Componentes no considerados conductores F/73

4.2. Definición de los diferentes esquemas de régimen de neutro ... F/73
Esquema TT (neutro a tierra) F/73
Esquema TN (puesta a neutro) F/74
Esquema TN-C F/74
Esquema TN-S F/75
Esquema TN-C/S F/75
Esquema IT (neutro aislado) F/76
Esquema IT (neutro impedante) F/77

4.3. Características de los esquemas TT, TN e IT F/77
Esquema TT F/77
Principales características F/77
Esquema TN F/78
Principales características F/78
Esquema IT F/80
Principales características F/80
4.4. Criterios de elección de los esquemas TT, TN e IT F/81
La elección se realiza por el análisis de los siguientes factores F/81
Adecuación a los textos reglamentarios F/81
Por decisión del propietario F/81
Ello comporta... ..... F/81
Elementos que influyen en la elección de un régimen de neutro .. F/81
Reglamentarios, en función del reglamento de BT, de las recomendaciones normativas internacionales y decretos específicos F/81
En función de los imperativos de la explotación F/82
En función de las características de la red de alimentación F/82
En función de las características de los receptores F/83
En función de las características diversas F/83

4.5. Elección del método de puesta a tierra. Implantación F/84
Fraccionamiento de las fuentes de alimentación F/84
Redes aisladas F/84
Conclusión F/85

5. La realización y medida de las puestas a tierra

5.1. Conceptos básicos F/87
Definición de las puestas a tierra según la ITC-BT-18 ..... F/87
Símbolo F/87
Criterios de utilización F/87
Puestas a tierra por razones de protección F/87
Tomas de tierra y conductores de protección dispositivos de control de tensión. F/88

Puestas a tierra por razones funcionales. F/88
Puestas a tierra por razones combinadas de protección y funcionales F/88
Aplicaciones F/88
Conexiones eléctricas a tierra F/88
Conexión a tierra de una instalación de un edificio. F/89
Partes de una toma de tierra. F/89
Electrodos F/90
Conductores de tierra F/90
Bornes de puesta a tierra F/91
Conductores de protección F/91
Masas F/92
Símbolo F/92
Definición general F/92
Definición específica para instalaciones eléctricas F/92
Masas y seguridad de personas y bienes F/93

5.2. Ejecución y cálculo F/93
Métodos de realización F/93
Cálculo F/94
Método Howe adaptado por UNESA F/95
Ejemplos F/97
Valores de la resistividad de los terrenos F/98
Especificación del tipo de terreno F/98
Valores a considerar en los anteproyectos de la resistividad de los terrenos F/99
La resistencia de las tomas de tierra varía en el tiempo F/99
Medición de la toma de tierra F/100
Utilización de un amperímetro F/100
Conductores CPN (también denominados PEN) F/100
Circuitos de equipotencialidad F/101
Tomas de tierra independientes F/101
Separación de las puestas a tierra con respecto a otras puestas a tierra F/101

5.3. Las puestas a tierra y la compatibilidad electromagnética F/103
Tierra y compatibilidad electromagnética F/103
Masas y compatibilidad electromagnética F/104
Comportamiento en “BF” F/105
Comportamiento en alta frecuencia “AF” F/105
Corriente de fuga de la instalación F/105
Bucles entre masas F/106
Bucles de masa F/106
Evitar la conexión estrella de las masas a la tierra F/107
Comportamiento del cable de conexión de protección (hilo amarillo-verde) PE-PEN F/108
Interconexión de las masas F/108

6. Los cuadros eléctricos

6.1. Los tipos de cuadros F/109
Los tipos de cuadros en función de su aplicación F/109

6.2. Las formas de realización de los cuadros F/110
Los cuadros tradicionales F/110
Los cuadros funcionales F/110

6.3. Programa informático de concepción y valoración de cuadros funcionales hasta 3.200 A F/112
Los módulos son... ..... F/112
Gestión de los proyectos F/112
Lista de referencias F/112
Esquema unifilar F/112
Configuración de la envolvente F/112
Valoración F/113

6.4. La normativa vigente UNE-EN 60439.1 ..... F/113
El objeto de la norma F/113
Conjunto de aparamenta de baja tensión de serie (CS) ... F/113
Conjunto de aparamenta de baja tensión derivados de serie (CDS) F/114
El cuadro tradicional F/114

6.5. Las tecnologías de los cuadros funcionales F/114
Existen 3 tecnologías principales para realizar los cuadros funcionales F/114
El cuadro de unidades funcionales fijas F/114
El cuadro con unidades funcionales seccionables o desconectables F/114
Los cuadros de cajones F/114
La compartimentación según UNE-EN 60439.1 ..... F/114
Las diferentes formas son... ..... F/116

6.6. Diseño de cuadros F/116
Características generales para el diseño de un cuadro eléctrico F/116
Según la UNE-EN 60439.1, en la ejecución de cuadros F/117
Por el método tradicional F/117
Por el sistema funcional F/117
Calentamiento F/117
Propiedades dieléctricas F/119
Resistencia a los cortocircuitos/esfuerzos electrodinámicos F/120
Ensayo del funcionamiento mecánico y de los enclavamientos de un cuadro F/121
Ensayos del grado de protección a los agentes externos (IP-IK) F/121
Ensayos de rigidez dieléctrica, líneas de fuga F/121

6.7. Sistema modular Pragma, sistema estanco Kaedra y sistema funcional Prisma F/121
Sistema modular Pragma F/122
Mini Pragma EK9 ..... F/122
Pragma C F/122
Pragma D F/123
Pragma F F/123
Pragma Basic F/124
Cuadros de electrificación doméstica “vivienda” F/124
Electrificación básica F/124
Electrificación elevada F/128
Sistema estanco Kaedra F/128
Gama de microcofrets estancos F/131
Gama de cofrets estancos F/131

Sistema funcional Prisma G F/132
Los cofrets Prisma G F/132
Los armarios Prisma GX F/133
Características generales F/133
Material F/133
Accesorios F/133
Realización del equipamiento F/133
Composición sistema funcional Prisma G F/133
Cofret Prisma G F/133
Armario Prisma GX F/135
Componentes F/136
Accesorios F/136
Fijación de los cables F/137
Placas para instalación de un aparato de cabecera en pasillo lateral F/137
Fijación mural del cuadro F/138
Fijación de aparamenta F/139
Borneros F/139
Bornero Polybloc 160/250 A F/140
Bornero escalado 160/250/400 A F/141
Juego de barras verticales 160, 250, 400 A F/142
Fleje de cobre aislado F/143
Accesorios del juego de barras colector tierra/neutro F/143
Juego de barras en el pasillo lateral, juego de barras escalado F/145
Conexiones prefabricadas F/146
Soportes conexiones/brazaletes F/146
Escalas de cables F/148
Accesorios de fijación para placas perforadas F/149
Soporte de canaletas F/149
Conexión de los bornes arriba o abajo del cofret o del armario F/150
En carril multifix F/150
En soporte F/150
En un cofret adicional F/151
En los pasillos laterales de Prisma G y Prisma GX F/151

6.8. Los cuadros eléctricos y la CEM F/152
Análisis F/152
Componentes F/152
Configuración F/153
Plano de masa de referencia F/153
Entradas de cables F/153
Canalización para cables F/153
Alumbrado F/153
Implantación de los componentes F/153
Conexión de las conducciones metálicas con los cuadros F/155
Conexión de bandejas y cuadros F/155
Instalación de los filtros en los cuadros F/155
Instalación en el armario F/155
Situación de la entrada y la salida de los bornes en el cuadro ... F/156
Fijación de los filtros F/156
Situación de las conexiones de los filtros F/157
Red de masas en los cuadros F/157
Interconexiones “mallado” de las masas F/157

7. Las conducciones

Descripción F/159
Podemos considerar dos tipos de distribuciones F/159
Selección e instalación de las canalizaciones en función de las influencias externas F/159
Temperatura ambiente (AA) F/159
Fuentes externas de calor F/159
Presencia de agua (AD) F/160
Presencia de cuerpos sólidos (AE) F/161
Impactos por efectos mecánicos (AG) F/161
Vibración (AH) F/162
Otros esfuerzos mecánicos (AJ) F/162
Presencia de vegetación o moho (AK) F/167
Presencia de fauna (AL) F/167
Radiación solar (AN) F/167
Riesgos sísmicos (AP) F/167
Viento (AR) F/167
Estructura de los edificios (CB) F/168
Corrientes admisibles F/168
Dimensiones de los cables F/168
Temperatura ambiente F/169
Radiación solar F/169

7.1. Las redes de distribución de energía F/169
7.1.1. Líneas aéreas, con conductores desnudos o aislados . F/169
Los conductores F/169
Conductores aislados F/170
Intensidades máximas de utilización en régimen permanente F/170
Cables con neutro fiador de aleación de aluminio-magnesio-silicio (AMELEC) para instalaciones de tensados F/170
Cables sin neutro fiador para instalaciones de cables posados, o tensados con fiador de acero F/170
Factores de corrección F/171
Intensidades de cortocircuito máximas, admisibles en los conductores F/171
Conductores desnudos de cobre y aluminio F/172
Intensidades máximas de utilización régimen permanente .. F/172
Aisladores F/172
Los accesorios F/172
Los apoyos F/172
Los tirantes y tornapuntas F/173
Forma de cálculo mecánico F/173
Elementos constituyentes de la red F/173
Los conductores F/173
Los apoyos F/174
Instalación de líneas aéreas F/174
Conductores aislados F/174
Cables posados F/175
Cables tensados F/175
Conductores desnudos F/176
Distancias con respecto al suelo y a las edificaciones de las redes con conductores desnudos F/176

F

Separación mínima entre conductores desnudos y entre éstos y los muros o paredes de edificaciones F/178
Empalmes y conexiones de conductores. Condiciones mecánicas y eléctricas de los mismos F/178
Conductor neutro F/182
Sección del conductor neutro F/180
Identificación del conductor neutro F/180
Continuidad del conductor neutro F/180
Puesta a tierra del neutro F/180
Instalación de apoyos F/181
Cruces de líneas aéreas con otras alineaciones F/181
Cruces con líneas eléctricas aéreas de AT o MT F/181
Cruces con otras líneas eléctricas aéreas de BT F/182
Cruces con líneas aéreas de telecomunicación. F/183
Cruces con carreteras y ferrocarriles sin electrificar F/184
Cruces con ferrocarriles electrificados, tranvías y trolebuses F/184
Cruces con teleféricos y cables transportadores F/184
Cruces con ríos o canales navegables F/185
Cruces con antenas receptoras de radio y televisión F/185
Cruces de conducciones de agua y gas F/186
Paralelismos y proximidades de líneas aéreas con otras alineaciones F/186
Con líneas eléctricas de AT o MT F/186
Con otras líneas eléctricas de BT o telecomunicación F/187
Con calles y carreteras F/187
Con líneas férreas electrificadas, tranvías y trolebuses F/188
Con zonas de arbolado F/188
Con canalizaciones de agua F/188
Con canalizaciones de gas F/189
7.1.2. Líneas subterráneas, enterradas, entubadas o en galerías F/189
Los conductores F/189
Intensidades máximas de utilización en régimen permanente en líneas enterradas F/190
Temperaturas admisibles F/190
Intensidades en función de las condiciones de instalación enterradas F/190
Intensidades máximas admisibles, en amperios, para cables con conductores de aluminio y conductor neutro de cobre en instalaciones enterradas (servicio permanente) F/190
Intensidades máximas admisibles, en amperios, para cables con conductores de aluminio en instalación enterrada (servicio permanente) F/191
Intensidades máximas admisibles, en amperios, para cables con conductores de cobre en instalación enterradas (servicio permanente) F/192
Condiciones especiales de instalación enterrada y factores de corrección de intensidad admisible F/192
Factores de corrección por una temperatura del terreno diferente a 25 °C F/193
Factores de corrección por una resistividad del terreno diferente a 1 k·m/W F/193
Factores de corrección por agrupación de conductores ... F/193

F

Factores de corrección por instalación a profundidad diferente de 0,7 m F/194
Factores de corrección por instalación de conductores enterrados en zanjas bajo tubo, o similar F/194
Intensidades máximas admisibles, en amperios, para conductores en instalación al aire en galerías o canales revisables F/194
Condiciones de instalación en galerías F/194
Intensidades máximas admisibles, en amperios, en servicio permanente, para cables tetrapolares con conductores de aluminio y conductor neutro de cobre, en instalación al aire en galerías ventiladas F/195
Intensidades máximas admisibles, en amperios, en servicio permanente, para cables conductores de aluminio en instalación al aire en galerías ventiladas (temperatura ambiente 40 °C) F/195
Intensidades máximas admisibles, en amperios, en servicio permanente, para cables conductores de cobre en instalación al aire en galerías ventiladas (temperatura ambiente 40 °C) F/196
Condiciones especiales de instalación en galerías y factores de corrección de intensidades admisibles F/196
Factores de corrección por una temperatura ambiente diferente a 25 °C F/196
Factores de corrección por agrupación de conductores ... F/197
Intensidades de cortocircuito admisibles en los conductores .. F/198
El conductor neutro F/199
Instalaciones subterráneas de cables aiskados F/199
Conducciones con conductores directamente enterrados F/200
Conducciones con conductores entubados y enterrados F/201
Conducciones en galerías subterráneas F/201
Galerías transitables F/202
Condiciones generales en galerías transitables F/202
Conducciones a instalar en galerías transitables F/204
Sujección de los cables en galerías transitables F/204
Equipotencialidad de masas metálicas accesibles en galerías transitables F/206
Galerías transitables de longitud superior a 400 m F/206
Galerías o zanjas no transitables (registrables) F/207
En atarjeas o canales registrables F/207
Instalaciones vistas en bandejas F/208
Cruzamientos F/208
Calles y carreteras F/208
Cruces de líneas de ferrocarriles F/209
Cruces con otros cables de energía eléctrica F/209
Cables de telecomunicación F/210
Canalizaciones de agua y gas F/210
Conducciones de alcantarillado F/211
Depósitos de carburante F/211
Paralelismos o proximidad F/211
Con otros cables de energía eléctrica F/211
Con cables de telecomunicación F/212
Con canalizaciones de agua F/212
Con canalizaciones de gas F/213
Con acometidas de BT F/213

7.2. Instalaciones de reparto de energía en instalaciones receptoras ... F/214
Sistemas aceptados de distribución de energía ... F/214
Distribución con conductores aislados ... F/214
Distribución con canalizaciones prefabricadas ... F/214
Ejemplos de realizaciones ... F/214
Criterios de elección ... F/214
Subdivisión de las instalaciones ... F/215
Equilibrio de las cargas ... F/216
Los armónicos y el neutro ... F/216
7.2.1. Instalaciones con conductores aislados y conducciones ... F/216
Instalaciones empotradas o vistas ... F/217
Designación de los conductores, cables y canalizaciones ... F/217
Identificación de los conductores ... F/217
Forma de designación de los conductores y cables según la CEI ... F/218
Ejemplo ... F/219
Conductores estandarizados por CENELEC ... F/219
Selección e instalación de las canalizaciones ... F/219
Tipos de canalizaciones ... F/219
Métodos de instalación ... F/220
Descripción de los métodos de referencia ... F/220
Configuración de los circuitos ... F/222
Número de conductores cargados ... F/222
Consideraciones de instalación ... F/222
Variación de las condiciones de instalación en un recorrido F/222
Métodos de referencia (52-B1) ... F/223
Métodos de instalación de las canalizaciones (52-B2) ... F/224
Selección e instalación de las canalizaciones en función de las influencias externas ... F/227
Dimensiones de los cables ... F/227
Conducciones con cables aislados fijados directamente sobre paredes ... F/228
Cables aislados en huecos de la construcción ... F/229
Conducciones con cables aislados bajo canales protectoras ... F/230
Conducciones en molduras y zócalos ... F/230
Tipos de molduras y zócalos ... F/231
Condiciones de empleo según los locales ... F/232
Condiciones específicas para molduras y zócalos de plástico ... F/232
Condiciones específicas para molduras y zócalos de madera ... F/233
Conducciones con cables aislados bajo canales protectoras ... F/233
Generalidades ... F/233
Características de las canaletas ... F/233
Condiciones de instalación ... F/234
Cables aislados en bandejas o soporte de bandejas ... F/234
Conducciones en tubos ... F/235
Denominación de las conducciones según la CEI ... F/236
Instalaciones de superficie (vistas) ... F/237
Para la ejecución de las canalizaciones bajo tubos protectores, se tendrán en cuenta las prescripciones generales ... F/237

Cruces con otras canalizaciones F/241
Instalaciones fijas empotradas F/241
Instalaciones enterradas F/244
Montaje al aire de instalaciones aéreas cortas para alimentaciones de máquinas F/246
Conductores flexibles para la alimentación de electrodomésticos F/248
Intensidades máximas admisibles en los conductores flexibles F/248
Temperaturas límite de aplicación para los conductores aislados con policloruro de vinilo PVC F/248
Electrodomésticos de Clase I F/248
Secciones de los conductores F/249
Conductores de protección. F/249
Temperatura ambiente F/251
Radiación solar F/251
Intensidades admisibles F/252
Presentación simplificada de las tablas de corrientes admisibles F/255
Factores de corrección F/257
En función de la temperatura ambiente (AA) F/257
Factores de corrección por agrupamiento F/257
Factores de corrección para agrupamiento de varios cables multiconductores F/248
Intensidades de cables subterráneos F/249
Factores de corrección F/260
Factores de corrección para temperaturas del suelo distintas de 25 °C F/260
Factores de corrección para agrupamiento de varios cables enterrados directamente en el suelo F/260
Factores de corrección por agrupamiento de varios cables instalados en tubos enterrados F/261
Paso a través de elementos de la construcción F/261
Las conexiones F/262
Temperaturas máximas de las conexiones en condiciones normales de servicio F/263
Temperaturas máximas de trabajo permanente de los conductores F/263

7.3. Las conducciones y la compatibilidad electromagnética CEM .. F/264
Las redes de masas F/264
Equipotencialidad “BF” y “AF” del edificio F/264
Equipotencialidad “BF” y “AF” local F/264
Conexiones F/264
La red equipotencial en un edificio F/264
Equipotencialidad “BF” y “AF” del edificio F/265
Equipotencialidad local F/265
Instalación F/265
Los cables F/266
Clases de señales conducidas F/266
Elección de los cables F/267
Rendimiento de los cables en relación con la CEM F/268
Las reglas de cableado frente a los fenómenos de la CEM ... F/269
Los 10 preceptos principales F/269
Las conexiones F/274

Tipo y longitud de las conexiones F/274
Realización de una conexión F/274
Interferencias que deben evitarse en las conexiones F/275
Conexiones de los blindajes F/276
Las conducciones F/276
Las canaletas F/276
Conexión de las canaletas y los cuadros F/277
Colocación de los cables en las canaletas y ángulos F/277
Forma de conducción de los cables perturbadores y los sensibles F/278
Conexión de los extremos de las canalizaciones F/279
Diferentes formas de colocación de los conductores F/280

7.4. Las canalizaciones prefabricadas F/282
Presentación de la gama F/283
Sistema de distribución Canalis para alumbrado F/283
Sistema de distribución Canalis para potencia F/283
Sistema de distribución Canalis para elementos móviles . F/284
Características de la gama Canalis F/285
Características eléctricas de la gama Canalis F/286
Tiempos de montaje de las canalizaciones prefabricadas F/286
Columnas de distribución vertical Prefadis F/287
Montaje y fijación en función de una alimentación por falso suelo o por falso techo F/288
Cableado de las columnas F/289
Adaptaciones para corrientes débiles y fuertes F/290
Elementos y accesorios Prefadis C9000 ..... F/291
Accesorios para corrientes débiles y fuertes F/292
Respuestos para columnas Prefadis C9000 ..... F/293

7.5. Canalizaciones eléctricas para alumbrado F/294
Determinación de la canalización en función del peso de las luminarias F/294
Distancias máximas de fijación de las luminarias F/295
Canalizaciones Canalis KLE de 20 A F/295
Descripción F/295
Sujeción de la canalización F/296
Canaleta metálica de soporte de cables suplementaria ... F/297
Suspensión de luminarias F/297
Conectores de derivación F/298
Conectores bipolares precableados F/298
Sistema de montaje F/299
Componentes de las líneas KLE F/300
Canalizaciones Canalis KBA de 25 y 40 A F/300
Descripción F/300
Sujeción de la canalización F/301
Elementos complementarios F/302
Suspensión de luminarias F/303
Conectores para derivaciones F/303
Sistemas de montaje F/305
Componentes de las líneas KBA F/307
Canalizaciones Canalis KBB de 25 y 40 A F/307
Descripción F/307
Sujeción de las canalizaciones F/308
Elementos complementarios F/309
Suspensión de luminarias F/310

F

Conectores para derivaciones F/310
Sistemas de montaje F/312
Componentes de las líneas KBB F/313
Alumbrado de seguridad con bloques autónomos (BAES) F/314
Alumbrado de seguridad a partir de una fuente central F/315
Canalizaciones Canalis KN de 40 a 100 A F/316
Descripción F/316
Cajas de alimentación eléctrica y cierre mecánico F/317
Sujeción de la canalización F/321
Codos y elementos flexibles F/322
Derivaciones con conectores y cofrets F/323
Distribución eléctrica para baja potencia Canalis KN 40, 63 y 100 A. Elementos F/326
Las canalizaciones prefabricadas y la Compatibilidad Electromagnética, CEM F/327
Seguridad incendiaria F/328

8. Las influencias externas

Influencias externas F/331

8.1. Clasificación F/331
La primera letra caracteriza la categoría F/331
La segunda letra caracteriza la naturaleza del riesgo F/332
La cifra indica el grado de severidad de la influencia externa F/332
La elección de los materiales se determina por F/332
Las indicaciones y los valores de ensayo de los constructores para otras influencias F/332

8.2. Protección proporcionada por las envolventes F/336
Selección e instalación de las envolventes en función de las influencias externas F/336
Temperatura ambiente (AA) F/336
Fuentes externas de calor F/337
Condiciones climáticas (AB) F/337
Presencia de agua (AD) F/337
Presencia de cuerpos sólidos (AE) F/337
Choques (mecánicos)AG) F/338
Vibración (AH) F/338
Otros esfuerzos mecánicos (AJ) F/338
Presencia de vegetación o moho (AK) F/339
Presencia de fauna (AL) F/339
Radiación solar (AN) F/339
Riesgos sísmicos (AP) F/339
Viento (AR) F/339
Estructura de los edificios (CB) F/339
La norma UNE 20.324 define un código (IP: Protección Internacional) que carateriza la protección que puede proporcionar una envolvente frente a las influencias externas siguientes F/339
Letras complementarias son aclaratorias y podemos distinguir dos grupos F/339
Indices de protección de las envolventes IP-IK F/340

8.3. Grado de protección de las envolventes de BT F/341

Tablas

2. La calidad de la energía eléctrica

F2-008: tabla de clasificación de las perturbaciones F/43
F2-010: tabla de las perturbaciones de las redes de distribución más comunes F/45
F2-014: tabla de los receptores sensibles de ser perturbados y tipo de perturbación F/48
F2-018: nivel presumible de sobretensiones transitorias a lo largo de una instalación F/51
F2-019: niveles de ensayo de las ondas de choque para interruptores automáticos marcados U_{imp} = 8 kV F/51
F2-024: niveles de compatibilidad electromagnética a aplicar a los materiales F/54

3. Las instalaciones de seguridad y las alimentaciones de sustitución

F3-002: tabla de elección del tipo de alimentación de sustitución en función de la semejanza de las fuentes, de la aplicación y de las condiciones admisibles de corte F/61
F3-003: tabla de características de diferentes fuentes de sustitución o emergencia F/63

4. Los regímenes de neutro

F4-014: sección del conductor neutro en función de la sección de los conductores de fase F/79
F4-016: ejemplos frecuentes donde el régimen de neutro está condicionado reglamentariamente F/81
F4-017 esquemas de unión a la tierra recomendados en función de los imperativos de la explotación F/82
F4-018: elección de un sistema de régimen de neutro en función de la red de suministro F/82
F4-019: elección de un sistema de régimen de neutro en función de las cargas F/83
F4-020: elección de un sistema de régimen de neutro en función de causas diversas F/83

5. La realización y medida de las puestas a tierra

F5-004: secciones mínimas convencionales de los conductores de tierra F/90
F5-005: secciones mínimas de los conductores de protección (pág. F/252) F/91
F5-010: tabla de coeficientes para el cálculo de la resistencia de una toma de tierra, de la tensión de paso y de contacto según el método Howe (UNESA) F/96
F5-013: tabla de valores de la resistividad de diferentes terrenos . F/98
F5-014: tabla de valores de la resistividad de los terrenos a emplear en anteproyectos F/99
F5-016: tabla de distancias de separación de dos tomas de tierra en función de las corrientes de fuga posibles y la resistividad del terreno F/103

6. Los cuadros eléctricos

F6-003: ensayos a realizar en los cuadros en función del sistema de montaje F/115
F6-010: tabla de valores de las capacidades térmicas máximas de los cuadros Pragma F/118

F6-011: tabla de los coeficientes de simultaneidad de circuitos en los cuadros F/119
F6-013: tabla de valores de las corrientes de ensayo en cortocircuito F/120
F6-028: tabla de elección de elementos Kaedra F/131
F6-030: componentes cofrets Prisma G F/134
F6-032: componentes armarios Prisma GX F/136
F6-034: tabla de las fijaciones para aparamenta de protección F/138
F6-035: tabla de las fijaciones para aparamenta Multi 9 ..... F/137
F6-042: tabla de las dimensiones de los borneros Polybloc F/141
F6-062: tabla de elementos sensibles a la CEM y de elementos perturbadores en una instalación F/153

7. Las conducciones

F7-009: tabla de los radios mínimos de curvatura de los tubos ... F/163
F7-010: tabla del número de pliegues para curvar tubos metálicos F/163
F7-019: temperatura máxima de trabajo según el tipo de aislamiento F/168
F7-020: intensidad máxima admisible en amperios a temperatura ambiente de 40 °C F/170
F7-021: intensidad máxima admisible en amperios a temperatura ambiente de 40 °C de los cables de Al posados o tensados con fiador de acero F/170
F7-022: intensidad máxima admisible en amperios a temperatura ambiente de 40 °C de los cables de Cu posados o tensados con fiador de acero F/170
F7-023: factores de corrección de la intensidad máxima admisible para cables aislados en haz, en función de la temperatura ambiente F/171
F7-024: factores de corrección de la intensidad máxima admisible en caso de agrupación de cables aislados en haz, instalados al aire F/171
F7-025: intensidades máximas de cortocircuitos en kA F/171
F7-026: densidad de corriente máxima en A/mm^2 para conductores desnudos al aire F/172
F7-027: hipótesis de consideración de las cargas para el cálculo mecánico de los apoyos F/174
F7-028: coeficiente de seguridad a la rotura en función del material de los apoyos F/174
F7-051: cables aislados con aislamiento seco; temperatura máxima, en °C, asignada al conductor F/190
F7-052: intensidad máxima admisible en amperios para cables tetrapolares con conductores de aluminio y conductor neutro de cobre, en instalación enterrada (servicio permanente) F/191
F7-053: intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con conductores de aluminio en instalación enterrada (servicio permanente) F/191
F7-054: intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con conductores de cobre en instalación enterrada (servicio permanente) F/192
F7-055: factor de corrección F, para temperatura del terreno distinto de 25 °C F/193
F7-056: factor de corrección para resistividad térmica del terreno distinta de 1 k·m/W F/193

F7-057: factor de corrección para agrupaciones de cables trifásicos o ternos de cables unipolares F/193
F7-058: factores de corrección para diferentes profundidades de instalación F/194
F7-059: 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 F/195
F7-060: intensidad máxima admisible, en amperios, en servicio permanente para cables conductores de aluminio en instalaciones al aire en galerías ventiladas (temperatura ambiente de 40 °C) F/195
F7-061: intensidad máxima admisible, en amperios, en servicio permanente para cables conductores de cobre en instalaciones al aire en galerías ventiladas (temperatura ambiente de 40 °C) F/196
F7-062: coeficiente de corrección F para temperatura ambiente distinta de 40 °C F/196
F7-063: factor de corrección para agrupaciones de cables unipolares instalados al aire F/197
F7-064: factor de corrección para agrupaciones de cables trifásicos F/198
F7-065: densidad de corriente de cortocircuito, en A/mm^2, para conductores de aluminio F/198
F7-066: densidad de corriente de cortocircuito, en A/mm^2, para conductores de cobre F/199
F7-067: sección mínima del conductor neutro en función del número de conductores F/199
F7-091: tabla de designación de los conductores y cables según CENELEC F/218
F7-093: tabla de los principales conductores y cables estandarizados por CENELEC F/219
F7-094: sistemas de instalación de las canalizaciones en función de los conductores F/220
F7-095: sistemas de instalación de las canalizaciones en función de su situación F/220
F7-096: métodos de referencia F/223
F7-097: métodos de instalación y clasificación para la determinación de las corrientes admisibles (52-B1) F/226
F7-100: condiciones de empleo de las conducciones en molduras y zócalos en función de las condiciones ambientales del local F/232
F7-102: características de las canaletas F/234
F7-103: tabla de las denominaciones de los conductos de tubo conforme a la CEI - UNE F/236
F7-104: características de los tubos para instalaciones vistas .. F/237
F7-105. tabla de los radios mínimos de curvatura de los tubos ... F/238
F7-106: tabla del número de pliegues para curvar tubos metálicos F/238
F7-111: tabla de los diámetros mínimos de los tubos para albergar los conductores F/240
F7-114: características de los tubos para instalaciones emportradas F/241
F7-115: características de los tubos para instalaciones embebidas en hormigón F/242

F7-116: tabla de los diámetros mínimos de los tubos para albergar los conductores empotrados F/242
F7-118: recomendaciones de obra para instalaciones con tubos empotrados F/244
F7-119: características de los tubos para instalaciones subterráneas F/245
F7-120: tabla de los diámetros mínimos de los tubos para albergar los conductores enterrados F/245
F7-121: características de los tubos para instalaciones al aire en alimentación de máquinas F/246
F7-122: diámetros mínimos de los tubos para albergar los conductores en alimentaciones de máquinas fijas F/247
F7-124 tabla de las secciones nominales de los cables flexibles para la alimentación de los electrodomésticos F/248
F7-127: secciones mínimas de los conductores F/249
F7-128: secciones mínimas de los conductores de protección . F/250
F7-131: corrientes admisibles en amperios, en función de los métodos de instalación y el aislamiento F/255
F7-132: intensidades admisibles en (A) en función del número de conductores en carga y el aislamiento para una temperatura ambiente de 40 °C F/257
F7-133: factores de corrección de la temperatura ambiente F/257
F7-134: factores de reducción, sobre los valores de la tabla F7-133, para agrupamiento de varios circuitos F/257
F7-135: factores de corrección para agrupamiento de varios cables multiconductores, instalados según el método E de la tabla F7-133 (52-C20 de la CEI) al aire libre F/258
F7-136: factores de corrección para agrupamiento de varios cables monoconductores, instalados según el método E de la tabla F7-133 (52-C20 de la CEI) al aire libre F/259
F7-137: intensidades máximas admisibles en amperios, para conductores enterrados directamente, según UNE 20-460-94/5-523 ..... F/260
F7-138: factores de corrección para aplicar a los valores de intensidades admisibles para cables enterrados F/260
F7-139: factores de corrección por el agrupamiento de varios cables enterrados directamente F/260
F7-140: factores de corrección por el agrupamiento de varios cables instalados en tubos y enterrados F/261
F7-148: tabla de las clases de señales en función de los niveles de perturbación F/266
F7-149: tabla de elección de cables en función de las clases de señal conducidas F/267
F7-154: tabla de rendimientos de los diferentes tipos de cables, frente a los fenómenos de la CEM F/268
F7-182: tabla de referencias y utilidades de la gama Canalis F/286
F7-183: tabla de las características eléctricas de las canalizaciones Canalis F/286
F7-184: tabla de los tiempos de montaje de las canalizaciones prefabricadas F/291
F7-188: tabla de referencias de accesorios y columnas Prefadis C9000 ..... F/291
F7-189: tabla de referencias de accesorios para corrientes débiles y fuertes, EUNEA MERLIN GERIN F/292
F7-190: tabla de repuestos de Prefadis C9000 ..... F/294

F7-192: tabla de elección de las canalizaciones en función de las cargas a soportar F/294
F7-193: tabla de distancias de fijación de las luminarias, en función de su naturaleza, de la estructura del edificio y de la canalización F/295
F7-254: tabla de referencias de los elementos componentes de la canalización prefabricada Canalis KN F/327

8. Las influencias externas
F8-001: características prescritas para la elección de los materiales en función de las influencias externas F/336
F8-002: grados de protección proporcionados por las envolventes F/340
F8-003: parámetros de los ensayos correspondientes a los ensayos de protección contra la penetración de cuerpos sólidos, agua y resistencia al impacto F/341

Figuras, esquemas y diagramas

1. Generalidades
F1-001: distribución radial arborescentes a 3 niveles con conductores F/36
F1-002: distribución radial arborescente con canalizaciones prefabricadas (Canalis KN) F/36
F1-003: distribución radial arborescente con sistemas prefabricados a nivel terminal F/37
F1-004: distribución radial pura (llamada de peine) F/37
F1-005: cuadro general de BT F/38
F1-006: utilización de transformadores BT/BT con bobinados separados monofásicos o trifásicos F/38

2. La calidad de la energía eléctrica
F2-001: ejemplo de asociación de alimentación de socorro y subdivisión de circuitos F/39
F2-002: ejemplo de alimentación por dos fuentes distintas y división de circuitos F/40
F2-003: principio de selectividad F/40
F2-004: principios de la “CEM” F/41
F2-005: niveles de perturbación F/41
F2-006: concepto de la perturbación y efecto F/42
F2-009: ejemplos de perturbaciones en la red de BT F/44
F2-011: representación temporal F/46
F2-012: representación espectral F/46
F2-013: corriente consumida por un tubo fluorescente F/47
F2-015: representación temporal de una perturbación transitoria . F/49
F2-016: representación espectral de una perturbación transitoria . F/49
F2-017: onda de choque normalizada para ensayos 1,2/5 µs F/50
F2-020: niveles ceráunicos de España F/52
F2-021: representación temporal de una descarga electrostática . F/53
F2-022: representación espectral. Espectro de banda ancha (0...1.000 MHz) F/53
F2-023: valores máximos de tensión electrostática con que pueden cargarse los operarios F/53
F2-025: ejemplo de distribución eléctrica de alta calidad F/55

3. Las instalaciones de seguridad y las alimentaciones de sustitución

F3-001: ejemplos de fuentes de sustitución o emergencia: batería central, grupo electrógeno F/59
F3-004: ejemplo de configuración de una instalación de asociación de un ondulador y un grupo electrógeno, extrraído de la guía práctica de Merlin Gerin F/64
F3-005: esquemas de principio de alumbrado de seguridad tipo A F/66
F3-006: esquemas de principio de alumbrado de seguridad tipo B F/67
F3-007: esquemas de principio de alumbrado de seguridad tipo C F/67

4. Los regímenes de neutro

F4-001: en este ejemplo, un edificio, el borne principal de tierra (6) asegura la unión equipotencial principal F/72
F4-002: esquema TT F/74
F4-003: esquema TN-C F/74
F4-004: esquema TN-S F/75
F4-005: esquema TN-C/S F/75
F4-006: forma de embornar el conductor PEN en un esquema TN-C F/75
F4-007: esquema IT (neutro aislado) F/76
F4-008: impedancia de fuga de un circuito con esquema IT F/76
F4-009: impedancia equivalente o impedancia de fuga en un esquema IT F/76
F4-010: esquema IT (neutro impedante) F/77
F4-011: esquema TT F/77
F4-012: esquema TN-C F/78
F4-013: esquema TN-S F/79
F4-015: esquema IT F/80
F4-021: en un taller donde la continuidad de servicio es imperativa (IT) comporta un horno de tratamientos galvánicos F/84
F4-022: una fábrica en que la soldadura es la parte principal necesita un esquema TN y en un taller de pintura su principal premisa. La continuidad de servicio es resuelta con un circuito aislado en régimen IT F/84

5. La realización y medida de las puestas a tierra

F5-001: situación y trazado del conductor de protección F/87
F5-002: esquema básico de una puesta a tierra F/89
F5-003: representación esquemática de un circuito de puesta a tierra F/89
F5-006: ejemplos de masas F/93
F5-007: bucle en el fondo de las cimentaciones F/94
F5-008: piquetas F/94
F5-009: placas verticales F/95
F5-011: posible solución con configuraciones rectangulares F/97
F5-012: posible solución con configuraciones lineales F/98
F5-015: medida de la toma de tierra con un amperímetro F/100
F5-016: vista general de un sistema de puesta a tierra de un edificio F/104
F5-018: ejemplo de creación de capacidades parásitas, entre los circuitos activos y las masas F/105

F5-019: esquema indicativo de los bucles de masa F/106
F5-020: trazado de red de interconexión de masas no correcto .. F/107
F5-021: trazado de red de interconexión de masas correcto F/107
F5-022: cómo conseguir una buena equipotencialidad para las perturbaciones de “AF” F/108

6. Los cuadros eléctricos

F6-001: perspectiva de un cuadro funcional F/111
F6-002: facilidad de montaje de un cuadro funcional F/111
F6-004: forma compartimentación 1 ..... F/112
F6-005: forma compartimentación 2 ..... F/112
F6-006: forma compartimentación 3 ..... F/112
F6-007: forma compartimentación 4 ..... F/112
F6-008: exponencial del ensayo térmico de un cuadro F/113
F6-009: ventanas de ventilación F/118
F6-012: diagrama de aplicación de la tensión de ensayo en el tiempo F/119
F6-014: mini Pragma EK9, superficie F/122
F6-015: mini Pragma EK9, empotrable F/122
F6-016: Pragma C, superficie F/122
F6-017: Pragma C, empotrable F/122
F6-018: Pragma D, superficie F/123
F6-019: Pragma D, empotrable F/123
F6-020: Pragma F, superficie F/123
F6-021: Pragma F, empotrable F/123
F6-022: Pragma Basic F/124
F6-023: esquema de electrificación básica F/124
F6-024: cuadro y módulos electrificación básica F/125
F6-025: enclavamiento del interuptor general F/125
F6-026: esquema de electrificación elevada F/127
F6-027: cuadro y módulos electrificación elevada F/128
F6-029: cofret Prisma G F/133
F6-031: armarios Prisma GX con y sin pasillo lateral F/135
F6-033: escalas de cables en el armario y pasillo lateral de 300 mm F/136
F6-036: placas especiales de pasillo para la fijación de interruptores automáticos Compact NS F/137
F6-037: orejas de fijación mural F/138
F6-038: placas perforadas en el armario y en el pasillo lateral de 300 mm F/139
F6-039: Distribloc 125/160 A F/139
F6-040: bornero escalado de 125 A F/140
F6-041: bornero Polybloc de 160/250 A F/140
F6-043: bornero escalado de 160/250/400 A F/141
F6-044: juego de barras verticales 160, 250, 400 A F/142
F6-045: fleje de cobre aislado F/143
F6-046: tapa de protección F/144
F6-047: escuadras de enlace entre juegos de barras F/144
F6-048: bornes y conectores F/144
F6-049: colector tierra/neutro F/144
F6-050: colector tierra/neutro F/145
F6-051: juego de barras escalonado en el pasillo lateral F/145
F6-052: conexiones prefabricadas F/146
F6-053: brazaletes para soporte de guías, en posición horizontal . F/146
F6-054: brazalete sobre el soporte del perfil de multifix 07501 .. F/146

F6-055: brazalete vertical sujeto en el montante del cofret de Prisma G 07305 ..... F/148
F6-056: accesorios de fijación sobre placas perforadas F/148
F6-057: soporte de canaletas F/149
F6-058: conexión de los bornes en carril multifix F/150
F6-059: conexión de los bornes en soporte F/150
F6-060: bornes compartimentados en un cofret adicional F/151
F6-061: bornes compartimentados en un pasillo lateral F/152
F6-063: forma de compartimentación en un cuadro pequeño ... F/154
F6-064: forma no adecuada de entrada de las conducciones a un cuadro F/154
F6-065: forma adecuada de entrada de las conducciones a un cuadro F/154
F6-066: conexión correcta de las canaletas metálicas y los cuadros eléctricos F/155
F6-067: formas correctas de instalación de los filtros en un armario F/155
F6-068: situación de los cables de entrada y salida de los filtros ... F/156
F6-069: formas de sujeción de los filtros F/156
F6-070: forma de sujeción de las conexiones F/157
F6-071: conexiones del circuito de masas en los cuadros, para atender la CEM F/158

7. Las conducciones.

F7-001: temperatura máxima admisible en una conducción con conductores de diferente naturaleza de aislantes F/159
F7-002: protección de las canalizaciones de las fuentes externas de calor F/160
F7-003: protecciones a la posible generación de condensación. F/160
F7-004: evacuación de la condensación no evitable F/160
F7-005: mantenimiento de limpieza para facilitar la disipación de calor F/161
F7-006: protección de los conductores o conducciones en zona con peligro de impactos F/161
F7-007: arandelas antivibratorias, conexiones flexibles F/162
F7-008: radios de curvatura mínimos de los tubos F/162
F7-011: radios de curvatura de los cables F/163
F7-012: colocación de conductores en tubos o directos sobre paredes F/164
F7-013: carga de rotura mínima a la tracción de los conductores aéreos y de los tirantes F/164
F7-014: sobrecargas de los conductores por efectos de la deposición de hielo F/165
F7-015: Situación de conductores enterrados directamente bajo aceras o calzadas F/166
F7-016: situación de conductores entubados enterrados bajo aceras o calzadas F/166
F7-017: situación de conductores entubados enterrados bajo vías férreas F/166
F7-018: sellado de las conducciones subterráneas y los conductores en los registros F/167
F7-029: situación de conductores aislados en fachadas F/175
F7-030: situación de conductores aislados al aire F/176
F7-031: ejemplo de fijación de conductores a los aisladores F/176

F7-032: zona de protección en edificios para la instalación de líneas eléctricas de baja tensión con conductores desnudos F/177
F7-033: distancias entre conductores F/167
F7-034: empalmes, derivaciones y fijaciones de los conductores . F/180
F7-035: puestas a tierra del conductor neutro F/182
F7-036: colocación de los apoyos (fundaciones) F/181
F7-037: cruces de líneas de AT o MT con líneas de BT F/182
F7-038: cruces con otras líneas aéreas de BT F/183
F7-039: cruces con líneas aéreas de telecomunicación F/183
F7-040: cruces de carreteras y líneas férreas sin electrificar F/184
F7-041: cruces de líneas férreas electrificadas, tranvías y trolebuses F/184
F7-042: cruces de teleféricos y cables transportadores F/185
F7-043: cruces de ríos o canales navegables F/185
F7-044: cruces de antenas receptoras de radio y televisión F/186
F7-045: cruces de conducciones de agua y gas F/186
F7-046: paralelismos con líneas de AT o MT F/187
F7-047: paralelismos con calles y carreteras F/188
F7-048: paralelismos con líneas férreas electrificadas, tranvías y trolebuses F/188
F7-049: paralelismos con conductos de agua F/189
F7-050: paralelismos con conductos de gas F/189
F7-068: colocación de conductores directamente enterrados ... F/201
F7-069: situación de conductores entubados enterrados bajo aceras o calzadas F/201
F7-070: sellado de las conducciones subterráneas y los conductores en los registros F/201
F7-071: galerías transitables F/202
F7-072: galerías no transitables F/202
F7-073: características generales de las galerías F/203
F7-074: galerías para el servicio eléctrico F/204
F7-075: situación de los cables y amarre para la compensación de los esfuerzos electrodinámicos F/205
F7-076: galerías transitables de más de 400 m F/206
F7-077: galerías o zanjas no transitables (registrables) F/207
F7-078: instalaciones en canales a ras de suelo registrables. ... F/208
F7-079: instalaciones subterráneas en el cruce de carreteras y caminos F/209
F7-080: instalaciones subterráneas en el cruce de líneas férreas .. F/209
F7-081: instalaciones subterráneas de BT en el cruce de líneas de AT o MT F/210
F7-082: instalaciones subterráneas de BT en el cruce de líneas de telecomunicación F/210
F7-083: instalaciones subterráneas BT en el cruce con conducciones de agua o gas F/210
F7-084: instalaciones subterráneas de BT en el cruce de depósitos de combustible F/211
F7-085: paralelismos con instalaciones subterráneas de BT y otras tensiones F/212
F7-086: paralelismos con instalaciones subterráneas de BT y líneas de telecomunicación F/212
F7-087: paralelismos con instalaciones subterráneas de BT y conductos de agua F/212

F7-088: paralelismos con instalaciones subterráneas de BT y conductos de gas F/213
F7-089: ejemplo de distribución radial en un hotel con cables .. F/214
F7-090: ejemplo de distribución radial en una industria con canalizaciones prefabricadas F/215
F7-092: conductor del ejemplo F/219
F7-098: instalaciones en huecos de la construcción F/230
F7-099: instalaciones en conducciones en molduras y zócalos .. F/231
F7-101: instalaciones con canaletas F/233
F7-107: colocación de conductores en tubos sobre paredes F/238
F7-108: distancias máximas de colocación de las cajas de registro o empalme, en tramos rectos F/239
F7-109: distancias máximas de colocación de las cajas de de registro de tramos curvos F/239
F7-110: colocación de evacuadores de condensaciones F/239
F7-112: protección de las conducciones de puntos de emisión de calor F/240
F7-113: cruces con otras conducciones F/241
F7-117: fijación de los tubos en huecos de la construcción F/243
F7-123: alimentación de una máquina desde una canalización prefabricada F/247
F7-125: conductores no adecuados en función de la temperatura de utilización del electrodoméstico F/248
F7-126: conductores y clavijas para loselectrodomésticos de Clase I F/248
F7-129: trazado del conductor de protección F/250
F7-130: utilización del apantallado de los conductores como conductor de protección F/251
F7-141: paso de un local húmedo a uno no húmedo o al exterior .. F/262
F7-142: cajas de empalme F/263
F7-143: conexiones no autorizadas F/263
F7-144: esquema de un circuito de masas en un edificio F/264
F7-145: malla de equipotencialidad para hormigón F/265
F7-146: interconexión de las canalizaciones metálicas F/265
F7-147: interconexión de máquinas, conducciones y estructura . F/266
F7-150: cables apropiados para señales sensibles F/267
F7-151: cables apropiados para señales poco sensibles F/267
F7-152: cables apropiados para señales poco perturbadoras .. F/267
F7-153: cables apropiados para señales perturbadoras F/268
F7-155: tipos de cables adecuados a la 2.ª regla F/269
F7-156: longitudes máximas y distancias entre conductores para cumplir la 4.ª regla F/269
F7-157: comparación relativa de las distancias y las longitudes F/270
F7-158: ejemplo de reducción de los planos de masa entre dos cuadros, máquinas, equipos F/270
F7-159: ejemplos de situación de los cables de masa para reducir el espacio del campo de interferencia F/270
F7-160: trazado adecuado de dos conductores. La solución ideal son los conductores bifilares F/271
F7-161: situación adecuada de los cables en las conducciones metálicas F/271
F7-162: tomas de contacto con las masas y las puestas a tierra en función de la longitud del cable F/272
F7-163: conexión de una pantalla a masa por su extremo, poco eficiente F/272

F7-164: pantallas no conectadas a masa, no aceptado por CEI 364 ... F/273
F7-165: forma de conexión de los conductores no utilizados ... F/273
F7-166: forma de cruzar las conducciones ... F/274
F7-167: tipo de conexiones ... F/275
F7-168: dificultades genéricas a superar para obtener unas buenas conexiones ... F/275
F7-169: formas adecuadas y no adecuadas de conexión de las masas y los blindajes de los cables ... F/276
F7-170: formas y materiales de canaletas eficaces ... F/276
F7-171: zonas protegidas para la colocación de cables en una canaleta ... F/277
F7-172: forma de colocación de los cables en las canaletas y los ángulos ... F/277
F7-173: forma de colocación de los cables en las bandejas ... F/278
F7-174: forma de corrección de la instalación de los cables en una instalación existente ... F/278
F7-175: ejemplo de canaleta sin continuidad al paso por un muro ... F/279
F7-176: ejemplo de canaleta con conexión lateral por cable, al paso de un muro ... F/279
F7-177: ejemplo de una canaleta con solape en el plano principal, al cruzar un muro ... F/279
F7-178: ejemplo de unión de canaleta por el plano principal ... F/280
F7-179: ejemplos de colocación de forma correcta ... F/281
F7-180: ejemplos de colocación de forma incorrecta ... F/281
F7-182: sistema de distribución prefabricado Canalis ... F/282
F7-185: ejemplo de estructura de una canalización vertical ... F/287
F7-186: forma de montaje y fijación de las columnas C9000 multiconducto ... F/288
F7-187: cableado de las columnas C9000 ... F/289
F7-191: fijación de las luminarias ... F/294
F7-194: tramos rectos de KLE ... F/296
F7-195: cajas de alimentación y cajas de unión KLE ... F/296
F7-196: formas de efectuar los cambios de dirección y salvar obstáculos ... F/296
F7-197: formas de fijación de la canalización KLE ... F/297
F7-198: canaleta suplementaria para la ubicación de posibles líneas ... F/297
F7-199: forma de sujeción de las luminarias ... F/294
F7-200: conectores de derivación monofásicos ... F/298
F7-201: conectores bipolares precableados ... F/298
F7-202: forma de montaje de los elementos rectos ... F/299
F7-203: forma de fijación de los elementos rectos ... F/299
F7-204: forma de colocación de las cajas de alimentación ... F/299
F7-205: forma de colocación de los conectores de derivaciones ... F/299
F7-206: componentes de la línea KLE ... F/300
F7-207: tramos rectos de KBA ... F/300
F7-208: cajas de alimentación y cajas de unión KBA ... F/301
F7-209: formas de fijación de la canaleta KBA ... F/302
F7-210: elementos flexibles para los cambios de dirección, canaleta suplementaria de soporte de conductores y prolongaciones vacías de ajuste a la longitud ... F/302
F7-211: forma de sujeción de las luminarias por bridas con trinquete ... F/303
F7-212: tipos de conectores para Canalis KBA ... F/303

F7-213: conectores de 10 A para Canalis KBA F/304
F7-214: tomas de 16 A F/304
F7-215: dispositivos de bloqueo identificadores de la fase conectada F/304
F7-216: forma de montaje de los elementos rectos F/305
F7-217: forma de fijación de los elementos rectos F/305
F7-218: forma de colocación de las cajas de alimentación F/306
F7-209: forma de colocación de los conectores de derivación .. F/306
F7-220: componentes de la línea KBA F/307
F7-221: tramos rectos de KBB F/307
F7-222: cajas de alimentación KBB F/308
F7-223: formas de fijación de la canalización KBB F/309
F7-224: elementos flexibles para los cambios de dirección, canaleta suplementaria de soporte de conductores y prolongaciones vacías de ajuste a la longitud F/309
F7-225: forma de sujeción de las luminarias F/310
F7-226: tipos de conectores para Canalis KBA F/310
F7-227: conectores de 10 A para Canalis KBA F/311
F7-228: conectores de 10 A para Canalis KBA F/311
F7-229: dispositivos de bloqueo identificadores de la fase conectada F/311
F7-230: forma de montaje de los elementos rectos F/312
F7-231: forma de fijación de los elementos rectos F/312
F7-232: forma de fijación de las cajas de alimentación F/313
F7-233: forma de fijación de los conectores de salida F/313
F7-234: elementos de la línea KBB F/313
F7-235: alumbrado de seguridad con bloques autónomos BAES . F/314
F7-236: alumbrado de seguridad con fuente centralizada F/315
F7-237: tramos rectos línea para baja potencia KN F/316
F7-238: cajas de alimentación conexión izquierda KN F/317
F7-239: cajas de alimentación conexión derecha F/317
F7-240: cajas de alimentación conexión central, posición d1 .... F/317
F7-241: cajas de alimentación conexión central, posición d2 .... F/318
F7-242: cajas de alimentación central entrada superior o inferior .. F/318
F7-243: cajas de alimentación colocación centro entrada superior F/319
F7-244: cajas de alimentación colocación centro entrada inferior .. F/319
F7-245: prensaestopas para cajas de alimentación F/320
F7-246: cajas final de línea, cierre mecánico KN F/321
F7-247: formas de fijación líneas KN F/321
F7-248: formas de fijación líneas KN (continuación)... ..... F/322
F7-249: tramos flexibles para cambios de dirección F/322
F7-250: cofrets equipados con bases fusibles Neozed F/323
F7-251: cofrets para tomas de corriente, con interruptores diferenciales F/324
F7-252: cofrets preparados para albergar interruptores automáticos Multi 9 ..... F/324
F7-253: cofrets preparados para albergar interruptores automáticos Multi 9 (continuación)... ..... F/325
F7-255: densidad de flujo magnético, en gauss, de una canalización tipo KHF-28 ..... F/327
F7-256: canalización prefabricada Canalis de 3.000 A F/328
F7-257: comparaciones de las cargas incendiarias de las acometidas de transformador a cuadro general F/328

Reglamento electrotécnico de baja tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC-BT)

2. La calidad de la energía eléctrica

La ITC-BT-51 recoge términos que coinciden con este capítulo, pero su contenido coincide plenamente con el capítulo K. "Gestión técnica de edificios, el control energético y la seguridad", del 4.º Volumen. Por tanto, la situaremos en el 4.º Volumen F/343

4. Los regímenes de neutro

SISTEMAS DE CONEXION DEL NEUTRO Y DE LAS MASAS EN REDES DE DISTRIBUCION DE ENERGIA ELECTRICA. ITC-BT-08

1. Esquemas de distribución F/343
   1.1. Esquema TN F/343
   1.2. Esquema TT F/344
   1.3. Esquema IT F/345
   1.4. Aplicación de los tres tipos de esquemas F/345
2. Prescripciones especiales en las redes de distribución para la aplicación del esquema TN F/346

5. La realización y medida de las puestas a tierra

INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA. ITC-BT-18

1. Objeto F/347
2. Puesta o conexión a tierra. Definición F/347
3. Uniones a tierra F/347
   3.1. Tomas de tierra F/348
   3.2. Conductores de tierra F/349
   3.3. Bornes de puesta a tierra F/349
   3.4. Conductores de protección F/350
4. Puesta a tierra por razones de protección F/351
   4.1. Tomas de tierra y conductores de protección para dispositivos de control de tensión de defecto F/351
5. Puesta a tierra por razones funcionales F/352
6. Puesta a tierra por razones combinadas de protección y funcionales F/352
7. Conductores CPN (también denominados PEN) F/352
8. Conductores de equipotencialidad F/352
9. Resistencia de las tomas de tierra F/353
10. Tomas de tierra independientes F/354
11. Separación entre las tomas de tierra de las masas de las instalaciones de utilización y de las masas de un centro de transformación F/354
12. Revisión de las tomas de tierra F/355

INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS. PRESCRIPCIONES GENERALES. ITC-BT-19

6. Los cuadros eléctricos

INSTALACIONES DE ENLACE DISPOSITIVOS GENERALES E INDIVIDUALES DE MANDO Y PROTECCION. INTERRUPTOR DE CONTROL DE POTENCIA. ITC-BT-17

1. Dispositivos generales e individuales de mando y protección. Interruptor de control de potencia F/357
   - 1.1. Situación F/357
   - 1.2. Composición y características de los cuadros F/358
   - 1.3. Características principales de los dispositivos de protección F/358

INSTALACIONES INTERIORES EN VIVIENDAS. NUMERO DE CIRCUITOS CARACTERISTICAS. ITC-BT-25

La ITC-BT-25 corresponde en su totalidad al apartado B y en él queda incluida, pero el número de circuitos también afecta a los cuadros del capítulo F6 ..... F/359

7. Las conducciones

REDES AEREAS PARA DISTRIBUCION EN BAJA TENSION. ITC-BT-06

1. Materiales F/360
   - 1.1. Conductores F/360
   - 1.1.1. Conductores aislados F/360
   - 1.1.2. Conductores desnudos F/360
   - 1.2. Aisladores F/360
   - 1.3. Accesorios de sujeción F/361
   - 1.4. Apoyos F/361
   - 1.5. Tirantes y tornapuntas F/361
2. Cálculo mecánico F/361
   - 2.1. Acciones a considerar en el cálculo F/361
   - 2.2. Conductores F/362
   - 2.2.1. Tracción máxima admisible F/362
   - 2.2.2. Flecha máxima F/362
   - 2.3. Apoyos F/362
3. Ejecución de las instalaciones F/363
   - 3.1. Instalación de conductores aislados F/363
   - 3.1.1. Cables posados F/363
   - 3.1.2. Cables tensados F/364
   - 3.2. Instalaciones de conductores desnudos F/364
   - 3.2.1. Distancia de los conductores desnudos al suelo y zonas de protección de las edificaciones F/365
   - 3.2.2. Separación mínima entre conductores desnudos y entre éstos y los muros o paredes de edificaciones F/366
   - 3.3. Empalmes y conexiones de conductores. Condiciones mecánicas y eléctricas de los mismos F/367
   - 3.4. Sección mínima del conductor neutro F/367
   - 3.5. Identificación del conductor neutro F/367
   - 3.6. Continuidad del conductor neutro F/365
   - 3.7. Puesta de tierra del neutro F/367
   - 3.8. Instalación de apoyos F/368

3.9. Condiciones generales para cruzamientos y paralelismos ... F/368
3.9.1. Cruzamientos ... F/368
3.9.2. Proximidades y paralelismos ... F/371
4. Intensidades admisibles por los conductores ... F/373
4.1. Generalidades ... F/373
4.2. Cables formados por conductores aislados con polietile no reticulado (XLPE), en haz, a espiral visible ... F/373
4.2.1. Intensidades máximas admisibles ... F/373
4.2.2. Factores de corrección ... F/374
4.2.3. Intensidades máximas de cortocircuito admisible en los conductores de los cables ... F/375
4.3. Conductores desnudos de cobre y aluminio ... F/375
4.4. Otros cables u otros sistemas de instalación ... F/375

REDES SUBTERRANEAS PARA DISTRIBUCION EN BAJA TENSION

1. Cables ... F/376
2. Ejecución de las instalaciones ... F/376
2.1. Instalación de cables aislados ... F/376
2.1.1. Directamente enterrados ... F/377
2.1.2. En canalizaciones entubadas ... F/377
2.1.3. En galerías ... F/378
2.1.4. En atarjeas o canales revisables ... F/380
2.1.5. En bandejas, soportes, palomillas o directamente sujetos a la pared ... F/381
2.1.6. Circuitos con cable en paralelo ... F/381
2.2. Condiciones generales para cruzamiento, proximidades y paralelismos ... F/381
2.2.1. Cruzamiento ... F/381
2.2.2. Proximidades y paralelismos ... F/383
2.2.3. Acometidas (conexiones de servicio) ... F/384
2.3. Puesta a tierra y continuidad del neutro ... F/384
3. Intensidades máximas admisibles ... F/385
3.1. Intensidades máximas permanentes en los conductores de los cables ... F/385
3.1.1. Temperatura máxima admisible ... F/385
3.1.2. Condiciones de instalación enterrada ... F/386
3.1.3. Cables enterrados en zanja en el interior de tubos o similares ... F/389
3.1.4. Condiciones de instalación al aire (en galerías, zanjas registrables, atarjeas o canales registables) ... F/390
3.2. Intensidades de cortocircuito admisibles en los conductores ... F/395
3.3. Otros cables o sistemas de instalación ... F/396

INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS. PRESCRIPCIONES GENERALES. ITC-BT-19

1. Campo de aplicación ... F/397
2. Prescripciones de carácter general ... F/397
2.1 Regla general ... F/397
2.2 Conductores activos ... F/397
2.2.1 Naturaleza de los conductores ... F/397

F

2.2.2 Sección de los conductores. Caídas de tensión F/397
2.2.3. Intensidades máximas admisibles F/400
2.2.4. Identificación de conductores F/400
2.3. Conductores de protección F/400
2.4. Subdivisión de las instalaciones F/400
2.5. Equilibrado de cargas F/400
2.6. Posibilidad de separación de la alimentación. F/401
2.7. Posibilidad de conectar y desconectar en carga. F/401
2.8. Medidas de protección contra contactos directos o indirectos F/401
2.9. Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica F/401
2.10. Bases de toma de corriente F/401

En esta instrucción existen unos apartados que quedan desarrollados en otros capítulos y por tanto el texto del reglamento los incorporamos a dichos capítulos:

2.3. Conductores de protección en el capítulo F5 de este volumen
2.6. Posibilidad de separación de la alimentación y
2.7. Posibilidad de conectar y desconectar en carga, en el capítulo H2 del segundo volumen
2.8. Medidas de protección contra contactos directos o indirectos, en el capítulo G del segundo volumen
2.9. Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica, en capítulo B de este volumen
2.10. Bases de toma de corriente, en el capítulo L6-3 “Instalaciones eléctricas para viviendas” del quinto volumen

INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS. SISTEMAS DE INSTALACION ITC-BT-20

1. Generalidades F/401
2. Sistemas de instalación F/401
2.1. Prescripciones generales F/401
2.1.1. Disposiciones F/402
2.1.2. Accesibilidad F/402
2.1.3. Identificación F/403
2.2. Condiciones particulares F/403
2.2.1. Cables aislados bajo tubos protectores F/404
2.2.2. Cables aislados fijados directamente sobre las paredes F/405
2.2.3. Cables aislados enterrados F/405
2.2.4. Cables aislados directamente empotrados en estructuras F/405
2.2.5. Cables aéreos F/405
2.2.6. Cables aislados en el interior de huecos de la construcción F/405
2.2.7. Cables aislados bajo canales protectoras F/406
2.2.8. Cables aislados bajo molduras F/407
2.2.9. Cables aislados en bandejas o soporte de bandejas .. F/407
2.2.10. Canalizaciones eléctricas prefabricadas F/408
3. Paso a través de elementos de la construcción F/408

INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS. TUBOS Y CANALES PROTECTORAS. ITC-BT-21

1. Tubos protectores F/409
   - 1.1. Generalidades F/409
   - 1.2. Características mínimas de los tubos, en función del tipo de instalación F/410
   - 1.2.1. Tubos en canalizaciones fijas en superficie F/410
   - 1.2.2. Tubos en canalizaciones empotradas F/411
   - 1.2.3. Canalizaciones aéreas o con tubos al aire F/413
   - 1.2.4. Tubos en canalizaciones enterradas F/414
2. Instalación y colocación de los tubos F/416
   - 2.1. Prescripciones generales F/416
   - 2.2. Montaje fijo en superficie F/417
   - 2.3. Montaje fijo empotrado F/418
   - 2.4. Montaje al aire F/419
3. Canales protectoras F/420
   - 3.1. Generalidades F/420
   - 3.2. Características de las canales F/420
4. Instalación y colocación de las canales F/421
   - 4.1. Prescripciones generales F/421

1. Generalidades

1.1. Las principales estructuras de la distribución en BT

La distribución BT empieza después del C.G.D., incluyendo las líneas y los cuadros de distribución.
La canalización reagrupa los conductores aislados y sus medios de fijación y protección mecánica; o sea, la realización concreta de los circuitos eléctricos.

La división en circuitos

Es la disponibilidad de la energía eléctrica, que condiciona la división en circuitos. Ello permite:
- Limitar las consecuencias de un defecto al circuito que concierne.
- Facilitar la localización de un defecto.
- Permite las operaciones de mantenimiento de un circuito, manteniendo el resto de la instalación en tensión.

De una forma general podemos establecer los siguientes circuitos diferentes:
- Para alumbrado (fuente de la mayoría de defectos de aislamiento).
- Para las tomas de corriente.
- Para los equipos de calefacción y climatización.
- Para la fuerza motriz.
- Para la alimentación de elementos auxiliares (circuitos de control, mando...).
- Para los elementos de seguridad (alumbrado de seguridad, circuitos de servicio de incendios, etc.).

Las principales configuraciones de distribución de BT se describen en el transcurso del capítulo.

La distribución radial arborescente es la más utilizada. Se puede realizar con conducciones tradicionales o con canalizaciones prefabricadas.

Distribución radial arborescente

De uso general, es la más empleada.
Se puede realizar tal como se indica en los esquemas adjuntos.
Ventajas:
Sólo el circuito en defecto queda fuera de servicio.
La localización de los defectos es fácil.
Las operaciones de mantenimiento no necesitan el corte general del suministro.
Inconvenientes:
Un defecto en el origen implica toda la instalación.

Con conductores

En edificios destinados a una aplicación concreta (doméstico, agricultura...).
Ventajas:
Pocas dificultades de paso (de los tubos, canaletas...).

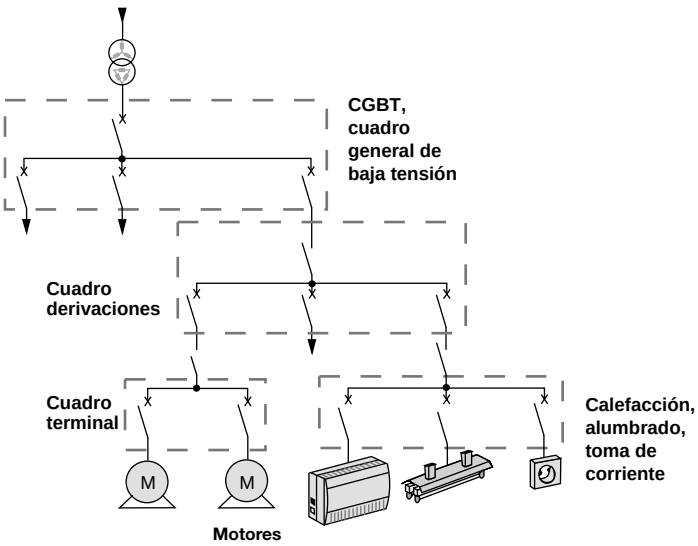


Fig. F1-001: *distribución radial arborescente a 3 niveles con conductores.*

Con canalizaciones prefabricadas a nivel divisionario (industrias y sector terciario)
Ventajas:
Flexibilidad de instalación, facilidad de puesta en servicio (reducción muy importante de la carga incendiaria...).

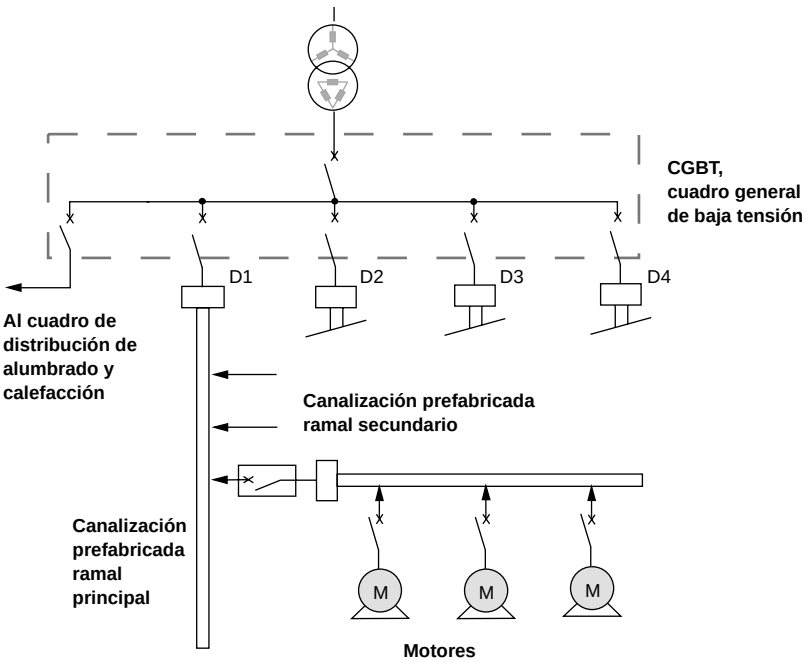


Fig. F1-002: *distribución radial arborescente con canalizaciones prefabricadas (Canalis KN).*

Con canalizaciones prefabricadas a nivel terminal (oficinas, laboratorios...)
Ventajas:
Flexibilidad y estética de circuitos terminales, en los locales con necesidades evolutivas, facilidad de puesta en servicio.

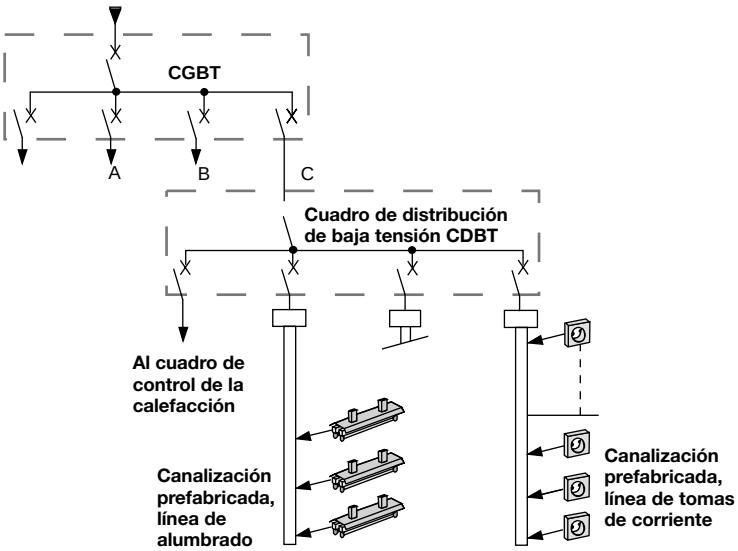


Fig. F1-003: *distribución radial arborescente con sistemas prefabricados a nivel terminal.*

Distribución radial pura (llamada de peine)
Se utiliza para el mando centralizado de procesos industriales, conjuntos de motores de grandes máquinas o procesos.
Ventajas:
En caso de defecto implica un solo circuito.
Inconvenientes:
Multiplicidad de circuitos.
Las características de la aparamenta de protección y maniobra de los circuitos debe ser de gran prestación mecánica y eléctrica por su proximidad a la fuente de suministro.

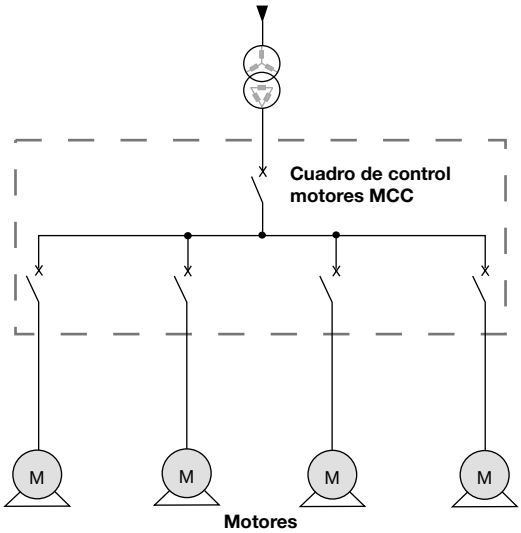


Fig. F1-004: *distribución radial pura (llamada de peine).*

1.2. El cuadro eléctrico

El punto de partida del estudio de una instalación eléctrica y de la implantación geográfica del cuadro general de BT, es función del reparto geográfico de las cargas en el edificio.
La fuente de alimentación (acometida o centro de transformación), es conveniente que se sitúe, si es posible, en el centro de las cargas, y en su defecto, como mínimo, en el cuadro general de BT.



Fig. F1-005: *cuadro general de BT.*

1.3. El neutro

En las instalaciones importantes son necesarias dos tensiones en función de los receptores:
■ 400 V para la alimentación de circuitos de potencia.
■ 230 V para la alimentación de circuitos de alumbrado y tomas de corriente.
Si el neutro está distribuido (forma general de distribución en España), no hay problema.
Si el neutro no está distribuido, la utilización de transformadores BT/BT permite disponer de un neutro.
Estos transformadores presentan la ventaja de separar galvánicamente los circuitos, autorizando un cambio de régimen de neutro y mejorando el aislamiento general.

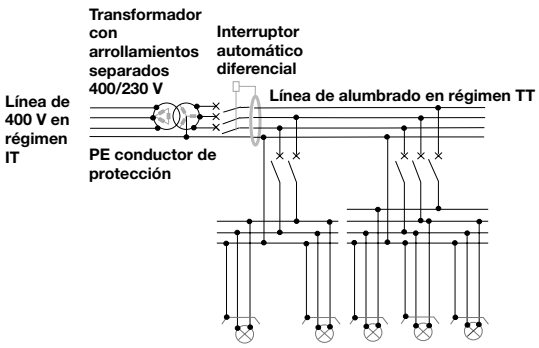


Fig. F1-006: *utilización de transformadores BT/BT con bobinados separados monofásicos o trifásicos.*

2. La calidad de la energía eléctrica

Se deben dar los medios necesarios para asegurar la continuidad de suministro y la calidad de la energía suministrada a los bornes de un receptor.
Ver el 4.º Volumen “Gestión Técnica de edificios, el control energético y la seguridad”.

2.1. La continuidad de la energía eléctrica

La continuidad de servicio de la energía eléctrica se obtiene, generalmente, con la división de los circuitos y la utilización de varias fuentes de alimentación, puestas, total o parcialmente, al mismo servicio.
En realidad disponemos de alternativas tales como:
- Las fuentes de socorro en los puntos críticos.
- Doblaje del suministro.
- La elección del régimen de neutro.
- Un correcto estudio de selectividad.

La división de las instalaciones y la utilización de varias fuentes

Si la potencia es importante, la instalación de diferentes centros de transformación permite aislar los receptores de dificultades y características particulares:
- Del nivel de aislamiento susceptible de variación.
- De la sensibilidad a los armónicos (informática).
- De las bajadas o fallos de tensión de los generadores (arranque de motores de fuerte potencia).
- De los generadores de armónicos.

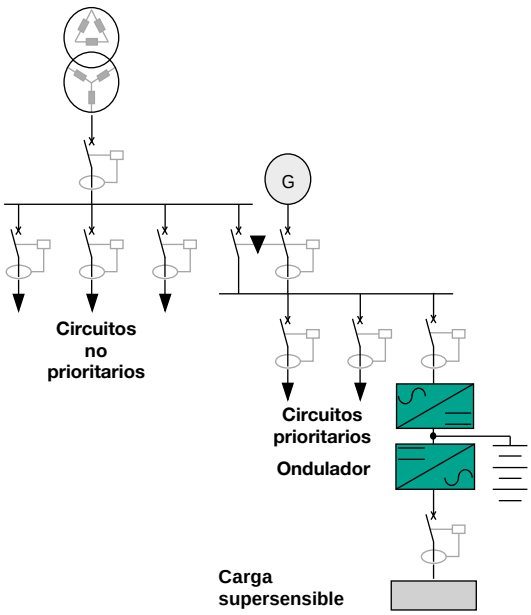


Fig. F2-001: *ejemplo de asociación de alimentación de socorro y subdivisión de circuitos.*

La instalación de alimentaciones de socorro

Dos centros de transformación CT, los grupos electrógenos, las centrales particulares, las alimentaciones estáticas ininterrumpidas (SAI), los bloques autónomos de alumbrado de emergencia, son ejemplos válidos.

La subdivisión de los circuitos

De esta forma un defecto que afecte un circuito de importancia secundaria no impide la alimentación de un circuito prioritario.
La separación de circuitos, en función de las reglamentaciones y las características de la explotación, es una subdivisión necesaria para una buena fiabilidad de producción.

El doblaje de suministros

En zonas con más de una compañía de suministro de energía eléctrica.

La adecuada elección del régimen de neutro

El esquema IT en particular evita la desconexión al primer defecto de aislamiento. Utilizado en un entorno adaptado, permite evitar toda interrupción de alimentación.
En los apartados 4 y 5 de este capítulo, se desarrolla el tema de la elección del régimen de neutro.

Nota: El esquema IT es de obligada instalación, según la normativa vigente, en quirófanos y salas de rehabilitación.

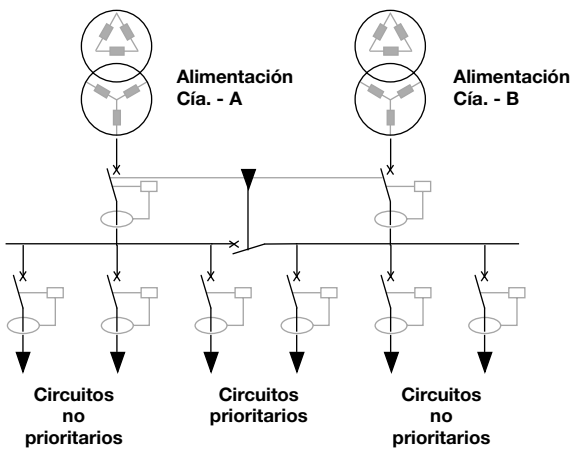


Fig. F2-002: *ejemplo de alimentación por dos fuentes distintas y división de circuitos.*

La selectividad de las protecciones

Contra las sobreintensidades o los defectos a tierra, evita la puesta fuera de tensión de toda o parte de la instalación en caso de defecto en un circuito determinado.
Circunscribe la apertura al aparato inmediatamente aguas arriba del defecto.

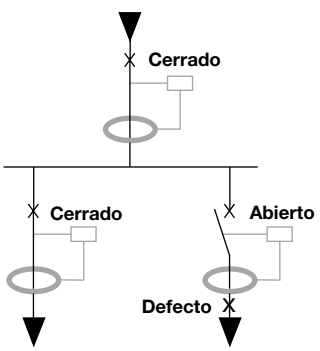


Fig. F2-003: *principio de selectividad.*

2.2. La calidad de la energía eléctrica

Las redes de distribución pública o privada son fuentes de perturbaciones de carácter continuo o simplemente transitorio. La convivencia con estas perturbaciones la denominamos compatibilidad electromagnética “CEM”.
Cuantas menos perturbaciones, o mejor controladas, mayor calidad.

Compatibilidad electromagnética “CEM”

Las normas definen la compatibilidad electromagnética “CEM” como: la aptitud de un dispositivo, aparato o sistema, para funcionar en su entorno electromagnético de forma satisfactoria y sin producir perturbaciones electromagnéticas intolerables para cualquier otro dispositivo situado en el mismo entorno.

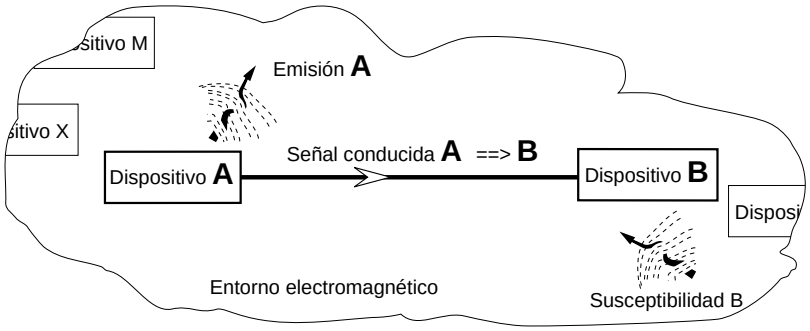
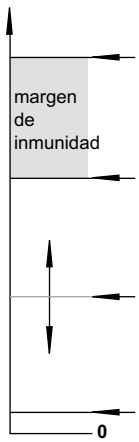


Fig. F2-004: *principios de la “CEM”.*

Campo de aplicación

Llamamos sistema a un conjunto de equipos (aparamenta, motores, captadores...) que contribuye a la realización de una función determinada.
Es necesario indicar que, desde un punto de vista electromagnético, el sistema comprende todos los elementos que interactúan, incluidos los dispositivos de desacoplamiento de la red.
Las alimentaciones eléctricas, las conexiones entre los diferentes equipos, los dispositivos asociados y sus alimentaciones eléctricas, forman parte del sistema.

Nivel de perturbación



nivel de susceptibilidad:
nivel de perturbación a partir del cual un dispositivo o un sistema empieza a funcionar mal.

nivel de inmunidad:
nivel normalizado de perturbación que puede soportar un dispositivo o un sistema.

nivel de compatibilidad electromagnética:
nivel máximo especificado de perturbaciones que cabe esperar en un entorno dado.

límite de emisión:
nivel normalizado de emisión que un dispositivo no debe superar.

Fig. F2-005: *niveles de perturbación.*

Esto significa que:
■ El nivel de inmunidad de cada aparato es tal que su entorno electromagnético no lo perturba.
■ Su nivel de emisión de perturbaciones debe ser lo suficientemente bajo como para no perturbar los aparatos situados en su entorno electromagnético.

Definición de una perturbación electromagnética
Cualquier fenómeno electromagnético que pueda degradar el funcionamiento de un dispositivo, equipo o sistema...
La perturbación electromagnética puede ser un ruido electromagnético, una señal no deseada o una modificación del propio medio de propagación.

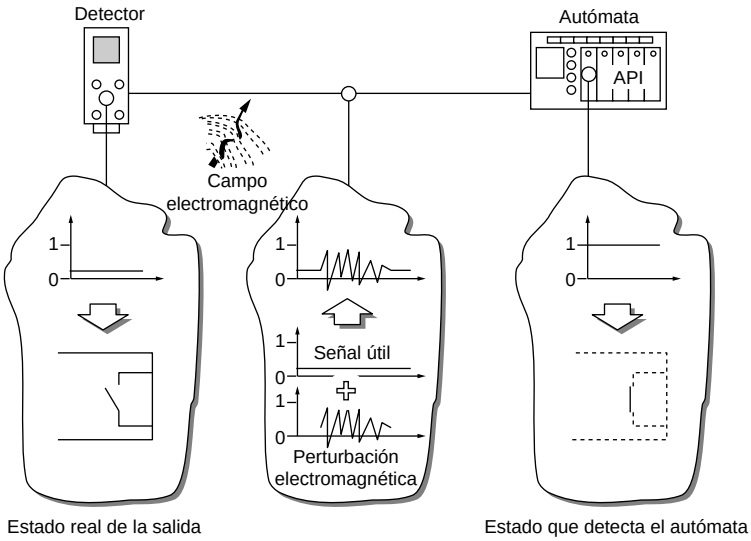
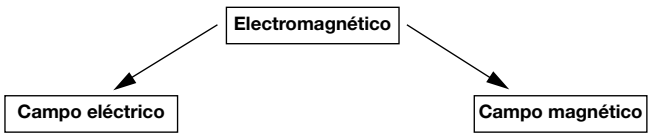


Fig. F2-006: *concepto de la perturbación y efecto.*

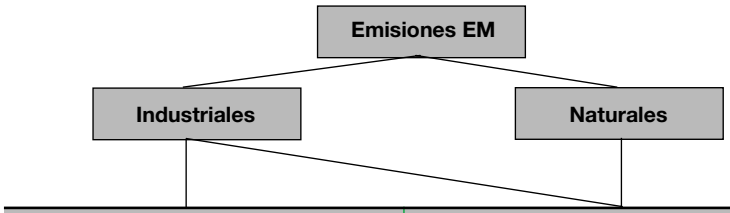
Como su nombre indica, la perturbación electromagnética se compone de un campo eléctrico $\vec{E}$ generador, producido por una diferencia de potencial, y de un campo magnético $\vec{H}$, que tiene su origen en la circulación de una corriente I por un conductor.



La perturbación electromagnética "parásita" no es más que una señal eléctrica no deseada que se suma a la señal útil.

Esta señal se propaga por conducción, a través de los conductores, y por radiación, a través del aire.

Origen de las emisiones electromagnéticas



Conscientes	No intencionadas
Emisiones de radiodifusión. Emisiones de televisión. Walkie Talkie. Teléfonos móviles. Radares. Etc.	**Accidentales** Cortocircuitos. Conexión a tierra imprevista. **Permanentes** Proceden de la explotación cotidiana. Todos los sistemas de activación y desactivación de una señal eléctrica (contacto seco, transistor de "potencia"...), tales como: Contacto, relé, onduladores, fuentes conmutadas, sistemas de encendido de motores de explosión, colectores de motores, reguladores electrónicos... Lámparas de descarga y fluorescentes. Equipos que utilizan relojes (PC, PLC). Etc.
Dispositivos para el tratamiento de materiales: – Fusión, soldadura con y sin aporte de materiales... – Hornos de inducción (secado de madera...). – Lámpara de plasma... Etc.	

Tipo de perturbaciones

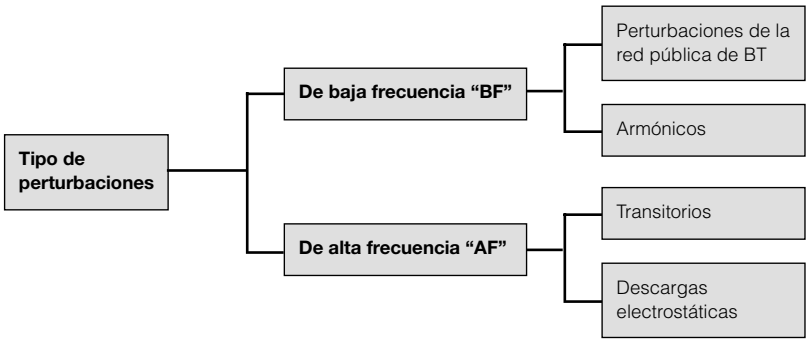


Tabla F2-008: *tabla de clasificación de las perturbaciones.*

■ **Perturbaciones de baja frecuencia "BF":**
□ **Zona de frecuencia:** 0 < frecuencia < 1 a 5 MHz.
Las perturbaciones de baja frecuencia "BF" se producen en la instalación principalmente por conducción (conductores).
□ **Duración:** generalmente prolongada (algunas decenas de ms).
En algunos casos, el fenómeno puede ser permanente (armónico).
□ **Energía:** la energía conducida puede ser elevada y, como resultado, los aparatos interconectados funcionan mal o se averían.
W (Julios) = **U** (V) · **I** (A) · **t** (seg)

■ **Perturbaciones de la red pública de alimentación “BT”:**
□ **Tensión:** variaciones, cortes, caídas, sobretensiones.
□ **Frecuencia:** variaciones.
□ **Forma de onda:** armónicos, transitorios, corrientes portadoras.
□ **Fases:** desequilibrio.
□ **Potencia:** cortocircuitos, sobrecargas (efectos sobre la tensión).

■ **Perturbaciones de alta frecuencia “AF”:**
□ **Zona de frecuencia:** frecuencia ⩾ 30 MHz.
Las perturbaciones de alta frecuencia “AF” se producen en la instalación principalmente por radiación (aire).
□ **Duración:** impulsos AF. Tiempo de subida del impulso ≤ 10 ns.
El fenómeno puede ser permanente (rectificadores, relojes...).
□ **Energía:** generalmente, la energía radial es baja y, como resultado, los dispositivos del entorno funcionan mal.

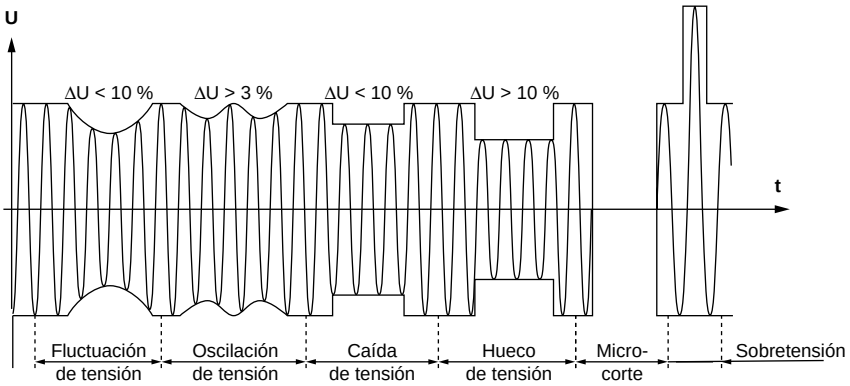


Fig. F2-009: *ejemplos de perturbaciones en la red de BT.*

F
2

Perturbaciones de la red pública de BT				
Designación	**Amplitud de la variación**	**Duración del fallo**	**Origen**	**Consecuencias**
Fluctuación de tensión Oscilación de tensión	ΔU < 10% (variación lenta) CEI 38 CEI 1000-3-3 CEI 1000-3-5 ΔU > 3 %		• Hornos de arco • Grupos de sondadura • Cargas importantes con arranques frecuentes... (compresores, ascensores)	• No tiene consecuencias en los equipos • Intermitencia del alumbrado
Caída de tensión	ΔU < 10 % (variación rápida)		• Conmutación de cargas importantes (arranque de motores grandes, calderas eléctricas, hornos eléctricos...)	
Hueco de tensión	10 % ⩽ ΔU o 100 CEI 1000-2-2	10...500 ms El corte y el hueco son **impulsionales:** < 10 ms **cortos:** 10 ms a 300 ms	Corriente de llamada a la conexión de: • Motores grandes y "arranques al vuelo" • Grandes transformadores. Baterías de condensadores • Cortocircuito en la red de suministro principal BT (viento, tormenta, fallo del abonado vecino) Corte provocado por un interruptor automático con reenganche automático	• Caída de relés rápidos que provocan graves problemas en los procesos • Fallo de la alimentación (si ΔU > 30 %) • Fallo en el frenado de los motores • Garantizar una buena inmunidad, sobre todo en los autómatas, los captadores... • Pérdida de par en motores asíncronos
Microcortes	ΔU = 100 %	**cortos:** 10 ms a 1 min. **largos:** 0,3 s a 1 min. **permanentes:** > 1 min.	Corriente de llamada a la conexión de: • Motores grandes y "arranque al vuelo" • Grandes transformadores • Baterías de condensadores si t ⩽ 10 ms = fenómeno transitorio	• Fallo de alimentación
Sobretensiones	ΔU > 10 %	**impulsionales**	• Accidental (errores de conexión) • Maniobra en la red de MT	• Fallo de los componentes electrónicos • Es imprescindible tenerlas en cuenta al diseñar e instalar aparatos electrónicos • Generalmente no tiene consecuencias para los componentes eléctricos tradicionales

Tabla F2-010: *tabla de las perturbaciones de las redes de distribución más comunes.*

■ **Consecuencias y soluciones**

Intentaremos citar algunas de las numerosas consecuencias y sus posibles soluciones:

Para la aparamenta: riesgo de una punta de intensidad al retorno de la tensión de la red y por tanto una desconexión general. La solución es un equipo de desconexión y conexión automática de otra fuente.

Para las aplicaciones: perturbaciones importantes, por ejemplo:

En la gestión: pérdidas de información o destrucción de programas informáticos. Pérdida del alumbrado específico (pistas de aeropuertos).

En los procesos: ruptura o pérdida de control, con riesgos físicos y económicos, según proceso.

La solución es la instalación de un ondulador, de tiempo de respuesta prácticamente cero, para los circuitos prioritarios definidos por un estudio profundo de causas y efectos.

Para los motores: riesgo de cortocircuito entre la tensión y la fuerza contra electromotriz generada por la inercia y excitación del motor, en un bajón o falta de tensión de red.

La solución: dimensionar el circuito para puntas de aportación de energía de tres veces la intensidad nominal del motor durante el período de máxima inercia y reducir al máximo la inercia.

Para las lámparas de descarga: el tiempo de reencendido, sobre todo para las de vapores metálicos, debe tenerse en cuenta en función de su utilización.

■ **Armónicos**

Con independencia de su forma, una señal periódica puede descomponerse matemáticamente en una suma de señales sinusoidales con amplitudes y fases diferentes, cuya frecuencia es un múltiplo entero de la fundamental.

□ **Fundamental:** frecuencia más baja y útil de la señal.

Procede de la descomposición de una señal en una serie de Fourier.

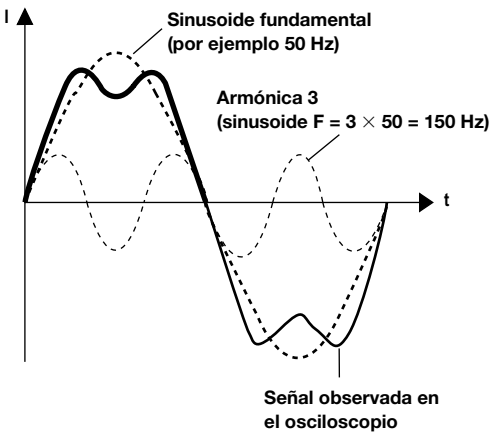


Fig. F2-011: *representación temporal.*

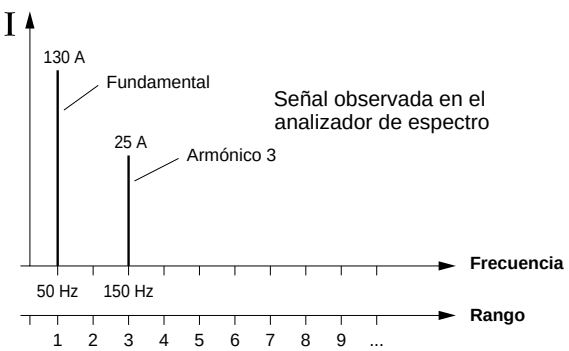


Fig. F2-012: *representación espectral.*

F
2

Las perturbaciones armónicas son de baja frecuencia "BF" y se transmiten principalmente por "conducción".

Indice de distorsión armónica (IDA)

El índice de distorsión armónica total permite calcular la deformación de una señal cualquiera respecto de la señal sinusoidal fundamental (rango 1):

$$IDA\ \% = \sqrt{\Sigma_2^n \left(\frac{A_i}{A_1}\right)^2}$$

Que puede simplificarse como sigue:

$$IDA \approx \frac{\Sigma \text{ Amplitudes de todos los armónicos} > 2}{\text{Amplitud de la fundamental o armónico de rango 1}}$$

El efecto de los armónicos de rango superior a 40 sobre índice de distorsión armónica es despreciable (pero su efecto sobre las instalaciones no es despreciable).

Todas las cargas (receptores) no lineales (alumbrado fluorescente, rectificador...) consumen una corriente no sinusoidal y, por tanto, generan corrientes armónicas.

■ **Origen**

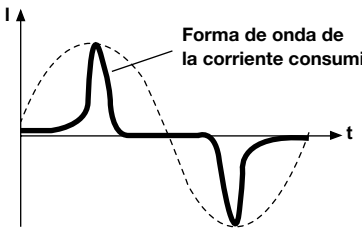


Fig. F2-013: *corriente consumida por un tubo fluorescente.*

La fuente de alimentación transforma estas corrientes armónicas en tensiones armónicas por medio de su impedancia "Z" interna:

$$U = Z \cdot I$$

Esta tensión armónica conducida por la red es la que genera perturbaciones en otros receptores.

■ **Principales generadores de armónicos:**

- Onduladores, convertidores directos de corriente continua.
- Puentes rectificadores (electrólisis, grupos de soldadura, etc.).
- Hornos de arco.
- Hornos de inducción.
- Arrancadores electrónicos.
- Variadores de velocidad.
- Convertidores de frecuencia para motores asíncronos y síncronos.
- Electrodomésticos tales como los televisores, lámparas de descarga, tubos fluorescentes, etc.
- Circuitos magnéticos saturados (transformadores).

Este tipo de receptores se utiliza cada vez más y la "potencia" que controlan es cada vez más alta, de ahí la importancia creciente de las perturbaciones.

■ **Principales receptores de armónicos**

■ **Consecuencias**

La no consideración de los armónicos conlleva, además de otras, las siguientes consecuencias:

- Subdimensionamiento de ciertas partes de la instalación.
- Subdimensionamiento de los conductores de alimentación.
- Subdimensionamiento del neutro, particularmente en los circuitos de alumbrado, con lámparas fluorescentes o de descarga.

Ejemplo: un valor del 33 % del armónico 3 sobre un circuito trifásico + neutro, produce una carga sobre el neutro de un 100 % (dimensionar el neutro con la misma sección de la fase).

□ Subdimensionamiento de los alternadores de grupos electrógenos, según la calidad del alternador (valor de la reactancia subtransitoria) y la naturaleza de las cargas. Si alimentan rectificadores u onduladores, consultar a los fabricantes.
□ Subdimensionamiento de baterías de condensadores.
□ Calentamientos localizados de los circuitos magnéticos de los motores.
□ Fenómenos de resonancia posibles con baterías de condensadores; el fabricante debe proponer los filtros adecuados (por ejemplo inductancias para 190 Hz).

Receptores	Resultado de la perturbación
Motores síncronos	Calentamientos suplementarios
Transformadores	Pérdidas y calentamientos suplementarios. Riesgos de saturación si se producen armónicos pares
Motores asíncronos	Calentamientos suplementarios, principalmente en motores de jaula y especialmente en los de aletas. Pares pulsatorios
Cables	Aumento de las pérdidas resistivas y dieléctricas
Ordenadores	Problemas de funcionamiento provocados, por ejemplo: por los pares pulsatorios de los motores
Electrónica de "potencia"	Problemas relacionados con la forma de onda (conmutación, sincronización, etc.)
Condensadores	Calentamiento, envejecimiento, resonancia del circuito, etc.
Reguladores, relés, contadores	Mediciones falseadas, funcionamiento intempestivo, pérdida de precisión, etc.

Tabla F2-014: *tabla de los receptores sensibles de ser perturbados y tipo de perturbación.*

■ Soluciones

De una forma general, una instalación no puede tolerar un porcentaje importante de armónicos; a título orientativo un 5 % es normal.
El control de los armónicos consiste en:
□ Utilización de transformadores BT/BT, para aislar los generadores de armónicos.
□ La instalación de filtros, que pueden ser de dos tipos:
– La resonancia shunt: muy eficaces, particularmente para armónicos particulares, por ejemplo el de rango 5.
– Filtros de amortiguamiento: menos eficaces pero para un número de rangos de armónicos mayor.
□ Los compensadores activos.
En el cuaderno técnico n.º 152 de Merlin Gerin y en el volumen 4.º del Manual teórico-práctico "K. Gestión Técnica de Edificios, el control energético y la seguridad", encontrarán información completa o si no deberá consultar a los fabricantes del producto.
A lo largo de la extensión de este manual intentaremos exponer: el saber hacer, en función de las precauciones a tomar con respecto a los armónicos.

■ Perturbaciones de alta frecuencia:

□ Transitorios

Con el término “perturbaciones transitorias por sobretensión” englobamos las de carácter de maniobra y las atmosféricas. Nos referimos a las sobretensiones por impulsos acopladas a las redes eléctricas, que se encuentran de forma conducida en los cables de alimentación y en las entradas de control y señal de los equipos electrónicos.

□ Transitorios, sobretensiones de maniobra (maniobra)

Características de los transitorios normalizados por la CEI 61.000-4-4.
Los elementos significativos de estas perturbaciones son:
– El muy bajo tiempo de subida del impulso > 5 ms.
– La duración del impulso > 50 ms.
– La repetitividad del fenómeno: ráfagas de impulsos durante > 15 ms.
– La frecuencia de repetición: sucesión de ráfagas cada > 300 ms.
– La muy baja energía de los impulsos = $1 \cdot 10^{-3}$ Julios.
– La muy alta amplitud de la sobretensión < 4 kV.

Ejemplo:

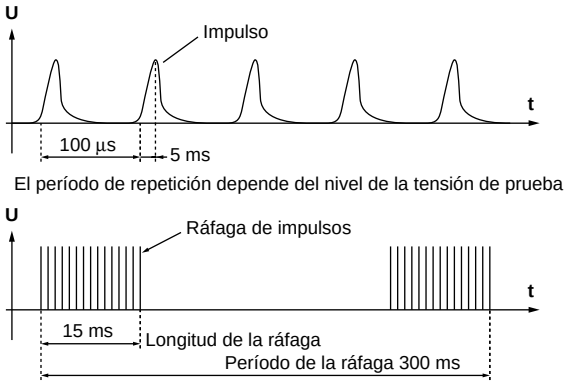


Fig. F2-015: *representación temporal de una perturbación transitoria.*

Según el tipo de la señal transitoria considerada, el espectro puede ser de banda ancha (0...100 MHz o más).

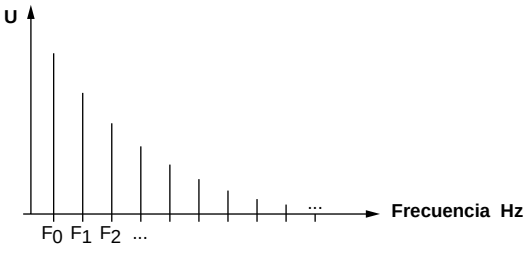


Fig. F2-016: *representación espectral de una perturbación transitoria.*

■ Origen

Proceden de la conmutación rápida de los “interruptores” mecánicos y sobre todo, electrónicos.
Cuando se conmuta un “interruptor”, la tensión en sus bornas pasa con mu-

cha rapidez de su valor nominal a cero y viceversa, generando variaciones bruscas y elevadas de la tensión (dv/dt) conductancia a través de los cables.
Las sobretensiones producidas por fugas de MT a BT.
Las puestas a tierra de las masas y el neutro en los CT, sirven para paliar este fenómeno limitando su valor.
Las sobretensiones producidas por rayos, llamadas sobretensiones atmosféricas afectan principalmente a las instalaciones conectadas directamente a la red pública (aérea).
Su nivel y su frecuencia de aparición son consecuencia del tipo de red (aérea o subterránea) y al nivel ceráunico de la zona.
Nivel ceráunico: Corresponde al número de días/año que hay tormenta en la zona considerada.
La fig. F2-020, expresa el nivel ceráunico en el territorio español.

■ Consecuencias y soluciones
Los receptores sensibles a las sobretensiones, instalados en industrias, en el sector terciario o en el doméstico, son capaces de soportar estas sobretensiones, hasta los límites de su propio nivel de aislamiento.

■ Elementos sensibles
Los motores (riesgos de defectos de aislamiento interno).
Equipos informáticos o electrónicos (riesgos de destrucción de los componentes electrónicos y pérdidas o alteración de la información), requieren una protección específica.

■ En las instalaciones industriales
La protección contra las sobretensiones se considera como realizada hasta un nivel determinado, puesto que los materiales deben superar un test para fenómenos transitorios.

■ Ensayo a frecuencia industrial
La tensión de ensayo es generalmente de 2 U+1000 voltios/1 min.
En los esquemas de régimen de neutro IT, la presencia obligatoria de limitadores descargadores de sobretensiones a frecuencia industrial, protegen la instalación.

■ Medidas contra las sobretensiones transitorias
Consisten en la instalación de materiales con aislamiento suficiente y la instalación complementaria de pararrayos y descargadores, en el origen de la instalación y en los cuadros de distribución, coordinados entre ellos.
La interposición de transformadores de aislamiento reduce los efectos.

■ Valores de aislamiento de los materiales
Deben soportar el ensayo de la onda de choque normalizada, tensión de impulso (U_{imp} de 1,25/50 µs).

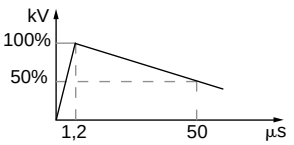


Fig. F2-017: *onda de choque normalizada para ensayos 1,2/50 µs.*

La tabla F2-018 indica los valores de riesgo propios de la instalación en función del punto considerado de la instalación.

Nota: los materiales instalados entre 0 y 2000 m de altitud, sus valores de aislamiento a las ondas de choque deben tener un valor superior en un 23% a los reseñados en la tabla F2-018.

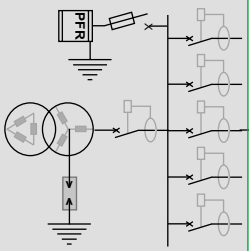
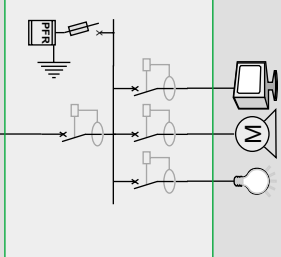
Niveles de penetración de las sobretensiones atmosféricas			
Tensión nominal de la instalación	Zonas		
	 al origen de la instalación CGBT	 en los circuitos de distribución CDBT	a nivel de receptores
230/400 V	6 kV	4 kV	2,5 kV
400/690 V	8 kV	6 kV	4 kV

Tabla F2-018: *nivel presumible de sobretensiones transitorias a lo largo de una instalación.*

■ El aparellaje industrial

Los niveles indicados en la tabla F2-019 corresponden a la norma CEI 947.
Durante los ensayos no se debe producir ningún cebado entre las fases, entre los contactos abiertos o entre las fases y la masa.
La tabla F2-019 prevé un ensayo para los aparatos con mando en la parte frontal (clase II) para la seguridad del operador.

Nota: todos los interruptores automáticos Compact y Masterpact cumplen los ensayos de clase II.

■ Utilización de pararrayos

La utilización de pararrayos es una obligatoriedad para toda alimentación con líneas aéreas largas de acuerdo con el nivel ceráunico de la zona.

Ensayo de aislamiento a la tensión de choque			
Aplicación de la tensión de choque	Valores de la tensión de choque		
	Interruptor automático	Interruptor automático seccionador	Interruptor automático seccionador + clase II carátula frontal
Entre fases	9,8 kV	9,8 kV	9,8 kV
Entre bornes de un interruptor automático abierto	9,8 kV	12,3 kV	12,3 kV
Entre fase y masa	9,8 kV	9,8 kV	14,7 kV

Tabla F2-019: *niveles de ensayo de las ondas de choque para interruptores automáticos marcados* U_{imp} *= 8 kV.*

Es recomendable su instalación siempre que alimente receptores sensibles a las sobretensiones independientemente del nivel ceráunico.
Esta utilización:
□ Puede crear situaciones peligrosas puesto que el pararrayos puede actuar hasta el fin de su vida. Podemos pues utilizar pararrayos con desconexión automática o protegerlos con un dispositivo diferencial que nos indique su estado.
□ Necesita una coordinación con los interruptores diferenciales de la instalación, principalmente con el de cabecera. Utilizaremos un diferencial tipo S o su equivalente en aparellaje industrial para evitar la desconexión general en caso de actuación normal del pararrayos (descarga de una corriente a la tierra, susceptible de provocar la desconexión del diferencial instantáneo).

■ Niveles ceráunicos del territorio español

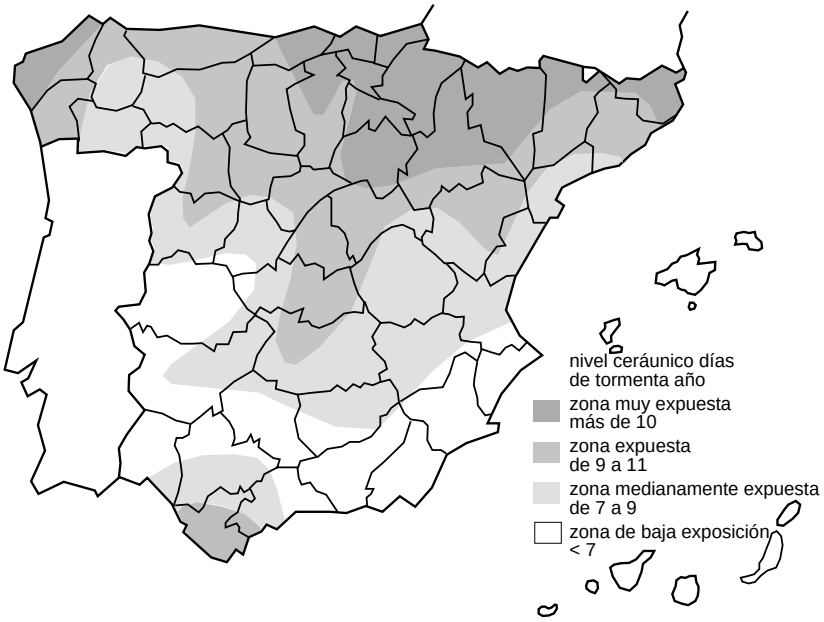


Fig. F2-020: *niveles ceráunicos de España.*

Descargas electrostáticas “DES”

Con el término “descarga electrostática”, nos referimos a los impulsos de corriente que recorre un objeto conectado a masa y que entra en contacto (directo o indirecto) con otro, cuyo potencial con respecto a la masa del anterior es elevada.

■ Características de las descargas electrostáticas normalizadas (tipo CEI 100-4-2)

Los elementos significativos de estas perturbaciones son:
El muy bajo tiempo de subida del impulso ≅ 1 ns.
La duración del impulso ≅ 60 ns.
El carácter aislado del fenómeno: 1 descarga.
La muy alta tensión que origina la descarga (2...15 kV).

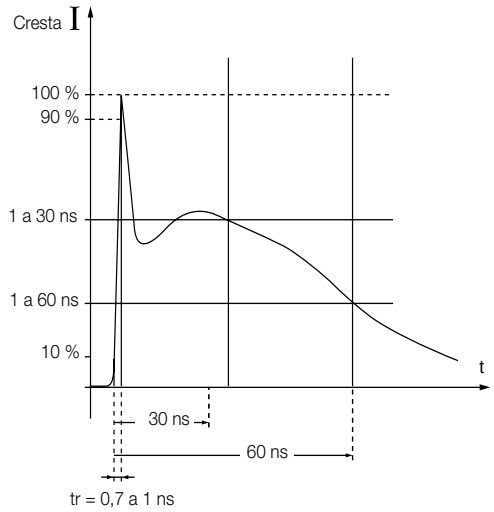


Fig. F2-021: *representación temporal de una descarga electrostática.*

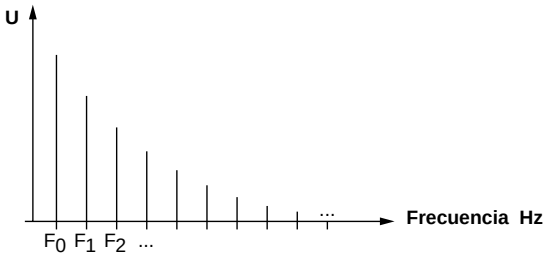


Fig. F2-022: *representación espectral. Espectro de banda ancha (0...1000 MHz).*

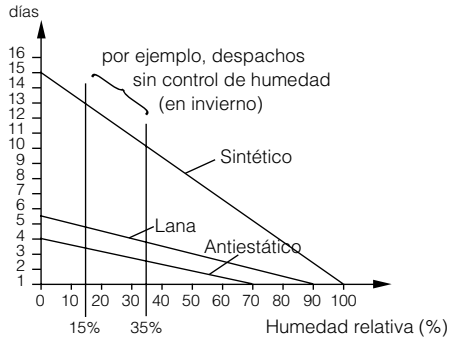


Fig. F2-023: *valores máximos de tensión electrostática con que pueden cargarse los operarios.*

■ Origen

Las cargas electrostáticas proceden del intercambio de electrones entre los materiales o entre el cuerpo humano y los materiales. La combinación de materiales sintéticos (plásticos, tela...) y un ambiente seco favorece este fenómeno.

■ Fuentes principales

El fenómeno se produce, por ejemplo, cuando una persona camina sobre suelo de moqueta (intercambio de electrones entre el cuerpo y el tejido), debido al frotamiento de la ropa con la silla en la que está sentado el operario.
Las descargas pueden producirse entre una persona y un objeto o entre dos objetos cargados.

■ **Efectos**

Cuando la tensión electrostática acumulada en un operario se descarga en un dispositivo, éste puede funcionar mal o incluso estropearse.
Las perturbaciones por descargas electrostáticas se transmiten por conducción, pero se acoplan fácilmente por radiación.

■ **Conclusiones**

La compatibilidad electromagnética concierne a las sobretensiones y a todos los fenómenos electromagnéticos conducidos o irradiados.
Los aparatos conectados a una instalación eléctrica pueden ser sensibles o generadores a/de perturbaciones electromagnéticas:
En forma de descargas electrostáticas.
En forma de irradiaciones electromagnéticas (ondas hercianas, talkie-walkies, etc.).
Por conducción en los conductores de la instalación.

Ejemplos: la apertura de electroimanes del aparellaje de maniobra (bobinas de contactores).

La Directiva Europea sobre la Compatibilidad Electromagnética del 3 de marzo de 1989, impone un nivel máximo de emisión electromagnética en las instalaciones eléctricas y en los aparatos.

Niveles de compatibilidad a aplicar a los materiales

Perturbación	Referencia	Nivel mínimo	Nivel aconsejado
descargas electrostáticas	CEI 801-2	nivel 3 (8 kV)	nivel 4 (15 kV)
campos radioeléctricos	CEI 801-3	nivel 2 (3 V/m)	nivel 3 (10 V/m)
transitorios cortos (rebote de contactos)	CEI 801-4	nivel 2	nivel 4
sobretensiones transitorias	CEI 60,2 al origen de la instalación 690 V 400 V otros casos 690 V 400 V	 10 kV 7,5 kV 7,5 kV 5 kV	
ondas de corriente (el rayo, sobretensiones de maniobra)	CEI 8/20 µS (en curso de elaboración)	80 A	200 A

Tabla F2-024: *niveles de compatibilidad electromagnética a aplicar a los materiales.*

F
2

Las aplicaciones prácticas están en estudio en el momento de la confección de esta publicación.
En la práctica está un poco en “el buen saber hacer”, consiste en realizar la instalación con la ayuda de equipos compatibles con el entorno:

(divide y vencerás)

(podemos cohabitar con valores débiles)

En las aplicaciones particulares, con grandes potencias electromagnéticas, consultar a especialistas.
Para las aplicaciones rutinarias, con ausencia de información precisa, utilizar preferentemente material que cumpla las condiciones expresadas en la tabla F2-024 e instalarlo atendiendo a las instrucciones de este manual y en su defecto al Manual didáctico de la Compatibilidad electromagnética "CEM" de Telemecanique.

La energía de alta calidad

Es posible organizar en el interior de una instalación eléctrica de baja tensión la distribución de la energía en alta calidad, con circuitos distintos a los de la distribución normal.
El objetivo es alimentar las aplicaciones sensibles (informática, automatización, cajas registradoras...) en energía exenta de polución, según lo mencionado a lo largo del capítulo, a un justo coste.
El esquema de la fig. F2-025, representa un cuadro general de BT, óptimo para una excelente distribución.
La energía de alta calidad es suministrada a la parte de instalación que la requiere por medio de un doble suministro, red pública o generador particular, y para compensar los tiempos muertos de la conmutación un ondulador con baterías de acumuladores.
El grupo electrógeno con su propia autonomía en reserva de gasóleo permite suministros de larga duración.
Si realizamos la instalación de conformidad a las instrucciones que impartiremos en este manual y las complementarias expresadas en el cuaderno técnico de Merlin Gerin n.º 148, dispondrá de una instalación de alta disponibilidad.

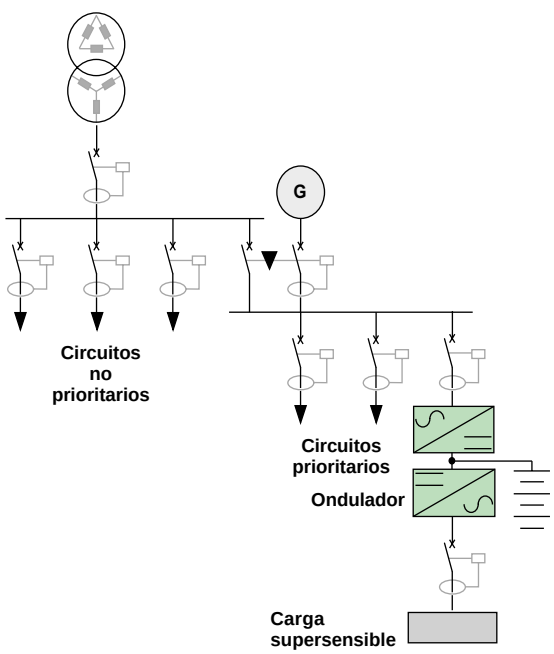


Fig. F2-025: *ejemplo de distribución eléctrica de alta calidad.*

Para cumplir la directiva de responsabilidad civil, 85|374|CEE de julio de 1985 y la Ley equivalente LEY 22|1994, de 6 de julio, que considera explícitamente la electricidad como un producto. La norma UNE - EN 50160. Características de la tensión suministrada por las redes generales de distribución, que indica los parámetros de calidad, y el Real decreto 1955|200 de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica y las futuras especificaciones técnicas de la misma. El "Decret 329|2001, de 4 de desembre, pel qual s'aprova el Reglament del subministrament elèctric". Consideramos oportuno exponer de forma resumida los parámetros a controlar y los efectos que los generan, de una forma más amplia y concisa en el apartado K4. "Qué debemos controlar para determinar la calidad de la energía eléctrica", del 4.º Volumen del Manual teórico-práctico de Schneider, y en todo el volumen dedicado a la "Gestión Técnica de Edificios, el control energético y la seguridad".

3. Las instalaciones de seguridad y las alimentaciones de sustitución

Las instalaciones de seguridad están impuestas por la legislación.

3.1. Las instalaciones de seguridad

Las instalaciones de seguridad están regidas por las directivas y los reglamentos y el buen hacer de la normativa.

Afecta generalmente a:

■ **Locales de pública concurrencia:**
□ Los establecimientos para espectáculos y actividades recreativas:
– Cualquiera que sea su capacidad de ocupación, como por ejemplo cines, teatros, auditorios, estadios, pabellones deportivos, plazas de toros, hipódromos, parques de atracciones y ferias fijas, salas de fiesta, discotecas, salas de juegos de azar.
□ Locales de reunión, trabajo y usos sanitarios:
– Cualquiera que sea su ocupación: templos, museos, salas de conferencias y congresos, casinos, hoteles, hostales, bares, cafeterías, restaurantes o similares, zonas comunes en agrupaciones de establecimientos comerciales, aeropuertos, estaciones de viajeros, estacionamientos cerrados y cubiertos para más de 5 vehículos, hospitales, ambulatorios y sanatorios, asilos y guarderías.
– Si la ocupación prevista es de más de 50 personas: bibliotecas, centros de enseñanza, consultorios médicos, establecimientos comerciales, oficinas con presencia de público, residencias de estudiantes, gimnasios, salas de exposiciones, centros culturales, clubes sociales y deportivos.
■ **Los edificios de gran altura** (rascacielos).
■ **Los establecimientos con gran cantidad de personal** (tiene trato parecido a los edificios de pública concurrencia).

La ocupación prevista de los locales se calculará como 1 persona por cada 0,8 m^2 de superficie útil, a excepción de pasillos, repartidores, vestíbulos y servicios.
Para las instalaciones en quirófanos y salas de intervención se establecen requisitos particulares en el apartado L6-5. “Instalaciones eléctricas en función de la actividad - Locales de uso médico” en el 5.° Volumen, correspondiente a la ITC-BT-38.
Igualmente se aplican a aquellos locales clasificados en condiciones BD2, BD3 y BD4, según el apartafo F8. “Las influencias externas” de este volumen, correspondiente a la norma UNE 20.460-3 y a todos aquellos locales no contemplados en los apartados anteriores, cuando tengan una capacidad de ocupación de más de 100 personas.
Estas recomendaciones tienen por objeto garantizar la correcta instalación y funcionamiento de los servicios de seguridad, en especial aquellas dedicadas a alumbrado que faciliten la evacuación segura de las personas o la iluminación de puntos vitales de los edificios.

Mínimos de seguridad para garantizar el tránsito y la evacuación del personal, tales como:

■ El alumbrado de seguridad:
□ Alumbrado de evacuación.

□ Alumbrado de ambiente o antipánico.
□ Alumbrado de zonas de alto riesgo.
■ Los sistemas de alarma y alerta.
■ La detección automática de incendios.
■ Las instalaciones de extinción de incendios.
■ Los equipos de extracción de humos.
■ Los compresores de aire de los sistemas de extinción.
■ Las bombas de realimentación de agua.

Nota: existen otros reglamentos generales para instalaciones específicas, tales como para instalaciones petroquímicas, centrales nucleares, cementeras, alumbrado de túneles, señalización y alumbrado de aeropuertos, etc., los cuales no describiremos en este tratado.
Las fuentes para alumbrados de seguridad las trataremos en el capítulo J14. Aparamenta para múltiples alimentaciones y las múltiples alimentaciones en el apartado J16. Aparamenta para múltiples alimentaciones.

Suministros de sustitución:
■ Fuente propia de energía es la que está constituida por baterías de acumuladores, aparatos autónomos o grupos electrógenos.
■ La puesta en funcionamiento se realizará al producirse la falta de tensión en los circuitos alimentados por los diferentes suministros procedentes de la Empresa o Empresas distribuidoras de energía eléctrica, o cuando aquella tensión descienda por debajo del 70% de su valor nominal. El tiempo de conmutación es mínimo, del orden de algunos ms, en función del tiempo de respuesta de los mecanismos de conmutación. Para algunas aplicaciones existen SAI, Sistemas de Alimentación Ininterrumpida que alimentan permanentemente desde el ondulador y no existe interrupción (microcorte) de la alimentación. La capacidad mínima de las fuentes será: la necesaria para alimentar los circuitos de alumbrado de seguridad.

Suministros de emergencia:
■ Todos los locales de pública concurrencia deberán disponer de alumbrado de emergencia.
■ Deberán disponer de suministro de socorro los locales de espectáculos y actividades recreativas, cualquiera que sea su ocupación, y los locales de reunión, trabajo y usos sanitarios con una ocupación prevista de más de 300 personas.
■ Deberán disponer de suministro de reserva:
□ Hospitales, clínicas, sanatorios, ambulatorios y centros de salud.
□ Estaciones de viajeros y aeropuertos.
□ Estacionamientos subterráneos para más de 100 vehículos.
□ Establecimientos comerciales o agrupaciones de éstos en centros comerciales de más de 2.000 m^2 de superficie.
□ Estadios y pabellones deportivos.
■ Cuando un local se pueda considerar tanto en el grupo de locales que requieren suministro de socorro como en el grupo que requieren suministro de reserva, se instalarán suministros de reserva.
■ En aquellos locales singulares, tales como los establecimientos sanitarios, grandes hoteles de más de 300 habitaciones, locales de espectáculos con capacidad para mas de 1.000 espectadores, estaciones de viajeros, estacionamientos subterráneos con más de 100 plazas, aeropuertos y establecimientos comerciales o agrupaciones de éstos en centros comerciales de más de 2.000 m^2 de superficie, las fuentes propias de energía deberán poder suministrar, con independencia de los alumbrados especiales, la potencia necesaria para atender servicios urgentes indispensables cuando sean requeridos por la autoridad competente.

3.2. Las alimentaciones de sustitución o emergencia

Las alimentaciones de emergencia son una necesidad económica en infinidad de sectores, a consecuencia de un paro de suministro de energía por la fuente normal y de seguridad en otros.

Se encuentran en las numerosas aplicaciones donde un paro de suministro es perjudicial, tales como:
- Las instalaciones para la informática de gestión (bancos, bases de datos, aseguradoras, etc.).
- Procesos industriales (procesos continuos).
- Agroalimentarias (cámaras frigoríficas).
- Telecomunicaciones.
- Investigación científica.
- Centros hospitalarios.
- Centros militares de defensa y control.
- Servicios de seguridad
- Servicios de incendios
- Servicios hospitalarios
- Alumbrados de emergencia
- Alumbrados de señalización
- Ascensores
- U otros servicios urgentes indispensables que están fijados por las reglamentaciones específicas de las diferentes autoridades competentes en materia de seguridad.

Existen diferentes fuentes de seguridad que pueden utilizarse como alimentaciones de sustitución o emergencia y más de una para una misma finalidad. Siempre que una de ellas pueda alimentar todos los servicios de emergencia y que un fallo de una de ellas no afecte al funcionamiento de las otras.
Ver apartado J16. “Aparamenta para múltiples alimentaciones”, del 3.er Volumen.



Fig. F3-001: *ejemplos de fuentes de sustitución o emergencia: batería central, grupo electrógeno.*

3.3. Generalidades de las fuentes de sustitución o emergencia

Para los servicios de seguridad la fuente de energía debe ser elegida de forma que la alimentación esté asegurada durante un tiempo apropiado.
Para los servicios de seguridad para incendio, los equipos y materiales utilizados deben presentar, por construcción o por instalación, una resistencia al fuego de duración apropiada.
Se elegirán preferentemente medidas de protección contra los contactos indirectos sin corte automático al primer defecto, ver apartado G6. “Instalaciones en régimen IT”, del 2.° Volumen. En el esquema IT debe preverse un controla-

dor permanente de aislamiento que al primer defecto emita una señal acústica o visual.
Los equipos y materiales deberán disponer de forma que faciliten su verificación periódica, ensayos y mantenimiento.
Se pueden utilizar las siguientes fuentes de alimentación:
■ Baterías de acumuladores. Generalmente las baterías de arranque de los vehículos no satisfacen las prescripciones de alimentación para los servicios de seguridad.
■ Generadores independientes.
■ Derivaciones separadas de la red de distribución, efectivamente independientes de la alimentación normal.
■ Las fuentes para servicios complementarios o de seguridad deben estar instaladas en lugar fijo y de forma que no puedan ser afectadas por el fallo de la fuente normal. Además, con excepción de los equipos autónomos, deberán cumplir las siguientes condiciones:
■ Se instalarán en emplazamiento apropiado, accesible solamente a las personas cualificadas o expertas.
■ El emplazamiento estará convenientemente ventilado, de forma que los gases y los humos que produzcan no puedan propagarse en los locales accesibles a las personas.
■ No se admiten derivaciones separadas, independientes y alimentadas por una red de distribución pública, salvo si se asegura que las dos derivaciones no puedan fallar simultáneamente.
■ Cuando exista una sola fuente para los servicios de seguridad, ésta no debe ser utilizada para otros usos. Sin embargo, cuando se dispone de varias fuentes, pueden utilizarse igualmente como fuentes de reemplazamiento, con la condición de que en caso de fallo de una de ellas, la potencia todavía disponible sea suficiente para garantizar la puesta en funcionamiento de todos los servicios de seguridad, siendo necesario generalmente el corte automático de los equipos no concernientes a la seguridad.

3.4. Elección de las características de las fuentes de sustitución o emergencia

Los cortes casi invisibles, aquellos que duran unos milisegundos pero son suficientes para perturbar un equipo (de rehabilitación, informático, caída de contactores, etc.). Las fuentes de sustitución o emergencia, asociadas a onduladores de trabajo permanente, son suficientes para paliar el fallo.

Especificaciones principales

Las fuentes de sustitución o emergencia, para atender a las necesidades económicas de explotación, han de responder a los siguientes imperativos:
■ **Cortes**
No se tolera ninguno:
□ En las instalaciones hospitalarias de quirófanos y sala de rehabilitación.
□ En los sistemas informáticos.
□ En los procesos continuos, a menos que el mismo proceso tolere cortes del orden de un segundo.
■ **Tiempo de salvaguarda de los datos en los procesos informáticos**
Mínimo 10 minutos.
■ **Autonomía deseada de la fuente de sustitución o emergencia**
En según qué aplicación dependerá:
□ Del tiempo de salvaguarda del proceso, en los procesos continuos.
□ Del tiempo de evacuación mínimo para la seguridad de las personas.

Especificaciones propias a las instalaciones de seguridad

Las reglamentaciones sobre las instalaciones de seguridad se traducen en un cierto número de prescripciones sobre las fuentes de reemplazamiento o seguridad:

■ **Tiempos de corte admisibles en función de la aplicación:**

□ Ningún corte.

□ Corte inferior a un segundo.

□ Corte inferior a 15 segundos.

■ **Autonomía exigida de la fuente de sustitución o emergencia**

Es función del tipo de instalación a que está aplicada, por ejemplo:

□ Locales de pública concurrencia 1 hora como mínimo.

□ En los grandes bloques de apartamentos la autonomía debe ser de 36 horas.

		Necesidades		
		Automatismos, Informática Telecomunicaciones	Proceso secuencial (ininterrumpible)	Proceso continuo
Aplicaciones				
Aplicaciones tipo		Bancos de datos Control de procesos	Procesos térmicos de transformaciones de materiales	Control y mando de parámetros de procesos
Ejemplo de instalaciones		Servicos informáticos de bancos, aseguradoras, administraciones Sistemas de gestión de producción de procesos	Fabricación de mecánica ligera Cadenas de montaje y embalaje	• Nuclear • Química • Biológica • Térmica • Mecánica (con gran inercia)
Condiciones				
Tiempo	nulo	■		■
de corte	⩽1 s			■
admisible	⩽15 s		■	
	⩽15 min		■	
Autonomía	10 min	■		
mínima o	20 min		■	■
deseada	1 h	■	■	■
			Permanente en función de la economía	
Soluciones				
Técnicas utilizadas		Onduladores con o sin grupo de arranque automático en el relevo	Grupo a tiempo cero o a arranque de relevo eventual de un ondulador	Grupo permanente

(1) En función del juego económico.
(2) Tiempo de salvaguarda.

Tabla F3-002: *tabla de elección del tipo de alimentación de sustitución en función de la semejanza de las fuentes, de la aplicación y de las condiciones admisibles de corte.*

3.5. Elección y características de las fuentes

Las diversas soluciones posibles se caracterizan por su disponibilidad más o menos rápida y su autonomía. Pero debemos tener en cuenta:

■ Las dificultades de instalación, en particular los locales especiales, según el tipo de fuente a utilizar.

■ Los materiales complementarios.
■ La explotación, los condicionantes que por sus propias características exigen del suministro.
■ El mantenimiento y la posibilidad de efectuarlo por partes para mantener el servicio.
El examen global de sus características y peculiaridades nos permite definir la solución más óptima.
En España, el poder disponer de más de una compañía generadora y suministradora de fluido nos permite tener soluciones con una simple conmutación de suministro. Mientras la compañía 1 alimenta la potencia, la compañía 2 alimenta los circuitos de sustitución y viceversa, y cualquiera de las dos debe poder alimentar la totalidad de la instalación prioritaria.
Para estos casos solamente debemos atender al tipo de detección y maniobra del cambio, en función del tiempo del proceso, y compensarlo para los circuitos de informática, control, medición y maniobra, con suministros de alimentación ininterrumpida SAI.
En estos casos, la alimentación del alumbrado de sustitución o emergencia puede soportar el paro de unos milisegundos, del tiempo de conmutación automático.

La solución de doble suministro por dos compañías y una SAI es la más óptima en España.

Características de las fuentes

En la Tabla F3-003 de la pág. F/63 podemos observar las fuentes y sus particularidades.

3.6. Los grupos electrógenos

La asociación ondulador y grupo electrógeno es una solución óptima, en algunos procesos con generación propia, para asegurar una larga autonomía.

En ciertas instalaciones, la autonomía necesaria es tal que es necesario un grupo electrógeno asociado a un ondulador.
En estos casos la autonomía del ondulador, es decir su batería, debe permitir el arranque y acoplamiento del grupo a la instalación de distribución del edificio.
El tiempo necesario para la conmutación de las fuentes depende de las características de cada instalación: secuencias de arranque, deslastrados, eventuales, etc.
El acoplamiento se efectúa, generalmente, a nivel de cuadro general de BT, por medio de un “inversor de fuentes automático”.
En el momento de la toma de la alimentación por el grupo, la solicitud de corriente de las cargas importantes puede causar dificultades o daños al grupo.
Para evitar este fenómeno el ondulador asociado puede equiparse de un sistema de arranque progresivo de las cargas. Este proceso es muy útil puesto que estamos adaptando las cargas a las posibilidades del grupo. Ademas el ondulador tambien puede alimentar de forma progresiva los circuitos prioritarios, los más prioritarios instantáneos y los demás con unos milisegundos de diferencia, en función de las características del propio circuito.
Los sistemas de recarga de las SAI crean una cantidad de armónicos que pueden afectar al grupo disminuyendo su capacidad.
Es conveniente asegurar el tema con el fabricante de la SAI.

Alimentaciones de seguridad y/o de sustitución o emergencia	Batería	Ondulador	Grupos Gira al arranque	Gira en vacío (tiempo cero) (1)	Gira siempre	Suministro por dos compañías
Tiempo de respuesta en servicio						
Nulo	■	■			■	Manual- Automático milisegudos
1 s				■		
1 a 10 min (s)			■			
Tiempo total de inversión de las fuentes						
Nulo	■	■			■	Manual- Automático milisegudos
En función del automatismo de gestión de las fuentes		■	■	■		
Dificultades para la instalación						
	Local específico (según el tipo de batería) Red especial en c/c	Ninguna (salvo con baterías abiertas)	Local especial (vibraciones, seguridad en el medio ambiente, acceso para mantenimiento, seguridad contra incendios). Reserva de carburante (s)			Contrato y equilibrio de consumos
Materiales complementarios (para la protección e inversión de fuentes)						
	Cargador Regulador Control del estado	Ninguna (salvo con baterías suplementarias)	Arrancador con baterías o por aire comprimido	Volante de inercia Embrague	Automatismos de sincronismo	Interruptores automáticos
Formas y dificultades de explotación						
	Red especial Pérdidas en línea Controles frecuentes	Automático	Manual o automático Arranques periódicos	Automático Carga definida y fija	Personal de explotación permanente	Equilibrio de consumos
Otros parámetros						
Mantenimiento	Paros periódicos para control	Ninguna (salvo con baterías abiertas)	Controles periódicos menos rígidos, ahorro en mantenimiento	Pequeñas dificultades mecánicas en el arbol y embrague	Controles periódicos menos rígidos, ahorro en mantenimiento	Control rutinario de aparamenta
Vida (3)	4 a 5 años (2)	4 a 5 años baterías abiertas)	5 a 10 años	1.000 a 10.000 h y de 5 a 10 años	10.000 h o un año	Según aparamenta
Doblaje de la instalación en función de la seguridad (4)	× 2 si son iguales y permanente-mente	Tipicamente 2 por 1 o 3 por 2	Baterías × 2	2 × si la seguridad es muy importante	× 2 si son iguales y permanente-mente	
Fiabilidad (4)	Necesidad de un control importante (numerosos errores humanos)	Control integrado	La de la mecánica y las baterías de arranque	La de la mecánica y en particular el eje y el embrague	La de la mecánica y el sistema de sincronismo	La de las dos compañías

Leyenda:
(1) Un grupo a tiempo cero, gira en vacío permanentemente alimentando un volante de inercia. Al requerimiento de la fuente, tarda menos de un segundo al dar la potencia y la tensión requerida.
(2) Desventajas si la batería es abierta.
(3) Reconsiderar la solución en función de la vida.
(4) Un estudio de seguridad permite definir la arquitectura óptima.
(5) En función de si el grupo está precalentado o no.

Tabla F3-003: *tabla de características de diferentes fuentes de sustitución o emergencia.*

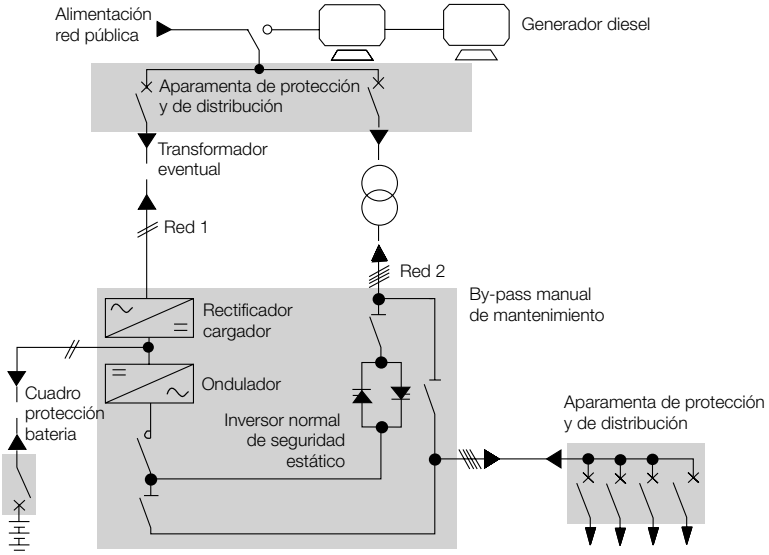


Fig. F3-004: *ejemplo de configuración de una instalación de asociación de un ondulador y un grupo electrógeno, extraído de la guía práctica de Merlin Gerin.*

3.7. Alumbrado de emergencia

Las instalaciones destinadas a alumbrado de emergencia tienen por objeto asegurar, en caso de fallo de la alimentación al alumbrado normal, la iluminación de los locales y accesos hasta las salidas al exterior para una eventual evacuación del público.
La alimentación del alumbrado de emergencia será automática con corte breve.
Se incluye dentro de este alumbrado el alumbrado de seguridad y el alumbrado de reemplazamiento.

Alumbrado de seguridad

Es el alumbrado de emergencia previsto para garantizar la seguridad de las personas que evacuen una zona, o que tienen que terminar un trabajo potencialmente peligroso antes de abandonar la zona.
Está destinado a permitir, en caso de fallo del alumbrado normal o de reemplazamiento, a:

- La evacuación segura y fácil del público hacia el exterior.
- Las maniobras de seguridad necesarias.

El alumbrado de seguridad estará previsto para entrar en funcionamiento automáticamente cuando se produce el desfallecimiento del alumbrado general o cuando la tensión de éste baje a menos del 70% de su valor nominal.
La instalación de este alumbrado será fija y estará provista de fuentes propias de energía. Sólo se podrá utilizar el suministro exterior para proceder a su carga, cuando la fuente propia de energía esté constituida por baterías de acumuladores o aparatos autónomos automáticos.

Alumbrado de evacuación

Es la parte del alumbrado de seguridad previsto para garantizar el reconocimiento y la utilización de los medios o rutas de evacuación en todo momento, ya sea si el alumbrado general funciona correctamente o si se produce un fallo del mismo y cuando los locales estén o puedan estar ocupados.

En rutas de evacuación, el alumbrado de evacuación debe proporcionar, a nivel del suelo y en el eje de los pasos principales, una iluminancia mínima de 1 lux.
En los puntos en los que estén situados los equipos de las instalaciones de protección contra incendios que exijan utilización manual y en los cuadros de distribución del alumbrado, la iluminancia mínima será de 5 lux.
La relación entre la iluminancia máxima y la mínima en el eje de los pasos principales será menor de 40.
El alumbrado de evacuación deberá poder funcionar, cuando se produzca el fallo de la alimentación normal, como mínimo durante una hora, proporcionando la iluminancia prevista.

En España la ITC-BT-28 obliga a la utilización del alumbrado de seguridad a partir de locales receptores de 100 personas. En Europa muchos países solicitan el alumbrado de evacuación a partir de locales receptores de público de 50 personas. El alumbrado de seguridad (alumbrado de evacuación y alumbrado de ambiente o antipánico) para locales receptores de público de más de 100 personas, como en España, pero a partir de 50 personas si son locales situados en los sótanos.

Alumbrado de ambiente o antipánico

Es la parte del alumbrado de seguridad previsto para evitar todo riesgo de pánico y proporcionar una iluminación ambiente adecuada que permita a los ocupantes identificar y acceder a las rutas de evacuación e identificar obstáculos.
El alumbrado ambiente o antipánico debe proporcionar una iluminancia mínima de 0,5 lux en todo el espacio considerado, desde el suelo hasta la altura de 2 m.
La relación entre la iluminancia máxima y la mínima en todo el espacio considerado será menor de 40.
El alumbrado ambiente o antipánico deberá poder funcionar, cuando se produzca el fallo de la alimentación normal, como mínimo durante una hora, proporcionando la iluminancia prevista.

Alumbrado de zonas de alto riesgo

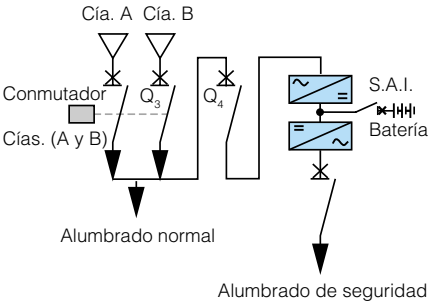
Es la parte del alumbrado de seguridad previsto para garantizar la seguridad de las personas ocupadas en actividades potencialmente peligrosas o que trabajan en un entorno peligroso.
Debe permite la interrupción de los trabajos con seguridad para el operador y para los otros ocupantes del local.
El alumbrado de las zonas de alto riesgo debe proporcionar una iluminancia mínima de 15 lux o el 10% de la iluminancia normal, tomando siempre el mayor de los valores.
La relación entre la iluminancia máxima y la mínima en todo el espacio considerado será menor de 10.
El alumbrado de las zonas de alto riesgo deberá poder funcionar, cuando se produzca el fallo de la alimentación normal, como mínimo el tiempo necesario para abandonar la actividad o zona de alto riesgo.

Cómo realizar las instalaciones de alumbrado de seguridad

Las instalaciones de los establecimientos receptores de público las podemos clasificar en cinco tipos de instalación de alumbrado de seguridad:
■ **Tipo A:** en el cual las lámparas son alimentadas por una fuente central y están alumbradas en permanencia durante la presencia de público. La alimentación puede ser realizada a través de una o dos compañías.
a) Con batería de acumulación.
Durante la presencia de público el interruptor Q_4 está conectado y la S.A.I. alimenta el circuito de emergencia mientras dura la carga de la batería. Hay

que dimensionar la batería para que pueda alimentar de un 10 a un 20% más del tiempo de actividad con presencia de público.
La recarga de las baterías de la S.A.I. es constante mientras el interruptor Q_3 está conectado durante el período en que no existe presencia de público.
b) Con grupo motor térmico-generador.
Durante la presencia de público el grupo se sitúa en la posición de alerta y en el momento que desfallecen las dos compañías se cierra el interruptor Q_3 y arranca el grupo.

a) Con batería de acumulación:



b) Con grupo motor térmico-generador:

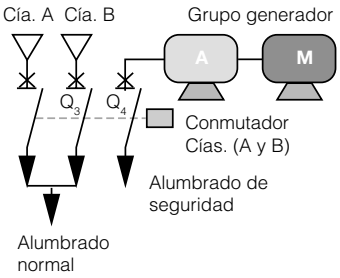


Fig. F3-005: *esquemas de principio de alumbrado de seguridad tipo A.*

■ **Tipo B:** en el cual las lámparas están alumbradas en permanencia durante la presencia de público, bien sea por baterías de acumuladores o por la fuente normal, el grupo motor térmico-generador, asegurando los circuitos de seguridad en menos de un segundo.
La alimentación puede ser realizada a través de una o dos compañías.
a) Con batería de acumulación.
Durante la presencia de público el interruptor Q_4 está conectado.
La recarga de las baterías de la S.A.I. es constante mientras el interruptor Q_3 está conectado.
La alimentación del circuito de emergencia se realiza permanentemente por medio de la función de la carga constante de la batería y el suministro permanente de la energía a través del ondulador.
La alimentación a través de una compañía u otra es casi permanente pero en el momento del desfallecimiento de las dos, la batería de la S.A.I. no se recarga pero sigue alimentando el circuito de alumbrado de seguridad hasta el agotamiento de la batería.
En este sistema no existe tiempo de corte de alimentación del circuito de emergencia por ninguna conmutación.
b) Con grupo motor térmico-generador.
Durante la presencia de público el grupo se sitúa en la posición de funcionamiento y el conmutador Q_4 está cerrado en la posición de las compañías. En el momento en que desfallecen las dos el conmutador Q_4 cambia de posición y queda conectado al lado del grupo generador.

a) Con batería de acumulación: **b)** Con grupo motor térmico-generador:

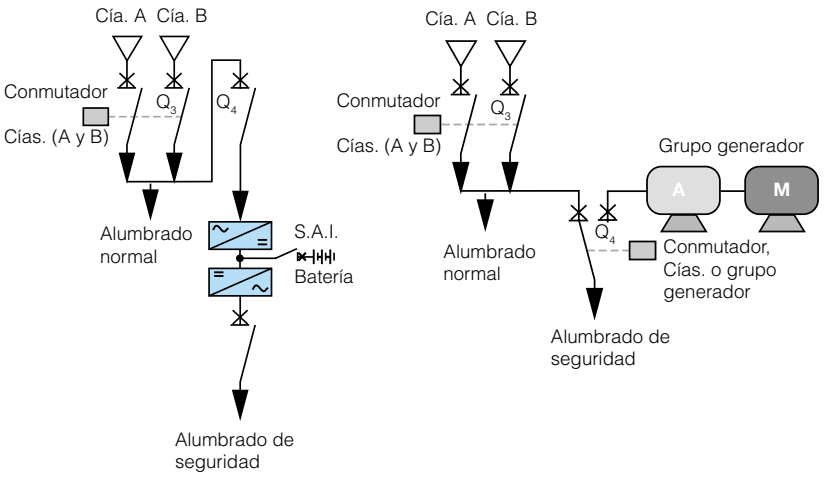


Fig. F3-006: *esquemas de principio de alumbrado de seguridad tipo B.*

■ **Tipo C:** en el cual las lámparas están alumbradas o no en permanencia durante la presencia de público por la fuente de alumbrado de seguridad preservando los circuitos en menos de quince segundos.
La alimentación puede ser realizada a través de una o dos compañías.
a) Con batería de acumulación.
En explotación normal el interruptor conmutador Q_4 está cerrado en la posición de las compañías si se desea que esté el alumbrado encendido en la presencia de público, o en posición cero si no desean encenderlo. En el momento en que desfallecen las dos Cías. el conmutador Q_4 se ha de cambiar de posición (de forma manual o automática) y queda conectado al lado del S.A.I.
b) Con grupo motor térmico-generador.
En explotación normal el interruptor conmutador Q_4 está cerrado en la posición de las compañías si se desea que esté el alumbrado encendido en la presencia de público o en posición cero si no desean encenderlo. En el momento en que desfallecen las dos Cías el conmutador Q_4 se ha de cambiar de posición (de forma manual o automática) y queda conectado al lado del grupo generador.

a) Con batería de acumulación: **b)** Con grupo motor térmico-generador:

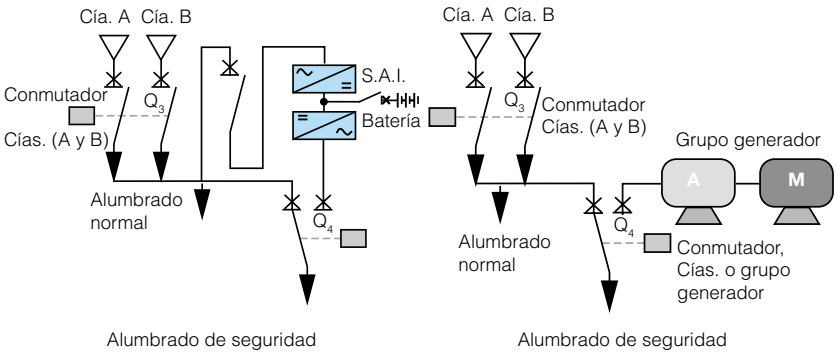
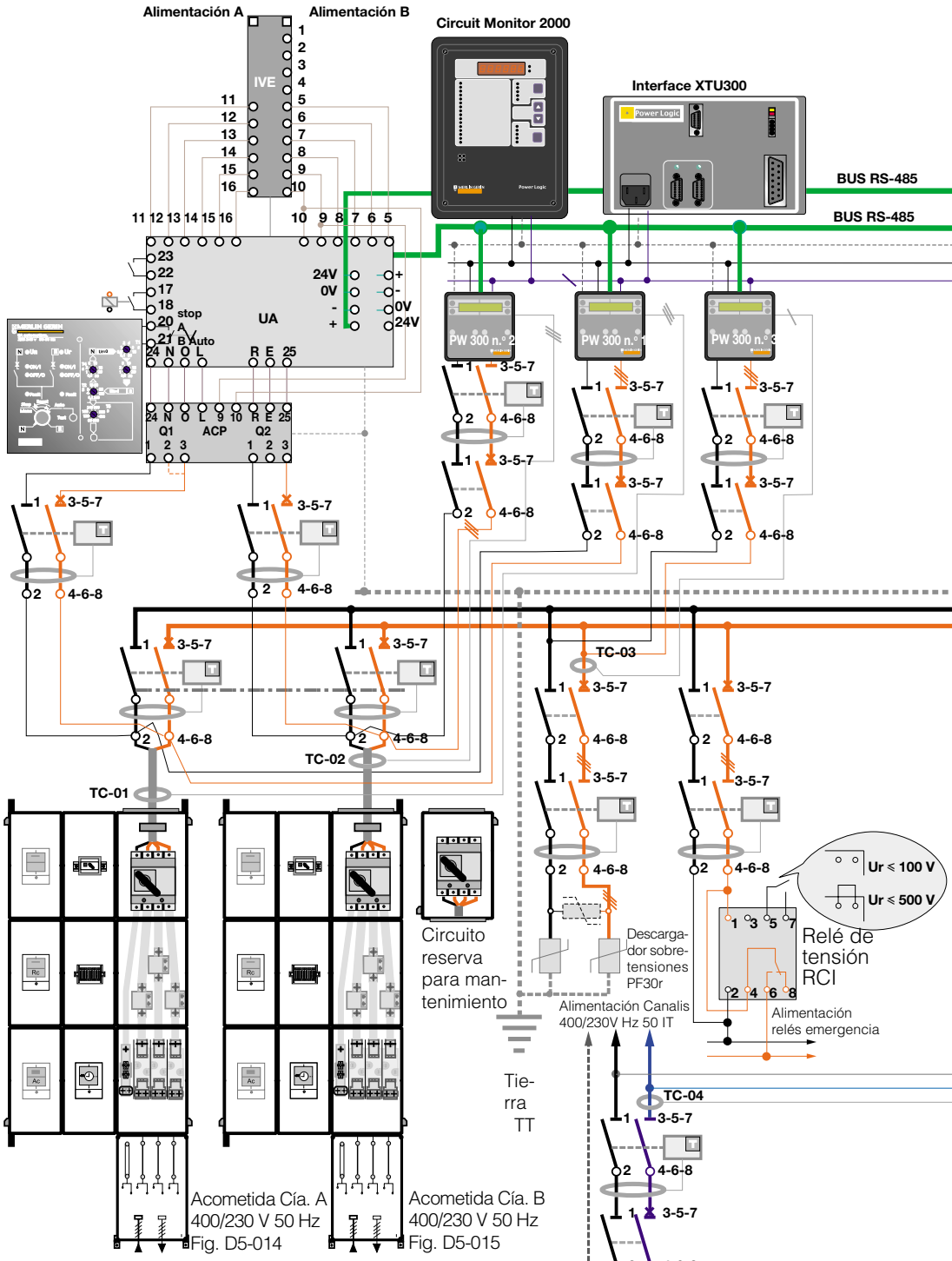


Fig. F3-007: *esquemas de principio de alumbrado de seguridad tipo C.*

Nota: los tipos B y C pueden ser realizados con grupos autónomos.

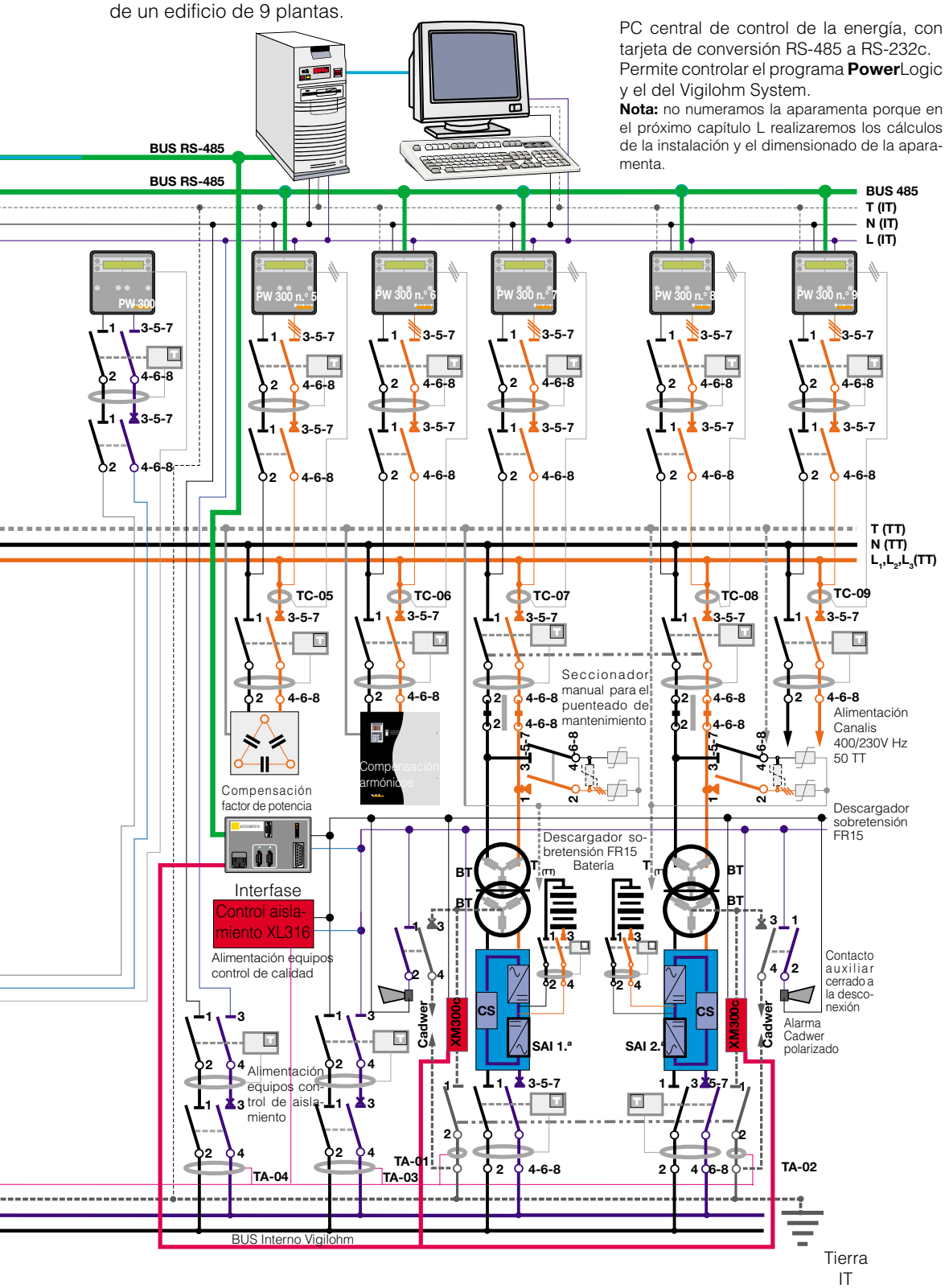


Esquema de una solución global con el Tipo E. Corresponde al esquema de los servicios generales de un bloque de pisos destinado a oficinas. Fig. K5-309 del 4.º volumen.

Esquema de alimentación múltiple y control de calidad de la energía, de los servicios generales de un edificio de 9 plantas.

PC central de control de la energía, con tarjeta de conversión RS-485 a RS-232c. Permite controlar el programa **Power**Logic y el del Vigilohm System.

Nota: no numeramos la aparamenta porque en el próximo capítulo L realizaremos los cálculos de la instalación y el dimensionado de la aparamenta.



■ **Tipo D:** en el que el alumbrado es asegurado por lámparas individuales. Generalmente está formado por grupos autónomos en cada sala en los que en el momento en que la tensión de alimentación del circuito de alumbrado a los bornes de su comando local desfallece se activan.
■ **Tipo E:** una solución global a la actividad y a los circuitos de seguridad. Existen instalaciones en que su continuidad de servicio es vital y la problemática no está concentrada en los circuitos de seguridad sino en los circuitos de explotación por la propia naturaleza de la misma; por ejemplo: un centro de cálculo, los servicios generales de un edificio alto (rascacielos), una industria de proceso continuo en los que un fallo de alimentación puede representar una destrucción del proceso de producción y un largo período de reactivación...

Hoy en día la seguridad de suministro y la calidad del mismo están regulados. En el volumen 4.º del Manual teórico-práctico Schneider encontraremos todas las soluciones de realización y control, conocidas hasta la fecha, para resolver los problemas de suministro con calidad.

Normalmente disponen de:
■ Dos alimentaciones procedentes de dos circuitos de MT diferentes que a su vez proceden de dos subestaciones distintas.
■ En algunos casos en función de la tasa de fallo de las líneas de MT de una tercera posible alimentación de generación propia.
■ De dos o tres S.A.I. en las que cada una de ellas dispone de la potencia suficiente para alimentar toda la potencia de seguridad solicitada (la de los circuitos prioritarios de producción y la de los circuitos de seguridad). Los S.A.I. trabajan en redundancia el desfallecimiento de uno de ellos por avería o por puesta fuera de servicio para mantenimiento preventivo, permitiendo al otro u otros mantener la alimentación de la totalidad de los servicios.
En el esquema de la figura K-309 que adjuntamos podemos ver una de las soluciones presentadas en el 4.º Volumen de esta colección.

Se entiende que el alumbrado de seguridad está en:
■ Reposo: cuando está apagado. Este estado solamente se comprende cuando el establecimiento está fuera de servicio o el alumbrado natural es suficiente.
■ Vigilancia: cuando las fuentes del alumbrado de seguridad están en predisposición por si falla el alumbrado normal.
■ Funcionamiento: cuando las fuentes de seguridad alimentan dicho alumbrado.
El servicio de mantenimiento del local debe disponer de un stock permanente de los modelos de lámparas utilizados en el alumbrado de seguridad y si es por bloques de uno o varios bloques en función de la cantidad y la tasa de fallo.

Alumbrado de reemplazamiento
Parte del alumbrado de emergencia que permite la continuidad de las actividades normales. Cuando el alumbrado de reemplazamiento proporcione una iluminancia inferior al normal, se usará únicamente para terminar el trabajo de seguridad.

En este apartado F3. "Las instalaciones de seguridad y las alimentaciones de sustitución" solamente enfocamos los temas correspondientes a la función de suministro y su continuidad. En el apartado J16. "Aparamenta para múltiples alimentaciones" del 3.er volumen encontraremos las características de la aparamenta y cómo debemos utilizarla e instalarla. En el apartado J20. "Aparamenta para circuitos de alumbrado" del 3.er volumen, y en el apartado L6. "Instalaciones especiales", y en particular en el L6-4. "Instalaciones eléctricas en locales receptores de público" encontraremos las características propias de la función de alumbrado.

4. Los regímenes de neutro

La conexión a la toma de tierra de los elementos conductores de un edificio y de las masas de las cargas, contribuyen a evitar la presencia de toda la tensión peligrosa entre las partes simultáneamente accesibles.

4.1. Definiciones

La norma UNE 20.460 (CEI 60.364) y el Reglamento de BT (ITC-BT-08) definen los elementos de puesta a tierra en los diferentes regímenes de neutro. Intentaremos efectuar una extracción de los principales temas útiles.
Para una buena identificación de los mismos, los numeraremos de conformidad a la fig. F4-001.
Toma de tierra (1): conductor enterrado, o diversos conductores enterrados interconectados eléctricamente, asegurando un buen contacto con la tierra.
Tierra: masa conductora de la tierra, donde el potencial eléctrico en cada punto está considerado de valor cero (referencia teórica).
Tomas de tierra eléctricamente distintas: estas tomas de tierra deben estar suficientemente alejadas entre sí, para que el potencial de descarga de una no puedan tener influencia eléctrica en la otra (ver tabla F5-010 de la página F/96).
Resistencia de tierra o resistencia global de la puesta a tierra: resistencia entre el borne principal de la puesta a tierra (6) y tierra.
Conductor de tierra (2): conductor de proteción que une el borne principal de puesta a tierra y las tomas de tierra de las masas.
Masa: parte conductora de un material eléctrico susceptible de ser tocada por una persona, que normalmente no está en tensión pero que en caso de defecto de aislamiento puede estarlo.
Conductor de protección (3): conductor utilizado en ciertas medidas de protección contra los choques eléctricos y destinado a conectar eléctricamente ciertas partes de la instalación, tales como:
- Masas.
- Elementos conductores.
- Borne principal de tierra.
- Toma de tierra.
- Punto de puesta a tierra de la fuente de alimentación o punto neutro artificial.

Elemento conductor (4) externo a la conducción eléctrica (por abreviación, elemento conductor).
Son considerados como elementos conductores:
- El suelo o las paredes conductoras, los encofrados o armaduras metálicas de la construción.
- Las canalizaciones metálicas diversas (agua, gas, calefacción, aire comprimido, etc.), y los materiales metálicos no eléctricos que pueden ser conectados.

Conductor de equipotencialidad (5): conductor de protección que asegura una conexión equipotencial.
Borne principal de tierra (6): borne previsto para la conexión de los conductores de puesta a tierra, de protección, de las conducciones equipotenciales y de los conductores que aseguran una puesta a tierra funcional.

Las conexiones equipotenciales

La unión equipotencial principal

Se realiza con los conductores de protección y nos permiten evitar que, por causa de un defecto externo a un edificio, pueda aparecer una diferencia de potencial en los elementos conductores de éste.

Para tal motivo, los elementos conductores (metálicos) se unen a la puesta de tierra.

La conexión de fundas metálicas de conducciones necesitan la autorización de sus propietarios.

La unión equipotencial suplementaria. Se destina a unir, a una misma puesta a tierra, las masas y los elementos conductores (metálicos) susceptibles de ser tocados al unísono.

Conexión de las masas a la puesta a tierra. Los conductores de protección aseguran esta función y vierten a la tierra las corrientes de defecto.

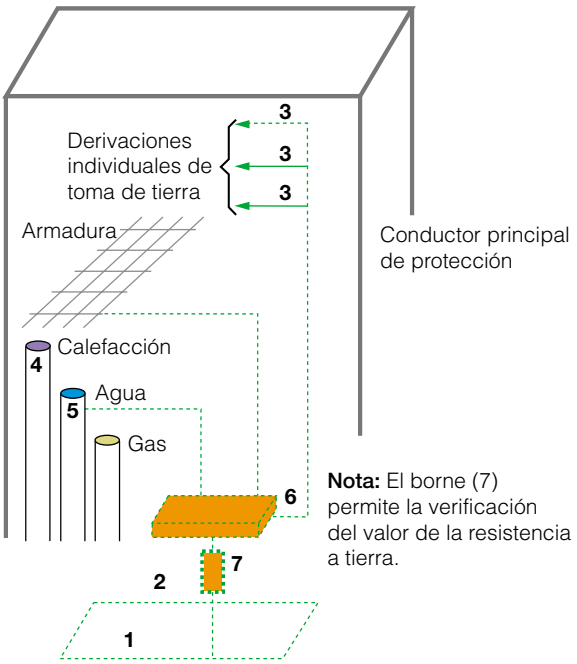


Fig. F4-001: *en este ejemplo, un edificio, el borne principal de tierra (6) asegura la unión equipotencial principal.*

La realización de las uniones a tierra de todas las partes metálicas accesibles es muy importante para las protecciones contra los choques eléctricos.

Los componentes

Elementos a considerar como masas:

■ Canalizaciones:
□ Conducciones metálicas.
□ Cables aislados de papel impregnado bajo plomo o con armadura de plomo sin ningún otro revestimiento.
□ Conductores blindados con aislamiento mineral.
■ Aparamenta:
□ Chasis seccionables.
■ Aparatos eléctricos:
□ Partes metálicas exteriores de los aparatos de clase I.
■ Elementos no eléctricos:
□ Carpintería metálica utilizada para las conducciones eléctricas.
□ Objetos metálicos:
– Próximos a los conductores aéreos o juegos de barras.
– En contacto con equipamientos eléctricos.

Componentes a considerar como elementos conductores:

■ Elementos utilizados en la construcción de edificios:
□ Metálicos o de hormigón armado:
– Encofrados.
– Armaduras.
– Paneles prefabricados armados.
□ Revestimientos:
– Para muros de hormigón armado.
– Embaldosados.
– Revestimientos metálicos.
– Tabiques metálicos.
■ Elementos del entorno de la construcción de edificios:
□ Conducciones metálicas de gas, agua y calefacción.
□ Los aparatos no eléctricos (hornos, depósitos, radiadores...):
– Carpintería metálica en zonas húmedas.
– Papeles metalizados.

Elementos no considerados como masas:

■ Canalizaciones:
□ Conductos no metálicos.
□ Molduras de madera o aislantes.
□ Conductores y cables que no llevan revestimientos metálicos.
■ Aparamenta:
□ Las envolturas aislantes exteriores de materiales eléctricos.
■ Equipos de utilización:
□ Todos los aparatos de Clase II que no poseen envolturas exteriores.

Componentes no considerados conductores:

■ Parquets de madera.
■ Revestimientos de caucho o linóleo.
■ Paredes enyesadas “secas”.
■ Muros de ladrillo.
■ Tapices y moquetas.

4.2. Definición de los diferentes esquemas de régimen de neutro

Los esquemas de régimen de neutro se caracterizan por la forma de conexión del neutro del secundario del transformador (MT\|BT) a la tierra y de las masas de la instalación.
La elección del sistema condiciona las medidas de protección de las personas contra los contactos indirectos.

Diversos tipos de régimen de neutro pueden coincidir en una instalación.

Esquema TT (neutro a tierra)



Un punto de la alimentación se une directamente a tierra. En los circuitos con neutro se conecta el punto de la estrella. Las masas de la instalación son unidas a una toma de tierra eléctricamente distinta o no de la toma de tierra del neutro. Ellas pueden ser confundidas, y de hecho sin consecuencias para las protecciones.

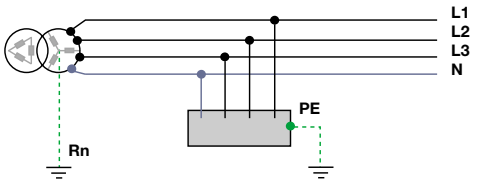


Fig. F4-002: *esquema TT.*

Esquema TN (puesta a neutro)

Neutro

Masas

Tierra

Conductor de protección PE o PEN

Un punto de la instalación, en general el neutro, es conectado directamente a tierra. Las masas de la instalación son conectadas a este punto por el conductor de protección.
Se distinguen los siguientes esquemas:

Esquema TN-C

El conductor de protección y el conductor neutro, físicamente, son el mismo conductor denominado PEN.
Este esquema es incorrecto para las secciones de conductor inferiores a 10 mm^2 y para las canalizaciones móviles.
Los esquemas TN-C necesitan la creación de un sistema equipotencial para evitar la subida de tensión de las masas y los elementos conductores. Es como consecuencia necesario unir el conductor PEN a varias tomas de tierra repartidas en la instalación.

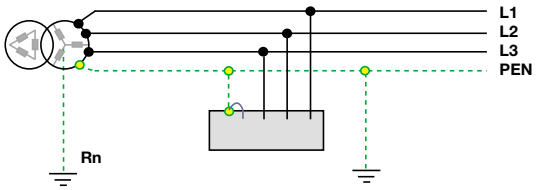


Fig. F4-003: *esquema TN-C.*

El esquema TN-S (5 hilos) es obligatorio para los circuitos de secciones inferiores a 10 mm^2 de Cu y 16 mm^2 de Al para las canalizaciones móviles.

Esquema TN-S

El conductor de protección y el conductor neutro son distintos.
Las masas se conectan al conductor de protección PE.
El esquema TN-S (5 hilos) es obligatorio para los circuitos de sección inferior a 10 mm² de Cu y 16 mm² de Al para las canalizaciones móviles.

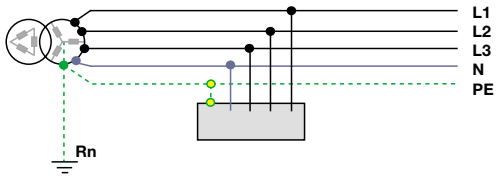


Fig. F4-004: *esquema TN-S.*

Atención: en los esquemas TN-C, la función "conductor de protección" es prioritaria a la función de conductor "neutro". En particular un conductor "PEN" debe estar siempre conectado al borne de "tierra" de una carga y un puente entre este borne y el neutro.

Esquema TN-C/S

Los esquemas TN-C y TN-S pueden ser utilizados en una misma instalación.
No debe utilizar nunca el esquema TN-C (4 hilos) aguas abajo de un esquema TN-S (5 hilos).

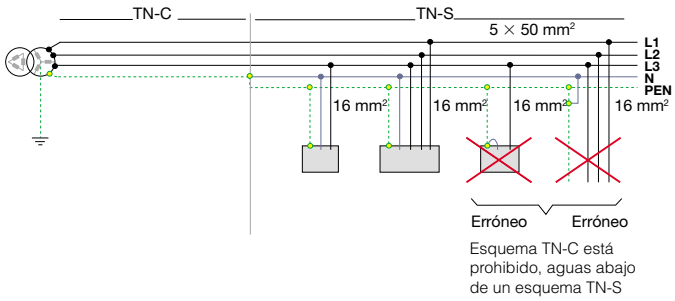


Fig. F4-005: *esquema TN-C/S.*

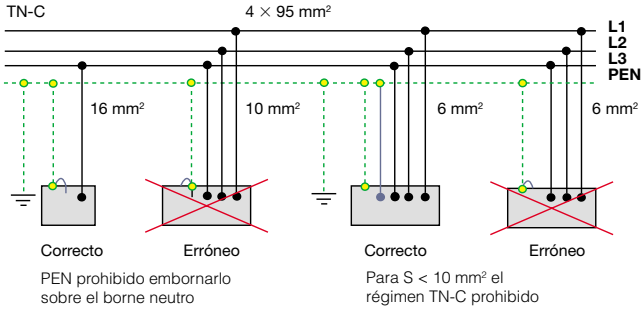


Fig. F4-006: *forma de embornar el conductor PEN en un esquema TN-C.*

Esquema IT (neutro aislado)

Neutro

Masas

Aislado o impedante

Tierra

Ninguna conexión eléctrica, voluntaria, se realiza entre el neutro y la tierra. Las masas de utilización de la instalación eléctrica están unidas a una toma de tierra.

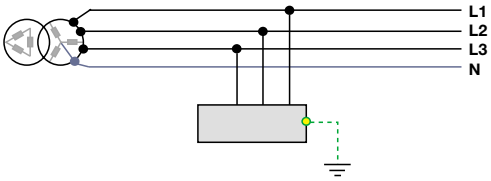


Fig. F4-007: *esquema IT (neutro aislado).*

De hecho todo circuito posee una impedancia de fuga con respecto a tierra, en función de la capacidad entre este circuito eléctrico y de su resistencia con respecto a tierra.

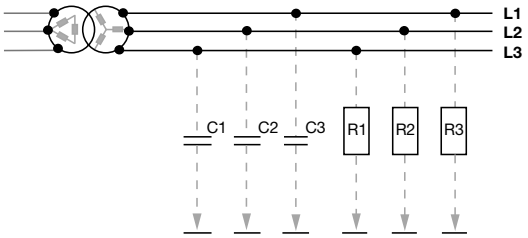


Fig. F4-008: *impedancia de fuga de un circuito con esquema IT.*

Ejemplo: en una red trifásica de 1 km la impedancia equivalente Zct de las capacidades C1, C2 y C3 y las resistencias R1, R2 y R3, es del orden de tres a cuatro mil V.

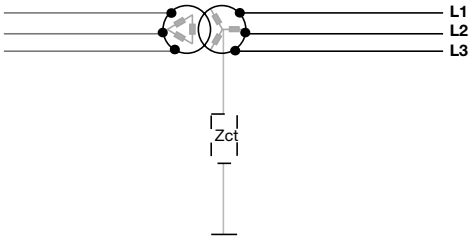


Fig. F4-009: *impedancia equivalente o impedancia de fuga en un esquema IT.*

Esquema IT (neutro impedante)

Una impedancia Zs (del orden de 1.000 a 2.000 V) se intercala entre el punto neutro del secundario del transformador y la tierra.
El interés de esta impedancia es el de limitar el potencial de una red con respecto a tierra (Zs es pequeña con respecto a la impedancia de la red con respecto a tierra, Zct).
En contrapartida se incrementa la intensidad del primer defecto.

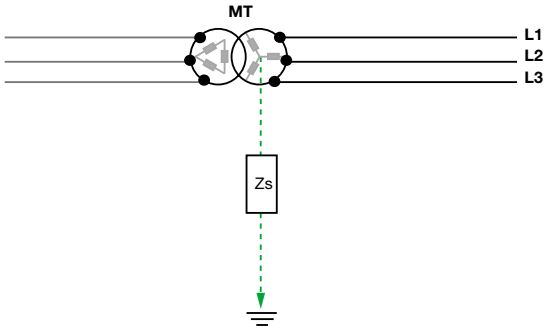


Fig. F4-010: *esquema IT (neutro impedante).*

4.3. Características de los esquemas TT, TN e IT

En esquema TT:
■ ***La técnica de protección de las personas:***
Puesta a tierra de las masas, asociado al empleo de dispositivos diferenciales residuales.
■ ***Técnicas de explotación:***
Corte al primer defecto de aislamiento.

Esquema TT

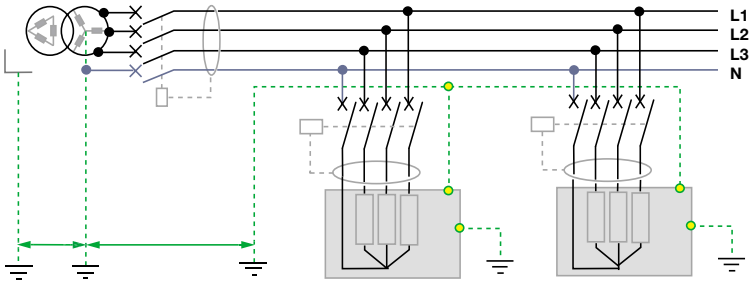


Fig. F4-011: *esquema TT.*

Nota: si las masas de utilización son unidas a diversas tomas de tierra, debe colocarse un interruptor diferencial a cada grupo de elementos conectados a la misma toma de tierra.

Principales características:
■ Es la solución más simple, tanto para su estudio como para su ejecución, se utiliza en las alimentaciones con suministro directo de la red pública de BT.
■ No necesita una atención permanente del mantenimiento de explotación (sólo un control periódico de los dispositivos diferenciales).
■ La protección es asegurada por dispositivos específicos, los interruptores

diferenciales, que permiten además la prevención o limitación del riesgo de incendio con sensibilidades iguales o inferiores a 500 mA.
■ Cada defecto de aislamiento comporta un corte. Este corte es limitado al circuito defectuoso, con el empleo de diferentes interruptores diferenciales (DDR) en serie con diferenciales selectivos o en paralelo con subdivisiones de circuitos.
■ Los receptores o partes de instalación, que son la causa, en marcha normal, de corrientes de fuga importantes, deben ser objeto de medidas especiales para evitar las desconexiones intempestivas (alimentar los receptores con transformadores de separación, o utilizar diferenciales adaptados a cada caso.

Esquema TN

En esquema TN:
■ La técnica de protección de las personas:
□ Es imperativo la interconexión de las masas, el neutro y la puesta a tierra.
□ Corte al primer defecto, con protecciones para sobreintensidades (interruptores automáticos o fusibles).
■ Técnicas de explotación: corte al primer defecto de aislamiento (cortocircuito fase neutro).

Principales características:
■ El esquema TN de una forma general:
□ Es utilizable únicamente en las alimentaciones con centro de transformación propio.
□ Necesita tomas de tierra uniformemente repartidas a lo largo de la instalación.
□ El dimensionado de la aparamenta para las desconexiones al primer defecto de aislamiento se debe realizar por cálculo, y la comprobación de la impedancia del circuito a la puesta en servicio. Las modificaciones del circuito y de su entorno pueden variar la impedancia del mismo.
□ Necesita que toda modificación sea realizada por un instalador autorizado. Puede causar en caso de defecto de aislamiento destrucciones importantes en bobinados (cortocircuito).
□ Puede presentar, en según qué tipo de locales, riesgo de incendios al ser las corrientes de defecto corrientes de cortocircuito.
■ El esquema TN-C además:
□ Puede representar una economía a la instalación (supresión de un polo en la aparamenta y un conductor de línea).
Implica la utilización de canalizaciones fijas y protegidas para mantener la impedancia de origen.

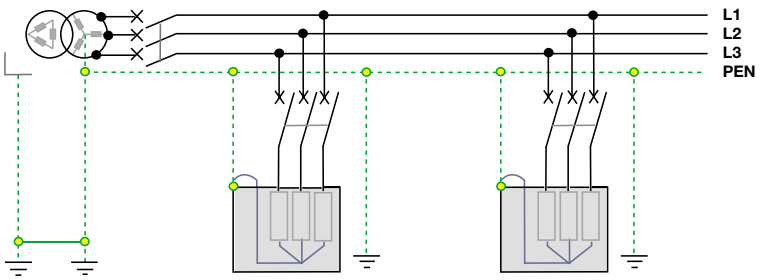


Fig. F4-012: *esquema TN-C.*

■ El esquema TN-S además:
□ Se emplea en conducciones flexibles o de poca sección.
□ Permite, por la separación del neutro y del conductor de protección, disponer de un PE no contaminado (locales informáticos, locales con riesgos).
□ Es obligatorio en locales con riesgo de incendio.

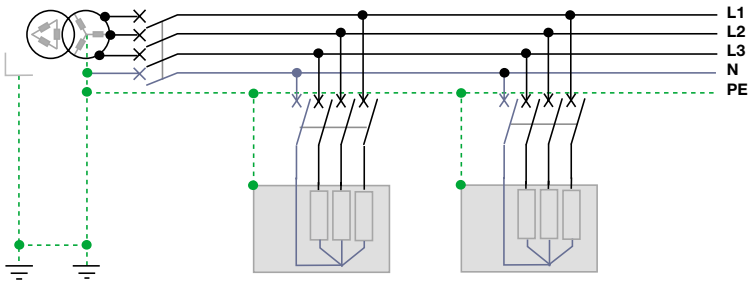


Fig. F4-013: *esquema TN-S.*

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:

■ 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.

Sección de los conductores de fase (mm^2)	Sección nominal del conductor neutro (mm^2)	
	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

Tabla F4-014: *sección del conductor neutro en función de la sección de los conductores de fase.*

■ En las líneas aéreas, el conductor neutro se tenderá con las mismas precauciones que los conductores de fase.

■ 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.

■ La resistencia de tierra del neutro no será superior a 5 ohmios en las proximi-

dades de la central generadora o del centro de transformación, así como en los 200 últimos metros de cualquier derivación de la red.
■ La resistencia global de tierra, de todas las tomas de tierra del neutro, no será superior a 2 ohmios.
■ En el esquema TN-C, las masas de las instalaciones receptoras deberán conectarse al conductor neutro mediante conductores de protección.

Esquema IT

Esquema IT:
■ Técnica de protección:
□ Interconexión y puesta a tierra de las masas.
□ Señalización del primer defecto por control permanente del aislamiento.
□ Corte al segundo defecto por protección de sobreintensidad (interruptor automático o fusibles).
■ Técnica de explotación:
□ Vigilancia del primer defecto de aislamiento.
□ Búsqueda y eliminación del primer defecto, obligatoriamente.
□ Corte en presencia de dos defectos de aislamiento simultáneos.

Principales características:
■ Es la solución que asegura la mejor continuidad de servicio en explotación.
■ La señalización del primer defecto de aislamiento, seguido de la búsqueda y eliminación, permite una prevención sistemática de toda interrupción de alimentación.
■ Utilización única en alimentaciones con transformadores MT/BT o BT/BT particulares.
■ Necesita un buen nivel de aislamiento de la red (implica la fragmentación de la red, si es muy larga, y la alimentación de receptores con corrientes de fuga importantes con transformadores BT/BT de separación).
■ La verificación de las desconexiones por dos defectos simultáneos debe ser asegurada por cálculo, y obligatoriamente a la puesta en servicio por mediciones y comprobaciones en cada grupo de masas interconectadas.
■ La protección del conductor neutro debe realizarse tal como se indica en el capítulo H1, apartado 7.

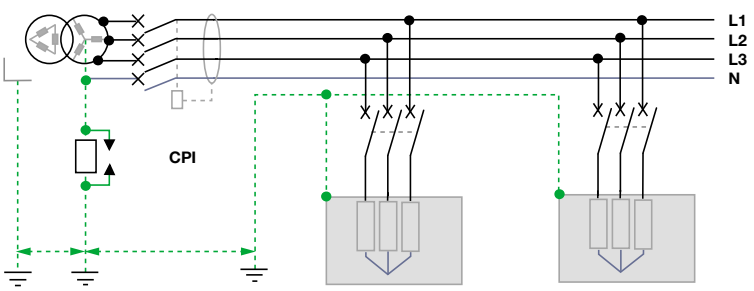


Fig. F4-015: *esquema IT.*

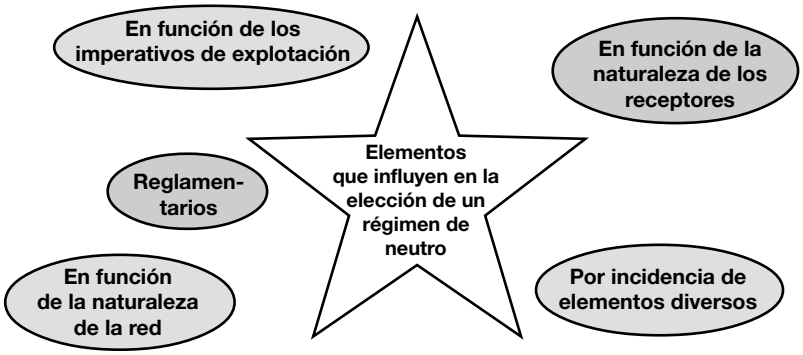
F
4

4.4. Criterios de elección de los esquemas TT, TN e IT

La elección no puede realizarse por criterios de seguridad.
Los tres regímenes son equivalentes en el aspecto de la protección de las personas, si respetamos todas las reglas de instalación y de explotación.
Son los imperativos reglamentarios, de continuidad de servicio, de explotación y de naturaleza de la red y los receptores los que nos condicionan el esquema más adecuado.

La elección se realiza por el análisis de los siguientes factores:

Adecuación a los textos reglamentarios que imponen, en determinadas alimentaciones, un régimen de neutro determinado (ver tabla F4-016).
Por decisión del propietario, si se alimenta en MT, o tiene generación propia, o transformadores de aislamiento BT/BT. Puesto que el utilizador es libre de elegir su sistema de distribución, por decisión propia o por consensuación con el instalador o proyectista.
Ello comporta:
■ En primer lugar:
□ Atender los imperativos de explotación (continuidad de servicio).
□ Concepción de la estructura de mantenimiento (equipo de personal cualificado, o contratación de un instalador autorizado) (tabla F4-017).
■ En segundo lugar:
En función de las características particulares de la red y las cargas.



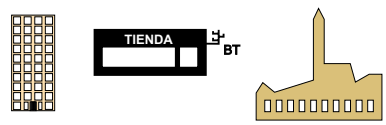
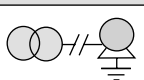
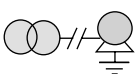
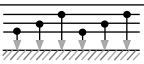
Reglamentarios, en función del reglamento de BT, de las recomendaciones normativas internacionales y decretos específicos		
Obligan o condicionan como única alternativa de solución		
Esquema	Ambito	
TT	Red de suministro público y sus conexiones: Usos domésticos Establecimientos sector terciario Pequeños talleres	
IT	Parte de zonas hospitalarias (quirófanos, UVI) Circuitos de seguridad (alumbrado de reemplazamiento y emergencia) Máquinas y ambientes especiales, incluidos en la directiva de protección al trabajador	
IT o TT	Minas y canteras	

Tabla F4-016: *ejemplos frecuentes donde el régimen de neutro está condicionado reglamentariamente.*

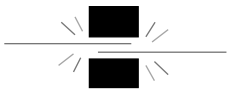
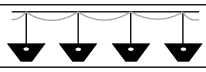
En función de los imperativos de la explotación		
Mantenimiento a cargo de personal cualificado	Continuidad de servicio primordial	Continuidad de servicio no primordial
SI	**IT** (neutro aislado o impedante)	**IT** (neutro aislado o impedante) **TT** (neutro a tierra) **TN** (masas puesta a neutro)
	Combinado con otras medidas (seccionamiento de la instalación en varios circuitos, circuitos prioritarios, selectividad en las protecciones, localización y reparación del primer defecto), constituye el medio más seguro para obtener el mínimo de cortes en la explotación. **Ejemplos:** – Industrias donde la continuidad de servicio es prioritaria para la conservación de los bienes y la calidad de los productos (siderúrgicas, alimentación...). – Explotaciones con circuitos prioritarios de seguridad: rascacielos, hospitales, establecimientos abiertos al público, etc.	Elección definitiva después de un examen de: – Las características de la instalación (neutro de la red, los receptores...). – Del grado de complejidad de la puesta en servicio de cada régimen. – El coste de cada régimen (del estudio, de la instalación, de la verificación, de la explotación).
NO	**Ningún régimen es satisfactorio** De hecho por la incompatibilidad de los criterios.	**T** (neutro a tierra) El más simple de puesta en servicio, de controlar y mantener (en particular si se prevén modificaciones en la explotación).

Tabla F4-017: *esquemas de unión a la tierra recomendados en función de los imperativos de la explotación.*

En función de las características de la red de alimentación				
Descripción		Aconsejable	Posible	Desaconsejable
Redes muy grandes, con buenas tomas de tierra para las masas, máximo 10 Ω			TT, TN, IT (1) (o combinados)	
Redes muy grandes, con tomas de tierra para las masas muy resistivas, > 30 Ω)		TT	TN-S	IT (1) TN-C
Red contaminada (zona de tormentas y/o de repetidores de TV o Radio)		TN	TT	IT (2)
Red con corrientes de fuga importantes (> 500 mA)		TN (4)	IT (4) TT (3) (4)	
Red con gran extensión de línea aérea		TT (5)	TN (5) (6)	IT (6)
Suministro con grupo electrógeno de seguridad (reserva)		IT	TT	TN (7)

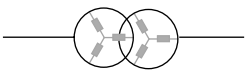
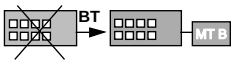
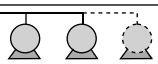
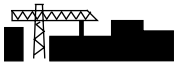
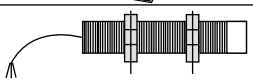
(1) Si no está impuesto, el régimen de neutro se elige por las características de explotación (continuidad de servicio, por razones deseables de seguridad o por intereses de productividad...). Cualquiera que sea el régimen de neutro elegido, la probabilidad de un fallo de aislamiento aumenta en función de la longitud de la red, puede ser objeto de un estudio de ramificación, que facilita la localización de los defectos y permite aplicar en régimen de neutro para cada derivación en función de su aplicación.
(2) Los riesgos de cebado del limitador de sobretensiones transforma el neutro aislado en neutro a tierra. Este riesgo es de temer en zonas con nivel ceráunico elevado y grandes extensiones de redes aéreas. Si elegimos un régimen IT para asegurar la continuidad de servicio, deberemos tener principal atención en las condiciones de protección del segundo defecto. Generalmente con interruptores diferenciales (DDR).
(3) Riesgo de funcionamiento intempestivo de los interruptores diferenciales DDR.
(4) La solución ideal, cualquiera que sea el régimen de neutro, es aislar la parte generadora de fugas, si es fácilmente localizable.
(5) Riesgo de fuga fase/tierra, rendimiento aleatorio de la equipotencialidad.
(6) Aislamiento incierto, a causa de la humedad y polución conductora.
(7) La puesta a neutro es desaconsejable en razon del riesgo de deteriodo del alternador, en caso de defecto interno. De otra parte, puesto que los grupos electrógenos alimentan las instalaciones de seguridad, no deben desconectar al primer defecto.

Tabla F4-018: *elección de un sistema de régimen de neutro en función de la red de suministro.*

En función de las características de los receptores				
Descripción		Aconsejable	Posible	Desaconsejable
Receptores sensibles a grandes corrientes de defecto (motores...)		IT	TT	TN (8)
Receptores con bajos valores de aislamiento (hornos eléctricos, soldadores, calentadores, equipamientos de grandes cocinas...)		TN (9)	TT (9)	IT
Gran cantidad de receptores monofásicos, fase neutro (móviles, semifijos, portátiles)		TT (10) TN-S		IT (10) TN-C (10)
Receptores con riesgo (polipastros, vagonetas de transporte, teleféricos...)		TN (11)	TT (11)	TT (11)
Cantidad de máquinas auxiliares (máquinas-herramienta)		TN-S	TN-C IT (12bis)	TT (12)

(8) La corriente de defecto fase-masa puede adquirir valores capaces de dañar los bobinados de los motores y de envejecer o destruir los circuitos magnéticos.
(9) Para conjugar continuidad de servicio y seguridad es necesario y recomendable, para cualquier régimen, separar estos receptores del resto de la instalación (transformadores con puesta a neutro propio).
(10) Puesto que la calidad de los receptores es ignorada a la concepción de la instalación, el aislamiento tiene el riesgo de disminuir. La protección de tipo TT, con interruptores diferenciales, constituye la mejor solución.
(11) La movilidad de los receptores genera frecuentes defectos (contactos deslizantes con las masas), que es interesante controlar. Cualquiera que sea el régimen de neutro, es recomendable alimentar estos circuitos con transformadores con puesta a neutro local.
(12) Necesita el empleo de transformadores con puesta a neutro local, para evitar los riesgos de funcionamiento o arranque intempestivo al primer defecto (TT) o al segundo defecto e (IT).
(12 bis) Con doble interrupción del circuito de mando.

Tabla F4-019: *elección de un sistema de régimen de neutro en función de las cargas.*

En función de las características diversas				
Descripción		Aconsejable	Posible	Desaconsejable
Alimentaciones con transformadores de potencia estrella-estrella (13)		TT	IT sin neutro	TN (13) IT con neutro
Locales con riesgo de incendio		IT (15) TT (15)	TN-S (15)	TN-C (14)
Incremento de la alimentación de un abonado en BT, necesitando un CT particular		TT (16)		
Establecimiento con modificaciones constantes		TT (17)		TN (18) IT (18)
Instalación con pocas garantías en la continuidad del circuito de tierra (canteras, instalaciones antiguas)		TT (19)	TN-S	TN-C IT (19)
Equipamientos electrónicos (calculadoras, autómatas programables)		TN-S	TT	TN-C
Redes de control y mando de máquinas y captadores de señales para autómatas programables		IT (20)	TN-S TT	

(13) Limitación muy importante de la corriente fase/neutro en relación al valor muy elevado de la impedancia homopolar: al menos 4 o 5 veces la impedancia directa.
Este esquema se reemplaza con uno de estrella triángulo.
(14) Las fuertes corrientes de fuga (cortocircuito) son peligrosas: el TNC es incorrecto.
(15) Cualquiera que sea el régimen, utilización de interruptores diferenciales residuales DIf < 500 mA.
(16) Una instalación alimentada en BT, obligatoriamente se alimenta en régimen TT. Mantener este régimen de neutro representa el mínimo de modificaciones.
(17) Posible sin personal de mantenimiento muy competente.
(18) De todas las instalaciones es la que precisa mayor seriedad en el mantenimiento de la seguridad. La ausencia de medidas preventivas a la puesta a neutro exige un personal muy competente para asegurar la seguridad a lo largo del tiempo.
(19) El riesgo del corte de los conductores (alimentación y protección) mantiene de forma aleatoria la equipotencialidad de las masas. El REBT obliga a la utilización de interruptores diferenciales DDR 30 mA. El régimen IT es utilizable en casos particulares.
(20) Esta solución evita la aparición de órdenes intempestivas en el caso de fugas a tierra.

Tabla F4-020: *elección de un sistema de régimen de neutro en función de causas diversas.*

4.5. Elección del método de puesta a tierra. Implantación

Después de consultar las tablas F4-016 a 020, que serán utilizadas en asociación con la fragmentación de fuentes y el aislamiento de redes.

Fraccionamiento de las fuentes de alimentación

Es conveniente repartir la alimentación en varios transformadores pequeños, no puestos en paralelo, para disminuir las corrientes de cortocircuito.
Así la alimentación de aquel o otro receptor, emisor de polución (motor grande, hornos...), tendrá una red desde su propio transformador.
La calidad y la continuidad de la alimentación se ve acrecentada.
El coste de la aparamenta disminuye (Icc baja).
El balance económinco debe establecerse caso a caso.

Redes aisladas

Consiste en separar galvánicamente una parte de la red por un transformador BT/BT para adaptarse mejor a la elección del régimen de neutro más adecuado a las necesidades de los receptores, parte informática del control de máquinas.

Ejemplos:

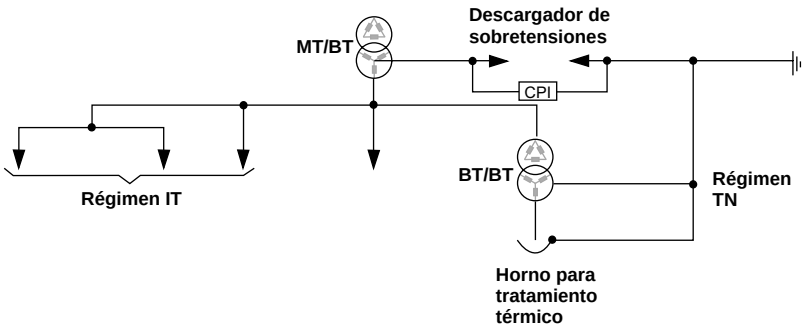


Fig. F4-021: *en un taller donde la continuidad de servicio es imperativa (IT) comporta un horno de tratamientos galvánicos.*

El régimen mejor adaptado será el esquema IT, alimentando el horno por medio de un transformador de separación con puesta a neutro local.

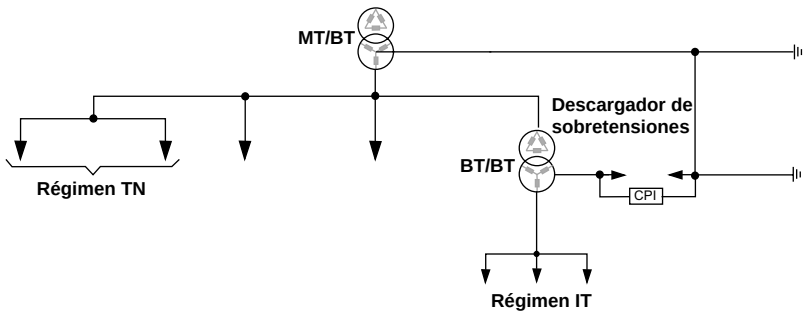


Fig. F4-022: *una fábrica en que la soldadura es la parte principal necesita un esquema TN y en un taller de pintura su principal premisa. La continuidad de servicio es resuelta con un circuito aislado en régimen IT.*

Conclusión

Esta optimización del rendimiento de una instalación a base de la elección del régimen de neutro comporta:

■ El planteamiento desde el inicio de la concepción de la red.

■ Los costes de explotación y los de inversión en modificaciones para obtener una buena calidad de servicio sobre una red no adecuada.

■ Obligan a estudiar una arquitectura de la red, con regímenes de neutro, separación de fuentes para aislar la polución y aislamiento de circuitos, cada día más por la utilización masiva de los controles de producción de forma informática.

5. La realización y medida de las puestas a tierra

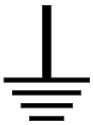
5.1. Conceptos básicos

Las puestas a tierra se establecen principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.
En este manual llamaremos “tierra” a todas las partes o estructuras conductoras no accesibles o enterradas.
Aunque esta definición no está extraída de un reglamento o norma, nos permitirá identificar mejor la tierra y las masas de una instalación.

Definición de las puestas a tierra según la ITC-BT-18

La puesta o conexión a tierra es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo mediante una toma de tierra con un electrodo o grupos de electrodos enterrados en el suelo.
Mediante la instalación de puesta a tierra se deberá conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico.

Símbolo

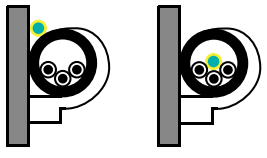


Criterios de utilización

El suelo de nuestro planeta que se utiliza como referencia convencional, de potencial “0 voltios”, en determinadas aplicaciones eléctricas y cuya conductibilidad eléctrica es muy variable, conduce (o la utiliza el hombre para conducir) determinadas corrientes eléctricas.

Toda corriente que circula por la tierra, ha entrado en ella y saldrá para volver a su fuente.

■ **Puestas a tierra por razones de protección:**
□ Para las medidas de protección en los esquemas TN, TT e IT, ver apartado F4. “Los regímenes de neutro”, pág. F/71.
□ 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.



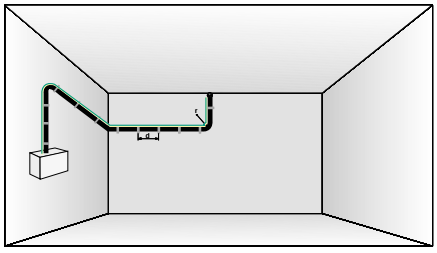


Fig. F5-001: *situación y trazado del conductor de protección.*

■ **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 satisfecha si la toma de tierra auxiliar se instala a una distancia especificada de todo elemento metálico puesto a tierra.
□ 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 conectado 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.
■ **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.
■ **Puestas 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.

Aplicaciones:

■ Repartir por el "electrodo" de suelo las corrientes de los rayos (descarga electrostática disruptiva atmósfera-suelo).
■ Conducir por el suelo corrientes inducidas por el rayo entre dos puntos de una línea de distribución aérea.
■ En el régimen de neutro TT, la parte de tierra comprendida entre la toma de tierra de la red de distribución y la de la instalación, hace circular las (bajas) corrientes de fuga o de fallo que pueden producirse en la instalación.
■ Las masas de las instalaciones también se conectan a tierra (equipotencialidad tierra/suelo respecto de las masas y estructuras metálicas) para garantizar la protección de las personas (y animales) contra los peligros eléctricos derivados de los contactos indirectos.

Conexiones eléctricas a tierra:
■ **Buena** porque ocasionalmente las líneas de conexión a tierra de los pararrayos tienen que conducir corrientes del orden de 20 a 30 kA hasta un suelo de resistividad muy variable (5 a 10.000 Ω/m) sin degradar demasiado el interface toma-suelo.
■ **Unica** porque, en estas condiciones extremas, al ser la resistencia del suelo muy variable, se producirán diferencias de potencial extremadamente elevadas y destructivas entre las diferentes tomas de tierra. Además la propia instalación, en su funcionamiento normal (corrientes de fuga, de fallos, etc.), produciría perturbaciones inaceptables.

La elección e instalación de los materiales que aseguren la puesta a tierra deben ser tales que:
■ El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación y se mantenga de esta forma a lo largo del tiempo, teniendo en cuenta los requisitos generales indicados en el apartado "La protección contra los choques eléctricos", 2.º Volumen, y los requisitos particulares de las Instrucciones Técnicas aplicables a cada instalación.
■ Las corrientes de defecto a tierra y las corrientes de fuga puedan circular sin peligro, particularmente desde el punto de vista de solicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.

■ La solidez o la protección mecánica quede asegurada con independencia de las condiciones estimadas de influencias externas.
■ Contemplen los posibles riesgos debidos a la electrólisis que pudieran afectar a otras partes metálicas.

Conexión a tierra de una instalación de un edificio
(A) Conexión a tierra de los pararrayos.
(B) Red de tierra mallada y enterrada con refuerzo especial en la parte inferior de las conexiones a tierra de los pararrayos.
(C) Conexión de tierra de la instalación, conectada a la borna de salida de los PE (o PEN) de la instalación.
(D) Mallado de las masas de una parte de la instalación, conectada a las estructuras metálicas o elementos complementarios de mallado (E).
(E) Enlaces equipotenciales entre la conexión a tierra de los pararrayos y el mallado de masa, estructura metálica cercana para evitar cebados (peligro de incendio).

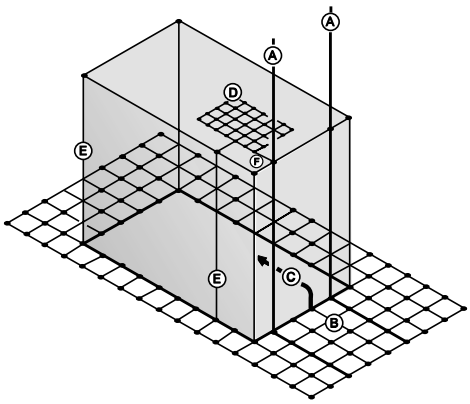


Fig. F5-002: *esquema básico de una puesta a tierra.*

Partes de una toma de tierra

En la Fig. F5-003 se indican las partes típicas de una instalación de puesta a tierra:

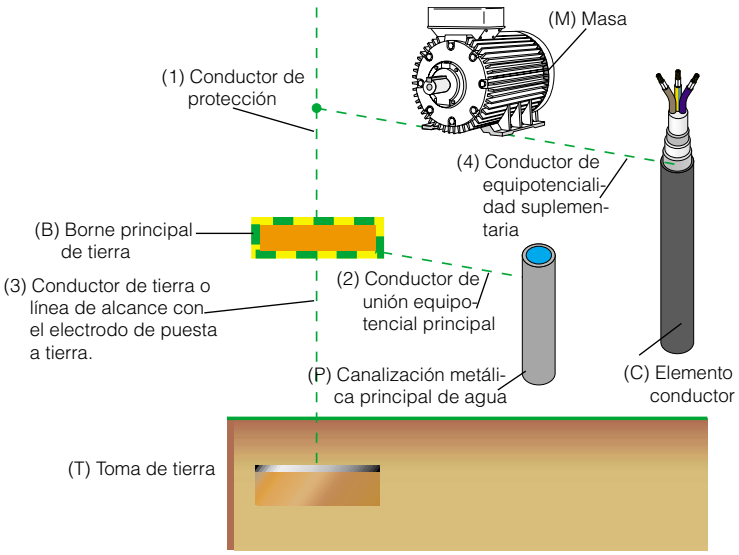


Fig. F5-003. *representación esquemática de un circuito de puesta a tierra.*

Electrodos:

■ Para la toma de tierra se puede utilizar electrodos formados por:

□ Barras, tubos.

□ Pletinas, conductores desnudos.

□ Placas.

□ Anillos o mallas metálicas constituidos por los elementos anteriores o sus combinaciones.

□ Armaduras de hormigón enterradas; con excepción de las armaduras pretensadas.

□ Otras estructuras enterradas que se demuestre que son apropiadas.

■ Los conductores de cobre utilizados como electrodos han de ser de construcción y resistencia eléctrica según la clase 2 de la norma UNE 21.022.

■ El tipo y la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia del hielo u otros efectos climáticos, no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto. La profundidad nunca será inferior a 0,50 m.

■ Los materiales utilizados y la realización de las tomas de tierra deben ser tales que no se vea afectada la resistencia mecánica y eléctrica por efecto de la corrosión de forma que comprometa las características del diseño de la instalación.

■ Las canalizaciones metálicas de otros servicios (agua, líquidos o gases inflamables, calefacción central, etc.) no deben ser utilizadas como tomas de tierra por razones de seguridad.

■ Las envolventes de plomo y otras envolventes de cables que no sean susceptibles de deterioro debido a una corrosión excesiva, pueden ser utilizadas como tomas de tierra, previa autorización del propietario, tomando las precauciones debidas para que el usuario de la instalación eléctrica sea advertido de los cambios del cable que podría afectar a sus características de puesta a tierra.

Conductores de tierra:

■ La sección de los conductores de tierra deberá estar conforme con los cálculos correspondientes de la instalación y las características de los conductores de protección correspondientes a los próximos apartados, y cuando estén enterrados, deberán estar de acuerdo con los valores de la tabla F5-004.

■ La sección no será inferior a la mínima exigida para los conductores de protección.

Secciones mínimas convencionales de los conductores de tierra		
Tipo	Protegido mecánicamente	No protegido mecánicamente
Protegido contra la corrosión*	Según apartado "Conductores de protección"	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

Tabla F5-004: *Secciones mínimas convencionales de los conductores de tierra.*

■ 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.

Bornes de puesta a tierra:

■ En toda instalación de puesta a tierra debe preverse un borne principal de tierra, al cual deben unirse los conductores siguientes:

□ Los conductores de tierra.

□ Los conductores de protección.

□ Los conductores de unión equipotencial principal.

□ Los conductores de puesta a tierra funcional, si son necesarios.

■ Debe preverse sobre los conductores de tierra y en lugar accesible, un dispositivo que permita medir la resistencia de la toma de tierra correspondiente. Este dispositivo puede estar combinado con el borne especial de tierra, debe ser desmontable necesariamente por medio de un útil, tiene que ser mecánicamente seguro y debe asegurar la continuidad eléctrica.

Conductores de protección:

■ Los conductores de protección sirven para unir eléctricamente la 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 otras masas

□ A elementos metálicos distintos de las masas.

□ A un relé de protección.

■ Para la sección se aplicará lo indicado en la Norma UNE 20.460-5-54 en su apartado 543, equivalente al apartado “Conductores de protección”, del 5.º Volumen. 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 F5-005, en función de la sección de los conductores de fase o polares de la instalación. Ver apartado “Conductores de protección”, pág. F/249.

Secciones de los conductores de fase o polares de la instalación (mm^2)	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm^2)
S < 16	S (*)
16 < S > 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.

Tabla F5-005: *secciones mínimas de los conductores de protección (ver también tabla F7-128 en página F/250).*

■ 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 F5-005 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 F5-005.

■ 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 apartado 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 anteriormente.

Masas

Símbolo:



Definición general

Parte conductora de un material eléctrico, susceptible de ser tocada por una persona, que normalmente no está en tensión pero que en caso de defecto de aislamiento puede estarlo.

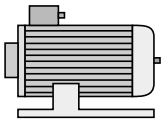
Nota: por razones de seguridad, una masa cuyo potencial sea intencionadamente específico o variable deberá incluir medidas especiales de aislamiento y, llegado el caso, de conexión.

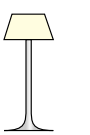
Definición específica para instalaciones eléctricas

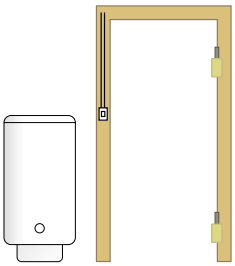
Una masa es cualquier parte conductora de un aparato, equipo o instalación, accesible al contacto, que en funcionamiento normal no tiene tensión, pero puede tenerla si se produce un fallo.

Ejemplos de masas:

■ Estructura metálica del edificio (vigas, tuberías...).
■ Bastidores de máquinas.
■ Armarios metálicos, fondos de armarios sin pintar.
■ Canaletas metálicas,
■ Carcasas de transformador, rack de autómata, etc.







F
5

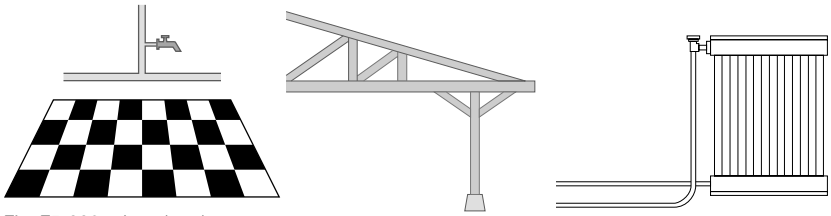


Fig. F5-006: *ejemplos de masas.*

Masas y seguridad de personas y bienes

La norma fundamental CEI 60.364 UNE 20.460 y los textos nacionales y específicos para determinadas instalaciones, describen las disposiciones constructivas necesarias para alcanzar los niveles de seguridad adecuados.

Sea cual sea el régimen de neutro de la instalación, deberán utilizarse conductores de color amarillo-verde, llamados “PE” o “tierras de protección”, de impedancia definida, para conectar las masas a la tierra en el borne principal de tierra, a la entrada de la instalación, de forma que:

■ En funcionamiento normal o si se produce una desviación a masa:

□ Las corrientes de derivación peligrosas sean eliminadas (seguridad de los bienes).

□ No pueda aparecer una tensión peligrosa entre dos masas o entre la masa y el suelo o la estructura metálica (seguridad de las personas).

■ La seguridad de las instalaciones prevalezca sobre cualquier otro aspecto, lo que significa que ninguna manipulación posterior de las conexiones de las masas deberá implicar:

□ La desconexión de un cable “PE” (amarillo-verde) de una masa.

□ Un aumento de la impedancia de una conexión “PE”.

5.2. Ejecución y cálculo

El electrodo se dimensionará de forma que su resistencia de tierra, en cualquier circunstancia previsible, no sea superior al valor especificado para ella, en cada caso.

Este valor de resistencia de tierra será tal que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a:

24 V en local o emplazamiento conductor.

50 V en los demás casos.

Si las condiciones de la instalación son tales que pueden dar lugar a tensiones de contacto superiores a los valores señalados anteriormente, se asegurará la rápida eliminación de la falta mediante dispositivos de corte adecuados a la corriente de servicio.La resistencia de un electrodo depende de sus dimensiones, de su forma y de la resistividad del terreno en el que se establece.

La calidad de una toma de tierra (resistencia, la mas pequeña posible) depende esencialmente de dos factores:

■ Sus dimensiones y forma de realización.

■ Naturaleza del suelo, o sea, resistividad del terreno.

Métodos de realización

Normal de cálculo.

Método Howe adaptado por UNESA.

La solución más utilizada para la realización de las tomas de tierra es la del bucle a fondo de las cimentaciones.

La resistencia obtenida (en Ω) es:

$$R = \frac{2\,\rho}{L}$$

L = longitud del bucle (m).
r = resistividad del suelo (Ωlm).

Cálculo:

■ Bucle en el fondo de las cimentaciones

Esta solución es aconsejable en todas las construcciones nuevas.
Consiste en situar bajo el hormigón de las cimentaciones o adosado a los muros exteriores, al menos a un metro de profundidad, un conductor que puede ser de:

□ Cobre, cable de 25 mm² o una varilla (S ≥ 25 mm², e ≥ 2 mm).
□ Aluminio con funda de plomo, cable de S ≥ 35 mm².
□ Acero galvanizado, cable (S ≥ 95 mm²) o varilla (S ≥ 100 mm², e ≥ 3 mm).

La resistencia obtenida en ohmios es:

$$R = \frac{2\,\rho}{L}$$

L = longitud del bucle (m).
ρ = resistividad del suelo (Ω/m).

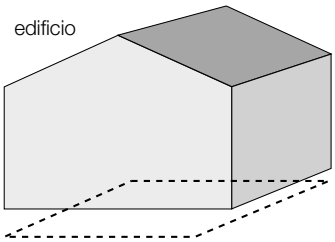


Fig. F5-007: *bucle en el fondo de las cimentaciones.*

■ Piquetas

Esta disposición es generalmente aplicada en edificios existentes, o para mejorar una toma existente.

Para (n) piquetas:

$$R = \frac{1\,\rho}{nL}\ (\Omega)$$

□ La piqueta puede ser:
– Cobre. Varilla de Ø ≥ 15 mm.
– Acero galvanizado. Varilla de Ø ≥ 15 mm, tubo de diámetro ≥ 25 mm, perfiles superiores a 60 mm de perímetro.
Deben tener una longitud ≥ 2 m.
Es necesario, normalmente, utilizar varias piquetas.
Deben estar separadas, entre sí, de 2 a 3 veces su longitud.

Piquetas unidas en paralelo.

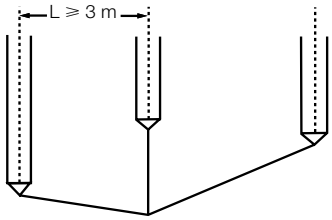


Fig. F5-008: *piquetas.*

La resistencia resultante es entonces igual a la resistencia unitaria dividida por el número de piquetas.
La resistencia obtenida es:

$$R = \frac{1\ \rho}{nL}\ (\Omega)$$

si la distancia entre dos piquetas es > 4 L.
L = longitud de la piqueta (m).
ρ = resistividad del suelo (Ω/m).
n = número de piquetas.

■ **Placas**
Las placas pueden ser cuadradas o rectangulares, pero como mínimo han de tener 0,5 m de lado.

Con placas verticales:

$$\boldsymbol{R = \frac{0{,}8\ \rho}{P}\ (\Omega)}$$

Deben estar enterradas de forma que el centro de la placa esté como mínimo a un metro de la superficie.
□ Las placas pueden ser de:
– Cobre de 2 mm de espesor.
– Acero galvanizado de 3 mm de espesor.
□ La resistencia obtenida es:

$$R = \frac{0{,}8\ \rho}{P}\ (\Omega)$$

P = perímetro de la placa (m).
ρ = resistividad del terreno (Ω·m).

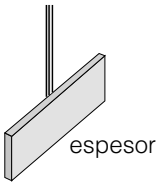


Fig. F5-009: *placas verticales.*

Método Howe adaptado por UNESA
Este método establece una correlación entre las tensiones de paso, contacto y la resistencia de puesta a tierra, para cada una de las configuraciones tipo. Para cada configuración nos darán unos "coeficientes", que multiplicados por la resistividad del terreno (ρ), nos darán el valor de la resistencia de puesta a tierra en (Ω), la tensión de paso en (V) y la tensión de contacto en (V).
■ Las configuraciones consideradas son:
□ Configuración cuadrada:
– Sin picas.
– Con cuatro picas.
– Con ocho picas.
□ Configuración rectangular:
– Sin picas.
– Con cuatro picas.
– Con ocho picas.
□ Configuración lineal con picas:
– Soluciones para 2, 3, 4, 6 y 8 picas.
– Distancia entre picas fija (4 m).

Configuración	Lp (m)	R Kr	U_{paso} Kp	$U_{contacto}$ Kc	Referencia
Profundidad a 0,5 m del nivel del suelo					
Sin picas		0,123	0,0252	0,0753	40-40/5/00
4 m Cuadrada con 4 picas	2	0,092	0,0210	0,0461	40-40/5/42
	4	0,075	0,0164	0,0330	40-40/5/44
	6	0,064	0,0134	0,0254	40-40/5/46
	8	0,056	0,0113	0,0205	40-40/5/48
Cuadrada con 8 picas	2	0,82	0,0181	0,0371	40-40/5/82
	4	0,063	0,0132	0,0237	40-40/5/84
	6	0,053	0,0103	0,0170	40-40/5/86
	8	0,045	0,0084	0,0131	40-40/5/88
Profundidad a 0,8 m del nivel del suelo					
Sin picas		0,117	0,0176	0,0717	40-40/8/00
Cuadrada con 4 picas	2	0,089	0,0144	0,0447	40-40/8/42
	4	0,073	0,0114	0,0323	40-40/8/44
	6	0,062	0,0094	0,0250	40-40/8/46
	8	0,054	0,0079	0,0203	40-40/8/48
Cuadrada con 8 picas	2	0,079	0,0130	0,0359	40-40/8/82
	4	0,061	0,0096	0,0233	40-40/8/84
	6	0,051	0,0075	0,0169	40-40/8/86
	8	0,044	0,0062	0,0131	40-40/8/88
Profundidad a 0,5 m del nivel del suelo					
Sin picas		0,094	0,0184	0,0553	70-40/5/00
7 m / 4 m Rectangular con 4 picas	2	0,076	0,0165	0,0362	70-40/5/42
	4	0,064	0,0134	0,0271	70-40/5/46
	6	0,056	0,0113	0,0215	70-40/5/46
	8	0,049	0,0097	0,0117	70-40/5/48
Rectangular con 8 picas	2	0,068	0,0143	0,0302	70-40/5/82
	4	0,055	0,0108	0,0201	70-40/5/84
	6	0,046	0,0087	0,0148	70-40/5/86
	8	0,040	0,0072	0,0115	70-40/5/88
Profundidad a 0,8 m del nivel del suelo					
Sin picas		0,091	0,0129	0,0528	70-40/8/00
Rectangular con 4 picas	2	0,073	0,0113	0,0353	70-40/8/42
	4	0,062	0,093	0,0266	70-40/8/44
	6	0,054	0,0079	0,0212	70-40/8/46
	8	0,048	0,0068	0,0175	70-40/8/48
Rectangular con 8 picas	2	0,066	0,0101	0,0294	70-40/8/82
	4	0,053	0,0078	0,0198	70-40/8/84
	6	0,045	0,0063	0,0147	70-40/8/86
	8	0,039	0,053	0,0115	70-40/8/88

	n.º picas	R Kr	U_{paso} Kp		Referencia
Profundidad a 0,5 m del nivel del suelo					
cable Cu-S = 50 mm² / 6 m / 4 m / piquetas	2	0,113	0,0208		5/24
	3	0,075	0,0128		5/34
	4	0,0572	0,00919		5/44
	6	0,0399	0,00588		5/64
	8	0,0311	0,00432		5/84
Profundidad a 0,8 m del nivel del suelo					
cable Cu-S = 50 mm² / 6 m / 4 m / piquetas	2	0,110	0,0139		8/24
	3	0,073	0,0087		8/34
	4	0,0558	0,00633		8/44
	6	0,0390	0,00408		8/64
	8	0,0305	0,00301		8/84

Tabla F5-010: *tabla de coeficientes para el cálculo de la resistencia de una toma de tierra, de la tensión de paso y de contacto según el método Howe (UNESA).*

□ Alternativas:
– Todas ellas con dos alternativas, enterradas a 0,5 o a 0,8 m del nivel del suelo.
□ Características comunes:
– La sección del conductor es de cobre de 50 mm^2.
– El diámetro de las piquetas es de 14,8 mm.
– Alternativas en la longitud de las piquetas, de 2, 4, 6 y 8 m.

■ Resistencia de puesta a tierra: $R_{(puesta\ a\ tierra)} = \rho \cdot Kr$

■ Tensión de paso: $U_{(paso)} = \rho \cdot Kp$

Tensión de contacto: $U_{(contacto)} = \rho \cdot Kc$

ρ = resistividad del terreno

El cálculo de la tensión de paso y de contacto es propio de las puestas a tierra de los centros de transformación de MT/BT e instalaciones de AT. No obstante, al referirnos al método hemos facilitado todos los coeficientes del mismo.

Ejemplos:

1) Tierra en una zona calcárea con una resistividad del terreno de 100 a 300 Ω/m.
Para obtener una resistencia de puesta a tierra, R = 5 Ω.

$$Kr = \frac{R}{\rho} = \frac{5\ \Omega}{100\ \Omega/m} = 0{,}05$$

La configuración con una Kr próxima, por defecto, a 0,05 es:
70 – 40/5/48 → Kr = 0,049.

$$R = \rho \cdot Kr = 100\ \Omega/m \cdot 0{,}049 = 4{,}9\ \Omega$$

2) Tierra en una zona calcárea con una resistividad del terreno de 500 a 1.000 Ω/m.
Para obtener una resistencia de puesta a tierra, R = 5 Ω.
Es un terreno un poco difícil, pero no imposible.
El coeficiente Kr correspondiente será:

$$Kr = \frac{R}{\rho} = \frac{5\ \Omega}{1000\ \Omega/m} = 0{,}005$$

No hay ninguna configuración que llegue a estos valores. La solución es colocar configuraciones en paralelo.
Configuración 70 – 40/5/88 → Kr = 0,040:

$$n.^{o}\ (configuraciones) = \frac{Kr_{(configuración)}}{Kr_{(deseado)}} = \frac{0{,}040}{0{,}005} = 8$$

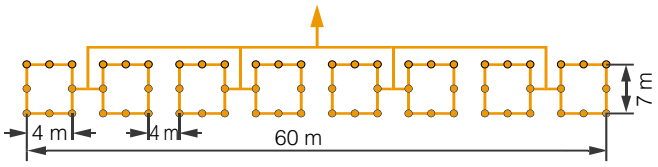


Fig. F5-011: *posible solución con configuraciones rectangulares.*

Conductor de 50 mm^2 → 204 m.
Piquetas de 8 m → 56 unidades.
Configuración 8/84 → Kr = 0,0305:

$$n.^{o}\ (configuraciones) = \frac{Kr_{(configuración)}}{Kr_{(deseado)}} = \frac{0{,}0305}{0{,}005} = 6$$

F 5

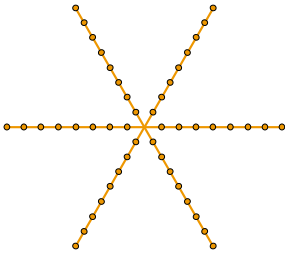


Fig. F5-012: *posible solución con configuraciones lineales.*

Conductor de 50 mm^2 → 288 m.
Piquetas de 4 m → 48 unidades.
En una configuración de bucle necesitaríamos para mantener una resistencia de R = 5 Ω:

$$Kr = \frac{2\rho}{R} = \frac{2 \cdot 1000\ \Omega/m}{5\ \Omega} = 400\ m$$

Conductor de Cu de 25 mm^2 400 m.
Si extendemos el cable por debajo de las cimentaciones, y tenemos la precaución de unirlo eléctricamente a todos los herrajes del armado de las mismas, mejoraremos la resistencia.
En función del movimiento de tierras correspondiente a la obra, cada una tiene una solución económica óptima.

Valores de la resistividad de los terrenos

Naturaleza del terreno	Resistividad (Ω/m)
Terreno pantanoso	1 a 30
Cieno	20 a 100
Humus y/o mantillo	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Marga	100 a 200
Marga jurásica	30 a 40
Arena arcillosa	50 a 500
Arenas con silicatos	200 a 300
Suelo pedregoso	1.500 a 3.000
Suelo pedregoso cubierto de hierbas	300 a 500
Calizo de grano grueso	100 a 300
Calizo compacto	1.000 a 5.000
Calizo mezclado	500 a 1.000
Pizarra	50 a 300
Micacita	800
Granito y arenisca	1.500 a 10.000
Granito y aresnisca adulterada	100 a 600

Tabla F5-013: *tabla de valores de la resistividad de diferentes terrenos.*

Especificación del tipo de terreno:
■ **Terreno pantanoso:** dícese de los terrenos donde hay pantanos, charcos o cenagales.

■ **Cieno:** terreno poco coherente, embebida en agua, que forma depósitos en el fondo de los ríos, mares, lagos y sectores húmedos.
■ **Humus y/o mantillo:**
□ Humus: "tierras vegetales", la fracción descompuesta de restos orgánicos incorporados al suelo.
□ Mantillo: capa superior del suelo, formada en gran parte por la descomposición de restos orgánicos.
■ **Turba húmeda:** carbón combustible negruzco, ligero, esponjoso, producido por materias vegetales más o menos carbonizadas.
■ **Arcilla plástica:** arcilla empapada con agua en la proporción que le da plasticidad (silicatos de aluminio + óxidos ferrosos).
■ **Marga:** roca sedimentaria formada por arcilla cementada por carbonato cálcico.
■ **Marga jurásica:** arcilla mezclada con arena, grava y bloques, constituida por la antigua morrena del fondo de un glaciar.
■ **Arena arcillosa:** mezclas de arenas y arcillas.
■ **Arenas con silicatos:** mezclas de arenas y silicatos.
■ **Suelo pedregoso:** terreno cubierto de piedras.
■ **Suelo pedregoso cubierto de hierba.**
■ **Calizo de grano grueso:** terreno con una proporción elevada de cal (blanda).
■ **Calizo compacto (grano fino):** terreno con una proporción elevada de cal (mármol).
■ **Calizo mezclado:** no todo el terreno es una parte compacta caliza.
■ **Pizarra:** roca sedimentaria silicoalumínica, de grano muy fino, color gris o azulado, que se divide fácilmente en lajas.
■ **Micacita:** roca metamórfica que contiene cuarzo, mica y algunos minerales pesados.
■ **Granito y arenisca:**
□ Granito: roca eruptiva holocristalina, compuesta esencialmente por cuarzo, feldespatos, mica y esporádicamente algún anfíbol.
□ Arenisca: roca sedimentaria formada por la cimentación de arena.
□ Arenisca adulterada: arenisca mezclada con tierras que no han podido cimentar.

Valores a considerar en los anteproyectos de la resistividad de los terrenos

Con el fin de facilitar los anteproyectos se ofrece una valoración de la resistividad, en función de una simple inspección ocular, para poder efectuar una evaluación inicial de la obra, pero en el momento que se ha de realizar un proyecto definitivo deben realizarse las medidas de resistividad necesarias.

Naturaleza del terreno	Resistividad (Ω/m)
Terrenos de labranza grasos, terraplenes compactos húmedos	50
Terrenos de labranza magros, gravas, terraplenes toscos	500
Terrenos pedregosos, arenales secos, rocas permeables	3.000

Tabla F5-014: *tabla de valores de la resistividad de los terrenos a emplear en anteproyectos.*

La resistencia de las tomas de tierra varía en el tiempo

Depende de varios factores:
■ **La humedad del terreno:** la influencia de los cambios estacionales hasta una profundidad de 1 a 2 m.

A una profundidad de 1 m, la variación de la ρ, y por tanto de la R, puede ser de 1 a 3 entre el invierno y un verano seco.

■ **El hielo:** puede elevar la resistividad de un terreno, al helarlo, en miles de ohmios. Es necesario profundizar las tomas de tierra en las zonas frías.

■ **El envejecimiento del terreno:** el material del entorno de las tomas de tierra puede ser deteriorado por diversos efectos físicos:

□ Química, si la tierra es alcalina.

□ Galvánica, por efectos de corrientes continuas errantes (ferrocarriles).

■ **Oxidación:** utilizar la soldadura autógena en las soldaduras de unión (piquetas, placas, cables...), puesto que es la más resistente a la oxidación.

Medición de la toma de tierra

Debe existir la posibilidad de desconectar la toma de tierra del resto de la instalación y permitir así la medición solamente de la resistencia de la toma de tierra.

La medida de la resistencia de la toma de tierra se hace con la ayuda de dos electrodos auxiliares.

■ **Utilización de un amperímetro:**

$$A = R_T + R_{t1} = \frac{U_{T-t1}}{i_1} \qquad C = R_{t2} + R_T = \frac{U_{t2-T}}{i_3}$$

$$B = R_{t1} + R_{t2} = \frac{U_{t1-t2}}{i_2} \qquad A + C - B = 2R_T$$

Si la fuente de tensión es siempre la misma, tendremos:

$$R_T = \frac{U}{2}\left(\frac{1}{i_1} + \frac{1}{i_3} - \frac{1}{i_2}\right)$$

Utilización de un ohmímetro para medición de tierras.

Estos aparatos indican directamente el valor de la toma de tierra. También necesitan la utilización de dos electrodos auxiliares.

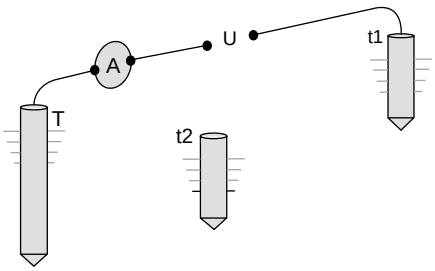


Fig. F5-015: *medida de la toma de tierra con un amperímetro.*

Conductores CPN (también denominados PEN)

Durante muchos años hemos utilizado la denominación inglesa de los conductores de protección (PE) o (PEN) cuando el conductor de protección y el neutro es el mismo. En el nuevo reglamento la instrucción ITC.BT-18 nos ofrece la traducción al castellano (CP) o (CPN). En esta obra, y debido a la divulgación realizada por los años, seguiremos utilizando la denominación inglesa.

■ 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 PEN 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 conductor PEN 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 PEN 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 sí 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 PEN debe estar unido al borne o a la barra prevista para el conductor de protección.

Circuitos 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 o a la sección equivalente si es de otro material.
■ La sección de los conductores de equipotencialidad secundarios, que unen dos masas, no será inferior a la más pequeña de la de los conductores de protección unidos a dichas masas.
■ 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.
Este conductor, caso de ser necesario, debe satisfacer lo indicado en el apartado “Conductores de protección”, pág. F/91.
■ 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.

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 y cuando por la otra circula la máxima corriente de defecto a tierra prevista.

Separación de las puestas a tierra con respecto a otras puestas a tierra:

■ 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 transformación, las masas de la instalación de utilización puedan quedar sometidas a tensiones de contacto peligrosas.

■ Si no se hace el control de independencia del apartado anterior, 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 tomas a tierra son eléctricamente independientes cuando se cumplen todas y cada una de las condiciones siguientes:

□ No existe 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.

□ 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 Ω/m). Cuando el terreno es muy mal conductor,

la distancia se calculará, aplicando la formula: $D = \frac{r \cdot I_d}{2 \cdot p \cdot U}$,

siendo:

D: distancia entre electrodos, en metros.

ρ: resistividad media del terreno en ohmios metro.

I_d: 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.

□ 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 (I_d) en el centro de transformación, el valor de la tensión de defecto ($U_d = I_d \cdot R_t$) 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.

En realidad, lo que se pretende es que una tensión parásita, transmitida a través de una corriente de fuga de MT o AT, pueda perforar el aislamiento de una instalación de BT, evaluada en 2 U + 1.000 V, durante un minuto, siendo U la tensión máxima de servicio y con un mínimo de 1.500 V, y crear una corriente de fuga peligrosa para las personas y los materiales.

■ En la tabla F5-016 se recogen las distancias mínimas entre electrodos para intensidades de defecto, comprendidas entre 20 y 1.000 A, y resistividades del terreno entre 20 y 3.000 Ω/m.

■ Con esta separación y las condiciones de las tierras de los centros de transformación, no se alcanzará una tensión en el neutro de BT superior a 1.000 V cuando se tenga una corriente de defecto de 1.000 A.

Antes de realizar el proyecto de una instalación de puesta a tierra, es interesante efectuar una lectura del apartado L3.4. "Materiales eléctricos para las puestas a tierra y conductores de protección", del 5.º Volumen. En él encontrarán la filosofía de la tecnología adecuada para el diseño.

Separación de los sistemas de puesta a tierra																		
Resistividad terreno	Intensidad de defecto en (A)																	
(Ω/m)	100	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1.000
20	0	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3
40	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	6	6	6
60	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10
80	1	3	3	4	4	5	6	6	7	8	8	9	10	10	11	11	12	13
100	2	3	4	5	6	6	7	8	9	10	10	11	12	13	14	14	15	16
150	2	5	6	7	8	10	11	12	13	14	16	17	18	19	20	21	23	24
200	3	6	8	10	11	13	14	16	18	19	21	22	24	25	27	29	30	32
250	4	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
300	5	10	12	14	17	19	21	24	26	29	31	33	36	38	41	43	45	48
350	6	11	14	17	19	22	25	28	31	33	36	39	42	45	47	50	53	56
400	6	13	16	19	22	25	29	32	35	38	41	45	48	51	54	57	60	64
450	7	14	18	21	25	29	32	36	39	43	47	50	54	57	61	64	68	72
500	8	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80
550	9	18	22	26	31	35	39	44	48	53	57	61	66	70	74	79	83	88
600	10	19	24	29	33	38	43	48	53	57	62	67	72	76	81	86	91	95
650	10	21	26	31	36	41	47	52	57	62	67	72	78	83	88	93	98	103
700	11	22	28	33	39	45	50	56	61	67	72	78	84	89	95	100	106	111
750	12	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90	95	101	107	113	119
800	13	25	32	38	45	51	57	64	70	76	83	89	95	102	108	115	121	127
850	14	27	34	41	47	54	61	68	74	81	88	95	101	108	115	122	129	135
900	14	29	36	43	50	57	64	72	79	86	93	100	107	115	122	129	136	143
950	15	30	38	45	53	60	68	76	83	91	98	106	113	121	129	136	144	151
1.000	16	32	40	48	56	64	72	80	88	95	103	111	119	127	135	143	151	159
1.200	19	38	48	57	67	76	86	95	105	115	124	134	143	153	162	172	181	191
1.400	22	45	56	67	78	89	100	111	123	134	145	156	167	178	189	201	212	223
1.600	25	51	64	76	89	102	115	127	140	153	166	178	191	204	216	229	242	255
1.800	29	57	72	86	100	115	129	143	158	172	186	201	215	229	244	258	272	286
2.000	32	64	80	95	111	127	143	159	175	191	207	223	239	255	271	286	302	318
2.200	35	70	88	105	123	140	158	175	193	210	228	245	263	280	298	315	333	350
2.400	38	76	95	115	134	153	172	191	210	229	248	267	286	306	325	344	363	382
2.600	41	83	103	124	145	166	186	207	228	248	269	290	310	331	352	372	393	414
2.800	45	89	111	134	156	178	201	223	245	267	290	312	334	357	379	401	423	446
3.000	48	95	119	143	167	191	215	239	263	286	310	334	358	382	406	430	454	477

Tabla F5-016: *tabla de distancias de separación de dos tomas de tierra, en función de las corrientes de fuga posibles y de la resistividad del terreno.*

5.3. Las puestas a tierra y la compatibilidad electromagnética

Tierra y compatibilidad electromagnética

Como hemos visto, la tierra tiene una función muy específica (aunque parcial, ya que además es necesario eliminar los residuos conducidos por las líneas de alimentación de la red del edificio) en lo que se refiere a las descargas de rayos. En cuanto a la mayor parte de los fenómenos de "CEM" (transitorios, corrientes o campos radiados de alta frecuencia "AF"), los conductores de tierra cuya

longitud y topología de distribución (conexión estrella, en paralelo, a los conductores activos) presentan impedancias muy elevadas en alta frecuencia "AF", no tendrán utilidad alguna si no se dispone además de una red de mallado de las masas.

En el momento de realizar un proyecto de todo un edificio, consultar el apartado L2.5. "Protección contra las interferencias electromagnéticas (IEM) en los edificios", del 5.º Volumen del Manual teórico-práctico Schneider, que contempla soluciones globales contra las interferencias electromagnéticas.

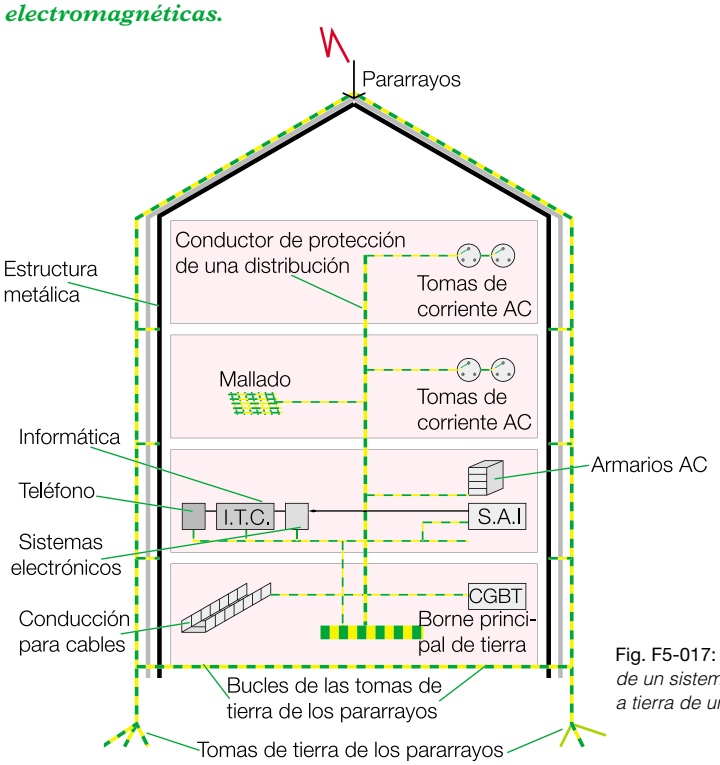
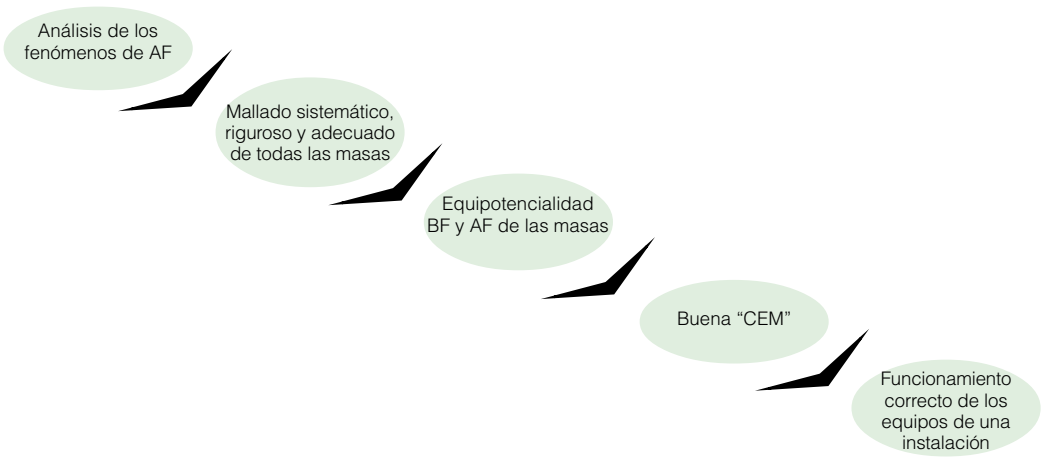


Fig. F5-017: *vista general de un sistema de puesta a tierra de un edificio.*

Masas y compatibilidad electromagnética



Comportamiento en "BF"

Ejemplo: a la frecuencia de la red (50 o 60 Hz).

La equipotencialidad de las masas a la frecuencia de la red (50 Hz-60 Hz) está garantizada por la conexión de los hilos amarillo-verde (PE-PEN).

Comportamiento en alta frecuencia "AF"

En el apartado relativo a la tierra hemos visto que ésta tiene una función relativamente limitada en relación con los fenómenos de "CEM".

Por el contrario, las masas situadas muy cerca de los aparatos electrónicos cumplen la función de "plano" o red de referencia para los fenómenos de alta frecuencia "AF" (así como algunos aspectos de la frecuencia de 50\|60 Hz), siempre y cuando se resuelva antes del problema de su equipotencialidad.

En efecto, la interconexión de las masas por medio de conductores de protección, conectados en estrella, presentan impedancias muy altas en "AF", entre los puntos a veces cercanos. Por otra parte, las corrientes de fallo elevadas generan diferencias de potencial entre dos puntos y, además (régimen TN-C), por el conductor PEN circulan permanentemente corrientes elevadas.

Parece, pues, necesario (sin menospreciar la función de los PE), hacer el mayor número posible de interconexiones complementarias (cables de color distinto al amarillo-verde), con cables de sección en ningún caso inferior a la sección menor de los PE conectados a las masas consideradas. Estas conexiones deberán hacerse progresivamente entre las masas de los equipos, las canalizaciones de cables, las estructuras metálicas existentes o que vayan añadiendo, etc.

Será necesario conectar directamente a ellas las pantallas, blindajes, salidas de modo común de los dispositivos de filtrado, etc.

De esta forma, se constituirá una red equipotencial de masa de mallas finas de acuerdo con las exigencias de "CEM".

En algunos casos excepcionales (corrientes inducidas a la frecuencia de la red, diferencias de potencial, etc.), será necesario efectuar la conexión a la red de masa de la forma adecuada (ejemplo: montando condensadores "AT"/"BT" en un extremo, etc.).

Corriente de fuga de la instalación

Por su proximidad con los circuitos eléctricos de la instalación, las masas

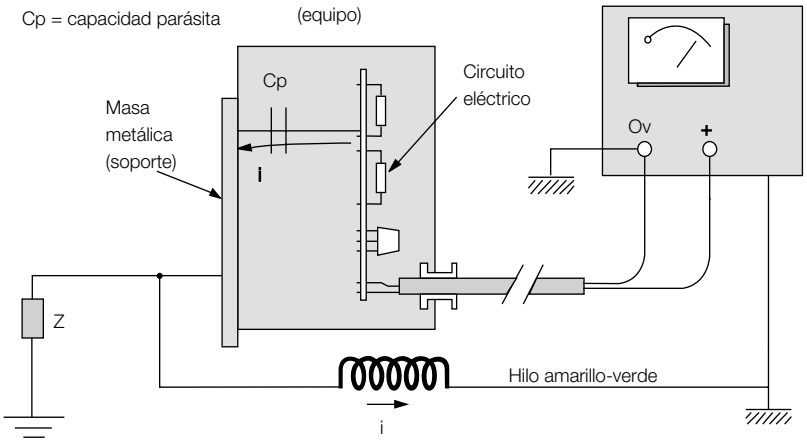


Fig. F5-018: *ejemplo de creación de capacidades parásitas, entre los circuitos activos y las masas.*

forman con estos circuitos capacidades parásitas que generan la circulación de corrientes no deseadas, a través de los equipos y las masas.
En algunos casos, el resultado es que las instalaciones funcionan mal (disparo de las protecciones diferenciales).
Ver "Modos de transmisión" (perturbaciones radiadas, acoplamiento capacitivo).

Para conectar las masas deben utilizarse métodos adecuados para baja frecuencia "BF" (seguridad de las personas) y alta frecuencia "AF" (buena "CEM").

La conexión solamente será eficaz desde un punto de vista técnico y económico:
- ***si el problema se tiene en cuenta durante el diseño,***
- ***si se sabe cómo montar la parte "AF" de una instalación.***

Bucles entre masas

Un bucle entre masas es la superficie comprendida entre dos cables de masa.

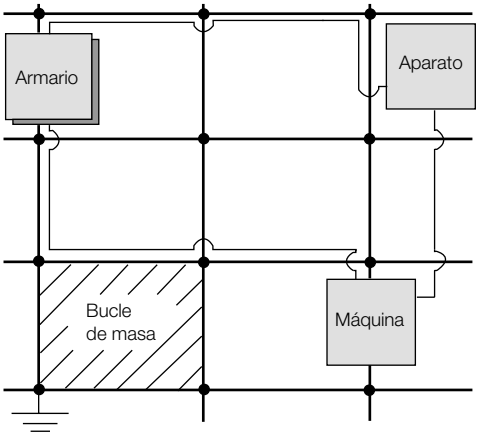


Fig. F5-019: *esquema indicativo de los bucles de masa.*

Los bucles entre masas son el resultado de un mallado sistemático y riguroso que permite garantizar la equipotencialidad de un centro. Es necesario reducir la superficie de cada bucle multiplicando las conexiones entre todas las masas.

Bucles de masa

Un bucle de masa es la superficie comprendida entre un cable funcional (cables de alimentación, de control, red de comunicación...) y el conductor o la masa mecánica más cercana.

Debemos reducir las superficies de los bucles de masa.

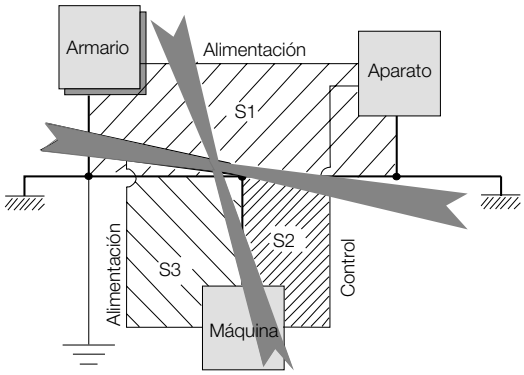


Fig. F5-020: *trazado de red de interconexión de masas no correcto.*

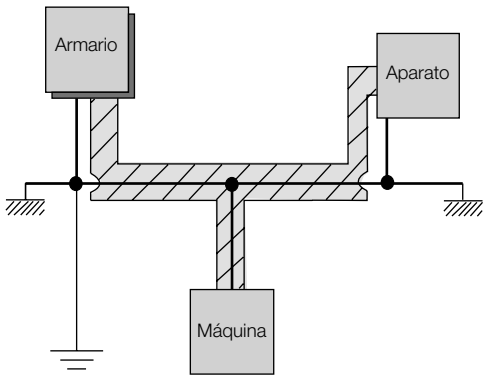
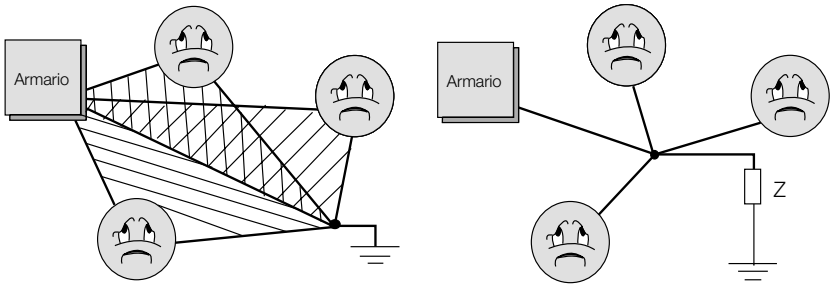


Fig. F5-021: *trazado de red de interconexión de masas correcto.*

Hay tantos bucles de masa como cables funcionales.

Es imprescindible reducir la superficie de los bucles de masa haciendo pasar los cables funcionales, en toda su longitud, lo más cerca posible de las masas.
Los bucles de masa son la principal fuente de problemas de "CEM". Las perturbaciones radiadas se acoplan a través de ellos con mucha facilidad.

Evitar la conexión estrella de las masas a la tierra



Bucles de masa de gran superficie

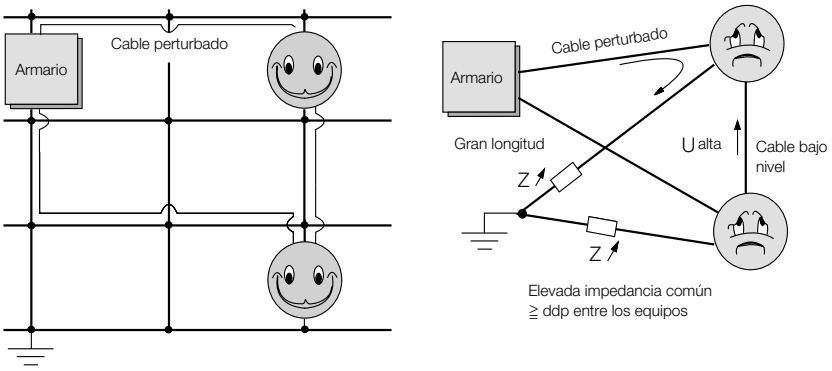


Fig. F5-022: *cómo conseguir una buena equipotencialidad para las perturbaciones de "AF".*

Es imprescindible no conectar en estrella las masas a la tierra.

Solamente haciendo un mallado sistemático y riguroso de las masas entre sí, es posible conseguir una buena equipotencialidad de alta frecuencia "AF" en la instalación.

Comportamiento del cable de conexión de protección (hilo amarillo-verde) PE-PEN

En las instalaciones antiguas, realizadas sin tener en cuenta los fenómenos de "AF", la longitud de los conductores amarillo-verde (PE-PEN) es tal (L > 1 a 2 m) que:
■ Contribuye con eficacia a la equipotencialidad de "BF" (50 Hz-60 Hz) de la instalación y, por tanto, a la seguridad de las personas y de los bienes (CEI 364).
■ No influyen prácticamente en la equipotencialidad de "AF" de la instalación y, por tanto, en la "CEM".

Interconexión de las masas
Si el cable de masa es demasiado largo (L > 10/F (MHz)) la instalación queda "flotante", aparecen diferencias de potencial entre los dispositivos y se produce la circulación de corrientes no deseadas.

Para conseguir la equipotencialidad "AF", es imprescindible hacer un mallado sistemático y riguroso de todas las masas.

6. Los cuadros eléctricos

El cuadro es un elemento importante de la seguridad de una instalación eléctrica. Deben proyectarse y realizarse de acuerdo a las normas UNE-EN 60.439 y siguiendo las prescripciones del fabricante.

■ Los cuadros están sujetos a su proceso de ensamblaje, a su compartimentación y a la aparamenta que albergan.
■ Se componen de varias partes, bornes, embarrado, aparamenta, conexionado, soportes, etc.
■ Cada parte agrupa a todos los elementos mecánicos y eléctricos que concurren en su función.
■ Es un eslavón importante de la cadena de seguridad de una instalación.
■ En consecuencia, el tipo de cuadro debe estar perfectamente adaptado a su aplicación.
■ Su diseño y su realización debe estar conforme a la Directiva y el Reglamento de BT. Por ser un punto vital de la instalación, es de las partes en que incide más la normativa y las reglas del arte del buen hacer.
■ La envolvente de los cuadros ofrece una doble protección:
□ La protección de la aparamenta contra las vibraciones, choques mecánicos, la polución y diversas agresiones externas.
□ La protección de las personas contra los contactos eléctricos.
■ La aparamenta de mando y protección, cuya posición de servicio es aconsejable que sea en vertical o con capacidad de refrigeración suficiente, se ubicará en el interior de los cuadros de distribución, de donde partirán los circuitos interiores.
■ Las envolventes de los cuadros deben cumplir las normas UNE 20.451 y UNE-EN 60.439-3, con un grado de protección adecuado al ambiente y como mínimo IP 30 según UNE 20.324, e IK 07 según UNE-EN 50.102.
■ 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.
■ **El cuadro general de distribución** estará de acuerdo con lo indicado en los párrafos anteriores que corresponde a 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.
■ Según la tarifa a aplicar y en correspondencia con las normas de la Cía. Suministradora, el cuadro podrá prever la instalación de los mecanismos de control necesarios por exigencia de la aplicación de esa tarifa.

6.1. Los tipos de cuadros

Los cuadros o los conjuntos de aparamenta de BT se diferencian por su función y por las características de su construcción.

Los tipos de cuadros en función de su aplicación

■ **Los grandes tipos de cuadros son:**
□ El cuadro general de BT.
□ Los cuadros secundarios.
□ Los cuadros terminales.
□ Los cuadros de control y mando de procesos: ejemplo, CCM (control y mando de motores).
□ El cuadro doméstico (cuadro general de la vivienda).
□ El cuadro de acometida y los de medida.
En España disponemos de una reglamentación acorde a las empresas suministradoras de la energía, la cual desarrollamos en el capítulo D.

6.2. Las formas de realización de los cuadros

■ Podemos distinguir dos procesos de construcción de cuadros:
□ Tradicional, en que la aparamenta se fija a un bastidor en el interior de la envolvente.
□ Funcional o acoplamiento de partes funcionales estándares con la aparamenta.

Los cuadros tradicionales:

■ La aparamenta es generalmente fijada sobre un chasis en el fondo de una envolvente.
■ El acceso a los mandos y a la señalización se realiza por medio de taladros en la parte frontal.
■ La implantación del material en el interior del cuadro necesita un estudio minucioso de la distribución del material, para que no dificulte:
□ la instalación y el funcionamiento de toda la aparamenta,
□ el cableado y el mantenimiento de las distancias de aislamiento,
□ el comportamiento térmico del conjunto y de cada elemento.
■ Una predeterminación de la superficie de cuadro necesaria se puede realizar multiplicando por 2,5 la superficie total de la aparamenta a instalar.
■ Es conveniente tener en cuenta:
□ las prescripciones de seguridad de la Directiva de BT, que pueden asegurarse atendiendo a los ensayos especificados en la norma UNE-EN 60439-1,
□ la Directiva de Responsabilidad Civil (85/774), cubriendo las responsabilidades con pólizas adecuadas.

Los cuadros funcionales

Dedicados a aplicaciones precisas, constituidos por la agrupación de partes funcionales de la aparamenta y sus accesorios:
■ La aparamenta se fija en soportes propios para cada producto.
■ El acceso a los mandos y a la señalización se realiza por medio de ventanas estándares, propias para cada elemento.
■ La implantación del material en el interior del cuadro, de los elementos de soporte, de los elementos de conexionado y de los bornes, se resuelve por su estandarización mediante tablas de selección o con un preciso programa informático, que distribuye el material de la forma más óptima para atender:
□ la accesibilidad del material, los mandos y la señalización,
□ las distancias de aislamiento,
□ el comportamiento térmico del conjunto,
□ la configuración mecánica adecuada para el soporte de los esfuerzos electrodinámicos.
■ El dimensionado del embarrado y las conexiones se realiza en función de la intensidad de cortocircuito, sujeta a las posibles reducciones en función del efecto limitador de la protección de cabecera.

■ La determinación del cuadro es rápida puesto que los grupos funcionales solucionan los pequeños problemas difíciles y laboriosos de determinar.
■ Los componentes prefabricados permiten una reducción de tiempo considerable en el montaje.
■ Los cuadros se benefician de los ensayos tipo, que reducen sustancialmente los costes de los ensayos y confieren un nivel de seguridad elevado.

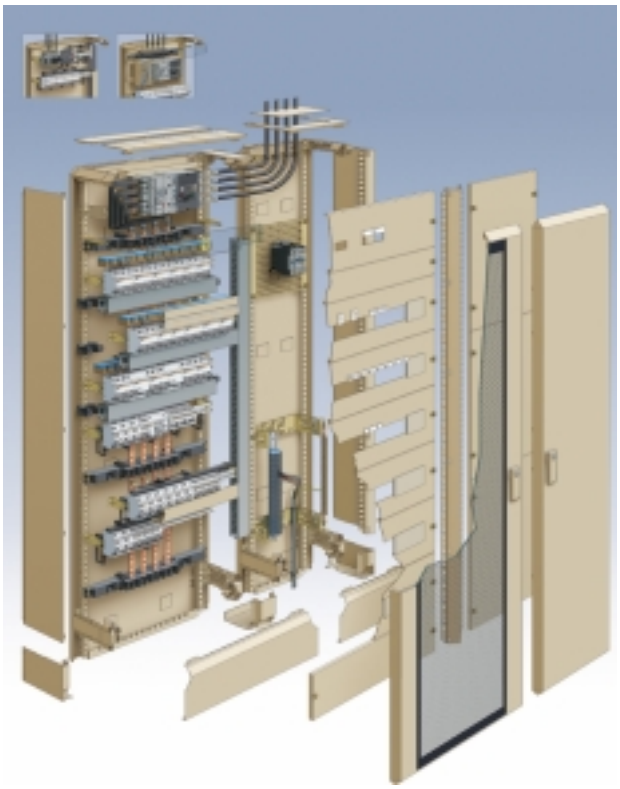


Fig. F6-001: *perspectiva de un cuadro funcional.*



Fig. F6-002: *facilidad de montaje de un cuadro funcional.*

6.3. Programa informático de concepción y valoración de cuadros funcionales hasta 3.200 A

ECObat es un programa de concepción modular, que permite el tratamiento completo de las ofertas, ofreciendo la posibilidad de iniciar el proyecto desde uno cualquiera de sus módulos.

Los módulos son:

- Gestión de proyectos.
- Lista de referencias.
- Puesta en envolvente.
- Vista frontal de la envolvente.
- Valoración.
- Esquema unifilar.

■ Gestión de los proyectos

La gestión de los proyectos permite generar la estructura propia de la propuesta del proyecto.
Es una verdadera herramienta que permite trabajar a partir de cualquier cuaderno de cargas.

■ Lista de referencias

En cuanto está creado y parametrizado en el proyecto, el comando lista de referencias permite seleccionar los materiales necesarios para cada cuadro, dentro de los productos de los catálogos.
Estos materiales se relacionarán después con uno o varios nombres funcionales del esquema unifilar y de la puesta en envolvente.
La total interactividad de estos tres módulos permite una reacción automática a cualquier modificación hecha en uno de ellos.

■ Esquema unifilar

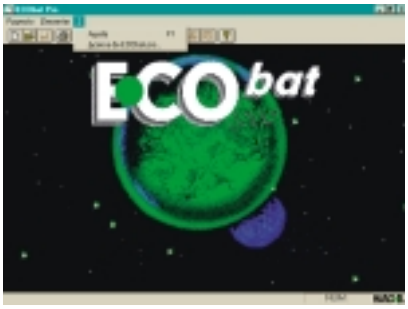
Contiene los símbolos normalizados permitiendo la realización de esquemas hasta 3.200 A.
Está en relación directa con los catálogos y las bases de datos.
Su editor gráfico permite:

- la visualización de todos los planos en pantalla,
- la personalización de los cajetines de planos.
- la creación y la posibilidad de guardar esquemas tipo,
- la importación de los dibujos de vista frontal de cuadros,
- la implantación de los símbolos por corte automático de cables,
- la utilización de funciones gráficas y de acotación con los módulos, lista de referencias y puesta en envolvente.

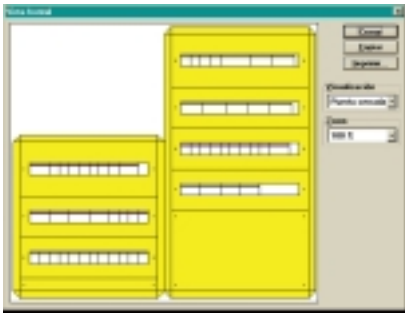
■ Configuración de la envolvente

La puesta en envolvente garantiza la correcta colocación de los aparatos, seleccionados en los demás módulos, en cuadros y armarios de las gamas Prisma y Pragma. Permite además visualizar e imprimir una vista frontal del armario realizado.

■ **Valoración**
La valoración (presupuesto y bono de pedido) pone el punto y final de forma sencilla y rápida a la realización de un proyecto completo.







6.4. La normativa vigente UNE-EN 60439.1

El concepto de cuadro tradicional y funcional se ha introducido para poder definir la filosofía de la nueva normativa, más acorde a las directivas de BT y de responsabilidad civil, y de las exigencias normativas de la UNE-EN 60439.1.

El objeto de la norma

Trata de mostrar y especificar los "conjuntos de aparamenta de baja tensión" (en adelante CONJUNTO) que son definidos como:

■ Combinación de uno o varios aparatos de conexión, de baja tensión, con los materiales asociados de mando, medida, señalización, protección, regulación, etc., con todas sus conexiones internas, mecánicas, eléctricas y sus elementos estructurales.

■ Clasificación de los elementos del proceso de montaje, en función de la utilización:

□ que la totalidad de los productos sean elementos bajo ensayos tipo,

□ que parte de los productos sean elementos que, basados en los productos con ensayos tipo, hayan sufrido alguna modificación, manteniendo las prescripciones básicas de la norma.

Conjunto de aparamenta de baja tensión de serie (CS)

Conjunto de aparamenta de baja tensión, conforme a un tipo o sistema establecido, sin desviarse de él de una forma que pueda influir notablemente en las prestaciones, con relación a las del CONJUNTO tipo, que ha sido verificado de acuerdo con esta norma.

Conjunto de aparamenta de baja tensión derivado de serie (CDS)
Conjuntos de aparamenta de baja tensión que contienen partes con ensayos tipo y partes sin. Con la condición de que estos últimos se deriven de ensayos tipo (por ejemplo, por cálculo), o cumplan los ensayos correspondientes. Se puede sintetizar el significado de las dos definiciones como sigue:
■ El CS corresponde a productos perfectamente definidos y estandarizados, sea a nivel de sus componentes (proyecto específico para cada uno de los constituyentes), sea a nivel de fabricación (guía de montaje, etc.) y debiendo satisfacer las pruebas tipo, definidas en la norma (ver la tabla F6-003).
■ El CDS corresponde al conjunto donde la estructura base es un CS al que se le han aportado una o más modificaciones, que deberán verificarse por cálculo (extrapolación de elementos CS) o ensayos específicos.
Estos aspectos fundamentales de la Norma han favorecido la creación, por parte de los más importantes fabricantes, de toda una gama de componentes ensayados y destinados a ser suministrados, facilitando el trabajo al cuadrista, que podrá montar en el taller o en destino, bajo precisas instrucciones del fabricante, CONJUNTOS completos, con la garantía de trabajar conforme a las normas y con las respectivas pruebas tipo ensayadas y aseguradas por el fabricante.
Esto facilita no solamente el trabajo al cuadrista sino también, y sobre todo, al usuario final, que tiene la garantía de recibir un producto CDS según la definición de la Norma.

El cuadro tradicional
Es aquel que está construido bajo las directrices de las reglas del arte del buen hacer y no está sujeto a ningún ensayo tipo, por tanto debe acreditar la seguridad exigida en la Directiva de BT por medio de ensayos específicos o por los definidos en la norma UNE-EN 60439.1.

6.5. Las tecnologías de los cuadros funcionales

Existen 3 tecnologías principales para realizar los cuadros funcionales:

■ **El cuadro de unidades funcionales fijas**
Toda intervención de mantenimiento o reparación deberá realizarse sin tensión alguna. En función de la utilización de aparamenta seccionable o desenchufable, en parte del cuadro podrán realizarse los trabajos en tensión.

■ **El cuadro con unidades funcionales seccionables o desconectables**
Siempre, la utilización de aparatos seccionables o extraíbles reduce el tiempo de intervención sin tensión, permitiendo realizar el mantenimiento o revisiones con el resto del cuadro en tensión y mantener un nivel de disponibilidad de la energía elevado.
Ejemplo: redes para salas informáticas.

■ **Los cuadros de cajones**
La aparamenta es agrupada en cajones que corresponden a una función determinada. Por lo general a una función de mando y control (ejemplo: la alimentación y control de un motor). Este sistema permite el mantenimiento y las revisiones bajo tensión, sin peligro para el manipulador y con la máxima rapidez para el recambio de las averías.

La compartimentación según UNE-EN 60439.1
La separación de las unidades funcionales en el interior de la envolvente permite acceder a una unidad funcional sin riesgo para las personas y las unidades contiguas.

Se definen cuatro niveles de compartimentación, en función del tipo de explotación, de la polución y del nivel de seguridad necesario.

Lista de verificaciones y ensayos a efectuar sobre los cuadros convencionales y funcionales

N.º	tradicional	funcional	características a verificar	CS	CDS	párrafo de la Norma
1	■	●	límites de calentamiento	ensayo tipo: verificación de los límites de calentamiento	verificación de los límites de calentamiento o extrapolación a partir de conjuntos que satisfacen los ensayos tipo	8.2.1
2	■	●	propiedades dieléctricas	ensayo tipo: verificación de las propiedades dieléctricas	verificación de las propiedades dieléctricas según los apartados 8.2.2. u 8.3.2., o verificación de la resistencia de aislamiento según el apartado 8.3.4 (ver n.º 11)	8.2.2
3	■	●	resistencia a los cortocircuitos	ensayo tipo: verificación de la resistencia a los cortocircuitos	verificación de la resistencia a los cortocircuitos o extrapolación a partir de dispositivos similares que satisfagan los ensayos tipo	8.2.3
4	■	●	continuidad eléctrica del circuito de protección			8.2.4
			4.1 conexión realizada entre las partes conductoras del CONJUNTO y el circuito de protección	ensayo tipo: verificación de la conexión real entre las partes conductoras del CONJUNTO y el circuito de protección por examen o por medida de la resistencia	verificación de la conexión real entre las partes conductoras del CONJUNTO y el circuito de protección por examen o por medida de la resistencia	8.2.4.1
	■	●	4.2 resistencia a los cortocircuitos del circuito de protección	ensayo tipo: verificación de la resistencia a los cortocircuitos del circuito de protección	verificación de la resistencia a los cortocircuitos del circuito de protección por un ensayo o por un estudio apropiado de la disposición del conductor de protección	8.2.4.2
5	■	●	distancias de aislamiento y líneas de fuga	ensayo tipo: verificación de las distancias de aislamiento y las líneas de fuga	verificación de las distancias de aislamiento y las líneas de fuga	8.2.5
6	■	●	funcionamiento mecánico	ensayo tipo: verificación del funcionamiento mecánico	verificación del funcionamiento mecánico	8.2.6
7	■	●	grado de protección	ensayo tipo: verificación del grado de protección	verificación del grado de protección	8.2.7
8	■	■	cableado, funcionamiento eléctrico	ensayo individual: inspección del CONJUNTO comprendiendo el examen de los cables y, en caso necesario, un ensayo de funcionamiento eléctrico	inspección del CONJUNTO comprendiendo el examen de los cables y, en caso necesario, un ensayo de funcionamiento eléctrico	8.3.1
9	■	■	aislamiento	ensayo individual: ensayo dieléctrico	ensayo dieléctrico o verificación de la resistencia de aislamiento según el apartado 8.3.4	8.3.2
10	■	■	medidas de protección	ensayo individual: verificación de las medidas de protección y de la continuidad eléctrica de los circuitos de protección	verificación de las medidas de protección	8.3.3
11	■	■	resistencia de aislamiento	no hace falta verificar	verificación de la resistencia de aislamiento salvo si el ensayo del apartado 8.2.2. o del apartado 8.3.2 ha sido efectuado	8.3.4

■ Ensayos a realizar por el cuadrista.
● Ensayos tipo realizados por el fabricante.

Tabla F6-003: *ensayos a realizar en los cuadros en función del sistema de montaje.*

Las diferentes formas son:

■ Forma 1: sin ninguna compartimentación.
■ Forma 2: separación de juegos de barras de unidades funcionales.
■ Forma 3: separación de los juegos de barras de las demás unidades funcionales y separación de éstas entre ellas, a excepción de los bornes de salida.
■ Forma 4: separación de los juegos de barras de las demás unidades funcionales y separación de éstas entre ellas, incluidos los bornes de salida.

La forma de separación es objeto de un acuerdo entre el utilizador y el cuadrista. Las formas 2, 3 y 4 son generalmente utilizadas en las aplicaciones sin posibilidad del corte de la corriente en las revisiones.

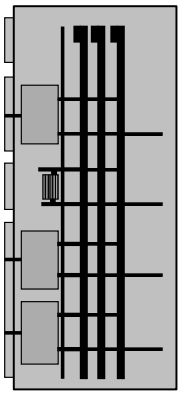


Fig. F6-004: *forma compartimentación 1.*

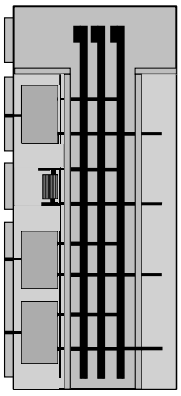


Fig. F6-005: *forma compartimentación 2.*

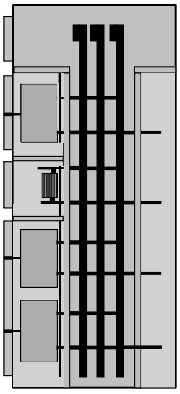


Fig. F6-006: *forma compartimentación 3.*

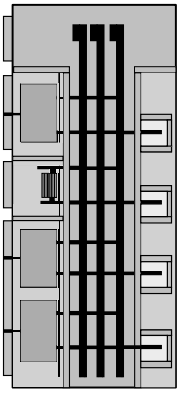


Fig. F6-007: *forma compartimentación 4.*

6.6. Diseño de cuadros

Características generales para el diseño de un cuadro eléctrico

Independientemente de las características propias del esquema de su función, un cuadro eléctrico lo debemos dimensionar en función de cuatro parámetros principales:

■ Su equilibrio térmico.
■ Su capacidad dieléctrica.
■ Su resistencia a los esfuerzos electrodinámicos.
■ Su protección a los agentes externos.

Para ello, y según la norma UNE-EN-60439.1, deberemos realizar siete ensayos y tres verificaciones:

□ Disipación térmica / límites de calentamiento.
□ Propiedades dieléctricas.
□ Resistencia a cortocircuitos / esfuerzos electrodinámicos.
□ Ensayo de las protecciones / selectividad.
□ Ensayos de aislamiento y distancias de fuga.
□ Ensayo del funcionamiento mecánico y de los enclavamientos.
□ Ensayo del grado de protección a los agentes externos (IP-K).
□ Verificación del cableado y del funcionamiento eléctrico.
□ Verificación final de la resistencia de aislamiento.
□ Verificación del funcionamiento de los circuitos de protección.

Según la UNE-EN 60439.1, en la ejecución de cuadros:

■ **Por el método tradicional**, se han de realizar los ensayos y las verificaciones.

■ **Por el sistema funcional**, solamente las comprobaciones correspondientes a las tres verificaciones, puesto que los ensayos tipo acreditados por los fabricantes del sistema cubren los siete primeros ensayos, siempre que la utilización del sistema funcional se haga acorde a las instrucciones del fabricante.

Calentamiento:

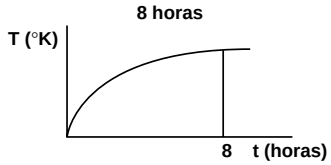
■ Límites de calentamiento:

□ Aparamenta	Según prescripciones de la aparamenta
□ Bornes para conductores aislados exteriores	+70 °K
□ Elementos manuales de mando: – metálicos – material aislante	 +15 °K +25 °K
□ Envolventes y cubiertas exteriores: – superficies metálicas – superficies aislantes	 +30 °K +10 °K* +40 °K +10 °K*

** Cuando en servicio normal no es necesario tener contacto con la superficie.*

En la normativa vigente los grados Celsius absolutos se marcan con la sigla "C" y los incrementos con la "K". El ensayo debe realizarse en todas las fases y neutro del circuito general y derivaciones, simultáneamente.

■ Condiciones de ensayo:

□ Temperatura del aire ambiente – En instalaciones interiores:	 Máxima: +40 °C Media máxima durante 24 h: +35 °C Mínima: –5 °C
– En instalaciones exteriores:	Máxima: +40 °C Media máxima durante 24 h: +35 °C Mínima: –25 °C en clima templado –50 °C en clima ártico
– El tiempo de duración del ensayo será el correspondiente al de estabilización de la temperatura a un incremento inferior de 1 °K durante una hora. Normalmente a partir de las 8 primeras horas de ensayo.	 Fig. F6-008: *exponencial del ensayo térmico de un cuadro.*

■ Disipación térmica.

La energía calorífica aportada en el interior del cuadro, por toda la aparamenta y el conexionado, ha de ser disipada por la envolvente, por ventilación natural o forzada.

□ Balance térmico de los cuadros montados con el proceso tradicional.

– Convección natural:

$$P = \Delta T \cdot S \cdot K > \Sigma DP$$

– Ventilación y/o refrigeración forzada:

$$P = \Delta T \cdot S \cdot K < = \Sigma DP$$

□ Balance térmico de los cuadros montados con el sistema funcional Prisma. Con un sistema funcional se facilitan valores tabulados en función de la intensidad de la aparamenta, basados en los ensayos tipo.
Siendo:
P = Potencia capaz de disipar la envolvente.
ΣDP = Suma del calor producido por todos los elementos (aparamenta, cableado, embarrado...) en el interior del cuadro, expresado en vatios.
T_M = Temperatura interna máxima.
T_E = Temperatura externa media.
S = Superficie total de la envolvente.
K = Coeficiente de conducción térmica:
K = 5,5 W/m² °C, con chapa pintada.
K = 4 W/m² °C, con poliéster.
Para la superficie de ventilación natural debe cumplirse que la superficie de salida sea superior a la de entrada:

$$S \geqq 1{,}1 \cdot S_E$$

Si la temperatura interior del cuadro, con las ventilaciones naturales, iguala o supera la temperatura prevista de trabajo, de la aparamenta y de las conducciones, deben colocarse ventilaciones forzadas.

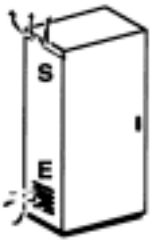


Fig. F6-009: *ventanas de ventilación.*

Para el estudio térmico de un cuadro consultar el Cuaderno Técnico de Merlin Gerin 145 “Estudio Térmico de los Cuadros Eléctricos de BT”.

■ Sistema Pragma:

Tipo	N.º de filas	Módulos	In
Pragma C Superficie	1	12	60
	2	24	60
	3	36	90
	4	48	90
Pragma C Empotrado	1	12	60
	2	24	60
	3	36	90
	4	48	90
Pragma D Superficie	1	18	90
	2	36	90
	3	54	125
	4	72	125
Pragma D Empotrado	2	36	90
	3	54	125
	4	72	125

Tabla F6-010: *tabla de valores de las capacidades térmicas máximas de los cuadros Pragma.*

■ Sistema Prisma G (hasta 630 A):
□ El aparato de cabecera de la intensidad elegida, máximo 630 A.
□ El embarrado de la intensidad elegida.
□ El dimensionado de la envolvente está de conformidad a la disipación térmica de la aparamenta a una temperatura ambiente de 40 °C o a una media de 35 °C durante 24 h.
□ Para la aparamenta de las salidas, es posible que sus intensidades nominales sumen el mismo valor que la intensidad nominal de cabecera, o puede ser algo mayor en función del coeficiente de simultaneidad.
La suma de las intensidades nominales de los circuitos de salida ha de tener proporcionalidad con el coeficiente de simultaneidad de la concentración de circuitos en un cuadro, especificado en la UNE-EN 60439.1.

N.º circuitos	Coeficiente de simultaneidad
2 y 3	0,9
4 y 5	0,8
6 a 9	0,7
a 10	0,6

Tabla F6-011: *tabla de los coeficientes de simultaneidad de circuitos en los cuadros.*

El valor máximo de la suma de intensidades de las salidas será:

$$\Sigma In_{salidas} = \frac{In_{cabecera}}{Ks}$$

Ejemplo: $In_{cabecera}$ = 400 A, 8 salidas.

Valor máximo:

$$\Sigma In_{salidas} = \frac{In_{cabecera}}{Ks} = \frac{400\ A}{0,7} = 571\ A$$

Propiedades dieléctricas
La tensión de ensayo, según UNE-EN 60439.1 apartado 8.2.2, es función de la tensión de empleo. En la tabla 10 se especifica que para una tensión de empleo de 1.000 V, la tensión de ensayo será:
■ Para envolventes metálicas E = 3.500 V.
■ Para envolventes aislantes E = 5.250 V.
□ Balance dieléctrico, cuadros montados con el proceso tradicional.

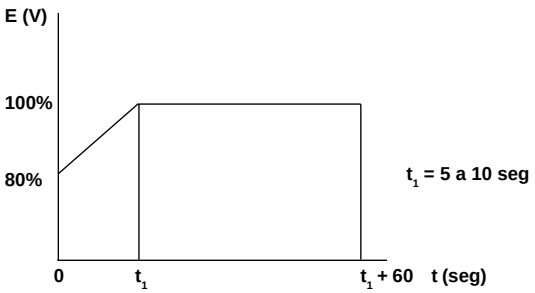


Fig. F6-012: *diagrama de aplicación de la tensión de ensayo en el tiempo.*

El ensayo debe realizarse con una fuente capaz de superar la impedancia del circuito de ensayo, manteniendo la tensión de ensayo durante el tiempo del mismo.
Se aplicará la tensión de ensayo durante un minuto y al final del mismo no debe apreciarse ningún cortocircuito, contorneo o fuga.
El equipo puede llevar una protección que permita, en el momento de incrementar la intensidad por una fuga o cortocircuito, parar el ensayo.
□ Balance dieléctrico, cuadros montados con el sistema funcional Prisma.
Con un sistema funcional, los ensayos dieléctricos tipo del sistema facilitan la garantía de rigidez cuando se utilizan todos los componentes del sistema.
□ El proceso.
Se aplicará una tensión inicial del 50% del valor de ensayo y durante un período de 5 a 10 seg debe estabilizarse el valor de ensayo. A partir de este momento, cuenta el período de un minuto de aplicación de la tensión.

Resistencia a los cortocircuitos / esfuerzos electrodinámicos
Los cuadros han de estar sometidos a un ensayo de resistencia al cortocircuito para poder acreditar su resistencia a ellos y a los esfuerzos electrodinámicos que se derivan.
El ensayo según la UNE-EN 60439.1 corresponde a una aplicación de la corriente eficaz de cortocircuito entre fases y neutro durante un segundo, y no ha de producir ningún desperfecto que altere su funcionamiento normal.
El valor de la corriente de cresta de la energía aplicada en el ensayo ha de ser:

$$I_{pc} = n \cdot I_{eff}$$

I_{eff}	cos φ	n
$I_{eff} \leq 5$ kA	0,70	1,50
5 kA – 10 kA	0,50	1,70
10 kA – 20 kA	0,30	2,00
20 kA – 50 kA	0,25	2,10
50 kA < I_{eff}	0,20	2,20

Tabla F6-013: *tabla de valores de las corrientes de ensayo en cortocircuito.*

■ Ensayos de cortocircuito para los cuadros montados con el proceso tradicional.
Deberán realizarse los ensayos de la norma UNE-EN 60439.1 para acreditar su resistencia a los cortocircuitos y esfuerzos electrodinámicos.
Para el cálculo de los esfuerzos electrodinámicos, consultar el cuaderno técnico de Merlin Guerin 162 “Los esfuerzos electrodinámicos en los juegos de barras de BT”.
■ Ensayos de cortocircuito para los cuadros montados con el sistema funcional Prisma.
Para los cuadros montados con sistemas funcionales, los ensayos tipo son suficientes para acreditar su resistencia a los cortocircuitos.
Para los cuadros montados con el sistema funcional Prisma G, los valores que acreditan son:

I_{eff} de cc = 25 kA / 1 seg

I_{cresta} en cc = 53 kA

Ensayo del funcionamiento mecánico y de los enclavamientos de un cuadro

El ensayo se realiza a la aparamenta que ubica y si existen enclavamientos de puerta del cuadro.

A los enclavamientos de puerta, dispositivos enchufables y seccionables se les deben realizar los ensayos según las especificaciones de la UNE-EN 60439.1, que corresponden a 50 ciclos de maniobras completos (conexión y desconexión), y después de ellas deberán mantener las mismas prestaciones originales.

Los ensayos de la aparamenta, si no están acreditados por ensayos tipo, deberán realizarse según la normativa propia de cada aparato.

Ensayos del grado de protección a los agentes externos (IP - IK):

■ Ensayos del grado de protección para los cuadros montados con el proceso tradicional.

■ Si la envolvente es de construcción estándar y no se modifican las características de la misma, los ensayos tipo del fabricante de la envolvente son suficientes.

■ En caso que la envolvente necesite mecanizaciones para la ubicación de la aparamenta, que modifiquen sus características originales, se deberán realizar los ensayos según la UNE-EN 60529 (ver apartado F8).

Ensayos de rigidez dieléctrica, líneas de fuga:

■ En el diseño y construcción de cuadros por el método tradicional, debe prestarse especial atención a las distancias entre las partes conductoras y éstas con las masas.

■ El contorneo de las distancias (líneas de fuga) deben considerarse en función de los materiales, el ambiente y la tensión.

■ Ensayos del grado de protección para los cuadros montados con el sistema funcional Prisma.

Los ensayos tipo son suficientemente acreditativos.

■ En los cuadros “CS” este trabajo está implícito en la elección del material.

6.7. Sistema modular Pragma, sistema estanco Kaedra y sistema funcional Prisma

El sistema consta de cuatro líneas: la de los cofrets (cajas) modulares gama Pragma, la de los cofrets (cajas) modulares estancos Kaedra, los cofrets G y la de los armarios Prisma GX.

Gama { Cofrets modulares Pragma
Sistema estanco Kaedra
Cofrets Prisma G
Armarios Prisma GX

Sistema modular Pragma

Conforma las líneas:
Mini Pragma:
■ Características:
□ 4, 6, 8 o 12 módulos en fila,
□ puerta plena o transparente,
□ material plástico autoextinguible ensayo 650 °C,
□ conforme a UNE-EN 60439.3,
□ protección IP 40.
■ Modelos:
□ superficie,
□ empotrable.



Fig. F6-014: *mini Pragma superficie.*



Fig.F6-015: *mini Pragma empotrable.*

Pragma C:
■ Características:
□ de 12 a 48 módulos,
□ de 1 a 4 filas,
□ de 12 módulos por fila,
□ puerta plena o transparente,
□ material plástico autoextinguible ensayo 650 °C,
□ conforme a UNE-EN 60439.3,
□ protección IP 40.
■ Modelos:
□ superficie,
□ empotrable.



Fig. F6-016: *Pragma C, superficie.*



Fig. F6-017: *Pragma C, empotrable.*

Pragma D:

■ Características:
- □ de 18 a 72 módulos,
- □ de 1 a 4 filas,
- □ de 18 módulos por fila,
- □ puerta plena o transparente,
- □ material plástico autoextinguible ensayo 650 °C,
- □ conforme a UNE-EN 60439.3,
- □ protección IP 41,5.

■ Modelos:
- □ superficie,
- □ empotrable.



Fig. F6-018: *Pragma D, superficie.*



Fig. F6-019: *Pragma D, empotrable.*

Pragma F:

■ Características:
- □ de 24 a 144 módulos,
- □ de 1 a 6 filas,
- □ de 24 módulos por fila,
- □ puerta plena o transparente,
- □ material metálico con revestimiento plástico,
- □ conforme a UNE-EN 60439.3,
- □ protección IP 41,5.

■ Modelos:
- □ superficie,
- □ empotrable.



Fig. F6-020: *Pragma F, superficie*



Fig. F6-021: *Pragma F, empotrable.*

F
6

Pragma Basic:

■ Características:
□ de 2 compartimientos:
– uno para el ICPM (4 módulos),
– otro para los PIAS y el DDR
(4, 8, 12, 24 módulos).
□ de 1 hilera o dos,
□ puerta plena.
□ material plástico autoextinguible ensayo 650 °C,
□ color blanco marfil RAL 9001,
□ protección IP 40,
□ obturador fraccionable de 10 pasos,
□ etiquetas y portaetiquetas.
■ Modelos:
□ superficie,
□ empotrable.



Fig. F6-022: *Pragma Basic.*

Cuadros de electrificación doméstica “vivienda”

Electrificación básica:

■ **Esquema y circuitos:**
□ Instalaciones en zonas secas BB1de conformidad a la ITC-BT-19.
□ Instalaciones en zonas húmedas o mojadas BB2 deconformidad a la ITC-BT-30.
□ Instalaciones en zonas con baño BB3 de conformidad a la ITC-BT-27.

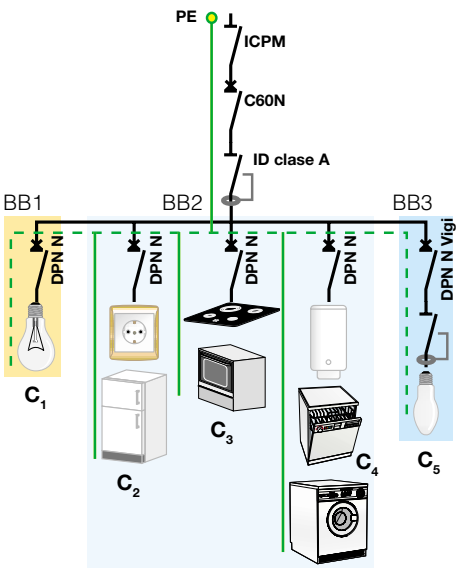


Fig. F6-023: *esquema de electrificación básica.*

■ **Circuitos y módulos:**

□ Interruptor automático magnetotérmico general, fase + neutro 2 módulos C60N.
□ Interruptor a corriente diferencial residual, fase + neutro 2 módulos, ID clase A.
□ Zona seca (BB1), de conformidad a la ITC-BT-19:
C_1 - Circuito de distribución interna, destinado a alimentar los puntos de iluminación. Interruptor automático magnetotérmico, fase + neutro 1 módulo, DPN N.
□ Zona húmeda (BB2), de conformidad a la ITC-BT-30:
C_2 - Circuito de distribución interna, destinado a tomas de corriente de uso general frigorífico. Interruptor automático magnetotérmico, fase + neutro 1 módulo, DPN N.
C_3 - Circuito de distribución interna, destinado a alimentar la cocina y el horno. Interruptor automático magnetotérmico, fase + neutro 1 módulo, DPN N.
C_4 - Circuito de distribución interna, destinado a alimentar la lavadora, el lavavajillas y el termo eléctrico. Interruptor automático magnetotérmico, fase + neutro 1 módulo, DPN N.
□ Zona mojada (BB3), de conformidad a la ITC-BT-27:
C5 - Circuito de distribución interna, destinado a alimentar tomas de corriente de los circuitos de baño, así como las bases auxiliares del cuadro de cocina. Interruptor automático magnetotérmico combinado con interruptor a corriente diferencial residual, fase + neutro 2 módulo, DPN Vigi.



Fig. F6-024: *cuadro y módulos electrificación básica.*

El interruptor automático general, en nuestro caso el C60N, debe ser seccionador, o sea cumplir las condiciones de aislamiento propias de los seccionadores, y llevar un dispositivo de fijación que permita enclavarlo en la posición de reposo; para que, en el momento de efectuar una revisión, reparación o mantenimiento preventivo sin tensión, el operario en función pueda tener la confianza que por ningún descuido ajeno se encontrará la línea en tensión.



Fig. F6-025: *enclavamiento del interruptor general.*

La colocación de interruptores a corriente diferencial residual en serie, o en número de interruptores o elementos necesarios para la alimentación de una vivienda, dependerá de las soluciones que adoptemos sobre la protección contra las corrientes de choque; soluciones de corte de la alimentación o utilización de MBTS. En el apartado L6-3 "Instalaciones eléctricas para viviendas" del 5.º Volumen desarrollaremos el tema.

Electrificación elevada:

■ **Circuitos y módulos:**

□ Interruptor automático magnetotérmico general, 3 fases + neutro 4 módulos C60N o bifásico según alimentación.

□ Interruptor a corriente diferencial residual, 3 fases + neutro 4 módulos, ID selectivo o bifásico según alimentación.

□ Interruptor a corriente diferencial residual para zonas de la casa secas (BB1), fase + neutro 2 módulos, ID instantáneo.

□ Interruptor a corriente diferencial residual para zonas de la casa húmedas (BB2), 3 fase + neutro 4 módulos, ID instantáneo.

□ Interruptor a corriente diferencial residual para zonas de la casa secas y de gran potencia (BB2), 3 fase + neutro 4 módulos, ID instantáneo.

□ C_{11}- Circuito de distribución interna, destinado a la alimentación del sistema de automatización, gestión técnica y de seguridad, cuando existe previsión de éste. Interruptor automático magnetotérmico, fase + neutro 1 módulo, DPN N. Interruptor a corriente diferencial residual, fase + neutro 2 módulos, ID instantáneo.

□ Zona seca (BB1), de conformidad a la ITC-BT-19.

C_1 - Circuito de distribución interna, destinado a alimentar los puntos de iluminación. Interruptor automático magnetotérmico, fase + neutro 1 módulo, DPN N.

C_6 - Circuito adicional del tipo C_1, por cada 30 puntos de luz. Interruptor automático magnetotérmico, fase + neutro 1 módulo, DPN N.

C_2 - Circuito de distribución interna, destinado a tomas de corriente de uso general frigorífico. Interruptor automático magnetotérmico, fase + neutro 1 módulo, DPN N.

C_7 - Circuito adicional del tipo C_2, por cada 20 tomas de corriente de uso general o si la superficie útil de la vivienda es mayor de 160 m^2. Interruptor automático magnetotérmico, fase + neutro 1 módulo, DPN N.

□ Zona húmeda (BB2), de conformidad a la ITC-BT-30:

C_3 - Circuito de distribución interna, destinado a alimentar la cocina y el horno. Interruptor automático magnetotérmico, fase + neutro 1 módulo, DPN N.

C_4 - Circuito de distribución interna, destinado a alimentar la lavadora, el lavavajillas y el termo eléctrico. Interruptor automático magnetotérmico, fase + neutro 1 módulo, DPN N.

C_{10}- Circuito de distribución interna, destinado a la instalación de secadora independiente. Interruptor automático magnetotérmico, fase + neutro 1 módulo, DPN N.

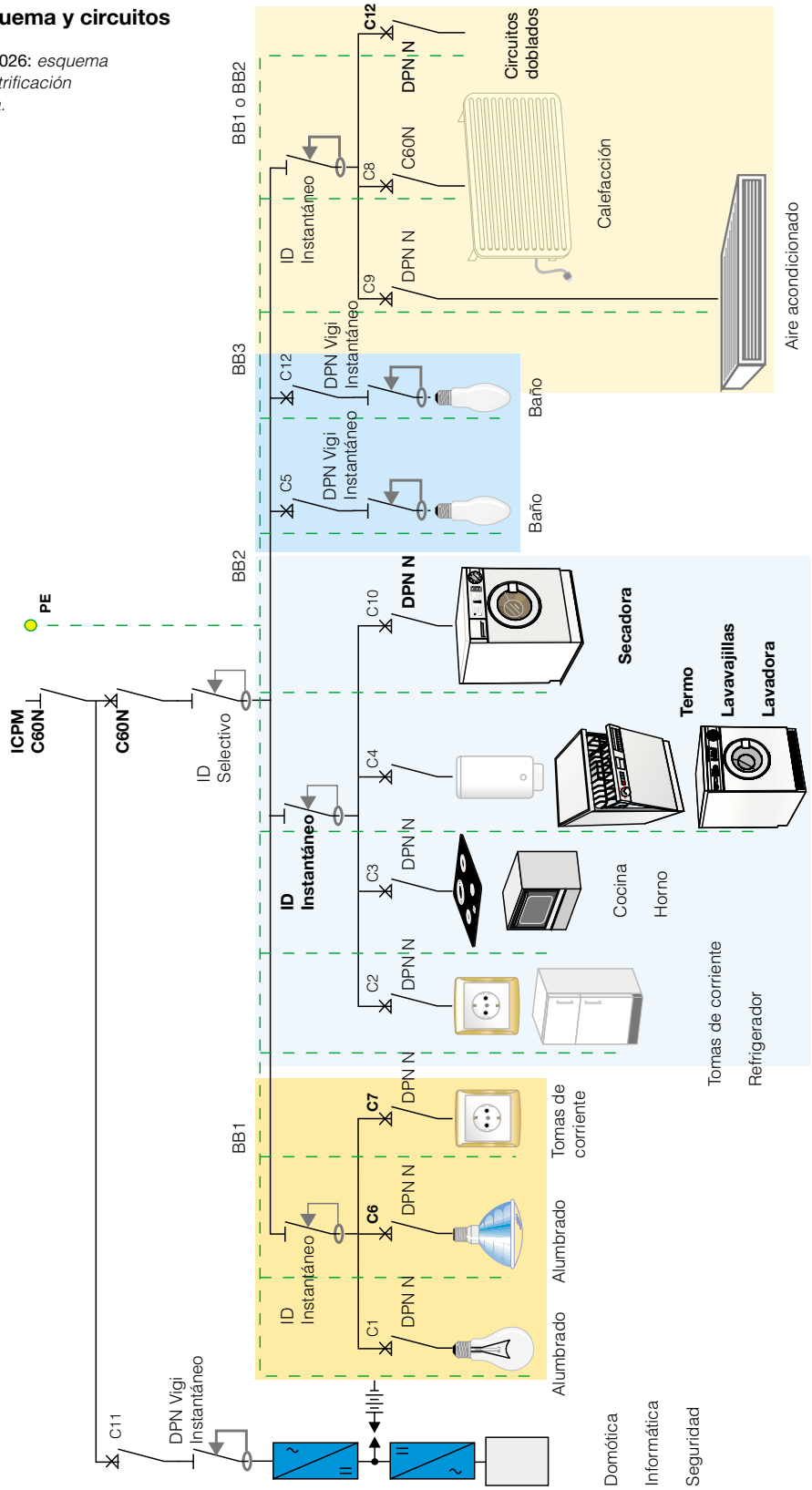
□ Zona mojada (BB3), de conformidad a la ITC-BT-27:

C5 - Circuito de distribución interna, destinado a alimentar tomas de corriente de los circuitos de baño, así como las bases auxiliares autorizadas. Interruptor automático magnetotérmico, fase + neutro 2 módulo, combinado con interruptor a corriente diferencial residual, fase + neutro 2 módulo, DPN Vigi, Instantáneo de 10 o 30 mA.

C12 - Circuito de distribución interna, destinado a alimentar tomas de corriente de los circuitos de baño, así como las bases auxiliares autorizadas. Interruptor automático magnetotérmico, fase + neutro 2 módulo, combinado con interruptor a corriente diferencial residual, fase + neutro 2 módulo, DPN Vigi, Instantáneo de 10 o 30 mA.

■ Esquema y circuitos

Fig. F6-026: *esquema de electrificación elevada.*



■ Zona seca (o húmeda) de gran potencia (BB2), de conformidad a la ITC-BT-30:
□ C_8 - Circuito de distribución interna, destinado a la instalación de calefacción eléctrica, cuando existe previsión de ésta. Interruptor automático magnetotérmico, 3 fases + neutro 4 módulos C60N.
□ C_9 - Circuito de distribución interna, destinado a la instalación de aire acondicionado, cuando existe previsión de ésta. Interruptor automático magnetotérmico, 3 fases + neutro 4 módulos C60N.



Fig. F6-027: *cuadro y módulos electrificación elevada.*

Sistema estanco Kaedra

La primera gama de cofrets estancos que combina 3 funciones:
■ Distribución eléctrica.
■ Alimentación.
■ Mando y señalización.
Kaedra es el primer sistema de cofres estancos Merlin Gerin que combina, en un sólo cofre o mediante asociación de varios cofres, las tres funciones básicas de una instalación eléctrica: la distribución, la alimentación y el mando.
Con su elegante e innovador diseño, sus múltiples posibilidades de asociación, su seguridad, su robustez y sus detalles que posibilitan una instalación fácil, rápida y sencilla, Kaedra se adapta perfectamente a cualquier entorno: terciarios, industriales y artesanales.
Proporcionando un:
■ grado de protección IP 65
■ grado de protección contra choques y ambientes severos IK 09.

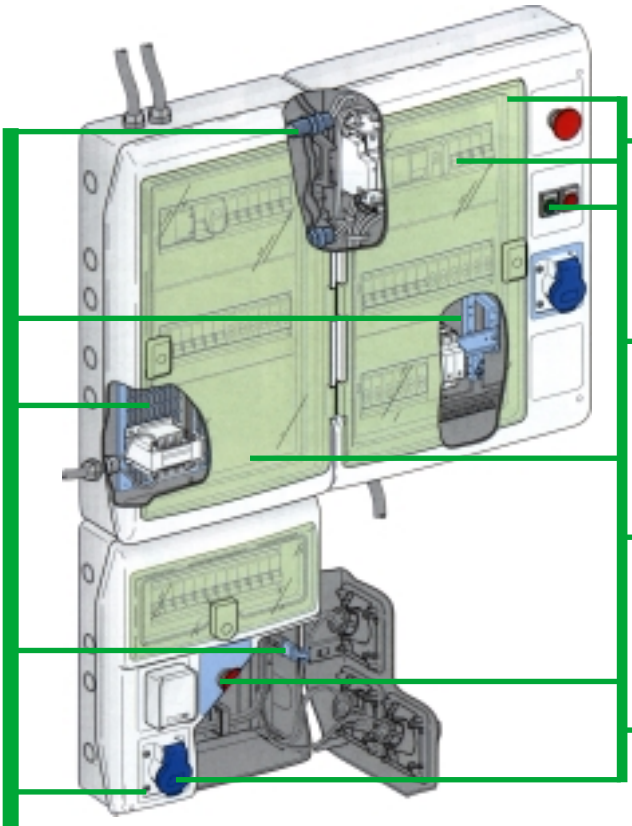
Ergonomía

Bisagras en el fondo / en la tapa frontal

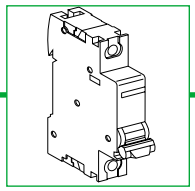
Se ecliquetan a la derecha o a la izquierda facilitando así el cableado de los cofrets que reciben tomas en la tapa frontal.
La reversibilidad de la tapas frontales permite elegir el sentido de abertura de la puerta de los cofrets para



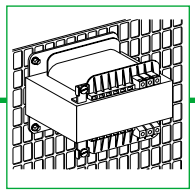
aparamenta modular. Facilitan el cableado, sobre todo en los cofrets para tomas o con pasillo lateral que reciben aparamenta en la tapa frontal.



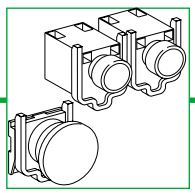
Máxima funcionalidad



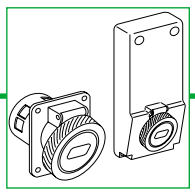
Aparamenta modular



Aparamenta no modular



Aparamenta de mando y señalización



Tomas de corriente industriales PK

Versatilidad en instalación

Un chasis desmontable



Se puede equipar y cablear fácilmente sobre una mesa. Se vuelve a montar sencillamente gracias a unos soportes que lo mantienen en su sitio y que permiten atornillarlo libremente.



Chasis regulable en altura y profundidad que permite el montaje de aparamenta de distinta profundidad.

... y visible.

El chasis se puede mecanizar para poder montar aparamenta no modular en una placa ranurada.



Placas funcionales

Permiten montar bases de diferente tamaño (u otros aparatos como pulsadores, pilotos, etc.) en una misma abertura, sin tener que realizar mecanizaciones adicionales.

Evolutivo

Asociaciones fáciles y múltiples manteniendo IP 65



Los cofrets Kaedra pueden asociarse fácilmente: mediante el lote de asociación, formado por 2 manguitos y 4 tuercas, se permite el paso de los cables y se garantiza el grado de protección IP 65 y la resistencia a los choques IK 09. Además de las numerosas configuraciones posibles, esta asociación ofrece una gran flexibilidad de extensión.

Mini cofrets Kaedra para aparamenta modular



- 1 hilera
- 3, 4, 6, 8 y 12 módulos
- IP 65, IK 09
- Puerta verde transparente

Cofrets Kaedra para aparamenta modular



- 1 a 4 hileras
- 12 o 18 módulos por fila
- De 12 a 72 módulos
- IP 65, IK 09.
- Puerta verde transparente
- Permite el montaje de aparamenta no modular

Cofrets Kaedra para aparamenta modular con pasillo lateral



- 1 a 3 hileras
- 12 módulos por hilera
- 1, 3 o 4 posibles ext. funcionales
- Aberturas 90 · 100 mm.
- IP 65, IK 09
- Puerta verde transparente

Cofrets Kaedra para extensiones funcionales



- 2 versiones
- Para 3 o 4 extensiones funcionales
- Aberturas 90 · 100 mm
- Se puede utilizar también como pasillo lateral para circulación de cables de derivación
- IP 65, IK 09

Mini cofrets Kaedra para tomas industriales PK



- 1 hilera y 4 módulos
- 1, 2 o 3 aberturas de 65 · 85 mm
- IP 65, IK 09
- Puerta verde transparente

Cofrets Kaedra para tomas industriales PK



- 1 hilera y 5 a 18+1 módulos
- 2, 3, 4, 6 u 8 aberturas de 90 · 100 mm
- IP 65, IK 09
- Puerta verde transparente

Cofrets Kaedra para tomas con interruptor de bloqueo



- 1 hilera y 5 a 18+1 módulos
- 1, 2, 3 o 4 aberturas de 103 · 225 mm
- IP 65, IK 09
- Puerta verde transparente

Cofrets Kaedra tapa semiciega



- 1 hilera y 5 a 18+1 módulos
- Una zona universal
- Suministrado con placa perforada

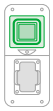
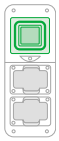
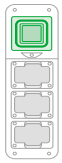
Cofrets Kaedra universales para aparamenta no modular



- 5 versiones diferentes
- 2 anchuras disponibles (340 y 448)
- 3 alturas disponibles (460, 610 y 842)
- Puerta opaca
- IK 65, IK 09
- Suministrado con placa perforada

F 6

Gama de microcofrets estancos

1 hilera	 13175	 13176	 13177	 13975	 13976	 13977	 13978	 13979
N.º de módulos	4	4	4	3	4	6	6	12
Ancho	98	98	98	80	123	159	195	267
Alto	248	310	392	150	200	200	200	200

Gama de cofrets estancos

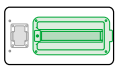
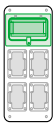
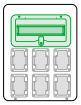
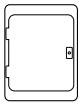
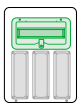
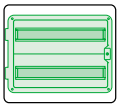
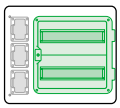
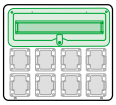
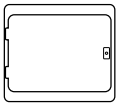
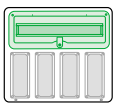
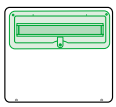
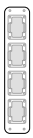
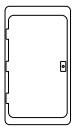
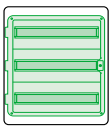
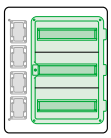
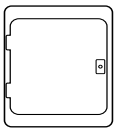
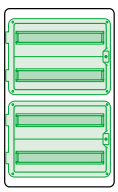
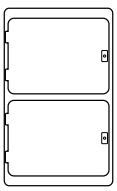
mm	138 5 módulos	236 8 módulos	340 12 módulos por hilera	12 + 1 módulos	448 18 mód. por hilera (12 mód. con pasillo lateral)	18 + 1 módulos
280			 13981		 13982  13990	
335				 13180  13191		
460	 13178  13993  13185  13189	 13179  13186  13190	13983	 13161  13195  13187  13192	 13984  13991	 13162  13197  13188  13193
610	 13994		 13985	 13196	 13986  13992	 13198
842					 13987	 13199

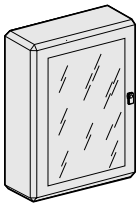
Tabla F6-028: *de elección de elementos Kaedra.*

A través de 39 referencias, **Kaedra** le ofrece la posibilidad de realizar multitud de configuraciones hasta 125 A, combinando cualquier tipo de función, de una gama que unifica prestaciones y estética, para conseguir un conjunto que se integra perfectamente en cualquier tipo de entorno.



Sistema funcional Prisma G

El sistema funcional Prisma G permite realizar todo tipo de configuraciones de cuadros de distribución de baja tensión, general, distribución o terminal hasta 630 A, en terciario o industrial.
Los mismos componentes de instalación de la aparamenta, de distribución de corriente, de circulación del cableado, etc., se instalan en los 2 tipos de envolventes según el tamaño del cuadro y la forma de instalación.



Los cofrets Prisma G:
- IP 30-5, 40-7, 37-7,
- envolventes desmontables,
- asociables en altura y en anchura,
- pasillo lateral de anchura 200 mm,
- asociable en altura y en anchura,
- 6 alturas de 200 a 1.200 mm,
- anchura de 550 mm.

Los armarios Prisma GX:

- IP 30-5, 40-7, 43-7,
- envolventes desmontables,
- asociables en anchura,
- asociables en altura con un cofret,
- pasillo lateral de anchura 300 mm,
- 2 alturas: 1.550 y 1.850 mm,
- anchura de 550 mm.



Características generales

Material

Prisma G, GX, chapa de acero, tratamiento anticorrosión, espesor de 1 mm.
Tratamiento superficial.
Revestimiento anticorrosión, resina epoxi, polimerizado al calor, color beige Prisma.

Accesorios

Todos los componentes aislantes son autoextinguibles según CEI 695.2.2
Autoextinguibilidad a 960 °C, 30 seg para los soportes de piezas bajo tensión.

Realización del equipamiento

El montaje de los componentes de los cuadros eléctricos funcionales Prisma permite realizar equipos conformes a las normas CEI 439.1, UNE-EN 60439.1, con las características eléctricas siguientes:

- Tensión asignada de empleo hasta 1.000 V.
- Tensión asignada de aislamiento 1.000 V.
- Corriente nominal 630 A.
- Corriente asignada de cresta admisible 53 kA.
- Corriente asignada de corta duración admisible 25 kA eff durante 0,6 seg.
- Frecuencia 50/60 Hz.

Composición sistema funcional Prisma G

Cofret Prisma G

El sistema permite confeccionar el cofret adecuado a la necesidad, tanto en grado de protección como en volumen.

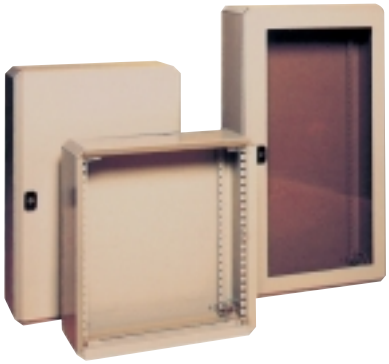


Fig. F6-029: *cofret Prisma G.*

- Composición:

□ IP 305.

– Un fondo compuesto por: 2 montantes soporte de placas, taladrados en módulos de 50 mm. 2 filas de pretroquelados 80 · 80 al paso de 200, para el paso de cables posterior.

– 4 pilares simple esquina.
– 2 laterales y una cara superior, con pretroquelado, para facilitar el corte, para el paso de los cables en las asociaciones de cofrets.
– 1 cara inferior con placa pasacables aislante.
– Tornillería de fijación de las placas soporte y las tapas.
Los laterales, así como caras inferior y superior, son intercambiables.
□ IP 407:
– Cofret IP 305 + puerta plena o transparente en vidrio templado, suministrada con cerradura y llave n.º 405.
□ IP 437:
– Cofret IP 407 + lote de estanqueidad.

IP 347 cofret + puerta { Plena / Transparente } + Lote de estanqueidad

IP 407 cofret + puerta { Plena / Transparente }

IP 305 cofret





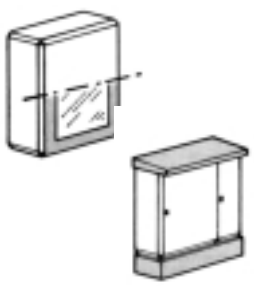

Pasillo lateral

Puerta pasillo lateral


Tejado y zócalo cofret


Tejado y zócalo cofret + lateral

Cofrets sin pasillo lateral						
Capacidad en módulos de 50 mm	H · A · P	Cofret	Puerta plena	Puerta transparente	Lote (1) estanqueidad	
3	200 × 550 × 200	09001	09031	09041	09057	
7	400 × 550 × 200	09002	09032	09042	09057	
11	600 × 550 × 200	09003	09033	09043	09057	
15	800 × 550 × 200	09004	09034	09044	09057	
19	1000 × 550 × 200	09005	09035	09045	09057	
23	1290 × 550 × 200	09006	09036	09046	09057	



Complementos cofrets con pasillo lateral							
Capacidad en módulos de 50 mm	H · A · P	Puerta pasillo lateral + tapa	Puerta pasillo lateral	Cofret tejado	Zócalo	Cofret + pasillo lateral	
						tejado	zócalo
3				09065	09062		
7	400 × 200 × 200	09022	09072	09065	09062	09066	09063
11	600 × 200 × 200	09023	09073	09065	09062	09066	09063
15	800 × 200 × 200	09024	09074	09065	09062	09066	09063
19	1000 × 200 × 200	09025	09075	09065	09062	09066	09063
23	1290 × 200 × 200	09026	09076	09065	09062	09066	09063

Tabla F6-030: *componentes cofrets Prisma G.*

Armario Prisma GX:

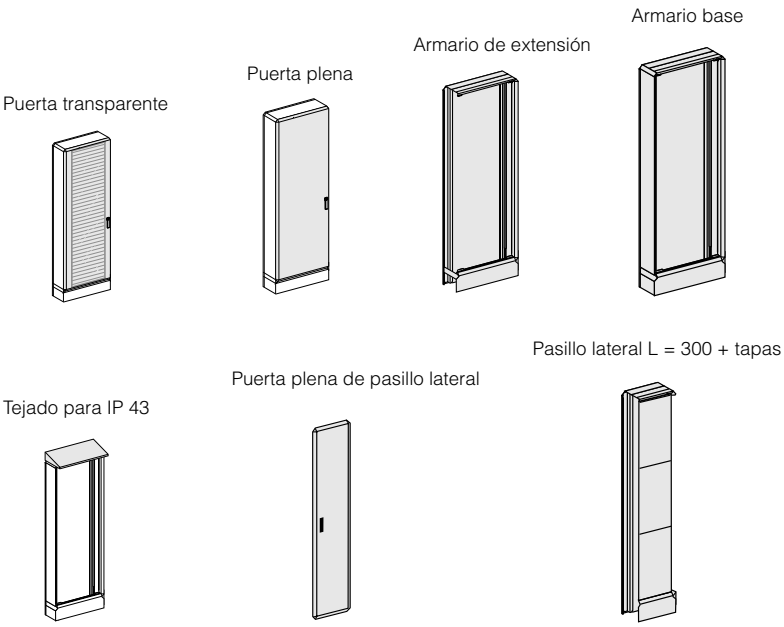


Fig. F6-031: *armarios Prisma GX con y sin pasillo lateral.*

■ Aplicación.
El armario Prisma GX es una envolvente modular y asociable.
Suministrado en kit, permite realizar cuadros de distribución hasta 630 A para edificios terciarios e industriales. Es muy indicado particularmente para aplicaciones con una gran mayoría de aparamenta modular (hasta 9 carriles DIN con aparato de cabecera).
■ Material.
Chapa de acero con tratamiento anticorrosión, espesor 1 mm.
■ Tratamiento superficial.
Revestimiento interior y exterior en resina epoxi, color beige Prisma.
■ Grado de protección:
□ IP 30.5: cofret (o pasillo lateral) + tapa.
□ IP 40.7: cofret (o pasillo lateral) + puerta (o pasillo lateral).
□ IP 43.7: cofret (o pasillo lateral) + puerta (o pasillo lateral) + lote de estanqueidad + tejado.
■ Composición del armario de base:
□ 1 fondo compuesto por 2 montantes, soporte de placas, taladrados cada 25 mm.
□ 1 zócalo integrado de altura H = 150 mm.
□ 2 paredes laterales.
□ 1 placa pasacables superior en material aislante, fácilmente mecanizable.
■ Composición del armario de extensión:
□ 1 fondo compuesto por 2 montantes soporte de placas, taladros cada 25 mm.
□ 1 zócalo integrado de altura H = 150 mm.
□ 1 placa pasacables superior en material aislante, fácilmente mecanizable.
□ 3 pilares de ángulos dobles para la asociación con el armario de base.
□ 2 largueros para dar rigidez a la asociación con el armario de base.
■ Composición del pasillo lateral:
□ 1 fondo compuesto por 2 montantes soportes de placas, taladrados cada 25 mm para instalar placas perforadas, escalas de cables, juego de barras para conexión de borneros, aparamenta Compact o Interpact.
□ 1 zócalo integrado de altura H = 150 mm.
□ 3 pilares de ángulos dobles para la asociación con el armario base o de extensión.

□ 1 placa pasacables superior de material aislante de gran tamaño con pretroqueles para facilitar el mecanizado.
■ Opciones:
□ Puerta plena o transparente para el armario y puerta plena para el pasillo lateral.
□ Tejadillo.

Componentes



Armarios Prisma GX									
Capacidad de módulos de 50 mm	H · L · P	Armario base	Armario de ex-tensión	Puerta plena	Puerta trans-parente	Pasillo lateral L + 300 + tapa	Puerta plena pasillo lateral	Tejado para IP 43 armario	Tejado para IP 43 armario + pasillo lateral
27	1550×550×200	09007	09017	09037	09047	09027	09077	09065	09067
33	1850×550×200	09008	09018	09038	09048	09028	09078	09065	09067

Tabla F6-032: *componentes armarios Prisma GX.*

Accesorios

Lote de estanqueidad IP 43 09057 × 2.

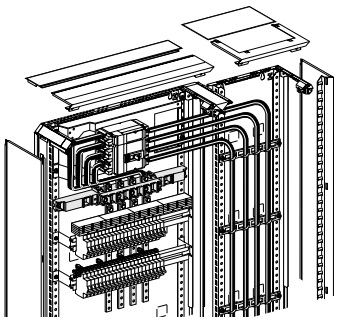


Fig. F6-033: *escalas de cables en el armario y pasillo lateral de 300 mm.*

F 6

Fijación de los cables

Escalas de fijación de cables:

Para armario	07326
Para pasillo lateral	07328

Placas pasacables suplementarias:

Para armario de base y extensión	07510
Para pasillo lateral	06819

Aparatos		Módulos, placas soporte y tapas			
		Cantidad por fila	N.° de módulos verticales ocupados (H=50 mm)	Perfil multifix	Tapa perforada
Multi 9+Multiclip	1 fila Multi 9 (48 pasos) todos los tipos de conexión. Para circulación de cables: brazaletes H = 30 o 60	48 pasos	4	07501	07814 (1)
Multi 9+Peines	1 fila Multi 9 (48 pasos) conexión por peines o cables. Para circulación por cables: brazaletes H = 30	48 pasos	3	07501	07813 (1)

Tabla F6-035: *tabla de las fijaciones para aparamenta Multi 9.*

Placas para instalación de un aparato de cabecera en pasillo lateral:

NS 100/250	07540
NS 100/250 Vigi	07540
NS 400/630	07541
NS 400/630 Vigi	07541
IN 125/160T	07542

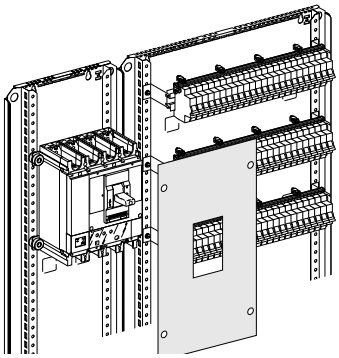


Fig. F6-036: *placas especiales de pasillo para la fijación de interruptores automáticos Compact NS.*

Placas para instalación de un aparato					Módulos, placas soporte y tapas aparato					Conexión aparato al juego de barras		
	denominación	sentido de montaje H: hori. V: vert.	cantidad por fila	n.º de módulos verticales H = 50 mm	placa soporte	tapa perforada	tapa superior	tapa interior	módulos supl.	conexiones prefabricadas	tapa plena
interruptor automático Compact NSA	160 A, modular, fijo, conexión anterior, fijación perfil simétrico, mando maneta										
	NSA 125 NSA 160	V	4 tri, 3 tetra	4	07502	07814					
	Vigi NSA 125/ Vigi NSA 160	V	2 tri, 1 tetra								
interruptor automático Compact NS	100 a 160 A, fijo, conexión anterior										
	NS 100/160 maneta	H	1	4	07515	07824			2	07033	07802
		V	4 bi, 4 tri, 3tetra	6	07516	07853		07801			
	NS 100/160 rotativo	H	1	4	07517	07827			2	07033	07802
		V	3 bi, 3 tri, 3 tetra	6	07517	07853		07801			
	NS 100/160 eléctrico	H	1	4	07518	07827			2	07033	07802
		V	4 bi, 4 tri, 3 tetra	6	07518	07853		07801			
	Vigi NS 100/160 maneta	H	1	4	07515	07852			2	07033	07802
		V	3 bi, 3 tri, 3 tetra	8	07516	07854		07801			
	Vigi NS 100/160 rotativo (1)	H	1	4	07517	07855			2	07033	07802
		V	3 bi, 3 tri, 3 tetra	8	07517	07964		07801			
	Vigi NS 100/160 eléctrico (1)	H	1	4	07518	07855			2	07033	07802
		V	3 bi, 3 tri, 3 tetra	8	07518	07964		07801			
	250 A, fijo, conexión anterior										
	NS 250 maneta	H	1	4	07515	07824			2	07034	07802
		V	4 bi, 4 tri, 3tetra	9	07516	07853	07802	07802			
		V	1	9	07516	07853	07802	07802		07037	
	NS 250 rotativo	H	1	4	07517	07827			2	07034	07802
		V	3 bi, 3 tri, 3 tetra	9	07517	07853	07802	07802			
		V	1	9	07517	07853	07802	07802		07037	
	NS 250 eléctrico	H	1	4	07518	07827			2	07034	07802
		V	4 bi, 4 tri, 3 tetra	9	07518	07853	07802	07802			
		V	1	9	07518	07853	07802	07802		07037	
	Vigi NS 250 maneta	H	1	4	07515	07852			2	07034	07802
		V	3 bi, 3 tri, 3 tetra	11	07516	07854	07802	07802			
		V	1	11	07516	07854	07802	07802		07037	
	Vigi NS 250 rotativo (1)	H	1	4	07517	07855			2	07034	07802
		V	3 bi, 3 tri, 3 tetra	11	07517	07964	07802	07802			
	Vigi NS 250 eléctrico (1)	H	1	4	07518	07855			2	07034	07802
		V	3 bi, 3 tri, 3 tetra	11	07518	07964	07802	07802			
inversor manual NS	100 a 250 A, fijo, conexión anterior, mando rotativo										
	NS 100/250 Vigi NS 100/250	V	1	10	07513	07954	07802	07803			

Tabla F6-034: *tabla de las fijaciones para aparamenta de protección.*

Fijación mural del cuadro:

4 patas de fijación mural	09052
2 cáncamos de elevación	09070

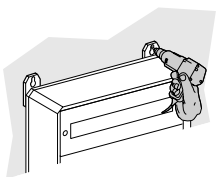


Fig. F6-037: *orejas de fijación mural.*

Fijación de aparamenta

Placas perforadas:

Para armario de base y de extensión	09055
Para pasillo lateral	09054

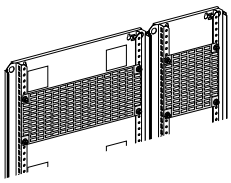


Fig. F6-038: *placas perforadas en el armario y en el pasillo lateral de 300 mm.*

Borneros:

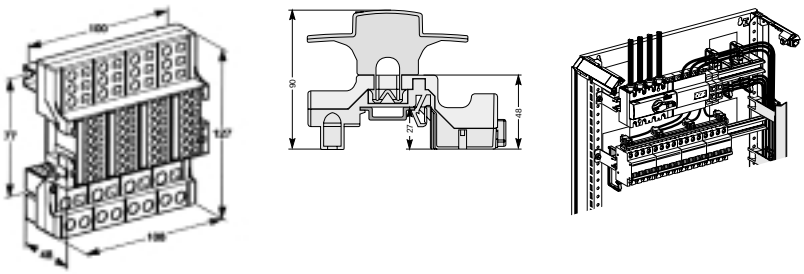


Fig. F6-039: *Distribloc 125/160 A.*

■ Distribloc 125/160 A:

Bornero tetrapolar totalmente aislado.

□ Instalación:

– Sujeción por carril multifix o simétrico. La estética de la cara delantera (altura de 45 mm) permite integrarse perfectamente en una fila de aparellaje modular.

– Atornillado en placa plena o perforada.

□ Conexión:

– Llegada.

Con un cable flexible de 35 o rígido de 50 para Distribloc 125.

Con una conexión prefabricada montada en el Distribloc 160. Se adapta particularmente a la conexión de un interruptor INS 100/160 instalado a derecha o izquierda.

– Salida (Distribloc 125/160) mediante una fijación por resorte para cables flexibles: (2 · 10 Ø) + (3 · 6 Ø) + (7 · 4 Ø) + (1 · 16 Ø) o (1 · 25 Ø rígido).

□ Características eléctricas:

– Tensión de aislamiento asignada: 690 V.

– Corriente de cresta admisible: Icc = 17 kA.

– Conforme a las normas de aparamenta de BT UNE-EN 60947.7.

■ Bornero escalado 125 A:

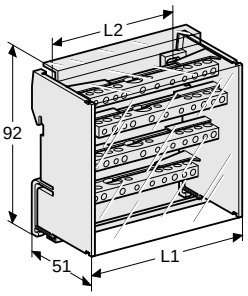


Fig. F6-040: *bornero escalado de 125 A.*

- Incorpora la tapa aislante.
- Fijación sobre carril multifix y carril simétrico; sujeción sobre placa perforada.
- Tensión de aislamiento: 500 V.
- Corriente de corta duración admisible: Icc = 3,5 kA eff / 1 seg.
- Corriente de cresta admisible: Icc = 20 kA.

Bornero hasta 125 A (40 °C)	**Ref.**
4 · 10 bornes (5 · 10 Ø + 4 · 16 Ø + 1 · 35 Ø)	13512
4 · 17 bornes (8 · 10 Ø + 8 · 16 Ø + 1 · 35 Ø)	13514

Dimensiones de los borneros	**Ref.**	**L_1**	**L_2**
	13512	88	125 mm
	13514	68	105 mm

La sección está indicada para cables rígidos.

Bornero Polybloc 160/250 A

Borneo de reparto Merlin Gerin, para efectuar las conexiones con cable. Especialmente indicado para instalar con los aparatos Compact e Interpact.

Polybloc 160 A (40 °C)	6 salidas	07100
Polybloc 250 A (40 °C)	9 salidas	07101
Polybloc 250 A (40 °C)	12 salidas	07102

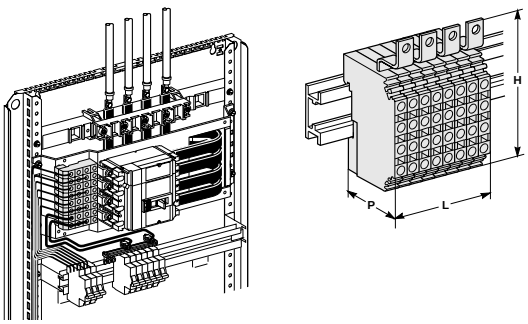


Fig. F6-041: *bornero Polybloc de 160/250 A.*

■ Conexión aguas arriba:
□ Directamente sobre los bornes de los aparatos Compact NS hasta 250 A e Interpact hasta 160 A.
□ Para cable 70 Ø flexible, con terminal o con un conector de 70 Ø.
■ Conexión aguas abajo:
□ Cables hasta 10 Ø flexibles o rígidos, sin terminal. En cada salida sólo se puede conectar un cable.
□ Conexión sin tornillo, fijación mediante resorte insensible a las vibraciones y a las variaciones térmicas.
□ La conexión se efectúa rápidamente, en todo momento se puede proceder a un reequilibrado de las fases.
■ Instalación:
□ Directamente sobre los bornes de los aparatos Compact NS 100/250 o Interpact IN 125/160T.
□ Sobre carril multifix o simétrico.
□ Características eléctricas: tensión aislada de aislamiento: 750 V.

Dimensiones de los borneros			
	07100	07101	07102
H	135	135	135
L	144	216	288
P	45	45	45

Tabla F6-042: *tabla de las dimensiones de los borneros Polybloc.*

Bornero escalado 160/250/400 A

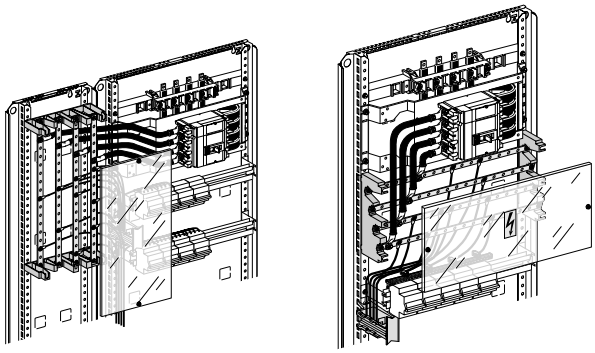


Fig. F6-043: *bornero escalado de 160/250/400 A.*

Bornero de repartición escalado (15 salidas por fase) que se instala horizontalmente en la zona de aparamenta o bien verticalmente en el pasillo lateral del armario Prisma GX.
■ Está constituido por:
□ 2 soportes escalados aislantes.
□ 4 barras de cobre orientadas, taladradas cada 25 mm:
– 14 taladros M6.
– 4 taladros 6,2.
■ Se sirve con:
□ 1 bolsa de tornillería M6.
□ 1 tapa aislante para la cara frontal:
Bornero 160 A (40 °C) (ref. 07057)
Bornero 250 A (40 °C) (ref. 07058)
Bornero 400 A (40 °C) (ref. 07059)

■ Características:
□ Entrada:
- Con cables de 16 mm² a 50 mm² con terminales.
- Con fleje 20 · 2 para NS 100/160.
- Con fleje 20 · 3 para NS 250.
- Con fleje 32 · 5 para NS 400.

□ 15 salidas por fase 50 mm² máximo.
□ Corriente de cresta admisible: Icc.

30 kA para bornero 160 A (ref. 07057)
30 kA para bornero 250 A (ref. 07058)
53 kA para bornero 400 A (ref. 07059)

Juego de barras verticales 160, 250, 400 A:

■ Juego de barras.

Se compone de soportes totalmente aislados, fijados en los montantes funcionales y que admiten 4 barras de sección 15 · 5 (160 A), 20 · 5 (250 A), 32 · 5 (400 A). Es posible montar una quinta barra como colector de tierra de sección 15 o 20 · 5 mm.

Las barras están taladradas para el paso de tornillos de M6, a distancias de 25 mm, para facilitar las conexiones a toda la altura del cuadro.

■ Soporte de barras.

Soporte de barras 3P + N + T	07025

■ Barras de cobre.

Longitud	Sección	Ref.
4 barras L = 1.000	15 · 5 (160 A)	07021
	20 · 5 (250 A)	07022
	32 · 5 (400 A)	07023
4 barras L = 1.400	15 · 5 (160 A)	07017
	20 · 5 (250 A)	07018
	32 · 5 (400 A)	07019
Tornillería de 8 · 8 para barras de cobre		
40 tornillos M6 · 16		07027

Fig. F6-044: *juego de barras verticales 160, 250, 400 A.*

Intensidad admisible (A)	Sección de las barras (mm²)	Entreejes de los soportes (1) en función de la Icc en kA eff / 1 seg				
		10	13	15	20	25
160	15 · 5	450				
250	20 · 5		450	450		
400	32 · 5			450	300	225

Fleje de cobre aislado
L = 1.750 mm, con recubrimiento aislante.

Sección	I máx. (A) a T = 35 °C	Ref.
20 · 2	275	07071
20 · 3	300	07070
24 · 5	490	07073
24 · 6	550	07076
32 · 5	630	07074
32 · 8	800	07075

Tornillería tipo 8/8 resiste el par de apriete propuesto por Merlin Gerin (2,8 Nm para la tornillería de M8), y asegura una excelente fijación en el tiempo sin aflojarse.

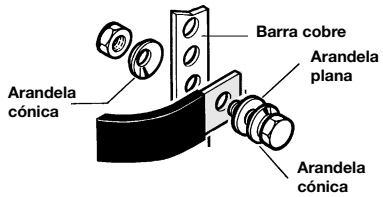


Fig. F6-045: *fleje de cobre aislado.*

Protección anticorrosión (Zn 8c).

Juego de 20 tornillos con 2 arandelas cónicas y 1 arandela plana	
M8 · 20	07028
M8 · 25	07029
M8 · 30	07044

Para conexión del fleje a las barras de cobre.
Características eléctricas:
Tensión asignada de aislamiento: 1.000 V.

Accesorios del juego de barras colector tierra/neutro:
■ Accesorios.

Tapa de protección de la conexión H = 100, L = 470	07330

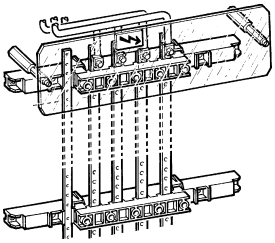


Fig. F6-046: *tapa de protección.*

Tapa aislante que evita el contacto directo en el punto de conexión de los bornes con el juego de barras (en cara delantera del cuadro).

4 escuadras de enlace (250 A)	07045

Para realizar la conexión de 2 juegos de barras en el fondo del cofret.
□ Conectores.

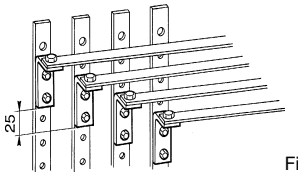


Fig. F6-047: *escuadras de enlace entre juegos de barras.*

4 conectores	180 A	70 mm^2	07051
	250 A	185 mm^2	07052
	400 A	300 mm^2	07053

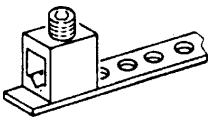


Fig. F6-048: *bornes y conectores.*

Incorporan la tornillería que permite fijarlos en el extremo de las barras de cobre en los taladros hechos para esta función.
■ Colector tierra/neutro:
□ Compuesto por:
1 conector 35 mm^2.
2 entreejes aislados para realizar un colector de neutro.
La tornillería de fijación.

Colector T/N 40 salidas entreejes de fijación: 450 mm	07047

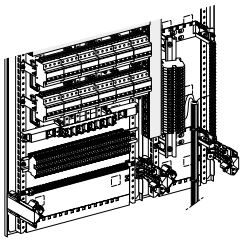


Fig. F6-049: *colector tierra/neutro.*

□ Instalación Prisma G:
Directamente en posición horizontal, en el fondo de los cofrets y armarios funcionales Prisma G.
Verticalmente en el pasillo lateral del

Prisma GX, con los soportes	07548
colector T/N 20 salidas entreejes de fijación: 200 mm	07067

□ Instalación Prisma GX:

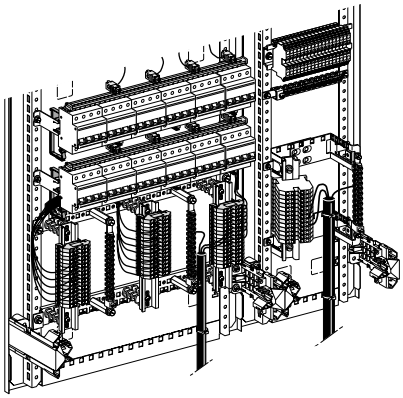


Fig. F6-050: *colector tierra/neutro.*

Directamente en posición horizontal, en los montantes funcionales del pasillo lateral del Prisma GX.
Verticalmente en el pasillo lateral del armario Prisma GX, con los soportes 07548.
Verticalmente en los cofrets o armarios funcionales Prisma G, instalados en el soporte de bornes 07558.

Juego de barras en el pasillo lateral, juego de barras escalado:

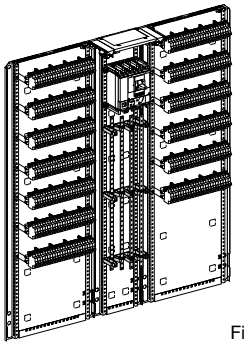


Fig. F6-051: *juego de barras escalonado en el pasillo lateral.*

■ Todos los puntos de conexión son directamente accesibles por delante.
■ Es particularmente interesante para repartir la corriente entre 2 armarios yuxtapuestos a cada lado del pasillo lateral.
■ Está formado por:
□ Soportes escalonados de material aislante (entreejes de los soportes: ver cuadro interior).
□ 4 barras de cobre taladradas para tornillos de M6 cada 25 mm permiten repartir la corriente en toda la altura del cuadro. Están orientadas para facilitar el conexionado de los cables.

En los extremos de las barras hay un taladro de 8,2 mm para la alimentación.
□ 1 tapa aislante frontal que evita el contacto directo.
■ Elección de las referencias:

1 soporte de barras escalado		07068
4 barras L = 1.000	15 · 5 (160 A)	07021
	20 · 5 (250 A)	07022
	32 · 5 (400 A)	07023
4 barras L = 1.400	15 · 5 (160 A)	07017
	20 · 5 (250 A)	07018
	32 · 5 (400 A)	07019
Tapa frontal para el juego de barras L = 1.500 mm		07069

■ Conexión:
□ Para cables flexibles de 16 mm² a 50 mm² con terminales.
□ Con fleje 20 · 2 para NS 100/160.
□ Con fleje 20 · 3 para NS 250.
□ Con fleje 32 · 5 para NS 400.

Intensidad admisible (A)	Sección de las barras (mm²)	Entreejes de los soportes en función de la Icc en kA eff / 1 seg				
		10	13	15	20	25
160	15 · 5	450				
250	20 · 5		450	450*		
400	32 · 5			450	300	225*

(*) el entreeje de los soportes está dado para una Icc de kA eff/0,6 seg.

Conexiones prefabricadas

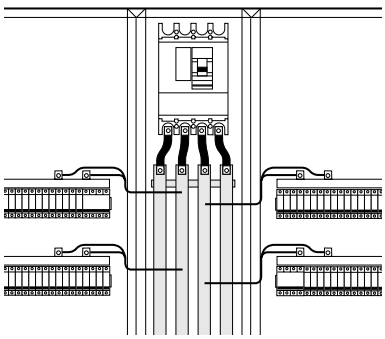


Fig. F6-052: *conexiones prefabricadas.*

Para realizar la conexión eléctrica entre un aparato de cabecera instalado verticalmente en el pasillo lateral y un juego de barras o un bornero escalonado instalado verticalmente en el pasillo lateral.

■ Elección de referencias:

Tipo de aparato	Conexiones prefabricadas
NS 100/250, IN 125/160T	07064
NS 400	07065

Un sistema funcional está diseñado como un conjunto, y su comportamiento está sujeto a su correcta utilización y a la de la aparamenta que se usa.
Es obvio que los fabricantes de aparamenta y sistemas funcionales son los que pueden ofrecer las soluciones más depuradas a los problemas de ensamblaje y las soluciones más precisas a los problemas de la electrotecnia.

Soportes conexiones/brazaletes:

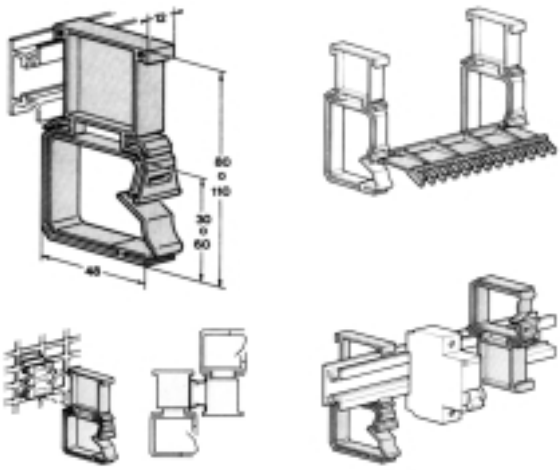


Fig. F6-053: *brazaletes para soporte de guías, en posición horizontal.*

■ Brazalete horizontal.
El brazalete horizontal se instala a presión sobre las caras anterior o posterior de perfil multifix, orientado hacia arriba o hacia abajo.
También puede fijarse sobre adaptadores Practic.
□ Ventajas.
Montado debajo del perfil, no ocupa espacio útil para la aparamenta Multi 9.

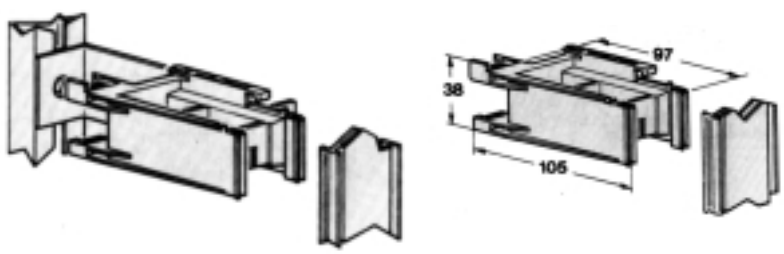


Fig. F6-054: *brazalete sobre el soporte del perfil de multifix 07501.*

F
6

Su espacio necesario en altura se reduce al mínimo.
□ Opciones.
El brazalete puede ser equipado con:
– Una guía de cables, fijada sobre los brazaletes.
– Una tapa cubrecables, que puede identificarse con los portaetiquetas.

5 brazaletes horizontales	30 · 48	07300
	60 · 48	07310
Tapa cubrecables	h = 30	07332
long = 1 fila	h = 60	07333
4 guías de cables		07302

■ Brazalete vertical.
El brazalete vertical se fija a presión sobre el montante funcional o sobre el soporte de perfil multifix.
□ Opciones.
Tapa cubrecables.

10 brazaletes verticales	07305
Tapa cubrecables, L = 1.000	07334

Escalas de cables

2 escalas de cables para cofret G	07326
4 escalas de cables para el pasillo lateral del cofret G	07327

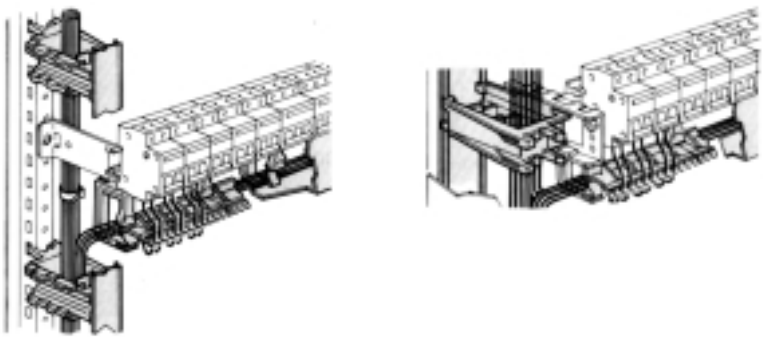


Fig. F6-055: *brazalete vertical sujeto en el montante del cofret de Prisma G 07305.*

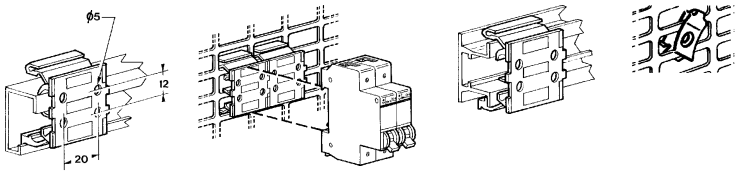


Fig. F6-056: *accesorios de fijación sobre placas perforadas.*

F
6

Accesorios de fijación para placas perforadas:

■ Piezas de adaptación Practic.

El adaptador Practic se fija por enganche sobre una placa perforada, sobre los perfiles Multifix, simétrico y asimétrico.

Puede recibir regletas, bornes, aparatos modulares, etc.

Recibe también los brazaletes del sistema Prisma y puede utilizarse como realce H = 10, ancho de 3 pasos de 9 mm.

5 adaptadores Practic	06619
29 tuercas clips M4	05114
20 tuercas clips M5	05115
20 tuercas clips M6	05116
placa soporte universal perforada H = 200	07510

Soporte de canaletas

Un soporte fijado a presión sobre el montante del fondo del cofret G o sobre el chasis de los cofrets GE y GR, permite instalar una canaleta vertical y horizontal, de tamaños distintos, sobre dos escuadras dentadas regulables individualmente, en profundidad.

La canaleta vertical, de anchura máxima 30 mm, no ocupa espacio útil de aparamenta.

La concepción del cofret Prisma G permite instalar una canaleta vertical y horizontal entre varios cofrets asociados, sin discontinuidad ni mecanizado suplementario.

10 soportes de canaletas horizontal/vertical	07320

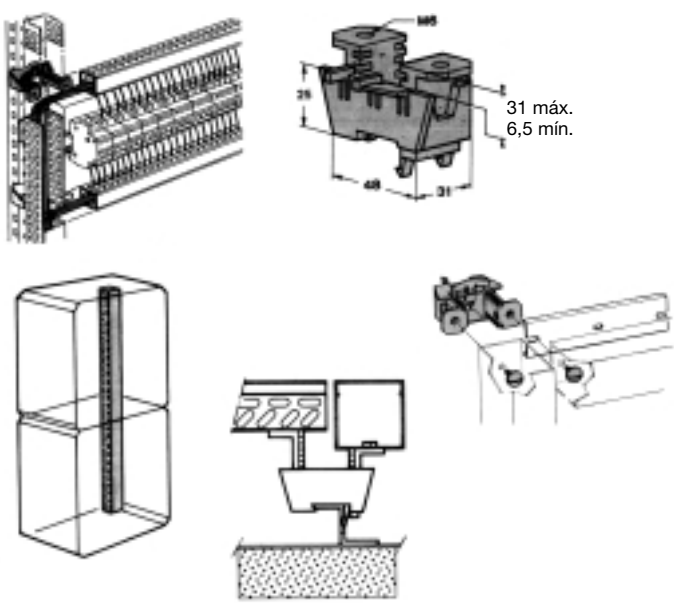


Fig. F6-057: *soporte de canaletas.*

Conexión de los bornes arriba o abajo del cofret o del armario

En carril multifix

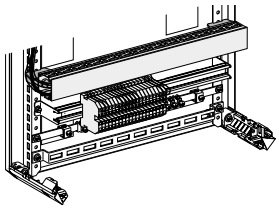


Fig. F6-058: *conexión de los bornes en carril multifix.*

Solución optimizada cuando con una fila de bornes es suficiente. Se instala arriba o abajo del armario.
■ Elección de las referencias:
□ Carril multifix:

Con 2 patas de fijación fijas L = 430	07501
Con 2 patas de fijación L = 430 regulables en profundidad y orientables	07502
Mecanizado en los extremos para fijación directa en el fondo L = 470	07551
Soporte 45° para carril multifix	07552

En soporte

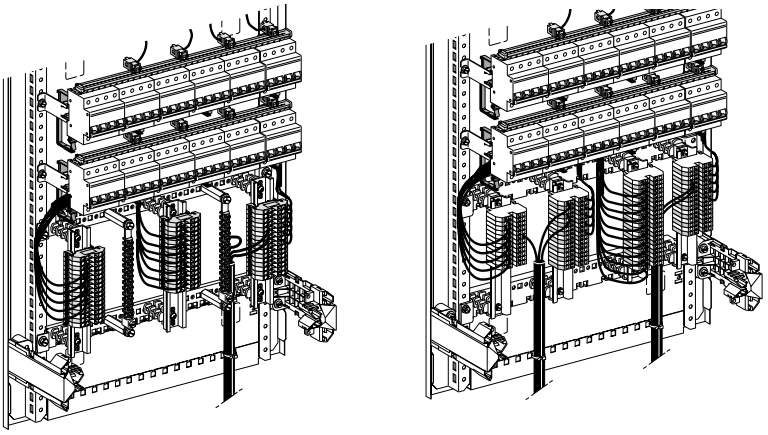


Fig. F6-059: *conexión de los bornes en soporte.*

Para instalar y conexionar fácilmente un gran número de bornes sin ocupar gran espacio en el cuadro. Particularmente interesante cuando un pasillo lateral no se puede instalar o no se justifica el hacerlo:
■ Un soporte fijado en el chasis, arriba o abajo del cuadro, está equipado con 4 carriles simétricos L = 250 mm. Se instalan en posición vertical y permiten a los cables circular libremente sin encontrar obstáculos.

■ Para mezclar bornes de diferentes secciones y permitir una conexión sencilla por delante y por el lado, el entreejes y la profundidad de los carriles es regulable.
■ Los pretroquelados de los travesaños permiten una sujeción muy sencilla de los cables.
■ Los colectores de tierra, comprados separadamente, se pueden intercalar entre las filas de bornes para permitir configuraciones como las siguientes:
□ 4 filas de bornes + 1 colector L = 450 mm.
□ 3 filas de bornes + 1 o 2 colectores de tierra L = 250 mm. Se instalan directamente sobre los travesaños del soporte, mediante unos realces vendidos aparte.
El montaje ocupa una altura de 250 mm (5 módulos verticales de 50 mm).
■ Elección de referencias:

Soporte de bornas	07558
2 colectores de tierra 20 salidas L = 250 mm	07067
Realces para sujetar el colector T/N	
H = 25 mm	02407
H = 55 mm	05056

En un cofret adicional
Permite la instalación de los bornes en una zona determinada, totalmente aislada de la zona de aparamenta.
Un cofret Prisma G "adicional" de al menos 7 módulos (350 mm), con el soporte 07558.
No importa si está situado sobre un cofret Prisma GX, ya que se utiliza un lote de asociación 09050.

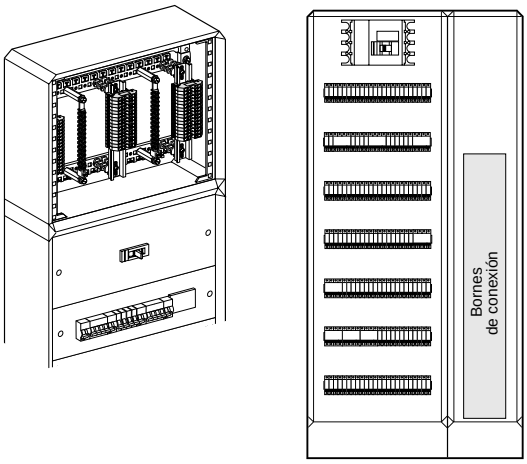


Fig. F6-060: *bornes compartimentados en un cofret adicional*:

En los pasillos laterales de Prisma G y Prisma GX
Para instalar los bornes en una zona determinada, totalmente aislada de la zona de la aparamenta.
Un carril simétrico sosteniendo los bornes y un colector de tierra, se instalan verticalmente en el pasillo lateral sobre dos soportes, fijados en los montantes.

El entreejes de fijación de los soportes es regulable en longitud, lo que permite instalarlos en un pasillo lateral de un cofret Prisma G y en el de un armario Prisma GX.
Además, están equipados con pretroquelados que facilitan la salida al exterior del cuadro de los cables embridados.
El montaje ocupa una altura de 250 mm o 500 mm según el colector de tierra utilizado.
■ Elección de las referencias:

2 soportes de carril y colector	07548
2 colectores de tierra 20 salidas entreejes de fijación: 200 mm	07067
Colector de tierra 40 salidas entreejes de fijación: 450 mm	07047
1 carril simétrico: L = 2.000 mm Ancho = 1,5 mm, H = 15 mm	06603
2 carriles multifix L = 1.750 mm	09850

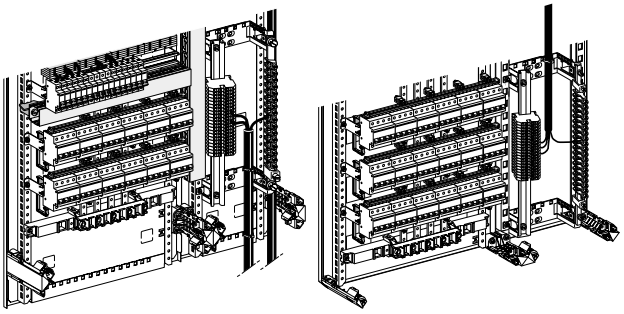


Fig. F6-061: *bornes compartimentados en un pasillo lateral.*

6.8. Los cuadros eléctricos y la CEM

Análisis

Componentes:
■ Localizar los potenciales perturbadores y determinar el tipo de perturbaciones que emiten. Definir la naturaleza, la intensidad, la frecuencia...
■ Localizar los materiales sensibles y determinar su nivel de inmunidad.
Utilizar, por ejemplo, la documentación de los fabricantes para estudiar características del tipo:
□ potencia, tensión de alimentación (380 V, 500 V...),
□ tipo de señales (~; ⎓), frecuencia de las mismas (50 Hz, 60 Hz, 10 kHz...),
□ tipo de circuito (conmutación por contacto seco...),
□ tipo de carga controlada (inductancia o bobina...).
■ Señales conducidas por los cables:
□ Localizar los cables de “entrada” (señal procedente del exterior y que entre en el armario) y de “salida”.
□ Determinar el tipo de señal conducida por dichos cables y distribuirlos por clase (*), a saber:
– sensibles,
– poco sensibles.

– poco perturbadores,
– perturbadores.
(Ver el apartado cables, F8.)

(*) Término no normativo de uso específico para este documento.

Ejemplos clásicos en la distribución	
Agentes sensibles	Agentes perturbadores
■ Autómatas programables (PLC). ■ Tarjetas electrónicas. ■ Reguladores. ■ Cables conectados a estos elementos, es decir entradas y salidas de detectores, captadores, sondas de medida... □ Clase (*) 1 o 2. ■ Cables que conducen señales analógicas. □ Clase (*) 1.	■ Transformadores del armario. ■ Contactores, interruptores automáticos... ■ Fusibles. ■ Fuentes conmutadas. ■ Convertidores de frecuencia. ■ Variadores de velocidad. ■ Alimentaciones DC. ■ Relojes de microprocesadores. ■ Cables conectados a estos elementos. ■ Líneas de alimentación. ■ Cables de “potencia” en general □ Clase (*) 3 o 4. (Ver el apartado cables, F8.)

Tabla F6-062: *tabla de elementos sensibles a la CEM y de elementos perturbadores en una instalación.*

Configuración

Plano de masa de referencia:

Ante todo, es necesario definir y montar un plano de masa de referencia de fondo de armario, sin pintar.

■ Conectar esta chapa o rejilla metálica al bastidor del armario metálico en varios puntos y éste, a su vez, a la red de masa del equipo.
■ Atornillar directamente todos los componentes (filtros...) a este plano de masa.
■ Sujetar todos los cables a este plano de masa.
■ Utilizar collarines atornillados directamente al plano de masa para reforzar los blindajes a 360° (todo el entorno).
Hacer todas estas conexiones con mucho cuidado.

Entradas de cables:

■ Filtrar los cables perturbadores en la entrada del armario.
■ Elegir con sumo cuidado los prensaestopas necesarios para garantizar la conexión del blindaje a la masa (al atravesar tabiques...).

Canalización para cables

Distribuir los cables por clases y canalizarlos utilizando canaletas metálicas diferentes y separadas una distancia adecuada. (Ver el apartado de compatibilidad electromagnética en las líneas, F7.)

Alumbrado

No utilizar lámparas fluorescentes, tubos de descarga..., para iluminar los armarios de control (generadores de armónicos...).

Utilizar lámparas de incandescencia.

Implantación de los componentes

Separar y montar los componentes, cables..., “perturbadores” y “sensibles” en armarios diferentes:

■ En armarios pequeños.
Es posible reducir la influencia de las perturbaciones montando chapas de separación conectadas en varios puntos a la masa.
■ En armarios grandes.
Asignar un armario a cada clase de componente...
Los armarios “perturbadores” y los “sensibles” deben ser diferentes y estar separados unos de otros.
No respetar estos puntos puede anular todo el esfuerzo dedicado al montaje y a la instalación.
Ejemplo de distribución de un armario pequeño:
En los armarios pequeños, montar una chapa metálica de separación atornillada al chasis puede ser suficiente.

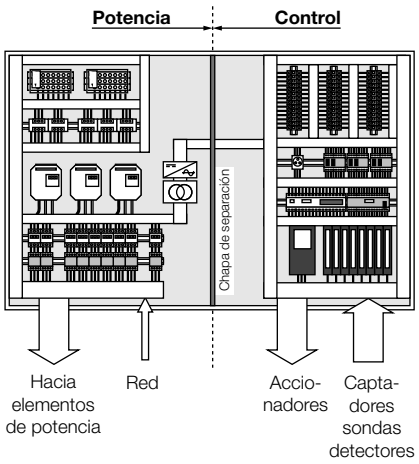


Fig. F6-063: *forma de compartimentación en un cuadro pequeño.*

Ejemplo de la distribución de un armario grande:
No mezclar los cables, enrollar el cable sobrante.

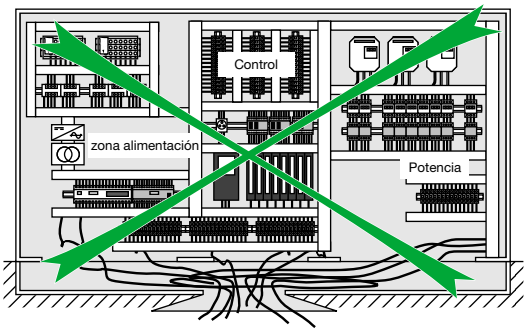


Fig. F6-064: *forma no adecuada de entrada de las conducciones a un cuadro.*

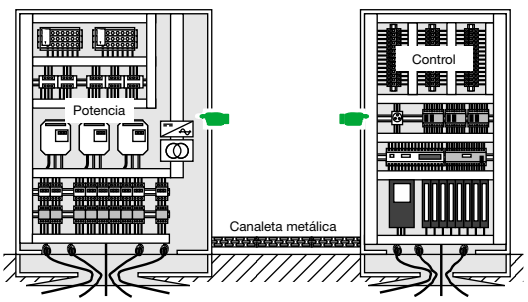


Fig. F6-065: *forma adecuada de entrada de las conducciones a un cuadro.*

F
6

Conexión de las conducciones metálicas con los cuadros

Conexión de bandejas y cuadros

Los extremos de las canaletas, tubos metálicos..., deben estar atornillados a los armarios metálicos de forma que la conexión sea adecuada.

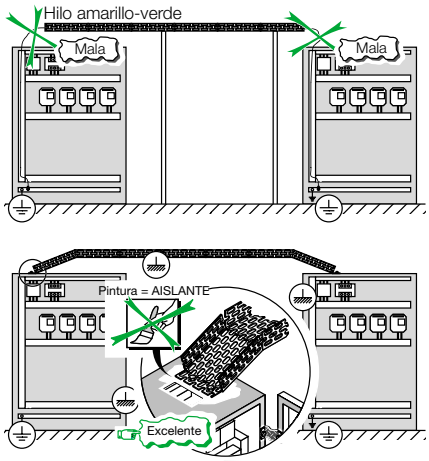


Fig. F6-066: *conexión correcta de las canaletas metálicas y los cuadros eléctricos.*

Instalación de los filtros en los cuadros

Instalación en el armario

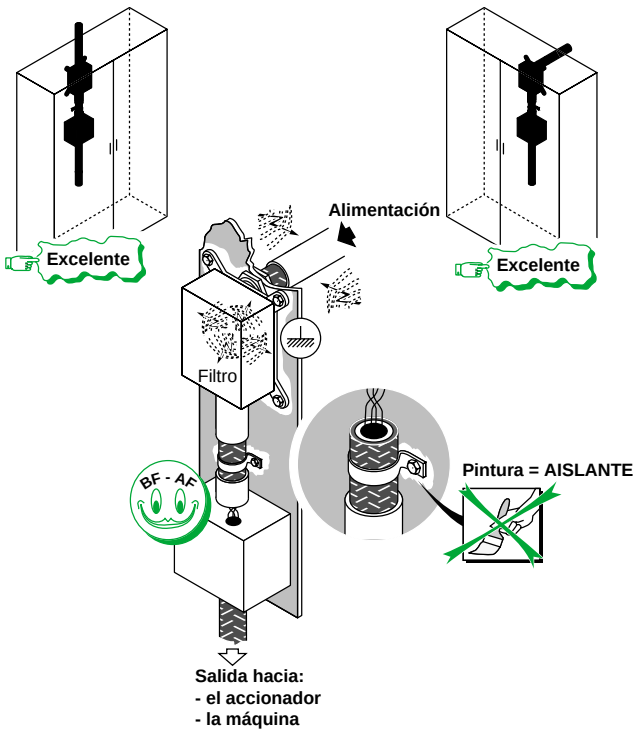


Fig. F6-067: *formas correctas de instalación de los filtros en un armario.*

Situación de la entrada y la salida de los bornes en el cuadro

El cable de entrada no debe estar junto al cable de salida.

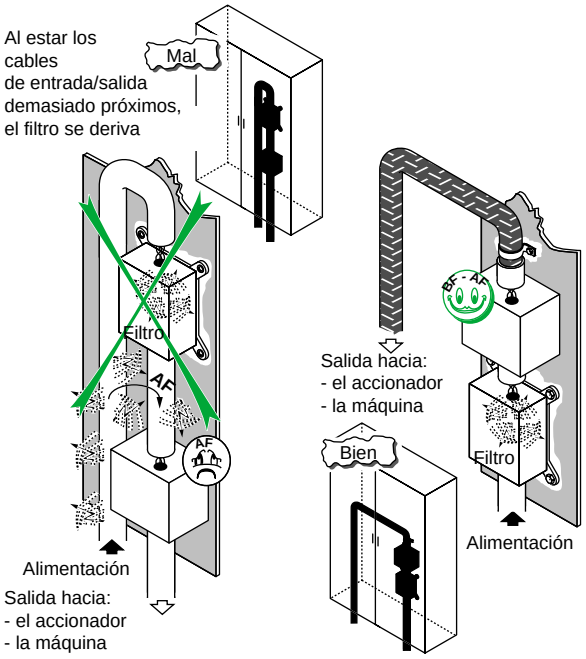


Fig. F6-068: *situación de los cables de entrada y salida de los filtros.*

Fijación de los filtros

Montar los filtros en la entrada del armario y atornillarlos al chasis o al plano de masa de fondo de armario.

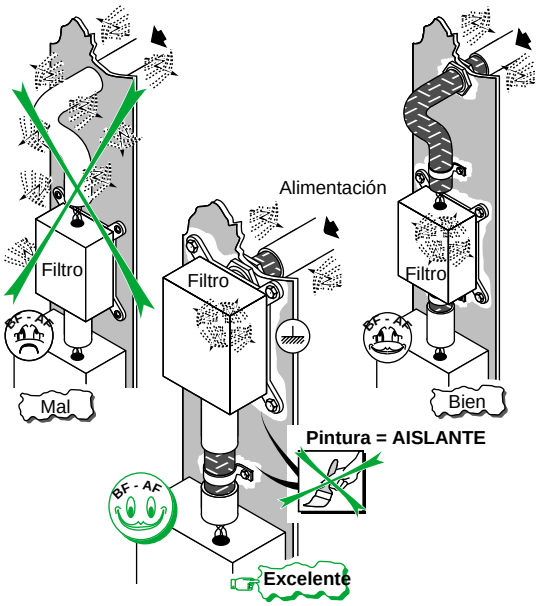


Fig. F6-069: *formas de sujeción de los filtros.*

Situación de las conexiones de los filtros
Sujetar los cables al plano de masa de referencia de fondo de armario.

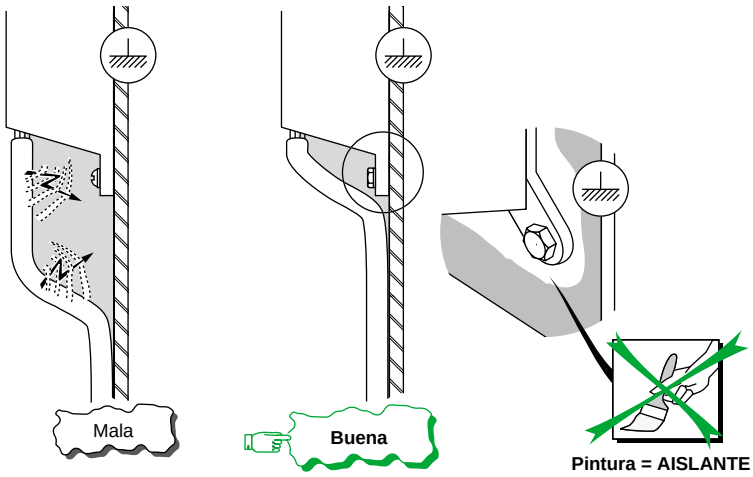


Fig. F6-070: *forma de sujeción de las conexiones.*

Red de masas en los cuadros

Equipotencialidad "BF" y "AF" del armario y sus componentes.

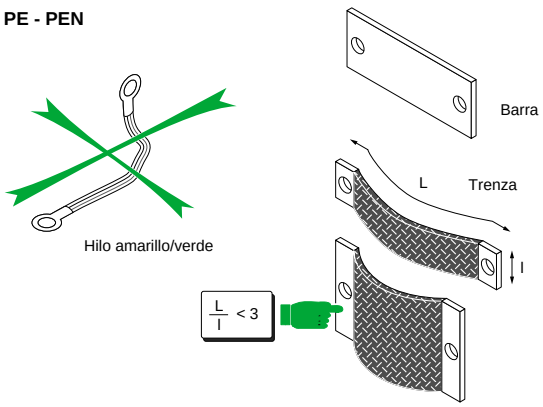
Todos los armarios deben estar equipados con una placa de plano de masa de fondo de armario:

Cuidado con las placas de fondo de armario pintadas o con cualquier otro tipo de revestimiento aislante.

■ Todas las masas metálicas de los componentes y dispositivos montados en el armario deben estar atornilladas directamente a la placa de plano de masa para garantizar un contacto metal/metal duradero y de calidad.
■ Generalmente, el hilo de tierra amarillo-verde es demasiado largo para garantizar una conexión a masa de calidad en "AF".

Interconexiones "mallado" de las masas

Equipotencialidad - Mallado - Continuidad - Seguridad CEI 364



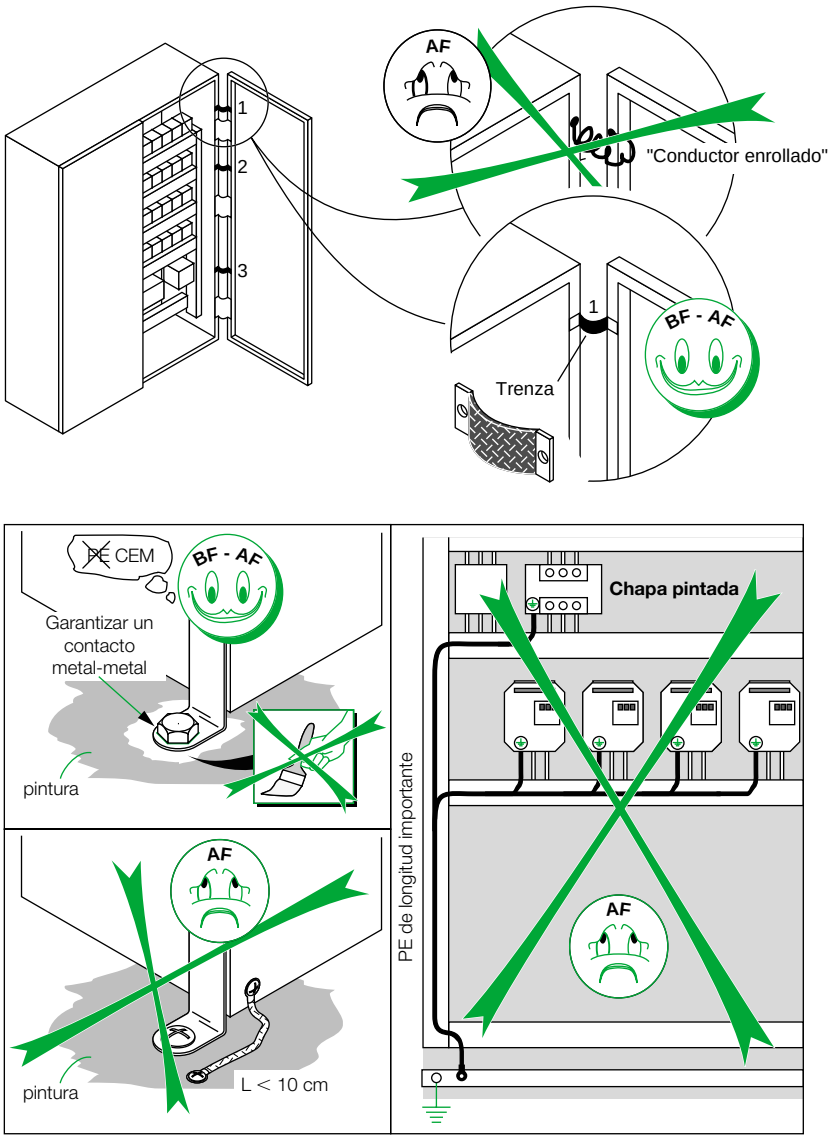


Fig. F6-071: *conexiones del circuito de masas en los cuadros, para atender la CEM.*

7. Las conducciones

Descripción

Podemos considerar dos tipos de distribuciones:

■ Las de distribución de energía, que pueden ser:
□ aéreas: con conductores desnudos o aislados
□ suberráneas: con conductores aislados en tubos o sin tubos
■ Las instalaciones de reparto de energía en instalaciones receptoras:
□ Con conductores aislados y conducciones.
□ Con canalizaciones prefabricadas.

Las canalizaciones prefabricadas se distinguen por la fácil instalación, la flexibilidad para las modificaciones, sus facilidades para el embornado de las derivaciones, etc.

Selección e instalación de las canalizaciones en función de las influencias externas

Temperatura ambiente (AA):

■ Las canalizaciones deben elegirse e instalarse de forma que se adapten a la temperatura ambiente local más elevada o más baja, y que la temperatura límite expresada no sea superada.

Para las canalizaciones prefabricadas, los límites están indicados en la UNE-EN 20.439 y las intensidades máximas de utilización las especifica el fabricante de conformidad a la norma.

■ Los elementos de las canalizaciones, incluidos los cables y sus accesorios, deben instalarse o manipularse únicamente dentro de los límites de temperatura fijados por las normas de producto correspondientes o indicadas por los fabricantes.

■ Cuando cables de diferente límite de temperatura se instalan en la misma envolvente, la temperatura límite de la canalización será la más baja de los cables.

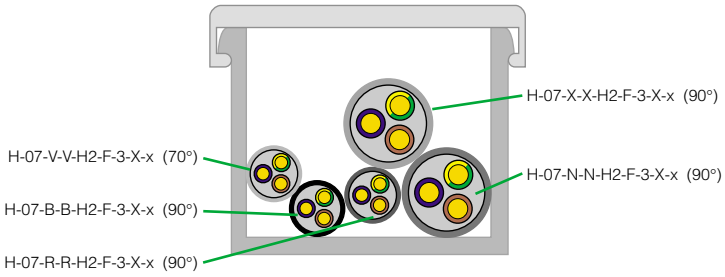


Fig. F7-001: *temperatura máxima admisible en una conducción con conductores de diferente naturaleza de aislantes.*

Fuentes externas de calor:

■ En caso de proximidad de canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, se dispondrán de forma que entre las superficies exteriores de ambas se mantenga una distancia mínima de 3 cm.

■ En caso de proximidad con conductos de calefacción, de aire caliente, vapor o humo, las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que no puedan alcanzar una temperatura peligrosa; con el fin de evitar los efectos del calor emitido por fuentes externas, deberán protegerse las canalizaciones utilizando los métodos que exponemos a continuación, u otros igualmente eficaces:

□ pantalla de protección;
□ alejamiento suficiente de las fuentes de calor;
□ selección de una canalización teniendo en cuenta los calentamientos adicionales que puedan producirse;
□ reforzamiento local o substitución del material aislante;

Nota: El calor emitido por las fuentes exteriores puede transmitirse por radiación, por convección o por conducción, proveniente:
■ de redes de distribución de agua caliente;
■ de instalaciones de aparatos y luminarias;
■ de procesos de fabricación;
■ de transmisión de calor a través de materiales conductores;
■ de recuperación del calor solar de la canalización o del medio ambiente.

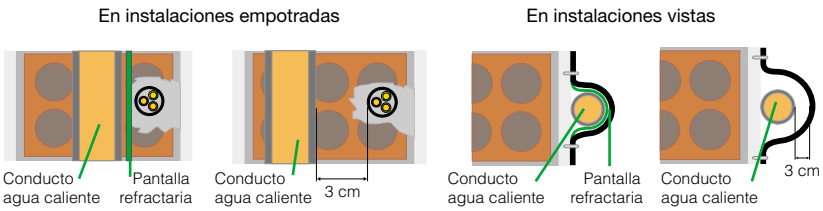


Fig.F7-002: *protección de las canalizaciones de las fuentes externas de calor.*

Presencia de agua (AD):

■ Las canalizaciones deben elegirse e instalarse de forma que no pueda producirse ningún daño a causa de la penetración de agua. La canalización debe cumplir, después del ensamblaje, la clase de protección IP correspondiente al emplazamiento en cuestión.

Nota: En general, las cubiertas y envolventes aislantes de los cables para instalación fija pueden considerarse, si no están dañadas, como protegidas contra la penetración de la humedad. Son necesarias precauciones especiales para los cables sometidos a rociados frecuentes, inmersiones o sumersiones.

■ Las canalizaciones eléctricas no se situarán por debajo de otras canalizaciones que puedan dar lugar a condensaciones, tales como las destinadas a conducción de vapor, de agua, de gas, etc., a menos que se tomen las disposiciones necesarias para proteger las canalizaciones eléctricas contra los efectos de estas condensaciones.



Fig. F7-003: *protecciones a la posible generación de condensación.*

■ Cuando el agua pueda acumularse o condensarse en las canalizaciones, deben tomarse disposiciones para asegurar la evacuación.

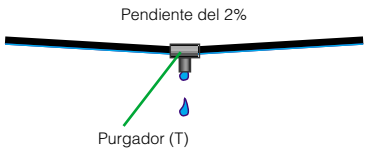


Fig. F7-004: *evacuación de la condensación no evitable.*

■ Cuando las canalizaciones pueden verse sometidas a olas (esta situación no corresponde a las canalizaciones prefabricadas) (AD 6), debe realizarse una protección contra los daños mecánicos mediante uno o varios de los métodos expuestos en los apartados:
□ choques mecánicos (AG);
□ vibraciones (AH);
□ otros esfuerzos mecánicos (AJ).

Presencia de cuerpos sólidos (AE):
■ Las canalizaciones deben elegirse e instalarse de forma que se limiten los peligros provenientes de la penetración de cuerpos sólidos. La canalización debe cumplir, después del ensamblaje, el grado de protección IP correspondiente al emplazamiento en cuestión.
■ En emplazamientos donde se encuentren cantidades importantes de polvo (AE 4), deben tomarse precauciones adicionales para impedir la acumulación de polvo o de otras sustancias en cantidades que pudieran afectar la evacuación de calor de las canalizaciones.
Nota: Puede ser necesario un tipo de instalación que facilite la extracción del polvo "Selección e instalación en función del mantenimiento, incluida la limpieza".



Fig. F7-005: *mantenimiento de limpieza para facilitar la disipación del calor.*

■ No deben estar en contacto mutuo metales diferentes que puedan formar pares electroquímicos, a no ser que se adopten medidas particulares para evitar las consecuencias de tales contactos.
■ Los materiales que puedan provocar deterioros mutuos, individuales o degradaciones peligrosas no deben instalarse en contacto.

Impactos por efectos mecánicos (AG):
■ Las canalizaciones deben elegirse e instalarse de forma que se limiten los daños a causa de esfuerzos mecánicos como, por ejemplo, choques, penetraciones o compresión, durante su instalación, uso y mantenimiento.
■ En las instalaciones fijas donde puedan producirse choques medios (AG 2) o importantes (AG 3), puede asegurarse la protección mediante uno de los medios siguientes:
□ las características mecánicas de las canalizaciones son suficientes;
□ el emplazamiento elegido está libre de posibles choques (altura);
□ la disposición de una protección mecánica complementaria, local o general;
□ o la combinación de estas medidas.

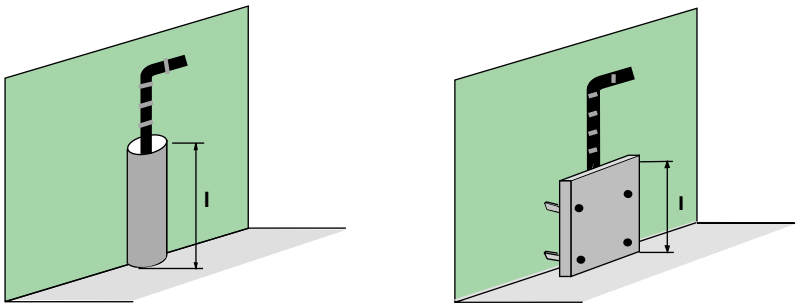


Fig. F7-006: *protección de los conductores o conducciones en zona con peligro de impactos.*

Vibración (AH):

■ Las canalizaciones, soportadas o fijadas en estructuras o en materiales sometidos a vibraciones medias (AH 2) o importantes (AH 3), deben ser apropiadas a estas condiciones, particularmente en lo que se refiere a cables y conexiones.

Nota: Es conveniente prestar una atención particular a las conexiones a equipos vibratorios. Pueden adoptarse medidas locales como, por ejemplo, cables flexibles.

■ La instalación de materiales eléctricos suspendidos, tales como las luminarias, deben realizarse con cables flexibles. En los casos que no se puedan producir movimientos o vibraciones, se pueden utilizar conductores rígidos.

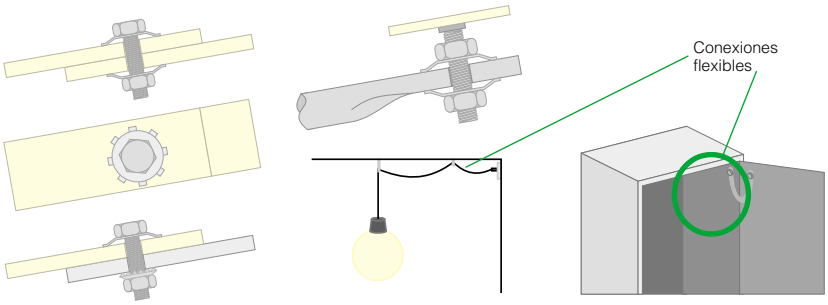


Fig. F7-007: *arandelas antivibratorias, conexiones flexibles.*

Otros esfuerzos mecánicos (AJ):

■ Las canalizaciones deben elegirse e instalarse de forma que se impida, durante la instalación, la utilización y el mantenimiento, cualquier daño a las cubiertas y al aislamiento de los conductores aislados, de los cables y de los terminales de éstos.

■ Los tubos y conductos de sección no circular, empotrados en la pared, deben estar completamente instalados para cada circuito antes de tender los conductores o cables.

■ Una canalización debe tener un radio de curvatura tal, que los conductores y cables no se vean dañados:

□ Canalizaciones con tubos.

□ Tubos aislantes rígidos o flexibles, ondulable en frío o en caliente:

– para instalaciones con conductores rígidos, 10 veces el diámetro del conductor;

– para instalaciones con conductores de papel impregnado, 15 veces el diámetro del conductor.

□ Tubos especiales para conducciones eléctricas. Los radios mínimos aconsejados son:

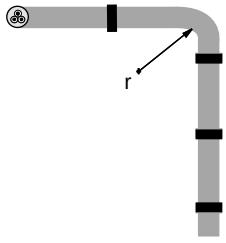


Fig. F7-008: *radios de curvatura mínimos de los tubos.*

Radios de curvatura de los tubos para conducciones eléctricas					
Diámetro nominal (mm^2)	Radio mínimo de curvatura (mm)				
	(1) (2) (4)	(3)	(5)	(6)	(7)
9	90	85	54	48	53
11	110	95	66	58	65
13	120	105	75	65	71
16	135	120	86	75	79
21	170	–	–	–	100
23	–	165	115	100	–
29	200	200	140	125	130
36	250	225	174	150	165
48	300	235	220	190	210

Leyenda:
(1) Tubos metálicos rígidos blindados.
(2) Tubos metálicos rígidos blindados, con aislamiento interior.
(3) Tubos metálicos rígidos normales, con aislamiento interior.
(4) Tubos aislantes rígidos normales.
(5) Tubos aislantes flexibles normales.
(6) Tubos metálicos flexibles normales, con o sin aislamiento interior.
(7) Tubos metálicos flexibles blindados, con o sin aislamiento interior.

Fig. F7-009: *tabla de los radios mínimos de curvatura de los tubos.*

□ Número de pliegues para curvar tubos metálicos normales con o sin aislamiento, en función del diámetro.
Nota: Hoy en día prácticamente en desuso.

N.º de pliegues y distancias para curvar tubos a 90°		
Diámetro nominal de los tubos (mm)	N.° de pliegues	Distancia aproximada entre pliegues (mm)
9	20 ± 2	5
11	20 ± 2	6,5
13	20 ± 2	7
16	25 ± 5	8
23	30 ± 5	8
29	30 ± 5	8

Fig. F7-010: *tabla del número de pliegues para curvar tubos metálicos.*

□ Canalizaciones con cables sin conducciones:
– para instalaciones con conductores rígidos, 10 veces el diámetro del conductor,
– para instalaciones con conductores de papel impregnado, 15 veces el diámetro del conductor.

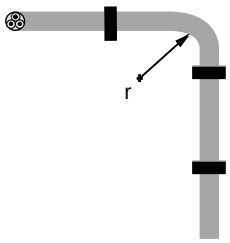


Fig. F7-011: *radios de curvatura de los cables.*

■ Cuando los conductores o cables no se vean soportados en toda su longitud, ya sea a causa de los soportes o del sistema de instalación, deben estar soportados por medios apropiados a intervalos suficientes, de forma que los conductores o cables no se vean dañados por su propio peso:
□ Canalizaciones con tubos o con conductores directos:
– Los tubos o conductores se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. La distancias máximas entre éstas será, como máximo, de 0,50 metros para los tubos, 0,40 m para los conductores y 0,75 para los conductores armados. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.
– En huecos de la construcción.
En los huecos verticales, las conducciones deberán sujetarse para evitar la tensión de su peso cada 3 m, como mínimo (en vertical).

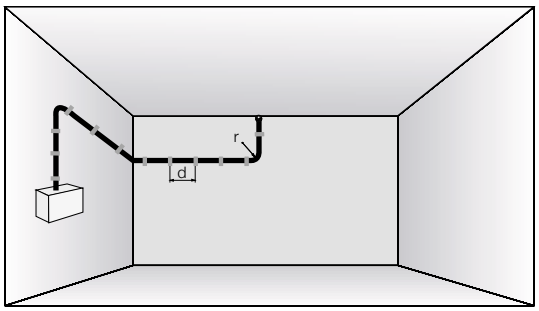


Fig. F7-012: *colocación de conductores en tubos o directos sobre paredes.*

Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o en aparatos.
– En huecos de la construcción.
En los huecos verticales las conducciones deberán sujetarse, para evitar la tensión de su peso, cada 3 m como mínimo (en vertical).
■ Cuando las canalizaciones se vean sometidas a una tracción permanente (por ejemplo, a causa de su propio peso) en sendido vertical, deberá elegirse un tipo de cable o conductor apropiado con una sección y un sistema de instalación apropiado, de forma que se evite cualquier daño a los cables y a sus soportes:
□ En redes aéreas:
– Los conductores desnudos: su carga de rotura mínima a la tracción será de 410 daN, debiendo satisfacer las exigencias especificadas en las normas UNE 21.012 o UNE 21.018, según sean los conductores de cobre o de aluminio.
– Los tirantes: tendrán una carga de rotura mínima de 1.400 daN.

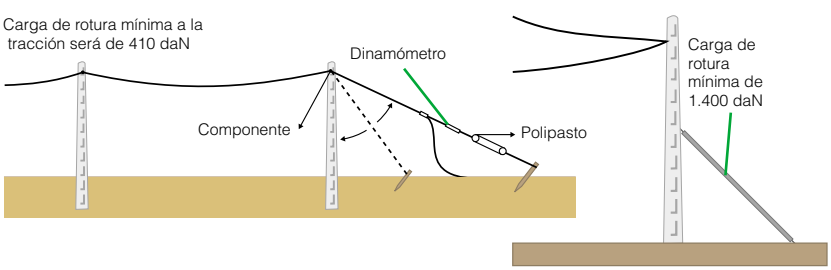


Fig. F7-013: *carga de rotura mínima a la tracción de los conductores aéreos y de los tirantes.*

□ A los efectos de las sobrecargas motivadas por el hielo, España se clasificará en tres zonas:
– Zona A: La situada a menos de 500 m de altitud sobre el nivel del mar. No se tendrá en cuenta sobrecarga alguna motivada por el hielo.
– Zona B: La situada a una altitud comprendida entre 500 y 1000 m. Los conductores desnudos se considerarán sometidos a la sobrecarga de un manguito de hielo de valor $180\sqrt{d}$ gramos metro lineal, siendo (d) el diámetro del conductor en mm. En los cables en haz, la sobrecarga se considerará de $60\sqrt{d}$ gramos por metro lineal, siendo (d) el diámetro del cable en haz en mm. A efectos de cálculo se considera como diámetro de un cable en haz, 2,5 veces el diámetro del conductor de fase.
– Zona C: La situada a una altitud superior a 1000 m. Los conductores desnudos se considerarán sometidos a la sobrecarga de un manguito de hielo de valor $360\sqrt{d}$ gramos por metro lineal, siendo (d) el diámetro del cable en haz en mm. A efectos de cálculo, se considera como diámetro de un cable en haz, 2,5 veces el diámetro del conductor de fase.

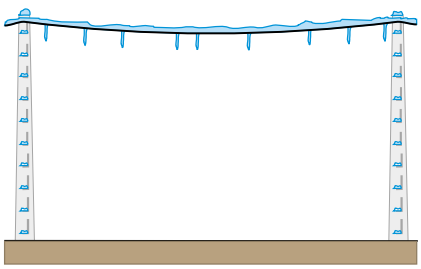


Fig. F7-014: *sobrecargas de los conductores, por efectos de la deposición de hielo.*

■ Las canalizaciones en que tienen que tenderse los conductores o cables deben tener medios de acceso apropiados para permitir el tendido.
■ Las canalizaciones enterradas deben estar suficientemente protegidas contra los daños previsibles, debidos a la posible utilización del suelo.
Esta recomendación no afecta a las canalizaciones prefabricadas:
□ Conductores directamente enterrados:
– La profundidad, hasta la parte inferior del cable, no será menor de 0,60 m en acera, ni de 0,80 m en calzada. Bajo líneas de ferrocarriles, los cables se colocarán en el interior de tubos protectores conforme con lo establecido en la ITC-BT-21, recubiertos de hormigón y siempre que sea posible, perpendiculares a la vía y a una profundidad mínima de 1,3 m respecto a la cara inferior de la traviesa. Dichos tubos rebasarán las vías férreas en 1,5 m por cada extremo.
– Cuando existan impedimentos que no permitan lograr las mencionadas profundidades, éstas podrán reducirse disponiendo protecciones mecánicas suficientes, tales como las de entubar los conductores. Por el contrario, deberán aumentarse cuando las condiciones de coincidencia con otras instalaciones lo aconsejen.
– Para conseguir que el cable quede correctamente instalado, sin haber recibido daño alguno, y se ofrezca seguridad frente a excavaciones hechas por terceros, en la instalación de los cables se seguirán las instrucciones descritas a continuación:
• El lecho de la zanja que va a recibir el cable será liso y estará libre de aristas vivas, cantos, piedras, etc. En el mismo se dispondrá una capa de arena de mina o de río lavada, de espesor mínimo 0,05 m sobre la que se colocará el cable. Por encima del cable irá otra capa de arena o tierra cribada de unos 0,10 m de espesor. Ambas capas cubrirán la anchura total de la zanja, la cual será suficiente para mantener 0,05 m entre los cables y las paredes laterales.

• Por encima de la arena, todos los cables deberán tener una protección mecánica como, por ejemplo, losetas de hormigón, placas protectoras de plástico, ladrillos o rasillas colocadas transversalmente. Podrá admitirse el empleo de otras protecciones mecánicas equivalentes. Se colocará también una cinta de señalización que advierta de la existencia del cable eléctrico de baja tensión. Su distancia mínima al suelo será de 0,10 m, y la parte superior del cable de 0,25 m.
• Se admitirá también la colocación de placas con doble misión de protección mecánica y de señalización.

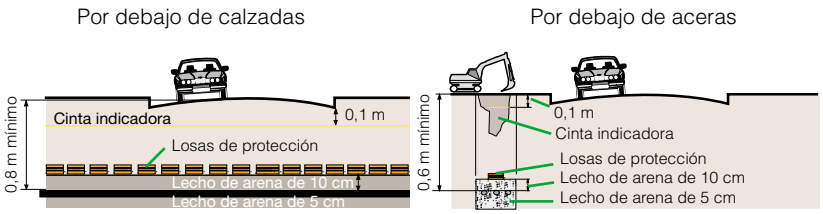


Fig. F7-015: *situación de conductores enterrados directamente bajo aceras o calzadas.*

□ Conductores entubados.
No se instalarán más de un circuito por tubo. Se evitarán, en lo posible, los cambios de dirección de los tubos. En los puntos donde se produzcan, y para facilitar las manipulaciones de los cables, se dispondrán arquetas con tapa, registrables o no. Para facilitar el tendido de los cables, en los tramos rectos se instalarán arquetas intermedias, registrables, ciegas o simplemente calas de tiro, como máximo cada 40 m. Esta distancia podrá variarse de forma razonable, en función de derivaciones, cruces u otros condicionantes viarios.

Las arqueras deben poder soportar el peso del material y el de la circulación de superficie

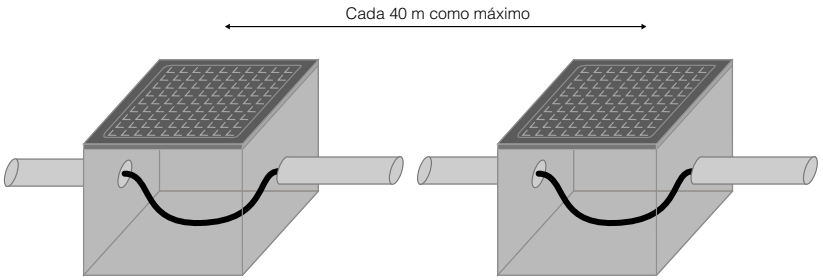


Fig. F7-016: *situación de conductores entubados enterrados bajo aceras o calzadas.*

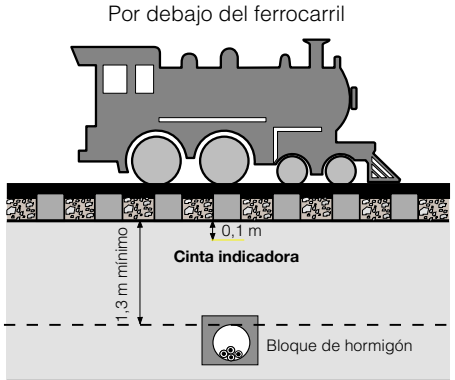


Fig. F7-017: *situación de conductores entubados enterrados bajo vías férreas.*

■ Los recorridos de las canalizaciones, que estén fijadas rígidamente y empotradas en las paredes, deben ser horizontales, verticales o paralelas a las aristas de la pared, excepto canalizaciones en techos o en suelos, que pueden seguir el recorrido práctico más corto.
■ Los cables flexibles deben instalarse de forma que se eviten esfuerzos excesivos de tracción sobre los conductores y las conexiones.
Esta recomendación no afecta a las canalizaciones prefabricadas.
■ Los soportes y envolventes de los cables no tendrán aristas agudas.

Presencia de vegetación o moho (AK):
Cuando las condiciones conocidas o previsibles presenten un riesgo (AK 2), las canalizaciones deberán elegirse en consecuencia, o deberán tomarse medidas especiales de protección.
Nota: Puede ser necesario un sistema de instalación que facilite la extracción de este moho.

Presencia de fauna (AL):
Cuando las condiciones conocidas o previstas presenten un peligro (AL 2), las canalizaciones deben elegirse en consecuencia, o deberán tomarse medidas especiales de protección, como:
■ Características mecánicas de las canalizaciones.
■ Selección del emplazamiento.
■ Disposición de una protección mecánica adicional, local o general.
■ Cualquier combinación de estas medidas.
■ En la entrada de las arquetas, los tubos deberán quedar debidamente sellados en sus extremos para evitar la entrada de roedores.

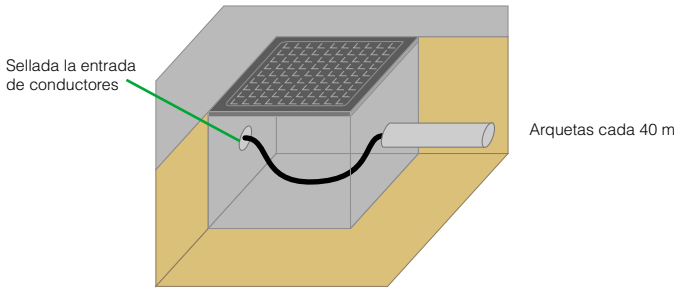


Fig. F7-018: *sellado de las conducciones subterráneas y los conductores en los registros.*

Radiación solar (AN):
Cuando sean conocidas o previsibles radiaciones solares importantes (AN 2) deberá elegirse e instalarse una canalización apropiada a estas condiciones, o deberá preverse una pantalla apropiada.

Riesgos sísmicos (AP):
■ Las canalizaciones deben elegirse e instalarse teniendo en cuenta las condiciones sísmicas de la zona de instalación.
■ Cuando los riesgos sísmicos conocidos sean débiles (AP 2) o más importantes, deberá prestarse una atención particular a:
□ las fijaciones de las canalizaciones en las estructuras del edificio;
□ las conexiones entre las canalizaciones fijas y todos los materiales esenciales, como los servicios de seguridad, que deben ser elegidos por su flexibilidad.

Viento (AR):
Véanse apartados “Vibraciones (AH)” y “Otros esfuerzos mecánicos (AJ)”.
■ En redes aéreas.
Se considerarán las sobrecargas siguientes, debidas a la presión del viento:
□ Sobre conductores: 50 daN/m^2.
□ Sobre superficies planas 100 daN/m^2.

□ Sobre superficies cilíndricas de apoyos: 75 daN/m^2.
La acción del viento sobre los conductores no se tendrá en cuenta en aquellos lugares en que, por la configuración del terreno o la disposición de las especificaciones, actúe en el sentido longitudinal de la línea.

Estructura de los edificios (CB):
■ Cuando la estructura de los edificios presente riesgos de movimiento (CB 3), los soportes de cables y los sistemas de protección deben permitir el movimiento relativo, a fin de evitar que los conductores y los cables se vean sometidos a esfuerzos mecánicos excesivos.
■ En las estructuras flexibles o inestables (CB 4), deberán utilizarse canalizaciones flexibles.

Corrientes admisibles
La corriente máxima transportada de modo continuo por todo conductor, bajo condiciones específicas, debe ser tal que su temperatura máxima en servicio continuo no sobrepase la temperatura límite especificada en la tabla F7-019.

Temperaturas máximas de trabajo según el tipo de aislamiento	
Tipo de aislamiento	Temperatura máxima de trabajo (1) (°C)
Policloruro de vinilo (PVC)	Conductor: 70
Polietileno reticulado (XLPE) y etileno-propileno (EPR)	Conductor: 90
Mineral (con cubierta de PVC o desnudo y accesible)	Cubierta metálica: 70
Mineral (desnudo inaccesible y no en contacto con materiales combustibles)	Cubierta metálica: 105 (2)

(1) Los valores máximos de las temperaturas admisibles se han tomado de las Normas CEI 502: 1983 y 702: 1981.
(2) Para los cables con aislamiento mineral, pueden admitirse temperaturas superiores en servicio continuo, según el nivel de temperatura del cable y de sus terminales, de las condiciones ambientales y de otras influencias externas.

Tabla F7-019: *temperatura máxima de trabajo, según el tipo de aislamiento.*

Dimensiones de los cables:

■ Para cables multiconductores con aislamiento de polímeros, cuyos conductores tengan una sección inferior o igual a 16 mm^2, los valores de corrientes admisibles se basan en los cables de dimensiones apropiadas a los conductores circulares. Para conductores de mayor sección, se indican los valores para conductores sectoriales.
■ Las variaciones prácticas conocidas en la fabricación de cables (por ejemplo, la forma del conductor) y las tolerancias de fabricación, conducen a una gama de dimensiones posibles para cada sección nominal. Los valores indicados en las tablas se han elegido teniendo en cuenta estas variaciones de valores con garantía y uniendo los valores para una curva regular, en función de la sección nominal de los conductores.
■ Los valores de corrientes admisibles, los factores de temperatura ambiente y de agrupamiento dados, se aplican a los cables sin armadura y a los conductores aislados de conformidad a las normas UNE 21.031, 21.123 y 21.157, siempre para los espesores de aislamiento correspondientes a tensiones de 1 kV en c.a., a 50 o 60 Hz y 1,5 kV en c.c.
■ Los valores de las tablas para cables multiconductores pueden utilizarse para cables armados, con la condición de que cada cable contenga todos los conductores de un circuito en c.a., y los valores estén dentro del margen de seguridad.

■ Los valores de las tablas pueden usarse igualmente con garantía para cables con conductor concéntrico y pantalla o envolvente metálica.
■ Los valores de las tablas pueden aplicarse para circuitos en corriente continua.
■ Las corrientes admisibles, indicadas en las tablas, están determinadas para los tipos de conductores y cables aislados, y para los tipos de instalación normalmente utilizados en las instalaciones eléctricas fijas:
□ la Tabla F7-010 indica los métodos de referencia de instalación y las correspondientes tablas de corrientes admisibles.
□ la Tabla F7-011 indica otros tipos de instalación, con el procedimiento a utilizar para reducir los valores de corrientes admisibles en los métodos de referencia.

Temperatura ambiente:

■ El valor de la temperatura ambiente a utilizar (40 °C), es la temperatura del medio circundante, cuando los cables o conductores considerados no están cargados.
■ El efecto de otras fuentes sobre la temperatura ambiente puede no tenerse en consideración.

Las intensidades máximas, expresadas en las tablas, están derivadas de las intensidades máximas establecidas por el CENELEC para Europa, basándose en una temperatura ambiente de 30 °C, pero para el territorio español la temperatura ambiente media más apropiada es de 40 °C. Los valores expresados en las tablas ya están extrapolados para los 40 °C.

Radiación solar:

■ Los factores de corrección a la Tabla F7-011 no tienen en cuenta el aumento transitorio de temperatura de los rayos solares o de otras radiaciones infrarrojas. Cuando los cables o conductores se someten a tales radiaciones, las corrientes admisibles deben calcularse por los métodos específicos del apartado H1-2. "Determinación práctica de la sección mínima de una conducción", del 2.º Volumen, en concordancia con la norma UNE 21.144, y por las instrucciones específicas de cada tipo de tendido.
■ 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.

7.1. Las redes de distribución de energía

7.1.1. Líneas aéreas, con conductores desnudos o aislados

Los conductores

Los conductores utilizados en las redes aéreas serán de cobre, aluminio o de otros materiales o aleaciones que posean características eléctricas y mecánicas adecuadas, y serán preferentemente aislados.
■ Los conductores aislados serán de tensión asignada, no inferior a 0,6/1 kV, tendrán un recubrimiento tal que garantice una buena resistencia a las acciones de la intemperie y deberán satisfacer las exigencias especificadas en la norma UNE 21.030.
La sección mínima permitida en los conductores de aluminio será de 16 mm^2 y en los de cobre de 10 mm^2. La sección mínima correspondiente a otros materiales será aquella que garantice una resistencia mecánica y conductividad eléctrica no inferior a la que corresponde a los de cobre, anteriormente indicados.

■ Los conductores desnudos serán resistentes a las acciones de la intemperie y su carga de rotura mínima a la tracción será de 410 daN, debiendo satisfacer las exigencias especificadas en las normas UNE 21.012 o UNE 21.018 según sean los conductores de cobre o de aluminio.
□ Se considerarán como conductores desnudos aquellos conductores aislados para una tensión nominal inferior a 0,6/1 kV. Su utilización tendrá carácter especial debidamente justificado, excluyendo el caso de zonas de arbolado o con peligro de incendio.

Conductores aislados

Intensidades máximas de utilización en régimen permanente:
■ Las intensidades máximas admisibles tabuladas se aplican a los cables especificados en UNE 21.030, aislados, de tensión asignada 0,6/1 kV y a los conductores desnudos, utilizados en redes aéreas.
■ Los valores de las tablas están dados para un solo conductor a una temperatura ambiente de 40 °C. Para otras condiciones especificaremos índices de corrección.

Cables con neutro fiador de aleación de aluminio-magnesio-sicilio (ALMELEC) para instalaciones de cables tensados

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

Tabla F7-020: *intensidad máxima admisible en amperios a temperatura ambiente de 40 °C*

Cables sin neutro fiador para instalaciones de cables posados o tensados con fiador de acero

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 F7-021: *intensidad máxima admisible en amperios a temperatura ambiente de 40 °C de los cables de Al posados o tensados con fiador de acero.*

Número de conductores por sección mm²	Intensidad máxima en (A) Posada sobre fachadas	Tendida con fiador de acero
2 · 10 Cu	77	85
4 · 10 Cu	65	72
4 · 16 Cu	86	95

Tabla F7-022: *intensidad máxima admisible en amperios a temperatura ambiente de 40 °C de los cables de Cu posados o tensados con fiador de acero.*

Factores de corrección:

■ Para las instalaciones expuestas directamente a los rayos solares.

En zonas en las que la radiación solar es muy fuerte, se deberá tener en cuenta el calentamiento de la superficie de los cables en relación con 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 20.485.

■ Para instalaciones en zonas con temperaturas medias diferentes a 40 °C.

□ Cables aislados en haz, factores de corrección 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

Tabla F7-023: *factores de corrección de la intensidad máxima admisible para cables aislados en haz, en función de la temperatura ambiente.*

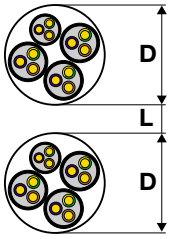
■ Por agrupamiento de varios conductores:

□ Para agrupaciones de varios cables en haz al aire, se aplican los factores de la tabla: a cables separados entre sí por una distancia comprendida entre un diámetro y un cuarto de diámetro, en tendidos horizontales con cables en el mismo plano vertical.

Número de cables	1	2	3	más de 3
Factor de corrección	1,00	0,89	0,80	0,75

Tabla F7-024: *factores de corrección de la intensidad máxima admisible en caso de agrupación de cables aislados en haz, instalados al aire.*

Nota: A efectos de cálculo se considera como diámetro de un cable en haz, 2,5 veces el diámetro del conductor de fase.



1/4 D < L < D

□ Para otras separaciones o agrupaciones, consultar la norma UNE 21.144-2-2.

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		Duración del cortocircuito en segundos								
	Sección mm²	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 F7-025: *intensidades máximas de cortocircuitos en kA.*

Conductores desnudos de cobre y aluminio

Intensidades máximas de utilización en régimen permanente:

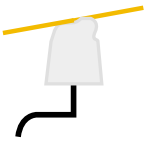
■ Las intensidades máximas admisibles en régimen permanente serán las obtenidas por aplicación de las densidades de corriente de la tabla siguiente:

Sección en mm²	Densidad de corriente A/mm²	
	Cobre	Aluminio
10	8,75	–
16	7,6	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

Tabla F7-026: *densidad de corriente máxima en A/mm² para conductores desnudos al aire.*

■ Para cualquier otro tipo de cable o composiciones, u otro sistema de instalación no contemplado, así como para cables que no figuran en las tablas anteriores, deberán consultarse las normas UNE 20.485, o calcularse según la norma UNE 21.144.

Aisladores



■ Los aisladores serán de porcelana, vidrio o de otros materiales aislantes equivalentes, que resistan las acciones de la intemperie, especialmente las variaciones de temperatura y la corrosión, debiendo ofrecer la misma resistencia a los esfuerzos mecánicos y poseer el nivel de aislamiento de los aisladores de porcelana o vidrio.

■ La fijación de los aisladores a sus soportes se efectuará mediante roscado o cimentación de volumen, pudiendo afectar a los propios aisladores o a la seguridad de su fijación.

Los accesorios

Los accesorios que se empleen en las redes aéreas deberán estar debidamente protegidos contra la corrosión y el envejecimiento, y resistirán los esfuerzos mecánicos a que puedan estar sometidos, con un coeficiente de seguridad no inferior al que corresponda al dispositivo de anclaje donde estén instalados.

Los apoyos:

■ Los apoyos podrán ser metálicos, de hormigón, madera o de cualquier otro material que cuente con la debida autorización de la Autoridad competente, y se dimensionarán de acuerdo con las hipótesis de cálculo indicadas en el próximo apartado.

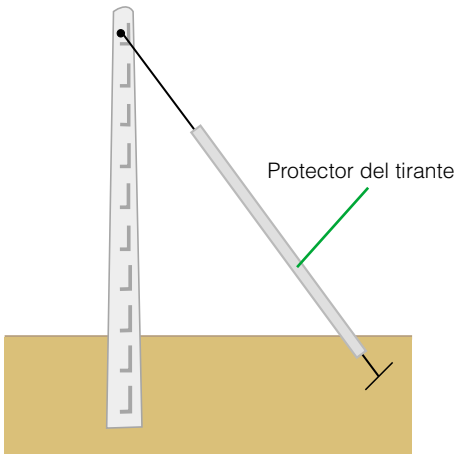
■ Deberán presentar una resistencia elevada a las acciones de la intemperie y, en el caso de no presentarla por sí mismos, deberán recibir los tratamientos adecuados para tal fin.

Los tirantes y los tornapuntas:

■ Los tirantes estarán constituidos por varillas o cables metálicos, debidamente protegidos contra la corrosión, y tendrán una carga de rotura mínima de 1.400 daN.

■ Los tornapuntas podrán ser metálicos, de hormigón, madera o cualquier otro material capaz de soportar los esfuerzos a que estén sometidos, debiendo estar debidamente protegidos contra las acciones de la intemperie.

■ Deberemos procurar diseñar los trazados de forma que se restrinja el empleo de tirantes y tornapuntas.



Forma de cálculo mecánico

Elementos constituyentes de la red:

■ Cualquiera que sea su naturaleza, se efectuará con los supuestos de acción de las cargas y sobrecarga, especificadas en el apartado “Otros esfuerzos mecánicos (AJ)”, pág. F/162.

■ Como cargas permanentes se considerarán las cargas verticales debidas al propio peso de los distintos elementos: conductores, aisladores, accesorios de sujección y apoyos.

Los conductores:

■ Tracción máxima admisible:

□ La tracción máxima admisible de los conductores no será superior a su carga de rotura dividida por 2,5, considerándolos sometidos a la hipótesis más desfavorable de las siguientes:

– Zona A (hasta 500 m sobre el nivel del mar):

a) Sometidos a la acción de su propio peso y a la sobrecarga del viento, a la temperatura de 15 °C.

b) Sometidos a la acción de su propio peso y a la sobrecarga del viento, dividida por 3, a la temperatura de 0 °C.

– Zonas B y C (B situada entre 500 y 1.000 m y C situada por encima de los 1.000 m):

a) Sometidos a la acción de su propio peso y a la sobrecarga del viento, a la temperatura de 15 °C.

b) Sometidos a la acción de su propio peso y a la sobrecarga de hielo correspondiente a la zona, a la temperatura de 0 °C.

■ Flecha máxima.
Se adoptará como flecha máxima de los conductores el mayor valor resultante de la comparación entre dos hipótesis correspondientes a la zona climatológica que se considere, y a una tercera hipótesis de temperatura (válida para las tres zonas), consistente en considerar los conductores sometidos a la acción de su propio peso y a la temperatura máxima previsible, teniendo en cuenta las condiciones climatológicas y las de servicio de la red. Esta temperatura no será inferior a 50 °C.

Los apoyos
Para el cálculo mecánico de los apoyos se tendrán en cuenta las siguientes hipótesis, según la función del apoyo y de la zona.

	Zona A		Zonas B y C	
Función del apoyo	Hipótesis de viento a la temperatura de 15 °C	Hipótesis de temperatura a 0 °C con 1/3 de viento	Hipótesis de viento a la temperatura de 15 °C	Hipótesis de hielo según zona y temperatura de 0 °C
Alineación	Cargas permanentes	Cargas permanentes Desequilibrio de tracciones	Cargas permanentes	Cargas permanentes Desequilibrio de tracciones
Angulo	Cargas permanentes. Desequilibrio de ángulo			
Estrella-miento	Cargas permanentes 2/3 resultante	Cargas permanentes Total resultante	Cargas permanentes 2/3 resultante	Cargas permanentes Total resultante
Fin de línea	Cargas permanentes. Tracción total de conductores			

Tabla F7-027: *hipótesis de consideración de las cargas para el cálculo mecánico de los apoyos.*

■ Cuando los vanos sean inferiores a 15 m, las cargas permanentes tendrán muy poca influencia, por lo que en general se podrá prescindir de las mismas en el cálculo.
■ El coeficiente de seguridad a la rotura será distinto en función del material de los apoyos según la tabla 2.

Coeficiente de seguridad a la rotura	
Material del apoyo	Coeficiente
Metálico	1,5
Hormigón armado vibrado	2,5
Madera	3,5
Otros materiales no metálicos	2,5

Tabla F7-028: *coeficiente de seguridad a la rotura en función del material de los apoyos.*

Nota: En el caso de apoyos metálicos o de hormigón armado vibrado cuya resistencia mecánica se haya comprobado mediante ensayos en verdadera magnitud, los coeficientes de seguridad podrán reducirse a 1,45 y 2 respectivamente.

■ Cuando, por razones climatológicas extraordinarias, hayan de suponerse temperaturas o manguitos de hielo superiores a los indicados, será suficiente comprobar que los esfuerzos resultantes son inferiores al límite elástico.

Instalación de líneas aéreas

Conductores aislados:
■ Los conductores dotados de envolventes aislantes, cuya tensión nominal sea inferior a 0,6/1 kV se considerarán, a efectos de su instalación, como conductores desnudos.
■ Los conductores aislados de tensión nominal 0,6/1 kV (UNE 21.030) podrán instalarse como conductores aislados.

Cables posados:

■ Directamente posados sobre fachadas o muros, mediante abrazaderas fijadas a los mismos y resistentes a las acciones de la intemperie. Los conductores se protegerán adecuadamente en aquellos lugares en que puedan sufrir deterioro mecánico de cualquier índole.

■ En los espacios vacíos (cables no posados en fachada o muro), los conductores tendrán la condición de tensados y se regirán por lo indicado en el apartado "Cables tensados".

■ En general deberá respetarse una altura mínima al suelo de 2,5 metros. En los recorridos por debajo de esta altura mínima al suelo (por ejemplo, para acometidas), deberán protegerse mediante elementos adecuados, conforme a lo indicado en el apartado 1.2.1 de la ITC-BT-11, evitándose que los conductores pasen por delante de cualquier abertura existente en las fachadas o muros.

■ En las proximidades de aberturas en fachadas deben respetarse las siguientes distancias mínimas:

□ Ventanas: 0,30 metros al borde superior de la abertura y 0,50 metros al borde inferior y bordes laterales de la abertura.

□ Balcones: 0,30 metros al borde superior de la abertura y 1 metro a los bordes laterales del balcón.

■ Se tendrán en cuenta la existencia de salientes o marquesinas que puedan facilitar el posado de los conductores, pudiendo admitir en estos casos una disminución de las distancias antes indicadas.

■ Así mismo se respetará una distancia mínima de 0,05 metros a los elementos metálicos presentes en las fachadas, tales como escaleras, a no ser que el cable disponga de una protección conforme a lo indicado en el apartado 1.2.1 de la ITC-BT-11.

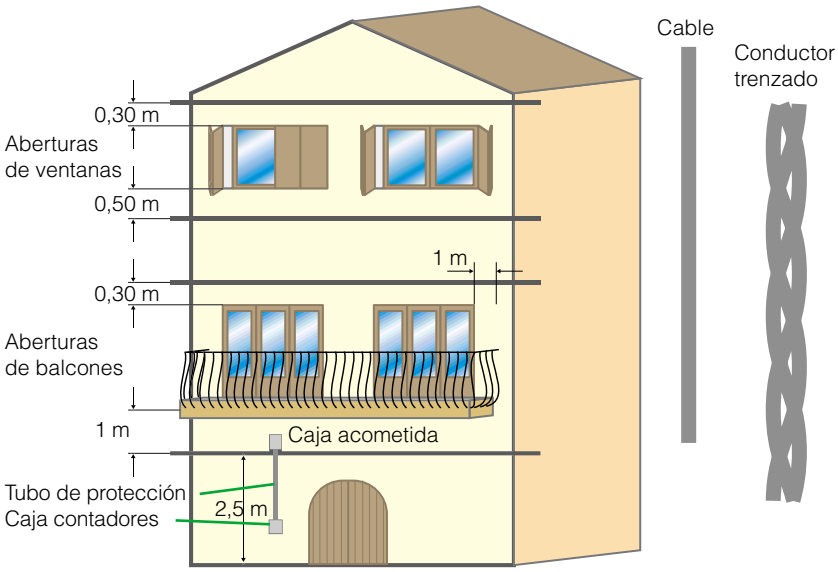


Fig. F7-029: *situación de conductores aislados en fachadas.*

Cables tensados:

■ Los cables con neutro fiador podrán ir tensados entre piezas especiales colocadas sobre apoyos, fachadas o muros, con una tensión mecánica adecuada, sin considerar a estos efectos el aislamiento como elemento resistente.

■ Para el resto de los cables tensados, se utilizarán cables fiadores de acero galvanizado, cuya resistencia a la rotura será, como mínimo, de 800 daN, y a los que se fijarán mediante abrazaderas u otros dispositivos apropiados los conductores aislados.

■ Distancias al suelo: 4 m, salvo lo especificado, para cruzamientos.

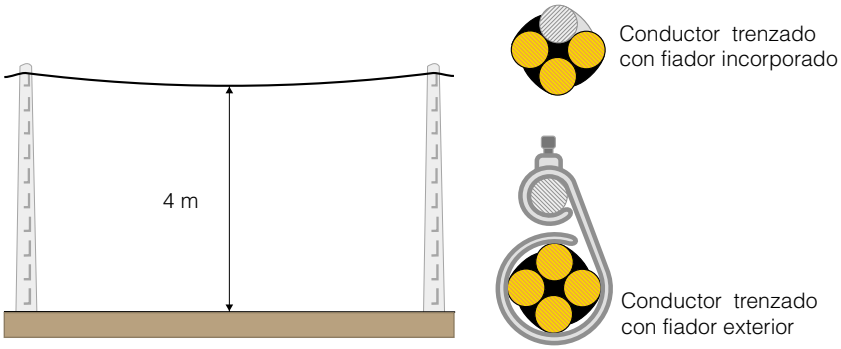


Fig. F7-030: *situación de conductores aislados al aire.*

Conductores desnudos:

■ Los conductores desnudos irán fijados a los aisladores, de forma que quede asegurada su posición correcta en el aislador y no ocasione un debilitamiento apreciable de la resistencia mecánica del mismo, ni produzcan efectos de corrosión.

■ La fijación de los conductores al aislador debe hacerse preferentemente en la garganta lateral del mismo, por la parte próxima al apoyo, y en el caso de ángulos, de forma que el esfuerzo mecánico del conductor esté dirigido hacia el aislador.

■ Cuando se establezcan derivaciones, y salvo que se utilicen aisladores especialmente concebidos para ellas, deberá colocarse un sólo conductor por aislador.

■ Cuando se trate de redes establecidas por encima de edificaciones o sobre apoyos fijados a las fachadas, el coeficiente de seguridad de la tracción máxima admisible de los conductores deberá ser superior, en un 25 %, a los valores indicados en el apartado “Forma de cálculo mecánico”.

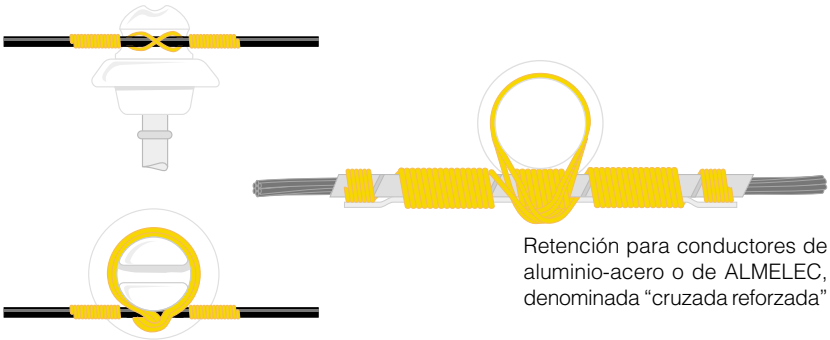


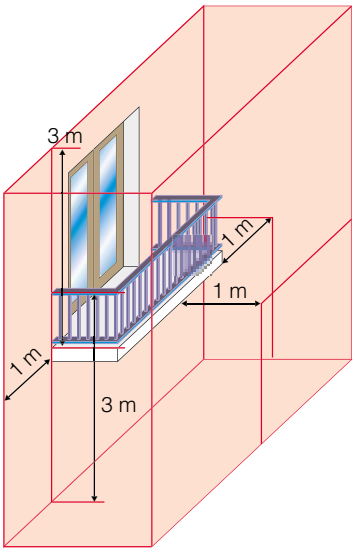
Fig. F7-031: *ejemplos de fijación de conductores a los aisladores.*

Distancias con respecto al suelo y a las edificaciones de las redes con conductores desnudos

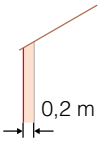
Los conductores desnudos mantendrán, en las condiciones más desfavorables, las siguientes distancias respecto al suelo y a las edificaciones:

- Al suelo: 4 m
- A los tejados: 1,80 m para los conductores no puestos a tierra
  1,50 m para los conductores puestos a tierra
  1 m para tejados con inclinaciones superiores a 45° (sexagesimales)
- A las chimeneas: 1,8 m en altura y 0,8 m en el entorno horizontal
- A las terrazas: 3 m
- A los balcones: 3 m de barandilla hacia el suelo, 3 m del suelo del balcón hacia arriba y 1 m de los laterales de la barandilla
- A las fachadas: 0,20 m en zona sin aberturas
- A las fachadas: 1 m en zona con aberturas, desde 0,4, por encima de la abertura, hasta 3 m por debajo de la protección (baranda) y a un metro de los laterales

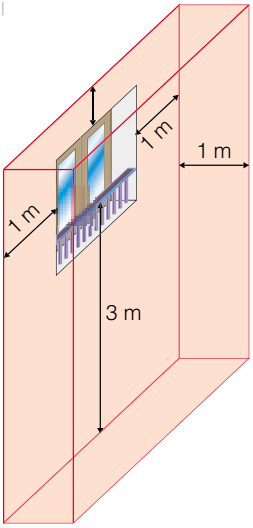
Volumen a respetar por las líneas aéreas, con conductores desnudos, en las proximidades de un balcón



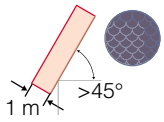
Volumen a respetar por las líneas aéreas, con conductores desnudos, frente a un muro sin aberturas



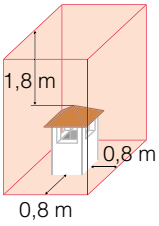
Volumen a respetar por las líneas aéreas, con conductores desnudos, en las proximidades de una ventana



Volumen a respetar por las líneas aéreas, con conductores desnudos, frente a un tejado con inclinación superior a 45° sexagesimales



Volumen a respetar por las líneas aéreas, con conductores desnudos, al entorno de una chimenea



Volumen a respetar por las líneas aéreas, con conductores desnudos, frente a un tejado con inclinación no superior a 45° sexagesimales

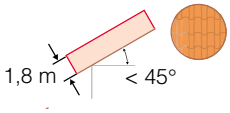


Fig. F7-032: *zona de protección en edificios para la instalación de líneas eléctricas de baja tensión con conductores desnudos.*

Separación mínima entre conductores desnudos y entre éstos y los muros o paredes de edificaciones:

■ Las distancias (D) entre conductores desnudos de polaridades serán, como mínimo, las siguientes:

- □ En vanos hasta 4 metros 0,10 m
- □ En vanos de 4 a 6 metros 0,15 m
- □ En vanos de 6 a 30 metros 0,20 m
- □ En vanos de 30 a 50 metros 0,30 m

■ Para vanos mayores de 50 m, se aplicará la fórmula:

$$D = 0{,}55\ \sqrt{F}$$

en la que (F) es la flecha máxima en metros.

■ En los apoyos en los que se establezcan derivaciones, la distancia entre cada uno de los conductores derivados y los conductores de polaridad diferente de la línea de donde aquellos se deriven, podrá disminuirse hasta un 50 % de los valores indicados anteriormente, con un mínimo de 0,10 metros.

■ Los conductores colocados sobre apoyos sujetos a fachadas de edificios estarán distanciados de éstas 0,20 metros como mínimo. Esta separación deberá aumentarse en función de los vanos, de forma que nunca pueda sobrepasarse la zona de protección señalada en el capítulo anterior, ni en el caso de vientos muy fuertes.

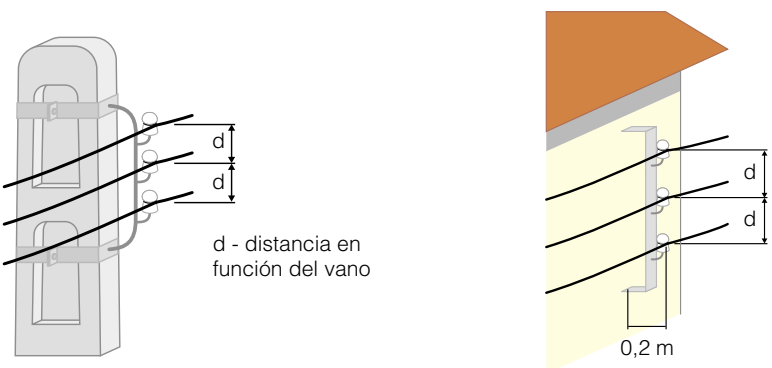


Fig. F7-033: *distancias entre conductores.*

Empalmes y conexiones de conductores. Condiciones mecánicas y eléctricas de los mismos:

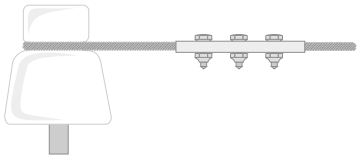
■ Los empalmes y conexiones de conductores se realizarán utilizando piezas metálicas apropiadas, resistentes a la corrosión, y que aseguren un contacto eléctrico eficaz, de modo que en ellos la elevación de la temperatura no sea superior a la de los conductores.

■ Los empalmes deberán soportar, sin rotura ni deslizamiento del conductor, el 90 % de su carga de rotura. No es admisible realizar empalmes por soldadura o por torsión directa de los conductores.

■ En los empalmes y conexiones de conductores aislados, o de éstos con conductores desnudos, se utilizarán accesorios adecuados, resistentes a la acción de la intemperie y se colocarán de tal forma que eviten la penetración de la humedad en los conductores aislados.

■ Las derivaciones se conectarán en las proximidades de los soportes de línea, y no originarán tracción mecánica sobre la misma.

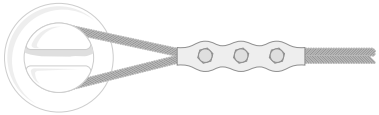
■ Con conductores de distinta naturaleza, se tomarán todas las precauciones necesarias para obviar los inconvenientes que se derivan de sus características especiales, evitando la corrosión electrolítica mediante piezas adecuadas.



□ Empalme de un conductor.



□ Amarre del extremo de un conductor.



□ Empalmes de dos conductores de diferente matrial con corrosión electroquímica.

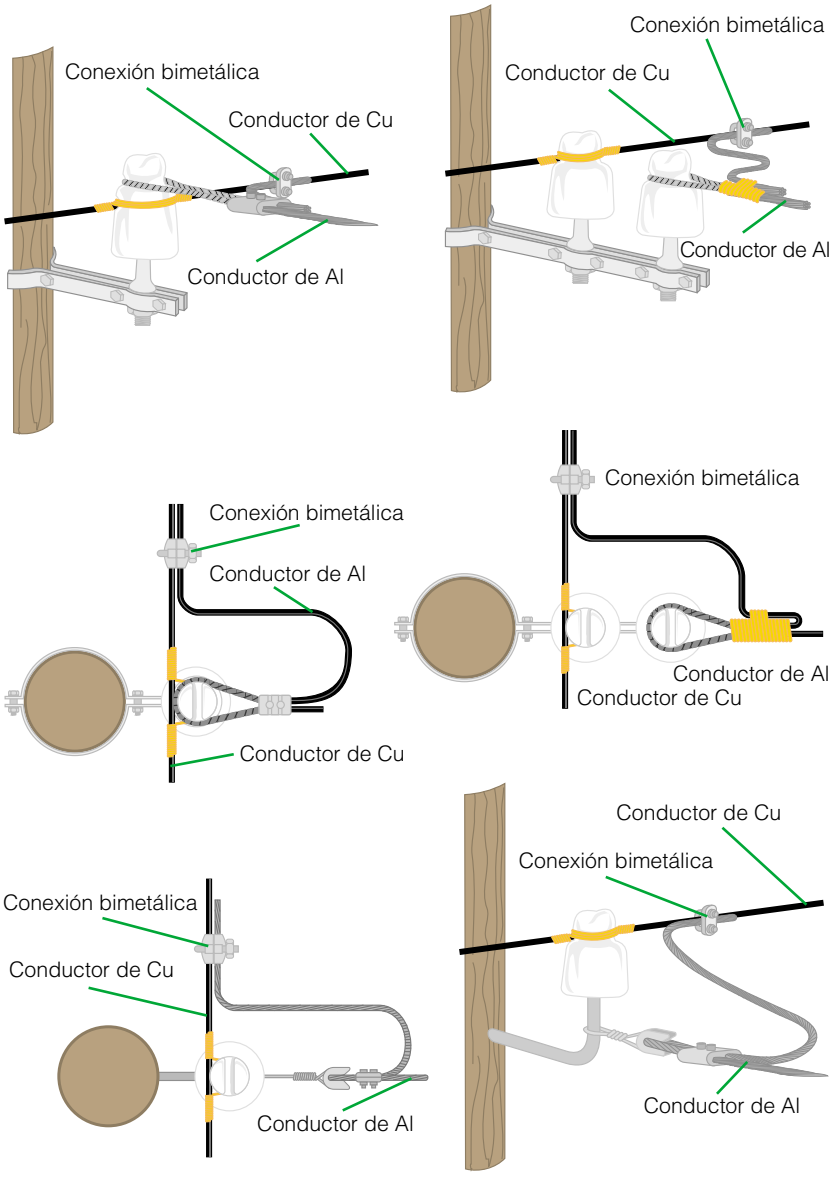


Fig. F7-034: *empalmes, derivaciones y fijaciones de los conductores.*

Conductor neutro

Sección del conductor neutro:

■ Dependiendo del número de conductores con que se haga la distribución de la sección mínima del conductor neutro será:

□ Con dos o tres conductores: igual a la de los conductores de fase.

□ Con cuatro conductores: mitad de la sección de los conductores de fase, con un mínimo de 10 mm^2 para cobre y de 16 mm^2 para a aluminio.

■ En caso de utilizar conductor neutro de aleaciones de aluminio (por ejemplo, AMELEC), la sección a considerar será la equivalente, teniendo en cuenta las conductividades de los diferentes materiales.

Identificación del conductor neutro

El conductor neutro deberá estar identificado por un sistema adecuado. En las líneas de conductores desnudos, se admite que no lleve identificación alguna cuando éste conductor tenga distinta sección o cuando esté claramente diferenciado por su posición.

Continuidad del conductor neutro:

El conductor neutro no podrá ser interrumpido en las redes de distribución, salvo que esta interrupción sea realizada con alguno de los dispositivos siguientes:

■ Interruptores o seccionadores omnipolares que actúen sobre el neutro y las fases al mismo tiempo (corte omnipolar simultáneo), o que conecten el neutro, antes que las fases y desconecten éstas antes que el neutro.

■ Uniones amovibles en el neutro, próximas a los interruptores o seccionadores de los conductores de fase, debidamente señalizadas, y que sólo puedan ser maniobradas mediante herramientas adecuadas, no debiendo en este caso ser seccionado el neutro sin que lo estén previamente las fases, ni conectadas éstas sin haberlo sido previamente el neutro.

Puesta a tierra del neutro:

■ El conductor neutro de las líneas aéreas de redes de distribución de las compañías eléctricas se conectará a tierra en el centro de transformación, o central generadora de la alimentación, en forma prevista en el Reglamento sobre Condiciones Teóricas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas Subestaciones y Centros de Transformación. Además, en los esquemas de distribución tipo TT y TN-C, el conductor neutro deberá estar puesto a tierra en otros puntos y, como mínimo, una vez cada 500 metros de longitud de línea.

■ Para efectuar esta puesta a tierra se elegirán con preferencia los puntos de donde partan las derivaciones importantes.

■ Cuando en los mencionados esquemas de distribución tipo la puesta a tierra del neutro se efectúe en un apoyo de madera, los soportes metálicos de los aisladores correspondientes a los conductores de fase, en este apoyo, estarán unidos al conductor neutro.

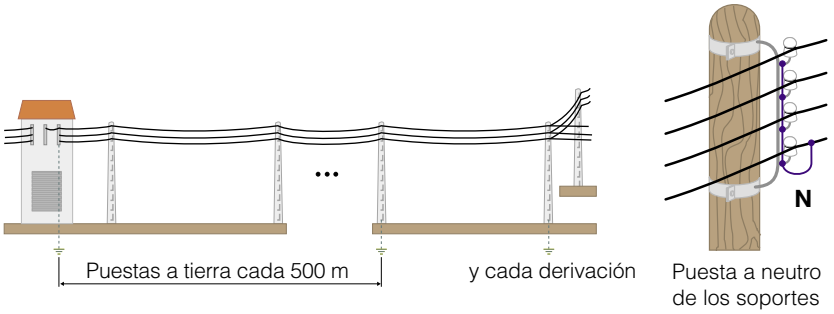


Fig. F7-035: *puestas a tierra del conductor neutro.*

■ En las redes de distribución privadas, con origen en centrales de generación propia para las que se prevea la puesta a tierra del neutro, se seguirá lo especificado anteriormente para las redes de distribución de las compañías eléctricas.

Instalación de apoyos

Los apoyos estarán consolidados por fundaciones adecuadas, o bien directamente empotrados en el terreno, asegurando su estabilidad frente a las solicitudes actuales y a la naturaleza del suelo. En su instalación deberán observarse:

■ Los postes de hormigón se colocarán en cimentaciones de hormigón.

■ Los apoyos metálicos serán cimentados en macizos de hormigón o mediante otros procedimientos avalados por la técnica (pernos, etc). La cimentación deberá construirse de tal forma que facilite el deslizamiento del agua y cubra, cuando existan, las cabezas de los pernos.

■ Los postes de madera se colocarán directamente retacados en el suelo y no se empotrarán en macizos de hormigón. Se podrán fijar a bases metálicas o de hormigón por medio de elementos de unión apropiados, que permitan su fácil sustitución, quedando el poste separado del suelo 0,15 m como mínimo.

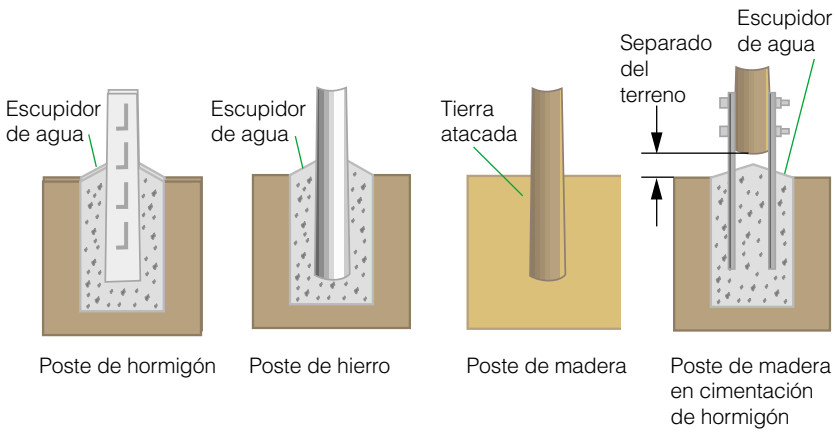


Fig. F7-036: *colocación de los apoyos (fundaciones).*

Cruces de líneas aéreas con otras alineaciones:

■ Las líneas eléctricas aéreas deberán cumplir las condiciones señaladas en los apartados 3.9. de la ITC-BT-06.

■ Las líneas deberán presentar, en lo que se refiere a los vanos de cruce con las vías e instalaciones que se señalan, las condiciones que para cada caso se indican.

Cruces con líneas eléctricas aéreas de AT o MT:

■ De acuerdo con lo dispuesto en el Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta tensión, la línea de baja tensión deberá cruzar por debajo de la línea de AT o MT.

■ La mínima distancia vertical “d” entre los conductores de ambas líneas, en las condiciones más desfavorables, no deberá ser inferior en metros a:

$$d \geq 1{,}5 + \frac{U+L1+L2}{100}$$

donde:

□ U = Tensión nominal, en kV, de la línea de alta tensión.

□ L1 = Longitud, en metros, entre el punto de cruce y el apoyo más próximo de la línea de alta tensión.

□ L2 = Longitud, en metros, entre el punto de cruce y el apoyo más próximo de la línea de baja tensión.

■ Cuando la resultante de los esfuerzos del conductor, en alguno de los apoyos de cruce de la baja tensión, tenga componente vertical ascendente, se tomarán las debidas precauciones para que no se desprendan los conductores, aisladores o accesorios de sujeción.

■ Podrán realizarse cruces sin que la línea de alta tensión reúna ninguna condición especial cuando la línea de baja tensión esté protegida en el cruce por un haz de cables de acero, situado entre los conductores de ambas líneas, con la suficiente resistencia mecánica para soportar la caída de los conductores de la línea de alta tensión, en el caso de que éstos se rompieran o desprendieran. Los cables de protección serán de acero galvanizado, y estarán puestos a tierra.

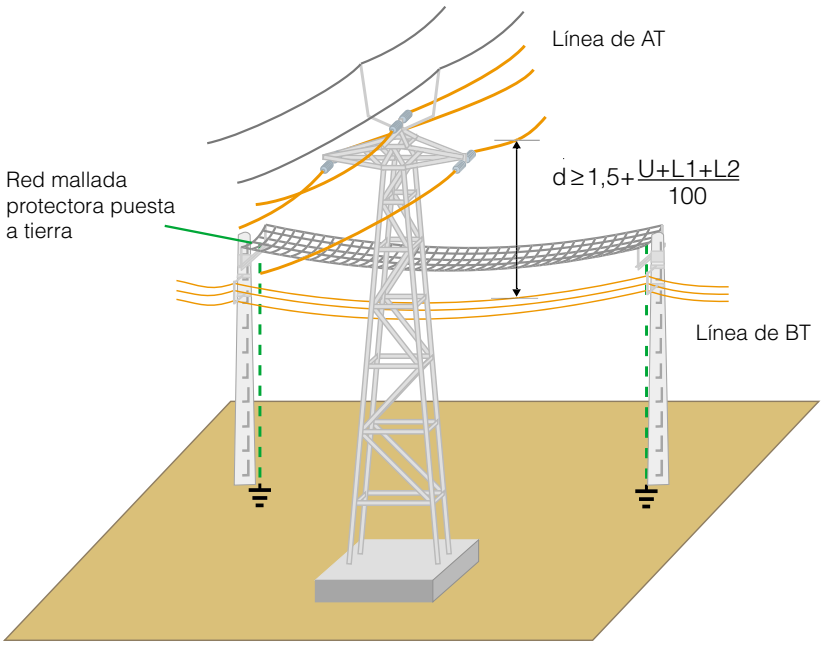


Fig. F7-037: *cruces de líneas de AT o MT con líneas de BT.*

■ En caso de que, por circunstancias singulares, sea necesario que la línea de baja tensión cruce por encima de la de alta tensión, será preciso recabar autorización expresa del Organismo competente de la Administración, debiendo tener presentes, para realizar estos cruzamientos, todas las precauciones y criterios expuestos en el citado Reglamento de Líneas Aéreas de Alta Tensión.

Cruces con otras líneas eléctricas aéreas de BT

■ Cuando alguna de las líneas sea de conductores desnudos, establecidas en apoyos diferentes, la distancia entre conductores más próximos a las dos líneas será superior a 0,50 metros y, si el cruzamiento se realiza en apoyo común, esta distancia será la señalada en el apartado "Separación mínima entre conductores desnudos y entre éstos y los muros o paredes de edificaciones" pág. F/178, para apoyos en derivación. Cuando las dos líneas sean aisladas podrán estar en contacto.

□ Cruces de líneas en diferentes soportes.

□ Cruces de líneas en el mismo soporte.

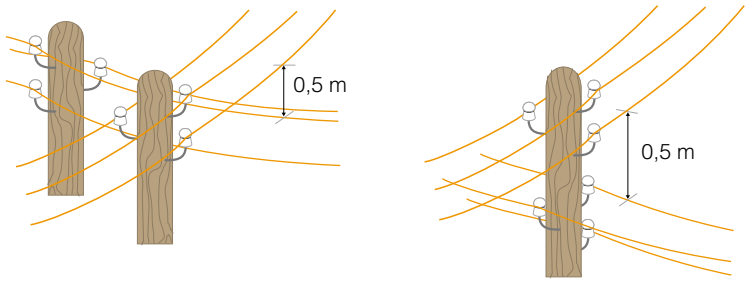


Fig. F7-038: *cruces con otras líneas aéreas de BT.*

Cruces con líneas aéreas de telecomunicación:

■ Las líneas de baja tensión, con conductores desnudos, deberán cruzar por encima de las de telecomunicación.

■ Excepcionalmente, podrán cruzar por debajo, debiendo adoptarse, en este caso, una de las soluciones siguientes:

□ Colocación entre las líneas de un dispositivo de protección formado por un haz de cables de acero, situado entre los conductores de ambas líneas, con la suficiente resistencia mecánica para soportar la caída de los conductores de la línea de telecomunicación en el caso de que se rompieran o desprendieran. Los cables de protección serán de acero galvanizado y estarán puestos a tierra.

□ Empleo de conductores aislados para 0,6/1 kV en el vano de cruce para la línea de baja tensión.

□ Empleo de conductores aislados para 0,6/1 kV en el vano de cruce para línea de telecomunicación.

■ Cuando el cruce se efectúe en distintos apoyos, la distancia mínima entre los conductores desnudos de las líneas de baja tensión y los de las líneas de telecomunicación será de 1 metro. Si el cruce se efectúa sobre apoyos comunes, dicha distancia podrá reducirse a 0,50 metros.

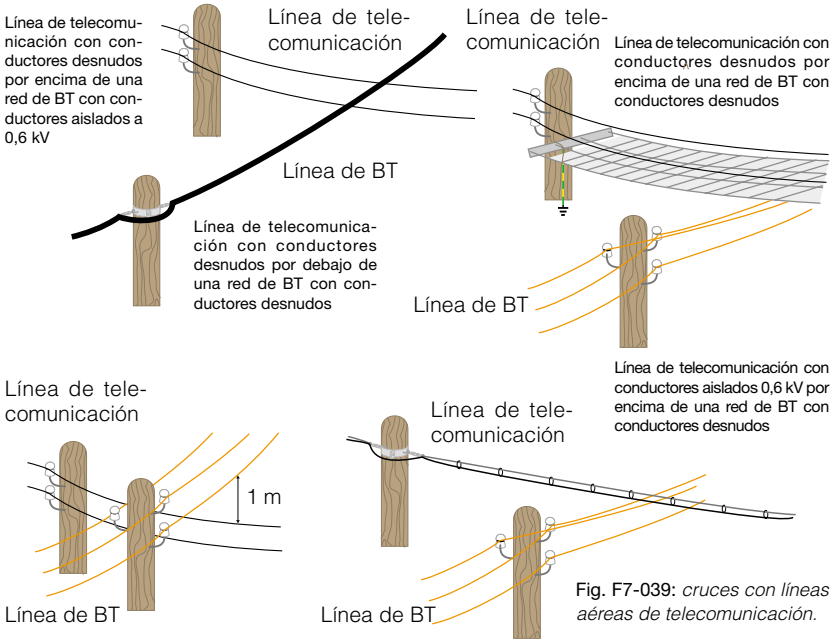


Fig. F7-039: *cruces con líneas aéreas de telecomunicación.*

F 7

Cruces con carreteras y ferrocarriles sin electrificar:

■ Los conductores tendrán una carga de rotura no inferior a 420 daN, admitiéndose, en el caso de acometidas con conductores aislados, que se reduzca dicho valor hasta 280 daN.

■ La altura mínima del conductor más bajo, en las condiciones de flecha más desfavorables, será de 6 metros.

■ Los conductores no representarán ningún empalme en el vano de cruce, admitiéndose, durante la explotación y por causa de reparación de la avería, la existencia de un empalme por vano.

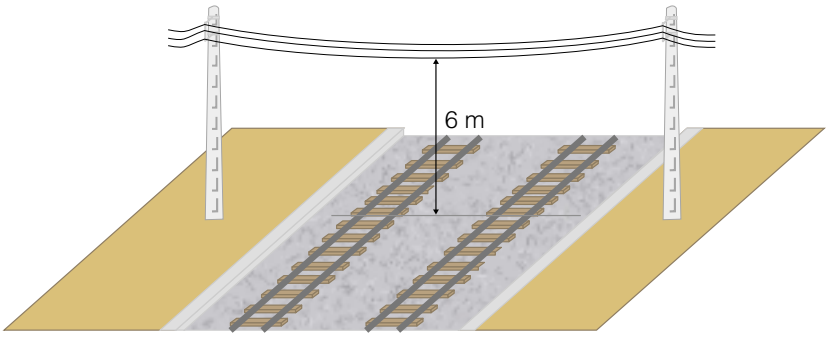


Fig. F7-040: *cruces de carreteras y líneas férreas sin electrificar.*

Cruces con ferrocarriles electrificados, tranvías y trolebuses:

■ La altura mínima de los conductores sobre los cables, los hilos sustentadores o conductores de la línea de contacto será de 2 metros.

■ Además, en el caso de ferrocarriles, tranvías o trolebuses provistos de trole, o de otros elementos de toma de corriente que puedan, accidentalmente, separarse de la línea de contacto, los conductores de la línea eléctrica deberán estar situados a una altura tal que, al desconectarse el elemento de toma de corriente, no alcance, en la posición más desfavorable que pueda adoptar, una separación inferior a 0,30 metros con los conductores de línea de baja tensión.

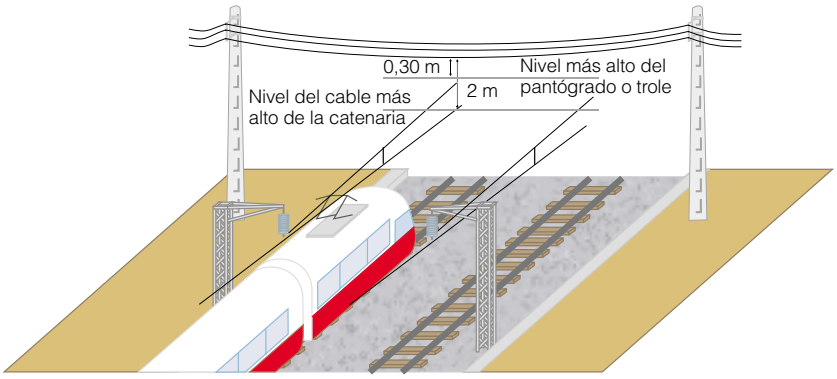


Fig. F7-041: *cruces de líneas férreas electrificadas, tranvías y trolebuses.*

Cruces con teleféricos y cables transportadores

Cuando la línea de baja tensión pase por encima, la distancia mínima entre los conductores y cualquier elemento de la instalación del teleférico será de 2 metros. Cuando la línea aérea de baja tensión pase por debajo esta distancia no será inferior a 3 metros. Los apoyos adyacentes del teleférico correspondiente al cruce con la línea de baja tensión se pondrán a tierra.

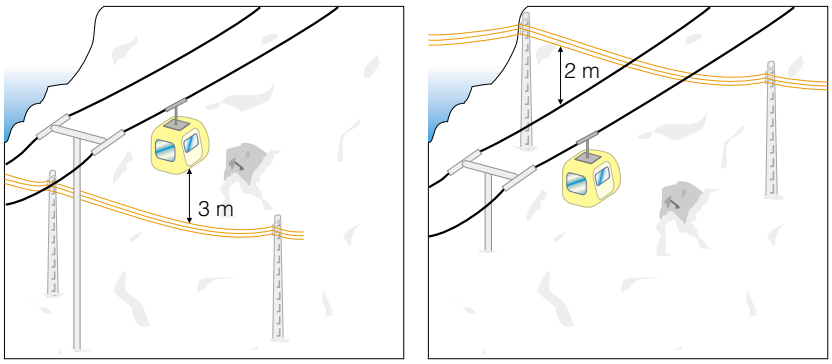


Fig. F7-042: *cruces de teleféricos y cables transportadores.*

Cruces con ríos o canales navegables:

■ La altura mínima de los conductores sobre la superficie del agua, para el máximo nivel que se pueda alcanzar, será de H = G + 1 m, donde G es el gálibo.

■ En caso de que no exista gálibo definido, se considerará éste igual a 6 metros.

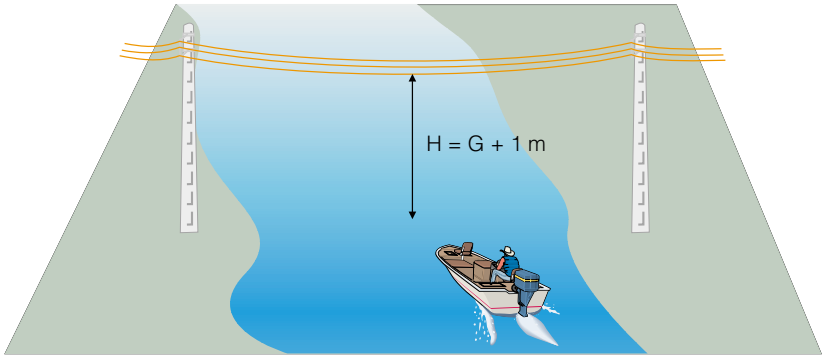


Fig. F7-043: *cruces de ríos o canales navegables.*

Cruces con antenas receptoras de radio y televisión:

■ Los conductores de las líneas de baja tensión, cuando estén desnudos, deberán presentar, como mínimo, una distancia igual a 1 metro con respecto a la antena en sí, a sus tirantes y a sus conductores de bajada, cuando éstos no estén fijados a las paredes de manera que eviten el posible contacto con la línea de baja tensión.

■ Queda prohibida la utilización de los apoyos de sustentación de líneas de baja tensión para la fijación sobre los mismos de las antenas de radio o televisión, así como de los tirantes de las mismas.

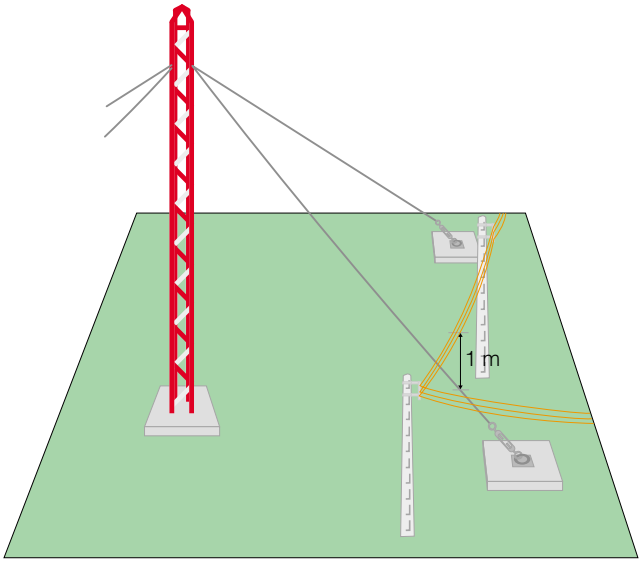


Fig. F7-044: *cruces de antenas receptoras de radio y televisión.*

Cruces de conducciones de agua y gas

La distancia mínima entre cables de energía eléctrica y canalizaciones de agua o gas será de 0,20 m. Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de las canalizaciones de agua o gas, o de empalmes de las canalizaciones eléctricas, situando unas y otros a una distancia superior a 1 m del cruce. Para líneas aéreas desnudas, la distancia mínima será 1 m.

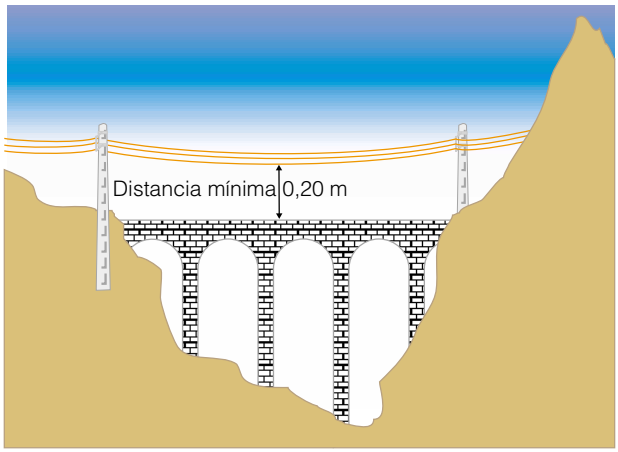


Fig. F7-045: *cruces de conducciones de agua y gas.*

Paralelismos y proximidades de líneas aéreas con otras alineaciones:

■ Con líneas eléctricas de AT o MT:

□ Se cumplirá lo dispuesto en el Reglamento Electrotécnico de Alta Tensión, para evitar la construcción de líneas paralelas con las de alta tensión, a distancias inferiores a 1,5 veces la altura del apoyo más alto entre las trazas de los conductores más próximos.

□ Se exceptúan de la prescripción anterior las líneas de acceso a centrales generadoras, estaciones transformadoras y centros de transformación. En estos casos se aplicará lo prescrito en los reglamentos aplicables a instalaciones de alta tensión. No obstante, en paralelismos con líneas de tensión, igual o inferior a 66 kV, no deberá existir una separación inferior a 2 metros entre los conductores contiguos de las líneas paralelas, y de 3 metros para tensiones superiores.

□ Las líneas eléctricas de baja tensión podrán ir en los mismos apoyos que las de alta tensión, cuando se cumplan las condiciones siguientes:

– Los conductores de la línea de alta tensión tendrán una carga de rotura mínima de 480 daN, e irán colocados por encima de los de baja tensión.

– La distancia entre los conductores más próximos de las dos líneas será, por lo menos, igual a la separación de los conductores de la línea de alta tensión.

– En los apoyos comunes, deberá colocarse una indicación, situada entre las líneas de baja y alta tensión, que advierta al personal que ha de realizar trabajos en baja tensión de los peligros que supone la presencia de una línea de alta tensión en la parte superior.

– El aislamiento de la línea de baja tensión no será inferior al correspondiente de la puesta a tierra de la línea de alta tensión.

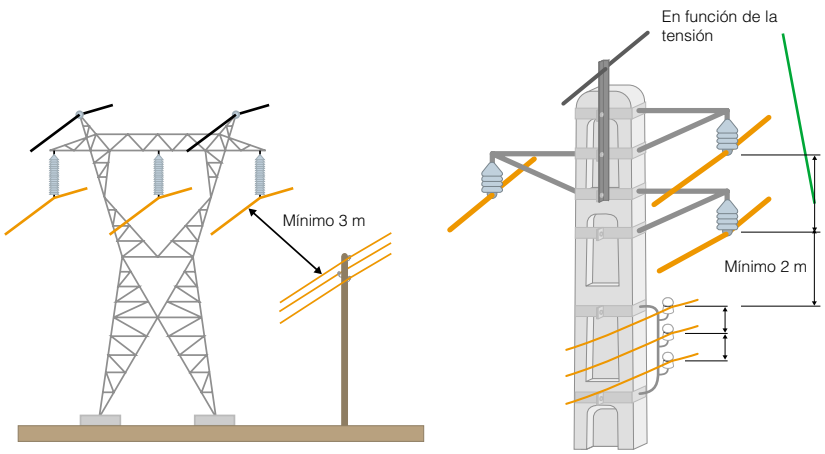


Fig. F7-046: *paralelismos con líneas de AT o MT.*

■ **Con otras líneas eléctricas de BT o telecomunicación:**

□ Cuando ambas líneas sean de conductores aislados, la distancia mínima será de 0,10 m.

□ Cuando cualquiera de las líneas sea de conductores desnudos, la distancia mínima podrá reducirse a 0,50 m. El nivel de aislamiento de la línea de telecomunicación será, al menos, igual al de la línea de baja tensión, de otra forma se considerará como línea de conductores desnudos.

□ Cuando el paralelismo sea entre líneas desnudas de baja tensión, las distancias mínimas serán las establecidas en el apartado “Separación mínima entre conductores desnudos y entre éstos y los muros o paredes de edificaciones”, pág. F/178.

■ **Con calles y carreteras:**

□ Las líneas aéreas con conductores desnudos podrán establecerse próximas a estas vías públicas, debiendo en su instalación mantener la distancia mínima de 6 m, cuando vuelen junto a las mismas en zonas o espacios de posible circulación rodada, y de 5 m en los demás casos. Cuando se trate de conductores aislados, esta distancia podrá reducirse a 4 metros si no vuelan junto a zonas o espacios de posible circulación rodada.

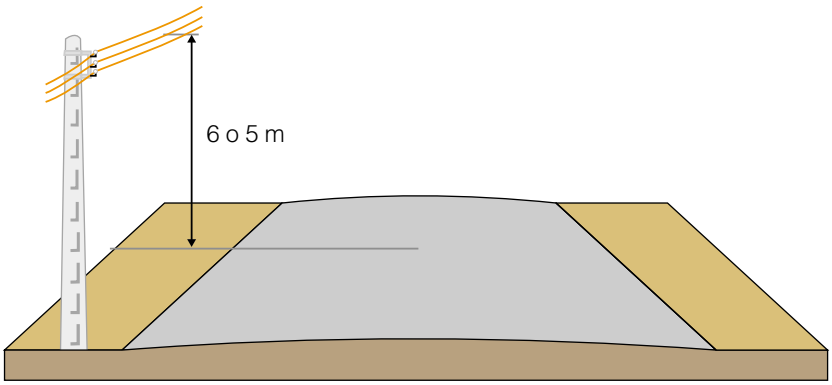


Fig. F7-047: *paralelismos con calles y carreteras.*

■ **Con líneas férreas electrificadas, tranvías y trolebuses:**
La distancia horizontal de los conductores a la instalación de las líneas de contacto será de 1,50 m, como mínimo.

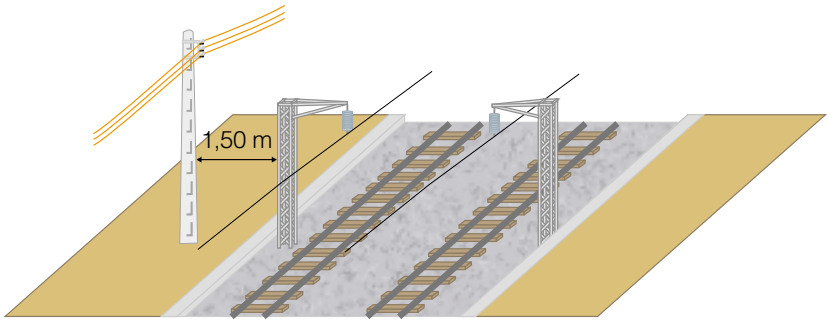


Fig. F7-048: *paralelismos con líneas férreas electrificadas, tranvías y trolebuses.*

■ **Con zonas de arbolado**
Se utilizan preferentemente cables aislados en haz; cuando la línea sea de conductores desnudos deberán tomarse las medidas necesarias para que el árbol y sus ramas, no lleguen a hacer contacto con dicha línea.

■ **Con canalizaciones de agua:**
□ Las distancias mínimas entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de agua serán de 0,20 m. La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica, o entre los cables desnudos y las juntas de las canalizaciones de agua, será de 1 m.
□ Se deberá mantener una distancia mínima de 0,20 m en proyección horizontal, y se procurará que la canalización de agua quede por debajo del nivel del cable eléctrico.
□ Por otro lado, las arterias principales de agua se dispondrán de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos de baja tensión.

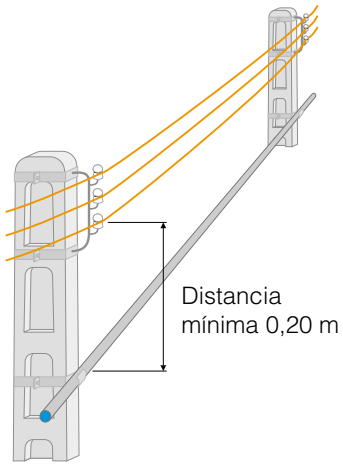


Fig. F7-049: *paralelismos con conductos de agua.*

■ **Con canalizaciones de gas:**

□ La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de gas será de 0,20 m, excepto para canalizaciones de gas de alta presión (más de 4 bar), en que la distancia será de 0,40 m.

La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica, o entre los cables desnudos y las juntas de las canalizaciones de gas, será de 1 m.

□ Se procurará mantener una distancia mínima de 0,20 m en proyección horizontal.

□ Por otro lado, las arterias importantes de gas se dispondrán de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos de baja tensión.

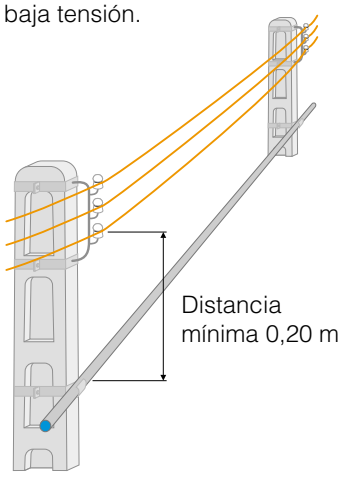


Fig. F7-050: *paralelismos con conductos de gas.*

7.1.2. Líneas subterráneas, enterradas, entubadas o en galerías

Los conductores

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 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 tensión previstas y, en todo caso, esta sección no será inferior a 6 mm^2 para conductores de cobre y a 16 mm^2 para los de aluminio.

Intensidades máximas de utilización en régimen permanente en líneas enterradas:

■ En las tablas que siguen se dan los valores indicados en la Norma UNE 20.435:

□ En la Tabla F7-051 se dan la temperaturas máximas admisibles en el conductor, según los tipos de aislamiento.

□ En las Tablas F7-052, 053, 054, se indican las intensidades máximas permanentes admisibles en los diferentes tipos de cables, en las condiciones tipo de instalación enterrada indicada en el apartado “Intensidades en función de las condiciones de instalaciones” de esta página. En las condiciones especiales de instalación indicadas en el apartado “Condiciones especiales de instalación enterrada y factores de corrección de intensidad admisible”, pág. F/192, se aplicarán los factores de corrección que correspondan según las Tablas F7-055, 056, 057, 058. Dichos factores de corrección se indican para cada condición que pueda diferenciar la instalación considerada de la instalación tipo.

Temperaturas admisibles:

■ 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 estan en función del tipo de aislamiento y del régimen de carga.

■ En la Tabla F7-051, 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 $t \leqslant 5$ s
Policloruro de vinilo (PVC)		
$S \leqslant 300$ mm^2	70	160
$S > 300$ mm^2	70	140
Polietileno reticulado (XLPE)	90	250
Etileno propileno (EPR)	90	250

Tabla F7-051: *cables aislados con aislamiento seco, temperatura máxima en °C asignada al conductor.*

Intensidades en función de las condiciones de instalación enterradas:

■ A los efectos de determinar la intensidad máxima admisible, se considerará la siguiente instalación tipo:

□ Un solo cable tripolar o

□ Un solo cable tetrapolar o

□ Un terno de 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.

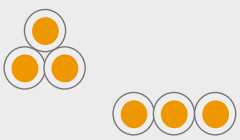
■ Intensidades máximas admisibles en amperios, para cables tetrapolares con conductores de aluminio y conductor neutro de cobre, en instalación enterrada (servicio permanente):

Cables	Sección nominal de los conductores (mm^2)	Intensidad (A)
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

Tabla F7-052: *intensidad máxima admisible en amperios para cables tetrapolares con conductores de aluminio y conductor neutro de cobre, en instalación enterrada (servicio permanente).*

- Temperatura máxima del conductor: 90 °C.
- Temperatura del terreno: 25 °C.
- Profundidad de instalación: 0,70 m.
- Resistividad térmica del terreno: 1 k·m/W.

■ Intensidades máximas admisibles, en amperios, para cables con conductores de aluminio en instalación enterrada (servicio permanente):

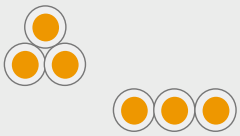
Sección nominal mm^2	Terna de cables (1)			1 cable tri o tetra-P			2 cables unipolares			1 cable bipolar		
												
	Tipo de aislamiento											
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
16	97	94	86	90	86	76	119	115	105	110	105	93
25	125	120	110	115	110	98	153	147	135	141	135	120
35	150	145	130	140	135	120	184	178	159	172	165	147
50	180	175	155	165	160	140	220	214	190	202	196	172
70	220	215	190	205	220	170	270	263	233	251	270	208
95	260	255	225	240	235	210	319	312	276	294	288	257
120	295	290	260	275	270	235	361	355	319	337	331	288
150	330	325	290	310	305	265	404	398	355	380	374	325
185	375	365	325	350	345	300	459	447	398	429	423	368
240	430	420	380	405	395	350	527	515	466	492	484	429
300	485	475	430	460	445	395	594	582	527	564	545	484
400	550	540	480	520	500	445	674	662	588	637	613	545
500	615	605	525	–	–	–	753	741	643	–	–	–
630	690	680	600	–	–	–	845	833	735	–	–	–

(1) Incluye el conductor neutro, si existe.

Tabla F7-053: *intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con conductores de aluminio en instalación enterrada (servicio permanente).*

- 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.

■ **Intensidades máximas admisibles, en amperios, para cables con conductores de cobre en instalación enterrada (servicio permanente):**

Sección nominal mm²	Terna de cables (1)			1 cable tri o tetra-P			2 cables unipolares			1 cable bipolar		
												
	Tipo de aislamiento											
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
6	72	70	63	66	64	56	88	86	77	81	78	68
10	96	94	85	88	85	75	118	115	104	108	104	92
16	125	120	110	115	110	97	153	147	135	141	135	119
25	160	155	140	150	140	125	196	190	172	184	172	153
35	190	185	170	180	175	150	233	227	208	221	214	184
50	230	225	200	215	205	180	282	276	245	263	251	221
70	280	270	245	260	250	220	343	331	300	319	306	270
95	335	325	290	310	305	265	410	398	355	380	374	325
120	380	375	335	355	350	305	466	459	410	435	429	374
150	425	415	370	400	390	340	521	508	453	490	478	417
185	480	470	420	450	440	385	588	576	515	551	539	472
240	550	540	485	520	505	445	674	662	594	637	619	545
300	620	610	550	590	565	505	760	747	674	723	692	619
400	705	690	615	665	645	570	864	845	753	815	790	698
500	790	775	685	–	–	–	968	949	839	–	–	–
630	885	870	770	–	–	–	1084	1066	943	–	–	–

(1) Incluye el conductor neutro, si existe.

Tabla F7-054: *intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con conductores de cobre en instalación enterrada (servicio permanente).*

□ 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

Condiciones especiales de instalación enterrada y factores de corrección de intensidad admisible

La intensidad máxima de un cable, determinada por las condiciones de instalación enterrada, cuyas características se han especificado en los apartados “Otros esfuerzos mecánicos (AJ)”, pág. F/162 e “Intensidades en función de las condiciones de instalación enterradas”, pág. F/190, 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 F7-051.

A continuación se exponen algunos casos particulares de instalación, cuyas características afectan al valor máximo de la intensidad admisible, indicando los factores de corrección a aplicar.

■ **Factores de corrección por una temperatura del terreno diferente a 25 °C:**

□ En la Tabla F7-055, 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 F7-051.

T. de servicio	Temperatura del terreno, θ_t en °C								
θ_s (°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

Tabla F7-055: *factor de corrección F, para temperatura del terreno distinta de 25 °C.*

□ El factor de corrección para otras temperaturas del terreno, distintas de las de la tabla, será:

$$F = \sqrt{\frac{\theta_s - \theta_t}{\theta_s - 25}}$$

■ **Factores de corrección por una resistividad del terreno diferente a 1 k·m/W.**

En la Tabla F7-056, se indican para distintas resistividades térmicas del terreno, los correspondientes factores de corrección de la intensidad admisible.

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

Tabla F7-056. *Factor de corrección para resistividad térmica del terreno distinta de 1 k · m/W.*

■ **Factores de corrección por agrupación de conductores**

En la Tabla F7-057, se indican factores de corrección a aplicar, según el número de cables tripolares o ternos de unipolares y la distancia entre ellos.

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



Tabla F7-057: *factor de corrección para agrupaciones de cables trifásicos o ternos de cables unipolares.*

■ **Factores de corrección por instalación a profundidad diferente de 0,7 m.**
En la Tabla F7-058, se indican los factores de corrección que deben aplicarse para profundidades de instalación distintas de 0,70 m.

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	0,90	0,98	0,97	0,95

Tabla F7-058: *factores de corrección para diferentes profundidades de instalación.*

■ **Factores de corrección por instalación de conductores enterrados en zanja 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. F/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.

Intensidades máximas admisibles, en amperios, para conductores en instalación al aire en galerías o canales revisables

En las tablas F7-059, F7-060, F7-061 se indican las intensidades máximas permanentes admisibles en los diferentes tipos de cables, en las condiciones tipo de instalación al aire. En condiciones especiales de instalación indicadas en el apartado "Condiciones especiales de instalación en galerías y factores de corrección de intensidades admisibles", pág. F/196, se aplicarán los factores de corrección que correspondan, tablas F7-062, F7-063 y F7-064. Dichos factores de corrección se indican para cada condición que pueda diferenciar la instalación considerada de la instalación tipo:
■ **Condiciones de instalación en galerías.**
A los efectos de determinar la intensidad máxima admisible, se considera la siguiente instalación tipo:
□ 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.
■ Siendo la temperatura del medio ambiente de 40 °C. Por ejemplo, con el cable colocado sobre bandejas o fijado a una pared, etc.

Intensidades máximas admisibles, en amperios, en servicio permanente, para cables tetrapolares con conductores de aluminio y conductor neutro de cobre, en instalación al aire en galerías ventiladas

Cables	Sección nominal de los conductores (mm^2)	Intensidad (A)
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

Tabla F7-059: *intensidad máxima admisible, en amperios, en servicio permanente, para cables tetrapolares con conduct ores de aluminio y con conductor neutro de cobre, en instalación al aire en galerías ventiladas.*

- Temperatura máxima en el conductor: 90 °C.
- Temperatura del aire ambiente: 40 °C.
- Disposición que permita una eficaz renovación del aire.

Intensidades máximas admisibles, en amperios, en servicio permanente para cables 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
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	–	–	–

(1) Incluye el conductor neutro, si existiese.

Tabla F7-060: *intensidad máxima admisible, en amperios, en servicio permanente para cables conductores de aluminio en instalación al aire en galerías ventiladas (temperatura ambiente 40 °C).*

- Temperatura del aire ambiente: 40 °C.
- Un cable trifásico al aire o un conjunto (terno) de cables unipolares en contacto mutuo.
- Disposición que permita una eficaz renovación del aire.

Intensidades máximas admisibles, en amperios, en servicio permanente, para cables 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	–	–	–

(1) Incluye el conductor neutro, si existiese.

Tabla F7-061: *intensidad máxima admisible, en amperios, en servicio permanente para cables conductores de cobre en instalación al aire en galerías ventiladas (temperatura ambiente 40 °C).*

■ Temperatura del aire ambiente: 40 °C.
■ Un cable trifásico al aire o un conjunto (terno) de cables unipolares en contacto mutuo.
■ Disposición que permita una eficaz renovación del aire.

Condiciones especiales de instalación en galerías y factores de corrección de intensidades admisibles

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 “Intensidad máxima admisible, en amperios, para conductores en instalación al aire en galerías o canales revisables”, pág. F/194, deberá corregirse teniendo en cuenta cada una de las magnitudes de la instalación real que difieran de aquéllas, de forma que el aumento de temperatura, provocado por la circulación de la intensidad calculada, no dé lugar a una temperatura en el conductor superior a la prescrita en la Tabla F7-051:

■ **Factores de corrección por una temperatura ambiente diferente a 40 °C**

En la Tabla F7-062, 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 F7-051.

T. de servicio θ_s (°C)	Temperatura del terreno, θ_t 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

Tabla F7-062: *coeficiente de corrección F para temperatura ambiente distinta de 40 °C.*

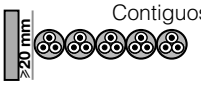
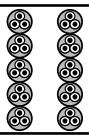
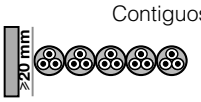
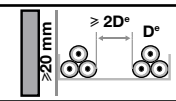
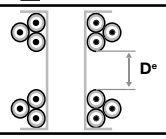
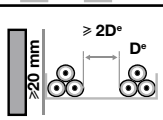
□ El factor de corrección para otras temperaturas, distintas de la tabla será:

$$F = \frac{\theta s - \theta a}{\theta s - 40^{\circ}}$$

□ Se observa que en ciertas condiciones de instalaciones (en canalillos, galerías pequeñas, etc.), donde 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 F7-062.

■ **Factores de corrección por agrupación de conductores:**

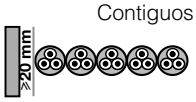
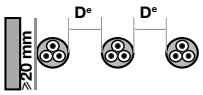
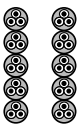
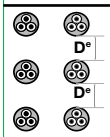
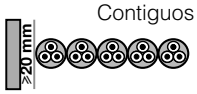
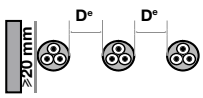
En las Tablas F7-063 y 064 se dan los factores de corrección a aplicar en los agrupamientos de varios circuitos, constituidos por cables unipolares o multipolares, en función del tipo de instalación y número de circuitos.
□ Factor de corrección para agrupaciones de cables unipolares instalados al aire.

Tipo de instalación		N.º de bandejas	N.º de circuitos trifásicos (2)			A utilizar para (1):
			1	2	3	
Bandejas perforadas (3)		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)		1	0,95	0,85	–	Tres cables en capa vertical
		2	0,90	0,85	–	
Bandejas escalera, soporte, etc. (3)		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	

(1) Incluye además el conductor neutro, si existe.
(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 F7-063: *Factor de corrección para agrupaciones de cables unipolares instalados al aire.*

□ Factor de corrección para agrupaciones de cables trifásicos.

Tipo de instalación		N.º de bandejas	N.º de circuitos trifásicos (1)					
			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 existe.
(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.

Tabla F7-064. *Factor de corrección para agrupaciones de cables trifásicos.*

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 en 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 F7-065: *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 F7-066: *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 20.435 o calcularse según la norma UNE 21.144.

El conductor neutro

Dependiendo del número de conductores cuya distribución se haga la sección mínima del conductor neutro será:

■ Con dos o tres conductores: iguales a la de los conductores de fase.

■ Con cuatro conductores: la sección del neutro será, como mínimo, la de la Tabla F7-067.

Conductores de Cu en (mm²)		Conductores de Al en (mm²)	
Conductores de fase	Sección neutro	Conductores de fase	Sección neutro
6	6	–	–
10	10	–	–
16	10	16	16
25	16	25	16
35	16	35	16
50	25	50	25
70	35	70	35
95	50	95	50
120	70	120	70
150	70	150	70
185	95	185	95
240	120	240	120
300	150	300	150
400	185	400	185

Tabla F7-067: *sección mínima del conductor neutro en función del número de conductores.*

Instalaciones subterráneas de cables aislados:

■ Las canalizaciones de distribución y suministro de energía se dispondrán, en general, por terrenos de dominio público y en zonas perfectamente delimitadas, preferentemente bajo las aceras.

■ El trazado será lo más rectilíneo posible y, a poder ser, paralelo a referencias fijas como líneas en fachada y bordillos. Así mismo, deberán tenerse en cuenta los radios de curvatura mínimos, fijados por los fabricantes (o en su defecto, los indicados en las normas de la serie UNE 20.435), a respetar en los cambios de dirección. Ver apartado “Otros esfuerzos mecánicos (AJ)”, pág. F/162.

■ En la etapa de proyecto se deberá consultar con las empresas de servicio público y con los posibles propietarios de servicios para conocer la posición de sus instalaciones en la zona afectada. Una vez conocida, antes de proceder a la apertura de las zanjas, se abrirán las calas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto en el proyecto.

■ Los cables aislados podrán instalarse de cualquiera de las formas indicadas a continuación.

Conducciones con conductores directamente enterrados:

■ La profundidad, hasta la parte inferior del cable, no será menor de 0,60 m en acera, ni de 0,80 m en calzada.

■ Cuando existan impedimentos que no permitan lograr las mencionadas profundidades, éstas podrán reducirse entubando los conductores. Ver “Canalizaciones entubadas”. O por el contrario, deberán aumentarse en los casos de cruzamientos o paralelismos. Ver apartados “Cruzamientos” y el de “Paralelismos”, a continuación.

■ Para conseguir que el cable quede correctamente instalado sin haber recibido daño alguno, y que ofrezca seguridad frente a excavaciones hechas por terceros, en la instalación de los cables se seguirán las instrucciones descritas a continuación:

□ El lecho de la zanja qua va a recibir el cable será liso y estará libre de aristas vivas, cantos, piedras, etc. En el mismo se dispondrá una capa de arena de mina o de río lavada, de espesor mínimo 0,05 m sobre la que se colocará el cable. Por encima del cable irá otra capa de arena o tierra cribada de unos 0,10 m de espesor. Ambas capas cubrirán la anchura total de la zanja, la cual será suficiente para mantener 0,05 m entre los cables y las paredes laterales.

□ Por encima de la arena todos los cables deberán tener una protección mecánica como, por ejemplo, losetas de hormigón, placas protectoras de plástico, ladrillos o rasillas colocadas transversalmente. Podrá admitirse el empleo de otras protecciones mecánicas equivalentes. Se colocará también una cinta de señalización que advierta de la existencia del cable eléctrico de baja tensión. Su distancia mínima al suelo será de 0,10 m, y la parte superior del cable de 0,25 m.

□ Se admitirá también la colocación de placas con doble misión de protección mecánica y de señalización.

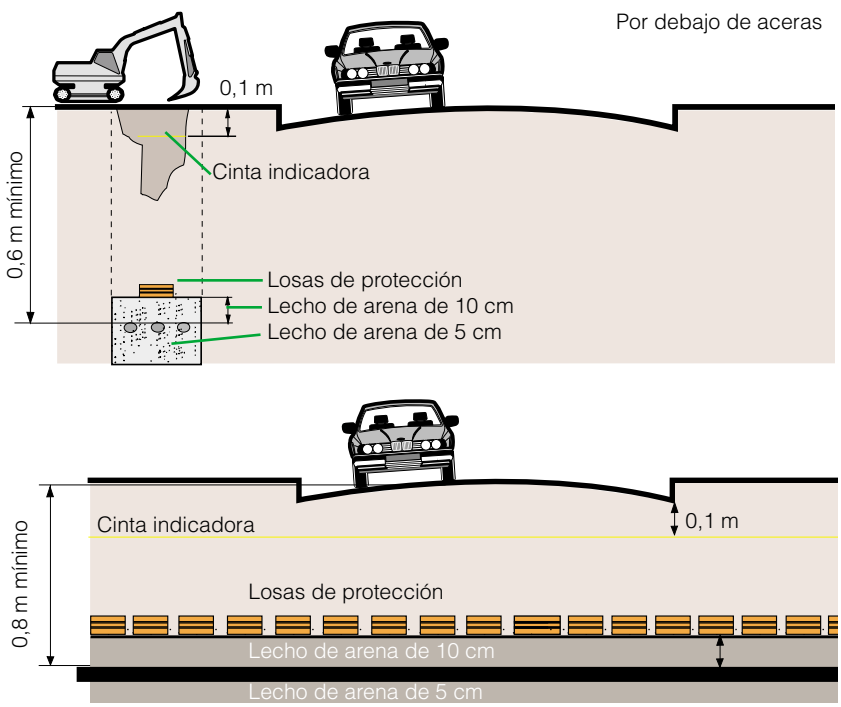


Fig. F7-068: *colocación de conductores directamente enterrados.*

Conducciones con conductores entubados y enterrados:

■ Serán conformes con las especificaciones del apartado “Instalaciones enterradas”, pág. F/244. No se instalará más de un circuito por tubo.

■ Se evitarán, en lo posible, los cambios de dirección de los tubos. En los puntos donde se produzcan, y para facilitar las manipulaciones de los cables, se dispondrán arquetas con tapa, registrables o no.

■ Para facilitar el tendido de los cables, en los tramos rectos se instalarán arquetas intermedias, registrables, ciegas o simplemente calas de tiro, como máximo cada 40 m. Esta distancia podrá variarse de forma razonable, en función de derivaciones, cruces u otros condicionantes viarios.

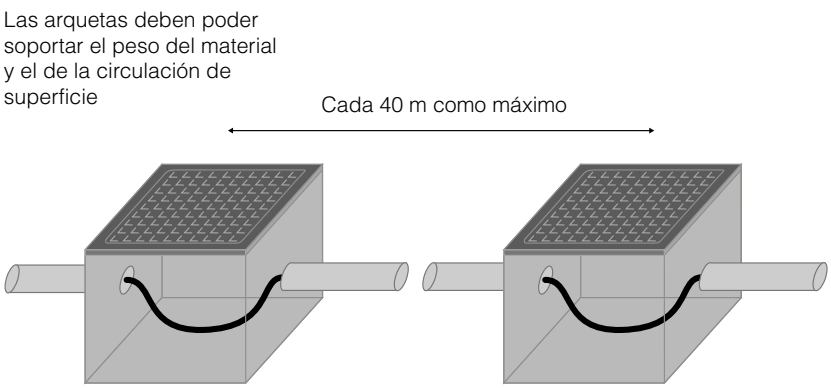


Fig. F7-069: *situación de conductores entubados enterrados bajo aceras o calzadas.*

■ A la entrada de las arquetas, los tubos deberán quedar debidamente sellados en sus extremos para evitar la entrada de roedores.

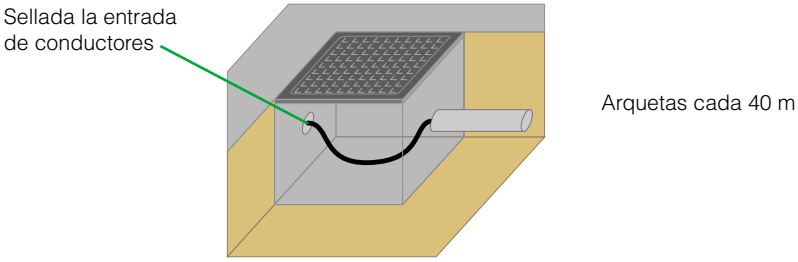


Fig. F7-070: *sellado de las conducciones subterráneas y los conductores en los registros.*

Conducciones en galerías subterráneas

Se consideran los tipos de galería:

■ Galería transitable, de dimensiones interiores suficientes para la circulación de personas. Las galerías transitables dispondrán de pasillos de circulación de 0,90 m de anchura mínima y 2 m de altura mínima, debiéndose justificar las excepciones.

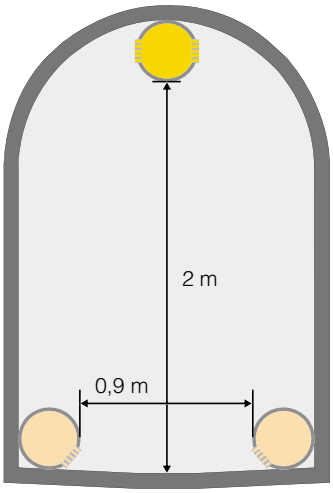
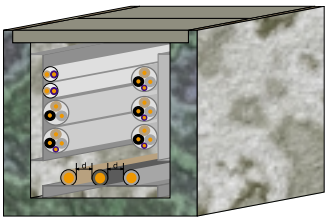


Fig. F7-071: *galerías transitables.*

■ galería registrable o zanja prefabricada, en la que no está prevista la circulación de personas y donde las tapas de registro precisan medios mecánicos para su manipulación.



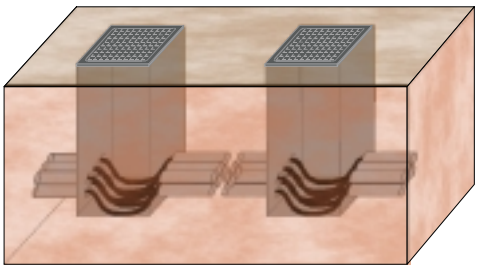


Fig. F7-072*: galerías no transitables.*

Galerías transitables

Condiciones generales en galerías transitables:

■ Las galerías serán de hormigón armado o de otros materiales de rigidez, estanqueidad y duración equivalentes.

■ Se dimensionarán para soportar la carga de tierras y pavimentos situados por encima y las del tráfico, que correspondan.

■ En los puntos singulares, entronques, pasos especiales, accesos de personal, etc., se estudiarán tanto el correcto paso de las canalizaciones como la seguridad de circulación de las personas.

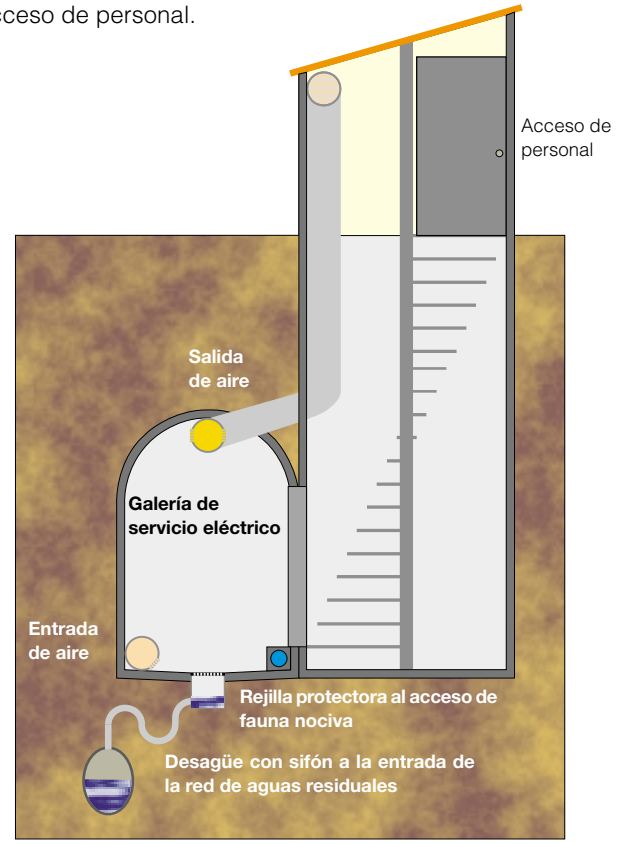
■ Los accesos a la galería deben quedar cerrados de forma que se impida la entrada de personas ajenas al servicio, pero que permita la salida de las que estén en su interior. Deberán disponerse accesos en las zonas extremas de las galerías. Deberá permitirse la entrada y salida de los materiales.

■ La ventilación de las galerías será suficiente para asegurar que el aire se renueve 6 veces por hora, para evitar acumulaciones de gas y condensaciones de humedad, y contribuir a que la temperatura máxima de la galería sea compatible con los servicios que contenga. Esta temperatura no sobrepasará los 40 °C.

■ Los suelos de las galerías serán antideslizantes, deberán tener la pendiente adecuada y un sistema de drenaje eficaz, que evite la formación de charcos.

■ Las empresas utilizadoras tomarán las disposiciones oportunas para evitar la presencia de roedores en las galerías.

□ Acceso de personal.



□ Acceso de materiales.

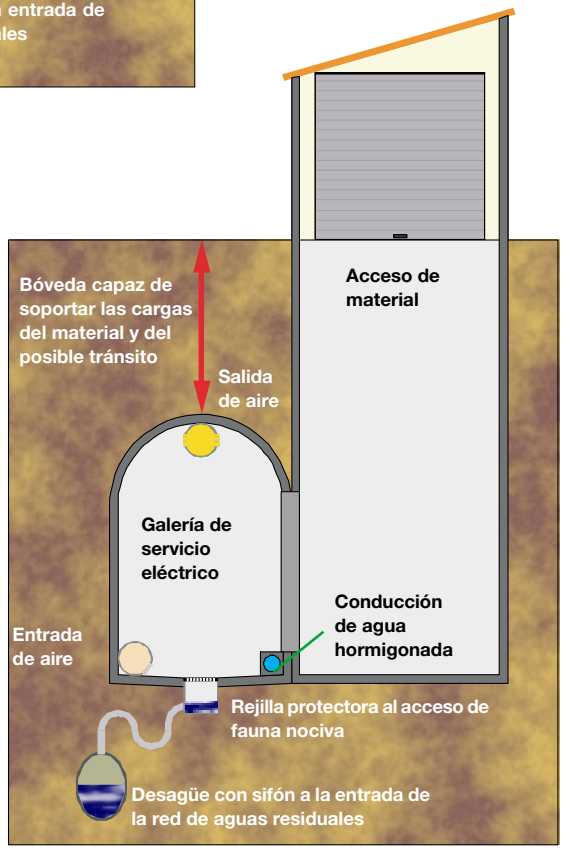


Fig. F7-073: *características generales de las galerías.*

■ Tampoco es recomendable que existan canalizaciones de agua aunque en aquellos casos en que sea necesario, las canalizaciones de agua se situarán a un nivel inferior que el resto de las instalaciones, siendo condición indispensable, que la galería tenga un desagüe situado por encima de la cota del alcantarillado o de la canalización de saneamiento en que evacúa.
■ Es recomendable que los desagües dispongan de doble sifón para evitar la penetración de gases, un correcto mantenimiento de renovación de agua del primer sifón y una reja para evitar la entrada de animales.

Conducciones a instalar en galerías transitables:

■ Las galerías transitables se usarán, preferentemente, para instalaciones eléctricas de potencia, cables de control y telecomunicaciones. En ningún caso podrán coexistir en la misma galería instalaciones eléctricas e instalaciones de gas.
■ Es aconsejable disponer los cables de distintos servicios y de distintos propietarios sobre soportes diferentes y mantener entre ellos unas distancias que permitan su correcta instalación y mantenimiento.
■ Dentro de un mismo servicio debe procurarse agruparlos por tensiones (por ejemplo, en uno de los laterales se instalarán los cables de baja tensión, control, señalización, etc., reservando el otro para los cables de alta tensión).
■ Los cables se dispondrán de forma que su trazado sea recto, procurando conservar su posición relativa con los demás.
■ Las entradas y salidas de los cables en las galerías se harán de forma que no dificulten ni el mantenimiento de los cables existentes ni la instalación de nuevos cables.
■ Una vez instalados, todos los cables deberán quedar debidamente señalizados e identificados. En la identificación figurará, también, la empresa a quien pertenecen.

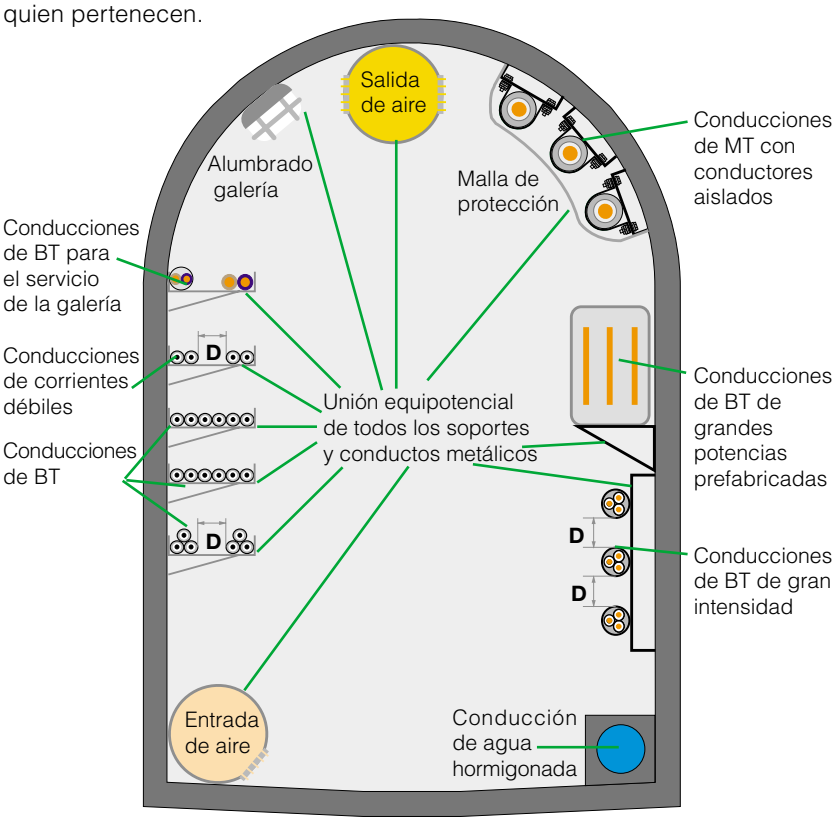


Fig. F7-074: *galerías para el servicio eléctrico.*

Sujeción de los cables en galerías transitables:

■ Los cables deberán estar fijados a las paredes o a estructuras de la galería mediante elementos de sujección (regletas, ménsulas, bandejas, bridas, etc.) para evitar que los esfuerzos electrodinámicos que puedan presentarse durante la explotación de las redes de baja tensión, puedan moverlos o deformarlos.

■ Estos esfuerzos, en las condiciones más desfavorables previsibles, servirán para dimensionar la resistencia de los elementos de sujección, así como su separación.

■ En el caso de cables unipolares agrupados en mazo, los mayores esfuerzos electrodinámicos aparecen entre fases de una misma línea, como fuerza de repulsión de una fase con respecto a las otras. En este caso pueden complementarse las sujeciones de los cables con otras que mantengan unido el mazo.

■ Cuando la intensidad a transportar sea superior a la admisible por un solo conductor, se podrá instalar más de un conductor por fase, según los siguientes criterios:

□ emplear conductores del mismo material, sección y longitud;

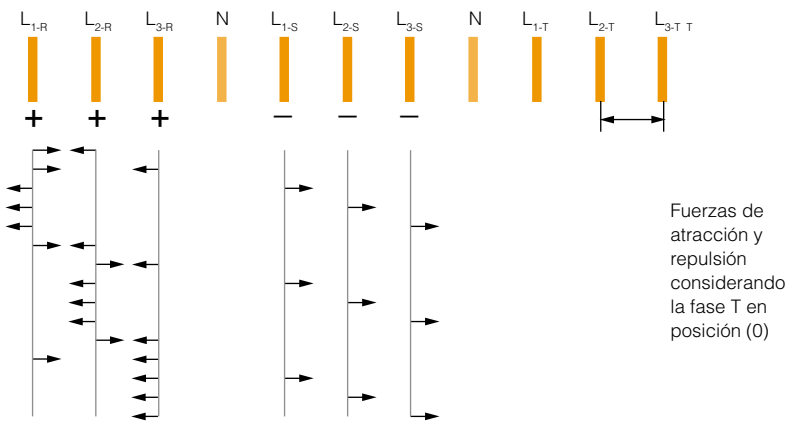
□ los cables se agruparán en ternas dispuestas al tresbolillo, en uno o varios niveles:

– cables al tresbolillo: RST, TSR, RST;

– cables en tres planos: un nivel RST, TSR, RST. Varios RST, TSR.

■ En una red trifásica si consideramos el momento que una fase está en posición (cero), otra fase estará adelantada (+) y la otra retardada (–); si consideramos el caso más desfavorable para los esfuerzos electrodinámicos, que es el cortocircuito bifásico, podemos considerar:

□ En una distribución tradicional tres conductores por fase:



□ En una distribución alternada (sandwich):

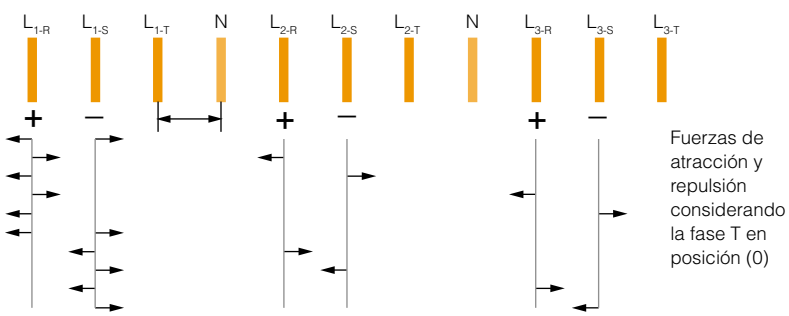


Fig. F7-075: *situación de los cables y amarre para la compensación de los esfuerzos electrodinámicos.*

El coeficiente K a aplicar en la primera solución es de K = 1,49 y en la segunda K = 0,37.
En el último volumen desarrollaremos la fórmula de cálculo de los esfuerzos electrodinámicos.

Equipotencialidad de masas metálicas accesibles en galerías transitables

Todos los elementos metálicos para la sujeción de los cables (bandejas, soportes, bridas, etc.) u otros elementos metálicos accesibles a las personas que transitan por las galerías (pavimentos, barandillas, estructuras o tuberías metálicas, etc.), se conectarán eléctricamente al conductor de tierra de la galería. (Ver Fig. F7-074: galerías para el servicio eléctrico.)

Galerías transitables de longitud superior a 400 m

Las galerías de longitud superior a 400 m, además de las disposiciones especificadas anteriormente para las galerías, dispondrán de:
a) iluminación fija interior;
b) instalaciones fijas de detección de gases tóxicos, con una sensibilidad mínima de 300 ppm;
c) indicadores luminosos que regulen el acceso en las entradas;
d) acceso de personas cada 400 m como máximo;
e) alumbrado se señalización interior para informar de las salidas y referencias exteriores;

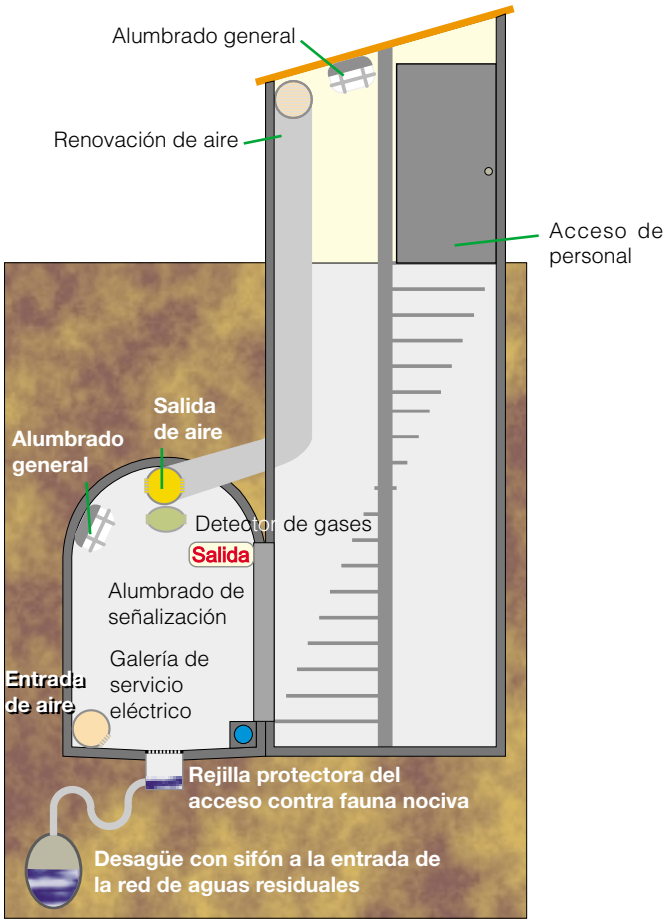


Fig. F7-076: *galerías transitables de más de 400 m.*

f) tabiques de sectorización contra incendios (RF120), según NBE-CPI-96;
g) puertas cortafuegos (RF90), según NBE-GPI-96.

Galerías o zanjas no transitables (registrables):

■ En tales galerías se admiten cables eléctricos de alta tensión, de baja tensión y de alumbrado, control y comunicación.

■ No se admite la existencia de canalizaciones de gas.

■ Sólo se admite la existencia de canalizaciones de agua, si se puede asegurar que, en caso de fuga, el agua no afecte a los demás servicios (por ejemplo, en un diseño de doble cuerpo, en el que en un cuerpo disponemos de una canalización de agua y tubos hormigonados para cables de comunicación, y en el otro cuerpo, estanco respecto al anterior cuando tiene colocada la tapa registrable, disponemos los cables de baja tensión, de alta tensión, de alumbrado público, semáforos, control y comunicación).

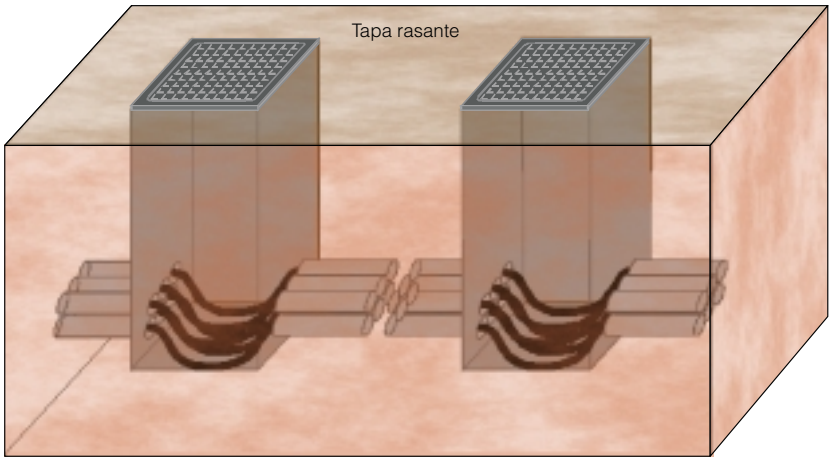


Fig. F7-077*: galerías o zanjas no transitables (registrables).*

■ Las condiciones de seguridad más destacables que debe cumplir este tipo de instalación son:

□ estanqueidad de los cierres, y

□ buena renovación de aire en el cuerpo ocupado por los cables eléctricos, para evitar acumulaciones de gas y condensación de humedades, y mejorar la disipación de calor.

En atarjeas o canales registrables:

■ En ciertas ubicaciones con acceso restringido a personas adiestradas, como puede ser en el interior de industrias o de recintos destinados exclusivamente a contener instalaciones eléctricas, podrán utilizarse canales de obra con tapas (que normalmente enrasan con el nivel del suelo), manipulables a mano.

■ Es aconsejable separar los cables de distintas tensiones (aprovechando el fondo y las dos paredes). Incluso puede ser preferible utilizar canales distintos.

■ El canal debe permitir la renovación del aire. Sin embargo, si hay canalizaciones de gas cercanas al canal, existe riesgo de explosión, ocasionado por eventuales fugas de gas que lleguen al canal. En cualquier caso, el proyectista debe estudiar las características particulares del entorno y justificar la solución adoptada.

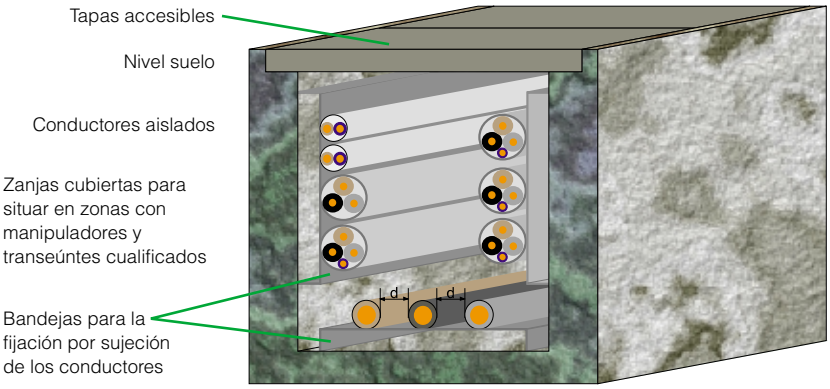


Fig. F7-078: *instalaciones en canales a ras de suelo registrables.*

Instalaciones vistas en bandejas:

■ Normalmente este tipo de instalación sólo se empleará en subestaciones u otras instalaciones eléctricas, en la parte interior de edificios no sometida a la intemperie y donde el acceso quede restringido a personal autorizado.

■ Cuando las zonas por las que discurra el cable sean accesibles a personas o vehículos, deberán disponerse protecciones mecánicas que dificulten su accesibilidad.

■ En el apartado 7.2. “Instalaciones de reparto de energía en instalaciones receptoras”, pág. F/214, tendremos la oportunidad de tener una mayor información del tipo de instalación y características.

Cruzamientos:

■ Los cables subterráneos, cuando estén enterrados directamente en el terreno, deberán cumplir, además de los requisitos reseñados en el presente punto, las condiciones que pudieran imponer otros Organismos competentes, como consecuencia de disposiciones legales, cuando sus instalaciones fueran afectadas por tendidos de cables subterráneos de baja tensión.

■ Los requisitos señalados en este punto no serán de aplicación a cables dispuestos en galerías, en canales, en bandejas, en soportes, en palomillas o directamente sujetos a la pared. En estos casos, la disposición de los cables se hará a criterio de la empresa que los explote; sin embargo, para establecer las intensidades admisibles en dichos cables, se deberán aplicar los factores de corrección definidos en el apartado “Intensidades máximas de utilización en régimen permanente en líneas enterradas”, pág. F/190.

■ Para cruzar zonas en las que no sea posible o suponga graves inconvenientes y dificultades la apertura de zanjas (cruces de ferrocarriles, carreteras con gran densidad de circulación, etc.), pueden utilizarse máquinas perforadoras “topo” de tipo impacto, hincadora de tuberías o taladradora de barrena. En estos casos se prescindirá del diseño de zanja descrito anteriormente, puesto que se utiliza el proceso de perforación que se considera más adecuado. Su instalación precisa zona amplias, despejadas a ambos lados del obstáculo a atravesar, para la ubicación de la maquinaria.

Calles y carreteras:

■ Los cables se colocarán en el interior de tubos protectores, conforme con lo establecido en el apartado “Instalaciones enterradas”, pág. F/244, recubiertos de hormigón en toda su longitud a una profundidad mínima de 0,80 m.

■ Siempre que sea posible, el cruce se hará perpendicular al eje del vial.

■ La ejecución de la instalación deberá cumplir las condiciones del apartado "Otros esfuerzos mecánicos (AJ)", pág. F/162, para poder soportar los esfuerzos derivados del tránsito y la identificación de su situación.

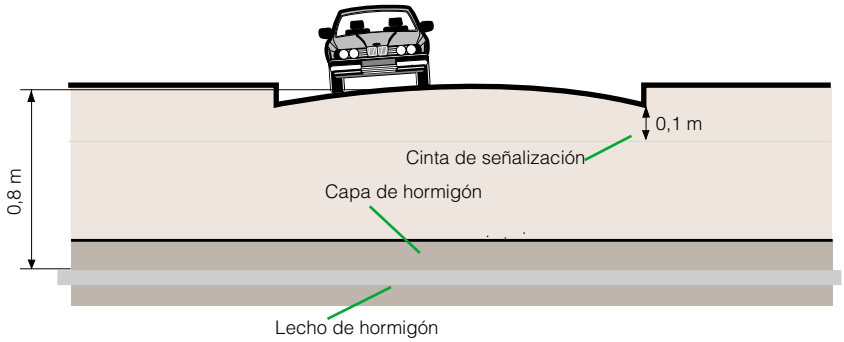


Fig. F7-079: *instalaciones subterráneas en el cruce de carreteras y caminos.*

Cruces de líneas de ferrocarriles:

■ Los cables se colocarán en el interior de tubos protectores, conforme con lo establecido en el apartado "Instalaciones enterradas", pág. F/244, recubiertos de hormigón y siempre que sea posible perpendiculares a la vía, y a una profundidad mínima de 1,3 m respecto a la cara inferior de la traviesa.

■ Los tubos rebasarán las vías férreas en 1,5 m por cada extremo.

■ La ejecución de la instalación deberá cumplir las condiciones del apartado "Otros esfuerzos mecánicos (AJ)", pág. F/162, para poder soportar los esfuerzos derivados del tránsito y la identificación de su situación.

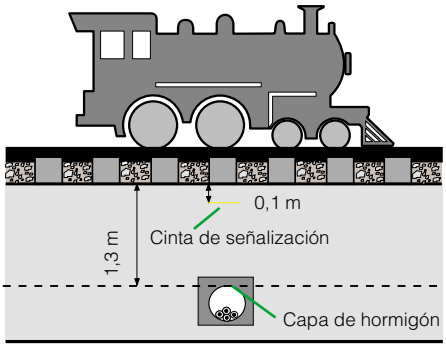


Fig. F7-080: *instalaciones subterráneas en el cruce de líneas férreas.*

Cruces con otros cables de energía eléctrica:

■ Siempre que sea posible, se procurará que los cables de baja tensión discurran por encima de los de alta tensión.

■ La distancia mínima entre un cable de baja tensión y otros cables de energía eléctrica será:

□ 0,25 m con cables de alta tensión;

□ 0,10 m con cables de baja tensión.

■ La distancia del punto de cruce a los empalmes será superior a 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada según lo prescrito en el apartado "Otros esfuerzos mecánicos (AJ)", pág. F/162, para poder soportar los esfuerzos derivados del tránsito y la identificación de su situación.

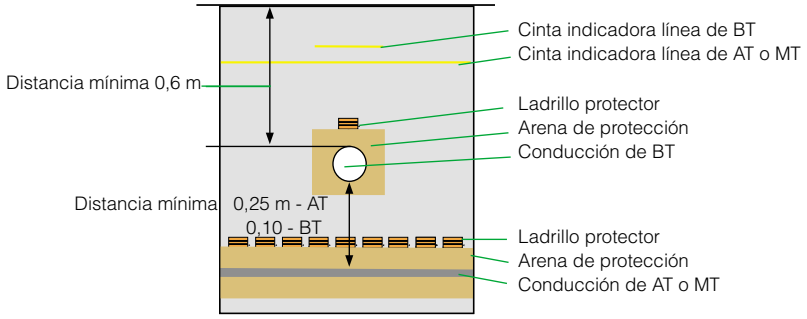


Fig F7-081: *instalaciones subterráneas de BT en el cruce de líneas de AT o MT.*

Cables de telecomunicación:

■ La separación mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0,20 m.

■ La distancia del punto de cruce a los empalmes, tanto del cable de energía como del cable de telecomunicación, será superior a 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada, según lo prescrito en el apartado “Otros esfuerzos mecánicos (AJ)”, pág. F/162.

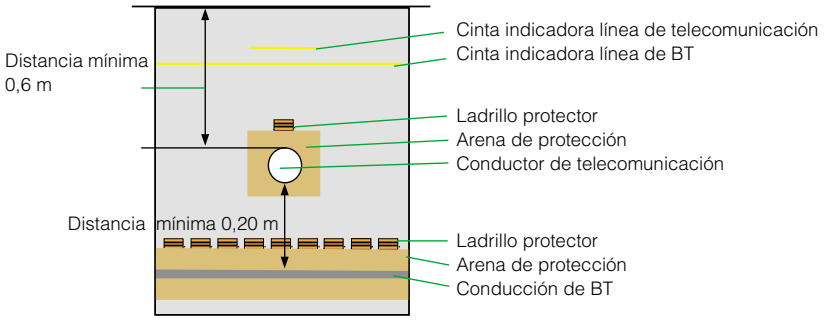


Fig. F7-082: *instalaciones subterráneas de BT en el cruce de líneas de telecomunicación.*

Canalizaciones de agua y gas:

■ Siempre que sea posible, los cables se instalarán por encima de las canalizaciones de agua.

■ La distancia mínima entre cables de energía eléctrica y canalizaciones de agua o gas será de 0,20 m.

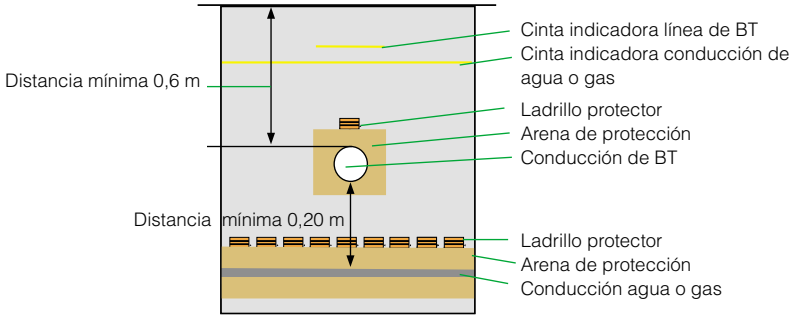


Fig. F7-083: *instalaciones subterráneas de BT en el cruce de conducciones de agua o gas.*

■ Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de las canalizaciones de agua o gas, o de los empalmes de la canalización eléctrica, situando unas y otros a una distancia superior de 1 m del cruce. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada según lo prescrito en el apartado “Otros esfuerzos mecánicos (AJ)”, pág. F/162.

Conducciones de alcantarillado:

■ Se procurará pasar los cables encima de las conducciones de alcantarillado.

■ No se admitirá incidir en su interior. Se admitirá incidir en su pared (por ejemplo, instalando tubos), siempre que se asegure que ésta no ha quedado debilitada.

■ Si no es posible, se pasará por debajo y los cables se dispondrán en canalizaciones entubadas según lo prescrito en el apartado “Otros esfuerzos mecánicos (AJ)”, pág. F/162.

Depósitos de carburante:

■ Los cables se dispondrán en canalizaciones entubadas según lo prescrito en el apartado “Otros esfuerzos mecánicos (AJ)”, pág. F/162, y distarán como mínimo 0,20 m del depósito.

■ Los extremos de los tubos rebasarán al depósito, como mínimo 1,5 m por cada extremo.

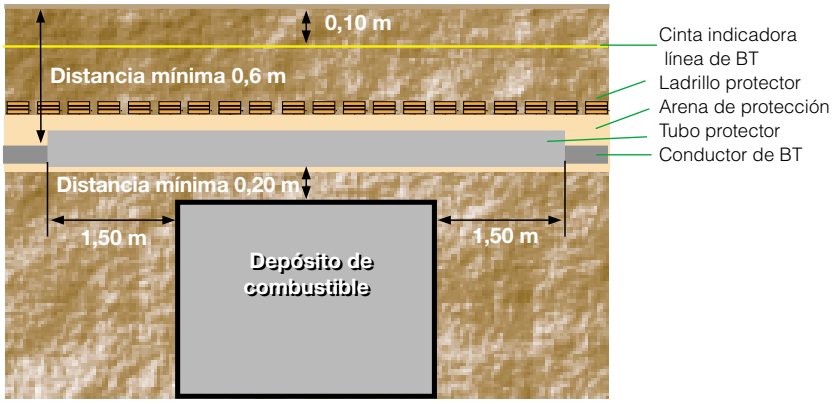


Fig. F7-084: *instalaciones subterráneas de BT en el cruce de depósitos de combustible.*

Paralelismos o proximidad

Los cables subterráneos de baja tensión directamente enterrados deberán cumplir las condiciones y distancias de proximidad que se indican a continuación, procurando evitar que queden en el mismo plano vertical que las demás conducciones.

Con otros cables de energía eléctrica:

■ Los cables de baja tensión podrán instalarse paralelamente a otros de baja o alta tensión, manteniendo entre ellos una distancia mínima de:

□ 0,10 m con los cables de baja tensión y

□ 0,25 m con los cables de alta tensión.

■ Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada según lo prescrito en el apartado “Otros esfuerzos mecánicos (AJ)”, pág. F/162.

■ En el caso de que un mismo propietario canalice a la vez varios cables de baja tensión, podrá instalarlos a menor distancia, incluso en contacto.

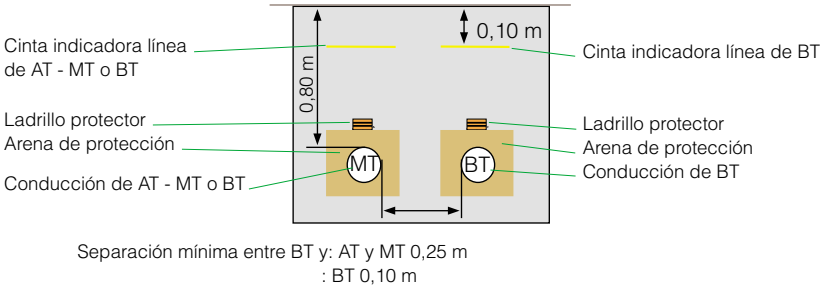


Fig. F7-085: *paralelismos con instalaciones subterráneas de BT y otras tensiones.*

Con cables de telecomunicación:

■ La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0,20 m.

■ Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada según lo prescrito en el apartado “Otros esfuerzos mecánicos (AJ)”, pág. F/162.

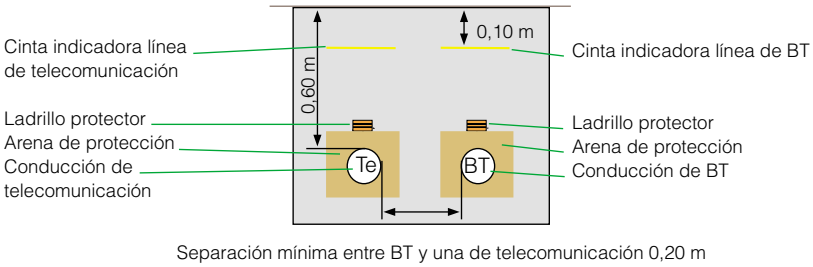


Fig. F7-086: *paralelismos con instalaciones subterráneas de BT y líneas de telecomunicación.*

Con canalizaciones de agua:

■ La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de agua será de 0,20 m.

■ La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica y las juntas de las canalizaciones de agua será de 1 m.

■ Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada según lo prescrito en el apartado “Otros esfuerzos mecánicos (AJ)”, pág. F/162.

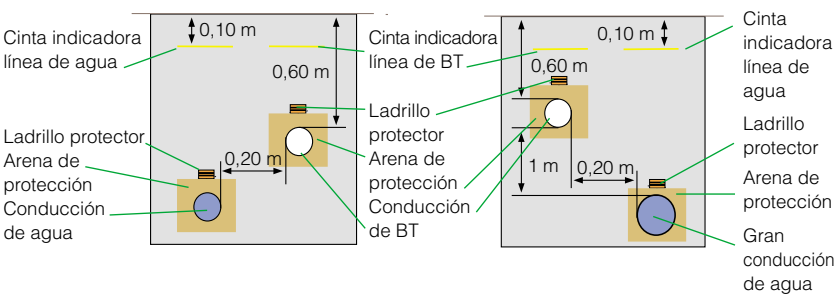


Fig. F7-087: *paralelismos con instalaciones subterráneas de BT y conductos de agua.*

■ Se procurará mantener una distancia mínima de 0,20 m en proyección horizontal y que la canalización de agua quede por debajo del nivel del cable eléctrico.
■ Por otro lado, las arterias principales de agua se dispondrán de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos de baja tensión.

Con canalizaciones de gas:
■ La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de gas será de 0,20 m, excepto para canalizaciones de gas de alta presión (más de 4 bar), en que la distancia será de 0,40 m.
■ La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica y las juntas de las canalizaciones de gas será de 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada, según lo prescrito en el apartado “Otros esfuerzos mecánicos (AJ)”, pág. F/162.
■ Se procurará mantener una distancia mínima de 0,20 m en proyección horizontal.
■ Por otro lado, las arterias importantes de gas se dispondrán de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos de baja tensión.

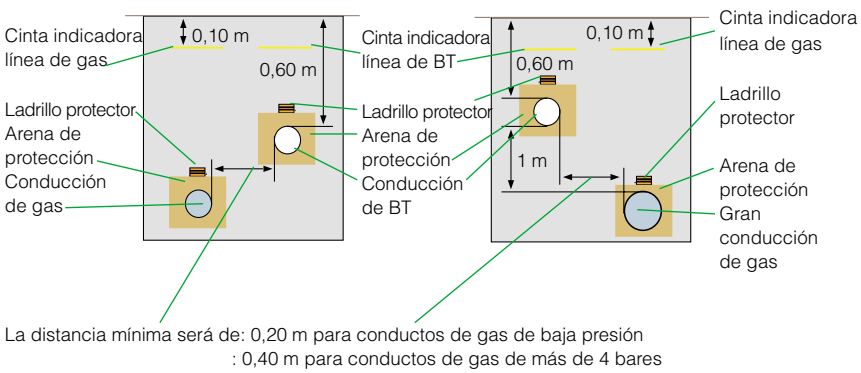


Fig. F7-088: *paralelismos con instalaciones subterráneas de BT y conductos de gas.*

Con acometidas de BT:
■ En el caso de que el cruzamiento o paralelismo entre eléctricos y canalizaciones de los servicios descritos anteriormente se produzcan en el tramo de acometida a un edificio, deberá mantenerse una distancia mínima de 0,20 m.
■ Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada, según lo prescrito en el apartado “Otros esfuerzos mecánicos (AJ)”, pág. F/162.
■ La canalización de la acometida eléctrica, en la entrada al edificio, deberá taponarse hasta conseguir una estanqueidad adecuada.

7.2. Instalaciones de reparto de energía en instalaciones receptoras

Sistemas aceptados de distribución de energía:

■ **Distribución con conductores aislados** (cables), más los sistemas de fijación, soporte y protección mecánica.
La forma de colocación de los cables, la de sus fijaciones y protecciones influye en la intensidad que son capaces de conducir.

■ **Distribución con canalizaciones prefabricadas.** Las canalizaciones prefabricadas se distinguen por su facilidad de puesta en servicio y flexibilidad de instalación y modificación.

■ **Ejemplos de realizaciones:**

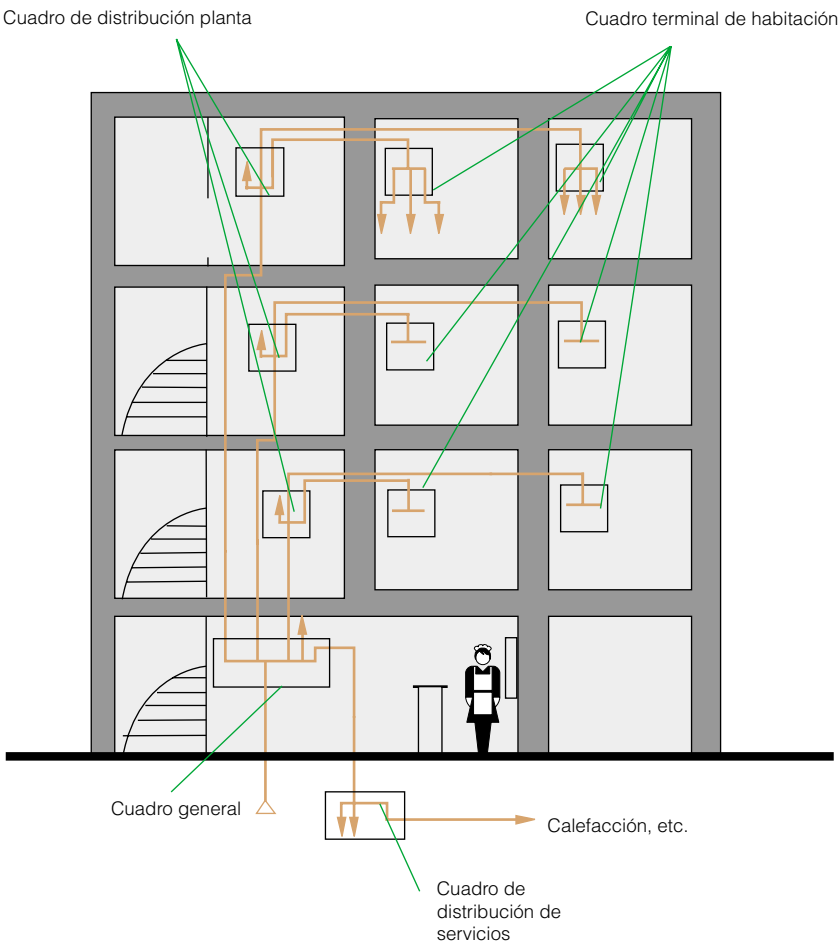


Fig. F7-089: *ejemplo de distribución radial en un hotel con cables.*

Criterios de elección

Los criterios principales de elección son:

■ La inversión (material + mano de obra de montaje + pólizas de cubrimiento de riesgo, implícito en la Directiva de Responsabilidad Civil), las facilidades en la posibilidad de modificaciones y ampliaciones, así como la carga incendiaria en según qué locales.

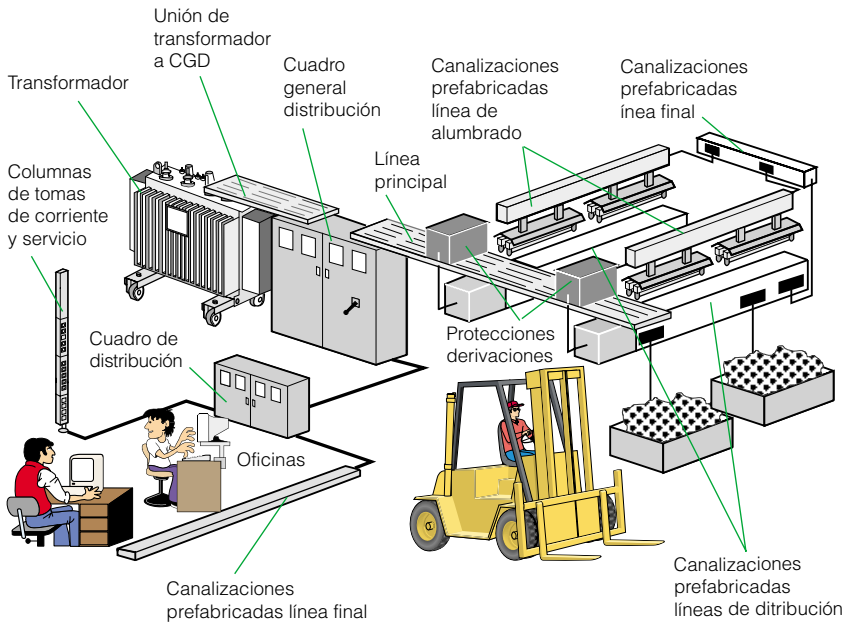


Fig. F7-090: *ejemplo de distribución radial en una industria con canalizaciones prefabricadas.*

■ La flexibilidad. Con una distribución por cables, el coste de las modificaciones varía de forma importante en función de la distancia entre el cuadro y el punto de alimentación.
Si la frecuencia de las modificaciones es importante y por la actividad del utilizador la capacidad incendiaria es importante, es mucho más favorable la utilización de canalizaciones prefabricadas.

Subdivisión de las instalaciones:

■ Las instalaciones se 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 aguas arriba.
■ Deberemos procurar que la forma de realizar las instalaciones nos permita poder seccionar un circuito, sin tener que efectuar una desconexión del interruptor seccionador situado aguas arriba y que controla otros circuitos, los cuales deberíamos de dejar sin alimentación mientras actuamos en el circuito requerido. Con interruptores desenchufables se consiguen continuidades de servicio superiores y si en los cuadros mantenemos grados de protección de aislamiento IPXXB, podremos realizar algunos trabajos en tensión.
■ Procurar subdividir los circuitos de alumbrado en varias líneas, para que el fallo de una de ellas no deje sin alumbrado toda una superficie.
■ 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 a la línea o carga del propio 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.
Ver apartado K4-5, “La calidad de la red”, del 4.° Volumen.

Equilibrio 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 aquéllas queden repartidas entre sus fases o conductores polares.

Los armónicos y el neutro

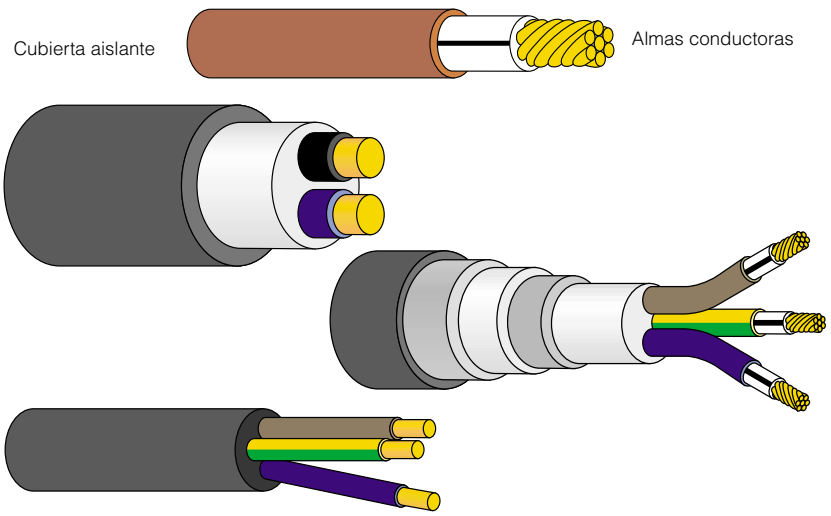
En instalaciones interiores, para tener en cuenta las corrientes armónicas debidas a cargas no lineales y posibles desequilibrios, en tramos que por su intensidad no es conveniente una compensación con compensadores activos; salvo justificación por cálculo, la sección del conductor neutro será como mínimo igual a la de la fases.
Ver apartados K4-4.5, “Instalación de un compensador activo de armónicos tipo shunt”, y K4-4.6, “El dimensionamiento de un compensador activo tipo shunt”, del 4.º Volumen.

7.2.1. Instalaciones con conductores aislados y conducciones

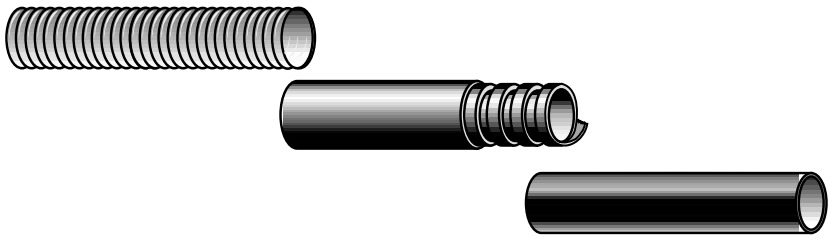
■ Un conductor es siempre unipolar y comprende el alma conductora y la cubierta aislante.



■ Un cable está compuesto por un conjunto de almas conductoras, eléctricamente distintas y mecánicamente solidarias, generalmente bajo un revestimiento aislante (cubierta, trenza, armadura, etc.).

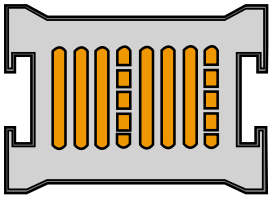


■ El término canalización designa a las envolturas que ubican cables y los elementos que aseguran su fijación y, en algunos casos, su protección mecánica.



F
7

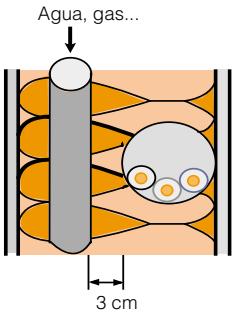
■ El término canalización prefabricada designa a los conjuntos de canalización y conductores perfectamente definidos.



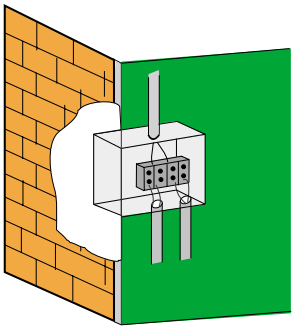
El reglamento de BT y la normativa UNE especifican las características de los cables y las conducciones, tanto para instalaciones vistas como empotradas.

Instalaciones empotradas o vistas:

■ Las conexiones deben realizarse en cajas, accesibles exteriormente.



Registros y cajas de conexiones accesibles por tapa

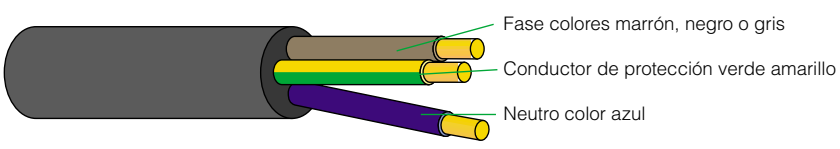


■ Los conductores deben protegerse de las demás instalaciones de los edificios, agua, gas, calefacción, etc. La figura F7-012, pág. F/164, indica las formas de colocación en función:
■ Del tipo de conductor o cable.
■ Del tipo de fijación o canalización.

Designación de los conductores, cables y canalizaciones

Identificación de los conductores:

■ Los conductores de la instalación deben ser fácilmente identificables, especialmente en lo que respeta al conductor neutro y al conductor de protección. La identificación se realiza por medio de los colores que presentan 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.
■ 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.



F
7

■ Forma de designación de los conductores y cables según la CEI

Los conductores deberán estar marcados según las indicaciónes siguientes:

Código de designación	FRN	07	R	N	H2	A	F	3	G	1,5
Cable armonizado	**H**									
Cable derivado de un tipo armonizado	**A**									
Cable de un tipo nacional	**FRN**									
Tensión de servicio entre conductores										
300 V máximo		**03**								
500 V máximo		**05**								
750 V máximo		**07**								
1.000 V máximo		**1**								
Símbolo del material aislante										
Caucho etileno propileno (EPR)			**B**							
Caucho natural o equivalente (Rubber)			**R**							
Policloruro de vinilo (PVC)			**V**							
Polietileno reticulado (PR)			**X**							
Policloropreno (Neopreno) (PCP)			**N**							
Símbolo del material de la cubierta										
Caucho etileno propileno (EPR)				**B**						
Caucho natural o equivalente (Rubber)				**R**						
Policloruro de vinilo (PVC)				**V**						
Polietileno reticulado (PR)				**X**						
Policloropreno (Neopreno) (PCP)				**N**						
Construcción epecial (eventual)										
Cable plano “divisible”					**H**					
Cable plano “no divisible”					**H2**					
Naturaleza del alma del conductor										
Cobre (no tiene código, por defecto Cu)										
Aluminio						**A**				
Carácter mecánico del alma conductora										
Única, masiva, rígida							**U**			
Trenzada de varillas, rígidas							**R**			
Trenza clase 5 (flexible)							**F**			
Trenza flexible clásica (instalación fija)							**K**			
Trenza extra flexible clase 6							**H**			
Composición del cable										
Número de conductores								**x**		
Ausencia del conductor verde-amarillo									**X**	
Con conductor verde-amarillo									**G**	
Sección del conductor (en números que indican mm²)										**x**

(1) Comité Europeo de Normalización Eléctrica.

Tabla F7-091: *tabla de designación de los conductores y cables según CENELEC(1).*

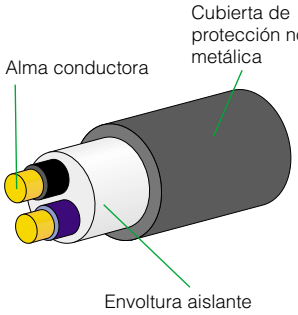


Fig. F7-092*: conductor del ejemplo.*

■ **Ejemplo:**

Denominación H07 RN-F 3G 1,5

H - Cable armonizado.
07 - Tensión nominal 450/750 V.
R - Aislamiento de caucho natural.
N - Cubierta de polipropileno.
– - No es plano.
- (Por omisión) de cobre.
F - Flexible (5).
3 - Tres conductores.
G - Conductor de tierra (verde/amarillo).
1,5 - Sección de 1,5 mm^2.

■ **Conductores estandarizados por CENELEC**

Conductores y cables	Designación según CENELEC	N.º conductores	Sección
Cables rígidos sin halógenos	FRN 1X1X2	1 a 5	1,5 - 630
	FRN 1X1G1	1 a 5	1,5 - 630
	FNR 1X1X2Z4X2	1 a 5	1,5 - 300
	FRN 1X1G1Z4G1	1 a 5	1,5 - 300
Cables flexibles aislados con elastómeros	H 07 RN-F	2 a 5	1,5 - 500
	FRN 07 RN-7	7 a 37	1,5 - 4
Cables aislados con policloruro de vinilo	FRN 05VV-U	2 a 5	1,5 - 35
	FRN 05VV-R	2 a 5	1,5 - 35
	H 05VV-F	2	0,75 - 2,5
	H 05VVH2-F	1	0,75 - -
Cables aislados con policloruro de vinilo	H 07V-U	1	1,5 - 400
	H 07V-R	1	1,5 - 400
	H 07VK	1	1,5 - 240
Conductores aislados sin halógenos	FRN 0...-U	1	1,5 - xxx
	FRN 0...-R	1	1,5 - xxx
	FRN 0...-	1	1,5 - xxx

Tabla F7-093: *tabla de los principales conductores y cables estandarizados por CENELEC.*

Selección e instalación de las canalizaciones

Las canalizaciones deben elegirse en función de su propia utilización, del entorno donde hay que ubicarlas y de la disponibilidad necesaria de las mismas.

Tipos de canalizaciones

Los sistemas de instalación de las canalizaciones, en función del tipo de conductores o cables, deben estar de acuerdo con la Tabla F7-094, y la situación de las canalizaciones con la Tabla F7-095, en el supuesto de que sus características sean adecuadas a las influencias externas de la zona de instalación.

La tabla F7-096, pág. F\223, trata el tema de conformidad a la CEI y al Reglamento de BT.

Conductores y cables		Sistemas de instalación							
		Sin fijación	Fijación directa	Tubos	Canales (incluidos canales de zócalo y de suelo)	Conductos de sección no circular	Bandejas de escalera Bandejas Soportes	Sobre aisladores	Cables fijadores
Conductores desnudos		–	–	–	–	–	–	+	
Conductores aislados		–	–	+	*	+	–	*	–
Cables con cubierta (incluidos cables armados ycon aislamiento mineral)	Multipolares	+	+	+	+	+	+	0	+
	Unipolares	0	+	+	+	+	+	0	+

(+) = Admitido; (–) = No admitido; (0) = No aplicable o no se utiliza prácticamente; (*) = Se admiten conductores aislados si la cubierta sólo puede abrirse con un útil o con una acción manual importante y el canal es IP4X o IPXXD.

Tabla F7-094: *sistemas de instalación de las canalizaciónes en función de los conductores.*

■ Los sistemas de instalación de las canalizaciones, en función de su situación, deben estar de acuerdo con la Tabla F7-095.

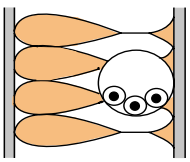
Conductores y cables		Sistemas de instalación							
		Sin fijación	Fijación directa	Tubos	Canales (incluidos canales de zócalo y de suelo)	Conductos de sección no circular	Bandejas de escalera Bandejas Soportes	Sobre aisladores	Cables fijadores
Huecos de la construcción	Accesibles	25	21, 25	22	31, 32, 35	23	12, 13, 14, 15, 16	–	0
	No accesibles	21, 25 73, 74	0	23, 73 74	0	23 23	0 0	– -	– –
Canal de obra		43	43	41, 42	31, 32	4, 23	12, 13, 14, 15, 16	–	–
Enterrados		62, 63	0	61	–	61	0	–	–
Empotrados en la estructura		52, 53	51	1, 2, 5	33, 75	24	0	–	–
En montaje superficial		–	11	3	31, 32, 71, 72	4	12, 13, 14, 15, 16	18	–
Aéreo		–	–	0	34	–	12, 13, 14, 15, 16	18	1
Sumergido		81	81	0	–	0	0	–	–

Los números que se indican en las casillas hacen alusión al n.º de referencia del sistema de instalación correspondiente a la Tabla F7-009.
(–) No admitido (0). No aplicable o no se utiliza en la práctica.

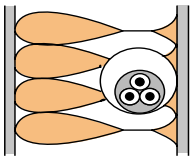
Tabla F7-095: *sistemas de instalación de las canalización en función de su situación.*

Nota: Están permitidos otros métodos de instalación de canalizaciones que no hayan sido incluidos en la Tabla F7-095, siempre que cumplan los requisitos de este capítulo.

Métodos de instalación



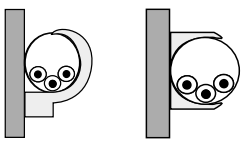
Descripción de los métodos de referencia:
■ Método de referencia A y A2:
A: cables unipolares aislados en el interior de tubos de paredes térmicamente aislantes.
A2: cables multiconductores en el interior de tubos en paredes térmicamente aislantes.



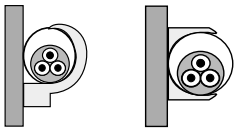
□ El muro o tabique está constituido por un revestimiento exterior estanco, un aislamiento térmico y un revestimiento interior de madera o material análogo, con una conductancia térmica de 10 m·k/W.
□ El tubo está fijado próximo, pero sin tocarlo necesariamente, a la capa de revestimiento interior.
□ 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.



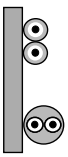
B2: cables multiconductores aislados bajo tubo sobre un tabique de madera.



□ El tubo está montado de tal forma que la distancia entre él 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:

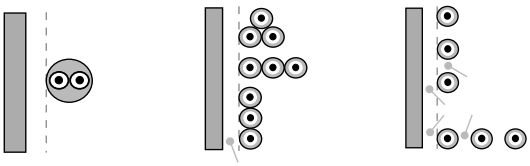
C: cables unipolares o multiconductores sobre un tabique de madera.



□ El cable está montado de tal forma que la distancia entre él 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 tendrá 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 multiconductores 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 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

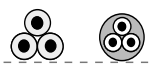


C:

□ 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, 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 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 m·K/W, no será necesaria una reducción de corriente admisible, siempre que su longitud no supere los 0,2 m.

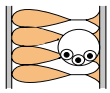
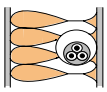
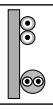
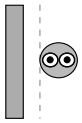
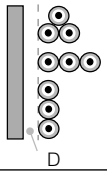
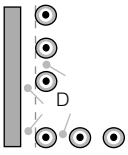
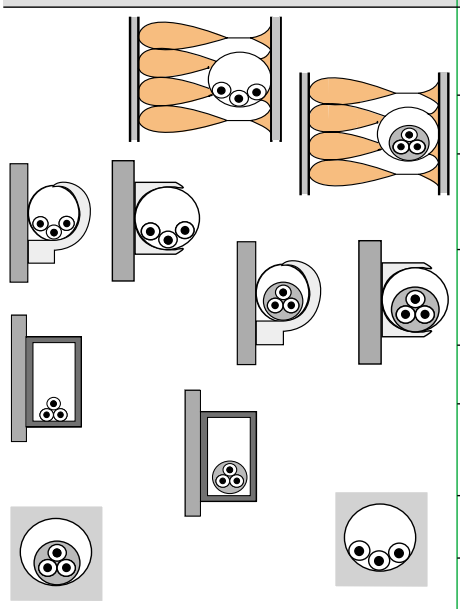
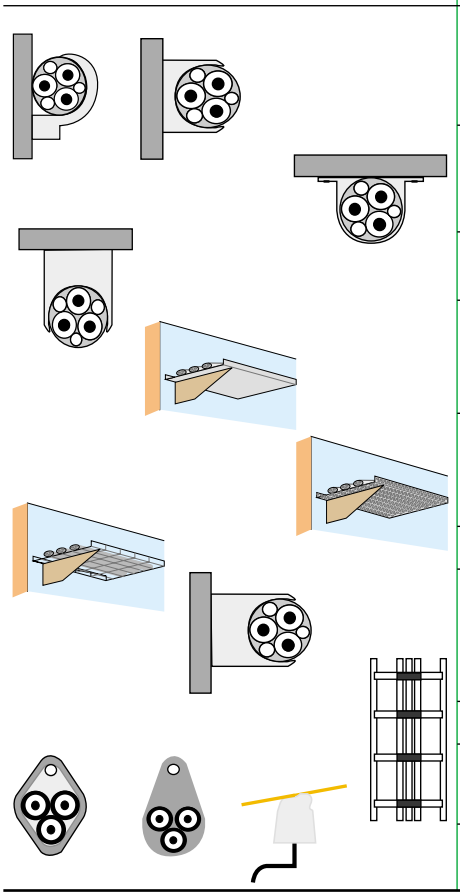
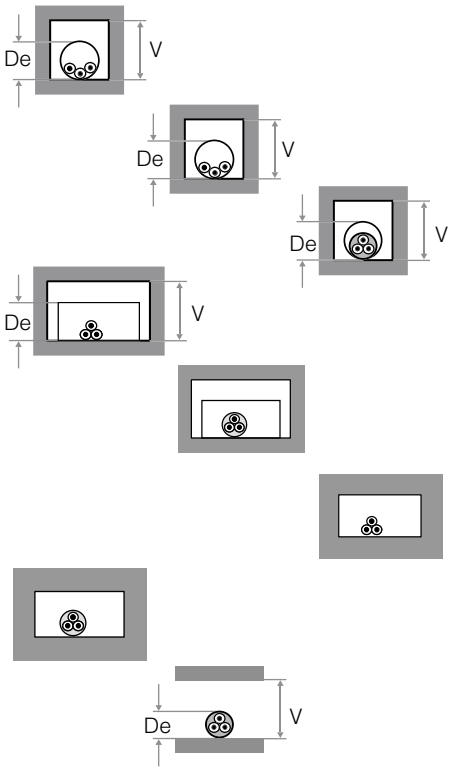
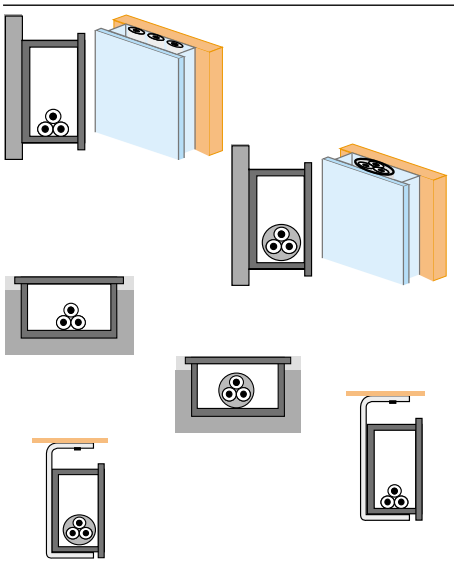
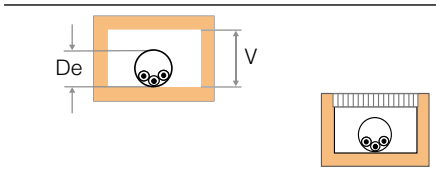
Metódos de referencia (52-B1)									
Instalación de referencia			Tablas y columnas						
			Aislamiento PVC 2 3 conductores		Aislamiento XLPE o EPR 2 3 conductores		Aislamiento mineral 1, 2 y 3 conductores	Factor de tempera-tura ambiente	Factor de agrupa-miento
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Conductores aislados en tubos empotrados, en paredes aislantes	A	52-C1 col. A	52-C3 col. A	52-C2 col. A	52-C4 col. A	–	52-D1	52-E1
	Cables multiconductores en tubos empotrados, en paredes aislantes	A2	52-C13 col. 2	52-C13 col. 4	52-C14 col. 2	52-C14 col. 4	–	52-D1	52-E1
	Conductores aislados en tubos, sobre un tabique de madera	B	52-C1 col. B	52-C3 col. B	52-C2 col. B	52-C4 col. B	–	52-D1	52-E1
	Cables multiconductores en tubos, sobre un tabique de madera	B2	52-C13	52-C13	52-C14	52-C14	–	52-D1	52-E1
	Cables multiconductores posados sobre un tabique de madera	C	52-C1 col. C	52-C3 col. C	52-C2 col. C	52-C4 col. C	70 °C cubierta 52-C7 105 °C cubierta 52-C6	52-D1	52-E1
	Cables de dos o tres conductores al aire libre Distancia al muro no inferior a 0,3 veces el diámetro del cable	E	Cobre 52-C9 Aluminio 52-C10		Cobre 52-C11 Aluminio 52-C12		70 °C cubierta 52-C7 105 °C cubierta 52-C8	52-D1	52-E1
	Cables unipolares al aire libre en contacto mutuo. Distancia al muro no inferior al diámetro del cable	F	Cobre 52-C9 Aluminio 52-C10		Cobre 52-C11 Aluminio 52-C12		70 °C cubierta 52-C7 105 °C cubierta 52-C8	52-D1	52-E1
	Cables unipolares al aire libre, sin contacto mutuo Distancia entre ellos como mínimo el diámetro del cable	G	Cobre 52-C9 Aluminio 52-C10		Cobre 52-C11 Aluminio 52-C12		70 °C cubierta 52-C7 105 °C cubierta 52-C8	52-D1	–

Tabla F7-096: *métodos de referencia.*

Nota: En la UNE 20.460-94/5-523, se mantiene un referenciado de las tablas propio de la norma, ésta corresponde a la 52-B1, en cuanto a la forma de instalación, que en este manual hemos referenciado F7-096. En referencia a las intensidades capaces de soportar, la UNE las referencia con los números 52-C del 1 al 14 y una específica con un 20, en el manual la referencia a todas las tablas es la F7-097, pero mantenemos la referencia C1 - C2 - ..... - C14 en las columnas correspondientes.
Por tanto, todas las referencias de la tabla corresponden a la F7-097, el número 52 es el genérico de todas las tablas de la norma, la referencia C(N.º) corresponde a la tabla de la norma y en esta tabla a la columna de la Tabla F7-097.

Métodos de instalación de las canalizaciones (52-B2)			
Ejemplo	Descripción	Método de ref. (52-B1)	Ref.
	Conductores aislados en tubos empotrados en paredes térmicamente aislantes[1) 3)]	A	1
	Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes térmicamente aislantes[1) 3)]	A2	2
	Conductores aislados en tubos sobre tabique de madera o separados a una distancia inferior a 0,3 veces el diámetro del tubo	B	3
	Cables multiconductores en tubos sobre tabique de madera o separados a una distancia inferior a 0,3 veces el diámetro del tubo	B2	3A
	Conductores aislados en conductos de sección no circular instalados sobre tabique de madera	B	4
	Cables multiconductores en conductos de sección no circular instalados sobre tabique de madera	[4)]	4A
	Conductores aislados en conductos empotrados en muros de obra[2)]	B	5
	Cables multiconductores en conductos empotrados en un muro de obra[2)]	(En estudio)	5A
	Cables uni o multiconductores con o sin armadura: ■ Fijados sobre tabique de madera o espaciados a 0,3 veces el diámetro del cable	C	11
	■ Fijados al techo de madera	C Con coef. de ref. 3 de (52-E1)	11A
	■ Separados del techo	(En estudio)	11B
	■ En bandejas no perforadas [2)]	C Con coef. de ref. 2[6)] de (52-E1)	12
	■ En bandejas perdoradas o bandejas de rejilla en tendido horizontal o vertical[1) 2)]	E o F Con coef. de ref.4[5) 6)] de (52-E1)	13
	■ En soportes en tendido horizontal o vertical		14
	■ Fijados mediante abrazaderas y separados de la pared o del techo	E o F Con coef. de ref. 4-5 de (52-E1) o bien G[5) 6)]	15
	■ Sobrebandejas de escalera		16
	■ Cables con cubierta uni o multiconductores suspendidos de, o incorporando un cable fiador	E o F	17
	■ Conductores desnudos o aislados sobre aisladores	G	18

F
7

Ejemplo	Descripción	Método de ref. (52-B1)	Ref.
	Cables con cubierta uni o multiconductores en huecos de la construcción[7) 8) 6)]	1,5 De ⩽V <5 De (B2) 5 De⩽V<50 De (B)	21
	Conductores aislados con tubos en huecos de la construcción[7) 9) 6)]	1,5 De ⩽V <20 De (B2) 20 De⩽V (B)	22
	Cables uni o multiconductores aislados con tubos en huecos de la construcción	*)	22A
	Conductores aislados con conductos de sección no circular en huecos de la construcción[7) 9) 6)]	1,5 De ⩽V <20 De (B2) 20 De⩽V(B)	23
	Cables uni o multiconductores en conductos de sección no circular en huecos de la construcción	*)	23A
	Conductores aislados con conductos de sección no circular embebidos en obra de fábrica con una resistividad térmica no superior a 2 m · K/W[7) 8) 6)]	1,5 De ⩽V <5 De (B2) 5 De⩽V<50 De (B)	24
	Cables uni o multiconductores embebidos en obra de fábrica con una resistividad térmica no superior a 2 m · K/W	*)	24A
	Cables con cubierta uni o multiconductores: □ En falsos techos. □ En falsos suelos[7) 8) 6)]	Ver 24	25
	Conductores aislados o cables unipolares en canales para instalaciónes (canaletas) fijadas a un tabique de madera: □ En sentido horizontal[10)] □ En sentido vertical[10) 11)]	 B B	31 32
	Cables multiconductores en canales para instalaciones (canaletas) fijadas a tabiques de madera: □ En sentido horizontal[10)] □ En sentido vertical[10) 11)]	 12) 12)	31A 32A
	Conductores aislados en canales para instalaciones (canaletas) empotrados en el suelo[10)]	B	33
	Cables multiconductores en canales para instalaciones (canaletas) empotrados en el suelo[10)]	B2	33A
	Conductores aislados en canales para instalaciones (canaletas) suspendidas[10)]	B	34
	Cables multiconductores en canales para instalaciones (canaletas) suspendidas[10)]	B2	34A
	Conductores aislados en tubos o cables multiconductores en canales de obra (atarjeas) cerrados en recorrido horizontal o vertical[11) 14)]	1,5 De ⩽V <20 De (B2) 20 De⩽V (B)	41
	Conductores aislados con tubos en canales de obra (atarjeas) ventiladas[13) 15)]	B	42

F
7

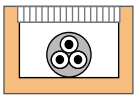
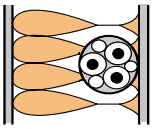
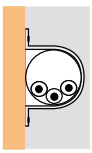
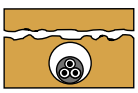
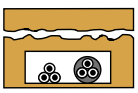
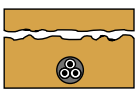
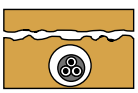
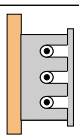
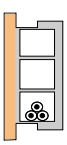
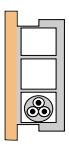
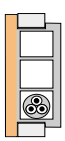
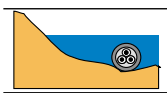
Ejemplo	Descripción	Método de ref. (52-B1)	Ref.
	Cables uni o multipolares en canales de obra (atarjeas) abiertos o ventilados[15]	B	43
  	Cables multiconductores con cubierta empotrados directamente en paredes térmicamente aislantes	A	51
	Cables con cubierta uni o multiconductores empotrados directamente en paredes, cuya resistividad térmica no sea superior a 2 m · K/W, sin protección mecánica complementaria[16]	C	52
	Cables con cubierta uni o multiconductores empotrados directamente en paredes, cuya resistividad térmica no sea superior a 2 m · K/W, sin protección mecánica complementaria[16]	C	53
   	Cables uni o multiconductores con cubierta en tubos o en conductos de sección no circular enterrados		61
	Cables uni o multiconductores con cubierta enterrados: ▫ Sin protección mecánica adicional ▫ Con protección mecánica adicional		 62 63
     	Conductores aislados en molduras[19]	A	71
	Conductores aislados, cables unipolares dentro de canales de zócalo	B[19]	72
	Cables multiconductores dentro de canales en los zócalos (*) Comportamiento para cables de comunicaciones y datos	B2	72A
	Conductores aislados en conductos o cables uni o multiconductores, dentro de los marcos de las puertas[17]	A	73
	Conductores aislados en conductos o cables uni o multiconductores, dentro de los marcos de las ventanas[17]	A	74
	Conductores aislados o cables uni o multipolares en canales enrasadas		75
	Cables uni o multiconductores con cubierta sumergidos en agua		81

Tabla F7-097: *métodos de instalación y clasificación para la determinación de las corrientes admisibles (52-B1).*

Notas:
1) La pared interior tiene una conductividad térmica no inferior a 10 W / m · °K.
2) La resistividad térmica de la obra de albañilería no es superior a 2 m · K/W.
3) Para un cable multiconductor directamente en muro aislado, véase referencia 51
4) En estudio por la CEI, pueden utilizarse los valores dados para el método B2.

5) Para ciertas aplicaciones puede ser más apropiado utilizar factores específicos, por ejemplo las tablas 52-E4 y 52-E5.
6) Estos valores pueden utilizarse también en recorridos verticales. Cuando las condiciones de ventilación están limitadas, la temperatura ambiente de la parte superior del trazado vertical corre el riesgo de incrementarse considerablemente. El tema está en estudio por la CEI.
7) V = menor dimensión o diámetro del hueco, o dimensión del alveolo del bloque vertical, hueco del techo o del suelo. Si V es mayor que 50 D_e, los métodos C, E o F son adecuados. La profundidad de un hueco es más importante que su anchura.
8) D_e = diámetro exterior de un cable multiconductor:
□ 2,2 veces el diámetro de un cable, cuando tres cables unipolares están instalados en triángulo;
□ 3 veces el diámetro de un cable cuando tres cables están instalados contiguos.
9) D_e = diámetro exterior del conductor o altura del bloque alveolado.
10) Los valores de la Tabla F7-131, columnas C1 a C4, C13 y C14, para el método B y B2 son válidos para un solo circuito. En el caso de varios circuitos, los factores de corrección de la Tabla F7-134 (52-E1) deben aplicarse, incluso, si se prevén tabiques de separación.
11) Deben tomarse precauciones en casos de trazados verticales y si las condiciones de ventilación están limitadas: la temperatura ambiente de la parte superior del trazado vertical corre el riesgo de aumentar. Este tema está en estudio por la CEI.
12) En estudio por la CEI. (Pueden utilizarse momentáneamente los valores indicados para el método B2).
13) Para cables multiconductores, instalados según el tipo de instalación n.º 42, se utilizará el método de referencia B2.
14) D_e = diámetro exterior del tubo.
V = altura interior del paso de conductores.
15) Es recomendable limitar el empleo de estos tipos de instalación en emplazamientos, donde su acceso está permitido sólo a personas autorizadas y donde sea posible evitar la reducción de corrientes admisibles y riesgos de incendio, debidos a la acumulación de residuos.
16) Para cables de sección no superior a 16 mm^2 la corriente admisible puede ser superior. (Ver apartado “Descripción de los métodos de referencia” pág. F/220.)
17) Se supone que la conductividad térmica del medio circundante es baja, debido a los materiales de construcción y a los posibles espacios de aire.
Cuando la construcción es térmicamente equivalente a los métodos 31 o 32, pueden utilizarse los métodos de referencia B o B2.

Selección e instalación de las canalizaciones en función de las influencias externas (ver pág. F/219)

Dimensiones de los cables:

■ Para cables multiconductores con aislamiento de polímeros cuyos conductores tengan una sección inferior o igual a 16 mm^2, los valores de corrientes admisibles se basan en los cables cuyas dimensiones sean apropiadas a los conductores circulares. Para conductores de mayor sección, se indican los valores para conductores sectoriales.

■ Las variaciones prácticas conocidas en la fabricación de cables (por ejemplo la forma del conductor) y las tolerancias de fabricación conducen a una gama de dimensiones posibles para cada sección nominal. Los valores indicados en las tablas se han elegido teniendo en cuenta estas variaciones de valores con garantía y uniendo los valores para una curva regular, en función de la sección nominal de los conductores.

■ Los valores de corrientes admisibles, los factores de temperatura ambiente y de agrupamiento dados se aplican a los cables sin armadura y a los conductores aislados de conformidad a las normas UNE 21.031, 21.123 y 21.157, siempre para los espesores de aislamiento correspondientes a tensiones de 1 kV en c.a., a 50 o 60 Hz y 1,5 kV en c.c.

■ Los valores de las tablas para cables multiconductores pueden utilizarse para cables armados, con la condición de que cada cable contenga todos los conductores de un circuito en c.a., y los valores estén dentro del margen de seguridad.

■ Los valores de las tablas pueden usarse igualmente con garantía para cables con conductor concéntrico y pantalla o envolvente metálica.

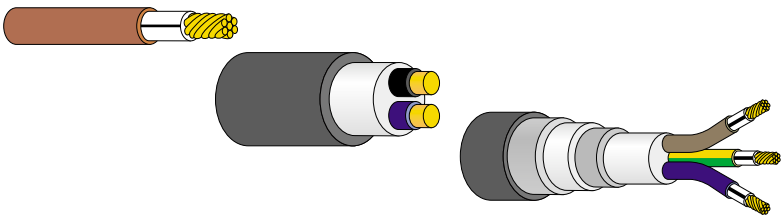
■ Los valores de las tablas pueden aplicarse para circuitos en corriente continua.

■ Las corrientes admisibles, indicadas en las tablas, están determinadas para

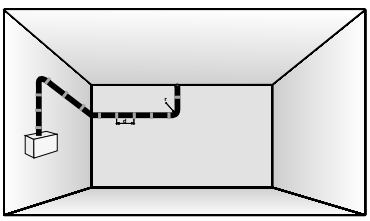
los tipos de conductores y cables aislados y para los tipos de instalación normalmente utilizados en las instalaciones eléctricas fijas:
□ la Tabla F7-097 indica los métodos de referencia de instalación y las correspondientes tablas de corrientes admisibles.
□ las Tablas F7-133 y F7-134 indican variaciones en los tipos de instalación, y el procedimiento a utilizar para reducir los valores de corriente admisibles en los métodos de referencia.

Conducciones con cables aislados fijados directamente sobre paredes:

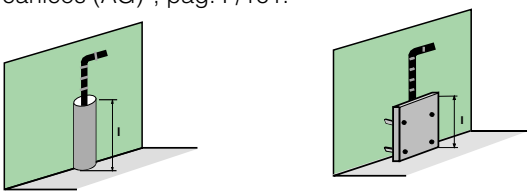
■ Se utilizarán cables de tensiones nominales no inferiores a 0,6/1 kV, de acuerdo a la norma UNE 20.460-5-52, provistos de aislamiento y cubierta (se incluyen cables armados o con aislamiento mineral).



■ Para la ejecución de las conducciones se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones:
□ Se fijarán sobre las paredes, por medio de bridas, abrazaderas o collares, de forma que no perjudiquen las cubiertas de los mismos.
□ Con el fin de que los cables no sean susceptibles de doblarse por efecto de su propio peso, los puntos de fijación de los mismos estarán suficientemente próximos. La distancia entre dos puntos de fijación sucesivos no excederá de 0,4 metros. Ver “Otros esfuerzos mecánicos (AJ)”, pág. F/162.



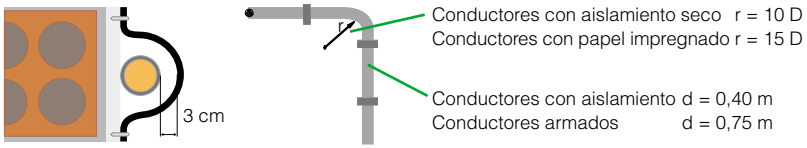
□ Cuando los cables deban disponer de protección mecánica, por el lugar y condiciones de instalación en que se efectúe la misma, se utilizarán cables armados. En caso de no utilizar estos cables, se establecerá una protección mecánica complementaria sobre los mismos. Ver “Impactos por efectos mecánicos (AG)”, pág. F/161.



□ Se evitará curvar los cables con un radio demasiado pequeño y salvo prescripción en contra fijada en la Norma UNE correspondiente al cable utilizado, este radio no será inferior a 10 veces el diámetro exterior del cable. Ver “Otros esfuerzos mecánicos (AJ)”, pág. F/162.
□ Los cruces de los cables con canalizaciones no eléctricas se podrán efectuar por la parte anterior o posterior a éstas, dejando una distancia mínima de

3 cm entre la superficie exterior de la canalización no eléctrica y la cubierta de los cables, cuando el cruce se efectúe por la parte anterior de aquélla. Ver "Fuentes externas de calor", pág. F/159 y "Presencia de agua", pág. F/160.

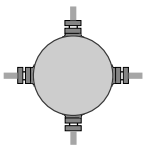
□ Los puntos de fijación de los cables estarán suficientemente próximos para evitar que esta distancia pueda quedar disminuida. Cuando el cruce de los cables requiera su empotramiento, para respetar la separación mínima de 3 cm, se seguirá lo dispuesto en el apartado "Conducciones entubadas", pág. F/235. Cuando el cruce se realice bajo molduras, se seguirá lo dispuesto en el apartado "Conducciones en molduras y zócalos", pág. F/230.



□ Los extremos de los cables serán estancos cuando las características de los locales o emplazamientos así lo exijan, utilizándose a este fin cajas u otros dispositivos adecuados. La estanqueidad podrá quedar asegurada con la ayuda de prensaestopas.

□ Los cables con aislamiento mineral, cuando lleven cubiertas metálicas, no deberán utilizarse en locales que puedan presentar riesgo de corrosión para las cubiertas metálicas de estos cables, salvo que esta cubierta esté protegida adecuadamente contra la corrosión.

□ Los empalmes y conexiones se harán por medio de cajas o dispositivos equivalentes, provistos de tapas desmontables que aseguren a la vez la continuidad de la protección mecánica establecida, el aislamiento de la inaccesibilidad de las conexiones y permitan su verificación en caso necesario.



Cables aislados en el interior de huecos de la construción:

■ Los cables colocados en el interior de huecos de la construcción, según UNE 20.460-5-52, serán de tensión nominal no inferior a 450/750 V.

■ Los cables con cubierta podrán instalarse directamente en los huecos de la construcción con la condición de que sean no propagadores de la llama.

■ Los huecos en la construcción admisibles para estas canalizaciones podrán estar dispuestos en muros, paredes, vigas, forjados o techos, adoptando la forma de conductos continuos o bien estarán comprendidos entre dos superficies paralelas como en el caso de falsos techos o muros con cámaras de aire.

■ En el caso de conductos continuos, éstos no podrán destinarse simultáneamente a otro fin (ventilación, etc.).

■ La sección de los huecos será, como mínimo, igual a cuatro veces la ocupada por los cables o tubos y su dimensión más pequeña no será inferior a dos veces el diámetro exterior de mayor sección de éstos, con un mínimo de 20 milímetros.

■ Las paredes que separen un hueco, que contenga canalizaciones eléctricas de los locales inmediatos, tendrán suficiente solidez para proteger éstas contra acciones previsibles.

■ Se evitarán, dentro de lo posible, las asperezas en el interior de los huecos y los cambios de dirección de los mismos en un número elevado o de pequeño radio de curvatura.

■ La canalización podrá ser reconocida y conservada sin que sea necesaria la destrucción parcial de las paredes, techos, etc., o sus guarnecidos y decoraciones.

■ Los empalmes y derivaciones de los cables serán accesibles, disponiéndose para ellos las cajas de derivación adecuadas.
■ Normalmente, como los cables solamente podrán fijarse en puntos bastante alejados entre sí, puede considerarse que el esfuerzo resultante de un recorrido vertical libre, no superior a 3 metros, quede dentro de los límites admisibles.

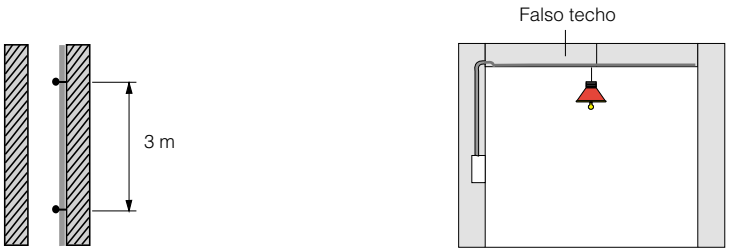


Fig. F7-098: *instalaciones en huecos de la construcción.*

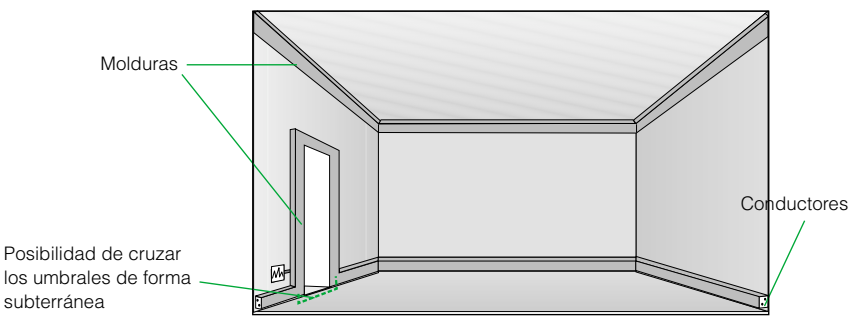
■ Se tendrá en cuenta, al disponer de puntos de fijación, que no debe quedar comprometida ésta cuando se suelten los bornes de conexión, especialmente en recorridos verticales, y se trate de bornes que están en su parte superior.
■ Se evitará que puedan producirse infiltraciones, fugas o condensaciones de agua que puedan penetrar en el interior del hueco, prestando especial atención a la impermeabilidad de sus muros exteriores, así como a la proximidad de tuberías de conducción de líquidos, penetración de agua al efectuar la limpieza de suelos, posibilidad de acumulación de aquella en partes bajas del hueco, etc.
■ Cuando no se tomen las medidas para evitar los riesgos anteriores, las canalizaciones cumplirán las prescripciones establecidas para las instalaciones en locales húmedos e incluso mojados que pudieran afectarles.

Conducciones con cables aislados bajo canales protectoras

■ La canal protectora es un material de instalación constituido por un perfil de paredes perforadas o no, destinado a alojar conductores o cables y cerrado por una tapa desmontable.
■ Las canales deberán satisfacer lo establecido en la ITC-BT-21.
■ En las canales protectoras de grado de protección a IP 4X o clasificadas como “canales con tapa de acceso que puede abrirse sin herramientas”, según la Norma UNE-EN 50085-1, sólo podrá utilizarse cable aislado bajo cubierta estanca, de tensión asignada mínima 300/500 V.

Conducciones en molduras y zócalos:

■ Estas canalizaciones están constituidas por cables alojados en ranuras bajo molduras. Podrán utilizarse únicamente en locales o emplazamientos clasificados como secos, temporalmente húmedos o polvorientos.
■ Los cables serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.



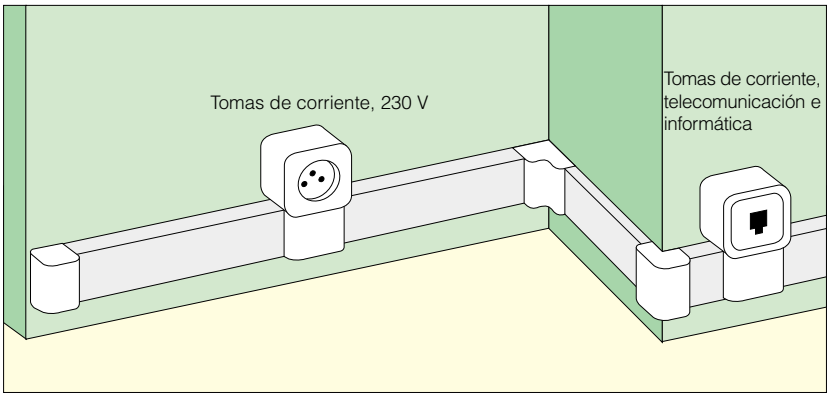


Fig. F7-099: *instalaciones con conducciones en molduras y zócalos.*

Tipos de molduras y zócalos:

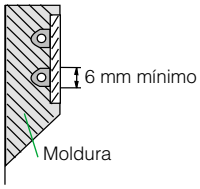
■ El bucle puede ser realizado por:

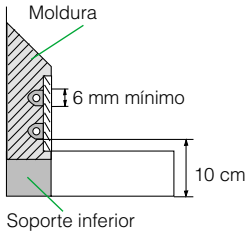
□ Un sistema estilizado de molduras o zócalos en materia plástica o de madera.

□ El sistema comprende un zócalo acanalado con tapa y los accesorios necesarios para permitir realizar uniones, derivaciones, cambios de dirección, cubiertas de final de bucle, instalación de aparamenta, asegurando una buena conducción, continuidad, aislamiento y mantener el grado de protección IP e IK correspondiente a lo largo de la instalación.

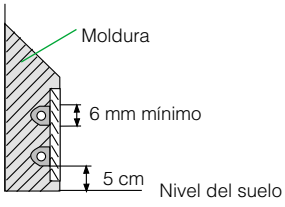
■ Condiciones de instalación:

□ La anchura de las ranuras destinadas a recibir cables rígidos, de sección igual o inferior a 6 mm^2, será como mínimo, de 6 mm.





□ Las canalizaciones podrán colocarse al nivel del techo o inmediatamente encima de los rodapiés. En ausencia de éstos, la parte inferior de la moldura estará, como mínimo, a 10 cm por encima del suelo.

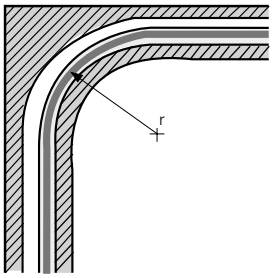


□ En caso de utilizarse rodapiés ranurados, el conductor aislado más bajo estará, como mínimo, a 1,5 cm por encima del suelo.

□ Cuando no puedan evitarse cruces de estas canalizaciones con las destinadas a otro uso (agua, gas, etc.), se utilizará una moldura especialmente concebida para estos cruces o preferentemente un tubo rígido empotrado que sobresaldrá por una y otra parte del cruce. La separación entre dos canalizaciones que se crucen será, como mínimo, de 1 cm, en el caso de utilizar molduras especiales para el cruce, y 3 cm, en el caso de utilizar tubos rígidos empotrados.

□ El zócalo acanalado no debe ubicarse en las molduras de obra o yeso y la tapa del zócalo debe ser accesible a lo largo de la instalación.

□ No es adecuado situar zócalos acanalados a menos de 6,5 cm de un conducto de humos.
□ El paso de puertas o ventanas puede asegurarse:
– Por los marcos o faldones ranurados.
– Por una canalización a una profundidad mínima de 5 cm por debajo del suelo del umbral de la puerta. (Esta solución no es útil en locales húmedos o que puedan infiltrar humedad en el suelo.)
□ Sólo pueden utilizarse los conductores aislados que necesitan de una herramienta para quitar su cubierta y que la regleta que los ubica corresponde a un grado de protección IP 4X o IP 2XD.
□ Los circuitos eléctricos deben colocarse en compartimentos de regletas diferentes a los del teléfono, la televisión y los circuitos informáticos.
□ La altura mínima del eje de los alvéolos de las tomas de corriente con respecto al suelo debe ser:
– 5 cm para las tomas de corriente de 16 a 20 A
– 12 cm para las tomas de corriente de 32 A



Condiciones de empleo según los locales		
Molduras, zócalos, marcos ranurados	Estancia, habitación, desván, recibidor, cocina... IP X0	Salas con agua, servicios, sótanos, garaje, despensa... IP > X1
Plástico	Aceptado	Aceptado si el IP no es inferior al correspondiente de la sala
Madera	Aceptado	

Tabla. F7-100: *condiciones de empleo de las conducciones en molduras y zócalos en función de las condiciones ambientales del local.*

Condiciones específicas para molduras y zócalos de plástico:
■ Deben instalarse con tapas finales para poder mantener el grado de protección IP.
■ Se admite la ejecución de conexiones en el interior de las regletas al ser éstas aislantes.
■ Los conductores deben albergarse de forma holgada en las celdillas de las canaletas.
■ Las tomas de corriente de 16 A se aceptan situadas sobre el muro (instalación vista, no empotrada).
■ Las condiciones de paso de más de un circuito por una misma celdilla son:
□ Todos los conductores disponen del mismo aislamiento correspondiente al circuito de máxima tensión.
□ Todos los circuitos son protegidos de forma individual contra las sobreintensidades.
□ Todos los circuitos se alimentan de una misma fuente o derivación.

Es recomendable la utilización de conducciones en molduras o zócalos de múltiples cavidades como reserva para futuras instalaciones.

Condiciones específicas para molduras y zócalos de madera:

■ Deben instalarse con tapas finales para poder mantener el grado de protección IP.

■ Se admite la ejecución de conexiones en el interior de las regletas, al no ser conductora la madera.

■ Los conductores deben albergarse de forma holgada en las celdillas de las canaletas.

■ Las condiciones de paso de más de un circuito por una misma celdilla son:

□ Todos los conductores disponen del mismo aislamiento, correspondiente al circuito de máxima tensión.

□ Todos los circuitos son protegidos de forma individual contra las sobreintensidades.

□ Todos los circuitos se alimentan de una misma fuente o derivación.

Conducciones con cables aislados bajo canales protectoras

La canal protectora es un material de instalación constituido por un perfil de paredes perforadas o no, destinado a alojar conductores o cables y cerrado por una tapa desmontable.

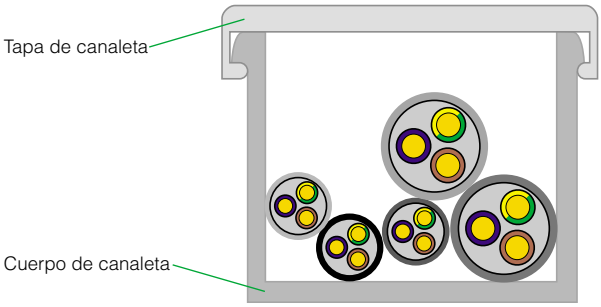


Fig. F7-101: *instalaciones con canaletas.*

Generalidades:

■ La Instrucción Técnica Complementaria que regula la utilización de las canales es la ITC-BT-21, la cual queda desarrollada en este apartado.

■ Las canales serán conformes a lo dispuesto en las normas de la serie UNE-EN 50.085 y se clasificarán según lo establecido en la misma.

■ Las características de protección deben mantenerse en todo el sistema y para garantizar éstas, la instalación debe realizarse siguiendo las instrucciones del fabricante.

■ En las canales protectoras de grado IP4X o superior y clasificadas como “canales con tapa de acceso que sólo pueden abrirse con herramientas”, según la norma UNE-EN 50.085-1, se podrá:

□ Utilizar cable aislado sin cubierta, de tensión asignada 450/750 V.

□ Colocar mecanismos tales como interruptores, tomas de corriente, dispositivos de mando y control, etc., en su interior, siempre que se fijen de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

□ Realizar empalmes de conductores en su interior y conexiones a los mecanismos.

■ En las canales protectoras de grado de protección inferior a IP4X o clasificadas como “canales con tapa de acceso que pueden abrirse sin herramientas”, según la norma UNE-EN 50.085-1, sólo podrá utilizarse cable aislado bajo cubierta estanca, de tensión asignada mínima 300/500 V.

Características de las canaletas

En las canalizaciones para instalaciones de superficie ordinaria, las características mínimas de las canales serán las indicadas en la Tabla F7-102.

Características mínimas para canalizaciones superficiales ordinarias		
Característica	Grado	
Dimensión del lado mayor de la sección transversal	⩾ 16 mm	> 16 mm
Resistencia al impacto	Muy ligera	Media
Temperatura mínima de instalación y servicio	+ 15 °C	– 5 °C
Temperatura máxima de instalación y servicio	+ 60 °C	+ 60 °C
Propiedades eléctricas	Aislante	Continuidad eléctrica/aislante
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	No inferior a 2
Resistencia a la penetración de agua	No declarada	
Resistencia a la propagación de la llama	No propagador	

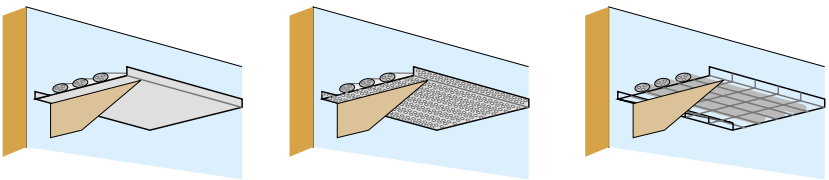
Tabla F7-102: *características de las canaletas.*

■ El cumplimiento de estas características se realizará según los ensayos indicados en las normas UNE-EN 50.085.
■ El número máximo de conductores que pueden ser alojados en el interior de una canal será el compatible con un tendido fácilmente realizable y considerando la incorporación de accesorios en la misma canal.
■ Salvo otras prescripciones en instrucciones particulares, las canales protectoras para aplicaciones no ordinarias deberán tener unas características mínimas de resistencia a la penetración de objetos sólidos y de resistencia a la penetración de agua, adecuadas a las condiciones del emplazamiento al que se destina; asimismo las canales serán no propagadoras de la llama. Dichas características serán conformes a las normas de la serie UNE-EN 50.085.

Condiciones de instalación:
■ Atendiendo las instrucciones y consejos de este manual, la instalación y puesta en obra de las canales protectoras cumple lo indicado en la norma UNE 20.460-5-52 y en las Instrucciones ITC-BT-19 e ITC-BT-20.
■ El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan al local donde se efectúa la instalación.
■ Las canales de materiales conductores deben conectarse a la red de tierra, su continuidad eléctrica quedará convenientemente asegurada.
■ No se deben utilizar las canales como conductores de protección o de neutro, salvo lo dispuesto en la construcción ITC-BT-18 para canalizaciones prefabricadas.
■ La tapa de las canales quedará siempre accesible.

Cables aislados en bandejas o soporte de bandejas:

■ Sólo se utilizarán cables aislados con cubierta (incluidos cables armados o con aislamiento mineral), unipolares o multipolares según norma UNE 20.460-5-52.



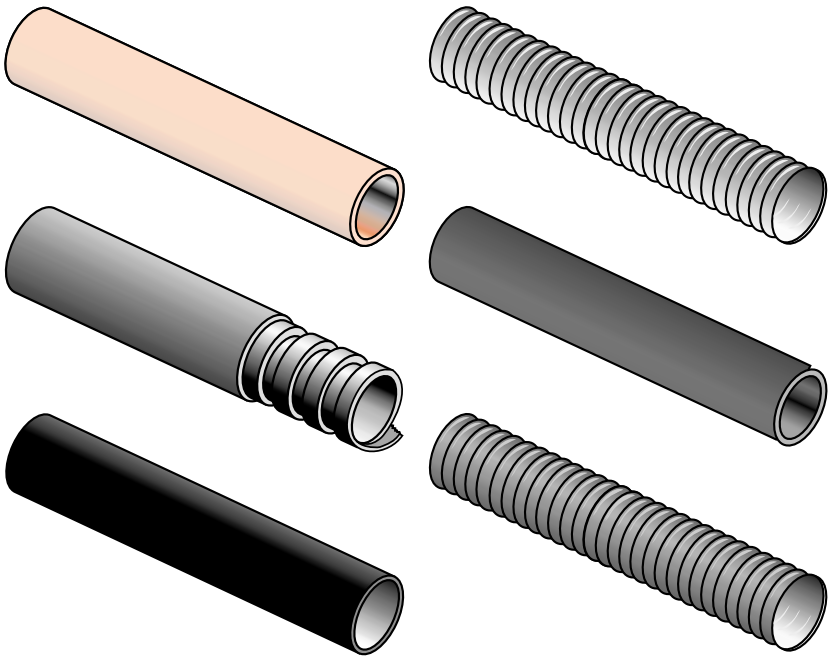
Conducciones en tubos:

■ Las conducciones de tubo pueden ser de:
□ superficie,
□ empotradas,
□ situadas en huecos de la construcción.

■ El concepto de una conducción con tubos comporta los tubos y sus accesorios (uniones, racors, tapones de final de conducción, cambios de dirección.)

■ Los tubos y sus accesorios deben mantener a lo largo de la instalación las mismas características, el mismo grado de protección IP e IK.

■ Los tubos se clasifican según lo dispuesto en las normas siguientes:
□ UNE-EN 50.086-2-1: Sistemas de tubos rígidos
□ UNE-EN 50.086-2-2: Sistemas de tubos curvables
□ UNE-EN 50.086-2-3: Sistemas de tubos flexibles
□ UNE-EN 50.086-2-4: Sistemas de tubos enterrados.



■ La superficie interior de los tubos no deberá presentar en ningún punto aristas, asperezas o fisuras susceptibles de dañar los conductores o cables aislados o de causar heridas a instaladores o usuarios.

■ Las dimensiones de los tubos se definen en las recomendaciones de este manual en concordancia con:
□ Los utilizados para instalaciones electricas vistas con unión por rosca, se prescriben en la UNE-EN 60.426.
□ Los utilizados para instalaciones enterradas, las dimensiones se corresponden con las indicadas en la norma UNE-EN 50.086-2-4.
□ Para el resto de instalaciones, las dimensiones de los tubos serán las establecidas en la norma correspondiente de las citadas anteriormente.

■ La denominación se realiza en función del diámetro exterior.

■ El diámetro interior mínimo deberá ser declarado por el fabricante.

■ La resistencia a los efectos del fuego, considerados en la norma particular para cada tipo de tubo, se seguirá en lo establecido por la aplicación de la Directiva de Productos de la Construcción (89/106/CEE). Los tubos propagadores de llama están prohibidos.

Denominación de las conducciones según la CEI

Nuevo código de designación	3	90	3	2	8	6	1	2	25
Código de marcaje obligatorio									
1.ª cifra									
Propiedades mecánicas									
Resistencia mecánica media:									
Muy ligera	1								
Ligera	2								
Media	3								
Elevada	4								
Muy elevada	5								
2.ª y 3.ª cifras									
Clasificación a la resistencia térmica									
Conducciones clase:									
–5		05							
–25		25							
+90		90							
Código de marcaje complementario									
1.ª cifra complementaria									
Aptitud a la flexión (rigidez mecánica)									
Rígidos			1						
Curvables			2						
Transversalmente elástico			3						
Flexible			4						
2.ª cifra complementaria									
Propiedades eléctricas									
Con continuidad eléctrica				1					
Previstos para ser utilizados como aislamiento complementario				2					
Con continuidad eléctrica y previstos para ser utilizados como aislante					3				
Complementario									
3.ª cifra complementaria. Resistencia a la penetración del agua asegurando una protección contra:									
El agua de lluvia					3				
A la proyección de agua					4				
Al chorro de agua					5				
A los golpes de mar					6				
A efectos de inmersión temporal					7				
A inmersión prolongada					8				
4.ª cifra complementaria. Resistencia a la penetración de cuerpos sólidos, asegurando una protección a:									
Los cuerpos sólidos superiores a 2,5 mm						3			
Los cuerpos sólidos superiores a 1 mm						4			
Al polvo						5			
Totalmente estanco al polvo						6			
5.ª cifra complementaria. Resistencia a la corrosión de forma:									
Externa e interna ligera							1		
Externa mediana e interna ligera							2		
Externa e interna mediana							3		
Externa elevada e interna ligera							4		
Externa elevada e interna mediana							5		
Externa e interna mediana							6		
6.ª cifra complementaria. Resistencia a los rayos solares, con una protección:									
Ligera								1	
Mediana								2	
Elevada								3	
N.º indicador del diámetro exterior en mm 16 - 20 - 25 - 32 - 40 - 50 - 63									

Tabla F7-103: *tabla de las denominaciones de los conductos de tubo conforme a la CEI - UNE.*

Instalaciones de superficie (vistas):

■ Los tubos deberán ser preferentemente rígidos y, en casos especiales, podrán usarse tubos curvables cuyas características mínimas serán las expresadas en la tabla.

Características mínimas para tubos en canalizaciones superficiales ordinarias fijas		
Características	Código	Grado
Resistencia a la compresión	4	Fuerte
Resistencia al impacto	3	Media
Temperatura mínima de instalacion y servicio	2	–5 °C
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+60 °C
Resistencia al curvado	1 - 2	Rígido/curvable
Propiedades dieléctricas	1 - 2	Continuidad eléctrica/aislante
Resistencia a la penetración de cuerpos sólidos	4	Contra objetos. D ≥ 1 mm
Resistencia a la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15°
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

Tabla F7-104: *características de los tubos para instalaciones vistas.*

Para la ejecución de las canalizaciones bajo tubos protectores, se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes:

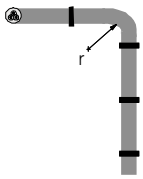
■ El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas verticales y horizontales, o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se efectúa la instalación.

■ Los tubos se unirán entre sí mediante manguitos adecuados a su clase de protección (IP e IK), que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.

■ Los tubos aislantes rígidos curvables en caliente podrán ser ensamblados entre sí en caliente, recubriendo el empalme con una cola especial cuando se precise una unión estanca.

■ Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles. Los radios mínimos de curvatura para cada clase de tubo serán los especificados por el fabricante conforme a UNE-EN 50.086-2-2.

■ Los radios mínimos aconsejados son:



Radios de curvatura de los tubos para conducciones eléctricas					
Diámetro nominal	Radio mínimo de curvatura (mm)				
(mm^2)	(1) (2) (4)	(3)	(5)	(6)	(7)
9	90	85	54	48	53
11	110	95	66	58	65
13	120	105	75	65	71
16	135	120	86	75	79
21	170	–	–	–	100
23	–	165	115	100	–
29	200	200	140	125	130
36	250	225	174	150	165
48	300	235	220	190	210

Leyenda:
(1) Tubos metálicos rígidos blindados.
(2) Tubos metálicos rígidos blindados, con aislamiento interior.
(3) Tubos metálicos rígidos normales, con aislamiento interior.
(4) Tubos aislantes rígidos normales.
(5) Tubos aislantes flexibles normales.
(6) Tubos metálicos flexibles normales, con o sin aislamiento interior.
(7) Tubos metálicos flexibles blindados, con o sin aislamiento interior.

Fig. F7-105: *tabla de los radios mínimos de curvatura de los tubos.*

■ Número de pliegues para curvar tubos metálicos normales con o sin aislamiento, en función del diámetro.

Nota: hoy en día prácticamente en desuso.

Número de pliegues y distancias para curvar tubos a 90°		
Diámetro nominal de los tubos (mm)	N.º de plieges	Distancia aproximada entre pliegues (mm)
9	20+/–2	5
11	20+/–2	6,5
13	20+/–2	7
16	25+/–5	8
23	30+/–5	8
29	30+/–5	8

Fig. F7-106: *tabla del número de pliegues para curvar tubos metálicos.*

■ Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. La distancia entre éstas será, como máximo, de 0,50 metros. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.

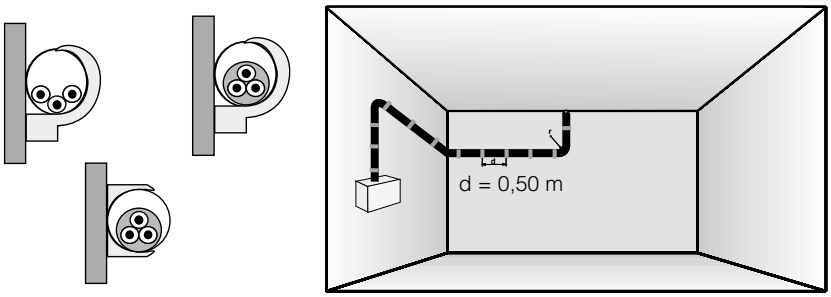


Fig. F7-107: *colocación de conductores en tubos sobre paredes.*

■ Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan, curvándose o usando los accesorios necesarios.
■ En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo, respecto a la línea que une los puntos extremos, no serán superiores al 2 por 100.
■ Es conveniente disponer los tubos, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2,50 metros sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.
■ En los cruces de tubos rígidos con juntas de dilatación de un edificio, deberán interrumpirse los tubos, quedando los extremos del mismo separados entre sí 5 centímetros aproximadamente, y empalmándose posteriormente mediante manguitos deslizantes que tengan una longitud mínima de 20 centímetros.
■ Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocarlos, y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 metros. El número de curvas en ángulo, situadas entre dos registros consecutivos, no será superior a 3. Los conductores se alojarán normalmente en los tubos después de colocados éstos.

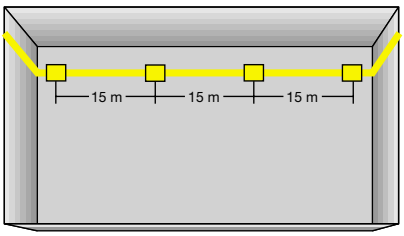


Fig. F7-108: *distancias máximas de colocación de las cajas de registro o empalme, en tramos rectos.*

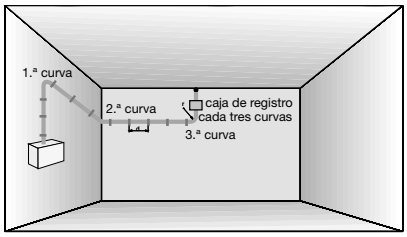


Fig. F7-109: *distancias máximas de colocación de las cajas de registro de tramos curvos.*

■ Los registros podrán estar destinados únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación.
■ Durante la instalación de los conductores, para que su aislamiento no pueda ser dañado por su roce con los bordes libres de los tubos, los extremos de éstos, cuando sean metálicos y penetren en una caja de conexión o aparato, estarán provistos de boquillas con bordes redondeados o dispositivos equivalentes, o bien los bordes estarán convenientemente redondeados.
■ En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrán en cuenta las posibilidades de que se produzcan condensaciones de agua en su interior, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación, previendo la evacuación y estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado, como puede ser, por ejemplo, el uso de una "T" de la que uno de los brazos no se emplea.

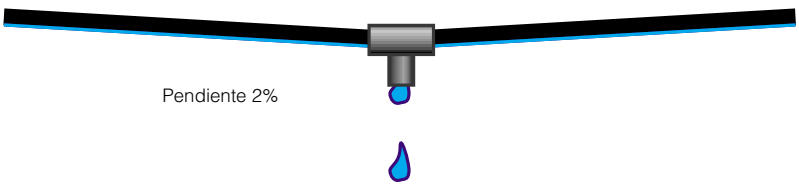


Fig. F7-110: *colocación de evacuadores de condensaciones.*

■ Los tubos metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra. Su continuidad eléctrica deberá quedar convenientemente asegurada. En el caso de

utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 metros.

■ No podrán utilizarse tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.

■ Los tubos deberán tener un diámetro tal que permitan un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. En la tabla figuran los diámetros exteriores mínimos de los tubos, en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

■ Diámetro exterior mínimo de los tubos, en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

Sección nominal de los conductores unipolares (mm^2)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	16
2,5	12	12	16	16	20
4	12	16	20	20	20
6	12	16	20	20	35
10	16	20	25	32	32
16	16	25	32	32	32
25	20	32	32	40	40
35	25	32	40	40	50
50	25	40	50	50	50
70	32	40	50	63	63
95	32	50	63	63	75
120	40	50	63	75	75
150	40	63	75	75	–
185	50	63	75	–	–
240	50	75	–		

Fig. F7-111: *tabla de los diámetros mínimos de los tubos para albergar los conductores.*

■ Para más de 5 conductores por tubo o para conductores aislados o cables de secciones diferentes a instalar en el mismo tubo, su sección interior será, como mínimo, igual a 3 veces la sección ocupada por los conductores.

■ A fin de evitar los efectos del calor emitido por fuentes extremas (distribuciones de agua caliente, aparatos y luminarias, procesos de fabricación, absorción del calor del medio circundante, etc.) las canalizaciones se protegerán utilizando los siguientes métodos eficaces:

□ Pantallas de protección calorífuga.

□ Alejamiento suficiente de las fuentes de calor.

□ Elección de la canalización adecuada que soporte los efectos nocivos que se puedan producir.

□ Modificación del material aislante a emplear.

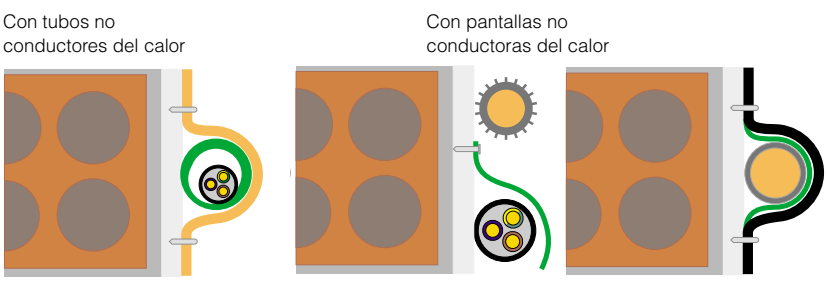


Fig. F7-112: *protección de las conducciones de puntos de emisión de calor.*

Cruces con otras canalizaciones

Para cruzar otras conducciones, los conductores deberán separarse de las mismas 3 cm. En caso de molduras preparadas y ensayadas para tal efecto, podrán colocarse a una separación de 1 cm.

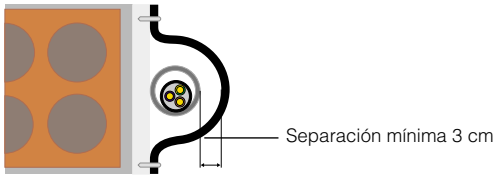


Fig. F7-113: *cruces con otras conducciones.*

Instalaciones fijas empotradas:

■ En las canalizaciones empotradas, los tubos protectores podrán ser rígidos, curvables o flexibles; efectuaremos dos distinciones en función de la naturaleza del espacio con que han de quedar embebidos:

□ Para tubos empotrados en obras de fábrica (paredes, techos y falsos techos), serán flexibles o curvables y sus características mínimas se describen en la Tabla F7-114.

□ Para tubos empotrados embebidos en hormigón, serán flexibles o curvables y sus características mínimas se describen en la Tabla F7-115.

Características mínimas para tubos en canalizaciones empotradas ordinarias en obra de fábrica (paredes, techos y falsos techos), huecos de la construcción y canales protectoras de obra		
Características	Código	Grado
Resistencia a la compresión	2	Ligera
Resistencia al impacto	2	Ligera
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	–5 °C
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+60 °C
Resistencia al curvado	1-2-3-4	Cualquiera de las especificadas
Propiedades dieléctricas	0	No declaradas
Resistencia a la penetración de cuerpos sólidos	4	Contra objetos D > 1 mm
Resistencia a la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15°
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

Tabla F7-114: *características de los tubos para instalaciones empotradas.*

■ El cumplimiento de las características indicadas en las Tablas F7-114 y F7-115 se realizará según los ensayos indicados en las normas UNE-EN 50.086-2-1 para tubos rígidos, UNE-EN 50.086-2-2 para tubos curvables y UNE-EN 50.086-2-3 para tubos flexibles.

Características mínimas para tubos en canalizaciones empotradas ordinarias, embebidas en hormigón y para canalizaciones precableadas		
Características	Código	Grado
Resistencia a la compresión	3	Media
Resistencia al impacto	3	Media
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	–5 °C
Temperatura máxima de instalación y servicio	2	+90 °C(1)
Resistencia al curvado	1-2-3-4	Cualquiera de las especificadas
Propiedades dieléctricas	0	No declaradas
Resistencia a la penetración de cuerpos sólidos	5	Protegido contra el polvo
Resistencia a la penetración del agua	3	Protección contra el agua en forma de lluvia
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

(1) Para canalizaciones precableadas ordinarias empotradas en obra de fábrica (paredes, techos y falsos techos), se acepta una temperatura máxima de instalación y servicio código 1; +60 °C.

Tabla F7-115: *características de los tubos para instalaciones embebidas en hormigón.*

■ Los tubos deberán tener un diámetro tal que permitan un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. En la Tabla F7-116 figuran los diámetros exteriores mínimos de los tubos, en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

Diámetro exterior mínimo de los tubos, en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir					
Sección nominal de los conductores unipolares (mm^2)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	20
2,5	12	16	20	20	20
4	12	16	20	20	25
6	12	16	25	25	25
10	16	25	25	32	32
16	20	25	32	32	40
25	25	32	40	40	50
35	25	40	40	50	50
50	32	40	50	50	63
70	32	50	63	63	63
95	40	50	63	75	75
120	40	63	75	75	–
150	50	63	75	–	–
185	50	75	–	–	–
240	63	75	–	–	–

Fig. F7-116: *tabla de los diámetros mínimos de los tubos para albergar los conductores empotrados.*

■ Para más de 5 conductores por tubo o para conductores aislados o cables de secciones diferentes a instalar en el mismo tubo, su sección interior será, como mínimo, igual a 3 veces la sección ocupada por los conductores.
■ Cuando los tubos se coloquen empotrados, se tendrán en cuenta las recomendaciones de la Tabla F-114, y las siguientes consideraciones:
□ En la instalación de los tubos en el interior de los elementos de la construcción, las rozas no pondrán en peligro la seguridad de las paredes o techos en que se practiquen. Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 centímetro de espesor, como mínimo. En los ángulos, el espesor de esta capa puede reducirse a 0,5 centímetros.
□ No se instalarán entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación eléctrica de las plantas inferiores.
□ Para la instalación correspondiente a la propia planta, únicamente podrán instalarse, entre forjado y revestimiento, tubos que deberán quedar recubiertos por una capa de hormigón o mortero de 1 centímetro de espesor, como mínimo, además del revestimiento.
□ En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o "T" apropiados, pero en este último caso sólo se admitirán los provistos de tapas de registro.
□ Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra. Los registros y cajas quedarán enrasados con la superficie exterior del revestimiento cerrado y practicable.
□ En el caso de utilizarse tubos empotrados en paredes, es conveniente disponer de recorridos horizontales a 50 centímetros, como máximo, de suelo o techos y los verticales a una distancia de los ángulos de esquinas no superior a 20 cm.
■ Cuando los tubos se coloquen en huecos de la construcción, se tendrán en cuenta las recomendaciones de la Tabla F-115, y las siguientes consideraciones:
□ La canalizaciones ordinarias precableadas, destinadas a ser empotradas en ranuras realizadas en obra de fábrica (paredes, techos y falsos techos), serán flexibles o curvables y sus características mínimas para instalaciones ordinarias serán las indicadas en la Tabla F7-115.
□ Las canalizaciones deberán realizarse con conductores aislados bajo conducto, con la condición que éstos puedan retirarse o inspeccionarse en los elementos de construcción ubicados.
□ Deben satisfacer los ensayos de autoextinguibilidad.
□ Las conexiones deberán realizarse en cajas adecuadas accesibles al exterior.
□ En los huecos verticales las conducciones deberán sujetarse para evitar la tensión de su peso cada 3 m como mínimo (en vertical).
□ El hueco deberá ser 4 veces el diámetro de la conducción.
□ El tubo flexible también es adecuado para estos menesteres.

Sujeción de los tubos en huecos de la construcción

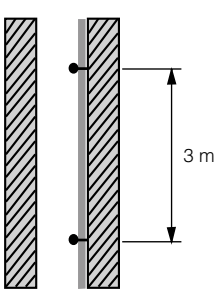


Fig. F7-117: *fijación de los tubos en huecos de la construcción.*

Elementos constructivos	Colocación del tubo antes de terminar la construcción y revestimiento (*)	Preparación de la roza o alojamiento durante la construcción	Ejecución de la roza después de la construcción y revestimiento	Observaciones
Muros de:				
ladrillo macizo	Sí	X	Sí	
ladrillo hueco, siendo el n.º de huecos en sentido transversal:				Unicamente en rozas verticales y en las horizontales situadas a una distancia del borde superior del muro inferior a 50 cm.
– uno	Sí	X	Sí	La roza, en profundidad, solo interesará a un tabiquillo de hueco de ladrillo.
– dos o tres	Sí	X	Sí	La roza, en profundidad, sólo interesará a un tabiquillo de hueco por ladrillo.
– más de tres	Sí	X	Sí	No se colocarán los tubos en diagonal.
bloques macizos de hormigón .	Sí	X	X	
bloques huecos de hormigón ..	Sí	X	No	
hormigón en masa	Sí	Si	X	
hormigón armado	Sí	Si	X	
Forjados:				
placas de hormigón	Sí	Sí	No	
forjados con nervios	Sí	Sí	No	
forjados con nervios y elementos de relleno	Sí	Sí	No (**)	
forjados con viguetas ..... y bovedillas	Sí	Sí	No (**)	
forjados con viguetas ..... y tableros y revoltón	Sí	Sí	No (**)	
de rasilla	Sí	Sí	No	

X: Difícilmente aplicable en la práctica.
(*): Tubos blindados únicamente.
(**): Es admisible practicar un orificio en la cara inferior del forjado para introducir los tubos en el hueco longitudinal del mismo.

Tabla F7-118: *recomendaciones de obra para intalaciones con tubos empotrados.*

Instalaciones enterradas:

■ El suelo:

□ Se considera suelo ligero aquel suelo uniforme que no sea del tipo pedregoso y con cargas superiores ligeras como, por ejemplo, aceras, parques y jardines.

□ Se considera suelo pesado aquel de tipo pedregoso y duro con cargas superiores pesadas como, por ejemplo, calzadas y vías férreas.

■ El cumplimiento de estas características se realiza según los ensayos indicados en la norma UNE-EN 50.086-2-4.

■ En las canalizaciones enterradas, los tubos protectores serán conformes a lo establecido en la norma UNE-EN 50.086-2-4 y sus características mínimas serán, para las instalaciones ordinarias, las indicadas en la Tabla F7-119.

Características mínimas para tubos en canalizaciones enterradas		
Características	Código	Grado
Resistencia a la compresión	NA	250 N /450 N /750 N
Resistencia al impacto	NA	Ligero / Normal
Temperatura mínima de instalación y servicio	NA	NA
Temperatura máxima de instalación y servicio	NA	NA
Resistencia al curvado	1-2-3-4	Cualquiera de las especificadas
Propiedades dieléctricas	0	No declaradas
Resistencia a la penetración de cuerpos sólidos	4	Protegido contra objetos D ≥ 1 mm
Resistencia a la penetración del agua	3	Protección contra el agua en forma de lluvia
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	0	No declarada
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

NA: No aplicable.
(*) Para tubos embebidos en hormigón aplica 250 N y grado Ligero; para tubos en el suelo ligero aplica 450 N y grado Normal; para tubos en el suelo pesados aplica 750 N y grado Normal.

Tabla F7-119: *características de los tubos para instalaciones subterráneas.*

■ Los tubos deberán tener un diámetro tal que permitan un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. En la Tabla F7-120 figuran

Diámetro exterior mínimo de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir					
Sección nominal de los conductores unipolares (mm^2)	Diámetro exterior de los tubos (mm) Número de conductores				
	<6	7	8	9	10
1,5	25	32	32	32	32
2,5	32	32	40	40	40
4	40	40	40	40	50
6	50	50	50	63	63
10	63	63	63	75	75
16	63	75	75	75	90
25	90	90	90	110	110
35	90	110	110	110	125
50	110	110	125	125	140
70	125	125	140	160	160
95	140	140	160	160	180
120	160	160	180	180	200
150	180	180	200	200	225
185	180	200	225	225	250
240	225	225	250	250	–

Fig. F7-120: *tabla de los diámetros mínimos de los tubos para albergar los conductores enterrados.*

los diámetros exteriores mínimos de los tubos, en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

■ Para más de 10 conductores por tubo o para conductores o cables de secciones diferentes a instalar en el mismo tubo, su sección interior será, como mínimo, igual a 4 veces la sección ocupada por los conductores.

■ Las conducciones deben protegerse:

□ Del efecto de apisonado de las tierras. Instalándolos a un mínimo de 60 cm del suelo y de acuerdo a lo establecido para cruzamientos. Esta profundidad puede variarse en función de la calidad del terreno, siempre que no soporten los efectos de la compactación. (Ver apartado “Otros esfuerzos mecánicos (AJ)”, pág. F/162.)

□ Del contacto con cuerpos duros.

□ Del choque de las herramientas mecánica de apertura de zanjas.

□ De las acciones químicas de los componentes del terreno.

□ Los empalmes y finales de línea deberán protegerse de forma que queden estancos.

■ Los cruzamientos:

□ Deberán cumplir los mínimos tecnológicos del Reglamento de BT y las disposiciones particulares de los entes con capacidad normativa, en sus respectivas zonas de responsabilidad.

□ Calles y carreteras: paso por aceras y caminos peatonales. (Ver apartado “Cruzamientos”, pág. F/208.)

Montaje al aire de instalaciones aéreas cortas para alimentaciones de máquinas:

■ En canalizaciones al aire, destinadas a la alimentación de máquinas o elementos de movilidad restringida, los tubos serán flexibles, y sus características mínimas para instalaciones ordinarias serán las indicadas en la Tabla F7-121.

■ Se recomienda no utilizar este tipo de instalación para secciones nominales de conductores superiores a 16 mm^2.

Características mínimas para canalizaciones de tubos al aire o aéreas		
Características	Código	Grado
Resistencia a la compresión	4	Fuerte
Resistencia al impacto	3	Media
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	–5 °C
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+60 °C
Resistencia al curvado	4	Flexible
Propiedades dieléctricas	1 - 2	Continuidad/aislado
Resistencia a la penetración de cuerpos sólidos	4	Contra objetos D > 1 mm
Resistencia a la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15°
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	2	Ligera
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	2	Ligera

Tabla F7-121: *características de los tubos para instalaciones al aire en alimentación de máquinas.*

■ El cumplimiento de estas características se realizará según los ensayos indicados en la norma UNE-EN 50.086-2-3.
■ Los tubos deberán tener un diámetro tal que permitan un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. En la Tabla F7-122 figuran los diámetros exteriores mínimos de los tubos, en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

Diámetro exterior mínimo de los tubos, en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir					
Sección nominal de los conductores unipolares (mm^2)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	20
2,5	12	16	20	20	20
4	12	16	20	20	25
6	12	16	25	25	35
10	16	25	25	32	32
16	20	25	32	32	40

Tabla F7-122: *diámetros mínimos de los tubos para albergar los conductores en alimentaciones de máquinas fijas.*

■ Para más de 5 conductores por tubo o para conductores aislados, o cables de secciones diferentes a instalar en el mismo tubo, su sección interior será, como mínimo, igual a 4 veces la sección ocupada por los conductores.
■ Solamente está permitido su uso para la alimentación de máquinas o elementos de movilidad restringida desde canalizaciones prefabricadas a cajas de derivación fijadas al techo. Se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones:
■ La longitud total de la conducción en el aire no será superior a 4 metros y no empezará a una altura inferior a 2 metros.
■ Se presentará especial atención para que las características de la instalación establecidas en la Tabla F7-121 se conserven en todo el sistema, especialmente en las conexiones.

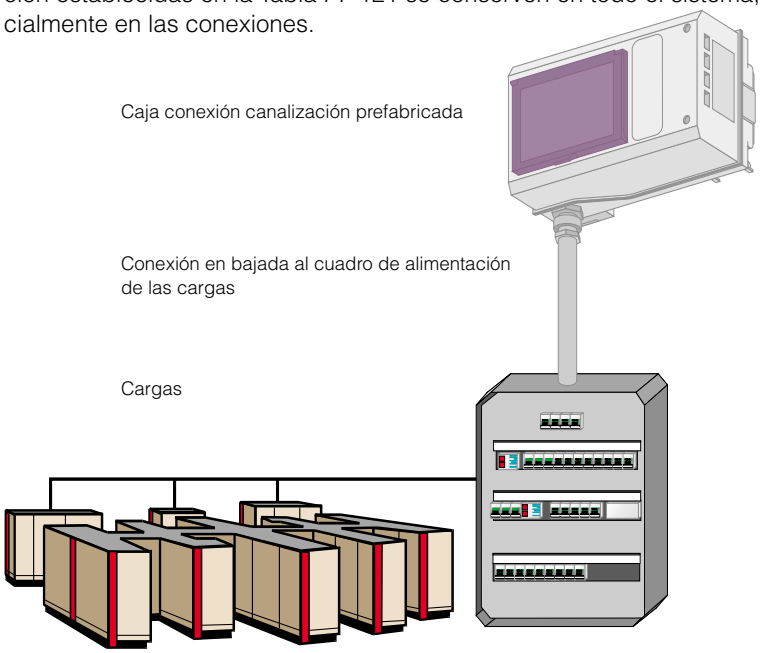


Fig. F7-123: *alimentación de una máquina desde una canalización prefabricada.*

Conductores flexibles para la alimentación de electrodomésticos:

■ Intensidades máximas admisibles en los conductores flexibles.

Intensidades máximas admisibles en los conductores flexibles para alimentación de electrodomésticos o similares	
Intensidad nominal del aparato, In (A)	Sección del conductor en mm^2
In ⩽ 10	0,75
10 < In ⩽ 13,5	1
13,5 < In ⩽ 16	1,5
16 < In ⩽ 25	2,5
25 < In ⩽ 32	4
32 < In ⩽ 40	6
40 < In ⩽ 60	10

Tabla F7-124: *tabla de las secciones nominales de los cables flexibles para la alimentación de los electrodomésticos.*

■ Temperaturas límite de aplicación para los conductores aislados con policloruro de vinilo PVC

En los electrodomésticos capaces de superar los 75 °C en alguna parte en contacto con los conductores eléctricos, se deberán utilizar conductores con aislamientos adecuados, por ejemplo: los hornos, los tostadores, las planchas...

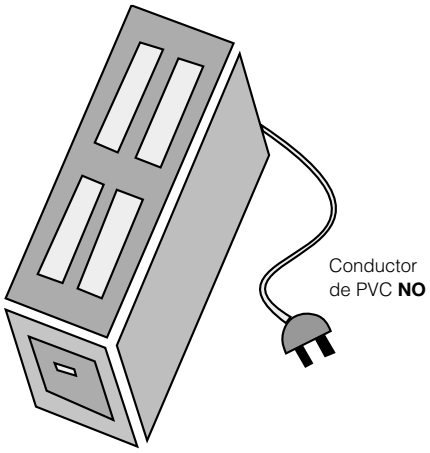


Fig. F7-125: *conductores no adecuados en función de la temperatura de utilización del electrodoméstico.*

■ Electrodomésticos de Clase I

La mayoría de electrodomésticos son de Clase I (no son elementos de doble aislamiento); por tanto, deberán llevar el conductor de protección verde-amarillo y la clavija deberá poder conectar los conductores activos y el de protección.

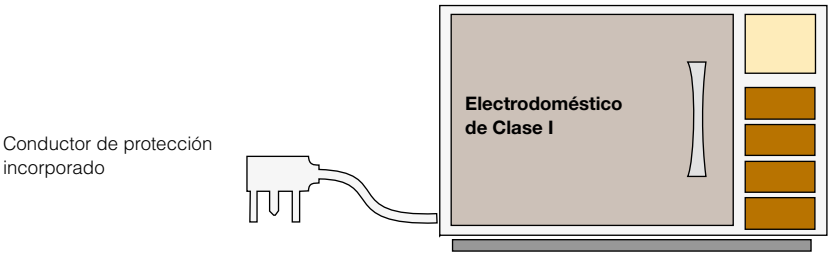


Fig. F7-126: *conductores y clavijas para los electrodomésticos de Clase I.*

Secciones de los conductores:

■ La sección de los conductores de fase (c.a.) y activos (c.c.) no debe ser inferior a los valores correspondientes de la tabla F7-127.

■ Un conductor neutro eventual debe tener la misma sección que los conductores de fase:

□ En los circuitos monofásicos de dos conductores, independientemente de la sección del conductor de fase.

□ En los circuitos monofásicos de tres conductores y en los circuitos polifásicos cuyos conductores de fase tengan una sección máxima de 16 mm^2 de cobre o 25 mm^2 de aluminio.

■ En los circuitos polifásicos cuyos conductores de fase tengan una sección superior a 16 mm^2 de Cu o de 25 mm^2 en Al, el conductor neutro puede tener una sección inferior a la de los conductores de fase, si cumple las siguientes condiciones:

□ La corriente máxima, incluidos los eventuales armónicos, susceptibles de recorrer el conductor neutro en servicio normal, no debe ser superior a las corrientes admisibles correspondientes a la sección reducida del conductor neutro.

Nota: es importante que la carga transportada por el circuito esté prácticamente equilibrada entre fases.

□ El conductor neutro debe estar protegido contra las sobreintensidades, según lo establecido en el apartado L2 “Protección del conductor neutro”, del 5.º Volumen.

□ La sección del conductor neutro debe ser, como mínimo, de 16 mm^2 en Cu y 25 mm^2 en Al.

Sección mínima de los conductores				
Naturaleza de las canalizaciones		Utilización del circuito	Conductores	
			Materia prima	Sección (mm^2)
Instalaciones fijas	Cables y conductores aislados	Potencia e iluminación	Cobre Aluminio	1,5 16 (1)
		Señal y control	Cobre	0,5 (2)
	Conductores desnudos	Potencia	Cobre Aluminio	10 16 (4)
		Señal y control	Cobre	4 (4)
Enlaces flexibles por cables o conductores aislados		Para un aparato determinado	Cobre	Según norma correspondiente de la CEI
		Para cualquier otra aplicación		0,75 (3)
		Circuitos de tensión muy baja para aplicaciones especiales		0,75

Notas:
(1) Los conectores utilizados para las conexiones de conductores de aluminio, deben ensayarse y aprobarse para este uso específico.
(2) Se admiten secciones mínimas de 0,1 mm^2 en los circuitos de señal y control, destinados a materiales electrónicos.
(3) Para cables flexibles que tengan siete conductores o más se aplicará la nota 2.
(4) Requisitos especiales para circuitos de iluminación en MBT están en estudio por la CEI.

Tabla F7-127: *secciones mínimas de los conductores.*

Conductores de protección:

■ Se aplicará lo indicado en la Norma UNE 20460-5-54 en su apartado 543, equivalente al apartado L3 “Conductores de protección”, del 5.º Volumen. 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 F7-127, en función de la sección de los conductores de fase o polares de la instalación.

Secciones de los conductores de fase o polares de la instalación (mm^2)	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm^2)
S < 16	S (*)
16 < S > 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.

Tabla F7-128: *secciones mínimas de los conductores de protección.*

■ Para otras condiciones se aplicará la norma UNE 20.460-5-54, apartado 543. Ver apartado L3 “Conductores de protección”, del 5.º Volumen.
■ 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 20.460-3, que es equivalente al espíritu de esta obra.
□ En los pasos, a través de paredes o techos, estarán protegidos por un tubo de adecuada resistencia mecánica, según el apartado “Paso a través de elementos de la construcción” pág. F7/261.
□ 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 ésta 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.

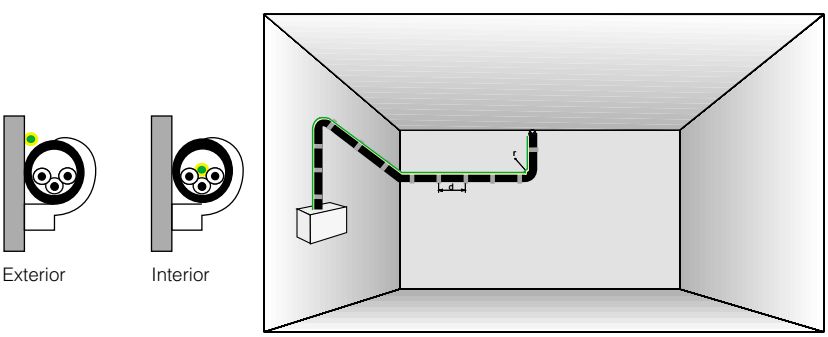


Fig. F7-129: *trazado del conductor de protección.*

□ 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 20.460-5-54, apartado 543. Ver apartado L3 “Conservación y continuidad eléctrica de los conductores de protección”, del 5.º Volumen.

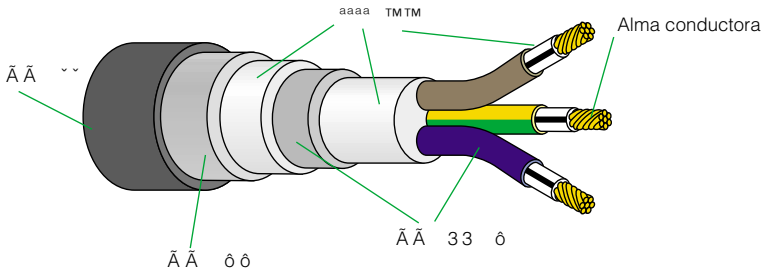


Fig. F7-130: *utilización del apantallado de los conductores como conductor de protección.*

□ Cuando las canalizaciones estén constituidas por conductores aislados, colocados bajo tubos de material ferromagnético, o por cables que contengan 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 mecánico y químico, especialmente en los pasos a través de los elementos de la construcción.
□ Las conexiones de estos conductores se realizarán por medio de uniones soldadas sin empleo de ácido o por piezas de conexión de apriete a rosca, debiendo ser accesibles para verificación y ensayo. Estas piezas serán de material inoxidable y los tornillos de apriete, si se usan, estarán provistos de arandelas para evitar su desapriete.
□ Se considera que la aparamenta que cumple con la norma UNE-EN 60.998-2-1, cumple 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).

Temperatura ambiente:

■ El valor de la temperatura ambiente a utilizar (40 °C) es la temperatura del medio circundante, cuando los cables o conductores considerados no están cargados.
■ El efecto de otras fuentes sobre la temperatura ambiente puede no tenerse en consideración.

Las intensidades máximas, expresadas en las tablas, están derivadas de las intensidades máximas establecidas por el CENELEC para Europa, que se basan en una temperatura ambiente de 30 °C; pero para el territorio español la temperatura ambiente media más apropiada es de 40 °C. Los valores expresados en las tablas ya están extrapolados para los 40 °C.

Radiación solar

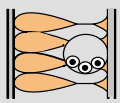
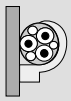
Los factores de corrección de las tablas F7-131 y F7-132 no tienen en cuenta el aumento transitorio de temperatura de los rayos solares o de otras radiaciones infrarrojas. Cuando los cables o conductores se someten a tales radiaciones, las corrientes admisibles deben calcularse por los métodos específicos del apartado H1-2 “Determinación práctica de la sección mínima de una conducción”, del 2.º Volumen, en concordancia con la norma UNE 21-144, y por las instrucciones específicas de cada tipo de tendido. En términos generales

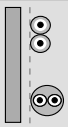
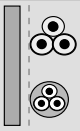
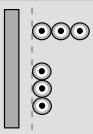
se admite un coeficiente de reducción de la intensidad de 0,9 por exposición prolongada a los efectos de los rayos solares.

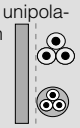
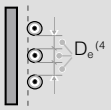
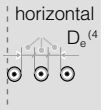
Intensidades admisibles:

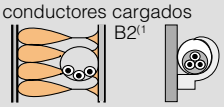
■ Métodos de instalación definidos en la Tabla F7-097 (52-B1): A, B, C.
■ Temperatura ambiente: 40 °C.
■ Aislantes de los conductores y naturaleza de los conductores.
□ C01 - Policloruro de vinilo - Dos conductores cargados. T. Conductor - 70 °C.
□ C02 - Polietileno reticulado o etileno propileno - Dos 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.

Tabla de intensidades correspondiente a las tablas de la CEI (52-C1 al 52-C13)

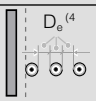
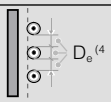
Conductor $S_{(nominal)}$ (mm^2)	Método de referencia definido en la tabla de la CEI 52-B1											
	A 				B 				C (1 			
	Aislamiento											
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
Cobre												
1,5	12,5	17,5	12	15,5	15	21	13,5	18	17	22	15	20
2,5	17	24	15,5	21	21	28	18,5	25	23	30	21	27
4	22	32	21	28	28	38	24	34	31	41	28	36
6	29	41	27	36	26	49	31	44	40	53	36	47
10	40	56	37	49	49	68	43	60	55	73	50	65
16	53	74	49	66	66	91	59	80	74	97	66	87
25	69	96	64	86	88	121	77	106	97	126	84	108
35	86	119	77	106	109	149	96	131	120	156	104	134
50	103	144	94	128	134	180	117	159	146	190	125	163
70	131	182	118	163	167	230	149	202	185	245	160	208
95	158	219	143	197	202	278	180	245	224	298	194	253
120	183	253	164	227	234	322	208	284	260	348	225	293
150	209	317	188	259	–	–	–	–	299	401	260	338
185	237	329	213	295	–	–	–	–	341	460	297	386
240	278	386	249	346	–	–	–	–	401	545	350	455
300	319	442	285	396	–	–	–	–	461	631	403	524
Aluminio												
2,5	13	18	12	17,5	16	23	14,5	20	18,5	24	16	22
4	17,5	25	16	23	22	30	19	26	24	32	22	29
6	22	32	21	29	28	39	24	35	31	41	28	37
10	31	44	28	40	38	54	34	47	43	56	38	5
16	42	58	37	53	52	72	46	65	57	76	51	69
25	55	76	50	69	69	96	61	85	72	92	64	82
35	67	94	61	86	84	118	75	106	90	115	78	102
50	81	114	73	103	102	143	90	127	109	140	96	124
70	102	144	93	129	130	182	116	163	139	180	122	158
95	123	174	112	156	157	220	140	197	170	219	148	192
120	142	200	130	179	183	256	162	228	197	255	171	223
150	164	230	148	206	–	–	–	–	227	295	197	258
185	187	262	169	233	–	–	–	–	259	338	225	294
240	219	307	197	273	–	–	–	–	306	400	265	348
300	251	352	227	313	–	–	–	–	353	462	305	400

Conductor $S_{(nominal)}$ (mm^2)	Tres conductores cargados								
	Un cable de dos conductores o dos unipolares cargados 			Un cable multiconductor o tres cables unipolares (2 en trébol 			Tres cables unipolares (2, en el mismo plano 		
	Aislamiento								
	C5(3	C6		C5(3	C6		C5(3	C6	
500 V									
1,5	19,5	26		16	22		18	25	
2,5	26	35		22	30		25	33	
4	34	47		30	40		32	43	
750 V									
1,5	21	28		18	24		19,5	28	
2,5	29	38		24	32		26	38	
4	38	51		31	43		35	49	
6	48	64		41	54		44	62	
10	65	88		55	74		60	84	
16	87	117		73	98		78	109	
25	113	153		95	129		102	142	
35	139	187		116	157		125	172	
50	172	231		144	195		154	212	
70	210	282		176	239		188	258	
95	251	339		212	387		224	307	
120	289	390		243	330		258	352	
150	330	446		278	377		294	400	
185	374	506		315	428		333	453	
240	437	592		369	500		388	526	

Conductor $S_{(nominal)}$ (mm²)	Método de referencia definido en la tabla de la CEI (52-B1)									
			Tres conductores cargados							
	Un cable de dos conductores o dos unipolares[2] cargados E o F 		Un cable multiconductor o tres cables unipolares[2] en trébol. E o F 		Unipolares[2] en el mismo plano tocándose F 		Unipolares[2] en el mismo plano sin tocarse en vertical G  D_e[4]		Unipolares[2] en el mismo plano sin tocarse en horizontal G  D_e[4]	
	Aislamiento									
	C7[3]	C8	C7[3]	C8	C7[3]	C8	C7[3]	C8	C7[3]	C8
500 V										
1,5	21	29	18	24	19,5	27	22	30	25	34
2,5	28	38	24	32	26	36	29	40	33	45
4	27	50	31	42	35	47	38	52	43	59
750 V										
1,5	22	30	19	26	22	29	24	32	27	37
2,5	31	41	25	35	29	40	31	43	36	50
4	40	55	34	46	38	52	42	56	48	64
6	51	70	43	59	48	65	53	72	60	82
10	70	96	59	80	65	88	71	97	81	110
16	93	126	78	106	87	117	93	126	106	144
25	121	165	102	138	112	151	121	164	138	188
35	148	202	125	169	137	184	147	199	167	228
50	183	250	155	210	168	227	181	245	206	280
70	224	306	190	257	205	276	220	297	250	340
95	269	368	227	308	246	330	262	354	298	406
120	309	423	262	354	281	378	300	406	342	465
150	354	484	299	406	320	431	340	458	386	520
185	401	548	339	460	362	488	379	512	431	579
240	469	641	396	537	422	568	422	574	480	648

Conductor $S_{(nominal)}$ (mm²)	Método de referencia definido en la tabla CEI (52-B1)							
	Dos conductores cargados A2[1] B2[1] 				Tres conductores cargados A2[1] B2[1] 			
	Aislamiento							
	C13	C14	C13	C14	C13	C14	C13	C14
Cobre								
1,5	12	17	14,5	20	11,5	15	13	18
2,5	16	23	20	27	15	20	17,5	24
4	22	30	26	36	20	27	23	32
6	28	38	33	46	25	35	30	40
10	37	52	45	63	34	46	40	55
16	50	69	60	83	45	62	54	73
25	65	90	78	108	59	81	70	96
35	80	110	97	133	72	99	86	116
50	96	132	116	159	86	118	103	140
70	121	167	146	201	109	149	130	177
95	145	200	175	241	130	179	156	212
120	167	230	202	278	150	207	179	244
150	190	264	-	-	171	236	-	-
185	216	299	-	-	194	268	-	-
240	253	351	-	-	227	315	-	-
300	290	402	-	-	259	360	-	-
Aluminio								
2,5	13	18	15	21	12	16,5	13,5	19
4	17	24	21	28	15,5	22	18,5	25
6	22	30	26	36	20	28	23	32
10	29	41	36	49	27	37	31	44
16	38	55	47	66	36	50	42	58
25	50	71	62	86	46	65	54	76
35	62	87	75	105	57	79	67	94
50	75	105	90	126	68	95	80	113
70	94	132	114	159	85	119	101	142
95	113	159	136	191	103	143	121	171
120	130	183	157	220	117	164	139	197
150	150	209	-	-	135	187	-	-
185	170	238	-	-	153	212	-	-
240	199	279	-	-	180	248	-	-
300	229	320	-	-	206	285	-	-

Conductor $S_{(nominal)}$ (mm^2)	Métodos de referencia definidos en la tabla (52-B1)															
	Cables multiconductores								Cables unipolares[2]							
	Dos conductores cargados E[1] 				Tres conductores cargados E[1] 				Dos conductores cargados F 				Tres conductores cargados en trébol F 			
	Aislamiento															
	C9	C10	C11	C12	C9	C10	C11	C12	C9	C10	C11	C12	C9	C10	C11	C12
1,5	19	–	23,5	–	16	–	21	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2,5	26	20	33	25	22	17	29	22	–	–	–	–	–	–	–	–
4	35	27	45	35	30	23	38	29	–	–	–	–	–	–	–	–
6	44	34	57	45	37	29	49	38	–	–	–	–	–	–	–	–
10	61	47	78	61	52	40	68	53	–	–	–	–	–	–	–	–
16	82	63	105	83	70	53	91	70	–	–	–	–	–	–	–	–
25	104	77	136	98	88	68	116	88	114	85	146	110	96	73	123	94
35	129	97	168	123	110	83	144	109	141	106	182	136	119	91	154	117
50	157	117	205	149	133	102	175	133	170	130	220	145	145	111	188	145
70	202	150	263	192	170	130	224	170	218	167	282	216	188	144	244	187
95	245	183	320	234	264	159	271	207	230	204	343	263	239	177	298	230
120	285	212	373	273	240	184	315	239	306	237	398	307	268	206	349	269
150	330	245	430	315	277	213	363	277	352	275	459	354	310	238	404	312
185	378	280	493	361	317	244	415	316	403	316	523	407	356	274	464	359
240	447	330	583	428	374	287	490	372	475	374	618	482	422	326	552	429
300	516	382	673	494	432	331	565	429	547	432	713	558	488	377	640	498
400	–	–	–	–	–	–	–	–	656	522	855	673	571	458	751	603
500	–	–	–	–	–	–	–	–	755	604	985	779	651	530	861	701
630	–	–	–	–	–	–	–	–	874	703	1141	906	744	618	990	808

Conductor $S_{(nominal)}$ (mm^2)	Cables unipolares											
	Tres conductores cargados en el mismo plano											
	Tocándose				Sin tocarse							
					Horizontal				Vertical			
	F 				G D_e[4] 				G D_e[4] 			
	Aislamiento											
	C9	C10	C11	C12	C9	C10	C11	C12	C9	C10	C11	C12
1,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
25	99	76	128	97	127	97	166	126	113	86	147	111
35	124	95	160	123	157	121	206	157	141	108	183	139
50	151	116	197	150	190	147	250	191	171	132	224	179
70	196	150	254	196	244	189	321	247	221	170	289	222
95	239	184	311	240	297	230	391	302	270	210	354	273
120	279	215	364	280	345	268	455	352	315	245	413	319
150	324	250	422	326	397	310	525	408	365	284	480	371
185	371	287	485	376	453	354	602	469	418	327	550	428
240	441	341	577	448	535	419	711	556	495	389	654	511
300	510	396	670	520	617	485	821	644	573	451	758	593
400	599	480	790	632	741	584	987	779	692	547	917	721
500	686	557	908	733	854	674	1140	902	800	635	1064	838
630	787	649	1047	857	990	783	1323	1050	931	741	1239	980

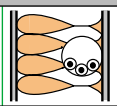
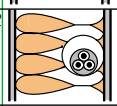
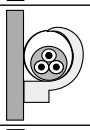
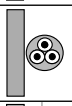
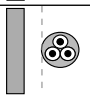
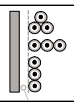
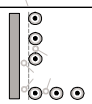
Notas:
(1) Para secciones inferiores o iguales a 16 mm^2 en el método C, se supone que los conductores son circulares. Para secciones superiores, los valores indicados para los conductores sectoriales, pueden aplicarse con garantía para conductores circulares.
(2) Para cables unipolares, las cubiertas de los cables de un mismo circuito se unen en los extremos.
(3) Para cables desnudos accesibles, los valores indicados se multiplican por 0,9.
(4) D_e es el diámetro exterior del cable.

Tabla F7-131: *corrientes admisibles en amperios, en función de los métodos de instalación y el aislamiento.*

Presentación simplificada de las tablas de corrientes admisibles

Con el fin de simplificar estas tablas y disponer de un manejo fácil, se han agrupado, en determinados casos, en una misma columna, diferentes tipos de cables y diferentes tipos de instalación, cuyos valores de intensidad admisible son prácticamente iguales.

Intensidades admisibles (tabla reducida)

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 superficiales 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 muro(3					3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
E		Cables multiconductores al aire libre(4. Distancia al muro no inferior a 0,3 D_e(5						3x PVC		2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR	
F		Cables unipolares en contacto mutuo(4, Distancia al muro no inferior a 0,3 D_e(5							3x PVC			3x XLPE o EPR(1	
G		Cables unipolares separados un mínimo de D_e(5									3x PVC(1		3x XLPE o EPR
		mm²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Cobre		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
Aluminio		2,5	11,5	12	13,5	14	16	17,5	-	20	22	25	-
		4	15	16	18,5	19	22	24	-	25	29	35	-
		6	20	21	24	25	28	30	-	35	38	45	-
		10	27	28	32	34	38	42	-	47	53	61	-
		16	36	38	42	46	51	56	-	65	70	83	-
		25	46	50	54	61	64	71	73	82	88	94	126
		35		61	67	75	78	88	92	102	109	117	157
		50		73	80	90	96	106	110	124	133	145	191
		70				116	122	136	144	158	170	187	247
		95				140	148	167	177	192	207	230	302
		120				162	171	193	206	223	239	269	352
		150				187	197	223	238	258	277	312	406
		185				212	225	236	274	294	316	359	469
		240				248	265	300	326	348	372	429	556
		300				285	305	347	378	400	429	498	644

Notas:
1) A partir de 25 mm^2 de sección.
2) Incluyendo canales para instalaciones (canaletas) y conductos de sección no circular.
3) O en bandejas no perforadas.
4) O en bandeja perforada.
5) D_e es el diámetro exterior del cable.

Tabla F7-132: *intensidades admisibles en (A), en función del número de conductores en carga y el aislamiento para una temperatura ambiente de 40 °C.*

Factores de corrección:

■ En función de la temperatura ambiente (AA).

Temperaturas ambientales distintas de 40 °C. Para aplicar a los valores de intensidades admisibles, especificados para los cables al aire.

Temperatura ambiente °C	Aislamiento			
	PVC	XLPE	Mineral	
			Cubierta de PVC o desnudo accesible 70 °C	Desnudo inaccesible 105 °C
10	1,40	1,26	1,48	1,24
15	1,34	1,23	1,41	1,21
20	1,29	1,19	1,34	1,16
25	1,22	1,14	1,26	1,13
30	1,15	1,10	1,18	1,09
35	1,08	1,05	1,09	1,04
40	1	1	1	1
45	0,91	0,96	0,89	0,96
50	0,82	0,90	0,79	0,91
55	0,70	0,83	0,67	0,87
60	0,57	0,78	0,53	0,81
65		0,71		0,76
70		0,64		0,71
75		0,55		0,65
80		0,45		0,59
85				0,51
90				0,43
95				0,35

Tabla F7-133: *factores de corrección en función de la temperatura ambiente.*

■ Factores de corrección por agrupamiento.

Agrupamiento de varios circuitos o varios cables multiconductores para utilizarlos con los valores de la tabla reducida F7-132.

Ref.	Disposición cables contiguos	Número de circuitos o cables multiconductores											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
1	Agrupados en una superficie empotrados o embutidos	1	0,8	0,7	0,65	0,6	0,55	0,55	0,5	0,5	0,45	0,4	0,4
2	Capa única sobre muro, suelo o superficie sin perforar	1	0,85	0,8	0,75	0,75	0,7	0,7	0,7	0,7	Sin reducción adicional para más circuitos o cables multiconductores		
3	Capa única en el techo	0,95	0,8	0,7	0,7	0,65	0,65	0,65	0,6	0,6			
4	Capa única en una superficie perforada vertical u horizontal	1	0,9	0,8	0,75	0,75	0,75	0,75	0,7	0,7			
5	Capa única con apoyo de bandeja escalera o abrazaderas (collarines), etc.	1	0,85	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8			

Tabla F7-134: *factores de reducción, sobre los valores de la tabla F7-133, para agrupamientos de varios circuitos.*

Notas:
1) Estos factores son aplicables a grupos homogéneos de cables, cargados por igual.
2) Cuando la distancia horizontal entre cables adyacentes es superior al doble de su diámetro exterior, no es necesario factor de reducción alguno.
3) Los factores también se aplicarán para:
■ grupos de dos o tres cables unipolares;
■ cables multiconductores.
4) Si un sistema se compone de cables de dos o tres conductores, se toma el número total de cables como el número de circuitos y se aplica el factor correspondiente a las tablas de los conductores cargados, para los cables de dos conductores, y a las tablas de tres conductores cargados para los cables de tres conductores.
5) Si un conjunto de cables se compone de "n" conductores unipolares cargados, también pueden considerarse como "n/2" circuitos de dos conductores o "n/3" circuitos de tres conductores cargados.
6) El promedio de los valores dados ha sido hallado sobre la variedad de conductores y de tipos de instalación incluidos en la tabla reducida F7-132. La prescripción en conjunto de los valores tabulados es inferior a un 5%.
7) Para algunas instalaciones y para otros métodos de instalación facilitados en la tabla anterior, puede ser adecuado utilizar factores de cálculo para casos específicos; véanse por ejemplo las tablas F7-135 y F7-136.

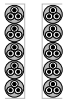
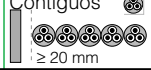
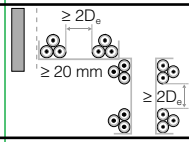
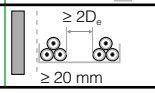
■ Factores de corrección para agrupamiento de varios cables multiconductores.
□ **Para aplicar a los valores de referencia para cables multiconductores instalados al aire libre.**
Método de instalación "E" en la tabla F7-097.

Tipo de instalación de la tabla F7-097 (52-B2 de la CEI)			Número de cables						
			N.º de bandejas	1	2	3	4	6	9
Bandejas perforadas (3)	13	Contiguos ≥ 20 mm	1	1	0,9	0,8	0,8	0,75	0,75
			2	1	0,85	0,8	0,75	0,75	0,7
			3	1	0,85	0,7	0,75	0,7	0,65
		Espaciados (D_e) ≥ 20 mm	1	1	1	1	0.95	0.9	–
			2	1	1	0,95	0,9	0,85	–
			3	1	1	0,95	0,9	0,85	–
Bandejas verticales perforadas (4)	13	Contiguos	1	1	0,9	0,8	0,75	0,75	0,7
			2	1	0,9	0,8	0,75	0,7	0,7
		Espaciados (D_e)	1	1	0,9	0,9	0,9	0,85	–
			2	1	0,9	0,9	0,85	0,85	–
Bandejas escalera, soportes, etc.(3)	14 15 16	Contiguos ≥ 20 mm	1	1	0,85	0,8	0,8	0,8	0,8
			2	1	0,85	0,8	0,8	0,75	0,75
			3	1	0,85	0,8	0,75	0,75	0,7
		Espaciados (D_e) ≥ 20 mm	1	1	1	1	1	1	–
			2	1	1	1	0,75	0,75	–
			3	1	1	0,95	0,75	0,75	–

Notas:
1) Los valores indicados son para los tipos de cables y la gama de secciones especificados en la tabla F7-132 (52-C20 de la CEI). La desviación entre valores suele ser inferior al +/- 5%.
2) Los factores son aplicables a capas simples de cables, tales como las arriba representadas, pero no a cables dispuestos en varias capas; los valores para tales disposiciones pueden ser sensiblemente inferiores y han de determinarse por un método adecuado.
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 F7-135: *factores de corrección para agrupamiento de varios cables multiconductores, instalados según el método E de la tabla F7-132 (52-C20 de la CEI) al aire libre.*

□ Para aplicar a los valores de referencia para cables monoconductores(2) instalados al aire libre.
Método de instalación "F" en la tabla F7-097.

Tipo de instalación de la tabla F7-097 (52-B2 de la CEI)			Número de circuitos trifásicos[5]				A utilizar para:
			N.º de bandejas	1	2	3	
Bandejas perforadas [3]	13	Contiguos 	1	0,95	0,9	0,85	Tres cables en capa horizontal
			2	0,95	0,85	0,8	
			3	0,9	0,85	0,8	
Bandejas verticales perforadas [4]	13	Contiguos 	1	0,95	0,85	–	Tres cables en capa vertical
			2	0,9	0,85	–	
Bandejas escalera soporte, etc. [3]	14	Contiguos	1	1	0,95	0,95	
	15		2	0,95	0,9	0,9	Tres cables en capa horizontal
	16		3	0,95	0,9	0,85	
Bandejas perforadas [3]	13		1	1	1	0,95	Tres cables dispuestos en trébol
			2	0,95	0,95	0,9	
			3	0,95	0,9	0,85	
Bandejas verticales perforadas [4]	13		1	1	0,9	0,9	
			2	1	0,9	0,85	
Bandejas escalera, soportes, etc [3]	14		1	1	1	1	
	15		2	0,95	0,95	0,95	
	16		3	0,95	0,95	0,9	

Notas:
1) Los valores indicados son para los tipos de cables y la gama de secciones especificados en la tabla F7-132 (52-C20 de la CEI). La desviación entre valores suele ser inferior al +/- 5%.
2) Los factores son aplicables a capas simples de cables, tales como las arriba representadas, pero no a cables dispuestos en varias capas; los valores para tales disposiciones pueden ser sensiblemente inferiores y han de determinarse por un método adecuado.
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 F7-136: *factores de corrección para agrupamiento de varios cables monoconductores, instalados según el método E de la tabla F7-132 (52-C20 de la CEI) al aire libre.*

Intensidades 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.

Conductor	Sección mm²	Aislamiento					
		PVC		XLPE		EPR	
		3 cables unipolares	1 cable tripolar	3 cables unipolares	1 cable tripolar	3 cables unipolares	1cable tripolar
Cobre	1,5	28	25	32	28	31	28
	2,5	38	34	44	40	43	39
	4	50	45	57	52	55	51
	6	63	56	72	66	70	64
	10	85	75	96	88	94	85
	16	110	97	125	115	120	110
	25	140	125	160	150	155	140
	35	170	150	190	180	185	175
	50	200	180	230	215	225	205
	70	245	220	280	260	270	250
	95	290	265	335	310	325	305
	120	335	305	380	355	375	350
	150	370	340	425	400	415	390
	185	420	385	480	450	470	440
	240	485	445	550	520	540	505
	300	550	505	620	590	610	565
	400	615	570	705	665	690	645
	500	685	–	790	–	775	–

Conductor	Sección mm²	Aislamiento					
		PVC		XLPE		EPR	
		3 cables unipolares	1 cable tripolar	3 cables unipolares	1 cable tripolar	3 cables unipolares	1cable tripolar
Aluminio	16	86	76	97	90	94	86
	25	110	98	125	115	120	110
	35	130	120	150	140	145	135
	50	155	140	180	165	175	160
	70	190	170	220	205	215	200
	95	225	210	260	240	255	235
	120	260	235	295	275	290	270
	150	290	265	330	310	325	305
	185	325	300	375	350	365	345
	240	380	350	430	405	420	395
	300	430	395	485	460	475	445
	400	480	445	550	520	540	500
	500	525	–	615	–	605	–

Nota: Cables en tubolares enterrados:
■ 1) para cables tripolares en el interior de un tubo o para unipolares en el interior de sendos tubos, la intensidad admisible será la del cable enterrado directamente, corregida con la aplicación del factor 0,8.
■ 2) para más de un circuito se aplicarán además los factores de corrección de la tabla F7-140 (52-N4 de la UNE 20-460-94/5-523).

Tabla F7-137: *intensidades máximas admisibles en amperios, para conductores enterrados directamente, según UNE 20-460-94/5-523.*

Factores de corrección:

■ Factores de corrección para temperaturas del suelo distintas de 25 °C.
Para aplicar a los valores de intensidades admisibles para cables enterrados de la tabla F7-137.

Suelo	Aislantes		Suelo	Aislantes		Suelo	Aislantes	
T (°C)	PVC	XLPE y EPR	T (°C)	PVC	XLPE y EPR	T (°C)	PVC	XLPE y EPR
10	1,16	1,11	35	0,88	0,93	60	0,47	0,68
15	1,11	1,08	40	0,81	0,89	65	–	0,62
20	1,05	1,04	45	0,75	0,83	70	–	0,55
25	1	1	50	0,66	0,79	75	–	0,48
30	0,94	0,97	55	0,58	0,74	80	–	0,4

Tabla F7-138: *factores de corrección para aplicar a los valores de intensidades admisibles para cables enterrados.*

■ Factores de corrección para agrupamiento de varios cables enterrados directamente en el suelo.

Número de circuitos	Distancias entre cables (a)[1]				
	Nula (cables que se tocan)	Un diámetro de cable	0,125 m	0,25 m	0,5 m
2	0,75	0,8	0,85	0,9	0,9
3	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85
4	0,6	0,6	0,7	0,75	0,8
5	0,55	0,55	0,65	0,7	0,8
6	0,5	0,55	0,6	0,7	0,8

[1] Cables multiconductores.

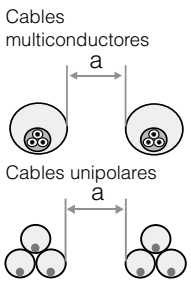


Tabla F7-139: *factores de corrección por el agrupamiento de varios cables enterrados directamente.*

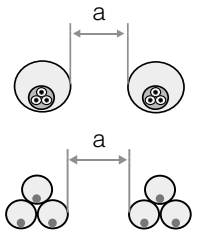
Los valores de las tablas son válidos para una profundidad de zanja de 0,7 m y una resistividad térmica del terreno de 1 k·m/W.

La toma de valores medios y el redondeo puede conducir, en algunos casos, a desviaciones de +/– 10%.
Cuando sean necesarios valores más precisos, pueden calcularse por los métodos de la norma UNE 21-144 con factor de carga del 100 %.

■ **Factores de corrección por agrupamiento de varios cables instalados en tubos enterrados.**

Tipo de instalación según nota 1 de la tabla F7-137				
Cables multiconductores en tubos; un cable por tubo				
Número de cables	Distancias entre tubos (a) [1]			
	Nula (cables que se tocan)	0,25 m	0,5 m	1 m
2	0,85	0,9	0,95	0,95
3	0,75	0,85	0,9	0,95
4	0,7	0,8	0,85	0,9
5	0,65	0,8	0,85	0,9
6	0,6	0,8	0,8	0,9

Cables multiconductores



Tipo de instalación según nota 1 de la tabla F7-137				
Cables multiconductores en tubos; un cable por tubo				
Número de cables	Distancias entre tubos (a) [1]			
	Nula (cables que se tocan)	0,25 m	0,5 m	1 m
2	0,8	0,9	0,9	0,95
3	0,7	0,8	0,85	0,9
4	0,65	0,75	0,8	0,9
5	0,6	0,7	0,8	0,9
6	0,6	0,7	0,8	0,9

Tabla F7-140: *factores de corrección por el agrupamiento de varios cables instalados en tubos y enterrados.*

Los valores de las tablas son válidos para una profundidad de zanja de 0,7 m y una resistividad térmica del terreno de 1 k·m/W.
La toma de valores medios y el redondeo puede conducir, en algunos casos, a desviaciones de +/– 10%.
Cuando sean necesarios valores más precisos, pueden calcularse por los métodos de la norma UNE 21-144 con factor de carga del 100 %.

Paso a través de elementos de la construcción

El paso de las canalizaciones a través de elementos de la construcción, tales como muros, tabiques y techos, se realizará de acuerdo con las siguientes prescripciones:

■ En toda la longitud de los pasos de canalizaciones no se dispondrán empalmes o derivaciones de cables.

■ Las canalizaciones estarán suficientemente protegidas contra los deterioros mecánicos, las acciones químicas y los efectos de la humedad. Esta protección se exigirá de forma continua en toda la longitud del paso.

■ Si se utilizan tubos no obturados para atravesar un elemento constructivo que separe dos locales de humedades muy diferentes, se dispondrán de modo que se impida la entrada y acumulación de agua en el local menos húmedo, curvándolo convenientemente en su extremo hacia el local más húmedo. Cuando los pasos desemboquen al exterior se instalará en el extremo del tubo una pipa de porcelana o vidrio, o de otro material aislante adecuado, dispuesta de modo que el paso exterior-interior de los conductores se efectúe en sentido ascendente.

■ En el caso que las canalizaciones sean de naturaleza distinta a uno y otro

lado del paso, éste se efectuará por la canalización utilizada en el local cuyas prescripciones de instalación sean más severas.

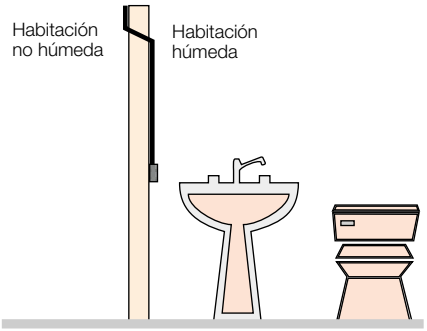


Fig F7-141: *paso de un local húmedo a uno no húmedo o al exterior.*

■ Para la protección mecánica de los cables en la longitud del paso, se dispondrán éstos en el interior de tubos normales cuando aquella longitud no exceda de 20 cm y si excede, se dispondrán tubos conformes a la tabla F7-114.
■ Los extremos de los tubos metálicos sin aislamiento interior estarán provistos de boquillas aislantes de bordes redondeados o de dispositivos equivalentes, o bien los bordes de los tubos estarán convenientemente redondeados, siendo suficiente para los tubos metálicos con aislamiento interior que este último sobresalga ligeramente del mismo. También podrán emplearse para proteger los conductores los tubos de vidrio, de porcelana o de otro material aislante adecuado de suficiente resistencia mecánica.
■ No necesitan protección suplementaria los cables provistos de una armadura metálica ni los cables con aislamiento mineral, siempre y cuando su cubierta no sea atacada por materiales de los elementos a atravesar.
■ Si el elemento constructivo que debe atravesarse separa dos locales con las mismas características de humedad, pueden practicarse aberturas en el mismo que permitan el paso de los conductores respetando en cada caso las separaciones indicadas para el tipo de canalizaciones de que se trate.
■ Los pasos con cables aislados bajo molduras no excederán de 20 cm; en los demás casos el paso se efectuará por medio de tubos.
■ En los pasos de techos por medio de tubo, éste estará obturado mediante cierre estanco y su extremidad superior saldrá por encima del suelo a una altura al menos igual a la de los rodapiés, si existen, o a 10 centímetros en otro caso. Cuando el paso se efectúe por otro sistema, se obturará igualmente mediante material incombustible, de clase y resistencia al fuego, como mínimo, igual a la de los materiales de los elementos que atraviesa.

Las conexiones:

■ Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas del material aislante y no propagador de la llama. Si son metálicas estarán protegidas contra la corrosión.
■ Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será al menos igual al diámetro del tubo mayor más un 50% del mismo, con un mínimo de 40 mm. Su diámetro o lado interior mínimo será de 60 mm.
■ Cuando las entradas de los tubos en las cajas de conexión se quieran hacer estancas, deberán emplearse prensaestopas o racores adecuados.
■ En ningún caso se permitirá la unión de conductores como empalmes o derivaciones por retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o reglas de conexión; puede permi-

tirse asimismo la utilización de bridas de conexión. El retorcimiento o arrollamiento de conductores no se refiere a aquellos casos en los que se utilice cualquier dispositivo conector que asegure una correcta unión entre los conductores aunque se produzca un retorcimiento parcial de los mismos y con la posibilidad de que puedan desmontarse fácilmente.

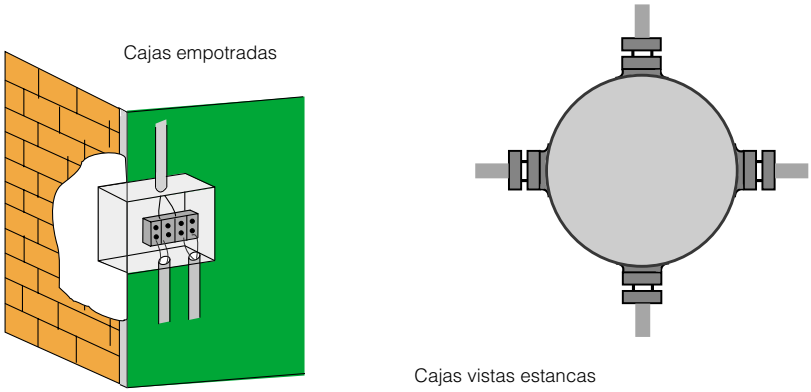


Fig. F7-142: *cajas de empalme.*

■ Los bornes de conexión para uso doméstico o análogo serán conformes a lo establecido en la correspondiente parte de la norma UNE-EN 60.998.

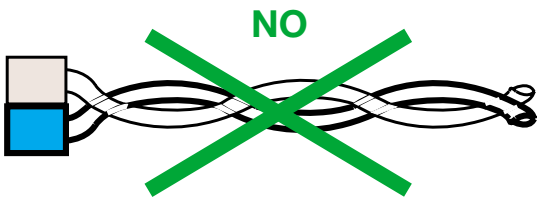


Fig. F7-143: *conexiones no autorizadas.*

Temperaturas máximas de las conexiones en condiciones normales de servicio:

■ Las temperaturas de los bornes resultan de la temperatura ambiente y del calentamiento en servicio normal.
■ Las temperaturas de los bornes son consecuencia de las influencias térmicas de disipación de la aparamenta y los conductores, de las ambientales y del respeto de las condiciones de instalación y servicio.
■ La compatibilidad de la temperatura de los bornes de conexión, la de los aislantes de los conductores y los propios conductores se deben obtener con las disposiciones de instalación y puesta en servicio.

Temperaturas máximas de trabajo permanente de los conductores:

■ Temperaturas límite según la CEI 20:
□ Caucho natural 60 °C
□ PVC 70 °C
□ XLPE, EPR 90 °C
□ Caucho silicona 180 °C
□ Caucho E.V.A. 110 °C
■ En un régimen permanente presuponemos que las sobreintensidades no son frecuentes y de duración limitada; si no podemos mantener esta suposición debemos calcular los incrementos de temperatura que suponen y reconsiderar los aislantes.

7.3. Las conducciones y la compatibilidad electromagnética CEM

Las redes de masas

La equipotencialidad de las masas en baja frecuencia y alta frecuencia es una regla de oro de la "CEM".

■ **Equipotencialidad "BF" y "AF" del edificio**
Mediante un mallado específico adaptado, etc.

■ **Equipotencialidad "BF" y "AF" local**
Mediante un mallado de todas las masas y, en caso necesario, un plano de masa específico adaptado, etc.

Hacer un mallado sistemático de todas las estructuras metálicas, bastidores, chasis, conductores de masa... entre sí.

Conexiones:
■ Es necesario tener un cuidado especial al hacer las conexiones para garantizar su calidad y duración tanto en "BF" como en "AF".
■ Conexión directa (sin conductor) metal/metal con tornillos.
■ Conexión con trenza metálica o cualquier otro tipo de conector ancho y corto.

Cuidado con la pintura y los revestimientos aislantes.

La red equipotencial en un edificio

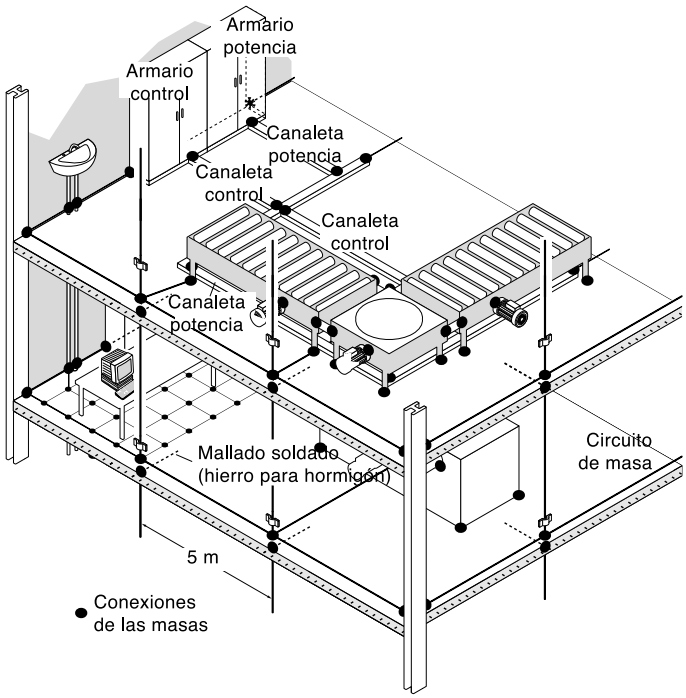


Fig. F7-144: *esquema de un circuito de masas en un edificio.*

Equipotencialidad “BF” y “AF” del edificio:

■ Montar un plano de masa y un circuito de masa por piso (mallado de hierros para hormigón soldados y empotrados en la losa de hormigón, doble suelo con rejilla de conductor de cobre).

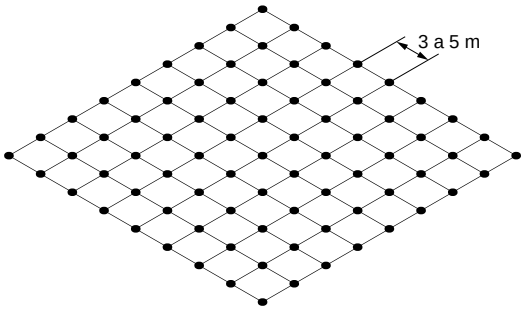


Fig. F7-145: *malla de equipotencialidad para hormigón.*

■ Interconectar todas las estructuras metálicas del edificio a la red de masa (vigas metálicas, hierros para hormigón soldados, tuberías y canalizaciones metálicas, canaletas, transportadores, bastidores metálicos, enrejado...).

■ Se recomienda hacer un estudio y un plano de masa de malla muy cerrada en las zonas en las que se vayan a instalar equipos sensibles (informática, medición...).

Equipotencialidad local:

■ Equipo-máquina:

□ Interconectar todas las estructuras metálicas de un mismo equipo entre sí (armario, placa de plano de masa de fondo de armario, canaletas, tuberías y canalizaciones, estructuras y bastidores metálicos de la máquina, motores...).

□ En caso necesario, montar conductores de masa para completar el mallado de las masas (los dos extremos de un conductor que no se esté utilizando deben estar conectados a masa).

□ Conectar esta red de masa local a la red de masa del centro, distribuyendo y multiplicando todo lo posible las conexiones.

Instalación

Importante mantener una relación de longitud anchura < a 3.

PE - PEN

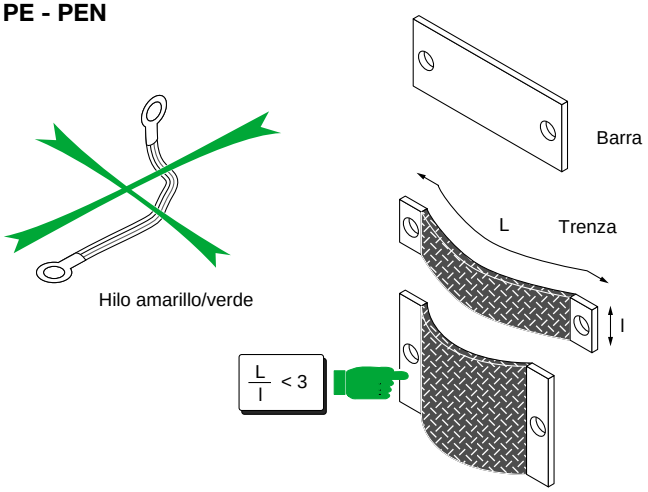


Fig. F7-146: *interconexión de las canalizaciones metálicas.*

Interconexiones, "mallado" de las masas, equipotencialidad, continuidad, seguridad, según CEI 364.

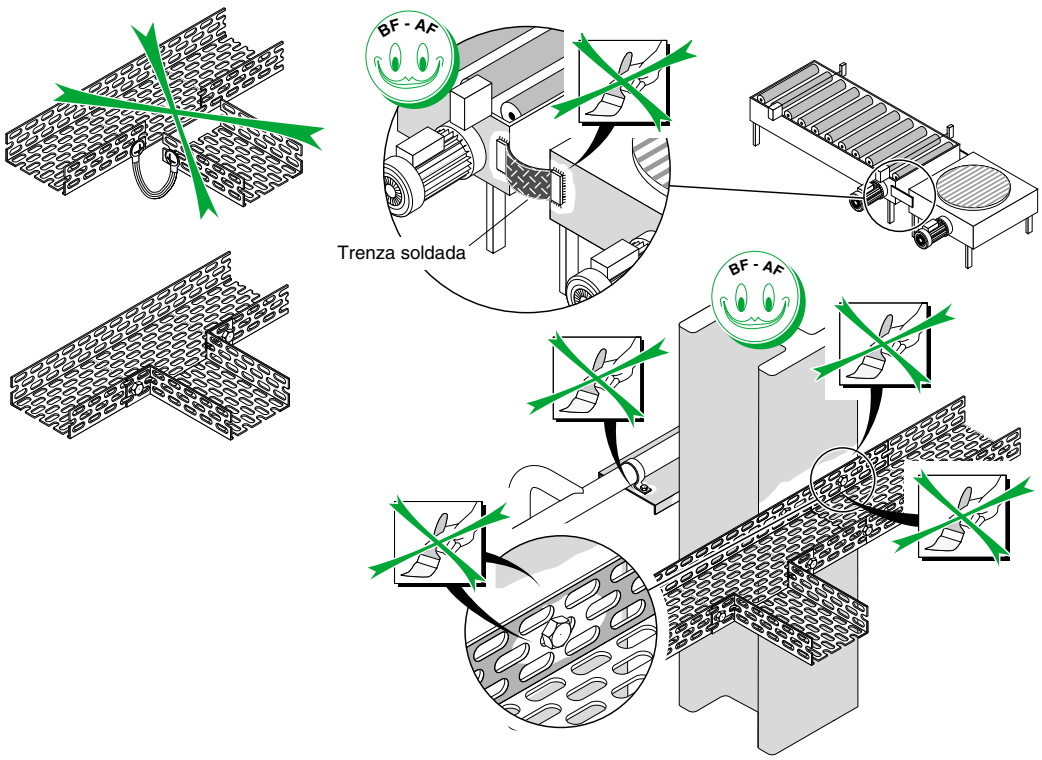


Fig. F7-147: *interconexión de máquinas, conducciones y estructura.*

Los cables

Clases de señales conducidas

Clasificación de las señales por niveles de perturbación			
Clase*	Perturbadora	Sensible	Ejemplo de señales conducidas o dispositivos conectados
1 sensible		++	– Señales analógicas de control, captadores... – Circuitos de medida (sondas, captadores...)
2 poco sensible		+	– Circuitos de control y mando de carga resistiva – Circuitos digitales (bus...) – Circuitos de control con salida todo o nada (captadores...) – Alimentaciones continuas de control
3 poco pertur-badora	+		– Circuitos de control y mando de carga inductiva (relés, contactores, bobinas, onduladores...) con protección adaptada – Alimentaciones alternas propias – Alimentaciones principales conectadas a aparatos de potencia
4 pertur-badora	++		– Grupos de soldadura – Circuitos de potencia en general – Variadores electrónicos, fuentes conmutadas...

Tabla F7-148: *tabla de las clases de señales en función de los niveles de perturbación.*

Elección de los cables

Tipo de cables recomendados en función de la clase* de la señal conducida						
Clase*	Naturaleza	Unifilar	Pares trenzados	Pares trenzados apantallados	Apantallados (trenzas)	Apantallados mixtos (pantalla + trenza)
1	Sensible				Coste ↗	
2	Poco sensible				Coste ↗	
3	Poco perturbadora				Coste ↗	
4	Perturbadora					

No recomendado. Recomendado, coste razonable. Poco recomendado, coste elevado para esta clase de señales.

Tabla F7-149: *tabla de elección de cables en función de las clases de señal conducidas.*

(*) Término no normativo de uso específico en este documento.

Ejemplo de cables utilizados para las diferentes clases* de señales:

■ Clase* 1: Señales sensibles.

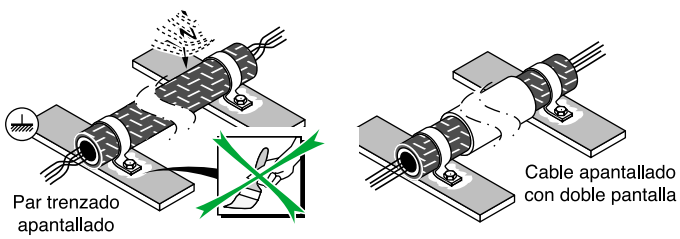


Fig. F7-150: *cables apropiados para señales sensibles.*

■ Clase* 2: Señales poco sensibles.

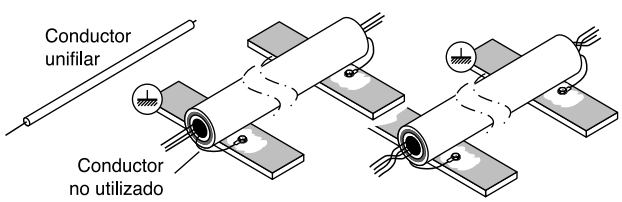


Fig. F7-151: *cables apropiados para señales poco sensibles.*

■ Clase* 3: Señales poco perturbadoras.

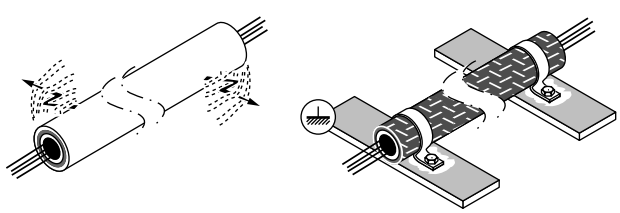


Fig. F7-152: *cables apropiados para señales poco perturbadoras.*

■ Clase* 4: Señales perturbadoras.

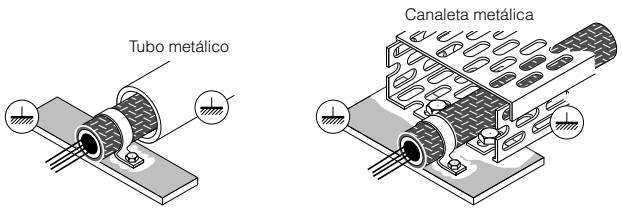


Fig. F7-153: *cables apropiados para señales perturbadoras.*

Rendimiento de los cables en relación con la CEM

Rendimiento de los cables en relación con la "CEM"								
Cable	Perturbaciones (conducidas sin efecto)					Nivel de perturbación	Sector de actividad
		Radiadas		Acoplamiento			
	BF: 0-50 Hz	BF < 5 MHz	BF < 5-30 MHz	Modo común	Modo diferencial	Diafonia acoplamiento capacitativo inductivo		
Cable unifilar	Medio (1)	Pasable (2)	Insuficiente (1)	Malo	Malo	Malo		Exclusivamente dispositivos no sensibles Aplicación "BF" 50 Hz 60 Hz
Bifilar paralelo	Medio	Pasable	Insuficiente					
Bifilar par trenzado	Bueno (2)	Bueno hasta 100 kHz	Pasable	Malo	Malo	Malo	Dispositivos poco perturbadores	Terciario. Industriales poco contaminados
Par trenzado apantallado	Bueno	Bueno	Medio	Bueno	Excelente	Bueno	Perturbaciones industriales débiles	Terciario. Industriales poco contaminados Conduce señales <10 MHz
Plano apantallado Al...	Medio	Pasable	Insuficiente			Medio	Perturbaciones industriales débiles (emisores radio, alumbrado fluorescente)	Locales industriales poco contaminados Redes locales Equipos informáticos terciarios
Trenza	Excelente	Excelente	Bueno			Bueno	Perturbaciones industriales clásicas	Sector industrial clásico Informática, medida, regulación Redes locales Control motores
Pantalla + trenza	Excelente	Excelente	Excelente			Bueno	Perturbaciones industriales importantes (industria pesada)	Productos muy sensibles en un entorno muy contaminado

Tabla F7-154: *tabla de rendimientos de los diferentes tipos de cables, frente a los fenómenos de la CEM.*

Las reglas de cableado frente a los fenómenos de la CEM

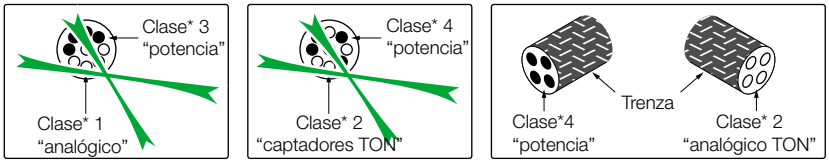
Los 10 preceptos principales:

■ 1.ª regla:

Regla de oro de la "CEM":
■ Garantizar la equipotencialidad de las masas en alta y baja frecuencia "AF" y "BF".
□ A nivel local (instalación, máquina...).
□ A nivel general.

■ 2.ª regla:

■ No llevar por un mismo cable o conductor trenzado señales de clase*:
□ Sensible (1-2).
□ Perturbadora (3-4).



Trenza: las hojas de aluminio, armaduras metálicas... no son pantallas "CEM".

Fig. F7-155: *tipos de cables adecuados a la 2.ª regla.*

■ 3.ª regla:

■ Evitar colocar en paralelo cables de transmisión de señales de clase* diferentes:
□ Sensibles (clase* 1-2).
□ Perturbadoras (clase* 3-4).
Limitar al máximo la longitud de los cables.

■ 4.ª regla:

■ Separar lo más posible los cables que conducen señales de clases* diferentes, especialmente:
□ Los sensibles (1-2).
□ Los perturbadores (3-4).
Es efectivo y económico.

Estos valores se dan a título indicativo y se considera que los cables están sujetos a un plano de masa y que su longitud es L < 30 m.

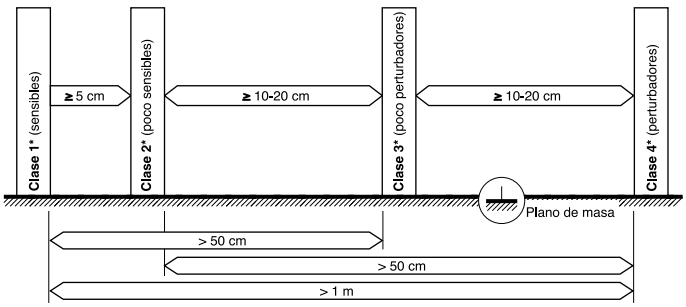


Fig. F7-156: *longitudes máximas y distancias entre conductores para cumplir la 4.ª regla.*

Cuanto mayor sea la longitud de los cables, mayor deberá ser la distancia que separe unos de otros.

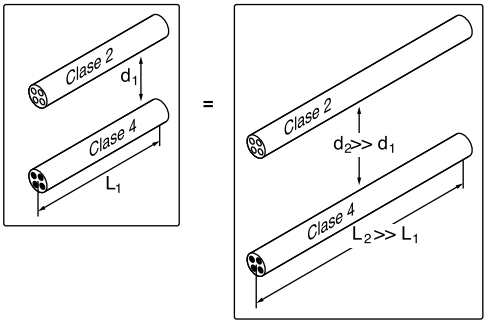


Fig. F7-157: *comparación relativa de las distancias y las longitudes.*

* Término no normativo de uso específico para este documento.

■ 5.ª regla:

Reducir al máximo posible la superficie de los bucles de masa.

Es necesario garantizar la continuidad del plano de masa entre 2 armarios, máquinas, equipos...

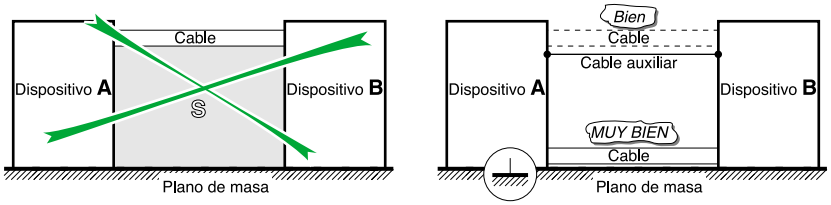


Fig. F7-158: *ejemplo de reducción de los planos de masa entre dos cuadros, máquinas, equipos...*

Sujetar todos los conductores, de un extremo al otro, al plano de masa (chapas de fondo de armario, masas de envolventes metálicos, estructuras equipotenciales de la máquina o del edificio, conductores auxiliares, canaletas...).

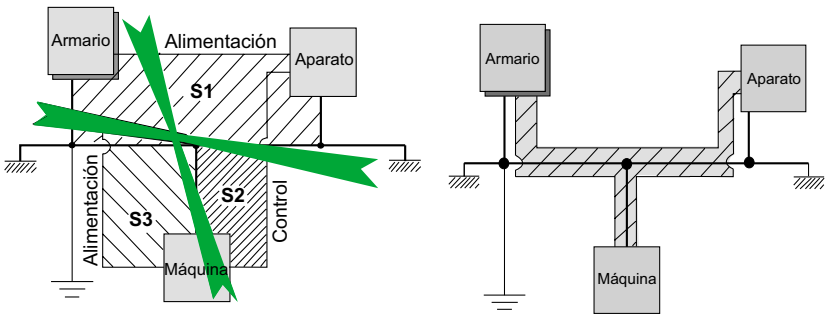


Fig. F7-159: *ejemplos de situación de los cables de masa para reducir el espacio del campo de interferencia.*

■ **6.ª regla:**

El conductor de ida debe estar siempre lo más cerca posible del conductor de vuelta.

Los cables bifilares (2 conductores) garantizan que el conductor de ida irá canalizado en toda su longitud junto al conductor de vuelta.

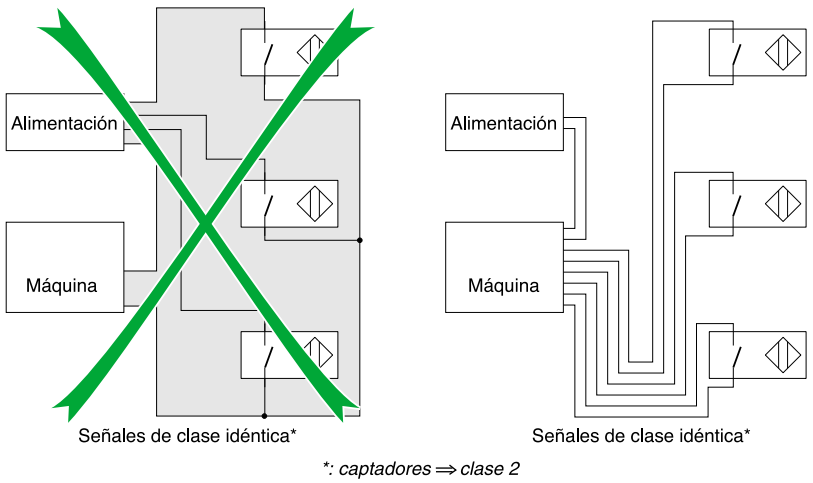


Fig. F7-160: *trazado adecuado de dos conductores. La solución ideal son los conductores bifilares.*

■ **7.ª regla:**

Utilizar cables blindados permite llevar cables para la transmisión de señales de clases diferentes por una misma canaleta.

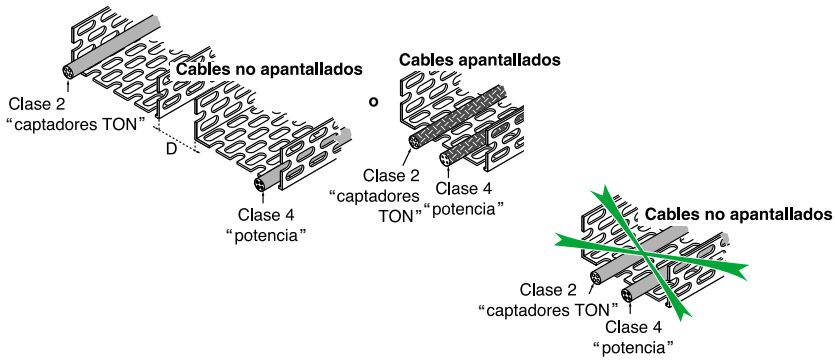


Fig. F7-161: *situación adecuada de los cables en las conducciones metálicas.*

■ **8.ª regla:**

Teniendo en cuenta que la equipotencialidad "BF" y "AF" es una regla de oro de la "CEM", las pantallas son mejores si están conectadas a masa en los dos extremos. Recomendación MUY EFICAZ.

□ Pantalla conectada en los dos extremos.
– Muy eficaz contra las perturbaciones exteriores (alta frecuencia "AF"...).
– Muy eficaz, incluso a la frecuencia de resonancia del cable.

– No se producen diferencias de potencial entre el cable y la masa.
– Permite llevar cables para las transmisión de señales de clases diferentes si la conexión es buena (360°) y la equipotencialidad de las masas también lo es (mallado...).
– Efecto reductor (alta frecuencia “AF”) muy elevado ≅ 300.
– En el caso de señales de alta frecuencia “AF” elevadas y cables muy largos > 50 - 100 m, puede inducir corrientes de fuga a tierra.

La pantalla pierde eficacia si el cable es demasiado largo.
Se recomienda multiplicar las conexiones intermedias a masa.

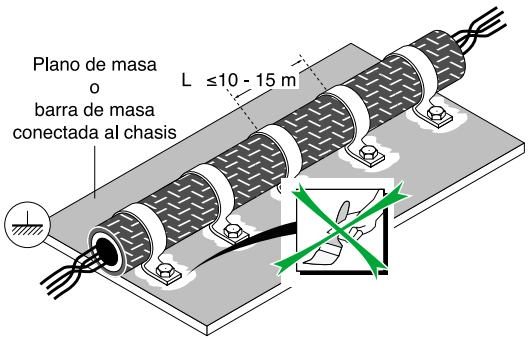


Fig. F7-162: *tomas de contacto con las masas y las puestas a tierra en función de la longitud del cable.*

□ Pantalla conectada solamente en un extremo.
– Ineficaz frente a las perturbaciones exteriores en un campo eléctrico de “AF”.
– Permite proteger una conexión aislada (captador) contra un campo eléctrico de “BF”.
– La pantalla puede hacer de antena y resonar.
¡En este caso las perturbaciones son mayores que sin pantalla!
– Permite evitar el “zumbido” (“BF”) provocado por la circulación de una corriente de “BF” a través de la pantalla.
□ En el extremo de una pantalla no conectada a la masa puede aparecer una diferencia de potencial elevada.
– Es peligroso y no de acuerdo a CEI 364.

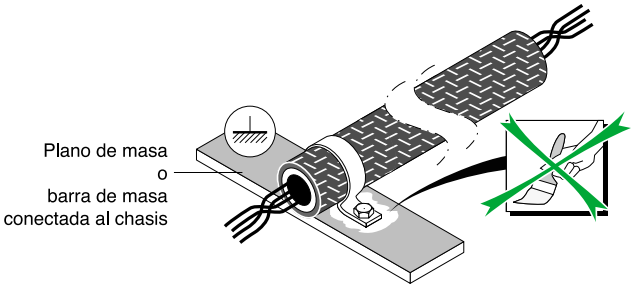


Fig. F7-163: *conexión de una pantalla a masa por su extremo, poco eficiente.*

Si no hay equipotencialidad (“zumbido”), la conexión de la pantalla por uno solo de sus extremos es una manera de garantizar un funcionamiento aceptable. EFICACIA MEDIA.

□ Pantalla no conectada a masa: prohibido si es accesible al contacto.
– Ineficaz frente a las perturbaciones extremas (“AF”).
– Ineficaz contra el campo magnético.
– Limita la diafonía capacitativa entre conductores.
– Se puede producir una elevada diferencia de potencial entre la pantalla y la masa. Es peligroso y no está aceptado en la CEI 364.

No tiene ninguna eficacia, sobre todo si se compara con las posibilidades que ofrece una pantalla instalada correctamente y con su coste.

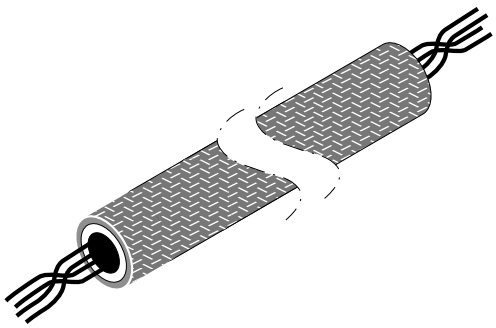


Fig. F7-164: *pantallas no conectadas a masa, no aceptado por CEI 364.*

■ **9.ª regla:**

Los conductores no utilizados de un cable deben estar sistemáticamente conectados a masa (chasis, canaleta, armario...) en los dos extremos.

En el caso de señales de clase* 1, si la equipotencialidad de las masas de la instalación es mala, se pueden producir “zumbidos” de “BF”, que se superponen a la señal útil.

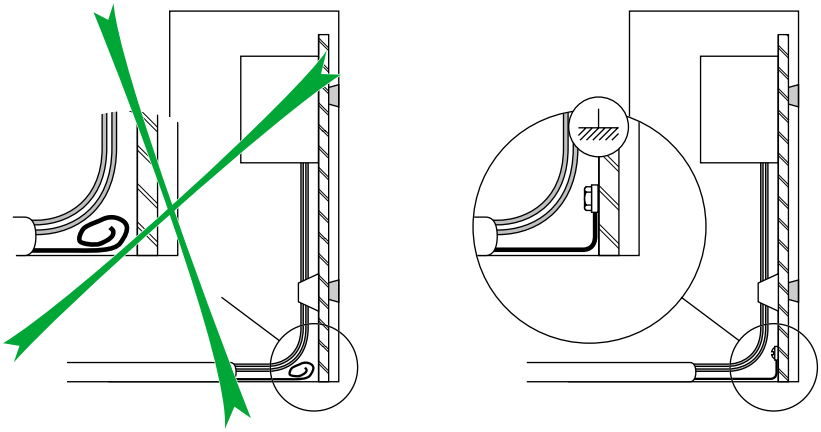


Fig. F7-165: *forma de conexión de los conductores no utilizados.*

* Término no normativo de uso específico para este documento.

■ **10.ª regla:**

Montar de forma que se crucen en ángulo recto los conductores o cables que conduzcan señales de clases diferentes, especialmente en el caso de señales sensibles (1-2) y perturbadoras (3-4).

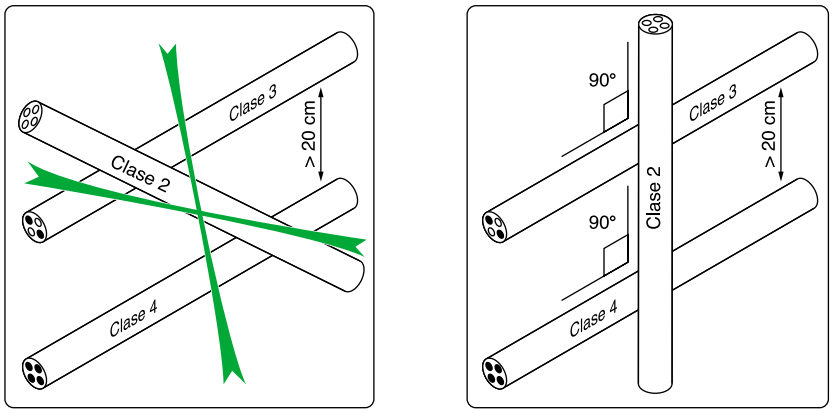


Fig. F7-166: *forma de cruzar las conducciones.*

Las conexiones

La calidad de las conexiones es tan importante como el cable, la pantalla y la red de masa.

Es imprescindible entender los fenómenos de alta frecuencia “AF”, por lo que se recomienda leer el apartado de la calidad de la energía F4 (especialmente el apartado de cables).

Tipo y longitud de las conexiones
(Ver el apartado instalación de este capítulo, pág. F/214.)

Realización de una conexión
Es imprescindible que se produzca un contacto “metal con metal” y que la presión de contacto entre las partes conductoras sea elevada.
■ Procedimiento:
□ 1. Chapa pintada.
□ 2. No pintar, rascar la pintura.
□ 3. Apretar bien la conexión utilizando, por ejemplo, un sistema de tuerca y tornillo con arandela.
□ 4. Asegurarse de que el contacto es permanente.
– Aplicar pinturas aislantes, barnices dieléctricos o grasas anticorrosivas una vez asegurado el contacto.

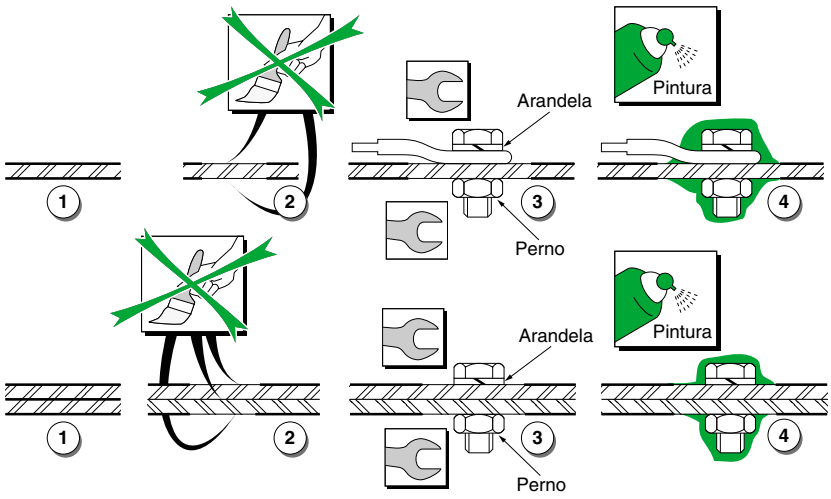
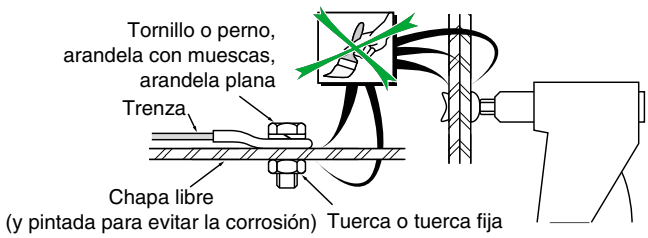
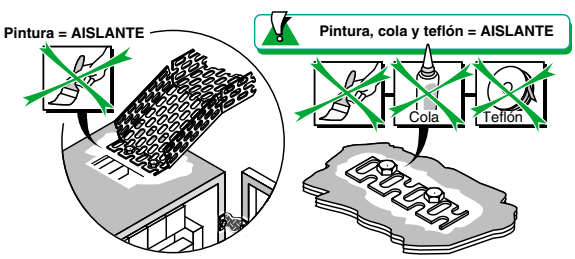


Fig. F7-167: *tipo de conexiones.*

Eliminar los revestimientos aislantes (pinturas...) de las superficies en contacto.

Interferencias que deben evitarse en las conexiones





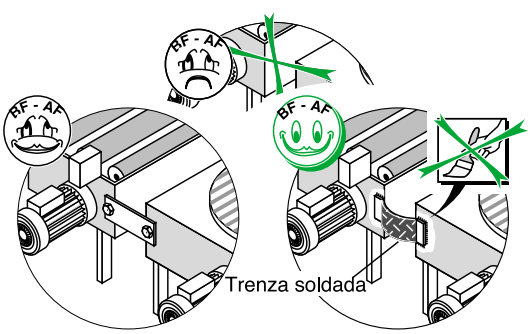


Fig. F7-168: *dificultades genéricas a superar para obtener unas buenas conexiones.*

Conexiones de los blindajes

Las pantallas en el extremo de los cables deben reforzarse mediante un contacto metal con metal de 360°.

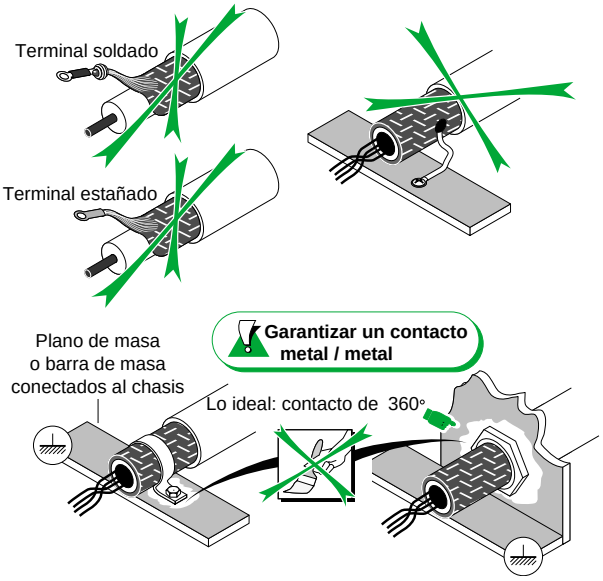


Fig. F7-169: *formas adecuadas y no adecuadas de conexión de las masas y los blindajes de los cables.*

Atención a las láminas de plástico aislantes situadas entre la pantalla y la funda.

Las conducciones

Las canaletas y los tubos metálicos conectados correctamente proporcionan una segunda pantalla muy eficaz de los cables.

Las canaletas

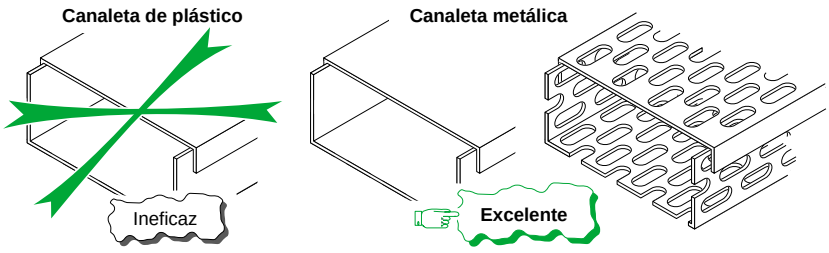


Fig. F7-170: *formas y materiales de canaletas eficaces.*

■ Comportamiento frente a las perturbaciones EM.

El efecto pantalla de una canaleta metálica depende de la posición del cable.

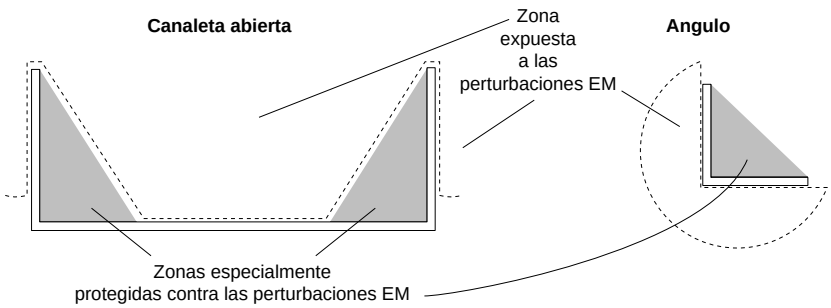


Fig. F7-171: *zonas protegidas para la colocación de cables en una canaleta.*

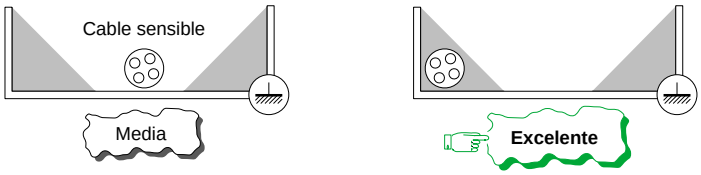
La mejor canaleta metálica es ineficaz si sus extremos están mal conectados.

Conexión de las canaletas y los cuadros

(Ver pág. F/155.)

Colocación de los cables en las canaletas y ángulos

■ En las canaletas:



■ En los ángulos:

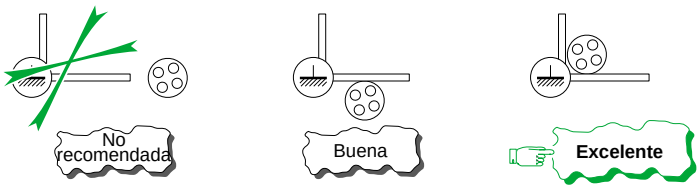


Fig. F7-172: *forma de colocación de los cables en las canaletas y los ángulos.*

Forma de conducción de los cables perturbadores y los sensibles

Los cables perturbadores y los sensibles deben conducirse por canalizaciones diferentes:

■ En las instalaciones nuevas.

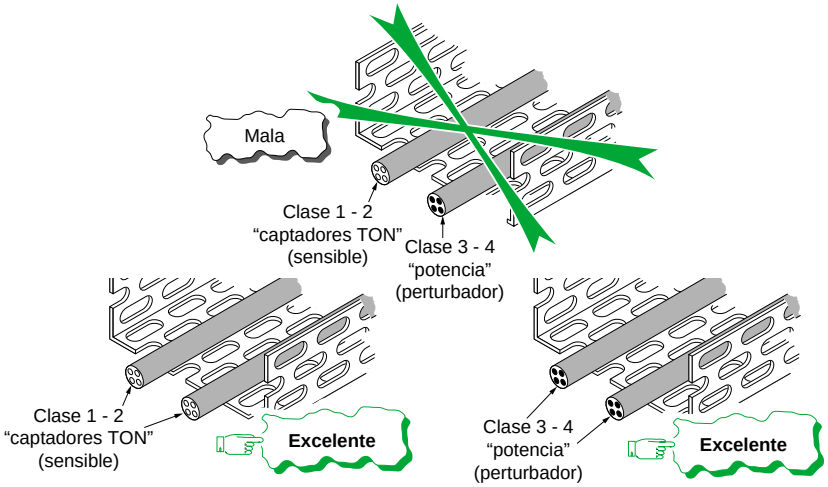


Fig. F7-173: *forma de colocación de los cables en las bandejas.*

■ En una instalación ya existente.

Si, a pesar de todo, los cables “sensibles” (clase 1-2) y perturbadores (clase 3-4) han de ir por la misma canaleta, es preferible dejarla abierta.

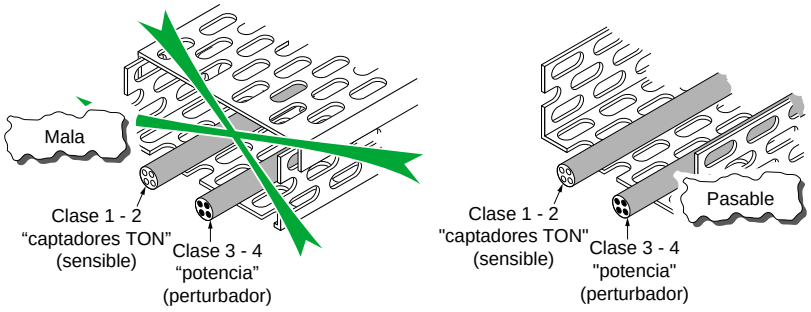


Fig. F7-174: *forma de corrección de la instalación de los cables en una instalación existente.*

F
7

Conexión de los extremos de las canalizaciones

Los extremos de las canalizaciones (canaletas, tubos metálicos, etc.) deben estar solapados y atornillados entre sí.

■ ¡El plano de masa no tiene continuidad!

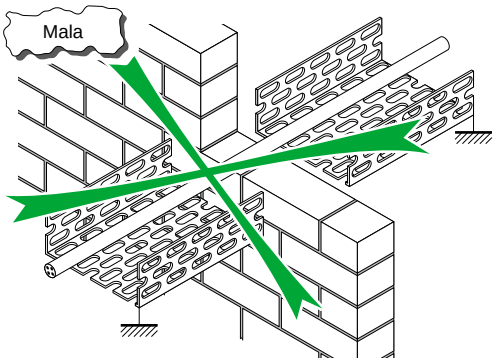


Fig. F7-175: *ejemplo de canaleta sin continuidad al paso por un muro.*

El conductor de longitud L = 10 cm divide por 10 la eficacia de la canaleta.

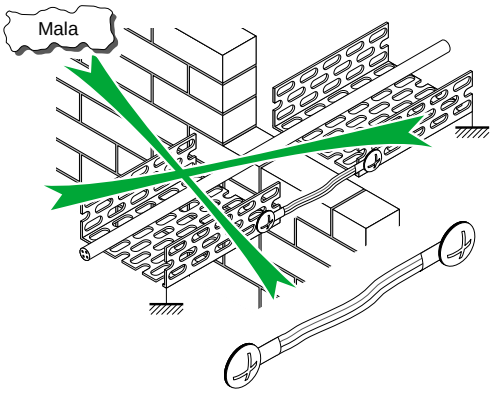


Fig. F7-176: *ejemplo de canaleta con conexión lateral por cable, al paso de un muro.*

■ El plano de masa tiene continuidad.

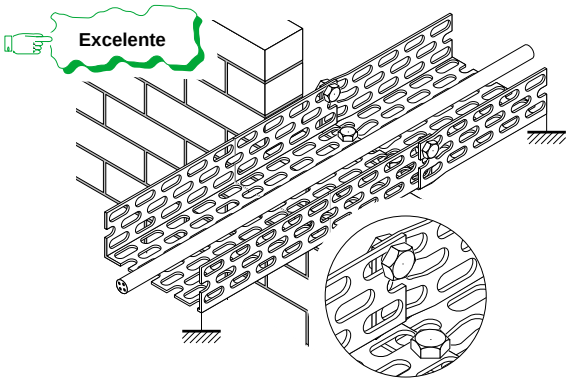


Fig. F7-177: *ejemplo de una canaleta con solape en el plano principal, al cruzar un muro.*

Si no fuera posible solapar y atornillar los extremos de las canaletas, es aconsejable montar una trenza ancha y corta debajo de cada conductor o cable.

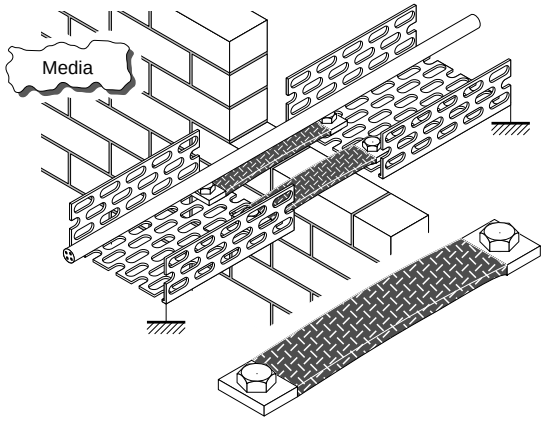


Fig. F7-178: *ejemplo de unión de canaleta por el plano principal.*

La mejor canaleta metálica es ineficaz si sus extremos están mal conectados.

Diferentes formas de colocación de los conductores:

■ De forma correcta:
□ En tubos de acero.
□ Canaleta de acero.
□ En canalis.
□ En canalón de acero.
□ En bandejas de acero.
□ Enterrados.
□ Canal enterrado cerrado.
□ Canal abierto o ventilado.
■ De forma incorrecta:
□ En los huecos de los ladrillos.
□ Canalizaciones de PVC.
□ En molduras o zócalos no metálicos (magnéticos).
□ Fijación directa en las paredes.
□ Cubiertas de bus.

■ Colocación de forma correcta

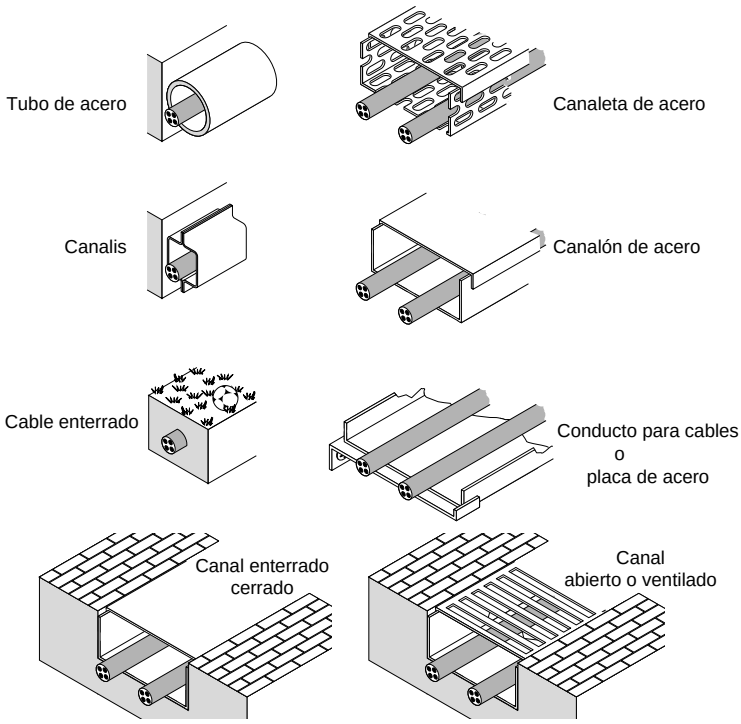


Fig. F7-179: *ejemplos de colocación de forma correcta.*

■ Colocación de forma incorrecta

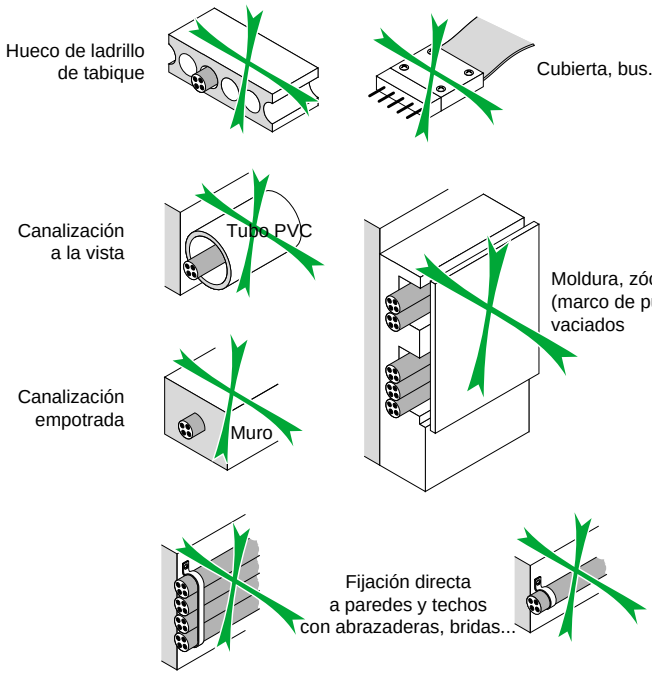


Fig. F7-180: *ejemplos de colocación de forma incorrecta.*

7.4. Las canalizaciones prefabricadas

De los dos sistemas de distribución, por cable o canalizaciones prefabricadas, el que representa un avance tecnológico, hoy en día, son las canalizaciones prefabricadas:

■ Están tratados como conjuntos de serie CS.

■ Los elementos están ensayados y certificados desde su origen.

■ Las soluciones para los problemas de instalación están preconcebidas, sólo hay que aplicarlas.

■ Al estar las soluciones preconcebidas, los tiempos de montaje e instalación se reducen muchísimo con respecto a los métodos tradicionales.

■ De los elementos que intervienen en el coste de una instalación tendremos:

□ Coste de:

– proyecto, menor tiempo,

– cobertura de riesgos, menor al ser productos CS certificados de origen,

– tiempo de montaje, menor al depender solamente del ensamblaje de soluciones prefabricadas,

– inversión en materiales, algo mayor,

– financiación algo menor, puesto que la financiación del volumen importante está en la adquisición de los materiales y el sistema de compra español permite financiaciones de compra,

– riesgo de error, la parte fluctuante está siempre en el cálculo del tiempo de montaje, en un sistema prefabricado el tiempo es menor y el escandallo de los tiempos está prefijado.

■ La posibilidad de modificaciones y ampliaciones son más flexibles y menos costosas con las canalizaciones prefabricadas que con el método tradicional. Es un elemento muy apreciado hoy en día en el momento de diseño de instalaciones comerciales e industriales de transformación, que los imperativos del mercado obligan a la sustitución de productos o sistemas, por haber finalizado su vida tecnológica o comercial.

■ Facilidad de mantenimiento.

■ Una muy gran adaptación a los requerimientos de la CEM.

Schneider Electric para atender a sus clientes ha puesto a disposición del mercado una de las soluciones en canalizaciones prefabricadas más avanzada y flexible: Canalis. Es un sistema de transporte y distribución de energía eléctrica en BT de 20 a 6.300 A modular, formado por tres grandes líneas:

□ Las de distribución para alumbrado.

□ Las de distribución de potencia.

□ Las de distribución de potencia para elementos móviles.

Formadas con conductores cubiertos por una envolvente metálica, en tramos rectos, codos, en T, en cruz y flexibles. Dotados de sistemas de conexión de las derivaciones, repartidos de forma equiespaciadas, alimentaciones y sujeciones (fijas y móviles).

El sistema es muy simple y en él radica su garantía funcional.

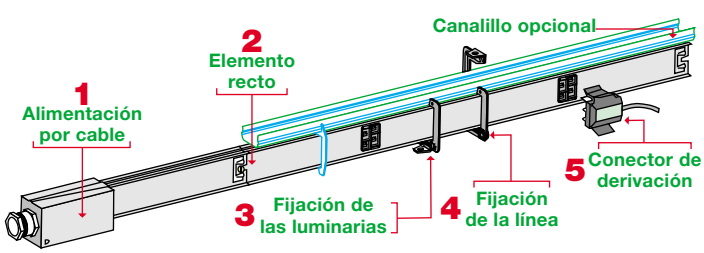
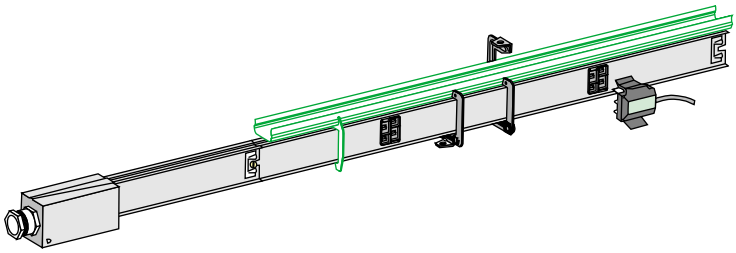


Fig. F7-181: *sistema de distribución prefabricado Canalis.*

Presentación de la gama

Sistema de distribución Canalis para alumbrado

■ Canalis KLE - 20 A. Alumbrado industrial y terciario.



■ Canalis KBA - KBB 25 y 40 A.
Alumbrado industrial y terciario.

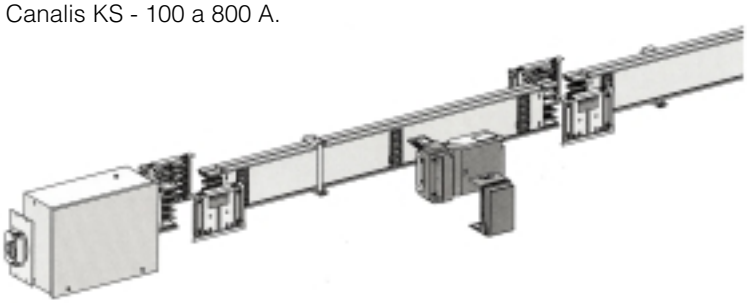


Sistema de distribución Canalis para potencia

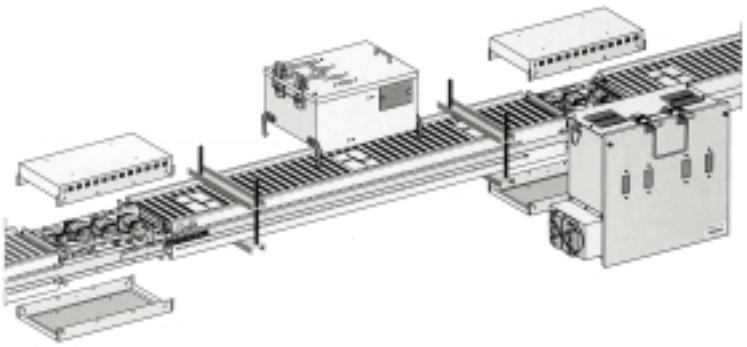
■ Pequeña potencia.
Canalis KN - 40, 63 y 100 A.



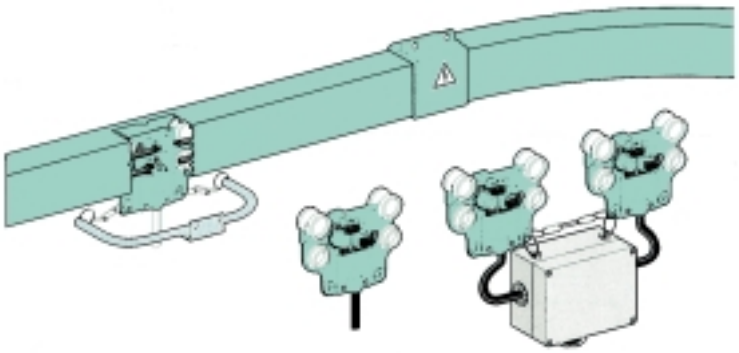
■ Mediana potencia.
Canalis KS - 100 a 800 A.



■ Gran potencia.
Canalis KH - 1000 a 4500 A



Sistema de distribución Canalis para elementos móviles
Canalis KX - 50 a 160 A.



Características de la gama Canalis

Características de la gama									
Aplicación	Denominación	Tecnología	Intensidades en (A)	Naturaleza y n.º de conductores activos		Longitud tramos	Grado de protección	Cofret derivación	Opciones
				Cu	2 o 4				
Iluminación	KLE		20	Cu	2 o 4	3 m	IP 31	6 y 10 A	Canaleta superior
	KBA		25-40	Cu	2 o 4	2 y 3 m	IP 54	10 y 16 A	Canaleta, tramos flexibles, lacado blanco
	KBB		25-40	Cu	2, 4, 6 u 8	2 y 3 m	IP 54	10 y 16 A	Canaleta, tramos flexibles, lacado blanco
Baja potencia	KN		40-63-100	Al	4	2 y 3 m	IP 41-54	de 16 a 40 A	Tramos flexibles y telemando
Media potencia	KSA		100-160-250-315-400-630-800	Al	3 o 4	3 y 5 m	IP 52-54	de 25 a 400 A	Codos (T), (X), acometidas, columnas
	KV-C	Compacta	200-250-315-400-500-630-800-1000	Cu	3 o 4	1, 2 y 4 m	IP 52-54	en las uniones	Codos (T), acometidas, tramos flexibles
	KV-A	Compacta	200-250-315-400-500-630-800	Al	3 o 4	1, 2 y 4 m	IP 52-54	en las uniones	Codos (T), acometidas, tramos flexibles
Fuerte potencia	KT-C	Compacta	100-1350-1600-2000-2500-3000-4000-5000	Cu	3 o 4	1 y 4 m	IP 52-54	en las uniones	Codos (T), (X), acometidas
	KT-A	Compacta	800-1000-1200-1600-2000-2500-3000-4000	Al	3 o 4	1 y 4 m	IP 52-54	en las uniones	Codos (T), (X), acometidas
	KHF	Ventilada	1000-1200-1450-2200-2500-3000-3400-4000-4500	Al	3 o 4	3 y 5 m	IP 31	de 50 a 1000 A	Codos (T), (X), acometidas, columnas
Móvil	KX		50-60-100-120-160	Cu			IP 42-37		Para trenza o cable

Tabla F7-182: *tabla de referencias y utilidades de la gama Canalis.*

Características eléctricas de la gama Canalis

Características eléctricas									
Aplicación	Canalis		Conductores (valores medios)						
	Referencia	Calibre en (A)	Activos			Protec.	ΔU	Icc	
			R (mΩ/m)	X (mΩ/m)	Z (mΩ/m)	R (mΩ/m)	0,8pf mV/mA	kA pico	kA_{eff}
Iluminación	KLE	20	6,83	0,21	8,03	1,57	0,069	4,4	
	KBA	25	6,83	0,21	8,45	1,57	0,069	4,4	
		40	2,93	0,018	3,66	1,57	0,030	9,6	
	KBB	25	6,83	0,21	8,45	0,80	0,069	4,4	
		40	2,93	0,18	3,66	0,80	0,030	9,6	
Baja potencia	KN	40	4,75	0,20	5,55	0,73	0,0395	6,0	1,7
		63	1,90	0,20	2,25	0,73	0,0165	11,0	4,2
		100	0,80	0,20	0,96	0,73	0,0075	14,0	8,9
Media potencia	KSA	100	1,0590	0,4570	0,4680	0,2700	0,01200	13,6	8,0
		160	0,4900	0,2330	0,7010	0,2300	0,00580	22,0	11,0
		250	0,2160	0,1920	0,3510	0,2300	0,00300	28,0	14,0
		315	0,1420	0,1120	0,2210	0,1420	0,00190	42,0	20,8
		400	0,1420	0,1120	0,2210	0,1420	0,00190	49,2	24,6
		500	0,0910	0,1160	0,1700	0,1420	0,00146	55,0	27,1
		630	0,0740	0,0700	0,1230	0,0740	0,00106	67,5	32,5
		800	0,0450	0,0710	0,0940	0,0740	0,00079	78,7	38,3
	KVC (Cu)	200	0,5390	0,0100	0,6660	0,6640	0,4670	26,0	7,2
		250	0,3320	0,0100	0,4090	0,6640	0,2890	35,0	11,5
		315	0,2160	0,0100	0,2660	0,6640	0,1900	48,0	18,0
		400	0,1980	0,0100	0,2450	0,5390	0,1750	52,0	19,0
		500	0,1290	0,0100	0,1590	0,5390	0,1150	56,0	21,0
		630	0,0860	0,0100	0,1060	0,5930	0,0800	76,0	31,0
		800	0,0780	0,0050	0,0967	0,3280	0,0696	82,0	35,0
	KVA (Al)	200	0,5750	0,0100	0,7100	0,6640	0,497	25,0	7,2
		250	0,3450	0,0100	0,4260	0,6640	0,300	35,0	11,3
		315	0,2300	0,0100	0,2840	0,6640	0,202	49,0	17,0
		400	0,2050	0,0100	0,2540	0,5390	0,181	51,0	19,0
		500	0,1370	0,0100	0,1690	0,5390	0,122	55,0	20,5
		630	0,1250	0,0050	0,1540	0,3280	0,109	70,0	30,0
		800	0,0830	0,0075	0,1030	0,3280	0,075	84,0	40,0

Tabla F7-183: *tabla de las características eléctricas de las canalizaciones Canalis.*

Tiempos de montaje de las canalizaciones prefabricadas

Tiempos de montaje, canalizaciones eléctricas prefabricadas						
Tipo	Canalis	Alimentación terminación	Elementos rectos	Fijaciones sujecciones	Derivaciones cofres	Canaleta superior
Iluminación	KLE Ph + N + T 20 A/3 m	0,5	0,15	0,2	0,2	0,1
	KLE III + N + T 20 A/3 m	0,6	0,15	0,2	0,2	0,1
	KBA III + N + T 25-40 A/2-3 m	0,6	0,15	0,2	0,2	0,1
	KBB III + N + T 25-40 A/2-3 m	0,6	0,2	0,2	0,2	0,1
						Flexible
Baja potencia	KN III + N + T 40-100 A/2-3 m	0,9	0,3	0,3 a 0,6	0,15 a 0,25	0,15
						Codo
Media potencia	KSA III + N + T 100-250 A/3 m	1,1	0,4 a 0,6	0,4	0,25 a 0,5	0,6
	KSA III + N + T 100-250 A/5 m	1,1	0,6 a 0,8	0,4	0,25 a 0,5	0,6

Tabla F7-184: *tabla de los tiempos de montaje de las canalizaciones prefabricadas.*

Columnas de distribución vertical Prefadis

Las columnas de distribución verticales están compartimentadas y apantalladas, para tres circuitos específicos y uno general:

■ Circuito de potencia, para tensiones de 230 V (alumbrado, potencia, electrodomésticos, utensilios), con elementos de protección a las sobreintensidades, choques eléctricos, sobretensiones...) y aparatos de maniobra o enchufe.

■ Circuito de pequeña potencia, con suministro de energía de calidad (informática, seguridad), con aparamenta de maniobra, protección y enchufe.

■ Circuito para corrientes débiles (telefonía...), con equipos de enchufe.

■ Circuito general para alimentaciones diversas (fluidos, aire comprimido, megafonía, hilo musical).

El suministro puede efectuarse desde falsos techos o falsos suelos.

El pequeño material de EUNEA MERLIN GERIN se adapta perfectamente a los espacios de ubicación.

La línea Multi 9 permite dotar a las columnas de toda clase de aparamenta de control y protección.

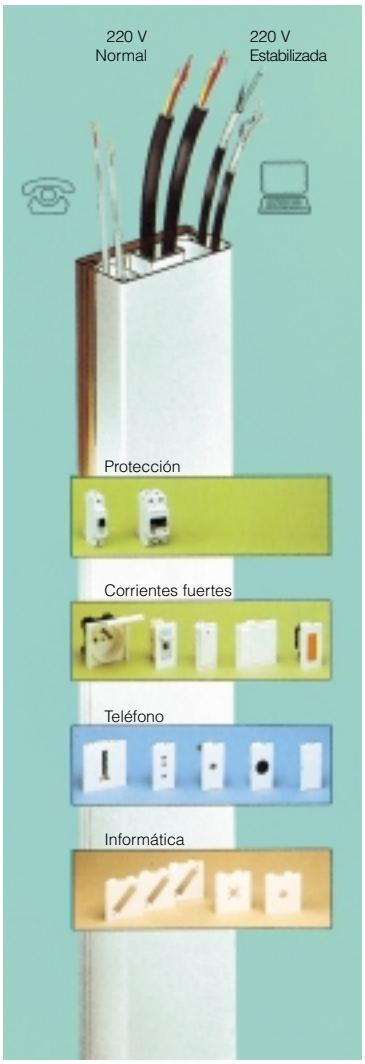


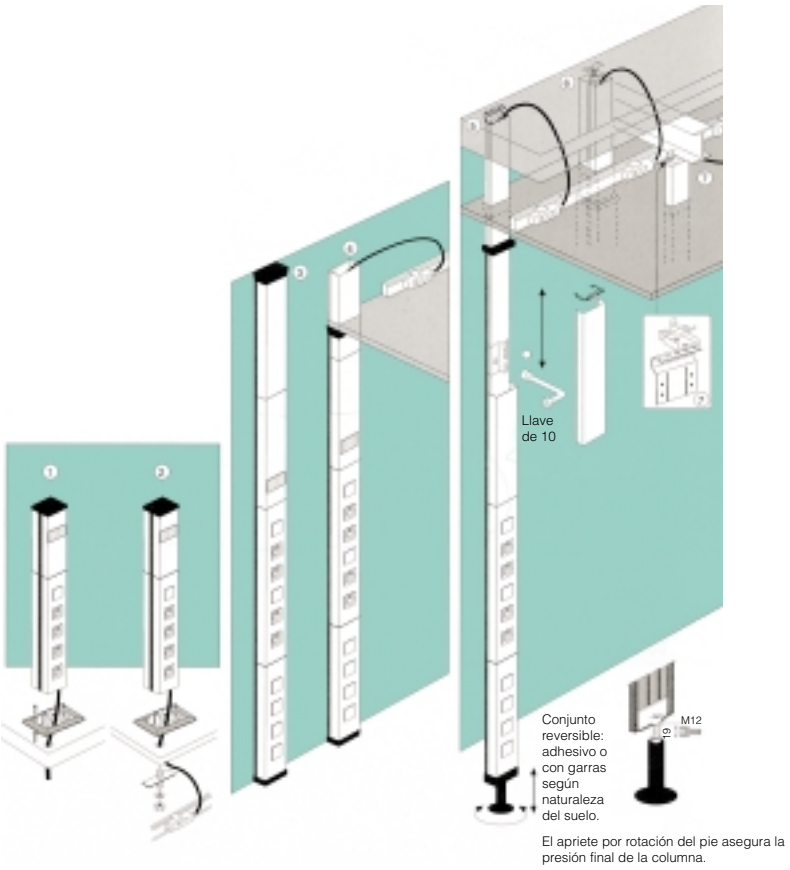
Fig. F7-185: *ejemplo de estructura de una canalización vertical.*

Montaje y fijación en función de una alimentación por falso suelo o por falso techo:

■ Columna central corta.
Montaje sobre losa de hormigón (1).
Montaje sobre falso suelo (2).
En este caso, la alimentación puede hacerse por Canalis KL/KB y permite un ahorro y una flexibilidad en la utilización.

■ Columna mural.
Colocación bajo techo o falso techo serrando la columna (3).
Colocación a través del falso techo (4).
En los dos casos, el collarín tulipa cubre la llegada de cables o el corte de columna.
La fijación de la columna en el muro se hace por 2 o 3 taladros previstos a tal efecto.

■ Columna central.
Fijación superior de columna por:
Una escuadra universal (5) o un resorte de presión (6), según el tipo de columna, sobre losa de hormigón, carpintería metálica, etc.
Una escuadra universal asociada a un clip metálico estándar por enganche sobre un perfil denominado “hierro ajustable” (7).
La alimentación de las columnas puede hacerse por Canalis KBA, KBB o KN.



Columna central corta. Alimentación por falso suelo.

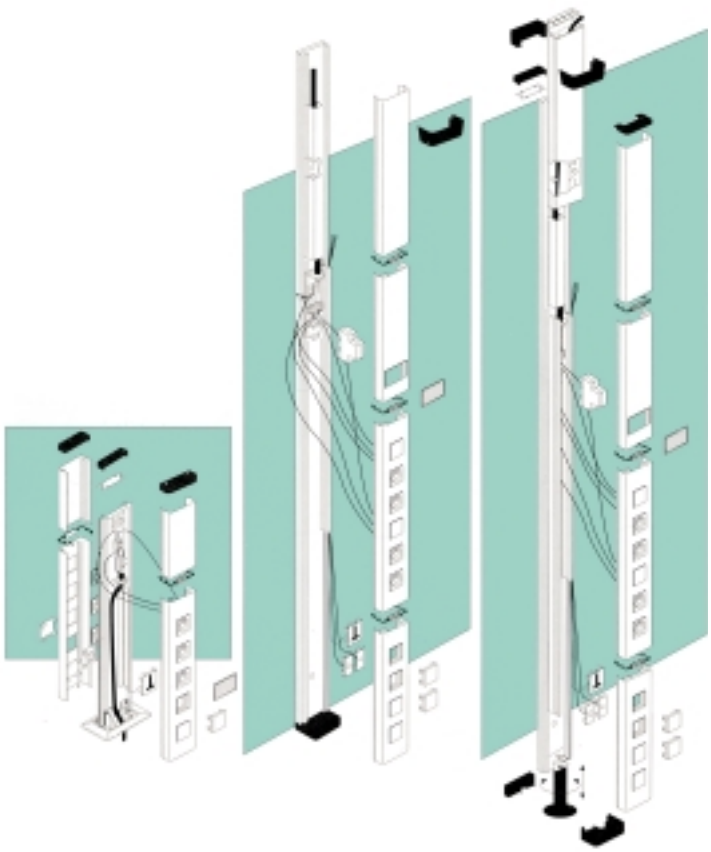
Columna mural. Alimentación por falso techo.

Columna central. Alimentación por falso techo.

Fig. F7-186: *forma de montaje y fijación de las columnas C9000 multiconducto.*

Cableado de las columnas:

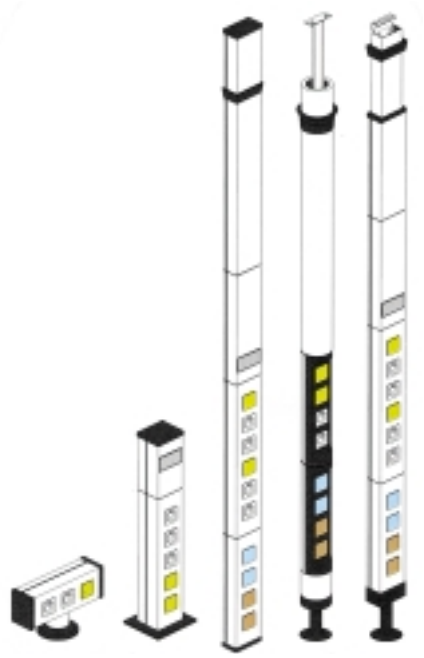
- Permiten cablearse antes de la colocación o después de la misma.
- Permite el montaje rápido de toda la aparamenta de maniobra y protección.
- Permite las modificaciones, en servicio, sin dificultades.



Columna central corta. Columna mural. Columna central.

Fig. F7-187: *cableado de las columnas C9000.*

Adaptaciones para corrientes débiles y fuertes



Minicolumna en “T” | Central corta | Mural | Centrales

■ **Zona corrientes fuertes:**

Protección de los circuitos por disyuntor modular unipolar o bipolar (*).



Adición de aparellaje 50 × 50 mm engatillable.





Toma de corriente con bloqueo de fase.
Toma de corriente con tapa, portafusibles, interruptor, pulsador, piloto (*).

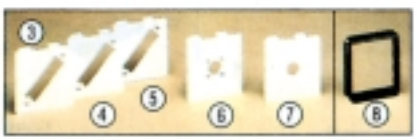
■ **Zona corrientes débiles:**

Teléfono...



Tomas telefónicas, salidas de cable, toma de altavoz (*).

Informática.



(*) No suministrados.

F
7

Elementos y accesorios Prefadis C9000

Distribución vertical columnas Prefadis C9000			
Designación		Murales	Centrales
Alimentación por falso techo			
Columnas equipadas por una cara	10/16		
Columnas sección circular D = 90 mm	2,6 a 3 m		KV1ER30925A
	3 a 3,8 m		KV1ER40925A
Columnas sección cuadrada 100 · 50 mm	2,85 m		KV1EM20535A
	2,3 a 2,9 m		KV1EC30535A
	2,85 a 3,9 m	KV1EC40535A	
Columnas sección cuadrada 100 · 72 mm	2,3 a 2,9 m		KV1EC30745A
	2,85 a 3,9 m		KV1EC40745A
	2,85 m	KV1EM20745A	
Columnas equipadas por dos caras	10/16	Murales	Centrales
Columnas sección cuadrada 100 · 50 mm	2,3 a 2,9 m		KV1EC30835A
	2,85 a 3,9 m		KV1EC40835A
Columnas sección cuadrada 100 · 72 mm	2,3 a 2,9 m		KV1EC31245A
	2,85 a 3,9 m		KV1EC41245A
Columnas equipadas por dos caras Compartimentada una para corriente fuerte y otra para corrientes débiles 10/16	10/16	Murales	Centrales
Columnas sección cuadrada 100 · 200 mm	2,3 a 2,9 m		KV1EC31045A
	2,85 a 3,9 m		KV1EC41045A
Alimentación por falso suelo			
Columnas equipadas por una cara	10/16	Murales	Centrales
Minicolumna sección cuadrada 100 · 50 mm	0,65 m		KV1EB10535A
Minicolumna sección cuadrada 100 · 72 mm	0,65 m		KV1EB10735A
Minicolumna sección cuadrada 100 · 80 mm	0,65 m		KV1EB10835A
Minicolumna sección cuadrada 100 · 125 mm	0,65 m		KV1EB11235A
Minicolumna sección circular D = 90 mm	0,65 m		KV1ER10925A
Columnas equipadas por dos caras	10/16	Murales	Centrales
Minicolumna en (T) sección cuadrada 100 · 102 mm	0,165 m		KV1BS0825A
Minicolumna sección cuadrada 100 · 102 mm	0,65 m		KV1EB11045A
Accesorios para corriente fuerte y débil	10/16		
Collarín para aparellaje EUNEA MERLIN GERIN 50/50	ébano	BTP70CT600N	
	blanco	BTP70CT600B	
Accesorios para columnas Prefadis	10/16	1 tubo	2 tubos
Escuadra universal fijación columnas		KV1AF001	
Resorte presión para fijación columnas			KV1AF002
Collarín tulipa para columna		KV1AT011	KV1AT021
Estilo fijación	marrón	KV1AE001	
Tapa engatillable 2 precortes	aluminio	KV1AC201A	
Junta de tapa	H 0 31	KV1JC001	
	H 0 54	KV1JC002	
Separador	1 m aluminio	KV1AS101	

Tabla F7-188: *tabla de referencias de accesorios y columnas Prefadis C9000.*

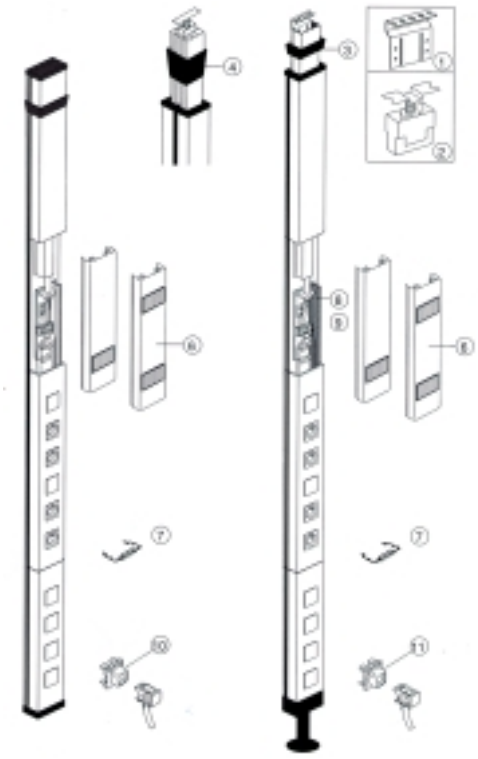
Accesorios para corrientes débiles y fuertes

Tipo	Utilización para columnas	Color	Referencia
Bases de toma de corriente precableadas para corrientes fuertes			
Base 2P	Todos los tipos (1)	Negro (2)	87032.00
Base 2P + T	Todos los tipos (1)	Negro (2)	87034.00
Base 2P + TTL	Todos los tipos (1)	Negro (2)	87036.00
Bases de toma de corriente para telefonía e informática			
Base teléfono 4 bornes	Todos los tipos (1)	Negro (2)	87392.00
Base teléfono 6 bornes	Todos los tipos (1)	Negro (2)	87393.00
Toma sub-D 9 pins	Todos los tipos (1)	Negro (2)	87290.00
Toma sub-D 15 pins	Todos los tipos (1)	Negro (2)	87291.00
RJ45 cat. 5 sin apantallar	Todos los tipos (1)	Negro (2)	87293.00
RJ45 cat. 5 apantallada	Todos los tipos (1)	Negro (2)	87294.00
Tapa ciega	Todos los tipos (1)	Negro (2)	87366.00
Adaptador para material EUNEA MERLIN GERIN			
Collarín	Todos los tipos (1)	Negro (2) Blanco	BTP70CT600N BTP70CT600B
Elementos sueltos y repuestos			
Estribo de fijación deslizante con tornillo M6 para columnas de todo tipo (2)	Para fijaciones diversas en la parte exterior de la columna (spots, espejos, etc.)	Marrón	KV1-AE001
Arandelas entre tapas	100 × 50 100 × 80 100 × 102	Marrón	KV1-JC001
	100 × 72 100 × 102 100 × 125	Marrón	KV1-JC002
Escuadra	100 × 50 100 × 72	Acero	KV1-AF001
Resorte de presión	100 × 80 100 × 102 100 × 125	Acero	KV1-AF002
Collarines tulipas (2 partes engatillables)	100 × 50 100 × 72	Marrón	KV1-AT011
	100 × 80 100 × 102 100 × 125	Marrón	KV1-AT021

(1) Montaje en una sala preequipada.
(2) Disponible también en blanco u otros colores.

Tabla F7-189: *tabla de referencias de accesorios para corrientes débiles y fuertes EUNEA MERLIN GUERIN.*

Repuestos para columnas Prefadis C9000



Mural Central

■ Repuestos.
Para fijación superior de columnas centrales.
□ Escuadra universal (1) para columnas con tubo telescópico 100 × 50; 100 × 72.
□ Resorte de presión (2) para columnas con 2 tubos telescópicos 100 × 80; 100 × 102; 100 × 125.
■ Opciones.
Estribo de fijación deslizante (5) con tornillo M6. Montaje por 2 tornillos sobre una ranura lateral de la columna.



□ Zona corrientes fuertes.
Tapa engatillable (longitud 0,4 m) con 2 precortes de 4 módulos (6).
Sustituye la tapa de 1 precorte montada de origen.
□ Zona corrientes débiles.
Separador de conducto (longitud 1 m) para columnas:
(8) 100 × 50; 100 × 80; 100 × 102 (cara corrientes débiles).
(9) 100 × 72; 100 × 125; 100 × 102 (cara corrientes fuertes).

Designación	Marca	Color	Referencias
Escuadra universal (acero) para fijación columnas con un tubo telescópico	1		KV1-AF001
Resorte de presión (acero) para fijación columnas con dos tubos telescópicos	2		KV1-AF002
Collarín tulipa (marrón) para columna con tubo telescópico	3		KV1-AT011
Collarín tulipa (marrón) para columna con 2 tubos telescópicos	4		KV1-AT021
Estribo de fijación	5	Marrón	KV1-AE001
Tapa engatillable 2 precortes de 4 módulos	6	Al	KV1-AC201A
Junta de tapa H: 31 H: 54	7		KV1-JC001 KV1-JC002
Separador	8	Al	KV1-AS101
(longitud 1 m)	9	Al	KV1-AS201
Placa de 50 · 50 mm	10	Blanco	KV1-AZ004B
Para conector IBM	11	Marrón	KV1-AZ004M

Tabla F7-190: *tabla de respuestos de Prefadis C9000.*

7.5. Canalizaciones eléctricas para alumbrado

Determinación de la canalización en función del peso de las luminarias

Las distancias de fijación de las canalizaciones son función del número y del peso de las luminarias, así como del tipo de estructura del edificio. La tabla F7-132 determina las distancias de fijación máximas admisibles para cargas repartidas (en kg), para una flecha de la canalización de 1/500°. En caso de cargas concentradas (lámparas de descarga), se debe aplicar un coeficiente de reducción de 0,6.

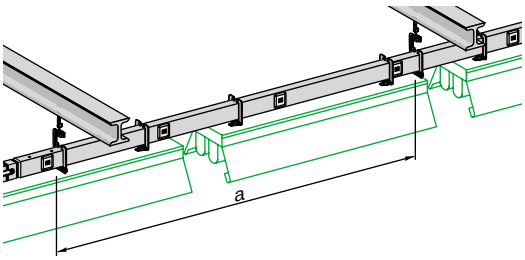


Fig. F7-191: *fijación de luminarias.*

Carga máxima en kg							
Tipo de canalización	Distancia entre sujeciones (m)						
	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
KLE EA	17	12	9	–	–	–	–
KBA EA	34	22	15	–	–	–	–
EL	29	19	13	–	–	–	–
KBB 1-C	73	60	48	35	27	21	17
2-C	62	51	41	30	23	18	15

Tabla F7-192: *tabla de elección de las canalizaciones en función de las cargas a soportar.*

Distancias máximas de fijación de las luminarias

Distancias máximas entre fijaciones (en m)												
Luminarias tipo industrial, con reflector y sin rejilla de protección												
Luminarias		Colocación de las luminarias										
Potencia en W	Peso en kg/ud.	Juntas			Poco espaciadas			Espaciadas			Centradas	
												
		KLE	KBA	KBB	KLE	KBA	KBB	KLE	KBA	KBB	KBA	KBB
1×36	4,20	3,00	3,00	5,00	3,00	3,00	5,00	3,00	3,00	5,00	4,00	6,00
1×58	5,30	2,90	3,00	5,00	3,00	3,00	5,00	3,00	3,00	5,00	4,00	6,00
2×36	4,90	3,00	3,00	5,00	3,00	3,00	5,00	3,00	3,00	5,00	4,00	6,00
2×58	6,30	2,80	3,00	5,00	3,00	3,00	5,00	3,00	3,00	5,00	4,00	6,00
Luminarias tipo industrial, con reflector y con rejilla de protección												
		KLE	KBA	KBB	KLE	KBA	KBB	KLE	KBA	KBB	KBA	KBB
1×36	5,20	3,00	3,00	5,00	3,00	3,00	5,00	3,00	3,00	5,00	4,00	6,00
1×58	6,50	2,80	3,00	5,00	3,00	3,00	4,80	3,00	3,00	5,00	4,00	6,00
2×36	5,90	2,90	3,00	5,00	3,00	3,00	4,90	3,00	3,00	5,00	4,00	6,00
2×58	7,50	2,60	3,00	4,00	3,00	3,00	4,50	3,00	3,00	5,00	4,00	6,00
Luminarias tipo industrial, con reflector, estancas												
			KBA	KBB		KBA	KBB		KBA	KBB	KBA	KBB
1×36	3,30		3,00	5,00		3,00	5,00		3,00	5,00	4,00	6,00
1×58	4,20		3,00	5,00		3,00	5,00		3,00	5,00	4,00	6,00
2×36	5,20		3,00	5,00		3,00	5,00		3,00	5,00	4,00	6,00
2×58	5,90		3,00	5,00		3,00	5,00		3,00	5,00	4,00	6,00
Luminarias tipo industrial, con reflector, para lámparas de descarga												
		Situadas entre dos sujeciones						Situadas al lado de las sujeciones				
												
			KBA	KBB					KBA	KBB		
	6,00		3,00	5,00					4,00	6,00		
250	8,50		3,00	5,00					4,00	6,00		
	10,00		3,00	5,00					4,00	6,00		
	6,50		3,00	5,00					4,00	6,00		
400	9,00		3,00	5,00					4,00	6,00		
	11,00		3,00	5,00					4,00	6,00		

Tabla F7-193: *tabla de distancias de fijación de las luminarias, en función de su naturaleza, de la estructura del edificio y de la canalización.*

Canalizaciones Canalis KLE de 20 A

Descripción:

■ Elementos rectos:

□ Para transportar la corriente, soportar y alimentar las luminarias.

□ Los elementos rectos forman la estructura de la línea y están formados por:

1) Un perfil de plancha de acero galvanizada y perfilada por embutición. Este perfil asegura la función de conductor de protección (PE).

2) De 2 o 4 conductores.

3) Una base, tipo raíl enchufable, asegura todas las conexiones eléctricas de los conductores activos. Los contactos son del tipo de pinza con resorte, liberando así toda implicación de la materia plástica aislante en las fuerzas de conexión.

5) Una guía mecánica y su resorte de enclavamiento aseguran la rigidez de la unión de dos elementos.

□ El ensamblaje de dos elementos se efectúa instantáneamente, el ensamblaje eléctrico y mecánico son simultáneos.
□ La continuidad del conductor de protección es asegurada automáticamente.
□ Con la fijación por tornillo se termina la operación de unión.
□ Todos los aislantes y material plástico empleados en el sistema soportan el ensayo contra el fuego de la CEI 695-2-1, del hilo incandescente a >850 °C.

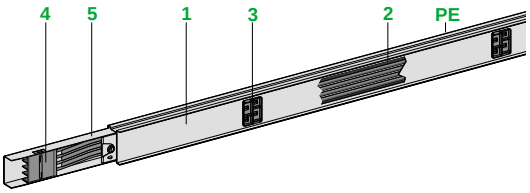


Fig. F7-194: *tramos rectos de KLE.*

■ Las cajas de alimentación eléctrica y cierre mecánico:
□ Para alimentar una línea Canalis KLE por cable.
□ El montaje se realiza uniéndolas a los tramos rectos de la misma forma que los tramos rectos entre sí.
□ Las cajas de alimentación están equipadas de bornes para cable de cobre rígido de 10 mm^2 o flexible de 6 mm^2.
La entrada está protegida por un prensaestopas.

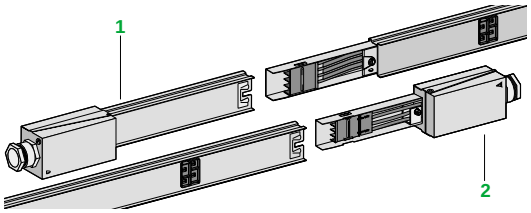


Fig. F7-195: *cajas de alimentación y cajas de unión KLE.*

1) Caja de alimentación.
2) Caja de salida, permite también la alimentación de otro tramo.
■ Los cambios de dirección.
La asociación de dos tramos o líneas por medio de conductos tubulares permite efectuar toda clase de cambios de dirección o salvar obstáculos.

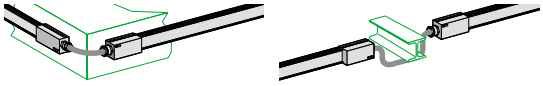


Fig. F7-196: *formas de efectuar los cambios de dirección y salvar obstáculos.*

Sujeción de la canalización
Para fijar la canalización a la estructura del edificio, directamente o por medio de una varilla roscada (Ø 6 mm), una cadena, un cable de acero, etc. Estas fijaciones permiten todas las posibles fijaciones o suspensiones:
1) Estribo en C.
Su diseño permite la colocación rápida de los elementos en el estribo, liberando así al montador del peso de la canalización. La fijación definitiva se obtiene basculando el elemento articulado hasta su enclavamiento automático (el engatillamiento se efectúa en el lado que no trabaja).
En altura permite el paso de la guía suplementaria de cables.

2) Suspendido con cadena.
■ Permite el montaje de forma rápida.
■ La regulación de la altura se realiza:
□ por la misma cadena,
□ por el perno roscado de sujeción de la cadena.
3) Suspendido con cable de acero.
4) Estribo atornillado. Para la fijación mural.

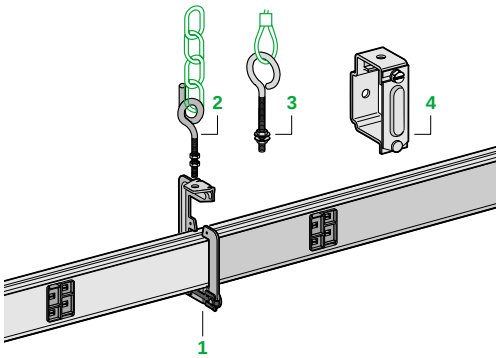


Fig. F7-197: *formas de fijación de la canalización KLE.*

Canaleta metálica de soporte de cables suplementaria

Guía adicional suplementaria para soportar una línea adicional para dos cables de 12 mm de diámetro.
Los cables pueden sujetarse por medio de perforaciones cada 30 cm, que permiten la fijación de grapas de nailon (por ejemplo).
En este diseño mantiene una separación metálica entre el cable y los conductores de la canalización.
Para el alumbrado de seguridad con fuentes centralizadas, permite la distribución de un cable de categoría CR1, resistente al fuego.

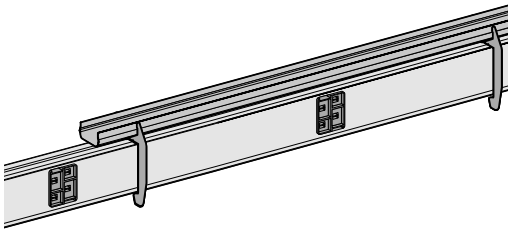


Fig. F7-198: *canaleta suplementaria para la ubicación de posibles líneas.*

Suspensión de luminarias

El montaje se realiza con bridas atornilladas a las pantallas y sujetadas a la canalización de forma automática.

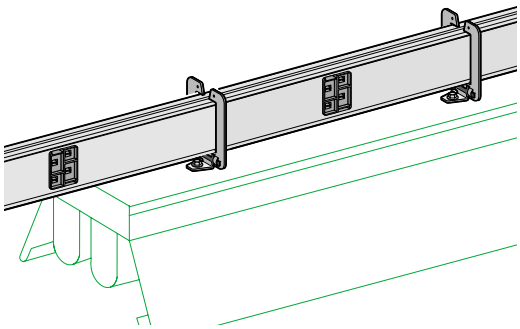


Fig. F7-199: *forma de sujeción de las luminarias.*

Conectores de derivación

Para la conexión instantánea de las lámparas a la línea Canalis KLE:

■ Siempre son bipolares L+N+PE.

■ Son maniobrables en carga.

■ Los contactos activos son del tipo de pinza, la conexión del conductor de protección PE se realiza antes que la de los conductores activos y el neutro y desconecta el último.

1) Cuerpo.
2) Enganche.
3) Contactos activos.
4) Contacto conductor PE.
5) Ventana transparente de visualización de la fase elegida.
6) Color indicativo de la polaridad elegida.

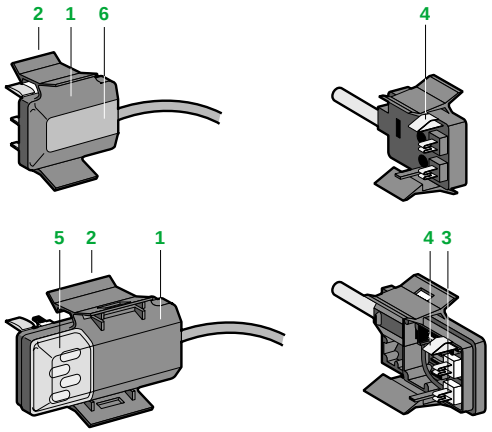


Fig. F7-200: *conectores de derivación monofásicos.*

Conectores bipolares precableados

Precableados con cables H05VV-F, 3 × 1 mm^2.

El extremo correspondiente a la luminaria está preparado para la conexión.

1) Conector de 6 A sin selección de fase, longitud del cable 0,6 m.

Son bipolares y de polaridad fija:

■ Verde L1+N.

■ Amarillo L2+N.

■ Marrón L3+N.

2) Conector 10 A, con selección de fase, longitud del cable 0,8 m o 2 m.

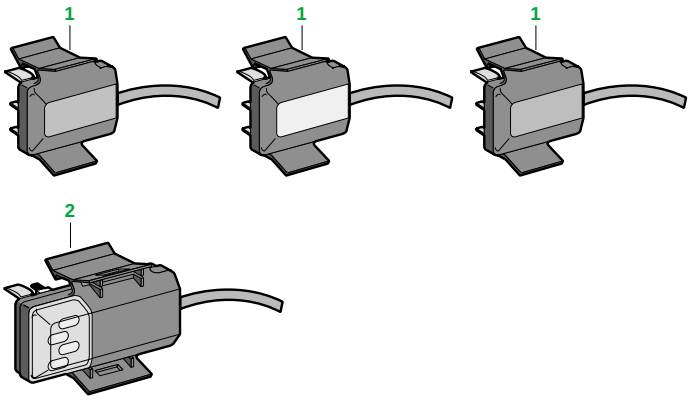


Fig. F7-201: *conectores bipolares precableados.*

Sistema de montaje:

■ Elementos rectos.

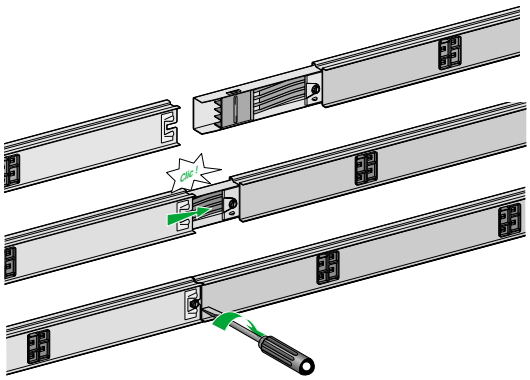


Fig. F7-202: *forma de montaje de los elementos rectos.*

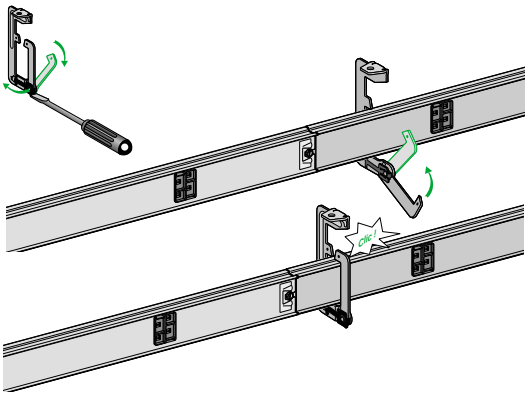


Fig. F7-203: *forma de fijación de los elementos rectos.*

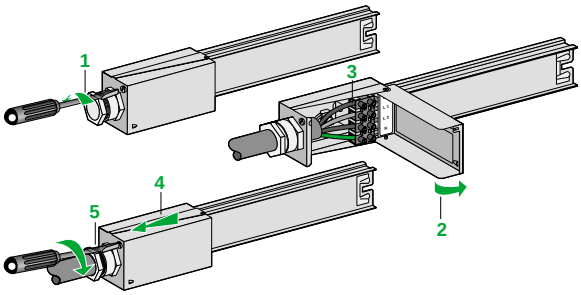


Fig. F7-204: *forma de colocación de las cajas de alimentación.*

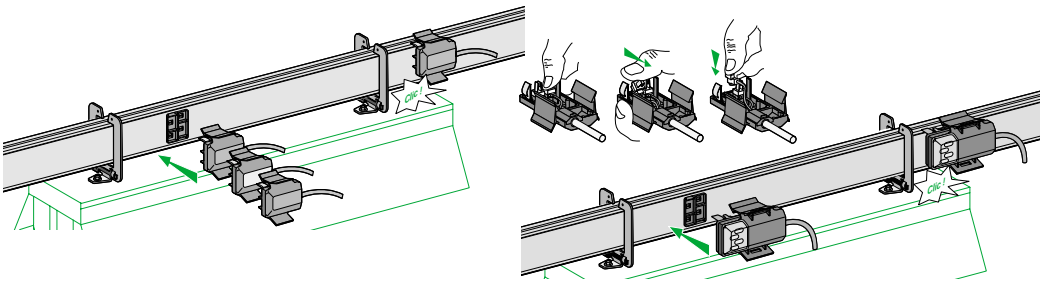


Fig. F7-205: *forma de colocación de los conectores de derivaciones.*

F
7

Componentes de las líneas KLE

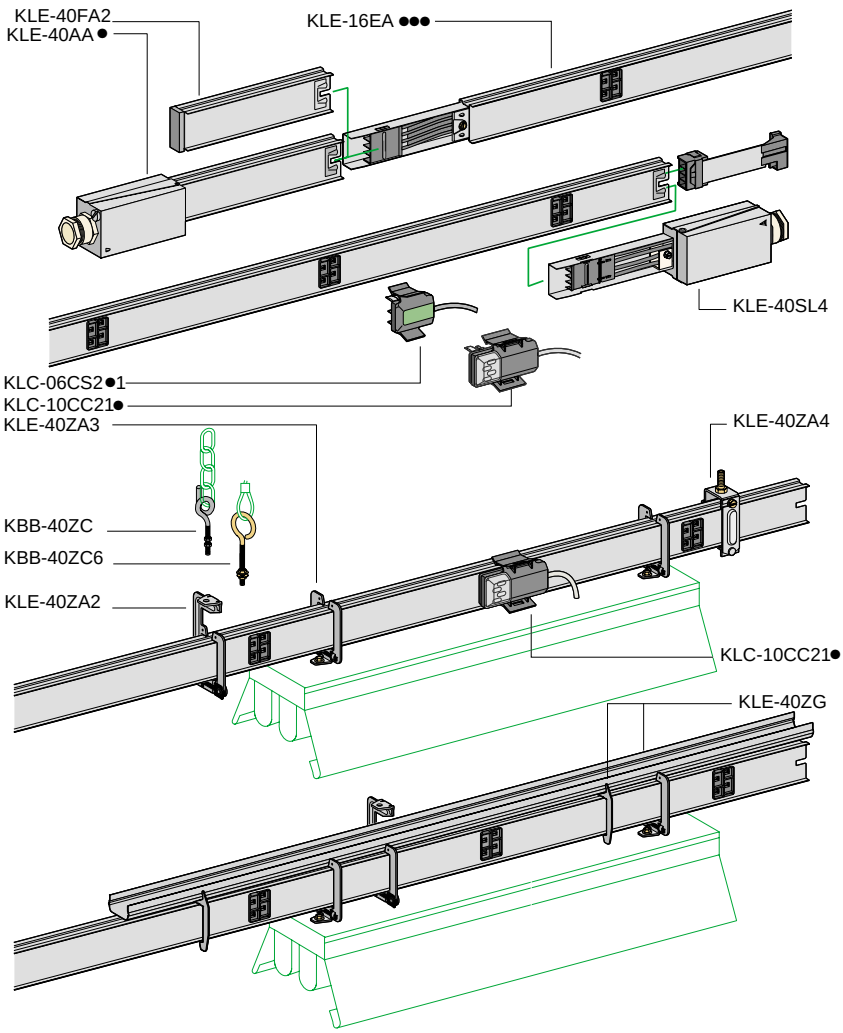


Fig. F7-206: *componentes de la línea KLE.*

Canalizaciones Canalis KBA de 25 y 40 A

Descripción:

■ Elementos rectos:

□ Para transportar la corriente, soportar y alimentar las luminarias.

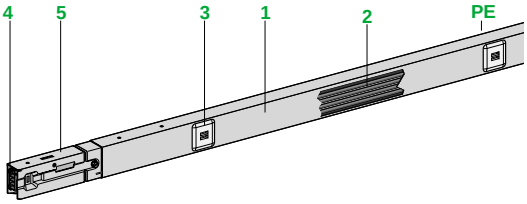


Fig. F7-207: *tramos rectos de KBA.*

□ Los elementos rectos forman la estructura de la línea y están formados por:
1) Un perfil de plancha de acero (espesor de 0,5 mm, sección rectangular de 46 × 30) galvanizada o lacada en blanco RAL 9010, perfilada por embutición. Este perfil asegura la función de conductor de protección (PE).
2) De 2 o 4 conductores de cobre protegidos contra la corrosión con estaño (estañadas). Un cable de 2 × 0,75 mm^2 para circuito de telemando, opcional.
3) Tomas de derivación cada metro (tipo EA) o 0,5 m (tipo EL).
4) Una base, tipo raíl enchufable, asegura todas las conexiones eléctricas de los conductores activos. Los contactos son del tipo de pinza con resorte, liberando así toda implicación de la materia plástica aislante en las fuerzas de conexión.
5) Una guía mecánica y su resorte de enclavamiento aseguran la rigidez de la unión de los elementos, con un grado de protección IP 54.
□ El ensamblaje de los elementos se efectúa instantáneamente, el ensamblaje eléctrico y mecánico son simultáneos.
□ La continuidad del conductor de protección es asegurada automáticamente.
□ Con el apriete de un tornillo se termina la operación de fijación.
□ Todos los aislantes y material plástico empleados en el sistema soportan el ensayo contra el fuego de la CEI 695-2-1, del hilo incandescente:
960 °C para las piezas en contacto con las partes activas.
850 °C para las piezas sin contacto con las partes conductoras.
□ La canalización es NPI (no propagadora de incendios) según CEI 332-3.
■ Las cajas de alimentación eléctricas y cierre mecánico:
□ Para alimentar una línea de Canalis KBA por cable.
□ El montaje se realiza uniéndolas a los tramos rectos, de la misma forma que se unen los tramos rectos entre sí.
□ Las cajas de alimentación están equipadas de bornes para cables de cobre rígido de 10 mm^2 o flexible de 6 mm^2. La entrada está protegida por un prensaestopas.
1) Caja de alimentación.
2) Caja de salida, permiten la alimentación de otro tramo.

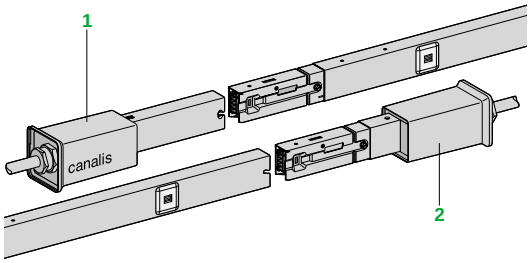


Fig. F7-208: *cajas de alimentación y cajas de unión, KBA.*

Sujeción de la canalización

Para fijar la canalización a la estructura del edificio, directamente o por medio de una tija roscada (Ø 6 mm), una cadena, un cable de acero, etc. Estas fijaciones permiten todas las posibles fijaciones o suspensiones:
1) Estribo en C.
Su diseño permite la colocación rápida de los elementos en el estribo, liberando así al montador del peso de la canalización. La fijación definitiva se obtiene basculando el elemento articulado hasta su enclavamiento automático (el engatillamiento se efectúa en el lado que no trabaja).
En altura permite el paso de la guía suplementaria de cables.

2) Suspendido con cadena.
■ Permite el montaje de forma rápida.
■ La regulación de la altura se realiza:
□ por la misma cadena,
□ por el perno roscado de sujeción de la cadena.
3) Suspendido con cable de acero.
4) Estribo atornillado. Para la fijación mural.

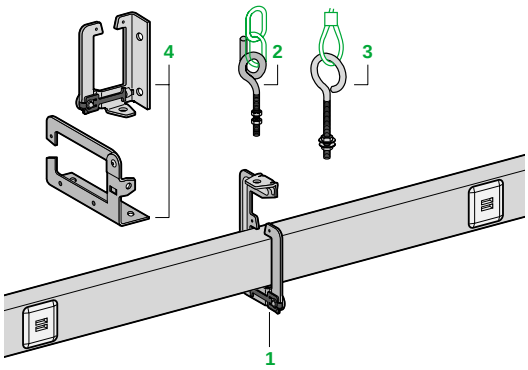


Fig. F7-209: *formas de fijación de la canaleta KBA.*

Elementos complementarios

■ Elementos flexibles.
Para los cambios de dirección se suministran unos elementos flexibles que se conectan a los tramos rectos.
■ Canaleta metálica de soporte de cables suplementaria.
Canaleta adicional suplementaria para soportar una línea adicional para dos cables de 12 mm de diámetro. Los cables pueden sujetarse por medio de perforaciones cada 30 cm, que permiten la fijación de grapas de nailon (por ejemplo). En este diseño se mantiene una separación metálica entre el cable y los conductores de la canalización. Para el alumbrado de seguridad con fuentes centralizadas, permite la distribución de un cable de categoría CR1, resistente al fuego.
■ Elementos vacíos de complemento a la longitud.
Para ajustar la longitud de la línea en su extremo y ajustarla a la longitud del edificio.

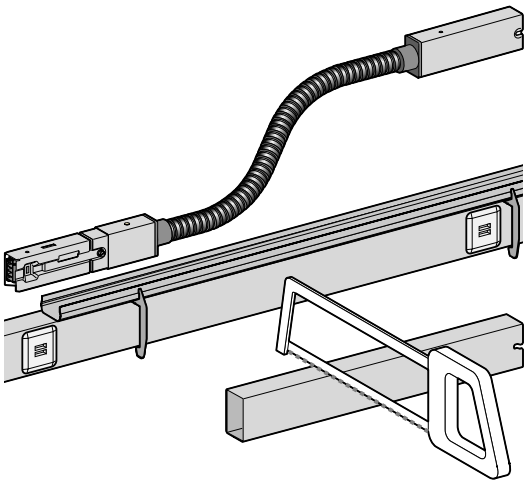


Fig. F7-210: *elementos flexibles para los cambios de dirección, canaleta suplementaria de soporte de conductores y prolongaciones vacías de ajuste a la longitud.*

Suspensión de luminarias

El montaje se realiza con bridas atornilladas a las pantallas y sujetas a la canalización de forma automática.

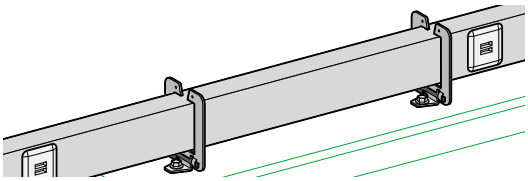


Fig. F7-211: *forma de sujeción de las luminarias por bridas con trinquete.*

Conectores para derivaciones

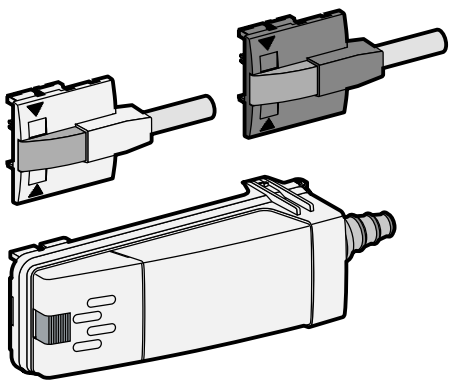


Fig. F7-212: *tipos de conectores para Canalis KBA.*

■ Para la conexión instantánea de las lámparas a la línea Canalis KBA:
□ Son maniobrables en carga.
□ Los contactos activos son del tipo de pinza, la conexión del conductor de protección PE se realiza antes de los conductores activos y neutro y desconecta el último.
□ La conexión es fácil, puesto que está guiada, permitiendo el montaje a "ciegas".
□ Un pestillo de color asegura la fijación a la base. Para el desmontaje se necesita una herramienta.
□ El cuerpo y las piezas aislantes son de poliamida, con una resistencia al fuego (hilo incandescente), según CEI 695-2-1 de > 860 °C.
■ Conectores de 10 A precableados:
□ Precableados con cable H05VV-F 3 × 1,5 mm^2, de longitud 0,8 m o 2 m. El extremo de la luminaria está preparado para la conexión.

Pestillo	Cuerpo	
	Gris	Negro
Verde	L1 + N + PE	L1 + L2 + PE (L2 + N2 + PE)
Amarillo	L2 + N + PE	L1 + L3 + PE
Marrón	L3 + N + PE	L2 + L3 + PE

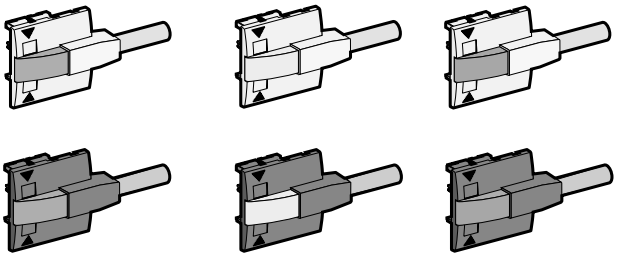
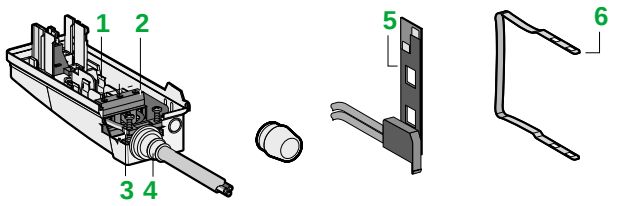


Fig. F7-213: *conectores de 10 A para Canalis KBA.*



1. Base fusible. 2. Bornes para cable 0,75 a 2,5 mm^2.
3. Prensacables. 4. Pasamuros.
5. Bloque de toma de corriente. 6. Brida clip.

Fig. F7-214: *tomas de 16 A.*

□ Son bipolares y de fase fija, identificables por el color del pestillo.
■ Conectores bipolares de 16 A, con bornes o fusibles:
□ Conector con N: estos conectores permiten la selección de fase y por tanto el equilibrio de las cargas en una canalización Canalis KBA tri + N + PE.
□ Conector sin N: estos conectores permiten la selección de fase y por tanto el equilibrio de las cargas en una canalización Canalis KBA tri + PE (sin distribución de N).
□ Permiten la colocación de uno o dos fusibles UTE 8,5 × 31,5 tipo g1, 16 A, con poder de corte de 20 kA.
□ La protección con fusibles asegura la selectividad sobre un defecto, así como la protección individual de cada luminaria.
□ Los bornes permiten la conexión de un cable de 2,5 mm^2.
□ El acceso a los fusibles y los bornes no se puede realizar estando conectado (en tensión).
□ Permiten la incorporación del conector para telemando.
□ El conector se fija con una brida para compensar el efecto de su propio peso.
■ Dispositivo de enclavamiento mecánico.
□ Un juego de tres dispositivos de bloqueo de colores diferentes permiten el enclavamiento y la distinción de la fase conectada.

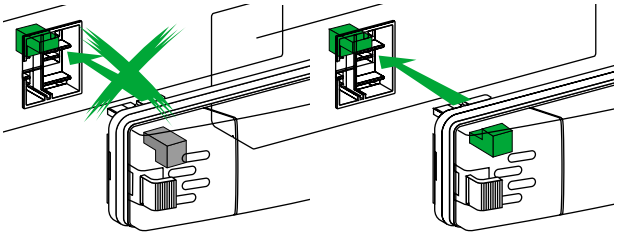


Fig. F7-215: *dispositivos de bloqueo identificadores de la fase conectada.*

Sistemas de montaje:

■ Elementos rectos.

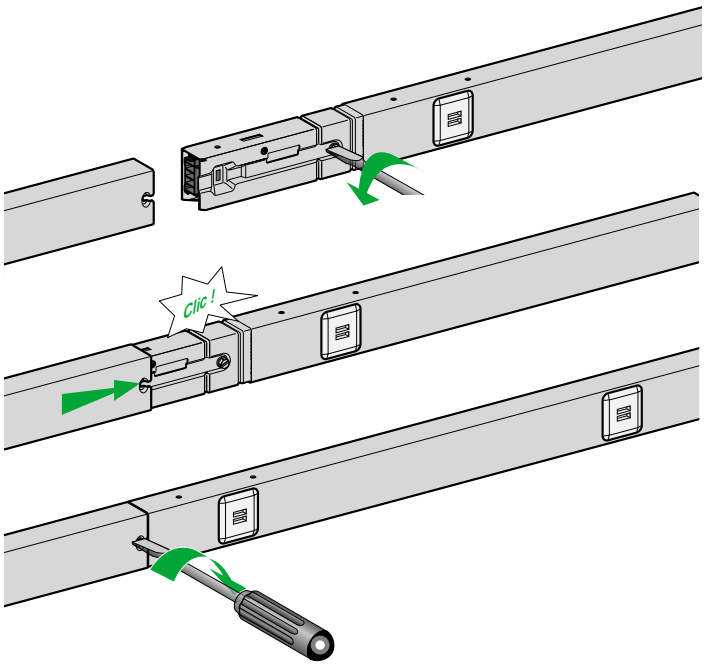


Fig. F7-216: *forma de montaje de los elementos rectos.*

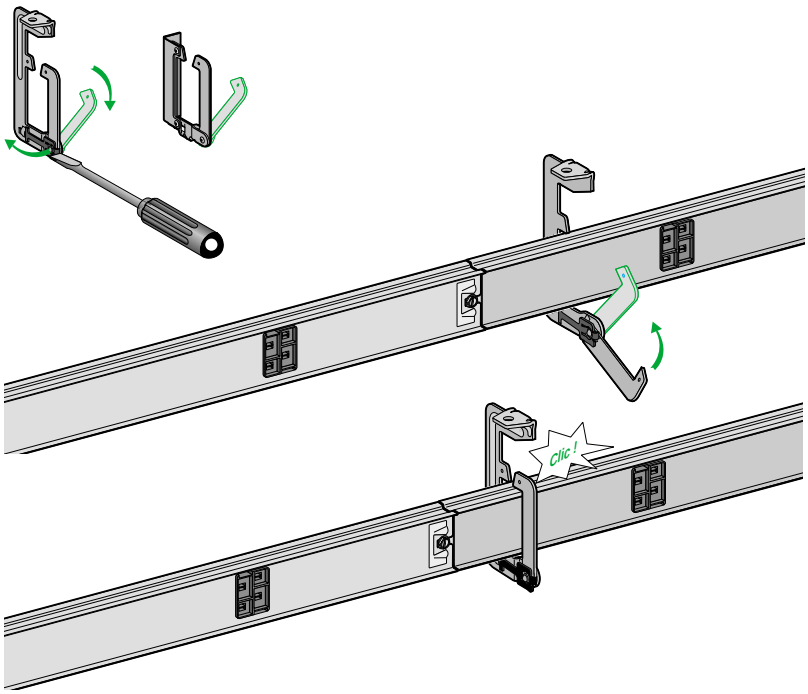


Fig. F7-217: *forma de fijación de los elementos rectos.*

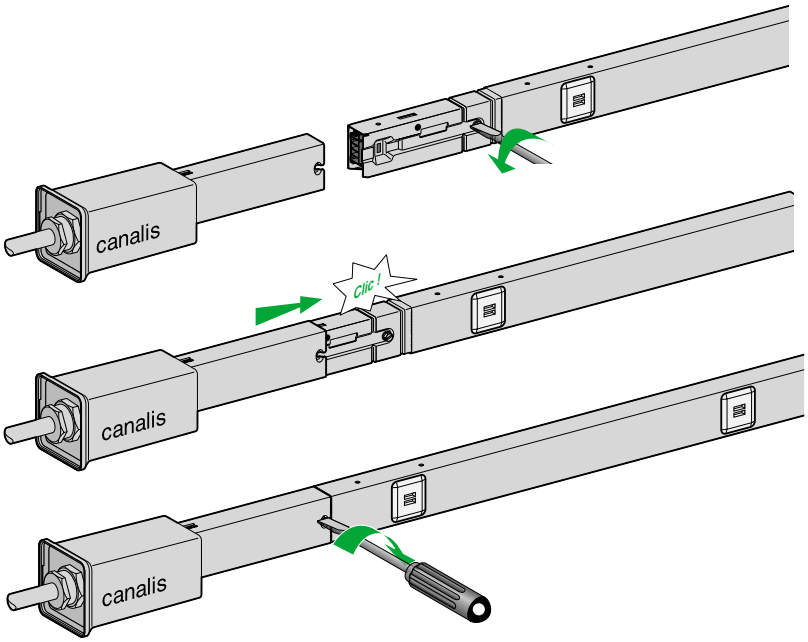


Fig. F7-218: *forma de colocación de las cajas de alimentación.*

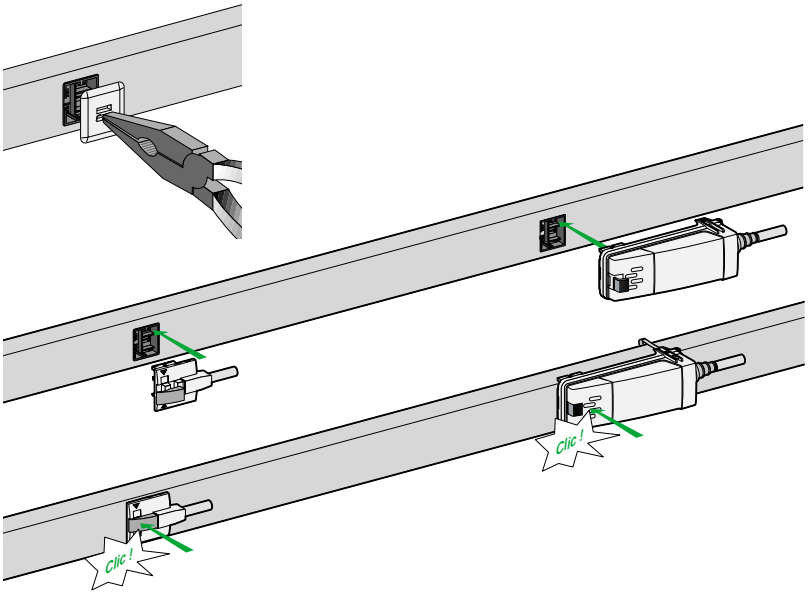


Fig. F7-219: *forma de colocación de los conectores de derivación.*

Componentes de las líneas KBA

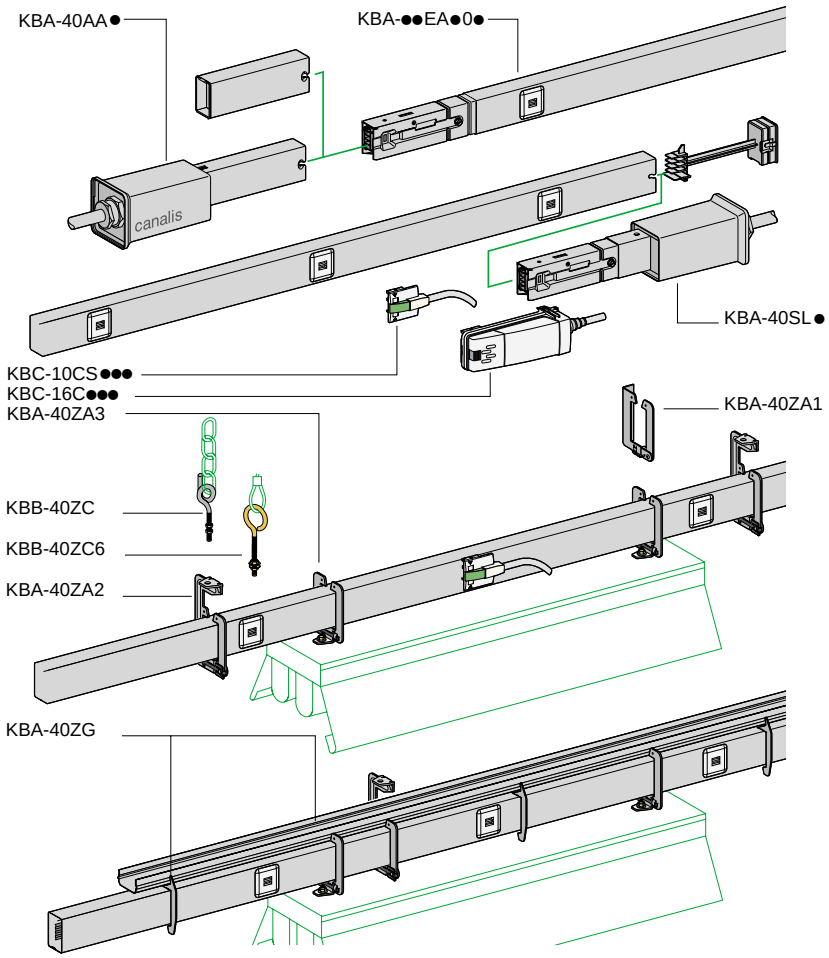


Fig. F7-220: *componentes de la línea KBA.*

Canalizaciones Canalis KBB de 25 y 40 A

Descripción:

■ Elementos rectos:

□ Para transportar la corriente, soportar y alimentar las luminarias.

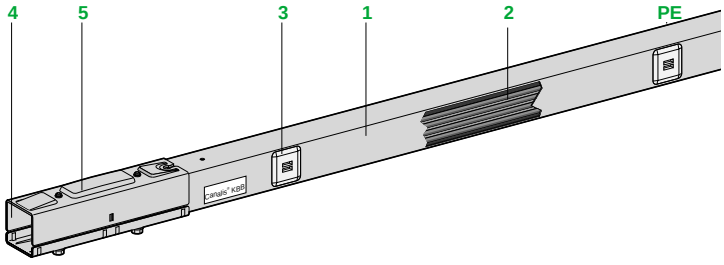


Fig. F7-221: *tramos rectos de KBB.*

□ Los elementos rectos forman la estructura de la línea y están formados por:
1) Un perfil de plancha de acero (espesor de 0,5 mm, sección rectangular de 46 × 46) galvanizada o lacada en blanco RAL 9010, perfilada por embutición. Este perfil asegura la función de conductor de protección (PE).
2) De 2 u 8 conductores de cobre protegidos contra la corrosión con estaño (estañadas). Un cable se 2 × 0,75 mm^2 para circuito de telemando, opcional.
3) Tomas de derivación cada metro (tipo EA) o 0,5 m (tipo EL).
4) Una base, tipo raíl enchufable, asegura todas las conexiones eléctricas de los conductores activos. Los contactos son del tipo de pinza con resorte, liberando así toda implicación de la materia plástica aislante en las fuerzas de conexión.
5) Una guía mecánica y su resorte de enclavamiento aseguran la rigidez de la unión de los elementos, con un grado de protección IP 54.
□ El ensamblaje de los elementos se efectúa instantáneamente, el ensamblaje eléctrico y mecánico son simultáneos.
□ La continuidad del conductor de protección es asegurada automáticamente.
□ Con el apriete de un tornillo se termina la operación de fijación.
□ Todos los aislantes y material plástico empleados en el sistema soportan el ensayo contra el fuego de la CEI 695-2-1, del hilo incandescente:
960 °C para las piezas en contacto con las partes activas.
850 °C para las piezas sin contacto con las partes conductoras.
□ La canalización es NPI (no propagadora de incendios) según CEI 332-3.
■ Las cajas de alimentación eléctricas y cierre mecánico:
□ Para alimentar una línea de Canalis KBB por cable.
□ El montaje se realiza uniéndolas a los tramos rectos.
□ Las cajas de alimentación están equipadas de bornes para cables de cobre rígido de 10 mm^2 o flexible de 6 mm^2. La entrada está protegida por un prensaestopas.
1) Caja de alimentación izquierda.
2) Caja de alimentación derecha, permiten la alimentación de otro tramo.

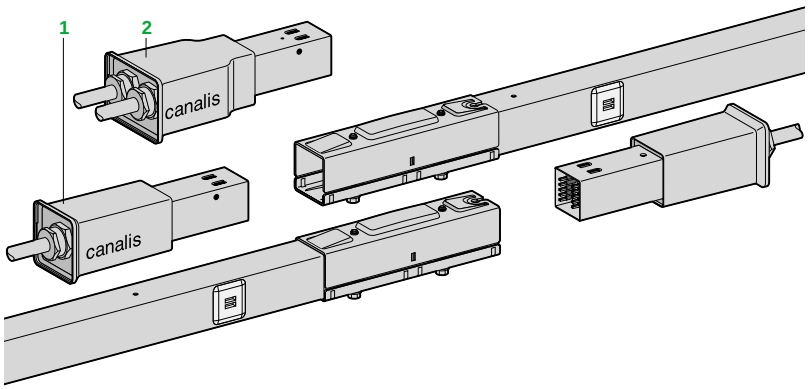


Fig. F7-222: *cajas de alimentación KBB.*

F
7

Sujeción de las canalizaciones

Para fijar la canalización a la estructura del edificio, directamente o por medio de una varilla roscada (Ø 6 mm), una cadena, un cable de acero, etc. Estas fijaciones permiten todas las posibles fijaciones o suspensiones:
1) Estribo en C.
Su diseño permite la colocación rápida de los elementos en el estribo, liberando así al montador del peso de la canalización. La fijación definitiva se obtiene

basculando el elemento articulado hasta su enclavamiento automático (el engatillamiento se efectúa en el lado que no trabaja).
En altura permite el paso de la guía suplementaria de cables.
2) Suspendido con cadena.
■ Permite el montaje de forma rápida.
■ La regulación de la altura se realiza:
□ por la misma cadena,
□ por el perno roscado de sujeción de la cadena.
3) Suspendido con cable de acero.
4) Estribo atornillado. Para la fijación mural.

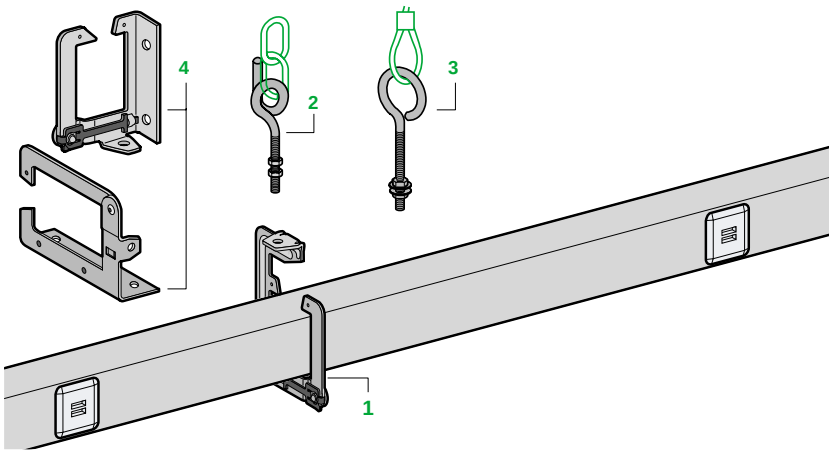


Fig. F7-223: *formas de fijación de la canalización KBB.*

Elementos complementarios:
■ Elementos flexibles.
Para los cambios de dirección se suministran unos elementos flexibles que se conectan a los tramos rectos.
■ Canaleta metálica de soporte de cables suplementaria.
Canaleta adicional suplementaria para soportar una línea adicional para dos cables de 12 mm de diámetro.
Los cables pueden sujetarse por medio de perforaciones cada 30 cm, que permiten la fijación de grapas de nailon (por ejemplo).
En este diseño se mantiene una separación metálica entre el cable y los conductores de la canalización.

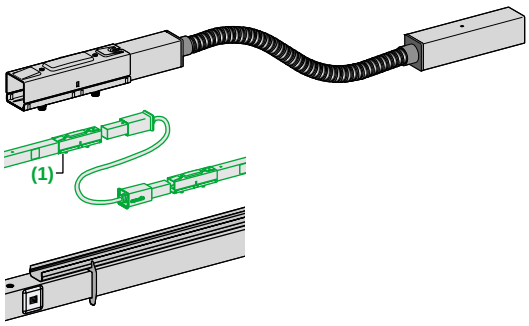


Fig. F7-224: *elementos flexibles para los cambios de dirección, canaleta suplementaria de soporte de conductores y prolongaciones vacías de ajuste a la longitud.*

Para el alumbrado de seguridad con fuentes centralizadas, permite la distribución de un cable de categoría CR1, resistente al fuego.
■ Elementos vacíos de complemento a la longitud.
Para ajustar la longitud de la línea en su extremo y ajustarla a la longitud del edificio.

Suspensión de luminarias
El montaje se realiza con bridas atornilladas a las pantallas y sujetas a la canalización de forma automática.

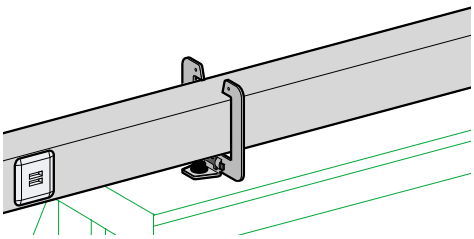


Fig. F7-225: *forma de sujeción de las luminarias.*

Conectores para derivaciones:

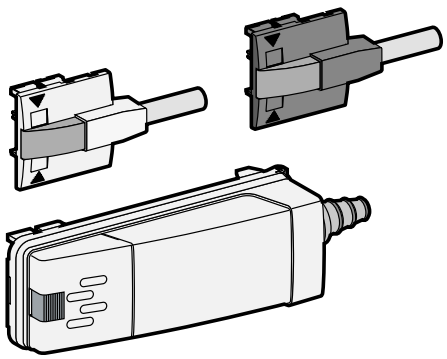


Fig. F7-226: *tipos de conectores para Canalis KBA.*

■ Para la conexión instantánea de las lámparas a la línea Canalis KBB:
□ Son maniobrables en carga.
□ Los contactos activos son del tipo de pinza, la conexión del conductor de protección PE se realiza antes de los conductores activos y neutro y desconecta el último.
□ La conexión es fácil, puesto que está guiada, permitiendo el montaje a "ciegas".
□ Un pestillo de color asegura la fijación a la base. Para el desmontaje se necesita una herramienta.
□ El cuerpo y las piezas aislantes son de poliamida, con una resistencia al fuego (hilo incandescente), según CEI 695-2-1 de > 860 °C.
■ Conectores de 10 A precableados:
□ Precableados con cable H05VV-F 3 × 1,5 mm^2, de longitud 0,8 m o 2 m. El extremo de la luminaria está preparado para la conexión.
□ Son bipolares y de fase fija, identificables por el color del pestillo.
■ Conectores bipolares de 16 A, con bornes o fusibles:
□ Conector con N: estos conectores permiten la selección de fase y por tanto el equilibrio de las cargas en una canalización Canalis KBB tri + N + PE.

Pestillo	Cuerpo	
	Gris	Negro
Verde	L1 + N + PE	L1 + L2 + PE (L2 + N2 + PE)
Amarillo	L2 + N + PE	L1 + L3 + PE
Marrón	L3 + N + PE	L2 + L3 + PE

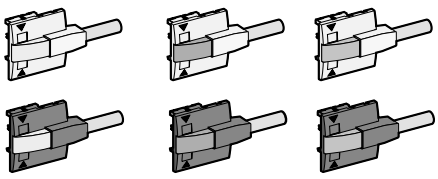
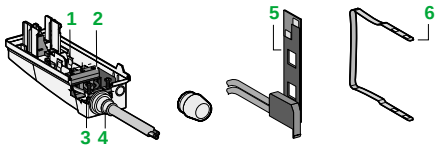


Fig. F7-227: *conectores de 10 A para Canalis KBA.*



1. Base fusible. 2. Bornes para cable 0,75 a 2,5 mm^2.
3. Prensacables. 4. Pasamuros.
5. Bloque de toma de corriente. 6. Brida clip.

Fig. F7-228: *conectores de 10 A para Canalis KBA.*

□ Conector sin N: estos conectores permiten la selección de fase y por tanto el equilibrio de las cargas en una canalización Canalis KBB tri + PE (sin distribución de N).
□ Permiten la colocación de uno o dos fusibles UTE 8,5 × 31,5 tipo g1, 16 A, con poder de corte de 20 kA.
□ La protección con fusibles asegura la selectividad sobre un defecto, así como la protección individual de cada luminaria.
□ Los bornes permiten la conexión de un cable de 2,5 mm^2.
□ El acceso a los fusibles y los bornes no se puede realizar estando conectado (en tensión).
□ Permiten la incorporación del conector para telemando.
□ El conector se fija con una brida para asegurar el efecto de su propio peso.
■ Dispositivo de enclavamiento mecánico:
□ Un juego de tres dispositivos de bloqueo de colores diferentes permiten el enclavamiento y la distinción de la fase conectada.

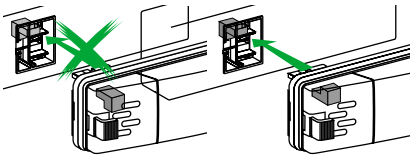


Fig. F7-229: *dispositivos de bloqueo identificadores de la fase conectada.*

Sistemas de montaje

■ Elementos rectos.

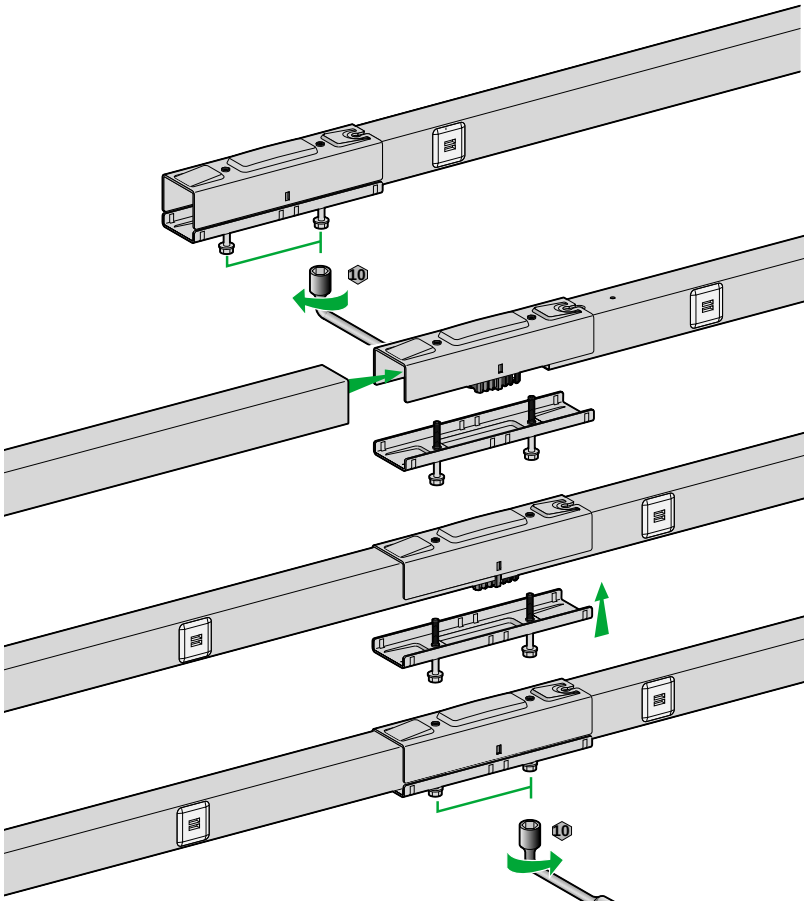


Fig. F7-230: *forma de montaje de los elementos rectos.*

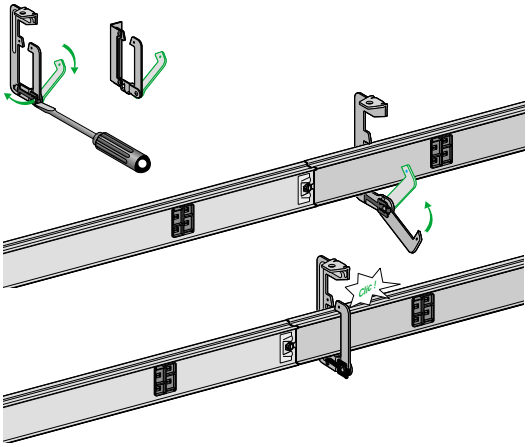


Fig. F7-231: *forma de fijación de los elementos rectos.*

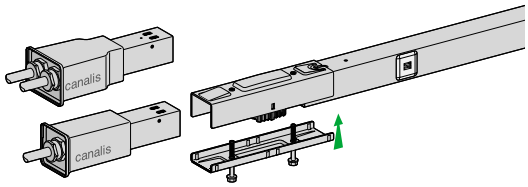


Fig. F7-232: *forma de fijación de las cajas de alimentación.*

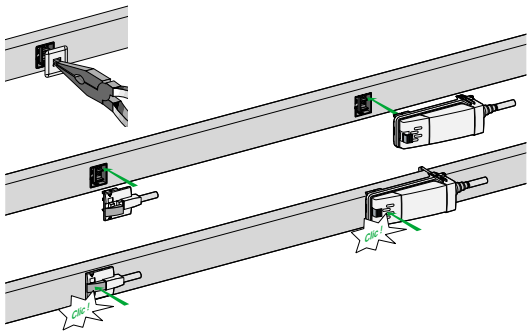


Fig. F7-233: *forma de fijación de los conectores de salida.*

Componentes de las líneas KBB

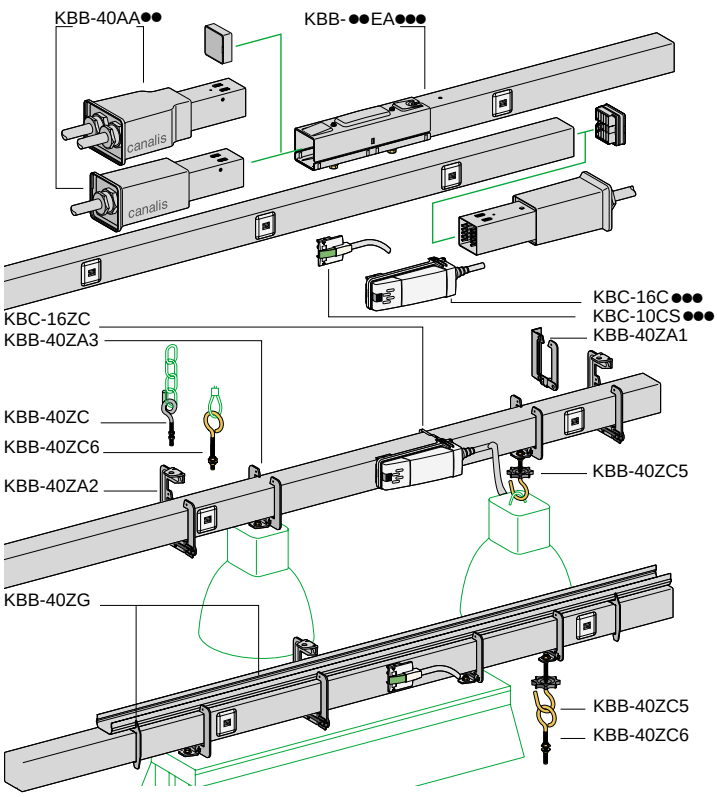


Fig. F7-234: *elementos de la línea KBB.*

Alumbrado de seguridad con bloques autónomos (BAES)

Utilización de una canalización Canalis KBA o KBB de 4 conductores + telemando.

Los conductores L2 y N2 son utilizados por la alimentación de alumbrado normal, los conductores de telemando son utilizados por el pilotaje de BAES.

■ Conector luminarias (alumbrado normal). Conector pestillo amarillo.

■ Conector luminarias (alumbrado emergencia). Selección L3/N3, equipo adicional de telemando KBC-16AZ01, bornes KBC-16CB21.

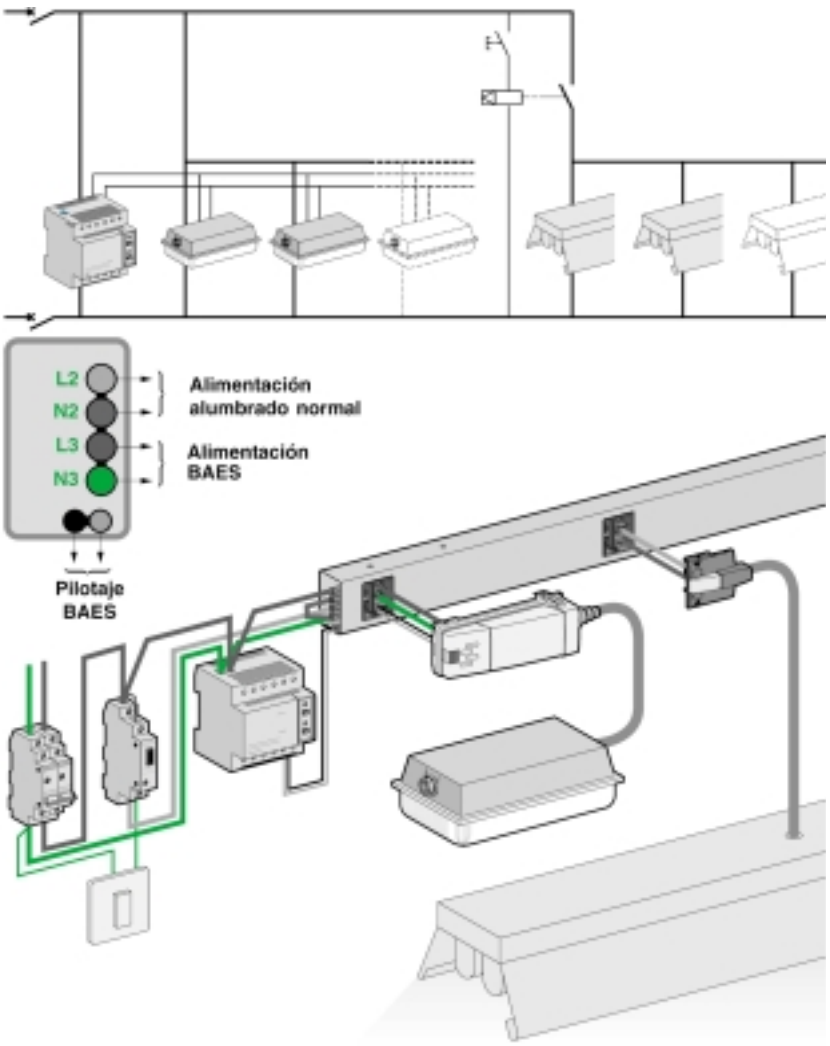


Fig. F7-235: *alumbrado de seguridad con bloques autónomos BAES.*

Alumbrado de seguridad a partir de una fuente central

Utilización de una canalización Canalis KLE, KBA o KBB, con canaleta suplementaria.

La canalización alimenta el alumbrado normal y la canaleta el de emergencia.

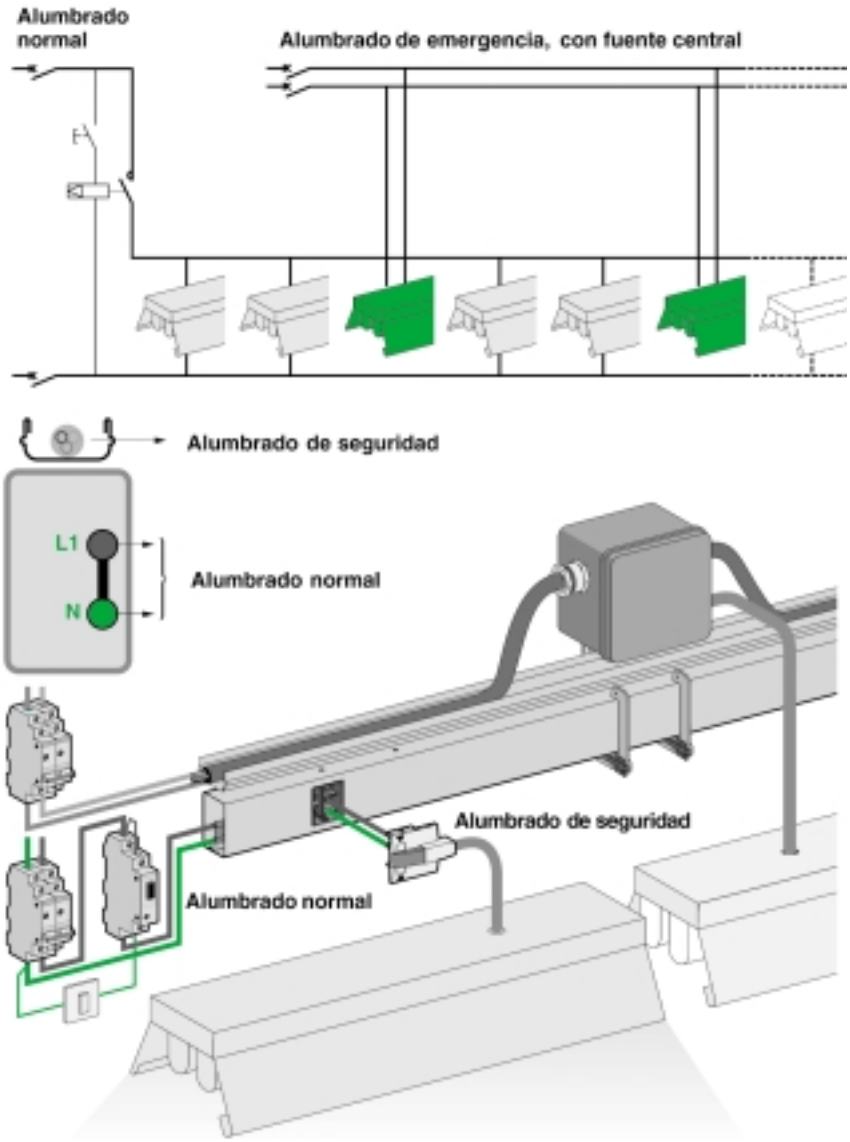


Fig. F7-236: *alumbrado de seguridad con fuente centralizada.*

Canalizaciones Canalis KN de 40 a 100 A

Descripción:

■ Características:

□ Su construcción y diseño está conforme a CEI 439 - UNE-EN 60.439.

□ Los conductores activos son de aluminio y de igual sección las fases y el neutro.

□ El conductor de protección PE es la misma carcasa envolvente.

□ Las uniones y derivaciones son bimetálicas, colaminado de cobre-plata.

□ Se construyen con tres valores de intensidad nominal 40, 63 y 100 A; las características propias de cada intensidad se reflejan en la tabla F7-124, pág. F/248, y en su defecto en el catálogo de Canalis.

□ Comportamiento frente al fuego:

– Cumplen los ensayos de conformidad a la ISO 1182 (capacidad de una canalización a mantener su servicio eléctrico en condiciones determinadas de fuego).

– Cumplen los ensayos de conformidad a la CEI 332-2 (ensayos de no propagación de llamas).

– Cumplen los ensayos de conformidad a la CEI 695-2-1 (ensayos de resistencia al fuego, hilo incandescente, 960 °C para las piezas en contacto con conductores activos y 860 °C para las demás).

■ Elementos rectos:

□ Disponibles en tramos de dos o tres metros de longitud. Provistos de un dispositivo de unión eléctrico y mecánico.

□ La envolvente estará fabricada con chapa de acero galvanizado y formará una estructura rígida cerrada que actuará como conductor de protección.

□ Las uniones eléctricas se realizan mediante contactos de pinza deslizantes, diseñadas para absorber las diferencias de dilatación de los conductores y la envolvente. Estos contactos proporcionan una unión automática y simultánea de todos los conductores activos, entre sí, y la unión eléctrica y mecánica de la envolvente, dándole la rigidez lineal adecuada a su función.

□ Disponen en su parte lateral de bases para derivaciones, situadas a intervalos de 0,5 o 1 m.

□ Las bases para derivaciones están protegidas por obturadores automáticos, para evitar cualquier contacto accidental. Dicho obturador funcionará automáticamente al enclavar el conector o cofre de derivación.

KNA/KNT-EA/ED

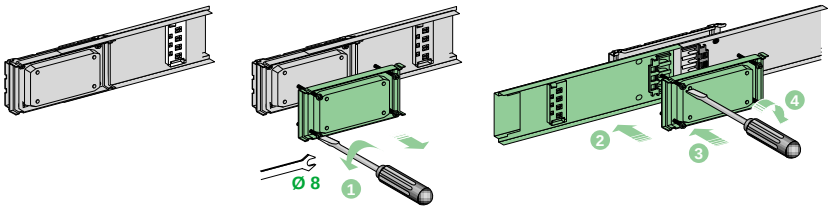


Fig. F7-237: *tramos rectos línea para baja potencia KN.*

Cajas de alimentación eléctrica y cierre mecánico

■ Podrán ser montadas al principio de la línea (alimentación en extremo) o a lo largo de la misma (alimentación central).

■ Las alimentaciones por extremo efectúan la conexión eléctrica y el cierre mecánico de la canalización; las alimentaciones centrales están provistas de dos terminales de cierre mecánico:

□ Cajas de alimentación conexión izquierda:

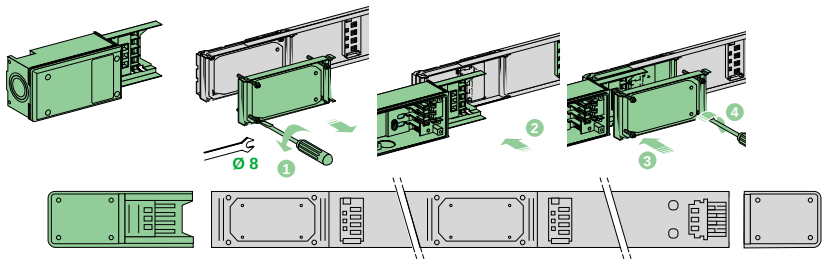


Fig. F7-238: *cajas de alimentación conexión izquierda KN.*

□ Cajas de alimentación conexión derecha:

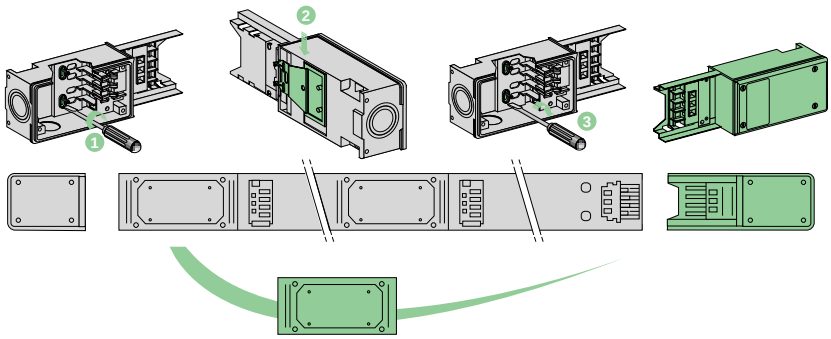
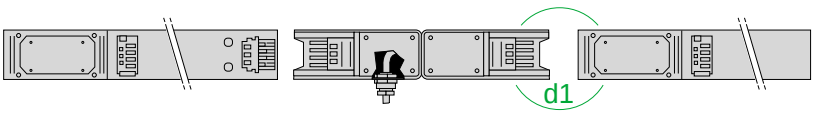


Fig. F7-239: *cajas de alimentación conexión derecha.*

□ Cajas de alimentación conexión central:

– Posición d1:



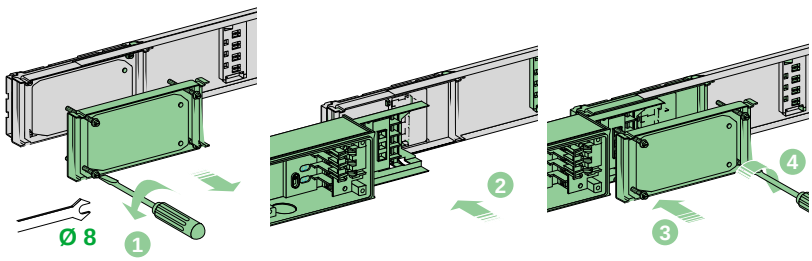


Fig. F7-240: *cajas de alimentación conexión central, posición d1.*

– Posición d2:

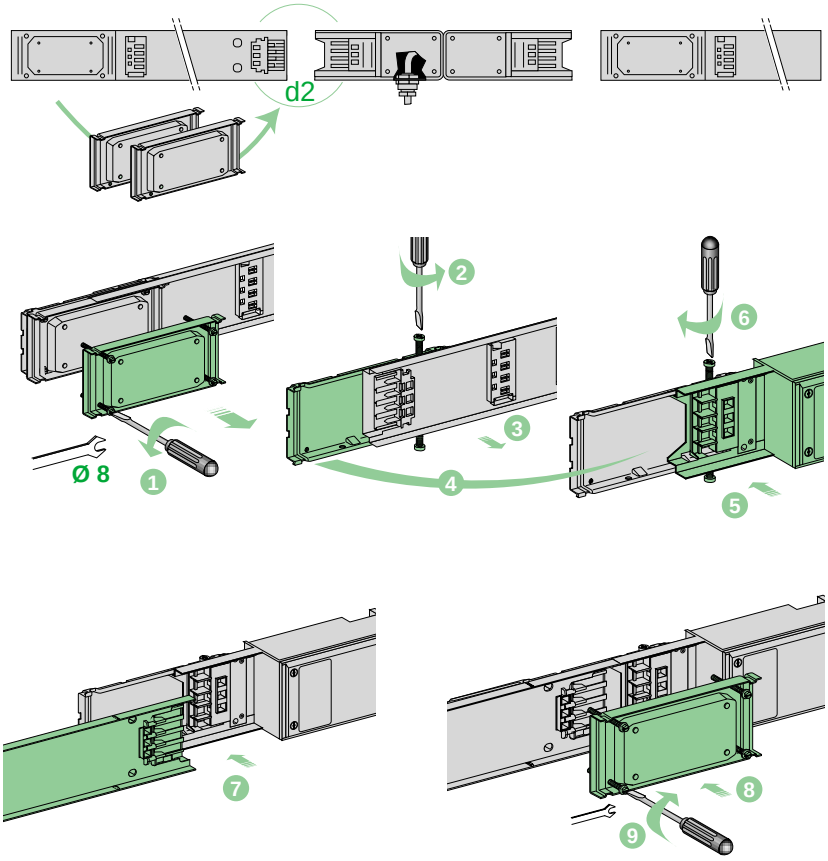


Fig. F7-241: *cajas de alimentación conexión central, posición d2.*

□ Colocación centro entrada superior o inferior:

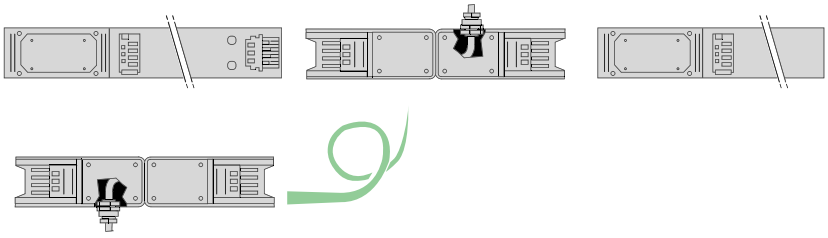


Fig. F7-242: *cajas alimentación central entrada superior o inferior.*

□ Colocación centro entrada superior:

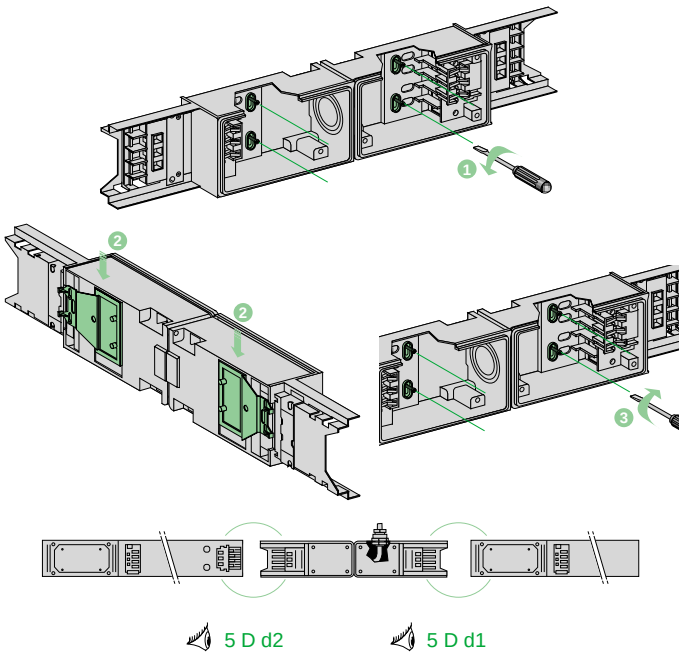


Fig. F7-243: *cajas alimentación colocación centro entrada superior.*

□ Colocación centro entrada inferior:

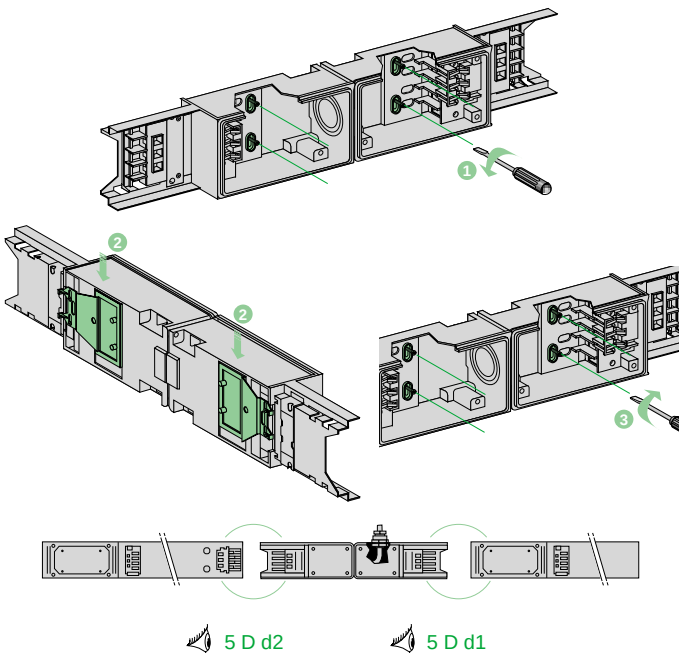


Fig. F7-244: *cajas alimentación colocación centro entrada inferior.*

□ Prensaestopas entrada cables a cajas de alimentación:

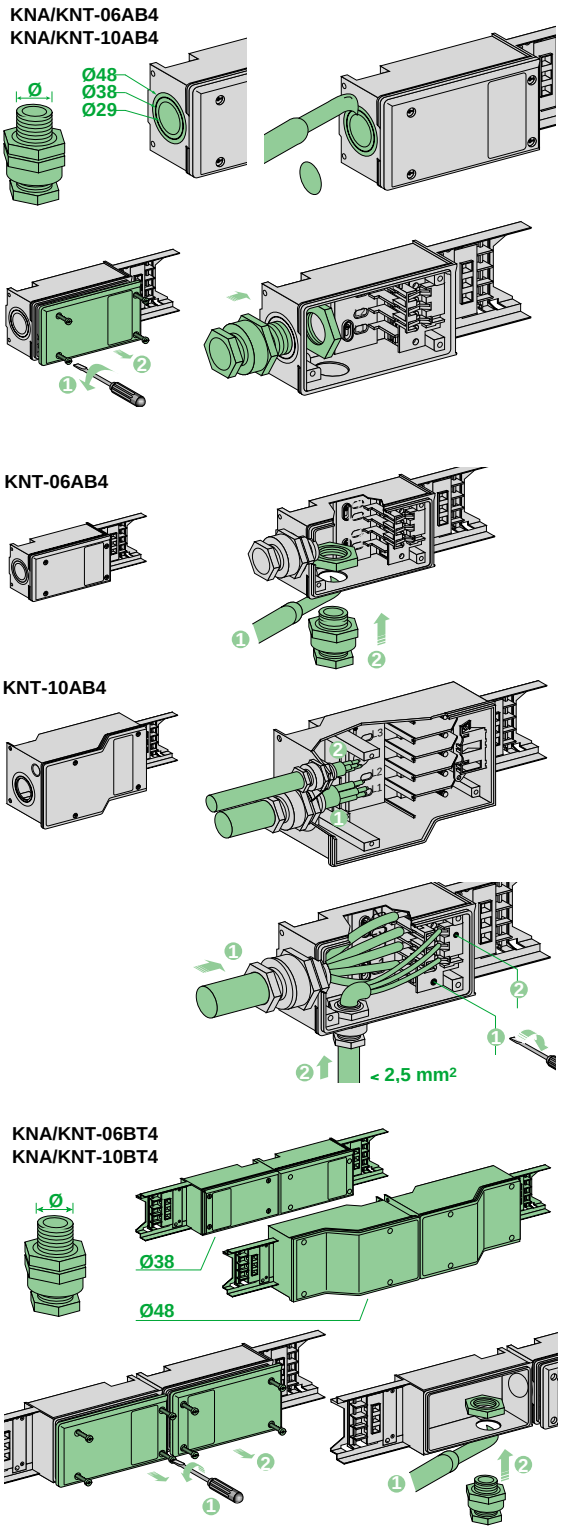


Fig. F7-245: *prensaestopas para cajas de alimentación.*

□ Cajas final de línea:

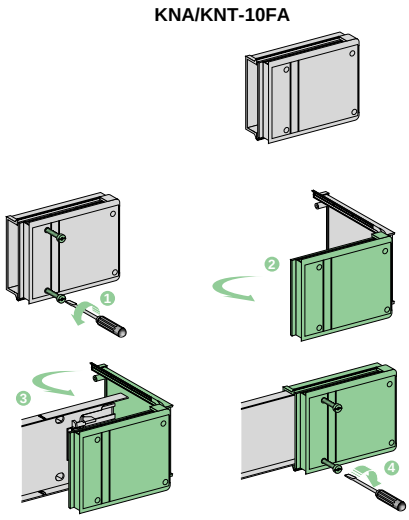


Fig. F7-246: *cajas final de línea, cierre mecánico KN.*

Sujeción de la canalización:

■ Con un solo tipo de abrazadera es posible toda clase de fijación, suspendida, mural, voladizo...

■ Para las canalizaciones montadas de perfil, las fijaciones cada 3 m y las montadas de plano cada 1,5 m.

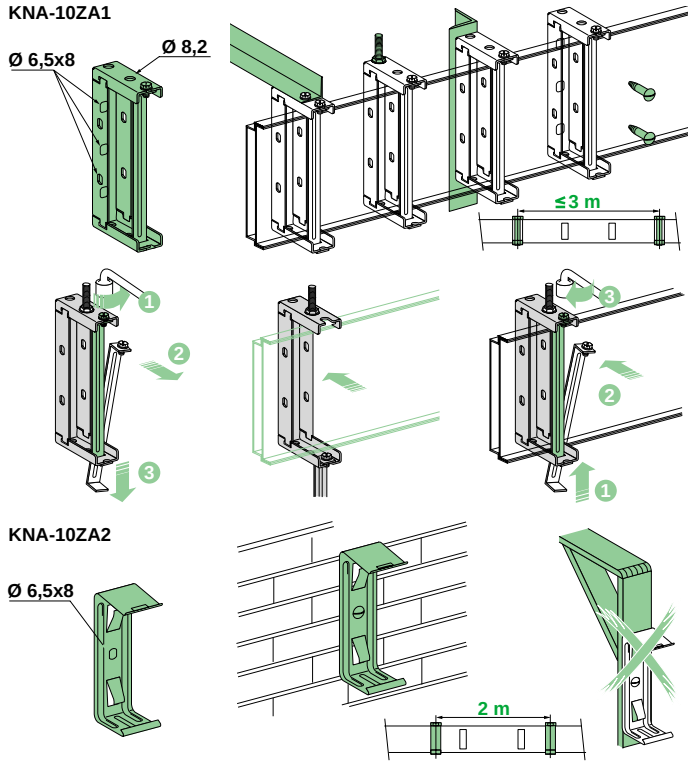


Fig. F7-247: *formas de fijación líneas KN.*

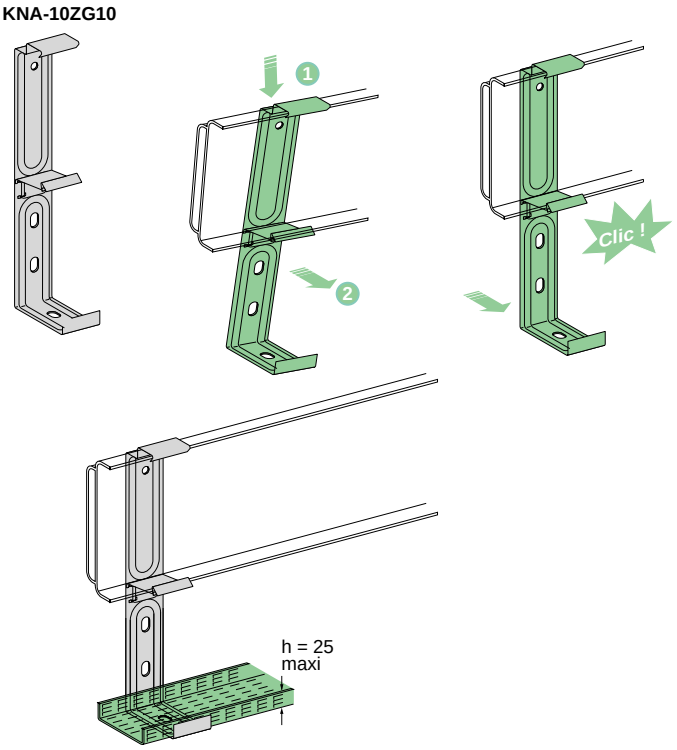


Fig. F7-248: *formas de fijación líneas KN (continuación).*

Codos y elementos flexibles:

■ Para los cambios de dirección se dispone de codos o elementos flexibles.
■ Permiten el ajuste manual.
■ Los codos flexibles deberán instalarse con un radio mínimo de curvatura de 70 mm.

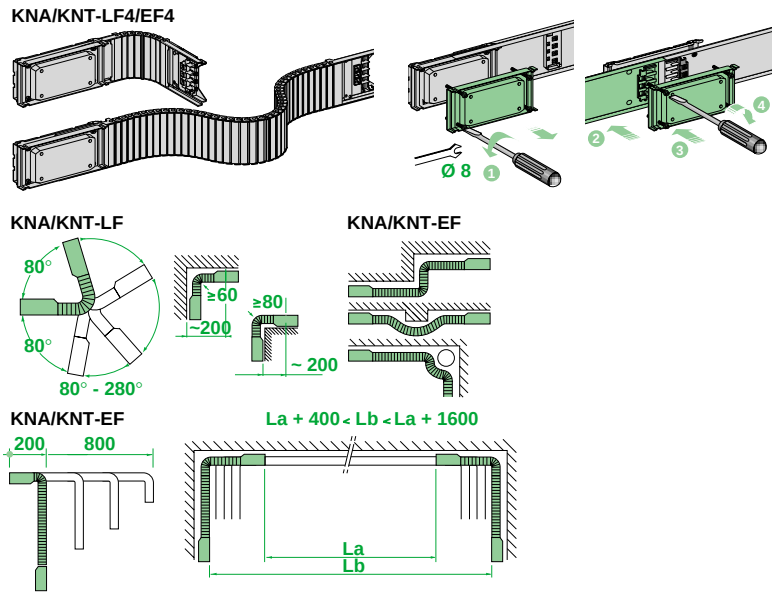


Fig. F7-249: *tramos flexibles para cambios de dirección.*

Derivaciones con conectores y cofrets:

■ Los conectores permiten una conexión eléctrica, mecánica automática y simultánea.

■ La clavija para el conductor de protección asegura la apertura automática del obturador y la polarización del conector o cofret de derivación.

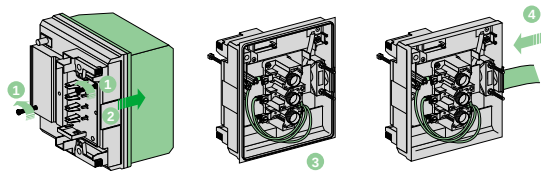
■ El conductor de protección es el primero en conectarse (antes que los conductores activos) y el último en desconectarse, para facilitar la protección al manipulador.

■ El seccionamiento se logra desenchufando el conector.

■ Sólo se permite el acceso a las bornas o al equipo eléctrico desenchufando el conector (sin tensión).

■ Un dispositivo de seguridad impide la conexión del conector a la canalización, si previamente se ha extraído la tapa de protección del conector.

KNA-01CD5



□ Cofrets con fusibles Neozed:

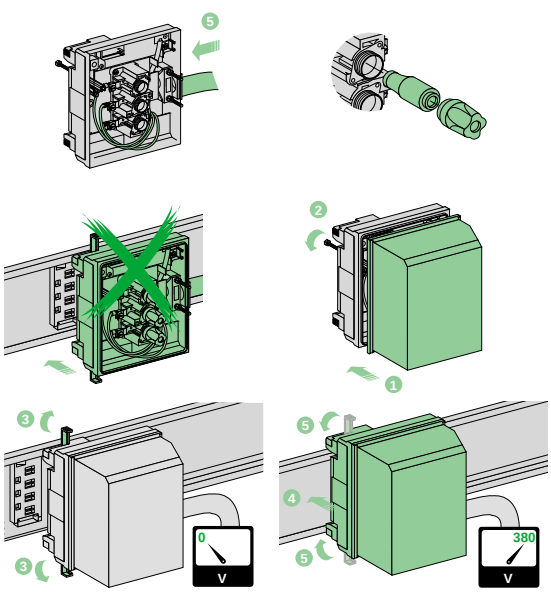
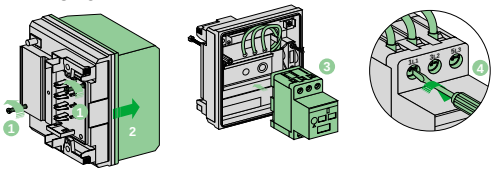


Fig. F7-250: *cofrets equipados con bases fusibles Neozed.*

■ Los cofrets seccionadores:
□ El seccionamiento se logra con la apertura de la puerta del cofret.
□ El cofret está equipado con los siguientes dispositivos de seguridad:
□ No se permite la conexión del cofret con la puerta cerrada.
□ No se permite cerrar la puerta del cofret si no está enclavado en la canalización.

KNA-CM54



□ Cofrets preparados para albergar interruptores diferenciales:

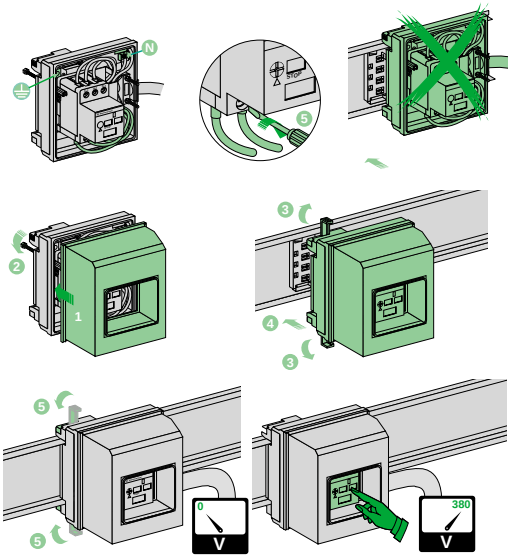


Fig. F7-251: *cofrets para tomas de corriente, con interruptores diferenciales.*

□ No se permite la desconexión del cofret de la canalización con la puerta de seccionamiento cerrada.
□ No se permite abrir la puerta de los cofrets con interruptores automáticos o diferenciales si éstos no están desconectados.
□ Cofrets para albergar interruptores automáticos Multi 9:

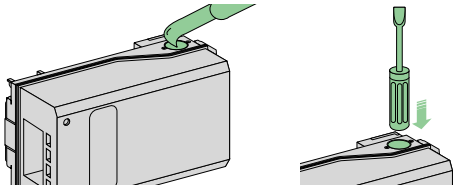


Fig. F7-252: *cofrets preparados para albergar interruptores automáticos Multi 9.*

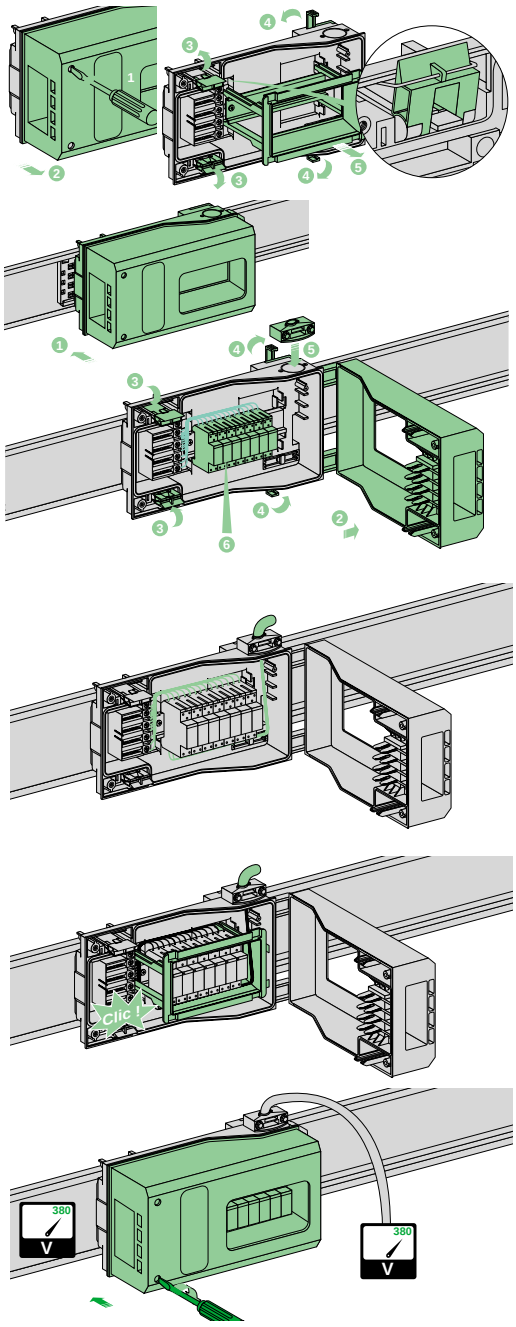


Fig. F7-253: *cofrets preparados para albergar interruptores automáticos Multi 9 (continuación).*

Distribución eléctrica para baja potencia Canalis KN 40, 63 y 100 A. Elementos

Canalis KN 40, 63 y 100 A				
Designación		Ref.	Ref.	Ref.
Tramos rectos KNA estándar	40/63/100 A	3F + N + T 40 A	3F + N + T 63 A	3F + N + T 63 A
1 derivación / 1 m 2 derivaciones / 1 m	3 m 3 m 2 m	KNA04EA430 KNA04ED430	KNA06EA430 KNA06ED430 KNA06ED420	KNA10EA430 KNA10ED430 KNA10ED420
Elementos ajustables KNA estándar	40/63/100 A	3F + N + T 40 A	3F + N + T 63 A	3F + N + T 100 A
Codo ajustable, canto Elemento ajustable, canto	0,355 m 1 m		KNA06LF4 KNA06EF4	KNA10LF4 KNA10EF4
Tramos rectos KNT con BUS de telemando	40/63/100 A 40 A	3F + N + T + BUS 63 A	3F + N + T + BUS 100 A	3F + N + T + BUS
1 derivación / 1 m 2 derivaciones / 1 m	3 m 3 m 2 m	KNT04EA430 KNT04ED430	KNT04EA430 KNT04ED430 KNA06ED420	KNT10EA430 KNT10ED430 KNA10ED420
Elementos ajustables KNT con BUS de telemando	40/63/100 A 40 A	3F + N + T + BUS 63 A	3F + N + T + BUS 100 A	3F + N + T + BUS
Codo ajustable, canto Elemento ajustable, canto	0,355 m 1 m		KNT06LF4 KNT10EF4	KNT06LF4 KNT10EF4
Alimentación y cierre KNA IP41	40/63/100 A 40 A	3F + N + T 40 A	3F + N + T 63 A	3F + N + T
Alimentación + cierre al extremo:	bornas 16 mm^2 terminales 35 mm^2		KNA06B4	 KNA10B4
Alimentación + cierre al centro:	bornas 16 mm^2 terminales 35 mm^2		KNA06BT4	 KNA10BT4
Alimentación y cierre para KNTP IP41	40/63/100 A	3F + N + T + BUS 40 A	3F + N + T + BUS 63 A	3F + N + T + BUS 100 A
Alimentación + cierre al extremo:	bornas 16 mm^2 terminales 35 mm^2		KNT06AB4	 KNT10AB4
Alimentación + cierre al centro:	bornas 16 mm^2 terminales 35 mm^2		KNT06BT4	 KNT10BT4

(continúa en la pág. siguiente)

Canalis KN 40, 63 y 100 A				
Designación		Ref.	Ref.	Ref.
Elementos de fijación comunes para KNA/KNT		3F + N + T + BUS 40 A	3F + N + T + BUS 63 A	3F + N + T + BUS 100 A
Elementos de fijación canalización:	universal			KNA10ZA1
	mural			KNA10ZA2
	estribo para canaleta complementaria			KNA10ZG10
Conectores y cofrets KN IP41/54	40/63/100 A			
Conectores de derivación KN Monofásicos con selección de fase IP41	16 A	F + N + T	3F + N + T	3F + N + T
Para fusible UTE 8,5 × 1,5 gl		KNA01CF2		
Con interruptores auto. Multi 9 C-60 1P "C"		KNA01CD2		
Con 2 tomas de corriente + int. auto. C-60 1P		KNA01CP12D		
Con 2 tomas de corriente + DPN 1P+N "U"		KNA01CP22D		
Con 2 tomas de corriente + DPN Vigi 30 mA		KNA01CP32D		
Conectores y cofrets KN IP41	25 A	F + N + T	3F + T	3F + N + T
Para fusible UTE 10 × 38 gl				
Para aparamenta modular	con ventana			KNA02CF5
4 módulos	sin ventana			KNA02CM54 KNA02CX54
Cofrets derivación para KNT con BUS de telemando	25 A	F + N + T	3F + T	3F + N + T
Para aparamenta modular	con ventana			KNT02CM54
4 módulos	sin ventana			KNT02CX54
Cofrets derivación para KNT IP41 (sec.)	32 A	F + N + T	3F + T	3F + N + T
Para fusible UTE 10 × 38 gl				KNA03SF4
Cofrets derivación para KN (seccionadores)	40 A	F + N + T	3F + T	3F + N + T
Para aparamenta modular	con ventana			KNA03SM47
7 módulos	sin ventana			KNA03SX47
Para aparamenta 2 × 7 módulos	con ventana			KNA03SM42X7
Para aparamenta modular	con ventana			KNA03SM416
16 módulos	sin ventana			KNA03SX416

Tabla F7-254: *tabla de referencias de los elementos componentes de la canalización prefabricada Canalis KN.*

Las canalizaciones prefabricadas y la Compatibilidad Electromagnética, CEM

Las canalizaciones prefabricadas con armadura metálica (apantalladas) cumplen las especificaciones para una muy buena CEM.
Normalmente los constructores en su catálogo de especificaciones técnicas indican el comportamiento de sus productos.
En términos generales, y teniendo en cuenta las canalizaciones de intensidades elevadas > 3.000 A, las canalizaciones Canalis a una distancia de 0,5 m no superan la inducción magnética ambiental (la de la Tierra).

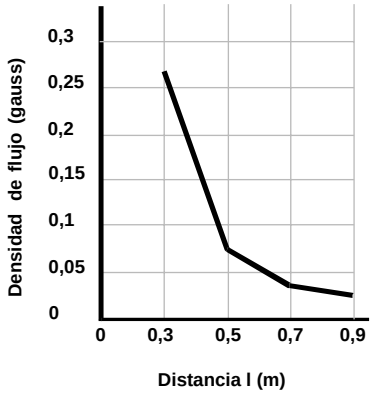


Fig. F7-255: *densidad de flujo magnético, en gauss, de una canalización tipo KHF-28.*

Si se colocan varias canalizaciones en paralelo y deseamos conocer el valor de la excitación magnética en un punto, podemos sumar los valores de cada canalización que inciden en este punto. La suma es posible puesto que se trata de valores máximos y los vectores tienen la misma dirección.

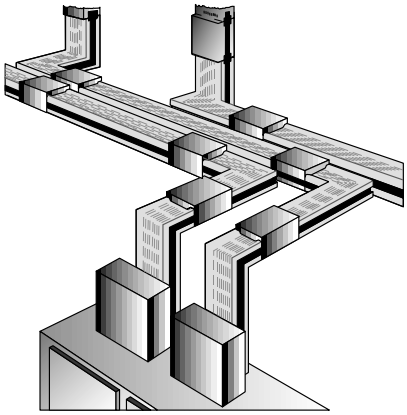


Fig. F7-256: *canalización prefabricada Canalis de 3.000 A.*

Seguridad incendiaria

En caso de grandes incendios, especialmente en edificios con grandes densidades de cables, por ejemplo, hospitales, hoteles, grandes almacenes, espectáculos y edificios de oficinas, se ha demostrado que los cables convencionales con revestimientos de PVC pueden ocasionar considerables daños.En estos casos la combustión de los componentes de PVC liberan gas clorhídrico (ClH); es un gas muy activo que ataca las estructuras de hierro dando cloruros férricos, con el hormigón, compuestos de sílice y calcáreos; por tanto, las estructuras que no se ven dañadas por el fuego pueden ser atacadas por los gases.
Para el cuerpo humano es muy irritante y hay compuestos venenosos.
Frecuentemente, los daños secundarios causados por los agentes liberados sobrepasan los daños de los efectos primarios.
Además, los materiales de PVC, en caso de incendio, pueden obstaculizar las medidas de extinción y de salvamento por la generación de grandes cantidades de humos.
Para reducir en lo posible este riesgo, especialmente en edificios con grandes concentraciones de personas y bienes, es conveniente utilizar medios de transporte energético de menor carga incendiaria y libres de halógenos.

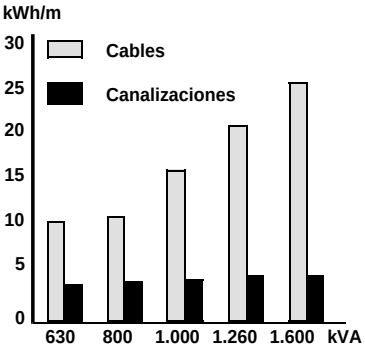


Fig. F7-257: *comparaciones de las cargas incendiarias de las acometidas de transformador a cuadro general.*

Los sistemas de canalizaciones prefabricadas reducen, en comparación con las instalaciones de cables normales, la carga incendiaria en un 70% y no contienen halógenos.
Las cargas incendiarias de las distribuciones se evalúan en kWh/m.
En los sistemas más pequeños se pueden dar los valores de carga incendiaria concentrados en los cuadros de distribución.
En lo relativo a la generación de incendios, las canalizaciones prefabricadas ofrecen una ventaja adicional, gracias a su reducida aportación energética (incendiaria). El revestimiento de chapa de acero impide la propagación del fuego, puesto que la aportación de calor externo, desde un foco de incendio, tiene que ser muy elevada para provocar la combustión del acero.
Una pequeña demostración puede ilustrar esta circunstancia:
Con la ayuda de un mechero se puede inflamar el revestimiento de un cable NYY de 5 $\times$ 2,5 mm^2 en unos 10 s, lo que significa la propagación de un incendio desde un foco muy pequeño.
A causa de su revestimiento de acero, es imposible inflamar el trozo de barra de una canalización prefabricada de 25 o 40 A. Por tanto, no hay peligro de propagación de incendio.

8. Las influencias externas

Las condiciones del entorno de la instalación eléctrica deben ser tomadas en cuenta para la elección o la definición de:
■ las medidas de protección para asegurar la seguridad de las personas (en particular para las instalaciones o emplazamientos especiales),
■ las características de los materiales eléctricos (en particular los índices de las características de protección y resistencia mecánica de los materiales, elección de las canalizaciones).

Toda instalación eléctrica se sitúa en un entorno que presenta un riesgo más o menos importante para:
■ Las personas.
■ El material constituyente de la instalación.
En consecuencia, las condiciones ambientales de una instalación eléctrica influyen en la elección o definición de los materiales y en el mismo concepto y circuito de la misma.
Estas condiciones constituyen lo que llamamos las “influencias externas”.

Influencias externas:
■ Los materiales eléctricos deberán seleccionarse e instalarse de conformidad a los requisitos de la Tabla F8-001, la cual se basa en la normativa particular de los materiales y las influencias externas expuestas en la UNE 20-460. Las características de los materiales se determinan bien por el grado de protección o bien por la conformidad a los ensayos particulares de cada material.
■ Si un material, por sí mismo, no cumple las características externas correspondientes a su emplazamiento, se puede suplementar con un material adecuado para que las cumpla. Este material complementario no debe disminuir las características propias del material con su acoplamiento.
■ Cuando inciden simultáneamente diferentes influencias externas, éstas pueden tener efectos independientes o complementarios. Los materiales se deberán escoger en consecuencia a los efectos máximos que puedan producirse.
■ La elección del material de acuerdo a las influencias externas es necesaria no sólo para un funcionamiento adecuado de los materiales, sino para asegurar la fiabilidad de las:
□ medidas para la protección contra los choques eléctricos;
□ medidas para la protección a los efectos térmicos;
□ medidas de protección a los efectos de las sobreintensidades;
□ medidas de protección a los efectos de las sobretensiones;
□ medidas de protección a los efectos de las bajadas de tensión.
□ medidas para la seguridad en el seccionamiento y mando.
Las medidas de protección asociadas a la construcción de los materiales son válidas sólo para unas influencias externas dadas.

8.1. Clasificación

La norma UNE 60.640 clasifica un gran número de influencias externas utilizando un código de dos letras y una cifra.

La primera letra caracteriza la categoría:
■ A = entorno;
■ B = utilización;
■ C = construcción de edificios.

La segunda letra caracteriza la naturaleza del riesgo:
- A para la temperatura;
- D para la humedad;
- G por los choques mecánicos.

La cifra indica el grado de severidad de la influencia externa
La tabla F8-001 muestra las principales influencias externas que encontramos frecuentemente en las ciudades. En casos especiales, nos debemos atener a la norma UNE 60.460 CEI 364-5-51.
La UNE 20-460 parte 3 determina las características generales de las instalaciones eléctricas en los edificios, las cuales se han de tener en cuenta siempre. El reglamento de BT expresa condiciones precisas para los locales de pública concurrencia o grandes concentraciones de trabajadores (BE2) y sobre los locales con riesgo de explosión (BE3).

La elección de los materiales se determina por:
- El índice de protección IP, por los códigos AD, AE, BA.
- El índice de protección IK, por los códigos AG.

Las indicaciones y los valores de ensayo de los constructores para otras influencias:
- Temperatura AA.
- Las condiciones climáticas AB.
- El comportamiento al fuego, corrosión AF.
- Los efectos sísmicos AP.

Código	Influencias externas						Características prescritas para la elección de los materiales	Referencias a la CEI 60.721 "Clases"
AA	Temperatura ambiente							
AA7	–25 °C a +55 °C						Material especialmente diseñado Puede necesitar precauciones suplementarias (por ejemplo, lubrificación especial)	■ Idéntica al rango de temperatura de la Clase 3K6 de la CEI 60721-3-3
AA8	–50 °C a +40 °C							■ Idéntica al rango de temperatura de la clase 4K3 de la CEI 60721.3-4
AB	Humedad atmosférica							
	Temperatura del aire (°C)		Humedad relativa (%)		Humedad absoluta g/m³			
	a) baja	b) alta	c) baja	d) alta	e) baja	f) alta		
AB1	–60	+05	03	100	0,003	07	Se toman disposiciones particulares**	Incluye el rango de temperatura de la clase 3K8 de la CEI 60721-3-3, con la temperatura superior del aire limitada a +5 °C. Parte del rango de la temperatura de la clase 4K4 de la CEI 60721.3-4, con la temperatura inferior del aire limitada a –60 °C y la temperatura superior del aire limitada a +5 °C.
AB2	–40	+05	10	100	0,1	07	Se toman disposiciones particulares**	Parte del rango de la temperatura de la clase 3K7 de la CEI 60721.3-3, con la temperatura superior del aire limitada a +5 °C. Parte del rango de la temperatura de la clase 4K4 de la CEI 60721.3-4, con la temperatura superior del aire limitada a +5 °C y temperatura inferior del aire limitada a –60 °C.

(continúa en pág. siguiente)

Código	Influencias externas	Características prescritas para la elección de los materiales	Referencias a la CEI 60.721 "Clases"
AB3	–25 +05 10 100 0,5 07	Se toman disposiciones particulares**	Parte del rango de la temperatura de la clase 3K6 de la CEI 60721.3-3, con la temperatura superior del aire limitada a +5 °C. Incluye el rango de la temperatura de la clase 4K1 de la CEI 60721.3-4, con la temperatura superior del aire limitada a +5 °C.
AB4	–05 +40 05 095 1 29	Normal*	Idéntica al rango de temperatura de la clase 3K5 de la CEI 60721-3-3. La temperatura superior del aire limitada a 40 °C.
AB5	+05 +40 05 085 1 25	Se toman disposiciones particulares**	Idéntica al rango de temperatura de la clase 3K5 de la CEI 60721-3-3.
AB6	+05 +60 10 100 1 35	Se toman disposiciones particulares**	Parte del rango de la temperatura de la clase 3K7 de la CEI 60721.3-3, con la temperatura inferior del aire limitada a +5 °C y la temperatura superior del aire limitada a –60 °C. Incluye el rango de temperatura de la clase 4K4 de la CEI 60721-3-4, con la temperatura inferior del aire limitada a +5 °C.
AB7	–25 +55 10 100 0,5 29	Se toman disposiciones particulares**	Idéntica al rango de temperatura de la clase 3K6 de la CEI 60721-3-3.
AB8	–50 +40 15 100 0,04 36	Se toman disposiciones particulares**	Idéntica al rango de temperatura de la clase 4K3 de la CEI 60721-3-4.
AE	Presencia de cuerpos sólidos extraños		
AE4	Polvo ligero	IP5X si la penetración de polvo no es perjudicial para el funcionamiento del material, IP6X si el polvo no debe penetrar en el material.	60721-3-3, clase 3S2 60721-3-4, clase 4S2
AE5	Polvo mediano		60721-3-3, clase 3S3 60721-3-4, clase 4S3
AE6	Polvo importante	IP6X	60721-3-3, clase 3S4 60721-3-4, clase 4S4
AM	Influencias electromagnéticas, electroestáticas o ionizantes Fenómenos electromagnéticos de baja frecuencia (conducidos o radiados)		
AM1	Armónicos, interarmónicos		
AM1-1	Nivel específico	Medidas a tomar para que el nivel específico no sea alterado	
AM1-2	Nivel medio	Medidas especiales en la instalación tales como filtros para su detención	
AM1-3	Nivel importante		
AM2	Señales sobre el secundario		
AM2-1	Nivel específico	Posibilidad de circuitos de blocaje	
AM2-2	Nivel medio	Por medidas adicionales	
AM2-3	Nivel importante	Por medidas especiales	
AM3	Variaciones de amplitud de la tensión		
AM3-1	Nivel específico		
AM3-2	Nivel medio	Medidas según el apartado "Protección contra las bajadas de tensión"	
AM4	Desequilibrio de tensiones		
AM5	Variaciones de la frecuencia nominal		
AM6	Tensiones inducidas de baja frecuencia	Futura CEI 363-4-444 Umbrales elevados en los sistemas de señalización y telemando de la aparamenta	
AM7	Corriente continua en las redes de c.a. No clasificada	Medidas para limitar su presencia en amplitud y tiempo en los materiales utilizados y en su proximidad	

(continúa en pág. siguiente)

Código	Influencias externas	Características prescritas para la elección de los materiales	Referencias a la CEI 60.721 "Clases"
AM8	Campos magnéticos radiantes		
AM8-1	Nivel medio	Normal	
AM8-2	Nivel importante	Protegido por medidas adecuadas, por ejemplo, pantallas o separaciones	
AM9	Campos eléctricos		
AM9-1	Nivel despreciable	Normal	
AM9-2	Nivel medio	Ver CEI 1.000-2-5	
AM9-3	Nivel importante		Ver CEI 1.000-2-5
AM9-4	Nivel muy importante		Ver CEI 1.000-2-5
	Fenómenos electromagnéticos de alta frecuencia conducidos, inducidos o radiados (continuos o transitorios)		
AM21	Tensiones o corrientes oscilantes inducidas		
	No clasificadas	Normal	
AM23	Transitorios unidireccionales conducidos a niveles de nanosegundos		
AM23-1	Nivel específico	Umbrales de sobretensión de los materiales y medidas de protección contra las sobretensiones tomando en consideración la tensión nominal de alimentación y la categoría de los umbrales de sobretensión según el apartado "Protección contra las sobretensiones de origen atmosférico o de maniobra"	
AM23-2	Nivel medio		
	Nivel importante		
AM24	Transitorios oscilantes conducidos		
AM24-1	Nivel medio	Ver CEI 1.000-4-12	
AM24-2	Nivel importante		Ver CEI 255-22-1
AM25	Fenómenos de radiación a alta frecuencia		
AM25-1	Nivel despreciable		
AM25-2	Nivel medio	Normal	
AM25-3	Nivel importante		Nivel reforzado
AM31	Descargas electroestáticas		
AM31-1	Nivel bajo	Normal	
AM31-2	Nivel medio	Normal	
AM31-3	Nivel importante		Normal
AM31-4	Nivel muy importante		Nivel reforzado
AM41	Ionización		
AM41-1	No clasificado	Protección especial, tales formas como: ■ separación de la fuente ■ interposición de pantallas, envolventes de materiales especiales	
AN	Radiación solar		
AN1	Baja	Normal*	60721-3-3
AN2	Media	Se tomarían disposiciones particulares**	60721-3-3
AN3	Alta	Se tomarían disposiciones particulares** ■ Estas disposiciones pueden ser, por ejemplo: □ materiales resistentes a la radiación ultravioleta □ baño de color especial □ interposición de pantallas	60721-3-4
AR	Movimiento de aire		
AR1	Bajo	Normal*	
AR2	Medio	Se tomarían disposiciones particulares**	
AR3	Alto	Se tomarían disposiciones particulares**	
AS	Viento		
AS1	Bajo	Normal*	
AS2	Medio	Se tomarían disposiciones particulares**	
AS3	Alto	Se tomarían disposiciones particulares**	

(continúa en pág. siguiente)

Código	Influencias externas	Características prescritas para la elección de los materiales	Referencias a la CEI 60.721 "Clases"
AP	Efectos sísmicos		
AP2 AP3 AP4	Baja intensidad Media intensidad Alta intensidad		
AQ	Rayos de la luz		
AQ2 AQ3	Exposición indirecta Exposición directa	De acuerdo con la sección 443 de CEI 60.364 Si es necesaria protección debe ser de acuerdo a la CEI 61.024-1	
B	Utilización (322)		
BA	Competencia de las personas (322.1)		
BA1	Ordinaria	Normal	
BA2	Niños	Materiales con grados de protección superiores a IP2X Inaccesibilidad de materiales con temperaturas superficiales externas que superen los 80 °C (60 °C para guarderías y locales similares)	
BA3	Minusválidos	De acuerdo con la naturaleza de la minusvalía	
BA4 BA5	Instruidos Cualificados	Material no protegido contra contactos directos solamente admitido en lugares que solo sean accesibles a personas debidamente autorizadas.	
BB	Resistencia eléctrica del cuerpo humano		
BB1 BB2 BB3	Seco Húmedo Mojado	Tensión de contacto 50 V Tensión de contacto 25 V Tensión de contacto 12 V	
BC	Contacto de las personas con el potencial de tierra	Clases de materiales de acuerdo con la CEI 60.536	

0 - 01	I	II	III
A	Y	A	A
A	A	A	A
X	A	A	A

BC1 BC2 BC3 BC4	Ninguno Bajo Frecuente Continuos	A Material permitido X Material prohibido Y Material permitido si se utiliza como Clase 0	En estudio	
BD	Condiciones de evacuación en una emergencia			
BD1	Baja densidad - fácil evacuación	Normal		
BD2 BD3	Baja densidad - difícil evacuación Alta densidad - fácil evacuación	Materiales retardantes de la propagación de la llama, del desarrollo del humos y de los gases tóxicos		
BD4	Alta densidad - difícil evacuación	En estudio		
BE	Naturaleza de los materiales procesados o almacenados			
BE1	Riesgos no significativo	Normal		
BE2	Riesgos de incendio	Materiales retardantes de la propagación de la llama Disposiciones tales que en un aumento significativo de la temperatura o una chispa dentro del material eléctrico no pueda provocar un incendio externo		
BE3	Riesgos de explosión	De acuerdo con las prescripciones del comité técnico 31 de la CEI Material eléctrico para atmósferas explosivas (CEI 60079)		
BE4	Riesgos de contaminación	Disposiciones adecuadas tales como:		

(continúa en pág. siguiente)

F 8

Código	Influencias externas	Características prescritas para la elección de los materiales	Referencias a la CEI 60.721 "Clases"
		■ protección contra la caídada de fracmentos de lámparas rotas y otros objetos frágiles ■ pantallas contra radiaciones peligrosas como las infrarrojas o ultravioletas	
C	Construcción de edificios		
CA	Materiales de construcción		
CA1	No combustibles	Normal	
CA2	Combustibles	En estudio	
CB	Diseño de edificios		
CB1	Riesgos no significativos	Normal	
CB2	Propagación de incendios	Material retardante de la propagación del fuego incluyendo fuegos no originados en la instalación eléctrica. Barreras cortafuegos. **Nota:** Pueden preverse detectores de incendios.	
CB3	Movimientos	Juntas de dilatación o de expansión en las canalizaciones eléctricas.	
CB4	Flexibles o inestables	En estudio	
*	Significa que un material ordinario funcionará de forma segura bajo las influencias externas descritas.		
**	Significa que deberán realizarse disposiciones especiales, entre el diseñador de la instalación y el fabricante del material, por ejemplo, para materiales especialmente diseñados.		

Notas:

■ Para la mayoría de nuestras instalaciones las siguientes clases de influencias externas se consideran normales:

- □ AA Temperatura ambiente
- □ AB Humedad atmosférica
- □ Otras condiciones ambientales (AC a AR)
- □ Condiciones de utilización y construcción de edificios (B y C)
- □ AA4
- □ AB4
- □ XX1 de cada parámetro
- □ XX1 de cada parámetro excepto para el parámetro BC-XX2

■ La palabra "normal", que aparece en la tercera columna de la tabla, significa que el material debe, generalmente, satisfacer las normas CEI aplicables.

Tabla F8-001: *características prescritas para la elección de los materiales en función de las influencias externas.*

8.2. Protección proporcionada por las envolventes

Selección e instalación de las envolventes en función de las influencias externas

Temperatura ambiente (AA):

■ Las envolventes deben elegirse e instalarse de forma que se adapten a la temperatura ambiente local más elevada o la más baja, y que la temperatura límite expresada no sea superada.

■ Para instalaciones en el interior:

□ La temperatura del aire ambiente no debe sobrepasar los +40 °C y la temperatura media durante un período de 24 h no sobrepasará los +35 °C.

□ El límite inferior de la temperatura ambiente será de –5 °C.

■ Para instalaciones en el exterior:

□ La temperatura del aire ambiente no debe sobrepasar los +40 °C y la temperatura media durante un período de 24 h no sobrepasará los +35 °C.

□ El límite inferior de la temperatura ambiente será de:

– (–25 °C) en clima templado;

– (–50 °C) en un clima ártico.

Nota: El empleo de envolventes en un clima ártico puede estar sujeto a un acuerdo especial entre fabricante e instalador y usuario.

■ La aparamenta de los cuadros eléctricos, incluidos los cables y sus accesorios, debe instalarse o manipularse únicamente dentro de los límites de tempe-

ratura fijados por las normas de producto correspondientes o indicadas por los fabricantes.
■ Cuando materiales de diferente límite de temperatura se instalan en la misma envolvente, la temperatura límite del conjunto (cuadro) será la más baja de las máximas permitidas por los materiales ubicados.

Fuentes externas de calor:
■ Con el fin de evitar los efectos del calor emitido por fuentes externas, deberán protegerse los cuadros utilizando uno o más de los métodos siguientes u otros igualmente eficaces:
□ pantalla de protección;
□ alejamiento suficiente de las fuentes de calor;
□ selección de la envolvente teniendo en cuenta los calentamientos adicionales que puedan producirse;
□ reforzamiento local o substitución del material.

Nota: El calor emitido por las fuentes exteriores puede transmitirse por radiación, por convección o por conducción, proveniente:
■ de redes de distribución de agua caliente;
■ de instalaciones de aparatos y luminarias;
■ de procesos de fabricación;
■ de transmisión de calor a través de materiales conductores;
■ de recuperación del calor solar o del medio ambiente.

Condiciones climáticas (AB):
■ Para instalaciones en el interior:
□ El aire será limpio y su humedad relativa no sobrepasará el 50% a una temperatura máxima de +40 °C.
□ Pueden admitirse grados de humedad relativa más elevados a temperaturas más bajas, por ejemplo, 90% a +20 °C.
□ Conviene tener en cuenta que, ocasionalmente, puede producirse una condensación moderada, por razón de las variaciones de temperatura.
■ Para instalaciones en el exterior:
□ La humedad relativa podrá alcanzar temporalmente el 100% a una temperatura máxima de +25 °C.
□ La altitud máxima de instalación será 2.000 m.

Nota: Para los materiales electrónicos destinados a ser utilizados a altitudes superiores a los 1.000 m, puede ser necesario tener en cuenta la disminución de la rigidez dieléctrica y del poder refrigerante del aire. Los materiales electrónicos destinados a funcionar en estas condiciones estarán, en principio, diseñados o utilizados conforme a un acuerdo entre el fabricante, el instalador y el usuario.

Presencia de agua (AD):
■ Las envolventes deben elegirse e instalarse de forma que no pueda producirse ningún daño a causa de la penetración de agua. La envolvente debe cumplir, después del ensamblaje, la clase de protección IP correspondiente al emplazamiento en cuestión.
■ Cuando el agua pueda acumularse o condensarse en las envolventes, deben tomarse disposiciones para asegurar la evacuación.
■ Cuando las envolventes puedan verse sometidas a golpes de mar, independientemente del grado de protección IPx6 o IPx7, deberá realizarse una protección contra los daños mecánicos mediante uno o varios de los métodos expuestos en los apartados:
□ choques mecánicos (AG);
□ vibraciones (AH);
□ otros esfuerzos mecánicos (AJ).

Presencia de cuerpos sólidos (AE):
■ Las envolventes deben elegirse e instalarse de forma que se limiten los peligros provenientes de la penetración de cuerpos sólidos. La envolvente

debe cumplir, después del ensamblaje, el grado de protección IP correspondiente al emplazamiento en cuestión.

■ En emplazamientos donde se encuentren cantidades importantes de polvo (AE 4), deben tomarse precauciones adicionales para impedir la acumulación de polvo o de otras substancias en cantidades que pudieran afectar la evacuación de calor de las envolventes.

Nota: Puede ser necesario un tipo de instalación que facilite la extracción del polvo "Selección e instalación en función del mantenimiento, incluida la limpieza".

■ No deben estar en contacto mutuo metales diferentes que puedan formar pares electroquímicos, a no ser que se adopten medidas particulares para evitar las consecuencias de tales contactos.

■ Los materiales que puedan provocar deterioros mutuos o individuales, o degradaciones peligrosas, no deben instalarse en contacto.

Choques mecánicos (AG):

■ Las canalizaciones deben elegirse e instalarse o prever envolventes, de forma que se limiten los daños a causa de esfuerzos mecánicos como, por ejemplo, choques, penetraciones o compresión, durante su instalación, uso y mantenimiento.

■ Una evolvente es considerada de un grado de protección contra los impactos IPx-, si el impacto no es capaz de reducir su grado de protección, ni la posible abolladura la rigidez dieléctrica en su interior.

■ En las instalaciones fijas donde puedan producirse choques medios (AG 2) o importantes (AG 3), puede asegurarse la protección mediante uno de los medios siguientes:

□ las características mecánicas de las envolventes;

□ el emplazamiento elegido;

□ la disposición de una protección mecánica complementaria, local o general;

□ o la combinación de estas medidas.

Vibración (AH):

■ Las envolventes de los elementos eléctricos o conjuntos de aparamenta, soportados o fijados en estructuras o en materiales sometidos a vibraciones medias (AH 2) o importantes (AH 3), deben ser apropiadas a estas condiciones, particularmente en lo que se refiere a cables y a conexiones que albergan.

Nota: Es conveniente prestar una atención particular a las conexiones a equipos vibratorios. Pueden adoptarse medidas locales como, por ejemplo, cables flexibles.

■ La instalación de materiales eléctricos, suspendidos en el interior de las envolventes, tales como las luminarias, deben realizarse con cables flexibles. En los casos que no se puedan producir movimientos o vibraciones, se pueden utilizar conductores rígidos.

Otros esfuerzos mecánicos (AJ):

■ Las envolventes de los cuadros deben elegirse e instalarse de forma que se impida, durante la instalación, la utilización y el mantenimiento, cualquier daño a las envolventes y a la aparamenta de su interior.

■ Cuando los conductores o cables, del interior de la envolvente, no se vean soportados en toda su longitud, ya sea a causa de los soportes o del sistema de instalación, deben estar soportados por medios apropiados a intervalos suficientes de forma que los conductores o el cable no se vean dañados por su propio peso.

■ Cuando los conductores se vean sometidos a una tracción permanente (por ejemplo, a causa de su propio peso en tendido vertical), deberá elegirse un tipo de cable o conductor apropiado con una sección y un sistema de instalación apropiados, de forma que se evite cualquier daño a los cables y a sus soportes.

■ Los cables flexibles deben instalarse de forma que se eviten esfuerzos excesivos de tracción sobre los conductores y las conexiones.
■ Los soportes de los cables y la aparamenta no tendrán aristas agudas y estarán dimensionados para soportar los esfuerzos electrodinámicos propios de situaciones de defecto (cortocircuitos).

Presencia de vegetación o moho (AK)

Cuando las condiciones conocidas o previsibles presenten un riesgo (AK 2), las envolventes deberán elegirse en consecuencia o deberán tomarse medidas especiales de protección.

Nota: Puede ser necesario un sistema de instalación que facilite la extracción de este moho.

Presencia de fauna (AL)

Cuando las condiciones conocidas o previstas presenten un peligro (AL 2), las envolventes deben elegirse en consecuencia o deberán tomarse medidas especiales de protección, como:
■ características mecánicas de las envolventes (grado IP);
■ selección del emplazamiento;
■ disposición de una protección mecánica adicional, local o general;
■ cualquier combinación de estas medidas.

Radiación solar (AN)

Cuando sean conocidas o previsibles radiaciones solares importantes (AN 2), deberá elegirse e instalarse una envolvente apropiada a estas condiciones o deberá preverse una pantalla apropiada.

Riesgos sísmicos (AP):

■ Las envolventes deben elegirse e instalarse teniendo en cuenta las condiciones sísmicas de la zona de instalación.
■ Cuando los riesgos sísmicos conocidos sean débiles (AP 2) o más importantes, deberá prestarse una atención particular a:
□ las fijaciones internas de la aparamenta y conductores (muy importante las soluciones contra las vibraciones):
□ las fijaciones del cuadro a las estructuras del edificio.

Viento (AR)

Veanse apartados “Vibraciones (AH)” y “Otros esfuerzos mecánicos (AJ)”.

Estructura de los edificios (CB)

Cuando la estructura de los edificios presente riesgos de movimiento (CB 3), los soportes de la aparamenta y los conductores de cables deben permitir el movimiento relativo a fin de evitar que la aparamenta y los cables se vean sometidos a esfuerzos mecánicos excesivos.

La norma UNE 20.324 define un código (IP: Protección Internacional) que caracteriza la protección que puede proporcionar una envolvente frente a las influencias externas siguientes:

■ Penetración de los cuerpos sólidos.
■ Protección de las personas en el acceso a partes peligrosas.
■ Protección contra los efectos nocivos de líquidos (agua).

El código comporta dos cifras:
■ La protección contra los impactos mecánicos según la UNE EN 50102 corresponde a la clasificación de las siglas IK, un cero y una cifra. Esta corresponde a la capacidad de soportar un impacto de una cantidad de energía, medida en julios, sin variar las condiciones de aislamiento y protección propias, aunque puede quedar alguna abolladura.

Las letras complementarias son aclaratorias y podemos distinguir dos grupos:

■ 1.º Letras A, B, C, D: refuerzan el significado de la primera cifra.
■ 2.º Letras H, M, S, W: la (H) nos da una indicación de alerta al peligro de las altas tensiones:

- Las M y S indican la forma del proceso de ensayo.
- La W, que dispone de protección para la intemperie.

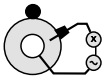
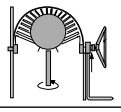
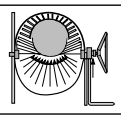
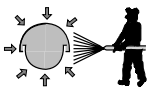
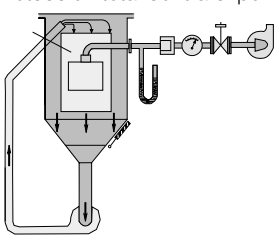
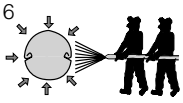
Ejemplo: IP 23C-IK2.
Material protegido contra:
- 2: la penetración de un cuerpo de > 12 mm y el acceso con el dedo.
- 3: la penetración de agua de lluvia a 60° de la vertical.
- C: protección al acceso a partes peligrosas de una herramienta de 2,5 mm de Ø.

Nota: Una X en la situación de una cifra quiere indicar que la característica correspondiente no está considerada.
La presencia de la letra C refuerza el grado de protección contra los contactos directos, especificado por la primera cifra.

Indices de protección de las envolventes				
Indice IP				
Indice IK				
1.ª cifra Protección contra la penetración de cuerpos sólidos y contra el acceso a partes peligrosas				
No protege	0			AE1
Protección contra sólidos > 50 mm de Ø y el acceso del dorso de la mano	1			AE1
Protección contra sólidos > 12 mm de Ø y el acceso de un dedo	2			AE1
Protección contra sólidos > 2,5 mm de Ø y el acceso de un útil	3			AE2
Protección contra sólidos > 1 mm de Ø y el acceso de un hilo	4			AE3
Protección contra el polvo y el acceso de un hilo	5			AE4
Estanco al polvo y al acceso de un hilo	6			AE4
2.ª cifra Protección contras los efectos nocivos del agua				
No protege		0		AD1
Protección contra la caída vertical de gotas de agua (condensación)		1		AD2
Protección contra la caída de gotas de agua hasta 15° de la vertical		2		AD2
Protección contra la caída de gotas de lluvia hasta 60° de la vertical		3		AD3
Protección contra proyecciones de agua en todas direcciones		4		AD4
Protección contra chorros de agua en todas direcciones		5		AD5
Protección contra proyecciones de agua similares a un golpe de mar		6		AD6
Protección contra la inmersión		7		AD7
Material sumergible - ensayo sobre acuerdos particulares		8		AD8
Letra adicional en opción Una protección contra acceso de partes peligrosas superiores a las especificadas en la cifra 1.ª				
Protección contra el acceso del dorso de la mano			A	0
Protección contra el acceso de un dedo			B	0-1
Protección contra el acceso de un útil de 2,5 mm de Ø			C	0-1-2
Protección contra el acceso de un hilo			D	0-1-2-3
Letra suplementaria (en opción)				
Material de AT			H	
En movimiento durante el ensayo del agua			M	
En paro durante el ensayo del agua			S	
Protección a la intemperie			W	
Protección contra los impactos mecánicos (acción directa de un martillo sobre la envolvente)				
Impactos débiles				01 AG1
Impactos mediados				05 AG2
Impactos importantes				07 AG3
Impactos muy importantes				09 AG4

Tabla F8-002: *grados de protección proporcionados por las envolventes.*

8.3. Grado de protección de las envolventes de BT

IP					
Protección contra los cuerpos sólidos			Protección contra los líquidos		
0		Sin protección	0		Sin protección
1	Ø 50 mm 	Protección contra los cuerpos sólidos superiores a 50 mm Ø	1		Protección contra la caída de gotas verticales condensación)
2	Ø 12 mm 	Protección contra los cuerpos sólidos superiores a 12 mm Ø	2		Protección contra la caída de gotas de agua, hasta un ángulo de 15° de la vertical
3	Ø 2,5 mm 	Protección contra los cuerpos sólidos superiores a 2,5 mm Ø	3		Protección contra la caída de agua de lluvia hasta un ángulo de 60° de la vertical
4	Ø 1 mm 	Protección contra los cuerpos sólidos superiores a 1 mm Ø	4		Protección contra la proyección de agua en todas direcciones
5		Protección contra el polvo en cantidad no perjudicial.	5		Protección contra los chorros de agua en todas direcciones
6		Protección total contra el polvo 	6		Protección contra los chorros de agua en todas direcciones, semejantes a un golpe de mar
			7		Protección contra los efectos de inmersión

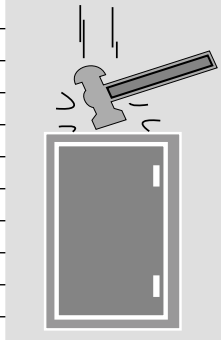
IK		
Impacto		Energía
00		Sin protección
01		Energía de choque 0,15 julios
02		Energía de choque 0,20 julios
03		Energía de choque 0,35 julios
04		Energía de choque 0,50 julios
05		Energía de choque 0,70 julios
06		Energía de choque 1 julios
07		Energía de choque 2 julios
08		Energía de choque 5 julios
09		Energía de choque 10 julios
10		Energía de choque 20 julios

Tabla F8-003: *parámetros de los ensayos correspondientes a los ensayos de protección contra la penetración de cuerpos sólidos, agua y de resistencia al impacto.*

2. LA CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

La ITC-BT-51 recoge términos que coinciden con este capítulo, pero su contenido coincide plenamente con el capítulo K. "Gestión técnica de edificios, el control energético y la seguridad", del 4.º Volumen. Por tanto, la situaremos en el 4.º Volumen.

4. LOS REGÍMENES DE NEUTRO

1. ESQUEMAS DE DISTRIBUCIÓN

SISTEMAS DE CONEXIÓN DEL NEUTRO Y DE LAS MASAS EN REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA ITC-BT-08

Para la determinación de las características de las medidas de protección contra choques eléctricos en caso de defecto (contactos indirectos) y contra sobreintensidades, así como de las especificaciones de la aparamenta encargada de tales funciones, será preciso tener en cuenta el esquema de distribución empleado.
Los esquemas de distribución se establecen en función de las conexiones a tierra de la red de distribución o de la alimentación, por un lado, y de las masas de la instalación receptora, por otro.
La denominación se realiza con un código de letras con el significado siguiente:
Primera letra: Se refiere a la situación de la alimentación con respecto a tierra.
T = Conexión directa de un punto de la alimentación a tierra.
I = Aislamiento de todas las partes activas de la alimentación con respecto a tierra o conexión de un punto a tierra a través de una impedancia.
Segunda letra: Se refiere a la situación de las masas de la instalación receptora con respecto a tierra.
T = Masas conectadas directamente a tierra, independientemente de la eventual puesta a tierra de la alimentación.
N = Masas conectadas directamente al punto de la alimentación puesto a tierra (en corriente alterna, este punto es normalmente el punto neutro).
Otras letras (eventuales): Se refieren a la situación relativa del conductor neutro y del conductor de protección.
S = Las funciones de neutro y de protección, aseguradas por conductores separados.
C = Las funciones de neutro y de protección, combinadas en un solo conductor (conductor CPN).

1.1. Esquema TN

Los esquemas TN tienen un punto de la alimentación, generalmente el neutro o compensador, conectado directamente a tierra y las masas de la instalación receptora conectadas a dicho punto mediante conductores de protección.

Se distinguen tres tipos de esquemas TN, según la disposición relativa del conductor neutro y del conductor de protección:

–Esquema TN-S: En que el conductor neutro y el de protección son distintos en todo el esquema (figura 1).

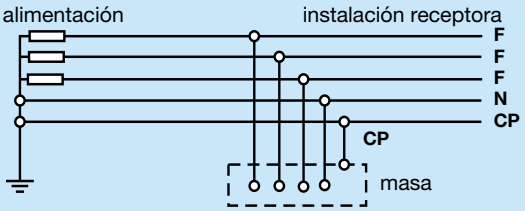


Figura 1. Esquema de distribución tipo TN-S.

–Esquema TN-C: En que las funciones de neutro y protección están combinadas en un sólo conductor en todo el esquema (figura 2).

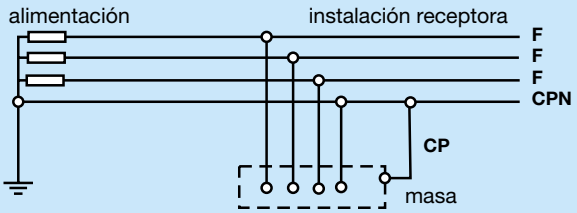


Figura 2. Esquema de distribución tipo TN-C.

–Esquema TN-C-S: En que las funciones de neutro y protección están combinadas en un sólo conductor en una parte del esquema (figura 3).

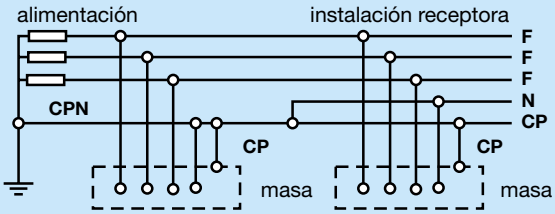


Figura 3. Esquema de distribución tipo TN-C-S.

En los esquemas TN cualquier intensidad de defecto franco fase-masa es una intensidad de cortocircuito. El bucle de defecto está constituido exclusivamente por elementos conductores metálicos.

1.2 Esquema TT

El esquema TT tiene un punto de alimentación, generalmente el neutro o compensador, conectado directamente a tierra. Las masas de la instalación receptora están conectadas a una toma de tierra separada de la toma de tierra de la alimentación (figura 4).

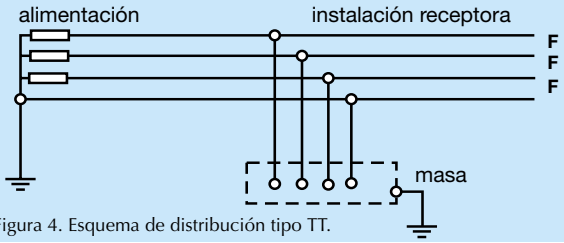


Figura 4. Esquema de distribución tipo TT.

En este esquema las intensidades de defecto fase-masa o fase-tierra pueden tener valores inferiores a los de cortocircuito, pero pueden ser suficientes para provocar la aparición de tensiones peligrosas.
En general, el bucle de defecto incluye resistencia de paso a tierra en alguna parte del circuito de defecto, lo que no excluye la posibilidad de conexiones eléctricas voluntarias o no, entre la zona de la toma de tierra de las masa de la instalación y la de alimentación. Aunque ambas tomas de tierra no sean independientes, el esquema sigue siendo un esquema TT si no se cumplen todas las condiciones del esquema TN. Dicho de otra forma, no se tienen en cuenta las posibles conexiones entre ambas zonas de toma de tierra para la determinación de las condiciones de protección.

1.3. Esquema IT

El esquema IT no tiene ningún punto de la alimentación conectado directamente a tierra. Las masas de la instalación receptora están puestas directamente a tierra (figura 5).

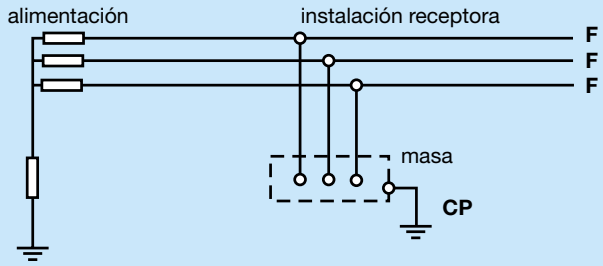


Figura 5. Esquema de distribución tipo IT.

En este esquema la intensidad resultante de un primer defecto fase-masa o fase-tierra, tiene un valor lo suficientemente reducido como para no provocar la aparición de tensiones de contacto peligrosas.
La limitación del valor de la intensidad resultante de un primer defecto fase-masa o fase-tierra se obtiene bien por la ausencia de conexión a tierra en la alimentación, o bien por la inserción de una impedancia suficiente entre un punto de la alimentación (generalmente el neutro) y tierra. A este efecto puede resultar necesario limitar la extensión de la instalación para disminuir el efecto capacitativo de los cables con respecto a tierra.
En este tipo de esquema se recomienda no distribuir el neutro.

1.4. Aplicación de los tres tipos de esquemas

La elección de uno de los tres tipos de esquemas debe hacerse en función de las características técnicas y económicas de cada instalación. Sin embargo, hay que tener en cuenta los siguientes principios.
a) Las redes de distribución pública de baja tensión tienen un punto puesto directamente a tierra por prescripción reglamentaria. Este punto es el punto neutro de la red. El esquema de distribución para instalaciones receptoras alimentadas directamente desde una red de distribución pública de baja tensión es el esquema TT.

b) En instalaciones alimentadas en baja tensión, a partir de un centro de transformación de abonado, se podrá elegir cualquiera de los tres esquemas citados.
c) No obstante lo dicho en a), puede establecerse un esquema IT en parte o partes de una instalación alimentada directamente de una red de distribución pública mediante el uso de transformadores adecuados, en cuyo secundario y en la parte de la instalación afectada se establezcan las disposiciones que para tal esquema se citan en el apartado 1.3.

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 (mm^2)	Sección nominal del conductor neutro (mm^2)	
	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 tenderá 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.

5. LA REALIZACIÓN Y MEDIDA DE LAS PUESTAS A TIERRA

INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA. ITC-BT-18

1. OBJETO

Las puestas a tierra se establecen principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.
Cuando otras instrucciones técnicas prescriban como obligatoria la puesta a tierra de algún elemento o parte de la instalación, dichas puestas a tierra se regirán por el contenido de la presente instrucción.

2. PUESTA O CONEXIÓN A TIERRA. DEFINICIÓN

La puesta o conexión a tierra es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo mediante una toma de tierra con un electrodo o grupos de electrodos enterrados en el suelo.
Mediante la instalación de puesta a tierra se deberá conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico.

3. UNIONES A TIERRA

Las disposiciones de puesta a tierra pueden ser utilizadas a la vez o separadamente, por razones de protección o razones funcionales, según las prescripciones de la instalación.
La elección e instalación de los materiales que aseguren la puesta a tierra deben ser tales que:
– El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación y se mantenga de esta forma a lo largo del tiempo, teniendo en cuenta los requisitos generales indicados en la ITC-BT-24 y los requisitos particulares de las Instrucciones Técnicas aplicables a cada instalación.
– Las corrientes de defecto a tierra y las corrientes de fuga puedan circular sin peligro, particularmente desde el punto de vista de solicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.
– La solidez o la protección mecánica quede asegurada con independencia de las condiciones estimadas de influencias externas.
– Contemplen los posibles riesgos debidos a la electrólisis que pudieran afectar a otras partes metálicas.

En la figura 1 se indican las partes típicas de una instalación de puesta a tierra:

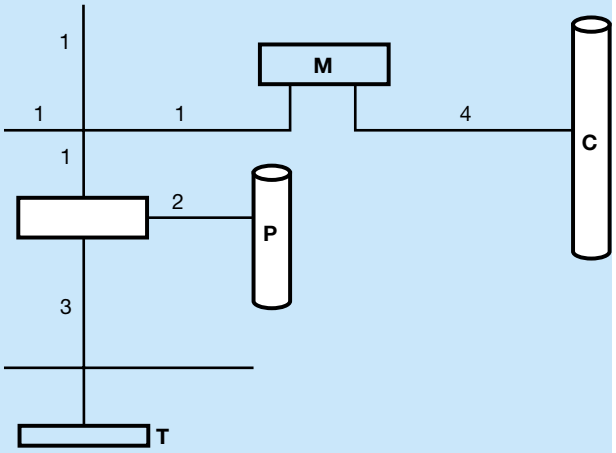


Figura 1. Representación esquemática de un circuito de puesta a tierra.

Leyenda:
1 Conductor de protección.
2 Conductor de unión equipotencial principal.
3 Conductor de tierra o línea de enlace con el electrodo de puesta a tierra.
4 Conductor de equipotencialidad suplementaria.
B Borne principal de tierra.
M Masa.
C Elemento conductor.
P Canalización metálica principal de agua.
T Toma de tierra.

3.1. Tomas de tierra

Para la toma de tierra se pueden utilizar electrodos formados por:
– barras, tubos;
– pletinas, conductores desnudos;
– placas;
– anillos o mallas metálicas constituidos por los elementos anteriores o sus combinaciones;
– armaduras de hormigón enterradas, con excepción de las armaduras pretensadas;
– otras estructuras enterradas que se demuestre que son apropiadas.

Los conductores de cobre, utilizados como electrodos, serán de construcción y resistencia eléctrica según la clase 2 de la norma UNE 21.022.

El tipo y la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia del hielo u otros efectos climáticos, no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto. La profundidad nunca será inferior a 0,50 m.

Los materiales utilizados y la realización de las tomas de tierra deben ser tales que no se vea afectada la resistencia mecánica y eléctrica por efecto de la corrosión, de forma

que comprometa las características del diseño de la instalación.
Las canalizaciones metálicas de otros servicios (agua, líquidos o gases inflamables, calefacción central, etc.) no deben ser utilizadas como tomas de tierra por razones de seguridad.
Las envolventes de plomo y otras envolventes de cables que no sean susceptibles de deterioro, debido a una corrosión excesiva, pueden ser utilizadas como tomas de tierra, previa autorización del propietario, tomando las precauciones debidas para que el usuario de la instalación eléctrica sea advertido de los cambios del cable que podría afectar a sus características de puesta a tierra.

3.2 Conductores de tierra

La sección de los conductores de tierra tiene 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 mm² cobre 16 mm² Acero galvanizado
No protegido contra la corrosión	25 mm² cobre 50 mm² 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.

3.3. Bornes de puesta a tierra

En toda instalación de puesta a tierra debe preverse un borne principal de tierra, al cual deben unirse los conductores siguientes:
– Los conductores de tierra.
– Los conductores de protección.
– Los conductores de unión equipotencial principal.
– Los conductores de puesta a tierra funcional, si son necesarios.
Debe preverse sobre los conductores de tierra, y en lugar accesible, un dispositivo que permita medir la resistencia de la toma de tierra correspondiente. Este dispositivo puede estar combinado con el borne principal de tierra; debe ser desmontable necesariamente por medio de un útil; tiene que ser mecánicamente seguro y debe asegurar la continuidad eléctrica.

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 otras masas,

– a elementos metálicos distintos de las masas,

– 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 20.460-5-54 apartado 543.1.1.

Tabla 2. Relación entre las secciones de los conductores de protección y los de fase.

Sección de los conductores de fase de la instalación S (mm^2)	Sección mínima de los conductores de protección Sp (mm^2)
$S \leq 16$	$Sp = S$
$16 \leq S$ i 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 sólo son válidos en el caso de que los conductores de protección hayan sido fabricados con el mismo material que los conductores activos; de no ser así, las secciones de los conductores de protección se determinarán de forma que presenten una conductibilidad 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 ese conductor debe dimensionarse en función de la mayor sección de los conductores de fase.

Como conductor 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.

4. PUESTA 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 especificada de todo elemento metálico puesto a tierra.
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. PUESTA 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.

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 conductor 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 sí 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 o a la sección equivalente si es de otro material.

La sección de los conductores de equipotencialidad secundarios, que une dos masas, no será inferior a la más pequeña de los conductores de protección unidos a dichas masas.

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.

Este conductor, caso de ser necesario, debe satisfacer lo indicado en el apartado 3.4.

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.

9. RESISTENCIA DE LAS TOMAS DE TIERRA

El electrodo se dimensionará de forma que su resistencia de tierra, en cualquier circunstancia previsible, no sea superior al valor especificado para ella, en cada caso.
Este valor de resistencia de tierra será tal que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a:
– 24 V en local o emplazamiento conductor,
– 50 V en los demás casos.
Si las condiciones de la instalación son tales que pueden dar lugar a tensiones de contacto superiores a los valores señalados anteriormente, se asegurará la rápida eliminación de la falta mediante dispositivos de corte adecuados a la corriente de servicio.
La resistencia de un electrodo depende de sus dimensiones, de su forma y de la resistividad del terreno en que se establece.
Esta resistividad varía frecuentemente de un punto a otro del terreno, y varía también con la profundidad.
La tabla 3 da, a título de orientación, unos valores de la resistividad para un cierto número de terrenos. Con objeto de obtener una primera aproximación de la resistencia a tierra, los cálculos pueden efectuarse utilizando los valores medidos, indicados en la tabla 4.
Aunque los cálculos efectuados a partir de estos valores no dan más que un valor muy aproximado de la resistencia a tierra del electrodo, la medida de resistencia de tierra de este electrodo puede permitir, aplicando las fórmulas dadas en la tabla 5, estimar el valor medio local de la resistividad del terreno. El conocimiento de este valor puede ser útil para trabajos posteriores efectuados, en condiciones análogas.

Tabla 3. Valores orientativos de la resistividad en función del terreno.

Naturaleza del terreno	Resistividad en Ohm·m
Terrenos pantanosos	de algunas unidades a 30
Lino	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Margas y arcillas compactas	100 a 200
Margas del Jurásico	30 a 40
Arena arcillosa	50 a 500
Arena silícea	200 a 3.000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 500
Suelo pedregoso desnudo	1.500 a 1.000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1.000 a 5.000
Calizas agrietadas	500 a 1.000
Pizarras	50 a 300
Roca de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedente de alteración	1.500 a 10.000
Granito y gres muy alterado	100 a 600

Tabla 4. Valores medios aproximados de la resistividad en función del terreno.

Naturaleza del terreno	Valor medio de la resistividad en Ohm·m
Terrenos cultivables y fértiles, terraplenes compactos y húmedos	50
Terraplenes cultivables poco fértiles y otros terraplenes	500
Suelos pedregosos desnudos, arenas secas permeables	3.000

Tabla 5. Fórmulas para estimar la resistencia de tierra en función de la resistividad del terreno y las características del electrodo.

Electrodo	Resistencia de tierra en Ohm
Placa enterrada	R = 0,8 r/P
Pica vertical	R = r/L
Conductor enterrado horizontal	R = 2r/L
r, resistividad del terreno (Ohm.m) P, perímetro de la placa (m) L, longitud de la pica o del conductor (m)	

10. TOMAS DE TIERRA INDEPENDIENTES

Se considerará 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 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 estén 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 transformación, 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 considerará que las tomas de tierra son eléctricamente independientes cuando se cumplan 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 en 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:

$$D = \frac{\rho I d}{2 \pi U}$$

siendo:
D: distancia entre electrodos, en metros.
ρ: resistividad media del terreno en ohmios metro.
I_d: 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 forma 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 (I_d) en el centro de transformación, el valor de la tensión de defecto ($V_d = I_d \cdot R_t$) 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.

12. REVISIÓN DE LAS TOMAS DE TIERRA

Por la importancia que ofrece, desde el punto de vista de la seguridad, cualquier instalación de toma de tierra deberá ser obligatoriamente comprobada por el Director de la Obra o Instalador Autorizado, en el momento de dar de alta la instalación para su puesta en marcha o en funcionamiento.
Personal técnicamente competente efectuará la comprobación de la instalación de puesta a tierra, al menos anualmente, en la época en que el terreno esté más seco. Para ello se medirá la resistencia de tierra y se repararán con carácter urgente los defectos que se encuentren.
En los lugares en que el terreno no sea favorable a la buena conservación de los electrodos, éstos y los conductores de enlace, entre ellos hasta el punto de puesta a tierra, se pondrán al descubierto para su examen, al menos una vez cada cinco años.

INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS. PRESCRIPCIONES GENERALES. ITC-BT-19

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.

Tabla 2.

Secciones de los conductores de fase o polares de la instalación (mm^2)	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm^2)
$S < 16$	S (*)
$16 < S > 35$	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.

Para otras condiciones se aplicará la norma UNE 20.460-5-54, apartado 543.
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 20.460-3. 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 20.460-5-54, 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 mecánico y químico,

especialmente en los pasos a través de los elementos de la construcción.
– Las conexiones de 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 60.998-2-1 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).

6. LOS CUADROS ELÉCTRICOS

1. DISPOSITIVOS GENERALES E INDIVIDUALES DE MANDO Y PROTECCIÓN. INTERRUPTOR DE CONTROL DE POTENCIA

INSTALACIONES DE ENLACE, DISPOSITIVOS GENERALES E INDIVIDUALES DE MANDO Y PROTECCIÓN. INTERRUPTOR DE CONTROL DE POTENCIA. ITC-BT-17

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 que los demás dispositivos, en compartimento 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 los 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 separados 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. Composicion y caracteristicas de los cuadros

Los dispositivos generales e individuales de mando y protección, cuya posición de servicio sea 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 20.451 y UNE-EN 60.439-3, con un grado de protección mínimo IP 30, según UNE 20.324, e IK 07, según UNE-EN 50.102. 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.

– 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 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. Caracteristicas principales de los dispositivos de proteccion

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 correspondan 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.

La ITC-BT-25 corresponde en su totalidad al apartado B y en él queda incluida, pero el número de circuitos también afecta a los cuadros del capítulo F6.

INSTALACIONES INTERIORES EN VIVIENDAS. NÚMERO DE CIRCUITOS Y CARACTERÍSTICAS. ITC-BT-25

Tabla 1. Características eléctricas de los circuitos(1).

Circuito de utilización	Potencia prevista por toma (W)	Factor simultaneidad Fs	Factor utilización Fu	Tipo de toma (7)	Interruptor automático (A)	Máximo n.º de puntos de utilización o tomas por circuito	Conductores sección mínima mm² (5)	Tubo o conducto diámetro mm² (3)
C_1 Iluminación	200	0,75	0,5	Punto luz	10	30	1,5	16
C_2 Tomas de uso general	3.450	0,2	0,25	Base 16 A 2p + T	16	20	2,5	20
C_3 Cocina y horno	5.400	0,5	0,75	Base 25 A 2p + T	25	2	6	25
C_4 Lavadora, lavavajillas y termo eléctrico 3.450	0,66	0,75		Base (8) 16 A 2p + T combinadas con fusibles o interruptores automáticos 16A	20	3	4 (6)	20
C_5 Baño, cuarto de cocina	3.450	0,4	0,5	Base 16 A 2p + T	16	6	2,5	20
C_8 Calefacción	(2)	–	–	–	25	–	6	25
C_9 Aire acondicionado	(2)	–	–	–	25	–	6	25
C_{10} Secadora 3.450	1	0,75		Base 16 A 2p + T	16	1	2,5	20
C_{11} Automatización	(4)	–	–	–	10	–	1,5	16

(1) La tensión considerada es de 230 V entre fase y neutro.
(2) La potencia máxima permisible por circuito será de 5.750 W.
(3) Diámetros externos según ITC-BT-19.
(4) La potencia máxima permisible por circuito será 2.300 W.
(5) Este valor corresponde a una instalación de dos conductores y tierra de PVC, bajo tubo empotrado en obra, según tabla 1 de ITC-BT-19. Otras secciones pueden ser requeridas para otros tipos de cable o condiciones de instalación.
(6) En este circuito, exclusivamente, cada toma individual puede conectarse mediante un conductor de sección 2,5 mm² que parta de una caja de derivación del circuito de 4 mm².
(7) Las bases de tomas de corriente de 16 A 2p+T serán fijas del tipo indicado en la figura C2a y las de 25 A 2p+T serán del tipo indicado en la figura ESB 25-5ª, ambas de la norma UNE 20315.
(8) Los fusibles o interruptores automáticos no son necesarios si se dispone de circuitos independientes para cada aparato, con interruptor automático de 16 A en cada circuito.

7. LAS CONDUCCIONES

REDES AÉREAS PARA DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN. ITC-BT-06

1. MATERIALES

1.1. Conductores

Los conductores utilizados en las redes aéreas serán de cobre, aluminio o de otros materiales o aleaciones que posean características eléctricas y mecánicas adecuadas y serán preferentemente aislados.

1.1.1. Conductores aislados

Los conductores aislados serán de tensión asignada no inferior a 0,6/1 kV tendrán un recubrimiento tal que garantice una buena resistencia a las acciones de la intemperie y deberán satisfacer las exigencias especificadas en la norma UNE 21.030.

La sección mínima permitida en los conductores de aluminio será de 16 mm^2 y en los de cobre de 10 mm^2. La sección mínima correspondiente a otros materiales será la que garantice una resistencia mecánica y una conductividad eléctrica no inferior a la que corresponde a los de cobre anteriormente indicados.

1.1.2. Conductores desnudos

Los conductores desnudos serán resistentes a las acciones de la intemperie y su carga de rotura mínima a la tracción será de 410 daN, debiendo satisfacer las exigencias especificadas en las normas UNE 21.012 o UNE 21.018, según sean los conductores de cobre o de aluminio.

Se considerarán como conductores desnudos aquellos conductores aislados para una tensión nominal inferior a 0,6/1 kV.

Su utilización tendrá carácter especial debidamente justificado, excluyendo el caso de zonas de arbolado o con peligro de incendio.

1.2. Aisladores

Los aisladores serán de porcelana, vidrio o de otros materiales aislantes equivalentes que resistan las acciones de la intemperie, especialmente las variaciones de temperatura y corrosión, debiendo ofrecer la misma resistencia a los esfuerzos mecánicos y poseer el nivel de aislamiento de los aisladores de porcelana o vidrio.

La fijación de los aisladores a sus soportes se efectuará mediante roscado o cementación a base de substancias que no ataquen ninguna de las partes, y que no sufran variaciones de volumen que puedan afectar a los propios aisladores o a la seguridad de su fijación.

1.3. Accesorios de sujeción
Los accesorios que se empleen en las redes aéreas deberán estar debidamente protegidos contra la corrosión y envejecimiento, y resistirán los esfuerzos mecánicos a que puedan estar sometidos, con un coeficiente de seguridad no inferior al que corresponda al dispositivo de anclaje donde estén instalados.

1.4. Apoyos
Los apoyos podrán ser metálicos, de hormigón, madera o de cualquier otro material que cuente con la debida autorización de la Autoridad competente, y se dimensionarán de acuerdo con las hipótesis de cálculo indicadas en el apartado 2.3 de la presente instrucción. Deberán presentar una resistencia elevada a las acciones de la intemperie y, en el caso de no presentarla por sí mismos, deberán recibir los tratamientos adecuados para tal fin.

1.5. Tirantes y tornapuntas
Los tirantes estarán constituidos por varillas o cables metálicos, debidamente protegidos contra la corrosión, y tendrán una carga de rotura mínima de 1.400 daN.
Los tornapuntas podrán ser metálicos, de hormigón, madera o cualquier otro material capaz de soportar los esfuerzos a que estén sometidos, debiendo estar debidamente protegidos contra las acciones de la intemperie.
Deberá restringirse el empleo de tirantes y tornapuntas.

2. CÁLCULO MECÁNICO

2.1. Acciones a considerar en el cálculo
El cálculo mecánico de los elementos constituyentes de la red, cualquiera que sea su naturaleza, se efectuará con los supuestos de acción de las cargas y sobrecargas que a continuación se indican, combinadas en la forma y condiciones que se fijan en los apartados siguientes.
Como cargas permanentes se considerarán las cargas verticales debidas al propio peso de los distintos elementos: conductores, aisladores, accesorios de sujección y apoyos.
Se considerarán las sobrecargas debidas a la previsión del viento siguientes:
– Sobre conductores 50 daN/m^2
– Sobre superficies planas 100 daN/m^2
– Sobre superficies cilíndricas de apoyos 75 daN/m^2
La acción del viento sobre los conductores no se tendrá en cuenta en aquellos lugares en que por la configuración del terreno o por la disposición de las especificaciones, actúe en el sentido longitudinal de la línea.
A los efectos de las sobrecargas motivadas por el hielo se clasificará el país en tres zonas:
– Zona A: La situada a menos de 500 m de altitud sobre el nivel del mar. No se tendrá en cuenta sobrecarga alguna motivada por el hielo.
– Zona B: La situada a una altitud comprendida entre 500 y 1.000 m. Los conductores desnudos se considerarán sometidos a la sobrecarga de un manguito de hielo de valor

180 $\sqrt{d}$ gramos metro lineal, siendo (d) el diámetro del conductor en mm. En los cables en haz de sobrecarga se considerará de 60 $\sqrt{d}$ gramos por metro lineal, siendo (d) el diámetro del cable en haz en mm. A efectos de cálculo, se considera como diámetro de un cable en haz, 2,5 veces de diámetro del conductor de fase.
– Zona C: La situada a una altitud superior a 1.000 m. Los conductores desnudos se considerarán sometidos a la sobrecarga de un manguito de hielo de valor 360 $\sqrt{d}$ gramos por metro lineal, siendo (d) el diámetro del conductor en mm. En los cables en haz la sobrecarga se considerará de 120 $\sqrt{d}$ gramos por m lineal, siendo (d) el diámetro del cable en haz en mm. A efectos de cálculo se considera como diámetro de un cable en haz, 2,5 veces el diámetro del conductor de fase.

2.2. Conductores

2.2.1. Tracción máxima admisible

La tracción máxima admisible de los conductores no será superior a su carga de rotura dividida por 2,5, considerándolos sometidos a la hipótesis más desfavorable de las siguientes:

Zona A
a) Sometidos a la acción de su propio peso y a la sobrecarga del viento, a la temperatura de 15 °C.
b) Sometidos a la acción de su propio peso y a la sobrecarga del viento, dividida por 3, a la temperatura de 0 °C.

Zona B y C
a) Sometidos a la acción de su propio peso y a la sobrecarga del viento, a la temperatura de 15 °C.
b) Sometidos a la acción de su propio peso y a la sobrecarga de hielo correspondiente a la zona, a la temperatura de 0 °C.

2.2.2. Fecha máxima

Se adoptará como flecha máxima de los conductores el mayor valor resultante de la comparación entre dos hipótesis correspondientes a la zona climatológica que se considere, y a una tercera hipótesis de temperatura (válida para las tres zonas), consistente en considerar los conductores sometidos a la acción de su propio peso y a la temperatura máxima previsible, teniendo en cuenta las condiciones climatológicas y las de servicio de la red. Esta temperatura no será inferior a 50 °C.

2.3. Apoyos

Para el cálculo mecánico de los apoyos se tendrán en cuenta las hipótesis indicadas en la Tabla 1, según la función del apoyo y de la zona.

Tabla 1. Cargas para el cálculo mecánico de los apoyos

Función del apoyo	Zona A		Zonas B y C	
	Hipótesis de viento a la temperatura de 15 °C	Hipótesis de temperatura a 0 °C con 1/3 de viento	Hipótesis de viento a la temperatura de 15 °C	Hipótesis de hielo según zona y temperatura de 0 °C
Alineación	Cargas permanentes	Cargas permanentes. Desequilibrio de racciones	Cargas permanentes	Cargas permanentes Desequilibrio de tracciones
Angulo	Cargas permanentes. Desequilibrio de ángulo			
Estrellamiento	Cargas permanentes. 2/3 resultante	Cargas permanentes. Total resultante	Cargas permanentes. 2/3 resultante	Cargas permanentes. Total resultante
Fin de línea	Cargas permanentes. Tracción total de conductores			

Cuando los vanos sean inferiores a 15 m, las cargas permanentes tendrán muy poca influencia por lo que, en general, se puede prescindir de las mismas en el cálculo.
El coeficiente de seguridad a la rotura será distinto en función del material de los apoyos según la tabla 2.

Tabla 2. Coeficiente de seguridad a la rotura en función del material de los apoyos.

Material de apoyo	Coeficiente
Metálico	1,5
Hormigón armado vibrado	2,5
Madera	3,5
Otros materiales no metálicos	2,5

Nota: En el caso de apoyos metálicos o de hormigón armado vibrado, cuya resistencia mecánica se haya comprobado mediante ensayos en verdadera magnitud, los coeficientes de seguridad podrán reducirse a 1,45 y 2 respectivamente.

Cuando por razones climatológicas extraordinarias hayan de suponerse temperaturas o manguitos de hielo superiores a los indicados, será suficiente comprobar que los esfuerzos resultantes son inferiores al límite elástico.

3. EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES

3.1. Instalación de conductores aislados

Los conductores dotados de envolventes aislantes, cuya tensión nominal sea inferior a 0,6/1 kV se considerarán, a efectos de su instalación, como conductores desnudos. (Apartado 3.2).
Los conductores aislados de tensión nominal 0,6/1 kV. (UNE 21.030) podrán instalarse como:

3.1.1. Cables posados

Directamente posados sobre fachadas o muros, mediante abrazaderas fijadas a los mismos y resistentes a las acciones de la intemperie. Los conductores se protegerán adecuadamente en aquellos lugares en que puedan sufrir deterioro mecánico de cualquier índole.
En los espacios vacíos (cables no posados en fachada o muro) los conductores tendrán la condición de tensados y se regirán por lo indicado en el apartado 3.1.2.

En general, deberá respetarse una altura mínima al suelo de 2,5 metros. Lógicamente, si se produce una circunstancia particular como la señalada en el párrafo anterior, la altura mínima deberá ser la señalada en los puntos 3.1.2 y 3.9 para cada caso en particular. En los recorridos por debajo de esta altura mínima al suelo (por ejemplo, para acometidas), deberán protegerse mediante elementos adecuados, conforme a lo indicado en el apartado 1.2.1 de la ITC-BT-11, evitándose que los conductores pasen por delante de cualquier abertura existente en las fachadas o muros.
En las proximidades de aberturas en fachadas deben respetarse las siguientes distancias mínimas:
– Ventanas: 0,30 metros al borde superior de la abertura y 0,50 metros al borde inferior y bordes laterales de la abertura.
– Balcones: 0,30 m al borde superior de la abertura y 1,00 m a los bordes laterales del balcón.
Se tendrá en cuenta la existencia de salientes o marquesinas que puedan facilitar el posado de los conductores, pudiendo admitir, en estos casos, una disminución de las distancias antes indicadas.
Así mismo se respetará una distancia mínima de 0,05 m a los elementos metálicos presentes en las fachadas, tales como escaleras, a no ser que el cable disponga de una protección conforme a lo indicado en el apartado 1.2.1 de la ITC-BT-11.

3.1.2. Cables tensados
Los cables con neutro fiador, podrán ir tensados entre piezas especiales colocadas sobre apoyos, fachadas o muros, con una tensión mecánica adecuada, sin considerar a estos efectos el aislamiento como elemento resistente. Para el resto de los cables tensados se utilizarán cables fiadores de acero galvanizado, cuya resistencia a la rotura será, como mínimo, de 800 daN, y a los que se fijarán mediante abrazaderas u otros dispositivos apropiados los conductores aislados.
Distancia al suelo: 4 m, salvo lo especificado en el apartado 3.9 para cruzamientos.

3.2. Instalaciones de conductores desnudos
Los conductores desnudos irán fijados a los aisladores, de forma que quede asegurada su posición correcta en el aislador y no ocasione un debilitamiento apreciable de la resistencia mecánica del mismo ni produzca efectos de corrosión.
La fijación de los conductores al aislador debe hacerse, preferentemente, en la garganta lateral del mismo por la parte próxima al apoyo, y en el caso de ángulos, de manera que el esfuerzo mecánico del conductor esté dirigido hacia el aislador.
Cuando se establezcan derivaciones, y salvo que se utilicen aisladores especialmente concebidos para ellas, deberá colocarse un sólo conductor por aislador.

Cuando se trate de redes establecidas por encima de edificaciones o sobre apoyos fijados a las fachadas, el coeficiente de seguridad de la tracción máxima admisible de los conductores deberá ser superior, en un 25 por ciento, a los valores indicados en el apartado 2.2.1.

3.2.1. Distancia de los conductores desnudos al suelo y zonas de protección de las edificaciones

Los conductores desnudos mantendrán, en las condiciones más desfavorables, las siguientes distancias respecto al suelo y a las especificaciones:

3.2.1.1. Al suelo

4 m, salvo lo especificado en el apartado 3.9 para cruzamientos.

3.2.1.2. En edificios no destinados al servicio de distribución de la energía

Los conductores se instalarán fuera de una zona de protección, limitada por los planos que se señalan:

– Sobre los tejados: Un plano paralelo al tejado, con una distancia vertical de 1,80 m del mismo, cuando se trate de conductores no puestos a tierra, y de 1,5 m cuando lo estén; así mismo para cualquier elemento que se encontrase instalado, o que se instale en el tejado, se respetarán las mismas distancias que las indicadas en la figura 1 para las chimeneas.

Cuando la inclinación del tejado sea superior a 45 grados sexagesimales, el plano limitante de la zona de protección deberá considerarse a 1 metro de separación entre ambos.

– Sobre terrazas y balcones: Un plano paralelo al suelo de la terraza o balcón y a una distancia del mismo de 3 metros.

– En fachadas: La zona de protección queda limitada:

a) Por un plano vertical paralelo al muro de fachada sin aberturas, situado a 0,20 metros del mismo.

b) Por un plano vertical paralelo al muro de fachada a una distancia de 1 metro de las ventanas, balcones, terrazas o cualquier otra abertura.

Este plano vendrá, a su vez, limitado por los planos siguientes:

– Un plano horizontal situado a una distancia vertical de 0,30 metros de la parte superior de la abertura de que se trate.

– Dos planos verticales, uno a cada lado de la abertura, perpendicular a la fachada, y situados a 1 metro de distancia horizontal de los extremos de la abertura.

– Un plano horizontal situado a 3 metros por debajo de los antepechos de las aberturas.

Los límites de esta zona de protección se representan en la fig. 1.

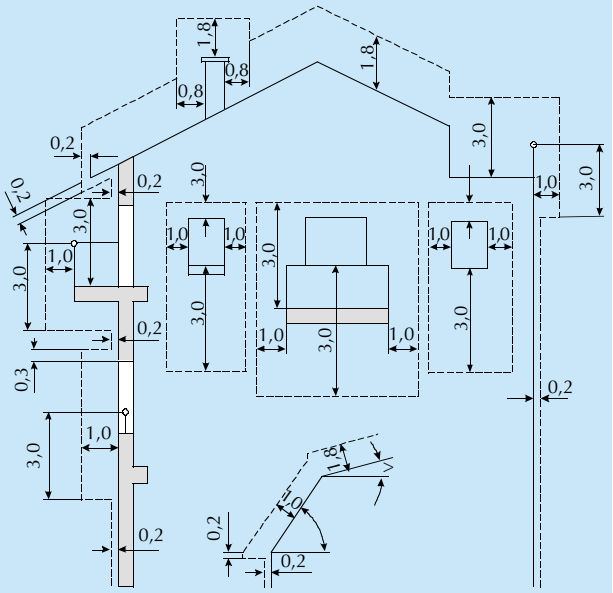


Figura 1. Zona de protección en edificios para la instalación de líneas eléctricas de baja tensión con conductores desnudos.

3.2.2. Separación mínima entre conductores desnudos y entre éstos y los muros o paredes de edificaciones

Las distancias (D) entre conductores desnudos de polaridades diferentes serán, como mínimo, las siguientes:

– En vanos hasta 4 metros 0,10 m
– En vanos de 4 a 6 metros 0,15 m
– En vanos de 6 a 30 metros 0,20 m
– En vanos de 30 a 50 metros 0,30 m

Para vanos mayores de 50 m se aplicará la fórmula $D = 0{,}55 \sqrt{F}$, en que (F) es la flecha máxima en metros.

En los apoyos en que se establezcan derivaciones, la distancia entre cada uno de los conductores derivados y los conductores de polaridad diferente de la línea de donde aquellos se deriven podrá disminuirse hasta un 50 por ciento de los valores indicados anteriormente, con un mínimo de 0,10 metros.

Los conductores colocados sobre apoyos sujetos a fachadas de edificios estarán distanciados de éstas 0,20 metros, como mínimo. Esta separación deberá aumentarse en función de los vanos, de forma que nunca pueda sobrepasarse la zona de protección señalada en el capítulo anterior, ni en el caso de los más fuertes vientos.

3.3. Empalmes y conexiones de conductores. Condiciones mecánicas y eléctricas de los mismos

Los empalmes y conexiones de conductores se realizarán utilizando piezas metálicas apropiadas, resistentes a la corrosión, y que aseguren un contacto eléctrico eficaz de modo que en ellos la elevación de temperatura no sea superior a la de los conductores.

Los empalmes deberán soportar sin rotura ni deslizamiento del conductor, el 90 por ciento de su carga de rotura. No es admisible realizar empalmes por soldadura o por torsión directa de los conductores.
En los empalmes y conexiones de conductores aislados, o de éstos con conductores desnudos, se utilizarán accesorios adecuados, resistentes a la acción de la intemperie y se colocarán de tal forma que eviten la penetración de la humedad en los conductores aislados.
Las derivaciones se conectarán en las proximidades de los soportes de línea, y no originarán tracción mecánica sobre la misma.
Con conductores de distinta naturaleza, se tomarán todas las precauciones necesarias para obviar los inconvenientes que se derivan de sus características especiales, evitando la corrosión electrolítica mediante piezas adecuadas.

3.4. Sección mínima del conductor neutro
Dependiendo del número de conductores con que se haga la distribución de la sección mínima del conductor neutro será:
a) Con dos o tres conductores, igual a la de los conductores de fase.
b) Con cuatro conductores, mitad de la sección de los conductores de fase, con un mínimo de 10 mm^2 para cobre y 16 mm^2 para aluminio.
En caso de utilizar conductor neutro de aleaciones de aluminio (por ejemplo AMELEC), la sección a considerar será la equivalente, teniendo en cuenta las conductividades de los diferentes materiales.

3.5. Identificación del conductor neutro
El conductor neutro deberá estar identificado por un sistema adecuado. En las líneas de conductores desnudos, se admite que no lleve identificación alguna cuando este conductor tenga distinta sección o cuando esté claramente diferenciado por su posición.

3.6. Continuidad del conductor neutro
El conductor neutro no podrá ser interrumpido en las redes de distribución, salvo que esta interrupción sea realizada con alguno de los dispositivos siguientes:
a) Interruptores o seccionadores omnipolares que actúen sobre el neutro y las fases al mismo tiempo (corte omnipolar simultáneo), o que conecten el neutro antes que las fases y desconecten éstas antes que el neutro.
b) Uniones amovibles en el neutro, próximas a los interruptores o seccionadores de los conductores de fase, debidamente señalizadas, y que sólo puedan ser maniobradas mediante herramientas adecuadas, no debiendo, en este caso, ser seccionado el neutro sin que lo estén previamente las fases, ni conectadas éstas sin haberlo sido previamente el neutro.

3.7. Puesta a tierra del neutro
El conductor neutro de las líneas aéreas de redes de distribución de las compañías eléctricas se conectará a tierra en

el centro de transformación o central generadora de alimentación, en forma prevista el Reglamento sobre Condiciones Teóricas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas Subestaciones y Centros de Transformación. Además, en los esquemas de distribución tipo TT y TN-C, el conductor neutro deberá estar puesto a tierra en otros puntos y, como mínimo, una vez cada 500 metros de longitud de línea. Para efectuar esta puesta a tierra se elegirán, con preferencia, los puntos de donde partan las derivaciones importantes.
Cuando, en los mencionados esquemas de distribución tipo, la puesta a tierra del neutro se efectúe en un apoyo de madera, los soportes metálicos de los aisladores correspondientes a los conductores de fase en este apoyo estarán unidos al conductor neutro.
En las redes de distribución privadas, con origen en centrales de generación propia para las que se prevea la puesta a tierra del neutro, se seguirá lo especificado anteriormente para las redes de distribución de las compañías eléctricas.

3.8. Instalación de apoyos
Los apoyos estarán consolidados por fundaciones adecuadas o bien directamente empotrados en el terreno, asegurando su estabilidad frente a las solicitaciones actuales y a la naturaleza del suelo. En su instalación deberán observarse:
1) Los postes de hormigón se colocarán en cimentaciones monolíticas de hormigón.
2) Los apoyos metálicos serán cimentados en macizos de hormigón o mediante otros procedimientos avalados por la técnica (pernos, etc). La cimentación deberá construirse de forma tal que facilite el deslizamiento del agua y cubra, cuando existan, las cabezas de los pernos.
3) Los postes de madera se colocarán directamente retacados en el suelo y no se empotrarán en macizos de hormigón. Se podrán fijar a bases metálicas o de hormigón por medio de elementos de unión apropiados que permitan su fácil sustitución, quedando el poste separado del suelo 0,15 m, como mínimo.

3.9. Condiciones generales para cruzamientos y paralelismos
Las líneas eléctricas aéreas deberán cumplir las condiciones señaladas en los apartados 3.9.1 y 3.9.2 de la presente Instrucción.

3.9.1 Cruzamientos
Las líneas deberán presentar, en lo que se refiere a los vanos de cruce con las vías e instalaciones que se señalan, las condiciones que para cada caso se indican.

3.9.1.1. Con líneas eléctricas aéreas de alta tensión
De acuerdo con lo dispuesto en el Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta tensión, la línea de baja tensión deberá cruzar por debajo de la línea de alta tensión.

La mínima distancia vertical “d” entre los conductores de ambas líneas, en las condiciones más desfavorables, no deberá ser inferior, en metros a:

$$d \geq 1{,}5 + \frac{U + L1 + L2}{100}$$

donde:
U = Tensión nominal, en kV, de la línea de alta tensión.
L1 = Longitud, en metros, entre el punto de cruce y el apoyo más próximo de la línea de alta tensión.
L2 = Longitud, en metros, entre punto de cruce y el apoyo más próximo de la línea de baja tensión.
Cuando la resultante de los esfuerzos del conductor en alguno de los apoyos de cruce de la baja tensión tenga componente vertical ascendente, se tomarán las debidas precauciones para que no se desprendan los conductores, aisladores o accesorios de sujección.
Podrán realizarse cruces sin que la línea de alta tensión reúna ninguna condición especial cuando la línea de baja tensión esté protegida en el cruce por un haz de cables de acero, situado entre los conductores de ambas líneas, con la suficiente resistencia mecánica para soportar la caída de los conductores de la línea de alta tensión, en el caso que estos se rompieran o desprendieran. Los cables de protección serán de acero galvanizado y estarán puestos a tierra.
En caso de que, por circunstancias singulares, sea necesario que la línea de baja tensión cruce por encima de la de alta tensión, será preciso recabar autorización expresa del Organismo competente de la Administración, debiendo tener presentes, para realizar estos cruzamientos, todas las precauciones y criterios expuestos en el citado Reglamento de Líneas Aéreas de Alta Tensión.

3.9.1.2. Con otras líneas aéreas de BT

Cuando alguna de las líneas sea de conductores desnudos, establecidas en apoyos diferentes, la distancia entre conductores más próximos de las dos líneas será superior a 0,50 metros, y si el cruzamiento se realiza en apoyo común esta distancia será la señalada en el punto 3.2.2 para apoyos en derivación. Cuando las dos líneas sean aisladas podrán estar en contacto.

3.9.1.3. Con líneas aéreas de telecomunicación

Las líneas de baja tensión, con conductores desnudos, deberán cruzar por encima de las de telecomunicación. Excepcionalmente podrán cruzar por debajo, debiendo adoptarse en este caso una de las soluciones siguientes:
– Colocación entre las líneas de un dispositivo de protección formado por un haz de cables de acero, situado entre los conductores de ambas líneas, con la suficiente resistencia mecánica para soportar la caída de los conductores de la línea de telecomunicación en el caso que se rompieran o desprendieran. Los cables de protección serán de acero galvanizado y estarán puestos a tierra.
– Empleo de conductores aislados para 0,6/1 kV en el vano de cruce para la línea de baja tensión.

– Empleo de conductores aislados para 0,6/1 kV en el vano de cruce para línea de telecomunicación.
Cuando el cruce se efectúe en distintos apoyos, la distancia mínima entre los conductores desnudos de las líneas de baja tensión y los de las líneas de telecomunicación será de 1 metro. Si el cruce se efectúa sobre apoyos comunes, dicha distancia podrá reducirse a 0,50 metros.

3.9.1.4. Con carreteras y ferrocarriles sin electrificar
Los conductores tendrán una carga de rotura no inferior a 420 daN, admitiéndose en el caso de acometidas con conductores aislados que se reduzca dicho valor hasta 280 daN.
La altura mínima del conductor más bajo, en las condiciones de flecha más desfavorables, será de 6 metros.
Los conductores no representarán ningún empalme en el vano de cruce, admitiéndose durante la explotación, y por causa de reparación de la avería, la existencia de un empalme por vano.

3.9.1.5. Con ferrocarriles electrificados, tranvías y trolebuses
La altura mínima de los conductores sobre los cables o hilos sustentadores o conductores de la línea de contacto será de 2 metros.
Además, en el caso de ferrocarriles, tranvías o trolebuses provistos de trole o de otros elementos de toma de corriente que puedan, accidentalmente, separarse de la línea de contacto, los conductores de la línea eléctrica deberán estar situados a una altura tal que, al desconectarse el elemento de toma de corriente, no alcance, en la posición más desfavorable que pueda adoptar, una separación inferior a 0,30 metros con los conductores de línea de baja tensión.

3.9.1.6. Con teleféricos y cables transportadores
Cuando la línea de baja tensión pase por encima, la distancia mínima entre los conductores y cualquier elemento de la instalación del teleférico será de 2 metros. Cuando la línea aérea de baja tensión pase por debajo, esta distancia no será inferior a 3 metros. Los apoyos adyacentes del teleférico correspondiente al cruce con la línea de baja tensión se pondrán a tierra.

3.9.1.7. Con ríos y canales navegables o flotantes
La altura mínima de los conductores sobre la superficie del agua para el máximo nivel que pueda alcanzar será de: H = G + 1 m, donde (G) es el gálibo.
En caso de que no exista gábilo definido, se considerará éste igual a 6 metros.

3.9.1.8. Con antenas receptoras de radio y televisión
Los conductores de las líneas de baja tensión, cuando sean desnudos, deberán presentar, como mínimo, una distancia igual a 1 metro con respecto a la antena en sí, a sus tirantes y a sus conductores de bajada, cuando éstos no estén fijados a las paredes de manera que eviten el posible contacto con la línea de baja tensión.

Queda prohibida la utilización de los apoyos de sustentación de líneas de baja tensión para la fijación sobre los mismos de las antenas de radio o televisión, así como de los tirantes de las mismas.

3.9.1.9. Con canalizaciones de agua y gas

La distancia mínima entre cables de energía eléctrica y canalizaciones de agua o gas será de 0,20 m. Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de las canalizaciones de agua o gas, o de empalmes de las canalizaciones eléctricas, situando unas y otros a una distancia superior a 1 m del cruce. Para líneas aéreas desnudas, la distancia mínima será 1 m.

3.9.2. Proximidades y paralelismos

3.9.2.1. Con líneas eléctricas aéreas de alta tensión

Se cumplirá lo dispuesto en el Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión, para evitar la construcción de líneas paralelas con las de alta tensión a distancias inferiores a 1,5 veces la altura del apoyo más alto entre las trazas de los conductores más próximos.

Se exceptúan de la prescripción anterior las líneas de acceso a centrales generadoras, estaciones transformadoras y centros de transformación. En estos casos se aplicará lo prescrito en los reglamentos aplicables a instalaciones de alta tensión. No obstante, en paralelismos con líneas de tensión igual o inferior a 66 kV no deberá existir una separación inferior a 2 metros entre los conductores contiguos de las líneas paralelas, y de 3 metros para tensiones superiores.

Las líneas eléctricas de baja tensión podrán ir en los mismos apoyos que las de alta tensión cuando se cumplan las condiciones siguientes:

– Los conductores de la línea de alta tensión tendrán una carga de rotura mínima de 480 daN, e irán colocados por encima de los de baja tensión.

– La distancia entre los conductores más próximos de las dos líneas será, por lo menos, igual a la separación de los conductores de la línea de alta tensión.

– En los apoyos comunes, deberá colocarse una indicación, situada entre las líneas de baja y alta tensión, que advierta al personal que ha de realizar trabajos en baja tensión de los peligros que supone la presencia de una línea de alta tensión en la parte superior.

– El aislamiento de la línea de baja tensión no será inferior al correspondiente de la puesta a tierra de la línea de alta tensión.

3.9.2.2. Con otras líneas de baja tensión o de telecomunicación

Cuando ambas líneas sean de conductores aislados, la distancia mínima será de 0,10 m.

Cuando cualquiera de las líneas sea de conductores desnudos, la distancia mínima será de 1 m. Si ambas líneas van sobre los mismos apoyos, la distancia mínima podrá reducirse a 0,50 m. El nivel de aislamiento de la línea

de telecomunicación será, al menos, igual al de la línea de baja tensión, de otra forma se considerará como línea de conductores desnudos.
Cuando el paralelismo sea entre líneas desnudas de baja tensión, las distancias mínimas son las establecidas en el apartado 3.2.2.

3.9.2.3. Con calles y carreteras
Las líneas aéreas con conductores desnudos podrán establecerse próximas a estas vías públicas, debiendo en su instalación mantener la distancia mínima de 6 m, cuando vuelen junto a las mismas en zonas o espacios de posible circulación rodada, y de 5 m en los demás casos. Cuando se trate de conductores aislados, esta distancia podrá reducirse a 4 metros cuando no vuelen junto a zonas o espacios de posible circulación rodada.

3.9.2.4. Con ferrocarriles electrificados, tranvías y trolebuses
La distancia horizontal de los conductores a la instalación de las líneas de contacto será de 1,5 m, como mínimo.

3.9.2.5. Con zonas de arbolado
Se utilizan preferentemente cables aislados en haz; cuando la línea sea de conductores desnudos deberán tomarse las medidas necesarias para que el árbol y sus ramas no lleguen a hacer contacto con dicha línea.

3.9.2.6. Con canalizaciones de agua
Las distancias mínimas entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de agua serán de 0,20 m. La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica o entre los cables desnudos y las juntas de las canalizaciones de agua será de 1 m.
Se deberá mantener una distancia mínima de 0,20 m en proyección horizontal, y se procurará que la canalización de agua quede por debajo del nivel del cable eléctrico.
Por otro lado, las arterias principales de agua se dispondrán de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos de baja tensión.

3.9.2.7. Con canalizaciones de gas
La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de gas será de 0,20 m, excepto para canalizaciones de gas de alta presión (más de 4 bar), en que la distancia será de 0,40 m. La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica o entre los cables desnudos y las juntas de las canalizaciones de gas será de 1 m.
Se procurará mantener una distancia mínima de 0,20 m en proyección horizontal.
Por otro lado, las arterias importantes de gas se dispondrán de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos de baja tensión.

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 21.030.

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-Sicilio (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
1·025 AL/54,6 Alm	110
1·050 AL/54,6 Alm	165
3·025 AL/54,6 Alm	100
3·050 Al/54,6 Alm	150
3·095 Al54,6 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 sobre fachada	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

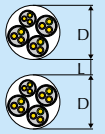
En zonas en las que la radiación solar es muy fuerte, se deberá tener en cuenta el calentamiento de la superficie de los cables con relación a la temperatura ambiente, por lo que en estos casos se aplica un factor de corrección 0,9 o inferior, tal como recomiendan las normas de la serie UNE 20.435.

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 21.144-2-2.

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



1/4 D < L < D

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 para temperaturas diferentes a 40 °C

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 las 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	7,6	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 20.435, o calcularse según la norma UNE 21.144.

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 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 tensión previstas y, en todo caso, esta sección no será inferior a 6 mm^2 para conductores de cobre y a 16 mm^2 para los de aluminio.

Dependiendo del número de conductores cuya distribución se haga, 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 del número de conductores.

Conductores de fase (mm^2)	Sección neutro (mm^2)	Conductores de fase (mm^2)	Sección neutro (mm^2)
6 (Cu)	6	70	35
10 (Cu)	10	95	50
16 (Cu)	10	120	70
16 (Al)	16	150	70
25	16	185	95
35	16	240	120
50	25	300	150
		400	185

2. EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES

2.1. Instalación de cables aislados

Las canalizaciones se dispondrán, en general, por terrenos de dominio público y en zonas perfectamente delimitadas, preferentemente bajo las aceras. El trazado será lo más rectilíneo posible y a poder ser paralelo a referencias fijas como líneas en fachada y bordillos. Asimismo, deberán tenerse en cuenta los radios de curvatura mínimos, fijados por los fabricantes (o en su defecto los indicados en las normas de la serie UNE 20.435), a respetar en los cambios de dirección.

En la etapa de proyecto se deberá consultar con las empresas de servicio público y con los posibles propietarios de servicios para conocer la posición de sus instalaciones en

la zona afectada. Una vez conocida, antes de proceder a la apertura de las zanjas se abrirán las calas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto en el proyecto. Los cables aislados podrán instalarse de cualquiera de las formas indicadas a continuación:

2.1.1. Directamente enterrados

La profundidad, hasta la parte inferior del cable, no será menor de 0,60 m en acera, ni de 0,80 m en calzada.

Cuando existan impedimentos que no permitan lograr las mencionadas profundidades, éstas podrán reducirse disponiendo protecciones mecánicas suficientes, tales como las establecidas en el apartado 2.1.2. Por el contrario, deberán aumentarse cuando las condiciones que se establecen en el apartado 2.2 de la presente instrucción así lo exijan.

Para conseguir que el cable quede correctamente instalado sin haber recibido daño alguno, y que ofrezca seguridad frente a excavaciones hechas por terceros. En la instalación de los cables se seguirán las instrucciones descritas a continuación:

– El lecho de la zanja qua va a recibir el cable será liso y estará libre de aristas vivas, cantos, piedras, etc. En el mismo se dispondrá una capa de arena de mina o de río lavada, de espesor mínimo 0,05 m sobre la que se colocará el cable. Por encima del cable irá otra capa de arena o tierra cribada de unos 0,10 m de espesor. Ambas capas cubrirán la anchura total de la zanja, la cual será suficiente para mantener 0,05 m entre los cables y las paredes laterales.

– Por encima de la arena, todos los cables deberán tener una protección mecánica como, por ejemplo, losetas de hormigón, placas protectoras de plástico, ladrillos o rasillas colocadas transversalmente. Podrá admitirse el empleo de otras protecciones mecánicas equivalentes. Se colocará también una cinta de señalización que advierta de la existencia del cable eléctrico de baja tensión. Su distancia mínima al suelo será de 0,10 m y la parte superior del cable de 0,25 m.

– Se admitirá también la colocación de placas con doble misión de protección mecánica y de señalización.

2.1.2 En canalizaciones entubadas

Serán conformes con las especificaciones del apartado 1.3.4 de la RBT 19. No se instalarán más de un circuito por tubo. Se evitarán en lo posible los cambios de dirección de los tubos. En los puntos donde se produzcan, y para facilitar las manipulaciones de los cables, se dispondrán arquetas con tapa, registrables o no. Para facilitar el tendido de los cables, en los tramos rectos se instalarán arquetas intermedias, registrables, ciegas o simplemente calas de tiro, como máximo cada 40 m. Esta distancia podrá variarse de forma razonable, en función de derivaciones, cruces u otros

condicionantes viarios. A la entrada de las arquetas, los tubos deberán quedar debidamente sellados en sus extremos para evitar la entrada de roedores.

2.1.3. En galerías

Se consideran los tipos de galería, la galería visitable, de dimensiones interiores suficientes para la circulación de personas, y la galería registrable o zanja prefabricada, en la que no está prevista la circulación de personas y donde las tapas de registro precisan medios mecánicos para su manipulación.

Las galerías serán de hormigón armado o de otros materiales de rigidez, estanqueidad y duración equivalentes. Se dimensionarán para soportar la carga de tierras y pavimentos situados por encima y las cargas del tráfico que correspondan.

2.1.3.1. Galerías visitables

Limitación de servicios existentes

Las galerías visitables se usarán preferentemente para instalaciones eléctricas de potencia, cables de control y telecomunicaciones. En ningún caso podrán coexistir en la misma galería instalaciones eléctricas e instalaciones de gas. Tampoco es recomendable que existan canalizaciones de agua aunque, en aquellos casos en que sea necesario, las canalizaciones de agua se situarán a un nivel inferior que el resto de las instalaciones, siendo condición indispensable que la galería tenga un desagüe situado por encima de la cota del alcantarillado o de la canalización de saneamiento en que evacua.

Condiciones generales

Las galerías visitables dispondrán de pasillos de circulación de 0,90 m de anchura mínima y 2 m de altura mínima, debiéndose justificar las excepciones. En los puntos singulares, entronques, pasos especiales, accesos de personal, etc., se estudiarán tanto el correcto paso de las canalizaciones como la seguridad de circulación de las personas.

Los accesos a la galería deben quedar cerrados de forma que se impida la entrada de personas ajenas al servicio, pero que permita la salida de las que estén en su interior. Deberán disponerse accesos en las zonas extremas de las galerías.

La ventilación de las galerías será suficiente para asegurar que el aire se renueve 6 veces por hora, para evitar acumulaciones de gas y condensaciones de humedad, y contribuir a que la temperatura máxima de la galería sea compatible con los servicios que contenga. Esta temperatura no sobrepasará los 40 °C.

Los suelos de las galerías serán antideslizantes y deberán tener la pendiente adecuada y un sistema de drenaje eficaz, que evite la formación de charcos.
Las empresas utilizadoras tomarán las disposiciones oportunas para evitar la presencia de roedores en las galerías.

Disposición e identificación de los cables
Es aconsejable disponer los cables de distintos servicios y de distintos propietarios sobre soportes diferentes y mantener entre ellos unas distancias que permitan su correcta instalación y mantenimiento. Dentro de un mismo servicio debe procurarse agrupados por tensiones (por ejemplo, en uno de los laterales se instalarán los cables de baja tensión, control, señalización, etc., reservando el otro para los cables de alta tensión).
Los cables se dispondrán de forma que su trazado sea recto y procurando conservar su posición relativa con los demás.
Las entradas y salidas de los cables en las galerías se harán de forma que no dificulten ni el mantenimiento de los cables existentes ni la instalación de nuevos cables.
Una vez instalados, todos los cables deberán quedar debidamente señalizados e identificados. En la identificación figurará, también, la empresa a la que pertenecen.

Sujeción de los cables
Los cables deberán estar fijados a las paredes o a estructuras de la galería mediante elementos de sujeción (regletas, ménsulas, bandejas, bridas, etc.) para evitar que los esfuerzos electrodinámicos que pueden presentarse durante la explotación de las redes de baja tensión, puedan moverlos o deformarlos.
Estos esfuerzos, en las condiciones más desfavorables previsibles, servirán para dimensionar la resistencia de los elementos de sujeción, así como su separación.
En el caso de cables unipolares agrupados en mazo, los mayores esfuerzos electrodinámicos aparecen entre fases de una misma línea, como fuerza de repulsión de una fase con respecto a las otras. En este caso pueden complementarse las sujeciones de los cables con otras que mantengan unido el mazo.

Equipotencialidad de masas metálicas accesibles
Todos los elementos metálicos para la sujeción de los cables (bandejas, soportes, bridas, etc.) u otros elementos metálicos accesibles a las personas que transitan por las galerías (pavimentos, barandillas, estructuras o tuberías metálicas, etc.) se conectarán eléctricamente al conductor de tierra de la galería.

Galerías de longitud superior a 400 m
Las galerías de longitud superior a 400 m, además de las disposiciones anteriores, dispondrán de:

a) iluminación fija interior;
b) instalaciones fijas de detección de gases tóxicos, con una sensibilidad mínima de 300 ppm;
c) indicadores luminosos que regulen el acceso en las entradas;
d) accesos de personas cada 400 m como máximo;
e) alumbrado de señalización interior para informar de las salidas y referencias exteriores;
f) tabiques de sectorización contra incendios (RF120) según NBE-CPI-96;
g) puertas cortafuegos (RF90) según NBE-GPI-96;

2.1.3.2. Galerías o zanjas registrables

En tales galerías se admite la instalación de cables eléctricos de alta tensión, de baja tensión y de alumbrado, control y comunicación. No se admite la existencia de canalizaciones de gas. Sólo se admite la existencia de canalizaciones de agua, si se puede asegurar que, en caso de fuga, el agua no afecte a los demás servicios (por ejemplo, en un diseño de doble cuerpo, en que en un cuerpo se dispone de una canalización de agua y tubos hormigonados para cables de comunicación y en el otro cuerpo estanco, respecto al anterior cuando tiene colocada la tapa registrable, se disponen los cables de baja tensión, de alta tensión, de alumbrado público, semáforos, control y comunicación).
Las condiciones de seguridad más destacables que debe cumplir este tipo de instalación son:
– estanqueidad de los cierres, y
– buena renovación de aire en el cuerpo ocupado por los cables eléctricos, para evitar acumulaciones de gas y condensación de humedades, y mejorar la disipación de calor.

2.1.4. En atarjeas o canales registrables

En ciertas ubicaciones con acceso restringido a personas adiestradas, como puede ser en el interior de industrias o de recintos destinados exclusivamente a contener instalaciones eléctricas, podrán utilizarse canales de obra con tapas (que normalmente enrasan con el nivel del suelo) manipulables a mano.
Es aconsejable separar los cables de distintas tensiones (aprovechando el fondo y las dos paredes). Incluso puede ser preferible utilizar canales distintos.
El canal debe permitir la renovación del aire. Sin embargo, si hay canalizaciones de gas cercanas al canal, existe el riesgo de explosión ocasionado por eventuales fugas de gas que lleguen al canal. En cualquier caso, el proyectista debe estudiar las características particulares del entorno y justificar la solución adoptada.

2.1.5. En bandejas, soportes, palomillas o directamente sujetos a la pared

Normalmente este tipo de instalación sólo se empleará en subestaciones u otras instalaciones eléctricas y en la parte interior de edificios, no sometida a la intemperie, y en donde el acceso quede restringido a personal autorizado. Cuando las zonas por las que discurra el cable sean accesibles a personas o vehículos, deberán disponerse protecciones mecánicas que dificulten su accesibilidad.

2.1.6. Circuitos con cable en paralelo

Cuando la intensidad a transportar sea superior a la admisible por un solo conductor se podrá instalar más de un conductor por fase, según los siguientes criterios:

– emplear conductores del mismo material, sección y longitud;

– los cables se agruparán en ternas dispuestas al tresbolillo, en uno o varios niveles;

– cables al tresbolillo RST, TSR, RST;

– cables en tres planos: un nivel RST, TSR, RST. Varios RST, TSR.

2.2. Condiciones generales para cruzamiento, proximidades y paralelismo

Los cables subterráneos, cuando estén enterrados directamente en el terreno, deberán cumplir, además de los requisitos reseñados en el presente punto, las condiciones que pudieran imponer otros Organismos competentes, como consecuencia de disposiciones legales cuando sus instalaciones fueran afectadas por tendidos de cables subterráneos de baja tensión.

Los requisitos señalados en este punto no serán de aplicación a cables dispuestos en galerías, en canales, en bandejas, en soportes, en palomillas o directamente sujetos a la pared. En estos casos, la disposición de los cables se hará a criterio de la empresa que los explote; sin embargo, para establecer las intensidades admisibles en dichos cables, se deberán aplicar los factores de corrección definidos en el apartado 3.

Para cruzar zonas en las que no sea posible o suponga graves inconvenientes y dificultades la apertura de zanjas (cruces de ferrocarriles, carreteras con gran densidad de circulación, etc.), pueden utilizarse máquinas perforadoras “topo” de tipo impacto, hincadora de tuberías o taladradora de barrena en estos casos se prescindirá del diseño de zanja descrito anteriormente puesto que se utiliza el proceso de perforación que se considere más adecuado. Su instalación precisa zonas amplias despejadas a ambos lados del obstáculo a atravesar para la ubicación de la maquinaria.

2.2.1. Cruzamiento

A continuación se fijan, para cada uno de los casos indicados, las condiciones a que deben responder los cruzamientos de cables subterráneos de baja tensión directamente enterrados.

Calles y carreteras

Los cables se colocarán en el interior de tubos protectores; conforme con lo establecido en la ITC-BT-21, recubiertos de hormigón en toda su longitud a una profundidad mínima de 0,80 m. Siempre que sea posible, el cruce se hará perpendicular al eje del vial.

Ferrocarriles

Los cables se colocarán en el interior de tubos protectores, conforme con lo establecido en la ITC-BT-21, recubiertos de hormigón y siempre que sea posible, perpendiculares a la vía, y a una profundidad mínima de 1,3 m respecto a la cara inferior de la traviesa. Dichos tubos rebasarán las vías férreas en 1,5 m por cada extremo.

Otros cables de energía eléctrica

Siempre que sea posible, se procurará que los cables de baja tensión discurran por encima de los de alta tensión.
La distancia mínima entre un cable de baja tensión y otros cables de energía eléctrica será: 0,25 m con cables de alta tensión y 0,10 m con cables de baja tensión. La distancia del punto de cruce a los empalmes será superior a 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada según lo prescrito en el apartado 2.1.2.

Cables de telecomunicación

La separación mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0,20 m. La distancia del punto de cruce a los empalmes, tanto del cable de energía como del cable de telecomunicación, será superior a 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada, según lo prescrito en el apartado 2.1.2.
Estas restricciones no se deben aplicar a los cables de fibra óptica con cubiertas dieléctricas. Todo tipo de protección en la cubierta del cable debe ser aislante.

Canalizaciones de agua y gas

Siempre que sea posible, los cables se instalarán por encima de las canalizaciones de agua.
La distancia mínima entre cables de energía eléctrica y cana-

lizaciones de agua o gas será de 0,20 m. Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de las canalizaciones de agua o gas, o de los empalmes de la canalización eléctrica, situando unas y otros a una distancia superior de 1 m del cruce. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada según lo prescrito en el apartado 2.1.2.

Conducciones de alcantarillado

Se procurará pasar los cables por encima de las conducciones de alcantarillado.

No se admitirá incidir en su interior. Se admitirá incidir en su pared (por ejemplo, instalando tubos), siempre que se asegure que ésta no ha quedado debilitada. Si no es posible, se pasará por debajo y los cables se dispondrán en canalizaciones entubadas, según lo prescrito en el apartado 2.1.2.

Depósitos de carburante

Los cables se dispondrán en canalizaciones entubadas, según lo prescrito en el apartado 2.1.2, y distarán, como mínimo, 0,20 m del depósito. Los extremos de los tubos rebasarán al depósito, como mínimo, 1,5 m por cada extremo.

2.2.2. Proximidades y paralelismos

Los cables subterráneos de baja tensión directamente enterrados deberán cumplir las condiciones y distancias de proximidad que se indican a continuación, procurando evitar que queden en el mismo plano vertical que las demás conducciones.

Otros cables de energía eléctrica

Los cables de baja tensión podrán instalarse paralelamente a otros de baja o alta tensión, manteniendo entre ellos una distancia mínima de 0,10 m con los cables de baja tensión y 0,25 m con los cables de alta tensión. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada según lo prescrito en el apartado 2.1.2.

En el caso de que un mismo propietario canalice a la vez varios cables de baja tensión, podrá instalarlos a menor distancia, incluso en contacto.

Cables de telecomunicación

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0,20 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se

dispondrá en canalización entubada, según lo prescrito en el apartado 2.1.2.

Canalizaciones de agua

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de agua será de 0,20 m. La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica y las juntas de las canalizaciones de agua será de 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada, según lo prescrito en el apartado 2.1.2.

Se procurará mantener una distancia mínima de 0,20 m en proyección horizontal, y que la canalización de agua quede por debajo del nivel del cable eléctrico.

Por otro lado, las arterias principales de agua se dispondrán de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos de baja tensión.

Canalizaciones de gas

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de gas será de 0,20 m, excepto para canalizaciones de gas de alta presión (más de 4 bar), en que la distancia será de 0,40 m. La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica y las juntas de las canalizaciones de gas será de 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada, según lo prescrito en el apartado 2.1.2.

Se procurará mantener una distancia mínima de 0,20 m en proyección horizontal. Por otro lado, las arterias importantes de gas se dispondrán de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos de baja tensión.

2.2.3. Acometidas (conexiones de servicio)

En el caso de que el cruzamiento o paralelismo entre eléctricos y canalizaciones de los servicios descritos anteriormente, se produzcan en el tramo de acometida a un edificio deberá mantenerse una distancia mínima de 0,20 m.

Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada, según lo prescrito en el apartado 2.1.2.

La canalización de la acometida eléctrica, en la entrada al edificio, deberá taponarse hasta conseguir una estanqueidad adecuada.

2.3. Puestas a tierra y continuidad del neutro

La puesta a tierra y continuidad del neutro se atendrá a lo establecido en los capítulos 3.6 y 3.7 de la ITC-BT-06.

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 20.435.

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 3.1.2.1; 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 correspondan, 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 °C, asignada al conductor.

Tipo de aislamiento seco	Temperatura máxima °C	
	Servicio permanente Qs	Cortocircuito t i 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

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 considerará la siguiente instalación tipo:

Un solo cable tri o tetrapolar o un terno de 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 de cobre, en instalación enterrada (servicio permanente)

Cables	Sección nominal de los conductores (mm^2)	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 mm^2	Terna de cables (1)			1 Cable tripolar			2 Cables unipolares			1 Cable tripolar		
												
	Tipo de aislamiento											
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
16	97	94	86	90	86	76	144	140	125	117	115	97
25	125	120	110	115	110	98	187	179	160	148	144	129
35	150	145	130	140	135	120	226	218	191	179	176	152
50	180	175	155	165	160	140	261	254	222	211	203	179
70	220	215	190	205	220	170	324	312	277	254	246	218
95	260	255	225	240	235	210	390	374	331	300	293	265
120	295	290	260	275	270	235	441	425	378	343	335	300
150	330	325	290	310	305	265	491	476	425	385	374	335
185	375	365	325	350	345	300	558	538	476	433	421	374
240	430	420	380	405	395	350	647	624	554	495	488	433
300	485	475	430	460	445	395	729	702	624	562	550	491
400	550	540	480	520	500	445	827	800	710	636	624	554
500	615	605	525	–	–	–	917	825	792	–	–	–
630	690	680	600	–	–	–	1053	1026	909	–	–	–

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.

Tabla 5. Intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con conductores de cobre e instalación enterrada (servicio permanente)

Sección nominal mm²	Terna de cables (1)			1 Cable tripolar			2 Cables unipolares			1 Cable tripolar		
												
	Tipo de aislamiento											
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
6	72	70	63	66	64	56	105	103	90	86	84	75
10	96	94	85	88	85	75	140	135	120	115	112	98
16	125	120	110	115	110	97	185	180	160	150	148	125
25	160	155	140	150	140	125	240	230	205	190	185	165
35	190	185	170	180	175	150	290	280	245	230	225	195
50	230	225	200	215	205	180	335	325	285	270	260	230
70	280	270	245	260	250	220	415	400	355	325	315	280
95	335	325	290	310	305	265	500	480	425	385	375	340
120	380	375	335	355	350	305	565	545	485	440	430	385
150	425	415	370	400	390	340	630	610	545	495	480	385
185	480	470	420	450	440	385	715	690	610	555	540	480
240	550	540	485	520	505	445	830	800	710	635	625	555
300	620	610	550	590	565	505	935	900	800	720	705	630
400	705	690	615	665	645	570	1060	1025	910	815	800	710
500	790	775	685	–	–	–	1175	1135	1015	–	–	–
630	885	870	770	–	–	–	1350	1315	1165	–	–	–

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.

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 aquéllas, de forma que el aumento de temperatura 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 exponen 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 θt distintas de 25 °C, en función de la temperatura máxima de servicio θs, de la tabla 2.

Tabla 6. Factor de corrección F, para temperatura del terreno distinto de 25 °C

Temperatura de servicio θs (°C)	Temperatura del terreno, θt, 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

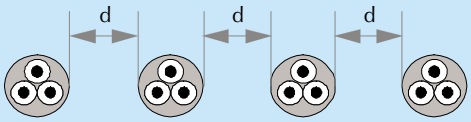
Tipo de cable	Resestividad térmica del terreno, en k. m/W										
	0,80	0,85	0,90	1	1,10	1,20	1,40	1,65	2,00	2,50	2,80
Unipolar	1,09	1,06	1,04	1	0,96	0,93	0,87	0,81	0,75	0,68	0,66
Tripolar	1,07	1,05	1,03	1	0,97	0,94	0,89	0,84	0,78	0,71	0,69

3.1.2.2.3. Cables tri 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

Factor de corrección								
Separación entre los cables o ternos	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	0,90	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.

3.1.3.1. Canalizaciones bajo tubos 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.

3.1.3.2. 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.

3.1.4. Condiciones de instalación al aire (en galerías, zanjas registrables, atarjeas o canales registables)

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 sólo cable tripolar o tetrapolar o un terno 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 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 conductores de aluminio en instalación al aire en galerías ventiladas (temperatura ambiente 40 °C)

Sección nominal mm²	Tres cables unipolares 			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 ambiente: 40 °C.
– Un cable trifásico al aire o un conjunto (terno) 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 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 ambiente: 40 °C.
– Un cable trifásico al aire o un conjunto (terno) 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, deberá corregirse teniendo en cuenta cada una de las magnitudes de la instalación real que difieran de aquéllas, de forma que el aumento de temperatura 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 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, θa, distintas de 40 °C, en función de la temperatura máxima de servicio θs en la tabla 2.

Tabla 13. Coeficiente de corrección F para temperatura ambiente distinta de 40 °C

Temperatura de servicio θs (°C)	Temperatura del terreno, θt, 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:

$$F = \frac{\theta s - \theta a}{\theta s - 40^{\circ}}$$

3.1.4.2.2. Cables instalados al aire en canales o galerías pequeñas

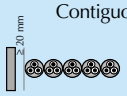
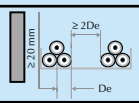
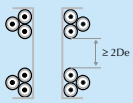
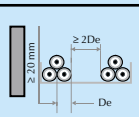
Se observa que en ciertas condiciones de instalaciones (en canalillos, galerías pequeñas, etc...), en los que no hay una eficaz renovación de aire, el calor disipado por los cables no puede difundirse libremente y provoca un aumento de la temperatura del aire.

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) para			A utilizar (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	0,80	
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:

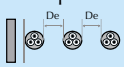
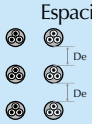
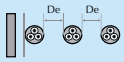
(1) Incluye además el conductor neutro, si existe.

(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	–

Notas:
(1) Incluye además el conductor neutro, si existe.
(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.

INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS. PRESCRIPCIONES GENERALES. ITC-BT-19

En esta instrucción existen unos apartados que quedan desarrollados en otros capítulos y, por tanto, el texto del reglamento lo incorporamos a dichos capítulos:
2.3. Conductores de protección en el capítulo F5 de este volumen.
2.6. Posibilidad de separación de la alimentación y 2.7. Posibilidad de conectar y desconectar en carga, en el capítulo H2 del segundo volumen.
2.8. Medidas de protección contra contactos directos o indirectos, en el capítulo G del segundo volumen.
2.9. Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica, en capítulo B de este volumen.
2.10. Bases de toma de corriente, en el capítulo L6-3 "Instalaciones eléctricas para viviendas" del quinto volumen, pág. 01. Ambito de aplicación.

1. CAMPO DE APLICACIÓN

Las prescripciones contenidas en esta Instrucción se entienden 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 20.460-3.

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.
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, 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 20.460-5-523 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.20.460-5-523.

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. Todos 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.

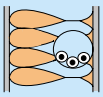
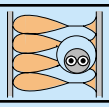
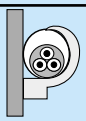
2.3. Conductores de protección

2.3. Conductores de protección en el capítulo F5 de este volumen

2.4. Subdivisión de las instalaciones

Las instalaciones se subdividirán de forma que las perturbaciones originadas por averías que puedan producirse en un punto de ellas, afecten solamente a ciertas

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 muro(3					3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
E		Cables multiconductores al aire libre(4 Distancia al muro no inferior a 0,3 De(5						3x PVC		2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR	
F		Cables unipolares en contacto mutuo(4 Distancia al muro no inferior a 0,3 De(5							3x PVC			3x XLPE o EPR(1	
G		Cables unipolares separados un mínimo de De(5									3x PVC(1		3x XLPE o EPR

	mm²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Cobre	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-canales y conductos de sección no circular.
3) = en bandeja no perforada
4) O en bandeja perforada.
5) D es el diámetro del cable.

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 sólo 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
2.7. Posibilidad de conectar y desconectar en carga
2.6. Posibilidad de separación de la alimentación y
2.7. Posibilidad de conectar y desconectar en carga, en el capítulo H2 del segundo volumen

2.8. Medidas de protección contra contacto directos o indirectos
2.8. Medidas de protección contra contactos directos o indirectos, en el capítulo G del segundo volumen

2.9. Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica
2.9. Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica, en capítulo B de este volumen

2.10. Bases de toma de corriente
2.10. Bases de toma de corriente, en el capítulo L6-3 "Instalaciones eléctricas para viviendas" del quinto volumen; pág. 01. Ambito de aplicación

INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS. SISTEMAS DE INSTALACIÓN. ITC-BT-20

1. GENERALIDADES

Los sistemas de instalación que se describen en esta Instrucción Técnica deberán tener en consideración los principios fundamentales de la norma UNE 20.460-5-52.

2. SISTEMAS DE INSTALACIÓN

La selección del tipo de canalización en cada instalación particular se realizará escogiendo, en función de las influencias externas, el que se considere más adecuado de entre los descritos para conductores y cables en la norma UNE 20.460-5-52.

2.1. Prescripciones generales

Circuitos de potencia

Varios circuitos pueden encontrarse en el mismo tubo o en el mismo compartimento de canal si todos los conductores están aislados para la tensión asignada más elevada.

Separación de circuitos

No deben instalarse circuitos de potencia y circuitos de muy baja tensión de seguridad (MBTS o MBTP) en las mismas canalizaciones, a menos que cada cable esté aislado para la tensión más alta presente o se aplique una de las disposiciones siguientes:
– que cada conductor de un cable de varios conductores esté aislado para la tensión más alta presente en el cable;
– que los cables estén aislados para su tensión e instalados en un compartimento separado de un conducto o de una canal, si la separación garantiza el nivel de aislamiento requerido para la tensión más elevada.

2.1.1. Disposiciones

En caso de proximidad de canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, se dispondrán de forma que entre las superficies exteriores de ambas se mantenga una distancia mínima de 3 cm. En caso de proximidad con conductos de calefacción, de aire caliente, vapor o humo, las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que no puedan alcanzar una temperatura peligrosa y, por consiguiente, se mantendrán separadas por una distancia conveniente o por medio de pantallas calorífugas.
Las canalizaciones eléctricas no se situarán por debajo de otras canalizaciones que puedan dar lugar a condensaciones, tales como las destinadas a conducción de vapor, de agua, de gas, etc., a menos que se tomen las disposiciones necesarias para proteger las canalizaciones eléctricas contra los efectos de estas condensaciones.
Las canalizaciones eléctricas y las no eléctricas sólo podrán ir dentro de un mismo canal o hueco de la construcción, cuando se cumplan simultáneamente las siguientes condiciones:
a) La protección contra contactos indirectos estará asegurada por alguno de los sistemas señalados en la Instrucción ITC-BT-24, considerando a las conducciones no eléctricas, cuando sean metálicas, como elementos conductores.
b) Las canalizaciones eléctricas estarán convenientemente protegidas contra los posibles peligros que pueda presentar su proximidad a canalizaciones y, especialmente, se tendrá en cuenta:
– La elevación de la temperatura, debida a la proximidad con una conducción de fluido caliente.
– La condensación.

– La inundación por avería de una conducción de líquidos; en este caso se tomarán todas las disposiciones convenientes para asegurar su evacuación.
– La corrosión por avería en una conducción que contenga un fluido corrosivo.
– La explosión por avería en una conducción que contenga un líquido inflamable.
– La intervención por mantenimiento o avería en una de las canalizaciones puede realizarse sin dañar al resto.

2.1.2. Accesibilidad
Las canalizaciones deberán estar dispuestas de forma que faciliten su maniobra, inspección y acceso a sus conexiones. Estas posibilidades no deben ser limitadas por el montaje el montaje de equipos en las envolventes o en los compartimientos.

2.1.3. Identificación
Las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que, mediante la conveniente identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, transformaciones, etc. Por otra parte, el conductor neutro o compensador, cuando exista, estará claramente diferenciado de los demás conductores.
Las canalizaciones pueden considerarse suficientemente diferenciadas unas de otras, bien por la naturaleza o por el tipo de los conductores que la componen, o bien por sus dimensiones o por su trazado. Cuando la identificación pueda resultar difícil, debe establecerse un plano de la instalación que permita, en todo momento, esta identificación mediante etiquetas o señales de aviso indelebles y legibles.

2.2. Condiciones particulares
Los sistemas de instalación de las canalizaciones en función de los tipos de conductores o cables deben estar de acuerdo con la tabla 1, siempre y cuando las influencias externas estén de acuerdo con las prescripciones de las normas de canalizaciones correspondientes. Los sistemas de instalación de las canalizaciones, en función de la situación deben estar de acuerdo con la tabla 2.

2.2.1. Cables aislados bajo tubos protectores
Este tipo de canalización podrá colocarse directamente sobre paredes o techos en montaje superficial, o bien empotrada en los mismos.
Los cables utilizados serán de tensión nominal no inferior a 450/750 V y los tubos cumplirán lo establecido en la ITC-BT-21.

2.2.2. Cables aislados fijados directamente sobre paredes
Estas instalaciones se establecerán con cables de tensiones nominales no inferiores a 0,6/1 kV, provistos de aislamiento y cubierta (se incluyen cables armados o con aislamiento mineral). Estas instalaciones se realizarán de acuerdo a la norma UNE 20.460-5-52.

Tabla 1. Elección de las canalizaciones

Conductores y cables		Sistemas de instalación							
		Sin fijación	Fijación directa	Tubos	Canales (incluidas canales de zócalo y de suelo)	Conductos de sección no circular	Bandejas de escalera Bandejas soportes	Sobre aisladores	Cables con fiador
Conductores desnudos			–	–	–	–	–	–	+
Conductores aislados		–	–	+	*	+	–	*	–
Cables con cubierta (incluidos cables armados y con aislamiento mineral)	Multipolares	+	+	+	+	+	+	0	+
	Unipolares	0	+	+	+	+	+	0	+

+ : Admitido.
– : No admitido.
0 : No aplicable o no utilizado en la práctica.
* : Se admiten conductores aislados si la tapa sólo puede abrirse con un útil o con una acción manual importante y la canal es IP 4X 0 IP XXD.

Tabla 2. Situación de las canalizaciones

Situaciones		Sistemas de instalación							
		Sin fijación	Fijación directa	Tubos	Canales (incluidas cluidas canales les de zócalo y de suelo)	Conductos de sección no circular	Bandejas de escalera Bandejas soportes	Sobre aisladores	Cables con fiador
Huecos de la construcción	Accesibles	+	+	+	+	+	+	–	0
	No accesibles	+	0	+	0	+	0	–	–
Canal de obra		+	+	+	+	+	+	–	–
Enterrados		+	0	+	–	+	0	–	–
Empotrados en la estructura		+	+	+	+	+	0	–	–
En montaje superficial		–	+	+	+	+	+	+	–
Aéreo		–	–	(*)	+	–	+	+	+

+ : Admitido.
– : No admitido.
0 : No aplicable o no utilizado en la práctica.
* : No se utiliza en la práctica salvo en instalaciones cortas y destinadas a la alimentación de máquinas o elementos de movilidad restringida.

Para la ejecución de las canalizaciones se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones:
– Se fijarán sobre las paredes por medio de bridas, abrazaderas o collares de forma que no perjudiquen las cubiertas de los mismos.
– Con el fin de que los cables no sean susceptibles de doblarse por efecto de su propio peso, los puntos de fijación de los mismos estarán suficientemente próximos. La distancia entre dos puntos de fijación sucesivos, no excederá de 0,4 metros.
– Cuando los cables deban disponer de protección mecánica por el lugar y condiciones de instalación en que se efectúe la misma, se utilizarán cables armados. En caso

de no utilizar estos cables, se establecerá una protección mecánica complementaria sobre los mismos.
– Se evitará curvar los cables con un radio demasiado pequeño y, salvo prescripción en contra fijada en la norma UNE correspondiente al cable utilizado, este radio no será inferior a 10 veces el diámetro exterior del cable.
– Los cruces de los cables con canalizaciones no eléctricas se podrán efectuar por la parte anterior o posterior a éstas, dejando una distancia mínima de 3 cm entre la superficie exterior de la canalización no eléctrica y la cubierta de los cables cuando el cruce se efectúe por la parte anterior de aquélla.
– Los puntos de fijación de los cables estarán suficientemente próximos para evitar que esta distancia pueda quedar disminuida. Cuando el cruce de los cables requiera su empotramiento para respetar la separación mínima de 3 cm, se seguirá lo dispuesto en el apartado 2.2.1 de la presente instrucción. Cuando el cruce se realice bajo molduras, se seguirá lo dispuesto en el apartado 2.2.8 de la presente instrucción.
– Los extremos de los cables serán estancos cuando las características de los locales o emplazamientos así lo exijan, utilizándose a este fin cajas u otros dispositivos adecuados. La estanqueidad podrá quedar asegurada con la ayuda de prensaestopas.
– Los cables con aislamiento mineral, cuando lleven cubiertas metálicas, no deberán utilizarse en locales que puedan presentar riesgo de corrosión para las cubiertas metálicas de estos cables, salvo que esta cubierta esté protegida adecuadamente contra la corrosión.
– Los empalmes y conexiones se harán por medio de cajas o dispositivos equivalentes provistos de tapas desmontables que aseguren a la vez la continuidad de la protección mecánica establecida, el aislamiento de la inaccesibilidad de las conexiones y permitiendo su verificación en caso necesario.

2.2.3. Cables aislados enterrados
Las condiciones para estas canalizaciones se establecerán de acuerdo con lo señalado en las Instrucciones ITC-BT-07 e ITC-BT-21.

2.2.4. Cables aislados directamente, empotrados en estructuras
Para estas canalizaciones son necesarios cables aislados con cubierta (incluidos cables armados o con aislamiento mineral). La temperatura mínima y máxima de instalación y servicio será de –5 °C y 90 °C respectivamente (por ejemplo, con polietileno reticulado o etileno-propileno).

2.2.5. Cables aéreos
Los cables aéreos no cubiertos en 2.2.2 cumplirán lo establecido en la ITC-BT-06.

2.2.6. Cables aislados en el interior de huecos de la construcción

Estas canalizaciones están constituidas por cables colocados en el interior de huecos de la construcción, según UNE 20.460-5-52. Los cables utilizados serán de tensión nominal no inferior a 450/750 V.

Los cables o tubos podrán instalarse directamente en los huecos de la construcción con la condición de que sean no propagadores de la llama.

Los huecos en la construcción, admisibles para estas canalizaciones, podrán estar dispuestos en muros, paredes, vigas, forjados o techos, adoptando la forma de conductos continuos, o bien estarán comprendidos entre dos superficies paralelas como en el caso de falsos techos o muros con cámaras de aire. En el caso de conductos continuos, éstos no podrán destinarse simultáneamente a otro fin (ventilación, etc.).

La sección de los huecos será, como mínimo, igual a cuatro veces la ocupada por los cables o tubos, y su dimensión más pequeña no será inferior a dos veces el diámetro exterior de mayor sección de éstos, con un mínimo de 20 milímetros.

Las paredes que separen un hueco que contenga canalizaciones eléctricas de los locales inmediatos tendrán suficiente solidez para proteger éstas contra acciones previsibles.

Se evitarán, dentro de lo posible, las asperezas en el interior de los huecos y los cambios de dirección de los mismos en un número elevado o de pequeño radio de curvatura.

La canalización podrá ser reconocida y conservada sin que sea necesaria la destrucción parcial de las paredes, techos, etc., o sus guarnecidos y decoraciones. Los empalmes y derivaciones de los cables serán accesibles, disponiéndose para ellos las cajas de derivación adecuadas.

Normalmente, como los cables solamente podrán fijarse en puntos bastantes alejados entre sí, puede considerarse que el esfuerzo resultante de un recorrido vertical libre, no superior a 3 metros, quede dentro de los límites admisibles. Se tendrá en cuenta al disponer de puntos de fijación que no debe quedar comprometida ésta, cuando se suelten los bornes de conexión especialmente en recorridos verticales y se trate de bornes que están en su parte superior.

Se evitará que puedan producirse infiltraciones, fugas o condensaciones de agua que puedan penetrar en el interior del hueco, prestando especial atención a la impermeabilidad de sus muros exteriores, así como a la proximidad de tuberías de conducción de líquidos, penetración de agua al efectuar la limpieza de suelos, posibilidad de acumulación de aquélla en partes bajas del hueco, etc.

Cuando no se tomen las medidas para evitar los riesgos anteriores, las canalizaciones cumplirán las prescripciones establecidas para las instalaciones en locales húmedos e incluso mojados que pudieran afectarles.

2.2.7. Cables aislados bajo canales protectoras

La canal protectora es un material de instalación constituido por un perfil de paredes perforadas o no, destinado a alojar

conductores o cables y cerrado por una tapa desmontable. Las canales deberán satisfacer lo establecido en la ITC-BT-21 En las canales protectoras de grado de protección a IP 4X o clasificadas como "canales con tapa de acceso que puede abrirse sin herramientas", según la norma UNE-EN 50.085-1, solo podrá utilizarse cable aislado bajo cubierta estanca, de tensión asignada mínima 300/500 V.

2.2.8. Cables aislados bajo molduras

Estas canalizaciones están constituidas por cables alojados en ranuras bajo molduras. Podrán utilizarse únicamente en locales o emplazamientos clasificados como secos, temporalmente húmedos o polvorientos.

Los cables serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

Las molduras podrán ser reemplazadas por guarniciones de puertas, astrágalos o rodapiés ranurados, siempre que cumplan las condiciones impuestas para las primeras.

Las molduras cumplirán las siguientes condiciones:

– Las ranuras tendrán unas dimensiones tales que permitan instalar sin dificultad por ellas a los conductores o cables. En principio, no se colocará más de un conductor por ranura, admitiéndose, no obstante, colocar varios conductores siempre que pertenezcan al mismo circuito y la ranura presente dimensiones adecuadas para ello.

– La anchura de las ranuras destinadas a recibir cables rígidos de sección igual o inferior a 6 mm^2 serán, como mínimo, de 6 mm.

Para la instalación de las molduras se tendrá en cuenta:

– Las molduras no presentarán discontinuidad alguna en toda la longitud donde contribuyen a la protección mecánica de los conductores. En los cambios de dirección, los ángulos de las ranuras serán obtusos.

– Las canalizaciones podrán colocarse al nivel del techo o inmediatamente encima de los rodapiés. En ausencia de éstos, la parte inferior de la moldura estará, como mínimo, a 10 cm por encima del suelo.

– En caso de utilizarse rodapiés ranurados, el conductor aislado más bajo estará, como mínimo, a 1,5 cm por encima del suelo.

– Cuando no puedan evitarse cruces de estas canalizaciones con las destinadas a otro uso (agua, gas, etc.), se utilizará una moldura especialmente concebida para estos cruces o, preferentemente, un tubo rígido empotrado que sobresaldrá por una y otra parte del cruce. La separación entre dos canalizaciones que se crucen será, como mínimo, de 1 cm en el caso de utilizar molduras especiales para el cruce y 3 cm, en el caso de utilizar tubos rígidos empotrados.

– Las conexiones y derivaciones de los conductores se hará mediante dispositivos de conexión con tornillo o sistemas equivalentes.

– Las molduras no estarán totalmente empotradas en la pared ni recubiertas por papeles, tapicerías o cualquier otro material, debiendo quedar su cubierta siempre al aire.

– Antes de colocar las molduras de madera sobre una pared, debe asegurarse que la pared está suficientemente seca; en caso contrario, las molduras se separarán de la pared por medio de un producto hidrófugo.

2.2.9. Cables aislados en bandejas o soporte de bandejas
Sólo se utilizarán cables aislados con cubierta (incluidos cables armados o con aislamiento mineral), unipolares o multipolares, según norma UNE 20.460-5-52.

2.2.10. Canalizaciones eléctricas prefabricadas
Deberán tener un grado de protección adecuado a las características del local por el que discurren.
Las canalizaciones prefabricadas para iluminación deberán ser conformes con las especificaciones de las normas de las serie UNE EN 60.570.
Las características de las canalizaciones de uso general deberán ser conformes con las especificaciones de la norma UNE EN 60.439-2.

3. PASO A TRAVÉS DE ELEMENTOS DE LA CONSTRUCCIÓN

El paso de las canalizaciones a través de elementos de la construcción, tales como muros, tabiques y techos, se realizará de acuerdo con las siguientes prescripciones:
– En toda la longitud de los pasos de canalizaciones no se dispondrán empalmes o derivaciones de cables.
– Las canalizaciones estarán suficientemente protegidas contra los deterioros mecánicos, las acciones químicas y los efectos de la humedad. Esta protección se exigirá de forma continua en toda la longitud del paso.
– Si se utilizan tubos no obturados para atravesar un elemento constructivo que separe dos locales de humedades marcadamente diferentes, se dispondrán de modo que se impida la entrada y acumulación de agua en el local menos húmedo, curvándolos convenientemente en su extremo hacia el local más húmedo. Cuando los pasos desemboquen al exterior, se instalará en el extremo del tubo una pipa de porcelana o vidrio, o de otro material aislante adecuado, dispuesta de modo que el paso exterior-interior de los conductores se efectúe en sentido ascendente.
– En el caso que las canalizaciones sean de naturaleza distinta a uno y otro lado del paso, éste se efectuará por la canalización utilizada en el local cuyas prescripciones de instalación sean más severas.
– Para la protección mecánica de los cables en la longitud del paso, se dispondrán éstos en el interior de tubos normales cuando aquella longitud no exceda de 20 cm y si excede, se dispondrán tubos conformes a la tabla 3 de la Instrucción ITC-BT-21. Los extremos de los tubos metálicos sin aislamiento interior estarán provistos de boquillas aislantes de bordes redondeados o de dispositivos equivalentes, o bien los bordes de los tubos estarán convenientemente redondeados, siendo suficiente para los tubos metálicos con aislamiento interior que este último sobresalga ligeramente del mismo. También podrán emplearse para proteger los conductores los tubos de vidrio o porcelanas, o de otro material aislante adecuado de suficiente resistencia mecánica. No necesitan protección suplementaria los cables provistos de una armadura metálica ni los cables con aislamiento mineral, siempre y cuando su cubierta no sea atacada por materiales de los elementos a atravesar.

– Si el elemento constructivo que debe atravesarse separa dos locales con las mismas características de humedad, pueden practicarse aberturas en el mismo que permitan el paso de los conductores respetando en cada caso las separaciones indicadas para el tipo de canalizaciones de que se trate.
– Los pasos con cables aislados bajo molduras no excederán de 20 cm; en los demás casos el paso se efectuará por medio de tubos.
– En los pasos de techos por medio de tubo, éste estará obturado mediante cierre estanco y su extremidad superior saldrá por encima del suelo con una altura al menos igual a la de los rodapiés, si existen, o a 10 centímetros en otro caso.
Cuando el paso se efectúe por otro sistema, se obturará igualmente mediante material incombustible, de clase y resistencia al fuego, como mínimo, igual a la de los materiales de los elementos que atraviesa.

1. TUBOS PROTECTORES

INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS. TUBOS Y CANALES PROTECTORAS. ITC-BT-21

1.1. Generalidades

Los tubos protectores pueden ser:
– Tubo y accesorios metálicos.
– Tubo y accesorios no metálicos.
– Tubo y accesorios compuestos (constituidos por materiales metálicos y no metálicos).
Los tubos se clasifican según lo dispuesto en las normas siguientes:
UNE EN 50.086-2-1: Sistemas de tubos rígidos
UNE EN 50.086-2-2: Sistemas de tubos curvables
UNE EN 50.086-2-3: Sistemas de tubos flexibles
UNE EN 50.086-2-4: Sistemas de tubos enterrados.
Las características de protección de la unión entre el tubo y sus accesorios no deben ser inferiores a los declarados para el sistema de tubos.
La superficie interior de los tubos no deberá presentar en ningún punto aristas, asperezas o fisuras susceptibles de dañar los conductores o cables aislados o de causar heridas a instaladores o usuarios.
Las dimensiones de los tubos no enterrados y con unión roscada, utilizados en las instalaciones eléctricas son las que se prescriben en la UNE EN 60.423. Para los tubos enterrados, las dimensiones se corresponden con las indicadas en la norma UNE EN 50.086-2-4. Para el resto de los tubos, las dimensiones serán las establecidas en la norma correspondiente de las citadas anteriormente. La denominación se realizará en función del diámetro exterior.

El diámetro interior mínimo deberá ser declarado por el fabricante.
En lo relativo a la resistencia a los efectos del fuego, considerados en la norma particular para cada tipo de tubo, se seguirá lo establecido por la aplicación de la Directiva de Productos de la Construcción (89/106/CEE).

1.2. Características mínimas de los tubos, en función del tipo de instalación

1.2.1. Tubos en canalizaciones fijasen superficie

En las canalizaciones superficiales, los tubos deberán ser preferentemente rígidos y en los casos especiales podrán usarse tubos curvables. Sus características mínimas serán las indicadas en la tabla 1.

Tabla 1. Características mínimas para tubos en canalizaciones superficiales ordinarias fijas

Características	Código	Grado
Resistencia a la compresión	4	Fuerte
Resistencia al impacto	3	Media
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	–5 °C
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+60 °C
Resistencia al curvado	1 - 2	Rígido/curvable
Propiedades dieléctricas	1 - 2	Continuidad eléctrica/ aislante
Resistencia a la penetración de cuerpos sólidos	4	Contra objetos D > 1 mm
Resistencia a la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15°
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

El cumplimiento de estas características se realizarán según los ensayos indicados en las normas UNE-EN 50.086-2-1, para tubos rígidos y UNE-EN 50.086-2-2, para tubos curvables.
Los tubos deberán tener un diámetro tal, que permitan un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. En la tabla 2 figuran los diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

Tabla 2. Diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de conductores o cables a conducir

Sección nominal de los conductores unipolares (mm²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	16
2,5	12	12	16	16	20
4	12	16	20	20	20
6	12	16	20	20	35
10	16	20	25	32	32
16	16	25	32	32	32
25	20	32	32	40	40
35	25	32	40	40	50
50	25	40	50	50	50
70	32	40	50	63	63
95	32	50	63	63	75
120	40	50	63	75	75
150	40	63	75	75	–
185	50	63	75	–	–
240	50	75	–	–	

Para más de 5 conductores por tubo o para conductores aislados o cables de secciones diferentes, a instalar en el mismo tubo, su sección interior será, como mínimo, igual a 2,5 veces la sección ocupada por los conductores.

1.2.2. Tubos en canalizaciones empotradas

En las canalizaciones empotradas, los tubos protectores podrán ser rígidos, curvables o flexibles y sus características mínimas se describen en la tabla 3 para tubos empotrados en obras de fábrica (paredes, techos y falsos techos), huecos de la construcción o canales protectoras de obra, y en la tabla 4 para tubos empotrados embebidos en hormigón.
La canalizaciones ordinarias precableadas destinadas a ser empotradas en ranuras realizadas en obra de fábrica (paredes, techos y falsos techos) serán flexibles o curvables y sus características mínimas para instalaciones ordinarias serán las indicadas en la tabla 4.

Tabla 3. Características mínimas para tubos en canalizaciones empotradas ordinarias en obra de fábrica (paredes, techos y falsos techos), huecos de la construcción y canales protectoras de obra

Características	Código	Grado
Resistencia a la compresión	2	Ligera
Resistencia al impacto	2	Ligera
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	–5 °C
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+60 °C
Resistencia al curvado	1 - 2 3 - 4	Cualquiera de las especificadas

Características	Código	Grado
Propiedades dieléctricas	0	No declaradas
Resistencia a la penetración de cuerpos sólidos	4	Contra objetos D > 1 mm
Resistencia a la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15°
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

Tabla 4. Características mínimas para tubos en canalizaciones empotradas ordinarias embebidas en hormigón y para canalizaciones precableadas

Características	Código	Grado
Resistencia a la compresión	3	Media
Resistencia al impacto	3	Media
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	–5 °C
Temperatura máxima de instalación y servicio	2	+90 °C[1]
Resistencia al curvado	1 - 2 3 - 4	Cualquiera de las especificadas
Propiedades dieléctricas	0	No declaradas
Resistencia a la penetración de cuerpos sólidos	5	Protegido contra el polvo
Resistencia a la penetración del agua	3	Protección contra el agua en forma de lluvia
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia ala propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

[1] Para canalizaciones precableadas ordinarias empotradas en obra de fábrica (paredes, techos y falsos techos), se acepta una temperatura máxima de instalación y servicio código 1; +60 °C.

El cumplimiento de las características indicadas en las tablas 3 y 4 se realizará según los ensayos indicados en las normas UNE-EN 50.086-2-1, para tubos rígidos 50.086-2-2, para tubos curvables y UNE-EN 50.086-2-3, para tubos flexibles. Los tubos deberán tener un diámetro tal que permitan un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. En la tabla 5 figuran los diámetros exteriores mínimos de los tubos, en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

Tabla 5. Diámetro exterior mínimo de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir

Sección nominal de los conductores unipolares (mm²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	16
1,5	12	12	16	16	20
2,5	12	16	20	20	20
4	12	16	20	20	25
6	12	16	25	25	25
10	16	25	25	32	32
16	20	25	32	32	40
25	25	32	40	40	50
35	25	40	40	50	50
50	32	40	50	50	63
70	32	50	63	63	63
95	40	50	63	75	75
120	40	63	75	75	–
150	50	63	75	–	–
185	50	75	–	–	–
240	63	75	–	–	–

Para más de 5 conductores por tubo o para conductores o cables de secciones diferentes a instalar en el mismo tubo, su sección interior será, como mínimo, igual a 3 veces la sección ocupada por los conductores.

1.2.3. Canalizaciones aéreas o con tubos al aire

En las canalizaciones al aire, destinadas a la alimentación de máquinas o elementos de movilidad restringida, los tubos serán flexibles y sus características mínimas para instalaciones ordinarias serán las indicadas en la tabla 6.
Se recomienda no utilizar este tipo de instalación para secciones nominales de conductores superiores a 16 mm².

Tabla 6. Características mínimas para canalizaciones de tubos al aire o aéreas

Características	Código	Grado
Resistencia a la compresión	4	Fuerte
Resistencia al impacto	3	Media
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	–5 °C
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+60 °C
Resistencia al curvado	4	Flexible
Propiedades eléctricas	1 - 2	Continuidad/aislado
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos D > 1 mm
Resistencia a la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15°

Características	Código	Grado
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior mediana, exterior elevada
Resistencia a la tracción	2	Ligera
Resistencia a la propagaciónde la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	2	Ligera

El cumplimiento de estas características se realizará según los ensayos indicados en la norma UNE-EN 50.086-2-3. Los tubos deberán tener un diámetro tal que permitan un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. En la tabla 7 figuran los diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

Tabla 7. Diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir

Sección nominal de los conductores unipolares (mm^2)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	16
1,5	12	12	16	16	20
2,5	12	16	20	20	20
4	12	16	20	20	25
6	12	16	25	25	25
10	16	25	25	32	32
16	20	25	32	32	40

Para más de 5 conductores por tubo o para conductores o cables de secciones diferentes a instalar en el mismo tubo, su sección interior será, como mínimo igual a 4 veces la sección ocupada por los conductores.

1.2.4. Tubos en canalizaciones enterradas

En las canalizaciones enterradas, los tubos protectores serán conformes a lo establecido en la norma UNE-EN 50.086-2-4 y sus características mínimas serán para las instalaciones ordinarias las indicadas en la tabla 8.

Tabla 8. Características mínimas para tubos en canalizaciones enterradas

Características	Código	Grado
Resistencia a la compresión	NA	250 N /450 N /750 N
Resistencia al impacto	NA	Ligero/Normal/Normal
Temperatura mínima de instalación y servicio	NA	NA
Temperatura máxima de instalación y servicio	NA	NA
Resistencia al curvado	1-2 3-4	Cualquiera de las especificadas
Propiedades eléctricas	0	No declaradas
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Protegido contra objetos D ≥ 1 mm

Características	Código	Grado
Resistencia a la penetración del agua	3	Protección contra el agua en forma de lluvia
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	0	No declarada
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

Notas:
NA : No aplicable
(*) Para tubos embebidos en hormigón aplica 250 N y grado ligero; para tubos en el suelo ligero aplica 450 N y grado normal; para tubos en el suelo pesados aplica 750 N y grado Normal.

Se considera suelo ligero aquel suelo uniforme que no sea del tipo pedregoso y con cargas superiores ligeras como, por ejemplo, aceras, parques y jardines. Suelo pesado es aquel del tipo pedregoso y duro y con cargas superiores pesadas como, por ejemplo, calzadas y vías férreas.
El cumplimiento de estas características se realiza según los ensayos indicados en la norma UNE-EN 50.086-2-4.
Los tubos deberán tener un diámetro tal que permitan un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. En la tabla 9 figuran los diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

Tabla 9. Diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir

Sección nominal de los conductores unipolares (mm^2)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	⩽ 6	7	8	9	10
1,5	25	32	32	32	32
2,5	32	32	40	40	40
4	40	40	40	40	50
6	50	50	50	63	63
10	63	63	63	75	75
16	63	75	75	75	90
25	90	90	90	110	110
35	90	110	110	110	125
50	110	110	125	125	140
70	125	125	140	160	160
95	140	140	160	160	180
120	160	160	180	180	200
150	180	180	200	200	225
185	180	200	225	225	250
240	225	225	250	250	–

Para más de 10 conductores por tubo o para conductores o cables de secciones diferentes a instalar en el mismo tubo,

su sección interior será, como mínimo, igual a 4 veces la sección ocupada por los conductores.

2. INSTALACIÓN Y COLOCACIÓN DE LOS TUBOS

La instalación y puesta en obra de los tubos de protección deberá cumplir lo indicado a continuación y, en su defecto, lo prescrito en la norma UNE 20.460-5-523 y en las ITC-BT-19 e ITC-BT-20.

2.1. Prescripciones generales

Para la ejecución de las canalizaciones bajo tubos protectores, se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes:

– El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se efectúa la instalación.

– Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.

– Los tubos aislantes rígidos curvables en caliente podrán ser ensamblados entre sí en caliente, recubriendo el empalme con una cola especial cuando se precise una unión estanca.

– Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles. Los radios mínimos de curvatura para cada clase de tubo serán los especificados por el fabricante conforme a UNE-EN 50.086-2-2.

– Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocarlos, y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 metros. El número de curvas en ángulo situadas entre dos registros consecutivos no será superior a 3. Los conductores se alojarán normalmente en los tubos después de colocados éstos.

– Los registros podrán estar destinados únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación.

– Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas del material aislante y no propagador de la llama. Si son metálicas, estarán protegidas contra la corrosión. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será al menos igual al diámetro del tubo mayor más un 50% del mismo, como mínimo de 40 mm. Su diámetro, o lado interior mínimo, será de 60 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas o racores adecuados.

– En ningún caso se permitirá la unión de conductores como empalmes o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá

realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión; puede permitirse asimismo la utilización de bridas de conexión. El retorcimiento o arrollamiento de conductores no se refiere a aquellos casos en los que se utilice cualquier dispositivo conector que asegure una correcta unión entre los conductores, aunque se produzca un retorcimiento parcial de los mismos y con la posibilidad de que puedan desmontarse fácilmente. Los bornes de conexión para uso doméstico o análogo serán conformes a lo establecido en la correspondiente parte de la norma UNE-EN 60.998.

– Durante la instalación de los conductores para que su aislamiento no pueda ser dañado por su roce con los bornes libres de los tubos, los extremos de éstos, cuando sean metálicos y penetren en una caja de conexión o aparato, estarán provistos de boquillas con bordes redondeados o dispositivos equivalentes, o bien los bordes estarán convenientemente redondeados.

– En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrán en cuenta las posibilidades de que se produzcan condensaciones de agua en su interior, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación, previendo la evacuación y estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado, como puede ser, por ejemplo, el uso de una "T" en la que uno de los brazos no se emplea.

– Los tubos metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra. Su continuidad eléctrica deberá quedar convenientemente asegurada. En caso de utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 metros.

– No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.

– Para la colocación de los conductores, se seguirá lo señalado en la ITC-BT-20.

– A fin de evitar los efectos del calor emitido por fuentes externas (distribuciones de agua caliente, aparatos y luminarias, procesos de fabricación, absorción del calor del medio circundante, etc.) las canalizaciones se protegerán utilizando los siguientes métodos eficaces:

• Pantallas de protección calorífuga.
• Alejamiento suficiente de las fuentes de calor.
• Elección de la canalización adecuada que soporte los efectos nocivos que se puedan producir.
• Modificación del material aislante a emplear.

2.2. Montaje fijo en superficie

Cuando los tubos se coloquen en montaje superficial, se tendrán en cuenta además las siguientes prescripciones:

– Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. La distancia entre éstas será, como máximo, de 0,50 metros. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.

– Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan, curvándose o usando los accesorios necesarios.
– En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo respecto a la línea que une los puntos extremos no serán superiores al 2 por 100.
– Es conveniente disponer los tubos, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2,50 metros sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.
– En los cruces de tubos rígidos con juntas de dilatación de un edificio, deberán interrumpirse los tubos, quedando los extremos del mismo separados entre sí 5 centímetros, aproximadamente, y empalmándose posteriormente mediante manguitos deslizantes que tengan una longitud mínima de 20 centímetros.

2.3. Montaje fijo empotrado

Cuando los tubos se coloquen empotrados, se tendrán en cuenta las recomendaciones de la tabla 8 y las siguientes prescripciones:
– En la instalación de los tubos en el interior de los elementos de la construcción, las rozas no pondrán en peligro la seguridad de las paredes o techos en que se practiquen. Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 centímetro de espesor, como mínimo. En los ángulos, el espesor de esta capa puede reducirse a 0,5 centímetros.
– No se instalarán entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación eléctrica de las plantas inferiores.
– Para la instalación correspondiente a la propia planta, únicamente podrán instalarse, entre forjado y revestimiento, tubos que deberán quedar recubiertos por una capa de hormigón o mortero de 1 centímetro de espesor, como mínimo, además del revestimiento.
– En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o "T" apropiados, pero en este último caso sólo se admitirán los provistos de tapas de registro.

Elementos constructivos	Colocación del tubo antes de terminar la construcción y revestimiento (*)	Preparación de la roza o alojamiento durante la construcción	Ejecución de la roza después de la construcción y revestimiento	Observaciones
Muros de:				
ladrillo macizo	Sí	X	Si	
ladrillo hueco, siendo el n.º de huecos en sentido transversal:				
– uno	Sí	X	Sí	Unicamente en rozas verticales y en las horizontales situadas a una distancia del borde superior del muro inferior a 50 cm. La roza, en profundidad, sólo interesará a un tabiquillo de hueco de ladrillo.
– dos o tres	Sí	X	Sí	La roza, en profundidad, sólo interesará a un tabiquillo de hueco por ladrillo. No se colocarán los tubos en diagonal.
– más de tres	Sí	X	Sí	
bloques macizos de hormigón	Sí	X	X	
bloques huecos de hormigón	Sí	X	No	
hormigón en masa	Sí	Sí	X	
hormigón armado	Sí	Sí	X	
Forjados:				
placas de hormigón	Sí	Sí	No	
forjados con nervios	Sí	Sí	No	
forjados con nervios y elementos de relleno	Sí	Sí	No (**)	
forjados con viguetas y bovedillas	Sí	Sí	No (**)	(**) Es admisible practicar un orificio en la cara inferior del forjado para introducir los tubos en el hueco longitudinal del mismo.
forjados con viguetas y tableros y revoltón	Sí	Sí	No (**)	
de rasilla	Sí	Sí	No	

X: Difícilmente aplicable en la práctica.
(*): Tubos blindados únicamente.

– Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra. Los registros y cajas quedarán enrasados con la superficie exterior del revestimiento de la pared o techo cuando no se instalen en el interior de un alojamiento cerrado y practicable.
– En el caso de utilizarse tubos empotrados en paredes, es conveniente disponer de recorridos horizontales a 50 centímetros, como máximo, de suelo o techos y los verticales a una distancia de los ángulos de esquinas no superior a 20 centímetros.

2.4. Montaje al aire

Solamente está permitido su uso para la alimentación de máquinas o elementos de movilidad restringida desde

canalizaciones prefabricadas y cajas de derivación fijadas al techo. Se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones: la longitud total de la conducción en el aire no será superior a 4 metros y no empezará a una altura inferior a 2 metros. Se presentará especial atención para que las características de la instalación, establecidas en la tabla 6, se conserven en todo el sistema especialmente en las conexiones.

3. CANALES PROTECTORAS

3.1. Generalidades

La canal protectora es un material de instalación constituido por un perfil de paredes perforadas o no perforadas, destinado a alojar conductores o cables y cerrado por una tapa desmontable, según se indica en la ITC-BT-01 "Terminología".

Las canales serán conformes a lo dispuesto en las normas de la serie UNE-EN 50.085 y se clasificarán según lo establecido en la misma.

Las características de protección deben mantenerse en todo el sistema. Para garantizar éstas, la instalación debe realizarse siguiendo las instrucciones del fabricante.

En las canales protectoras de grado IP 4X o superior y clasificadas como "canales con tapa de acceso que sólo puede abrirse con herramientas" según la norma UNE-EN 50.085-1, se podrá:

a) Utilizar cable aislado sin cubierta, de tensión asignada 450/750 V.

b) Colocar mecanismos tales como interruptores, tomas de corriente, dispositivos de mando y control, etc., en su interior, siempre que se fijen de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

c) Realizar empalmes de conductores en su interior y conexiones a los mecanismos.

En las canales protectoras de grado de protección inferior a IP 4X o, clasificadas como "canales con tapa de acceso que puede abrirse sin herramientas", según la norma UNE-EN 50.085-1, sólo podrá utilizarse cable aislado bajo cubierta estanca, de tensión asignada mínima 300/500 V.

3.2. Características de las canales

En las canalizaciones para instalaciones superficiales ordinarias, las características mínimas de las canales serán las indicadas en la tabla 11.

El cumplimiento de estas características se realizará según los ensayos indicados en las normas UNE-EN 50.085.

El número máximo de conductores que pueden ser alojados en el interior de una canal será el compatible con un tendido fácilmente realizable y considerando la incorporación de accesorios en la misma canal.

Salvo otras prescripciones en instrucciones particulares, las canales protectoras para aplicaciones no ordinarias deberán tener unas características mínimas de resistencia al impacto, de temperatura mínima y máxima de instalación y servicio, de resistencia a la penetración de objetos sólidos y de resistencia a la penetración de agua, adecuadas a las condiciones del emplazamiento al que se destina; asimismo

las canales serán no propagadoras de la llama. Dichas características serán conformes a las normas de la serie UNE-EN 50.085.

Tabla 11. Características mínimas para canalizaciones superficiales ordinarias

Característica	Grado	
Dimensión del lado mayor de la sección transversal	⩽ 16 mm	> 16 mm
Resistencia al impacto	Muy ligera	Media
Temperatura mínima de instalación y servicio	+ 15 °C	–5 °C
Temperatura máxima de instalación y servicio	+ 60 °C	+ 60 °C
Propiedades eléctricas	Aislante	Continuidad eléctrica/aislante
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	No inferior a 2
Resistencia a la penetración de agua	No declarada	
Resistencia a la propagación de la llama	No propagador	

4. INSTALACIÓN Y COLOCACIÓN DE LAS CANALES

4.1. Prescripciones generales

– La instalación y puesta en obra de las canales protectoras deberá cumplir lo indicado en la norma UNE 20.460-5-52 y en las Instrucciones ITC-BT-19 e ITC-BT-20.
– El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan al local donde se efectúa la instalación.
– Las canales con conductividad eléctrica deben conectarse a la red de tierra, su continuidad eléctrica quedará convenientemente asegurada.
– No se podrán utilizar las canales como conductores de protección o de neutro, salvo lo dispuesto en la instrucción ITC-BT-18 para canalizaciones prefabricadas.
– La tapa de las canales quedará siempre accesible.

4. INSTALACIÓN Y COLOCACIÓN DE LAS CANALES

4.1. Prescripciones generales

– La instalación y puesta en obra de las canales protectoras deberá cumplir lo indicado en la norma UNE 20.460-5-52 y en las Instrucciones ITC-BT-19 e ITC-BT-20.

– El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan al local donde se efectúa la instalación.

– Las canales con conductividad eléctrica deben conectarse a la red de tierra, su continuidad eléctrica quedará convenientemente asegurada.

– No se podrán utilizar las canales como conductores de protección o de neutro, salvo lo dispuesto en la instrucción ITC-BT-18 para canalizaciones prefabricadas.

– La tapa de las canales quedará siempre accesible.

© **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 1
Primera edición: octubre 2003

Impreso en España - Printed in Spain

Depósito legal: B. 43.403-2003

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.: 36 euros



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

600009 K03