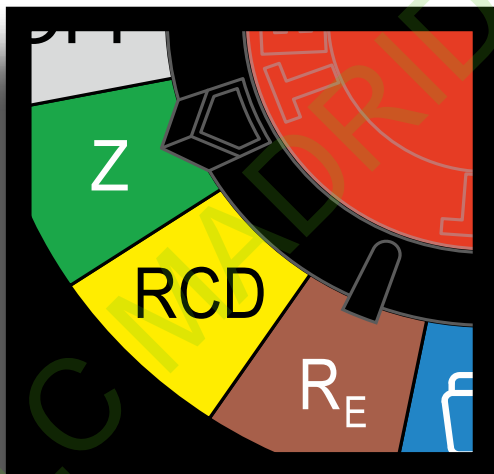


Manual Técnico del Electricista

Medidas eléctricas reglamentarias - MEGGER MFT X1



MER



C/ Toledo, 176
28005-MADRID
Telf.: 913 660 063
www.plcmadrid.es

AUTOMATIZACIÓN AVANZADA Y FORMACIÓN

El Portal del instalador Electricista

Todo un mundo de servicios para el profesional de la electricidad



SGI Servicio
y gestión al
instalador



Trámites



Multiseguros



Tienda online



Formación



Librería
electrotécnica



www.plcmadrid.es/conoce-nuestros-servicios

© P.L.C. Madrid®

C/ Toledo 176

28005-Madrid

Tel.: 913 660 063

www.plcmadrid.es

plcmadrid@plcmadrid.es

JOSÉ MORENO GIL.

ALEJANDRO PINDADO RUIZ.

CARLOS FERNÁNDEZ GARCÍA.

RUBEN MONTEERRUBIO CESPEDES.

© Reservados todos los derechos de la obra

No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de P.L.C. MADRID®.

1ª Edición, Noviembre 2024

Edita P.L.C. MADRID®

Depósito Legal M-23550-2024

I.S.B.N. 978-84-129093-1-9

INDICE DE CONTENIDOS

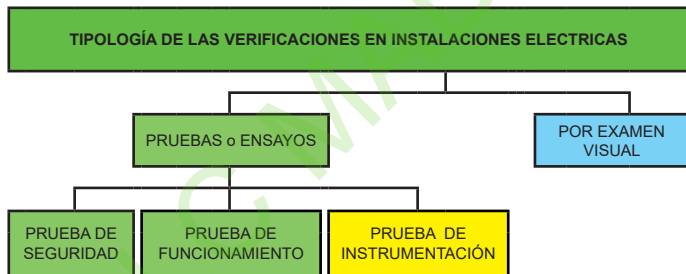
Presentación.....	2
Medida de la continuidad de los conductores de protección y equipotencialidad.....	3
Medida del aislamiento de los conductores.....	9
Medida de resistencia de aislamiento entre conductores de fases	12
Medida de resistencia de aislamiento entre fases y neutro.....	14
Medida de resistencia de aislamiento entre conductores de fase y el conductor de protección.....	16
Medida de resistencia de aislamiento entre el conductor neutro y el conductor de protección.....	18
Medida de puesta a tierra.....	20
El método clásico, mediante dos electrodos auxiliares o del 62% ó medida de la caída de tensión	21
Con dos electrodos auxiliares y pinza. (sin desconectar la tierra).....	26
Con 2 pinzas (sin electrodos)	28
Método Simplificado o de dos polos (con toma de tierra auxiliar)	30
Medida de la resistencia total de tierra (Impedancia de defecto de bucle) "Método especial"	32
Método de medida con pinza DET24C (Resistencia total).....	34
Medida de las impedancias de línea, de bucle de defecto, caída de tensión y la posible corriente de cortocircuito	36
Prueba de impedancia de línea con 2 cables y corriente elevada (L- N) o (L- L) (2 Cables HR)	40
Prueba de impedancia de bucle de defecto con 3 cables (3 cables)	44
Prueba de impedancia de bucle de defecto con 2 cables y corriente elevada (2 cables HR)	46
Prueba de impedancia de bucle de defecto con 2 cables (2 Cables).....	48
Medida de diferenciales.....	52
Prueba de tiempos de disparo.....	60
Prueba de corriente de disparo en rampa	63
Medida de secuencia de fases	65
Medida de corriente de fuga.....	68
Medida de aislamiento de suelo y paredes	72
Medios técnicos necesarios para ser empresa instaladora.....	76

PRESENTACIÓN

La obligación de las verificaciones nace de la necesidad de comprobar que la instalación cumple con las exigencias normativas, por seguridad de estas y de sus usuarios. Las normas exigidas pueden variar en función del país, pero en esencia las pruebas realizadas con instrumentación son muy parecidas y especialmente en todos los estados miembros de la UE. En España son de aplicación la norma UNE- HD 60.364-6 y el REBT.

Se debe entender por verificación de una instalación eléctrica, el conjunto de operaciones necesarias mediante las cuales se asegura el cumplimiento de todas las prescripciones normativas.

Las verificaciones podemos dividirlas de acuerdo con el siguiente cuadro resumen:



En este manual técnico se aborda exclusivamente la verificación con instrumentación, es decir; las que requieren de instrumentación específica para su realización, lo que habitualmente se entiende por realizar las medidas eléctricas.

Hemos tratado de hacer un manual eminentemente práctico, dirigido tanto a profesionales como estudiantes de electricidad de cualquier nivel educativo, tratando de dar respuesta a las preguntas habituales:

¿Qué se debe medir?, ¿Por qué se debe medir?, ¿Quién debe realizar la medida?, ¿Cuándo se debe realizar? y ¿Cómo debe realizarse?

1

MEDIDA DE LA CONTINUIDAD DE LOS CONDUCTORES DE PROTECCIÓN Y EQUIPOTENCIALIDAD

¿Por qué se debe hacer?

Se realiza para garantizar la seguridad y protección de las personas frente a contactos indirectos, y el correcto funcionamiento de las protecciones eléctricas. **PERMITE VERIFICAR LA CONTINUIDAD** eléctrica de los conductores y la unión entre los puntos de conexión (embarrado de tierra, punto de puesta a tierra, conductores equipotenciales principales y secundarios)

¿Quién debe hacerla?

Deberá ser realizada siempre por la empresa instaladora en baja tensión.

¿Cuándo se debe hacer?

Antes de la puesta en servicio de cualquier instalación, ya sea nueva, ampliación o reforma, con independencia de los planes de mantenimiento que pudiera requerir la instalación.

¿Cómo se realiza la medida?

Será necesario un ohmímetro, capaz de aplicar una tensión continua o alterna con valores entre 4 y 24 V y que inyecte una corriente de, al menos, 200 mA con cambio de polaridad, es decir se hacen las dos medidas (directa e inversa), esto evita errores en instalaciones viejas o conexiones oxidadas. Dado que un polímetro convencional no cumple las condiciones requeridas, lo más frecuente es utilizar el equipo multifunción que cumple estas especificaciones.



¡INSTALACIÓN
SIN TENSIÓN!

La realización de esta prueba es muy sencilla, debe hacerse **SIN TENSIÓN**. En este caso, utilizaremos el equipo multifunción MFT X1 de Megger y se realizará siguiendo este procedimiento:

1.- Las fuentes de tensión desconectadas. Si se tratara por ejemplo de una vivienda o local, el interruptor general automático (IGA) al igual que el resto de circuitos estarán desconectados, con el fin de evitar posibles retornos de otros circuitos.

2.- Se señalizará el corte y si fuese posible se bloquearán las protecciones para que no puedan activarse de forma accidental.

3.- Comprobar la ausencia de tensión en los circuitos a verificar. para ello puede utilizarse el MFT X1.

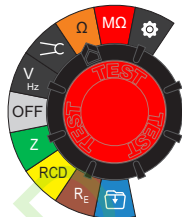


4.-Con la ayuda del **equipo multifunción** se procederá a realizar la correspondiente medición, para ello existen distintas posibilidades:

- a) **punteando el conductor de protección con el conductor de fase o el neutro en el cuadro general**, situando el selector en la posición naranja Ω y midiendo directamente con el equipo multifunción en todos los puntos de carga, es decir, en todas las tomas de corriente y puntos de luz.
- b) **Uniendo el conductor de protección de los puntos de carga** (tomas de corriente y puntos de luz) al conductor de fase o neutro indistintamente. En este caso se realizan las mediciones en el cuadro general de protección, situando el selector en la posición naranja (Ω) y midiendo directamente en las protecciones correspondientes, es decir, en la parte inferior de cada uno de los magnetotérmicos del cuadro general de mando y protección.
- c) **Utilizando un cable auxiliar** que llegue desde el cuadro general de mando y protección (CGMP) a los distintos puntos donde se precise verificar.

En todos los casos deberá descontarse la resistencia de las puntas de prueba y, si se desea conocer el valor de la resistencia del conductor de protección, el resultado de pantalla se deberá dividir entre dos. En el caso c), además se descontará también la resistencia del cable auxiliar empleado. Esta operación se realiza con el equipo multifunción.

Para ello uniremos cada uno de los extremos del cable auxiliar a las bornas roja y verde, colocando selector en la posición naranja (Ω) y pulsando el botón de TEST el valor quedará automáticamente compensado, apareciendo la pantalla en su parte inferior el icono de compensación y el valor de estos, no siendo necesario descontarlo del valor obtenido.



La medición de la continuidad de los conductores se realizará de forma directa, colocando las bornas entre los conductores de protección del cuadro y entre los distintos puntos del conductor de protección donde se precise verificar, tales como tomas de corriente, puntos de luz, etc.

Los valores de referencia suelen ser de unos pocos de ohmios, mientras que la falta de continuidad da valores de resistencia elevados (del orden de M Ω).

1. Medida de la continuidad de los conductores de protección y equipotencialidad



www.plcmadrid.es/mer/continuidad



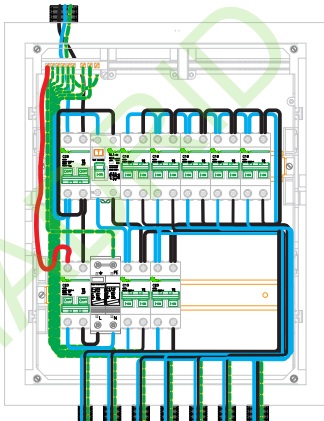
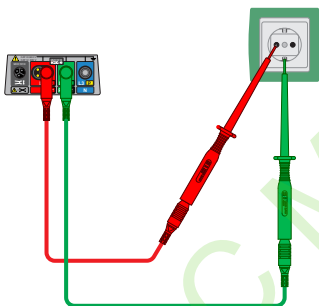
El objeto de esta medida es comprobar que no existe fallo de continuidad entre los conductores de protección y equipotencialidad, con el fin de evitar posibles deficiencias que pudieran ocasionar tensiones de contacto peligrosas, para ello deberán comprobarse los conductores de protección y equipotencialidad, con relación a la puesta a tierra.

a) Punteando el conductor de protección con el conductor de fase o el neutro en el cuadro general o el neutro en el cuadro general

Conexionado

Configuración de los terminales del equipo de medida y conexión en el punto de prueba

Unión de fase o neutro con el conductor de protección en el cuadro general de mando y protección



Configuración del equipo y lectura de la medida

Botón de selector de corriente (10 o 200 mA)

Botón para activar/desactivar el sonido



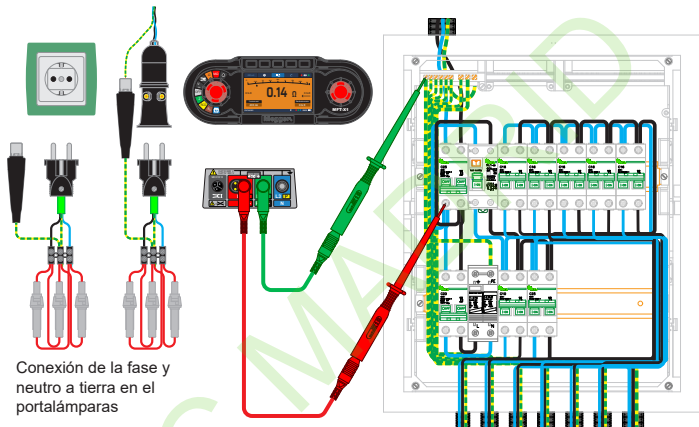
Intensidad de la corriente con la que se efectúa la medida, 200 mA

Valor de la medida. Debe ser de muy bajo valor óhmico

b) Uniendo el conductor de protección de los puntos de carga Conexionado

Conexión de la fase y neutro a tierra en las tomas de corriente

Disposición de los terminales del equipo de medida y conexión en el punto de prueba en el cuadro general de mando y protección



Configuración del equipo y lectura de la medida

Conmuta la prueba de corriente
direccional a bidireccional



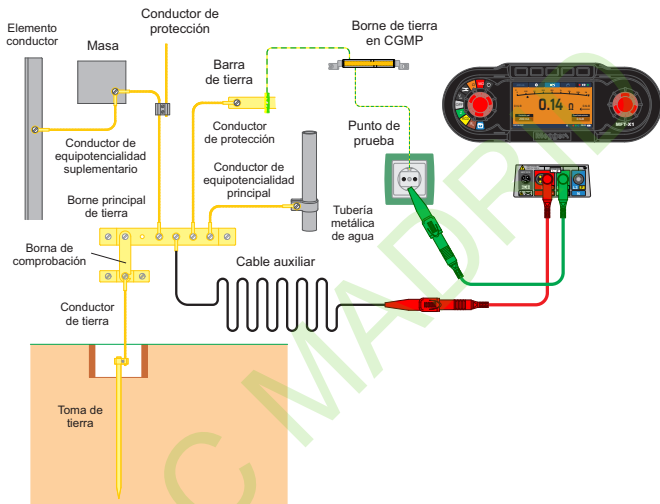
Barra gráfica de la
lectura

Indicación de los
conductores a emplear

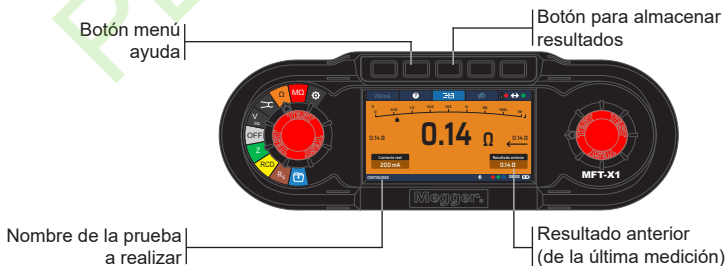
c) Utilizando un cable auxiliar

Conexionado

Disposición de los terminales del equipo de medida y conexión en el punto de seccionamiento de la tierra del conductor auxiliar y la localización del punto de prueba.



Configuración del equipo y lectura de la medida



2

MEDIDA DEL AISLAMIENTO DE LOS CONDUCTORES

¿Por qué se debe hacer?

Se realiza para comprobar la integridad de los conductores y sus aislantes, para evitar posibles arcos eléctricos, derivaciones, cortocircuitos o contactos indirectos por fallo de aislamiento.

¿Quién debe hacerla?

Deberá ser realizada siempre por la empresa instaladora en baja tensión.

¿Cuándo se debe hacer?

Antes de la puesta en servicio de cualquier instalación, ya sea nueva, modificación, ampliación o reforma.

¿Cómo se realiza la medida?

Se debe realizar EN AUSENCIA DE TENSIÓN, y para su realización será necesario un medidor de aislamiento o megóhmetro. Estos equipos proporcionan valores de hasta 1000 V y corrientes de bajo valor, del orden de 1 ó 2 mA.

La realización de esta prueba, como se ha mencionado anteriormente, debe hacerse **SIN TENSIÓN**, es decir, las fuentes de tensión desconectadas (el IGA desconectado), los interruptores en posición de cerrados y los receptores o cargas desconectadas.



¡INSTALACIÓN
SIN TENSIÓN!

Atención se debe comprobar que no existen equipos o receptores conectados y, en caso de existir, los interruptores de accionamiento de estos equipos deben estar abiertos (en posición de fuera de servicio "OFF"). También, deberá comprobarse la no conexión de protectores contra sobretensiones que podrían falsear las medidas.

En el caso de que en la instalación existan circuitos con dispositivos electrónicos, en dichos circuitos los conductores de fase y neutro estarán unidos entre sí (puenteados) durante las medidas.

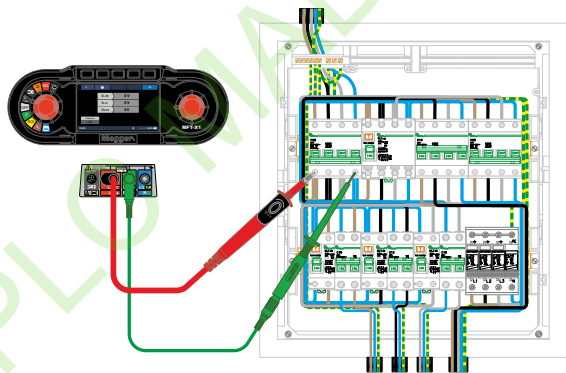
Para su realización se seguirá el siguiente procedimiento:

1.- El interruptor general (IGA) estará desconectado (OFF), el resto de circuitos a verificar estarán en posición de activados (ON), los interruptores correspondientes a los “circuitos” en posición de cerrados y las cargas desconectadas.

2.- Si se trabaja en más de un cuadro, se señalará el corte y se bloquearán las protecciones para que no puedan activarse de forma accidental o en su defecto personal cualificado vigilará e impedirá el accionamiento de las protecciones mientras se realizan las medidas en otras estancias o cuadros secundarios.



3.- Comprobar la ausencia de tensión en los circuitos a verificar para ello puede utilizarse el propio equipo.



4.- Gire el selector izquierdo a la posición de medida de aislamiento ($M\Omega$) y pulse la tecla de acceso directo 5 para seleccionar la tensión deseada para la prueba, en este caso tomaremos el valor de 500 V. Seguidamente conectaremos los cables de prueba al equipo como indica la barra inferior de información de la pantalla (**L1** o **C**) y (**L2** o **X**).



Para iniciar la prueba sólo será preciso mantener presionado cualquier botón de TEST o el pulsador de la sonda de prueba, para terminar, soltar el botón de prueba. Se debe esperar a que el circuito sometido a tensión se descargue de forma automática, manteniendo los bornes en los puntos donde se realizó la medida.

Según IEC 61010 las medidas de aislamiento deben contar con un arranque temporizado para evitar su inicio inmediato, en el MFT X1 la medida se activa pasado un segundo o tres en el caso de emplear 1000 V. Para la medida de 1000 V, la pantalla parpadea durante el periodo de retardo de tres segundos apareciendo una barra de progreso. Cuando se activa la tensión de medida o el circuito sometido a medida no está completamente descargado, aparece un triángulo de advertencia a la izquierda de la pantalla. Cuando el equipo está descargando un circuito, se muestra la tensión residual y la pantalla parpadea.

Si al realizar la prueba, el equipo detecta una tensión superior a 25 V, mostrará una advertencia y la señal de peligro con el símbolo de un rayo parpadeante y una señal acústica, no permitiendo la medición si la tensión del circuito es de 50 V o más.

Atención: durante la realización de la medida la tensión de prueba está permanente en la sonda o cables de prueba.

El procedimiento de medición y los **valores de referencia** son los indicados en el REBT en la ITC BT 19 p. 2.9.

Tensión nominal de la instalación	Tensión de ensayo en corriente continua (V)	Resistencia de aislamiento (MΩ)
Muy Baja Tensión de Seguridad Muy Baja Tensión de Protección	250	$\geq 0,25$
Inferior o igual a 500 V, excepto el caso anterior	500	$\geq 0,5$
Superior a 500 V	1000	$\geq 1,0$

Tabla 1. Valores de referencia para la medida de aislamiento

Estos valores deben considerarse solo para instalaciones de longitud inferior a 100 m. Cuando los excedan y puedan fraccionarse deberán presentar la resistencia de aislamiento que corresponda proporcionalmente al fraccionamiento.

Cuando no sea posible efectuar el fraccionamiento, 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 de las canalizaciones en hectómetros. Resumiendo, que puede fraccionarse cada 100 m. Como referencia, este tipo de mediciones deberá expresarse en $M\Omega$.

2.1. Medida de resistencia de aislamiento entre conductores de fases



www.plcmadrid.es/mer/aislamiento_1



El objeto de esta medida es comprobar que no existe fallo de aislamiento entre los conductores de fase, con el fin de evitar posibles deficiencias de aislamiento que pudieran ocasionar cortocircuitos o derivaciones en los conductores de fases, para ello deberán comprobarse los conductores correspondientes a las fases L1, L2 y L3 tomados dos a dos.

Procedimiento:

- a) Conexionado del equipo.

Conexionar en el equipo la sonda de prueba **color rojo** en el terminal del mismo color (**L1** o **Ⓢ**) y el **cable verde** en (**L2** o **X**)

- b) Secuencia de pruebas.

Conectar las puntas de prueba según indica la figura entre las fases L1 y L2 y pulsar sobre el botón de test para obtener la medida. Repetir el proceso entre L2 y L3 y finalmente entre L1 y L3.

- c) Configuración del equipo, lectura e interpretación.

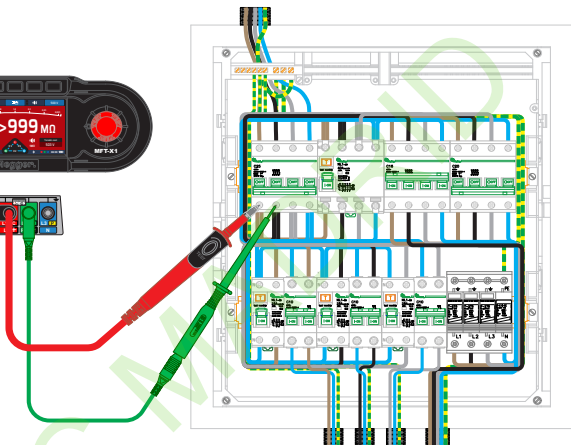
Conexionado

Configuración de los terminales del equipo de medida y conexión en el punto de prueba

Conectar las puntas de prueba entre las fases L1 y L2, L2 y L3 y finalmente L1 y L3



Pulsar y mantener sobre test para efectuar la medida



Configuración del equipo y lectura de la medida

Barra gráfica de la lectura



Corriente de ensayo aplicada a la medida

Valor de la medida. Debe ser de muy alto valor óhmico

2.2. Medida de resistencia de aislamiento entre fases y neutro



www.plcmadrid.es/mer/aislamiento_2



El objeto de esta medida es comprobar que no existe fallo de aislamiento entre los conductores de fases y el conductor neutro, con el fin de evitar posibles deficiencias de aislamiento que pudieran ocasionar cortocircuitos entre los conductores de fases y neutro.

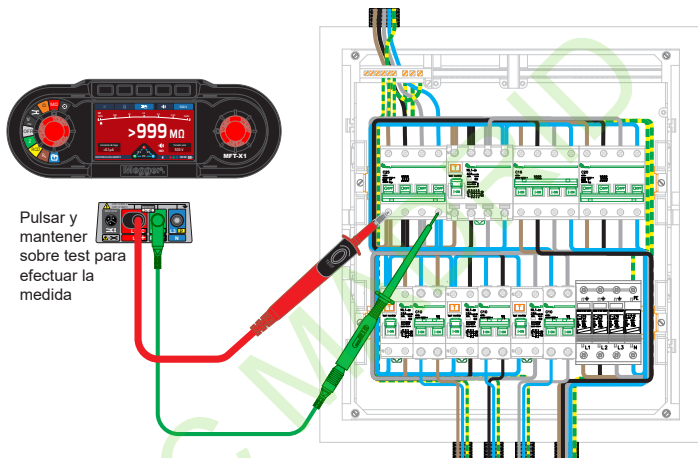
Procedimiento:

- Conexión del equipo.
Conexión en el equipo la sonda de prueba **color rojo** en el terminal del mismo color (**L1** o **C**) y el **cable verde** en (**L2** o **X**)
- Secuencia de pruebas.
Conectar las puntas de prueba según indica la figura entre los conductores L1 y N y pulsar sobre el botón de test para obtener la medida. Repetir el proceso entre L2 y N y finalmente entre L3 y N.
- Configuración del equipo, lectura e interpretación.

Conexionado

Configuración de los terminales del equipo de medida y conexión en el punto de prueba

Conectar las puntas de prueba entre las fases L1 y N, L2 y N y finalmente L3 y N



Configuración del equipo y lectura de la medida

Botón de selección de la tensión de ensayo

Nombre de la prueba a realizar



Tensión de ensayo aplicada a la medida

2.3. Medida de resistencia de aislamiento entre conductores de fase y el conductor de protección



www.plcmadrid.es/mer/aislamiento_3



El objeto de esta medida es comprobar que no existe fallo de aislamiento entre cualquiera de los conductores de fase y el conductor de protección con el fin de evitar posibles deficiencias de aislamiento que pudieran ocasionar cortocircuitos o derivaciones entre los conductores de fase y el de protección, para ello deberán comprobarse cada uno de los conductores correspondientes a las fases L1, L2 y L3 con respecto al conductor de protección.

En instalaciones en funcionamiento y ante la imposibilidad de desconectar las cargas, este es el procedimiento más utilizado.

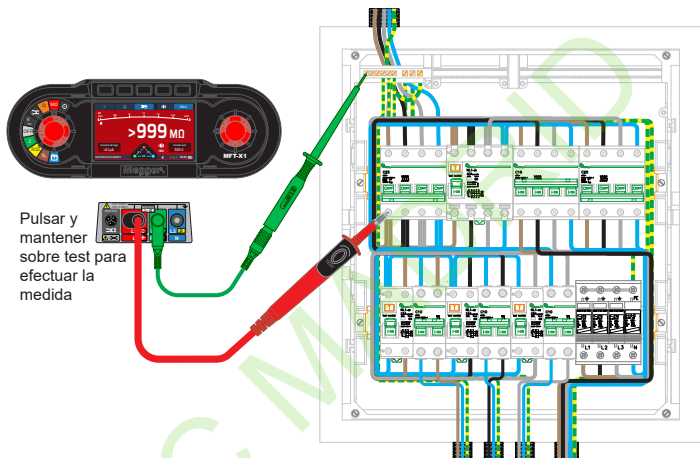
Procedimiento:

- Conexión del equipo.
Conexión en el equipo la sonda de prueba **color rojo** en el terminal del mismo color (**L1** o **C**) y el **cable verde** en (**L2** o **X**)
- Secuencia de pruebas.
Conectar las puntas de prueba según indica la figura entre los conductores L1 y PE y pulsar sobre el botón de test para obtener la medida. Repetir el proceso entre L2 y PE y finalmente entre L3 y PE.
- Configuración del equipo, lectura e interpretación.

Conexionado

Configuración de los terminales del equipo de medida y conexión en el punto de prueba

Conectar las puntas de prueba entre las fases L1 y PE, L2 y PE y finalmente L3 y PE



Configuración del equipo y lectura de la medida

Botón
Activar/desactivar
sonido

Corriente de ensayo
aplicada a la medida



Tensión de ensayo
aplicada a la medida

2.4. Medida de resistencia de aislamiento entre el conductor neutro y el conductor de protección



www.plcmadrid.es/mer/aislamiento_4



El objeto de esta medida es comprobar que no existe fallo de aislamiento entre el conductor neutro y el de protección, con el fin de evitar posibles deficiencias de aislamiento. Para ello deberán comprobarse los conductores correspondientes al conductor neutro (N) y al de protección (PE).

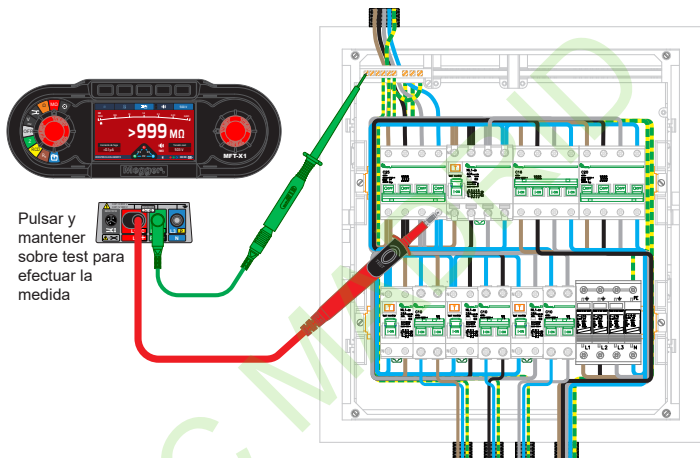
Procedimiento:

- Conexión del equipo.
Conectar en el equipo la sonda de prueba color rojo en el terminal del mismo color (L1 o Ⓢ) y el cable verde en (L2 o X).
- Secuencia de pruebas.
Conectar las puntas de prueba según indica la figura entre los conductores N y PE.
- Configuración del equipo, lectura e interpretación.

Conexionado

Configuración de los terminales del equipo de medida y conexión en el punto de prueba

Conectar las puntas de prueba entre el conductor de neutro y el conductor de protección



Configuración del equipo y lectura de la medida

Botón almacenar resultados/menú ayuda

Indicación de los conductores a emplear



3

MEDIDA DE PUESTA A TIERRA

¿Por qué se debe hacer?

Se realiza para comprobar que la instalación de puesta a tierra tiene un valor suficientemente bajo que garantice la seguridad de las personas frente a contactos indirectos y aseguren el correcto funcionamiento de los distintos dispositivos de protección de las instalaciones eléctricas. El valor de la resistencia de tierra será tal que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto peligrosas, superiores a 24 V en local o emplazamiento conductor y 50 V en los demás casos.

¿Quién debe hacerla?

Deberá ser realizada siempre por la empresa instaladora en baja tensión y en el caso de que la instalación requiera proyecto, verificada por el director o directora de obra (el ingeniero o la ingeniera).

¿Cuándo se debe hacer?

Antes de la puesta en servicio de cualquier instalación, se comprobará y medirá la resistencia de tierra. Para su correcto mantenimiento también deberá comprobarse como mínimo una vez al año, en la época en la que el terreno esté más seco.

¿Cómo se realiza la medida?

Se debe realizar SIN TENSIÓN, y para su realización será necesario un telurómetro, o un equipo de medida multifunción. Existen 6 métodos para realizar la medición de un sistema de puesta a tierra, cada uno de ellos tiene sus ventajas e inconvenientes. Conocer cada método le permitirá al instalador o instaladora o persona cualificada elegir el método más apropiado. En todos los casos se utiliza la ley de Ohm, solo varía la tensión y corriente aplicada en cada método.



¡INSTALACIÓN
SIN TENSIÓN!

Los seis métodos son:

1. **Método clásico**, mediante dos electrodos auxiliares o del 62%, también conocido por medida de la caída de tensión.
2. **Con dos electrodos auxiliares y pinza** (sin desconectar la tierra).
3. **Con 2 pinzas** (sin electrodos).
4. **Método Simplificado o de dos polos** (con toma de tierra auxiliar).
5. **Medida de la resistencia total de tierra** (Impedancia de defecto de bucle) "Método especial".
6. **Método de medida con pinza DET24C** (Resistencia total)

3.1. El método clásico, mediante dos electrodos auxiliares o del 62% ó medida de la caída de tensión.



www.plcmadrid.es/mer/tierras_1



Este método se emplea para medir la capacidad que tiene una instalación de puesta a tierra o un electrodo individual de disipar la energía de una instalación.

Para la realización de esta prueba es obligatorio usar equipo de protección individual (EPI) y trabajar acompañado, a ser posible por personal experimentado.

Para su realización se seguirá el siguiente procedimiento:

- a) En primer lugar, será preciso desconectar el electrodo de tierra a medir de la instalación, mediante el puente de prueba, puente de puesta a tierra o borna de comprobación habilitado a ese efecto. **Atención:** En caso de tratarse de una instalación en servicio, si durante la medición se produce alguna fuga a través del conductor de protección y éste está desconectado del electrodo puede darse una situación de riesgo. Por ese motivo y con el fin de reducir tiempos se recomienda que se prepare todo el dispositivo antes de abrir el circuito e inmediatamente después de medir se conecte nuevamente el puente de puesta a tierra.

Se conectará el equipo al electrodo o pica de tierra mediante el cable verde (L2 o X) y el electrodo auxiliar de tensión, color amarillo al terminal (L3 o P), mientras que el tercer electrodo, cable rojo, correspondiente electrodo de corriente (el más alejado de la pica) se conectará al terminal o borna (L1 o C). Los dos electrodos auxiliares se colocarán en línea recta alejadas de la pica de tierra, a una distancia aproximada de unos 20 m, normalmente la distancia la fijan los propios conductores de prueba del equipo de medición.

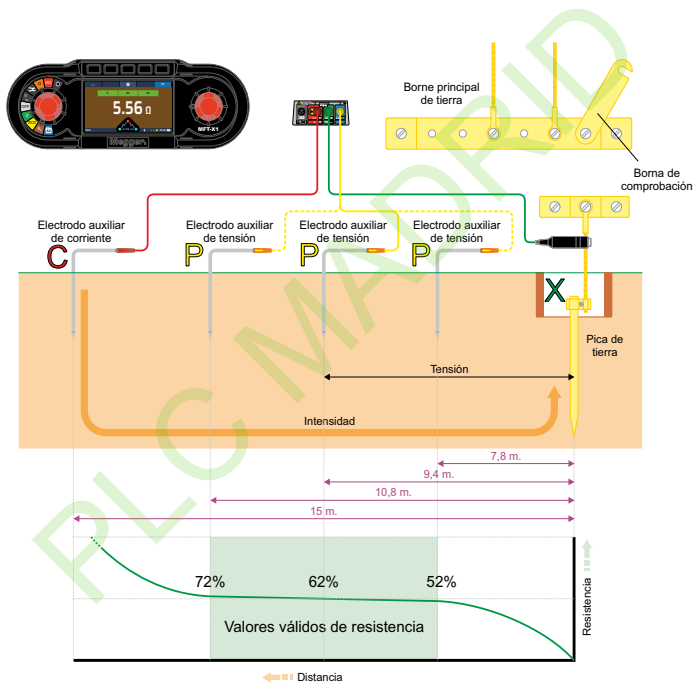
- b) La primera medición se debe hacer con el electrodo auxiliar de tensión clavado a la distancia de 0,62 L. La medida se repetirá a las distancias de 0,52 L y 0,72 L. Si los resultados de las dos mediciones no difieren más de un 10% de la primera medida (0,62 L), el primer resultado se considera bueno. Si la diferencia es superior al 10% en ambas distancias, eso indica que la medida no es estable y se deben aumentar las distancias entre la pica a medir y el electrodo auxiliar de corriente, siendo preciso realizar nuevas medidas hasta conseguir un valor de medida de la resistencia más preciso.

L: distancia desde la pica de tierra a medir al electrodo (de corriente)

Conexionado

Configuración de los terminales del equipo de medida y conexión en el punto de prueba

Desconectar del borne principal de tierra la pica de tierra mediante el puente de comprobación



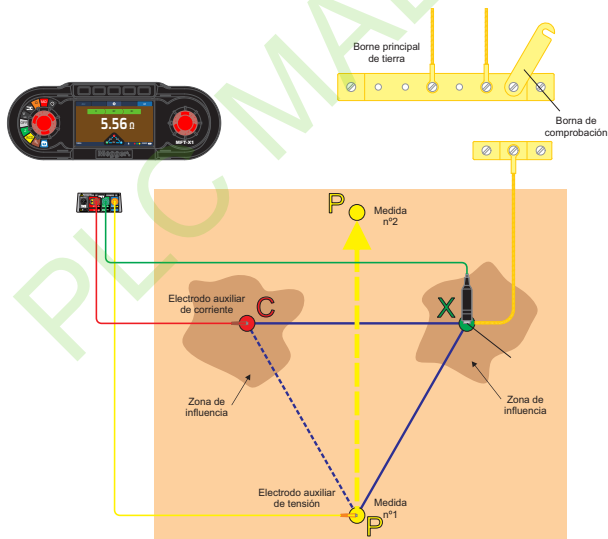
Conexionado alternativa 1 - Método del triángulo

Medida del triángulo.

Se empleará en casos en los que no se tenga distancia suficiente para realizar la medida del 62%.

Para la realización de la medición por este método se requiere el empleo de dos electrodos auxiliares y se emplea cuando el método de la Regla del 62 % no es posible de aplicar ya sea por imposibilidad de alineación de los electrodos o existencia de obstáculos intermedios que no permitan alejar suficientemente el electrodo (P).

Efectuada una primera medición (medida nº 1) y una segunda medición con "P" en la posición opuesta (medida nº 2) Si los valores obtenidos en las dos mediciones están próximos, esta se considera correcta, en caso contrario, significa que el electrodo "P" está en una zona de influencia y habrá que aumentar las distancias y rehacer las mediciones.



3.2. Con dos electrodos auxiliares y pinza. (sin desconectar la tierra)



www.plcmadrid.es/mer/tierras_2



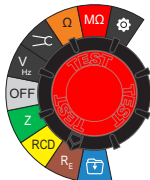
Este método se emplea para medir la resistencia de tierra en instalaciones en funcionamiento, no siendo preciso desconectar el conductor de protección. Esto supone un ahorro importante de tiempo y una mayor seguridad tanto para la instalación en servicio como para los operarios. Al igual que en el caso anterior también es obligatorio usar equipo de protección individual (EPI) y trabajar acompañado, a ser posible por personal experimentado.

Para su realización se seguirá el siguiente procedimiento:

- Una vez conectados los electrodos auxiliares de tensión y corriente a los cables de prueba **amarillo** y **rojo** respectivamente. Se conectará el **cable verde** al electrodo de tierra.

Se conectará la pinza IClamp al equipo, observando que la pinza de medición quede por debajo de la conexión del **conductor de prueba verde**.

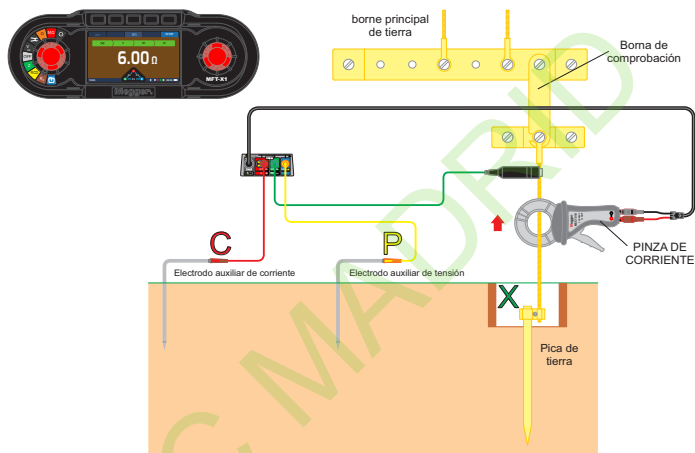
- Con el selector izquierdo en posición R_E y con la tecla de acceso directo 5 en 3P ART pulsar el botón de TEST y obtendremos el valor de tierra.



Conexionado

Configuración de los terminales del equipo de medida y conexión en el punto de prueba

No es necesario desconectar el puente de comprobación



Configuración del equipo y lectura de la medida

Botón almacenar resultados/menú ayuda

Indicador conexión varillas/pinzas de medida



Indicación de los conductores a emplear

3.3. Con 2 pinzas (sin electrodos auxiliares)



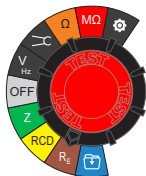
www.plcmadrid.es/mer/tierras_3



Este método se emplea para medir la resistencia de tierra en instalaciones en funcionamiento, donde existen múltiples electrodos de puesta a tierra, como por ejemplo alumbrados públicos. En este caso no es preciso desconectar el conductor de protección ni conectar electrodos auxiliares. Simplificando notablemente la medición con el consiguiente ahorro de tiempo y seguridad tanto para la instalación en servicio como para los operarios encargados de realizar las mediciones. Al igual que en el caso anterior también es obligatorio usar equipo de protección individual (EPI).

Para su realización se seguirá el siguiente procedimiento:

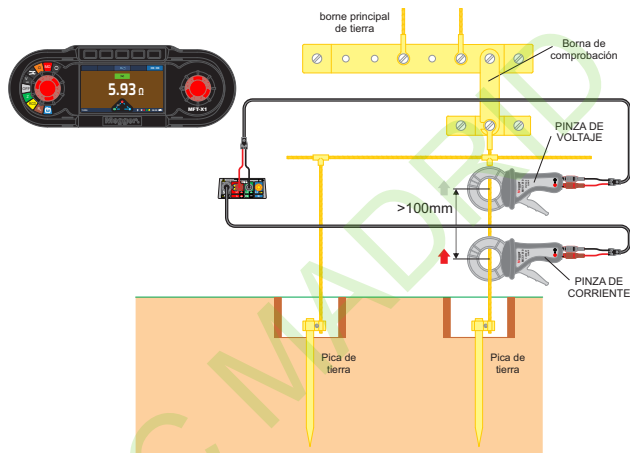
- Se conectará pinza IClamp y VClamp al aparato, de acuerdo al esquema, observando las distancias mínimas y las direcciones de las flechas de las pinzas estén en el mismo sentido.
- Con el selector izquierdo en posición R_E y con la tecla de acceso directo 5 en 2 pinzas o el selector derecho con el símbolo de 2 pinzas, pulsar el botón de TEST y obtendremos el valor de tierra.



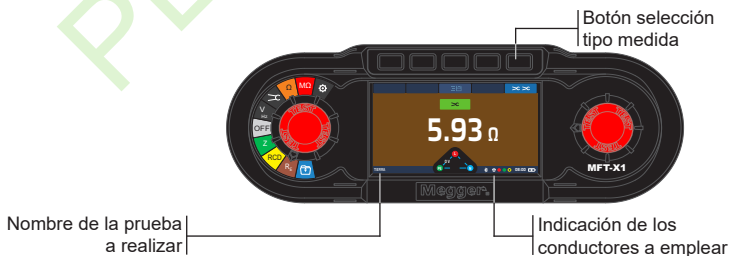
Conexión

Configuración de los terminales del equipo de medida y conexión en el punto de prueba

No es necesario desconectar el puente de comprobación



Configuración del equipo y lectura de la medida



3.4. Método Simplificado o de dos polos (con toma de tierra auxiliar)



www.plcmadrid.es/mer/tierras_4



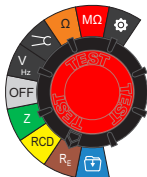
Este método se emplea para medir la resistencia de tierra en instalaciones en funcionamiento, donde no existe la posibilidad de clavar electrodos. La medida se realizará desconectando el electrodo de tierra a medir y se debe disponer de una estructura metálica, tubería, forjado de obras o similares. En este caso el aparato realiza la medida con una corriente elevada para poder asegurar unos resultados fiables.

Para realizar esta medición es obligatorio usar equipo de protección individual (EPI).

Para su realización se seguirá el siguiente procedimiento:

Se conectará la sonda de tensión (**L3** o **P**) a la viga, estructura metálica o tubería, y el cable verde (**L2** o **X**) se conectará al electrodo a medir.

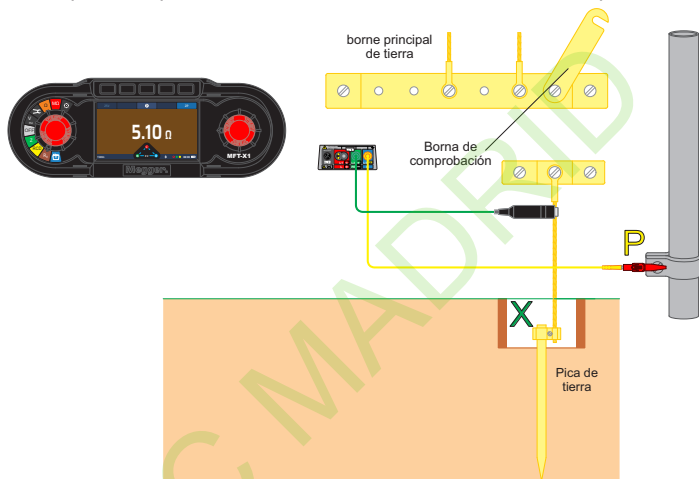
- Con el selector izquierdo en posición R_E y con la tecla de acceso directo 5 en 2P pulsar el botón de TEST y obtendremos el valor de tierra.



Conexionado

Configuración de los terminales del equipo de medida y conexión en el punto de prueba

Desconectar el borne principal de tierra mediante el puente de comprobación



Configuración del equipo y lectura de la medida

Tensión límite de contacto

Botón selección tipo medida



Valor de la medida de resistencia de tierra

3.5. Medida de la resistencia total de tierra (Impedancia de defecto de bucle) "Método especial"



www.plcmadrid.es/mer/tierras_5



Se trata de un método especial, se emplea para medir la resistencia total de tierra en instalaciones en funcionamiento, sin necesidad de electrodos auxiliares ni pinzas. Consiste simplemente en medir en el cuadro general o simplemente en una toma de corriente tipo schuko. En realidad, lo que estamos haciendo es medir la impedancia de bucle de defecto entre fase y el conductor de tierra de la instalación. Si el resultado obtenido de esta medición resulta "bueno", no será preciso hacer nada más, pues parece lógico que si la impedancia del circuito es buena e incluye además del valor de la resistencia del transformador la resistencia del conductor de tierra, el valor de esta siempre será menor que el valor obtenido en la medición.

La norma UNE HD 60364-6 permite utilizar este método en sistemas TT.

Por las razones expuestas, y por su facilidad y tiempo de realización, este es el método más extendido hoy en día para medir tierras.

Atención: Esta medida se realiza con tensión.

El MFT X1 de Megger, permite realizar esta prueba evitando el disparo del diferencial, además este equipo en concreto dispone de un sistema especial, "medidor de confianza" que permite detectar ruidos o interferencias durante la medición.



Procedimiento: Para realizar esta medida, se seguirá el procedimiento indicado en el punto 4.2. o 4.3 en toma de corriente o en cuadro general respectivamente (con 3 cables y baja corriente o 2HR dos conductores y alta corriente).

Atención: Los diferenciales podrán dispararse incluso al realizar la prueba de “no disparo” en bucle si existe un alto nivel de fuga que circule por el conductor de protección o cuando los diferenciales no estén funcionando conforme a las especificaciones (es decir, que el diferencial esté defectuoso o funcione mal).

Los valores de referencia son los que se muestran en la tabla siguiente.

VALORES DE REFERENCIA DE PUESTA A TIERRA EN FUNCIÓN DEL TIPO DE INSTALACIÓN		
Alumbrado exterior	Resistencia a tierra	Sensibilidad Interruptor Diferencial
	30 Ω 5 Ω 1 Ω	300 mA 500 mA 1000 mA
Locales Viviendas Oficinas	Sin pararrayos	Con pararrayos
	37 Ω	15 Ω
Luz de obra	80 Ω	
Temporal feria	20 Ω	
RICT	10 Ω	

Tabla 2. Valores máximos permitidos de puesta a tierra

3.6. Método de medida con pinza DET24C (Resistencia total)



www.plcmadrid.es/mer/tierras_6



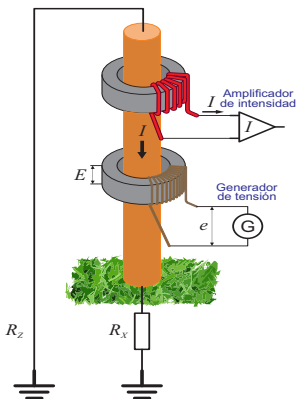
Se trata de un método equivalente al visto en el punto 3.3 (de dos pinzas) pero en este caso se emplea un instrumento específico con más prestaciones. Su empleo está especialmente indicado en instalaciones con esquema TN y en puestas a tierras malladas o donde existan electrodos múltiples en esquema TT. La medición puede realizarse sin desconectar el puente de comprobación, lo que supone un ahorro de tiempo importante y aumenta la seguridad para la instalación, y para el instalad@r.

La pinza de tierra consta de dos devanados, un devanado “**generador**” y un devanado “**receptor**”.

El devanado “**generador**” de la pinza induce una tensión alterna a nivel constante **E** entorno al conductor abrazado; una corriente $I = E / R$ que circula entonces a través del bucle resistivo formado por la resistencia R_z (el conjunto de la resistencia de tierra) y R_x (Resistencia del electrodo). El devanado “**receptor**” mide esta corriente.

Conociendo **E** e **I**, se deduce la resistencia de bucle aplicando la ley de Ohm.

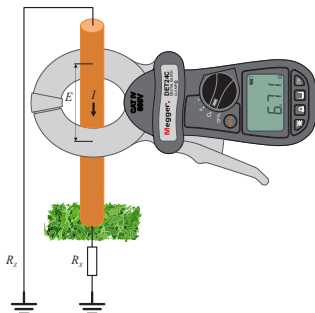
Se utiliza en alumbrados exteriores, centros de transformación, torretas, etc.



La norma UNE HD 60364-6, permite su empleo.

Conexionado

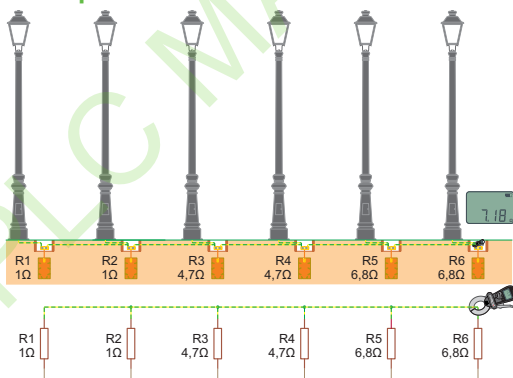
Abrazar con la pinza el electrodo o conductor de protección.



Para evitar las corrientes parásitas y conseguir una medida más precisa, la pinza de tierra Megger DET 24 C utiliza una frecuencia de medida de 1390 Hz.

Atención: Para poder realizar esta medida es necesario disponer al menos de dos electrodos ya que es necesario disponer de un circuito cerrado a través de tierra.

Ejemplo de aplicación



$$\begin{aligned} R_{bucle} &= R_6 + (R_1 \parallel R_2 \parallel R_3 \parallel R_4 \parallel R_5); \\ R_{bucle} &= 6,8 \, \Omega + (1 \, \Omega / 1 \, \Omega / 4,7 \, \Omega / 4,7 \, \Omega / 6,8 \, \Omega); \\ R_{bucle} &= 6,8 \, \Omega + 0,38 \, \Omega; \\ R_{bucle} &= 7,18 \, \Omega \end{aligned}$$

4

MEDIDA DE LAS IMPEDANCIAS DE LÍNEA, DE BUCLE DE DEFECTO, CAÍDA DE TENSIÓN Y LA POSIBLE CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO

¿Por qué se debe hacer?

Conocer los valores de la impedancia de línea, bucle de defecto y la posible corriente de cortocircuito, resulta de vital importancia para verificar el correcto dimensionado de las protecciones eléctricas (fusibles, interruptores automáticos magnetotérmicos y diferenciales) en las instalaciones TN o TT. Determinar la impedancia de referencia para caída de tensión real de la instalación. Además, en sistemas TT esta medida permite determinar fácilmente el valor aproximado de la resistencia de tierra sin necesidad de cortar la alimentación ni clavar electrodos auxiliares.

El valor de la impedancia también nos permite calcular la caída de tensión real en los distintos puntos de la instalación, esto nos permitirán confeccionar los certificados de instalación.

¿Quién debe hacerla?

Deberá ser realizada siempre por la empresa instaladora en baja tensión y en el caso de que la instalación requiera proyecto, verificada por el director o directora de obra (el ingeniero o la ingeniera).

¿Cuándo se debe hacer?

Antes de la puesta en servicio o reforma de importancia de cualquier instalación, se comprobará y medirá la impedancia de línea, bucle de defecto, la posible corriente de cortocircuito y caída de tensión en cada caso.

¿Cómo se realiza la medida?

Se debe realizar **CON TENSIÓN**, por tanto habrá que aplicar todas las normas de seguridad aplicables a trabajos en tensión. Para su realización será necesario un medidor de impedancia de bucle o un equipo medida multifunción.



Procedimiento:

Para realizar las comprobaciones de la impedancia de línea, bucle de defecto, caída de tensión y la posible corriente de cortocircuito se requiere un equipo de prueba capaz de medir la impedancia que se da entre los diferentes conductores con respecto al de fase. En todos los casos haremos uso de un equipo multifunción de Megger MFT X1.

Para comenzar la prueba la instalación debe estar en servicio (con tensión) procederemos a conectar el equipo o bien el conector schuko en una toma de corriente o mediante cables (ver esquemas de conexión). Dado que es preciso realizar varias pruebas, seguiremos los pasos siguientes:

1. comprobar

- Impedancia de línea
- posible corriente de cortocircuito
- determinar la caída de tensión en función de la impedancia de referencia Z_{ref} .

En primer lugar mediremos la impedancia de línea y la posible corriente de cortocircuito entre los conductores activos (L-L o L-N) realizado en la misma operación.

Al realizar esta verificación entre los conductores fase y neutro o entre fases, **no provoca el disparo de los diferenciales**.

2. comprobar

- Impedancia de bucle de defecto
- posible corriente de cortocircuito

Para la medición de la impedancia de bucle de defecto y la posible corriente de cortocircuito entre los conductores de fase y tierra (L-PE) que lo hace todo en la misma operación.

Al realizar esta verificación entre el conductor fase o fases y tierra, **puede provocar el disparo de los diferenciales**.

Impedancia de línea y la posible corriente de cortocircuito (L-L o L-N)

Al medir el valor de la **impedancia de línea (L-L o L-N)**, el equipo nos proporciona de forma práctica y **sin ningún tipo de cálculos** los valores de la posible **corriente de cortocircuito (I_{cc})** en ese punto, esto nos permite comprobar si las protecciones instaladas protegen correctamente la instalación y **determinar la caída de tensión** en base a la impedancia de referencia.

Se recomienda realizarlo **en el origen de instalación (CGMP)** para conocer la intensidad de **cortocircuito máxima** y fijar la impedancia de referencia ($Z_{ref.}$) para calcular posteriormente la caída de tensión en el resto de puntos de la instalación. Del mismo modo debemos medir **en el punto más alejado** la intensidad de **cortocircuito mínima** para verificar el correcto dimensionado de las protecciones eléctricas y determinar la **caída de tensión máxima** para confeccionar el certificado de instalación.

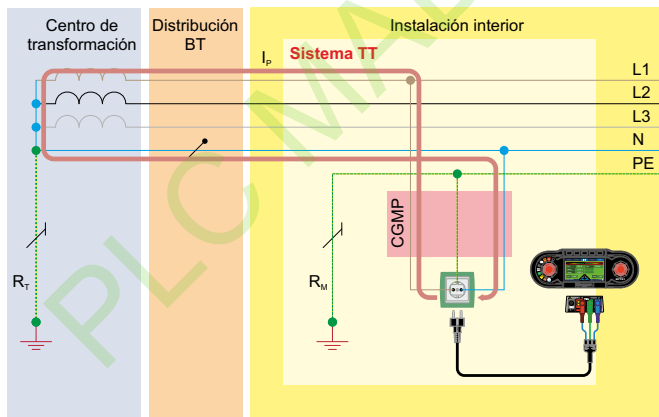


Figura 1. Esquema de impedancia de línea en sistema TT

R_M : Resistencia de la puesta a tierra de la instalación
 R_T : Resistencia de la puesta a tierra del transformador
 I_p : Corriente de prueba

La siguiente tabla muestra los valores máximos permitidos de impedancia de línea (L-L o L-N) en instalaciones con $U_L - N = 230 \text{ V}$ protegida por interruptores magnetotérmicos tipos B, C y D.

I_a = es la corriente que asegura el corte del dispositivo de protección.

Corriente nominal del dispositivo de protección (A)	Interruptor magnetotérmico tipo B		Interruptor magnetotérmico tipo C		Interruptor magnetotérmico tipo D	
	$I_a = 5 \cdot I_n$ (A)	Z_s (Ω)	$I_a = 10 \cdot I_n$ (A)	Z_s (Ω)	$I_a = 20 \cdot I_n$ (A)	Z_s (Ω)
10	50	4,60	100	2,30	200	1,15
16	80	2,88	160	1,44	320	0,72
20	100	2,30	200	1,15	400	0,58
25	125	1,84	250	0,92	500	0,46
32	160	1,44	320	0,72	640	0,36
35	175	1,31	350	0,66	700	0,33
40	200	1,15	400	0,58	800	0,29
50	250	0,92	500	0,46	1000	0,23
63	315	0,73	630	0,37	1260	0,18

Tabla 3. Valores máximos permitidos de impedancia de línea en las instalaciones

Dependiendo del tipo de magnetotérmico instalado sabemos la corriente de cortocircuito mínima para hacerlo disparar en menos de 0,2 segundos. Si la posible corriente de cortocircuito I_{pcc} medida por el instrumento es inferior a la indicada en la **Tabla 3**, el magnetotérmico no está protegiendo al circuito.

Se debe cumplir siempre que $I_m < I_{ccmin}$, además el tiempo de corte no debe ser superior al tiempo que los conductores tardan en alcanzar su temperatura límite admisible.

I_m : Corriente mínima que asegure el disparo del magnético

I_{ccmin} : Corriente de cortocircuito mínima

4.1. Prueba de impedancia de línea con 2 cables y corriente elevada (L- N) o (L- L) (2 Cables HR)



www.plcmadrid.es/mer/linea



Prueba rápida de 3 a 4 segundos con corriente de prueba elevada.
NO PROVOCA EL DISPARO DEL DIFERENCIAL.

Esta prueba nos permite de forma sencilla, calcular directamente la posible corriente de cortocircuito en la instalación y dimensionar o comprobar adecuadamente los elementos de protección (fusibles o diferenciales) con independencia del sistema de conexión del neutro de la instalación.

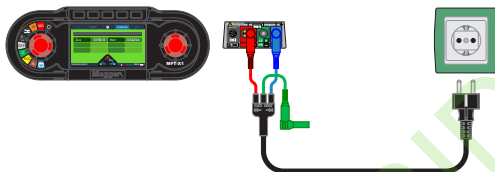
Se comprobará entre fase y neutro y en instalaciones trifásicas entre las fases L1, L2 y L3, tomadas 2 a 2 y cada una de ellas con respecto al conductor neutro si existe.

Procedimiento:

- Conexión del equipo.
Conectar el cable de prueba color rojo en el terminal del mismo color (L1 o C) y el cable azul en (L3 o P).
- Secuencia de pruebas.
Conectar las puntas de prueba según indica la figura entre los conductores L y N.
- Configuración del equipo, lectura e interpretación.

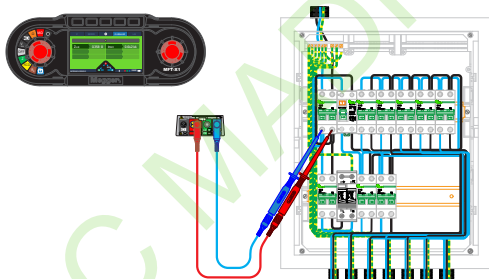
Conexionado

Configuración de los terminales del equipo de medida y conexión en una toma schuko.



Configuración de los terminales del equipo de medida y conexión en el punto de prueba

se conectará entre fase y neutro



Configuración del equipo y lectura de la medida

Botón selección
opciones medición

Botón selección
conductores a medir



Valor de la impedancia
de línea

Valor de la posible
corriente de cortocircuito

Impedancia de defecto de bucle y la posible corriente de cortocircuito (L-PE)

Al medir la **impedancia de bucle de defecto (L-PE)** obtenemos de forma muy aproximada el **valor de la resistencia de tierra**.

En estos casos lo que interesa es que la impedancia de bucle entre fase y tierra sea lo más baja posible, de forma que permita **garantizar** que las posibles corrientes de defecto provoquen el salto o disparo de las protecciones.

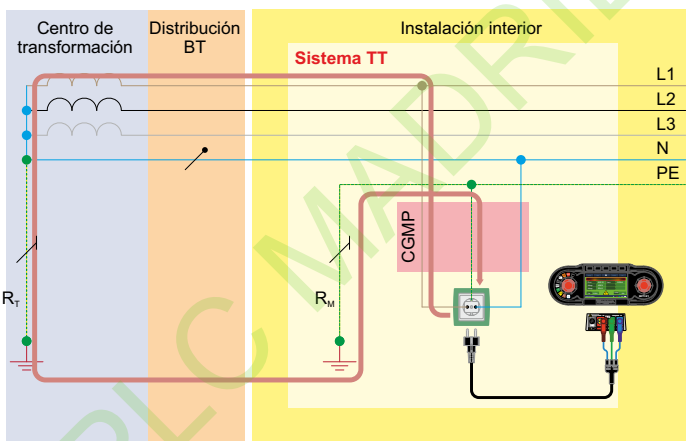


Figura 2. Esquema de defecto de bucle en sistema TT

R_M : Resistencia de la puesta a tierra de la instalación
 R_T : Resistencia de la puesta a tierra del transformador
 I_p : Corriente de prueba

En los **sistemas IT y TN** que no se emplee la protección frente a los contactos indirectos mediante el interruptor diferencial y dependiendo del tipo de magnetotérmico instalado sabemos la corriente de cortocircuito mínima para hacerlo disparar en menos de 0,2 segundos. Si la posible corriente de cortocircuito I_{cc} medida por el instrumento es inferior a la indicada en la tabla, el magnetotérmico no está protegiendo al circuito. En caso de producirse un cortocircuito la corriente circularía durante el tiempo que tarde el magnetotérmico en cortar por efecto térmico pero no en menos de los 0,2 segundos exigidos por la norma.

U_0 (V)	Tiempos de interrupción (s)
230 V	$t \leq 0,4$ s
400 V	$t \leq 0,2$ s
> 400 V	$t \leq 0,1$ s

Tabla 4. Tiempos de interrupción máximos para esquemas TN e IT

Los parámetros que intervienen en estas comprobaciones son los siguientes:

Z_s es la impedancia de bucle de defecto, incluyendo la de la fuente, la del conductor activo hasta el punto de defecto y la del conductor de protección, desde el punto de defecto hasta la fuente.

I_a es la corriente que asegura el funcionamiento del dispositivo de corte automático, en un tiempo como máximo definido en la **Tabla 4**.

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

I_{cc} es la corriente de cortocircuito a tierra ($I_{cc} = U_0 / Z_s$).

De acuerdo a la norma UNE-HD 60.364-4-41:2010, en **esquemas IT** ya no se especifican tiempos de interrupción distintos en función de si el neutro está distribuido o no.

La norma sólo requiere que se respeten los tiempos máximos de desconexión que fija el REBT.

4.2. Prueba de impedancia de bucle de defecto con 3 cables (3 cables)



www.plcmadrid.es/mer/bucle_1



Esta prueba se realiza en la toma de corriente, requiere la conexión de 2 o 3 conductores. Se emplea en instalaciones con fase neutro y conductor de protección. Está recomendada para instalaciones protegidas por diferencial. Conviene recordar que, en sistemas TT esta medida permite determinar fácilmente el valor de la resistencia de tierra sin necesidad de cortar la alimentación ni clavar electrodos auxiliares. ESTA PRUEBA NO PROVOCA EL DISPARO DEL DIFERENCIAL pues utiliza una corriente de prueba baja y está admitida por la norma UNE HD 60364-6.

El objeto de esta medida es conocer de manera rápida y sencilla, en instalaciones protegidas por diferencial, el valor de la impedancia de bucle de defecto, o lo que es lo mismo, un valor muy aproximado de la puesta a tierra de la instalación y la posible corriente de cortocircuito entre fase y tierra en ese punto.

Procedimiento:

- a) Conexión del equipo.

Conectar en el equipo la sonda de prueba color rojo en el terminal del mismo color (L1 o C), el cable verde en (L2 o X) y el cable azul en (L3 o P).

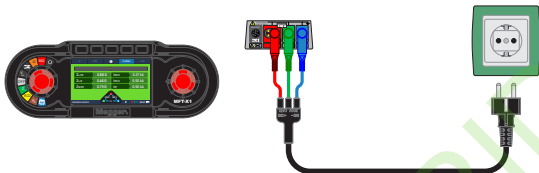
- b) Secuencia de pruebas.

Conectar las puntas de prueba según indica la figura entre los conductores L y PE.

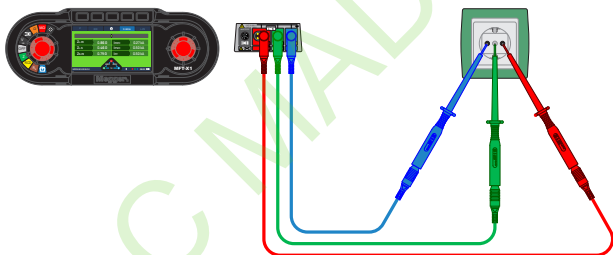
- c) Configuración del equipo, lectura e interpretación.

Conexionado

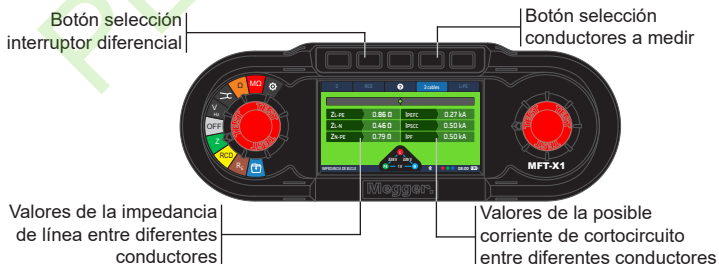
Configuración de los terminales del equipo de medida y conexión en una toma schuko.



Configuración de terminales del equipo de medida y conexión en el punto de prueba.



Configuración del equipo y lectura de la medida



4.3. Prueba de impedancia de bucle de defecto con 2 cables y corriente elevada (2 cables HR)



www.plcmadrid.es/mer/bucle_2



Prueba rápida de 3 a 4 segundos con corriente de prueba elevada (HR). Debe realizarse aguas arriba del diferencial general de la instalación (por encima de él), de lo contrario provocará el disparo de este.

El objeto es conocer el valor de la impedancia de bucle de defecto. Esto nos permite conocer de forma práctica un valor muy aproximado al de la resistencia de tierra y la posible corriente de cortocircuito en caso de producirse una derivación a tierra, este método permite obtener unos valores más fiables que el método 3 conductores con baja corriente.

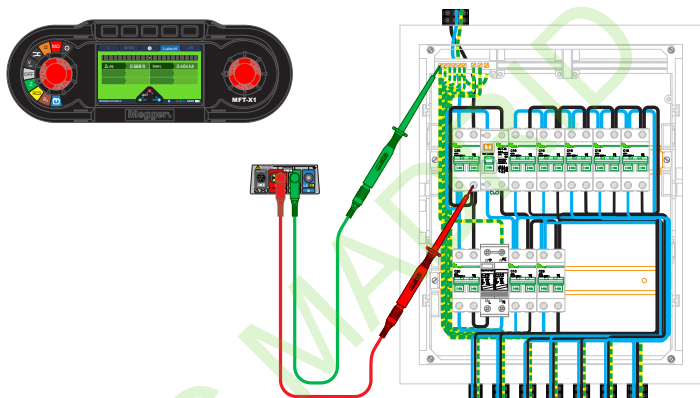
Procedimiento:

- Conexión del equipo.
Conectar en el equipo la sonda de prueba color rojo en el terminal del mismo color (L1 o C) y el cable verde en (L2 o X).
- Secuencia de pruebas.
Conectar las puntas de prueba según indica la figura entre los conductores L y PE.
- Configuración del equipo, lectura e interpretación.

Conexionado

Configuración de los terminales del equipo de medida y conexión en el punto de prueba.

Conectar la fase aguas arriba del diferencial para evitar el disparo de éste.



Configuración del equipo y lectura de la medida

Botón almacenar resultados/menú ayuda



4.4. Prueba de impedancia de bucle de defecto con 2 cables (2 Cables)



www.plcmadrid.es/mer/bucle_3



Está especialmente indicado para instalaciones sin el neutro distribuido, sistemas a 2 fases (230 V entre fases), trifásicas sin neutro o sistema de distribución TN-C.

Nota. - Esta prueba no está accesible cuando están conectados los 3 cables.

El objeto de esta medida es conocer de manera rápida y sencilla, en instalaciones protegidas por diferencial, el valor de la impedancia de bucle de defecto, o lo que es lo mismo el valor de la resistencia de tierra de una manera muy aproximada con solo hacer esta medición en la toma de corriente, en instalaciones sin neutro. También nos permite conocer de forma práctica la posible corriente de cortocircuito que podría generarse en ese punto en caso de producirse una derivación a tierra.

Procedimiento:

- Conexión del equipo.

Conectar el cable de prueba color rojo en el terminal del mismo color (L1 o C) y el cable verde en (L2 o X).

- Secuencia de pruebas.

Conectar las puntas de prueba según indica la figura entre los conductores L y PE.

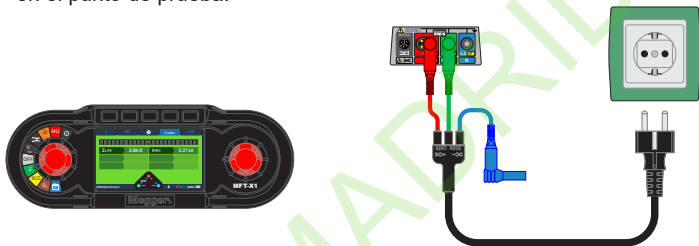
- Configuración del equipo, lectura e interpretación.

Conexionado

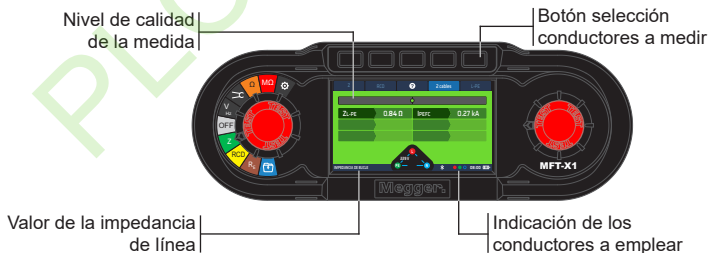
Configuración de los terminales del equipo de medida y conexión en una toma schuko.

Configuración de los terminales del equipo de medida y conexión en el punto de prueba.

Desconectar el cable azul para realizar la prueba.



Configuración del equipo y lectura de la medida



Test \ RCD	None	RCD	RCD EV
L-PE	2W 2W HR 3W	2W 2W HR 3W	2W 2W HR 3W
L-N/L-L	2W 2W HR 3W	2W 2W HR 3W	2W 2W HR 3W

■ Disponible
 ■ Posible
 ■ No disponible

Medida	Sistema permitido	Tabla resumen de métodos de medición de impedancia
Impedancia de bucle de línea	2 cables	Esta medición se realiza únicamente a dos cables, mediante el cable rojo en el terminal del mismo color (L1 o Ⓢ) y el cable azul en (L3 o P), se debe seleccionar con la tecla de acceso directo 2 en None.
	2 cables y corriente elevada	
Impedancia de bucle de defecto tierra	2 cables	Esta medición se realiza a dos hilos, mediante el cable rojo en el terminal del mismo color (L1 o Ⓢ) y el cable verde en (L2 o X), se debe seleccionar con la tecla de acceso directo 2 en None o RCD.
	2 cables y corriente elevada	Esta medición se realiza únicamente a dos cables, mediante el cable rojo en el terminal del mismo color (L1 o Ⓢ) y el cable verde en (L2 o X), se debe seleccionar con la tecla de acceso directo 2 en None o RCD.
	3 cables y corriente baja	Esta medición se realiza a tres hilos, mediante el cable rojo en el terminal del mismo color (L1 o Ⓢ), el cable verde en (L2 o X) y el cable azul en (L3 o P), se debe seleccionar con la tecla de acceso directo 2 en RCD o RCD EV.

Tabla 5. Resumen mediciones de impedancia

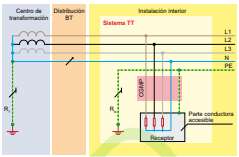
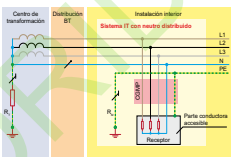
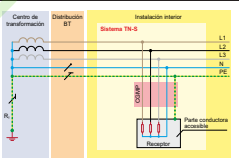
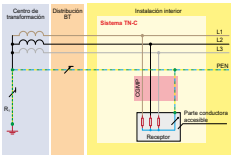
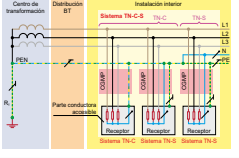
Sistema	Descripción	Esquema
TT	En el sistema TT se conecta el neutro del transformador directamente a tierra y en otra tierra independiente se conectan las masas de la instalación receptora.	
IT	La alimentación no tiene ningún punto conectado directamente a tierra o lo está por medio de una impedancia, mientras que las masas de la instalación receptora están puestas directamente a tierra. Se recomienda no distribuir el conductor neutro.	
TN-S	El conductor neutro y el de protección están unidos directamente a la misma tierra, pero a lo largo de la instalación se emplean dos conductores distintos en todo el recorrido eléctrico.	
TN-C	Las funciones de neutro y protección están combinadas empleando un solo conductor hasta el punto de conexionado de los receptores, donde se dividen.	
TN-C-S	Las funciones de neutro y protección están combinadas en un solo conductor en una parte de la instalación dividiéndose en un punto hasta el final de la instalación.	

Tabla 6. Tabla resumen de Sistemas de conexión del neutro y masas

5

MEDIDA DE DIFERENCIALES

¿Por qué se debe hacer?

El sistema más extendido para proteger a las personas y animales contra posibles descargas eléctricas, es la protección diferencial, complementada con la puesta a tierra. Un interruptor diferencial (ID) es un elemento de protección cuya misión es proteger a personas y animales frente a contactos indirectos en las instalaciones eléctricas, su funcionamiento se basa en discriminar la diferencia entre la corriente que entra y la que sale por el mismo. Si la corriente es igual o superior a la corriente de disparo I_{Δ} del interruptor diferencial instalado, éste se dispara automáticamente y corta la alimentación de los circuitos que aguas abajo cuelgan de él.

Las características de intervención de los diferenciales son esenciales para asegurar que posibles electrocuciones por contacto indirecto no se prolonguen en el tiempo más allá de límites fijados por las normas.

¿Quién debe hacerla?

Deberá ser realizada siempre por la empresa instaladora en baja tensión y en el caso de que la instalación requiera proyecto, verificada por el director de obra (el ingeniero).

¿Cuándo se debe hacer?

Antes de la puesta en servicio o reforma de importancia de cualquier instalación, se comprobará el funcionamiento de todos los diferenciales de la instalación.

¿Cómo se realiza la medida?

Se debe realizar **CON TENSIÓN**, por tanto habrá que aplicar todas las normas de seguridad aplicables a trabajos en tensión. Para su realización será necesario un equipo comprobador de diferenciales.



Procedimiento:

Para realizar la comprobación de un diferencial se requiere un equipo de prueba capaz de inyectar a través del diferencial bajo prueba una corriente de fuga específica y conocida que de acuerdo al valor hará disparar el diferencial. Para todos los casos haremos uso de un equipo multifunción de Megger MFT X1.

Para comenzar la prueba la instalación debe estar en servicio (con tensión) procederemos a conectar el equipo o bien el conector schuko o mediante cables (ver esquemas de conexión) por ejemplo en una toma de corriente (aguas abajo al diferencial que deseamos comprobar).

En primer lugar mediremos la tensión de contacto y resistencia de tierra que lo hace todo en la misma operación. Para ello una vez realizadas las conexiones indicadas, pondremos el selector Izquierdo en la zona de color amarillo que indica RCD (Corriente Diferencial Residual) y pulsaremos el botón de TEST.

Dado que es preciso realizar varias pruebas, seguiremos los pasos siguientes:

1. comprobar

- Tensión de contacto U_c o U_L
- Resistencia de tierra R_E

Posicionando el selector izquierdo en la zona amarilla, marcada con las letras RCD y seleccionando 1/2 y el selector derecho en el valor de intensidad del diferencial a verificar.

2. comprobar

- Tiempo de disparo t_Δ
- Corriente de disparo I_Δ

Para asegurar un correcto funcionamiento del interruptor diferencial se deben verificar los siguientes parámetros:

- Tensión de contacto U_c o U_L
- Tiempo de disparo t_{Δ}
- Corriente de disparo I_{Δ}
- Resistencia de tierra R_E

Tensión de contacto U_c o U_L

La tensión de contacto es la tensión que puede surgir en caso de condiciones de defecto en cualquier parte conductora accesible que pueda entrar en contacto con personas o animales.

Cuando una carga, pongamos por ejemplo un lavavajillas industrial trifásico, tiene un fallo de aislamiento (ver **Figura 3**) provoca un cierto nivel de derivación que genera una corriente de defecto a tierra a través del conductor de protección. Esta corriente genera una caída de tensión en la propia resistencia de tierra (en caso de sistema TT) llamada tensión de contacto, una parte de esta tensión de contacto puede estar accesible al cuerpo humano y por eso se denomina tensión de contacto.

El valor máximo de la tensión de contacto se denomina tensión límite según el REBT ITC 24. P.4.1 (marcada como U_c o U_L) y es normalmente 50 V, aunque en algunos casos pueda fijarse otros valores más bajos como 24V, por ejemplo en zonas húmedas, hospitales, alumbrados públicos, etc.

Importante:

La tensión de contacto se mide con una corriente de prueba menor a $\frac{1}{2}$ de I_{Δ} con el fin de evitar el disparo del diferencial, por tanto, si el diferencial salta durante la prueba, es prácticamente seguro que se deba a que ya existe una determinada fuga o derivación de corriente en la instalación, que sumada a la generada por el instrumento provoca el disparo. En esta situación se debe localizar la carga que genera la fuga o derivación y desconectarla de la instalación (desconectar los PIAS que cuelgan del diferencial).

Valores de contacto y defecto

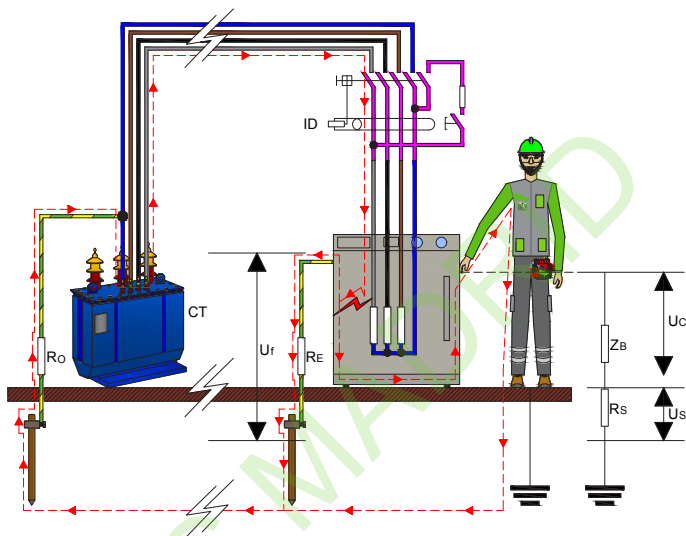


Figura 3. Valores de contacto y defecto para contactos indirectos

$$U_f = U_c + U_s = I_f \cdot R_E$$

Leyenda:

ID: Interruptor Diferencial

Z_B : Impedancia del cuerpo humano

R_s : Resistencia del suelo y zapatos

R_E : Resistencia a tierra de las partes conductoras accesibles activas

R_o : Resistencia del electrodo de tierra del centro de transformación

I_f : Corriente de defecto

U_c : Tensión de contacto

U_s : Caída de tensión en suelo/zapatos

U_f : Tensión de defecto

Tiempo de disparo t_{Δ}

El tiempo de disparo t_{Δ} es el tiempo que tarda el diferencial en saltar a partir de que detecta la corriente diferencial $I_{\Delta n}$

Los valores máximos del tiempo de disparo definidos por la norma UNE-EN 61009-1 son:

DIFERENCIALES CONVENCIONALES (GENERALES)

Tipo	$I_{\Delta n}$ (A)	Tiempos de intervención para $I_{\Delta n}$ igual a:		
AC 	Cualquiera	$I_{\Delta n} \times 1$	$I_{\Delta n} \times 2$	$I_{\Delta n} \times 5$
A 	10 mA	$I_{\Delta n} \times 2$	$I_{\Delta n} \times 4$	$I_{\Delta n} \times 10$
F 	≥ 30 mA	$I_{\Delta n} \times 1,4$	$I_{\Delta n} \times 2,8$	$I_{\Delta n} \times 7$
B 	Cualquiera	$I_{\Delta n} \times 2$	$I_{\Delta n} \times 4$	$I_{\Delta n} \times 10$
Tiempo de intervención máximo		0,3 s	0,15 s	0,04 s

DIFERENCIALES RETARDADOS (SELECTIVOS)

Tipo	Símbolo	Aplicación	Ejemplo
Retardado (Slow)		Los diferenciales selectivos tienen un retardo en el disparo, con lo que podríamos crear una selectividad cronométrica mediante el tiempo de disparo y no la intensidad	

I_n	$I_{\Delta n}$	Tipo	Con $I_{\Delta n}$ igual a:		
$\geq 25\text{ A}$	$\geq 30\text{ mA}$	AC 	$I_{\Delta n} \times 1$	$I_{\Delta n} \times 2$	$I_{\Delta n} \times 5$
		A 	$I_{\Delta n} \times 1,4$	$I_{\Delta n} \times 2,8$	$I_{\Delta n} \times 7$
		F 			
Tiempo de intervención máximo			0,5 s	0,20 s	0,15 s
Tiempo de no intervención mínimo			0,13 s	0,06 s	0,05 s

$I_{\Delta n}$ = Intensidad diferencial nominal

Tabla 7. Tiempos de disparo

La grafica muestra la forma en que el equipo realiza la prueba de rampa y el tiempo de disparo correspondiente a la intensidad real de disparo.

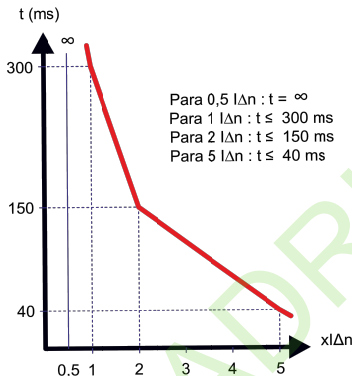


Figura 4. Característica de respuesta de un interruptor diferencial

Corriente de disparo I_{Δ}

Es la corriente diferencial más baja I_{Δ} que provoca el disparo del diferencial. Los márgenes de disparo son los fijados en la **Tabla 8 y 9**.

La gráfica muestra el tiempo de reacción (t) del diferencial, cuando se deriva una corriente $I_{\Delta n}$.

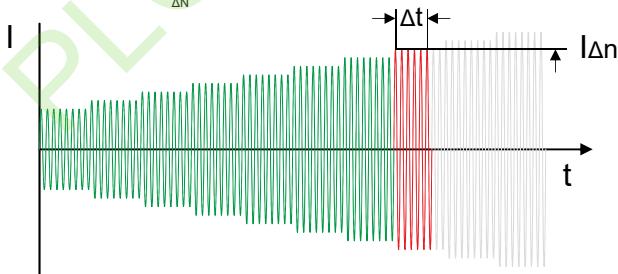


Figura 5. Rampa de disparo

Tipo	Símbolo	Margen disparo	Características	Ejemplo
AC		0,5 a 1 $I_{\Delta n}$	Para corriente alterna senoidal a frecuencia nominal de 50 o 60 Hz.	
A		0,35 a 1,4 $I_{\Delta n}$	Para corriente alterna senoidal y pulsantes. Debe admitir en funcionamiento normal hasta 6 mA en corriente continua.	
F			Para corriente alterna senoidal y pulsantes. Debe admitir en funcionamiento normal hasta 10 mA en corriente continua y frecuencia hasta 1 kHz.	
B		0,5 a 2 $I_{\Delta n}$	Para corriente alterna senoidal, pulsantes, corriente continua pura y frecuencias de hasta 1 kHz.	

Tabla 8. Características de los diferenciales

Tipo		Tipo AC	Tipo A / F	Tipo B
10 mA	Mínima	5 mA	3,5 mA	5 mA
	Máxima	10 mA	14 mA	20 mA
30 mA	Mínima	15 mA	10,5 mA	15 mA
	Máxima	30 mA	42 mA	60 mA
100 mA	Mínima	50 mA	35 mA	50 mA
	Máxima	100 mA	140 mA	200 mA
300 mA	Mínima	150 mA	105 mA	150 mA
	Máxima	300 mA	420 mA	600 mA
500 mA	Mínima	250 mA	175 mA	250 mA
	Máxima	500 mA	700 mA	1000 mA

Tabla 9. Margen de disparo para los ensayos de los interruptores diferenciales dependiendo del tipo de señal

Esta gráfica muestra tres zonas bien diferenciadas:

La **zona roja**, indica que superada esta, el diferencial **debe disparar obligatoriamente**.

La **zona naranja**, indica el **margen de tolerancia** que tiene el diferencial para desconectar.

La **zona verde**, indica que en esta franja al hacer las pruebas del diferencial que corresponda **no debe dispararse**.

$I_{\Delta 0}$: Zona límite de no intervención.

$I_{\Delta n}$: Zona inicial de intervención segura.

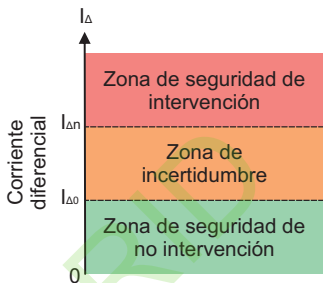


Figura 6. Zonas de intervención

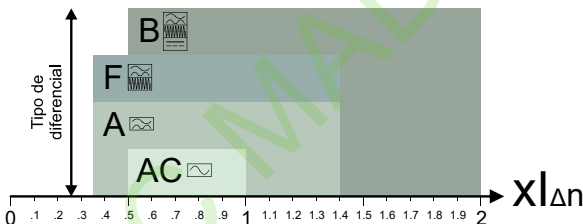


Figura 7. Rangos de disparo y tipo de diferencial en función del nivel de distorsión de la instalación eléctrica.

Resistencia de tierra R_E

Una buena resistencia de tierra es de vital importancia cuando se emplean diferenciales. Si la resistencia de tierra resulta muy alta, aparecerán tensiones de contacto de alto valor al tocar partes conductoras accesibles de cargas con fallos de aislamiento. Esta tensión representa un riesgo importante de descarga eléctrica. En consecuencia siempre que los valores de las tensiones de contacto sean altos, deberá medirse la tierra y en su caso tomar las medidas oportunas para mejorar su valor.

5.1. Prueba de tiempos de disparo



www.plcmadrid.es/mer/diferencial_1



www.plcmadrid.es/mer/diferencial_2



1. Paso a paso



2. Automático

El objeto de esta medida es comprobar que el dispositivo de protección empleado para la protección frente a los contactos indirectos funciona dentro de los márgenes de tiempo de disparo $t\Delta$ indicados en la norma en función del tipo de diferencial (ver **Tabla 8**). Para ello en primer lugar se prueba a **1/2xI Δ** posteriormente **1xI Δ** , **2xI Δ** , **5xI Δ** y **automático**, y se debe cumplir que en el primer caso no se produce el disparo, mientras que en el resto de los casos el diferencial deberá dispararse y los valores deberán ajustarse a los indicados la **Tabla 9**.

Procedimiento:

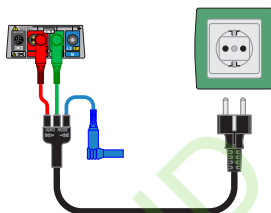
- Conexión del equipo.
Conectar el cable de prueba color **rojo** en el terminal del mismo color (**L1** o **Ⓢ**) y el **cable verde** en (**L2** o **X**)
- Secuencia de pruebas.
Conectar las puntas de prueba según indican la figuras.
- Configuración del equipo, lectura e interpretación.

Prueba de tiempos de disparo

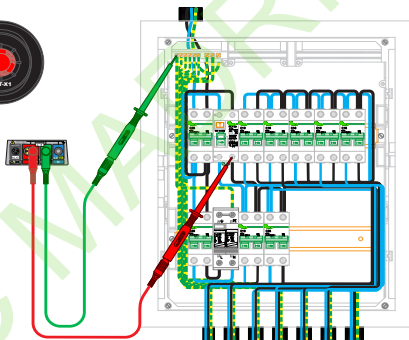
Conexionado



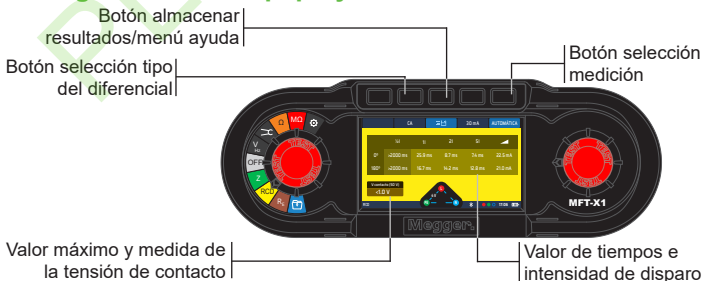
Configuración de los terminales del equipo de medida y conexión en una toma schuko y el selector en el tiempo o método a emplear



Configuración de los terminales del equipo de medida y conexión en un cuadro general de mando y protección y el selector en el tiempo o método a emplear



Configuración del equipo y lectura de la medida



Ejemplo de aplicación:

Se pretende realizar la prueba de tiempos de disparo de un interruptor diferencial tipo “AC” de una sensibilidad de 30 mA y una intensidad nominal de 40 A.

1º Paso: Realizar y anotar las mediciones en cada una de las intensidades.

Valor de la corriente de prueba	Corriente de disparo I_{Δ}	Tiempo de disparo t_{Δ}
$1/2 \times I_n$	15 mA	No dispara
$1 \times I_n$	30 mA	180 ms
$2 \times I_n$	60 mA	96 ms
$5 \times I_n$	150 mA	40 ms

2º Paso: Comparar estos valores con los de la tabla.

Tipo	$I_{\Delta N}$ (A)	Tiempos de intervención para $I_{\Delta N}$ igual a:		
AC 	Cualquiera	$I_{\Delta N} \times 1$	$I_{\Delta N} \times 2$	$I_{\Delta N} \times 5$
Tiempo de intervención máximo		0,3 s	0,15 s	0,04 s

Se puede observar comparando las 2 tablas que los tiempos de disparo anotados son iguales o inferiores a los que indica la norma:

$1/2 \times I_n$: el diferencial no dispara al aplicar una intensidad de la mitad del valor de su nominal.

$1 \times I_n$: el disparo se efectúa en menos de 300 milisegundos.

$2 \times I_n$: el disparo se efectúa en menos de 150 milisegundos.

$5 \times I_n$: el disparo se efectúa en menos de 40 milisegundos.

Los valores de disparo se encuentran por debajo de los valores de la tabla, por lo tanto el diferencial cumple los tiempos de disparo.

5.2. Prueba de corriente de disparo en rampa



www.plcmadrid.es/mer/diferencial_3



El objeto de esta medida es comprobar que la corriente de disparo I_{Δ} del diferencial está dentro de los valores admitidos por la norma en función del tipo de diferencial.

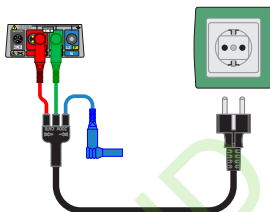
Procedimiento:

- Conexión del equipo.
Colocar el cable de prueba color rojo en el terminal del mismo color (L1 o ©) y el cable verde en (L2 o X).
- Secuencia de pruebas.
Conectar las puntas de prueba según indican la figuras.
- Configuración del equipo, lectura e interpretación.

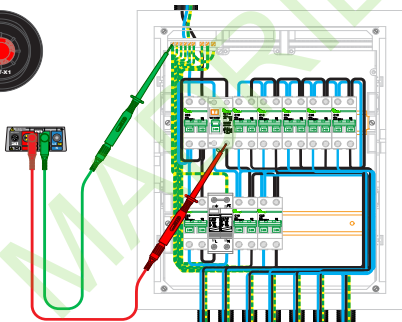
Conexionado



Configuración de los terminales del equipo de medida y conexión en una toma schuko



Configuración de los terminales del equipo de medida y conexión en un cuadro general de mando y protección, para diferenciales tipo A, F o B es necesario utilizar los 3 cables de comprobación.



Configuración del equipo y lectura de la medida



6

MEDIDA DE SECUENCIA DE FASES

¿Por qué se debe hacer?

El motivo de esta medida es asegurar la correcta secuencia de fases en las redes trifásicas, con el fin de conectar adecuadamente máquinas y motores trifásicos como compresores, ventiladores, extractores, etc., que requieren una secuencia de fases determinada para su correcto funcionamiento, pudiendo dañarse en caso de conectarse con la secuencia inversa. Por ese motivo tiene gran importancia realizar esta medida.

¿Quién debe hacerla?

Deberá ser realizada siempre por la empresa instaladora en baja tensión.

¿Cuándo se debe hacer?

Antes de la puesta en servicio de cualquier tipo de máquinas y motores trifásicos como compresores, ventiladores, extractores, etc.

¿Cómo se realiza la medida?

Se realiza **CON TENSIÓN**, por tanto habrá que considerar todas las normas de seguridad aplicables a trabajos en tensión. Para su realización será necesario un equipo comprobador de secuencia de fases o equipo multifunción.



La medida se realiza de forma comparativa con respecto a un punto del sistema. El equipo multifunción compara las tres tensiones entre fases en relación con el desfase entre ellas, determinando de esa forma su secuencia.

6. Medida de secuencia de fases



www.plcmadrid.es/mer/secuencia



Procedimiento:

En primer lugar, debemos medir la secuencia en un punto de la instalación, donde se precise una secuencia determinada, que conocemos por la secuencia que nos obliga la máquina o motor que se precisa conectar.

Para ello solo es preciso colocar cada uno de los terminales del equipo, respetando los colores según se indica en el dibujo en cada uno de las fases, y presionar el pulsador de TEST, verificándose dicha secuencia, si esta es directa, la pantalla nos mostrará el valor de la tensión y L1, L2, L3, y en cualquier otro caso sentido inverso.

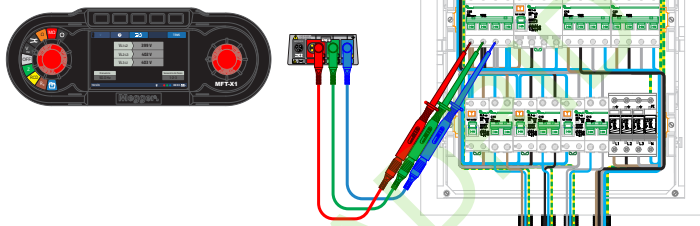
En caso de ser necesario, se repite la medición en el resto de tomas o puntos desconocidos y se comparan resultados.

Si en algún caso la secuencia resultara inversa, y fuese necesario se deberán intercambiar conductores de fase.

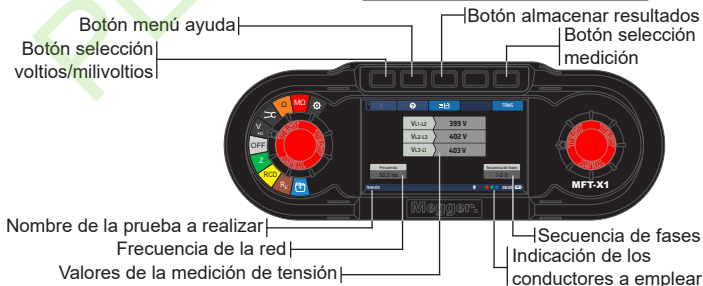
Conexionado

Configuración de los terminales del equipo de medida y conexión a la línea a testear

Respetar el código de colores para efectuar una medida correcta.



Configuración del equipo y lectura de la medida



7

MEDIDA DE CORRIENTE DE FUGA

¿Por qué se debe hacer?

Esta prueba se realiza para garantizar la seguridad de las personas, comprobar el correcto funcionamiento de los dispositivos de protección y conocer las corrientes de fuga de las instalaciones a verificar.

Las corrientes de fuga son habituales en muchos receptores en condiciones normales de funcionamiento derivan una cierta corriente desde los conductores de alimentación hacia el conductor de protección (PE).

Dependiendo del número de receptores, la suma de estas corrientes de fuga puede provocar el disparo de los diferenciales, por tanto, se debe tratar de repartir los receptores que provocan fugas en distintos diferenciales.

¿Quién debe hacerla?

Deberá ser realizada siempre por la empresa instaladora en baja tensión.

¿Cuándo se debe hacer?

Antes de la puesta en servicio de cualquier instalación, ya sea nueva, modificación, ampliación o reforma.

¿Cómo se realiza la medida?

Se realiza **CON TENSIÓN**, por tanto habrá que considerar todas las normas de seguridad aplicables a trabajos en tensión. Para realizar esta medida, es preciso disponer de una pinza detectora de fugas con una resolución mejor o igual a 1mA.



Se debe verificar que la intensidad de fuga (I_f) total de los circuitos agrupados aguas abajo a cada diferencial no superan los valores indicados en la norma UNE-HD 60.364-5-53 cumpliéndose que $I_f \leq I_{\Delta} \times 0,3$, o lo que es lo mismo, que la (I_f) no supere nunca, el 30% del valor de la intensidad de sensibilidad corriente (I_{Δ}) del diferencial.

7. Medida de corrientes de fugas



www.plcmadrid.es/mer/fuga

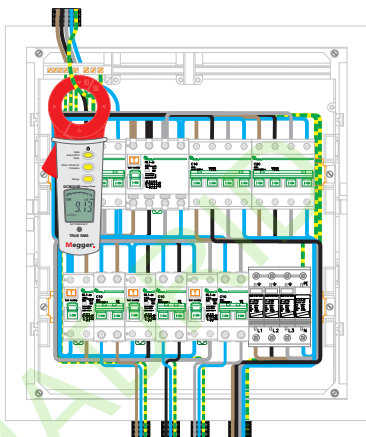
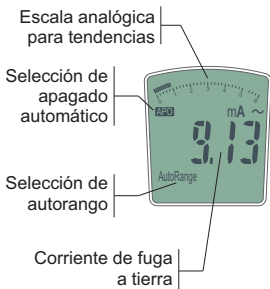


Tipo de receptor	Imagen	Corriente de fuga
Equipos informáticos (PC, impresoras, fotocopidora etc.)		0,5 a 2 mA
Electrodomésticos de pequeña potencia (< 1000W)		0,5 a 0,75 mA
Electrodomésticos de potencia elevada (> 1000W)		1 a 3,5 mA
Lámparas led		0,1 a 0,4 mA
Balastos electrónicos		0,2 a 0,5 mA
Equipo de climatización		2 mA / kW

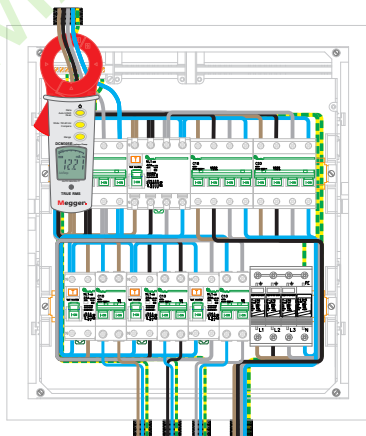
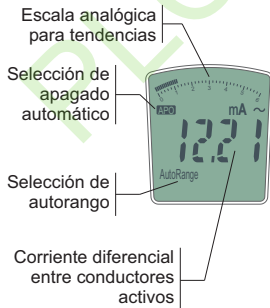
Tabla 10. Valores orientativos de corriente de fuga

Conexionado

Abrazando el conductor de tierra con la pinza de fugas.



Abrazando los conductores de fase o fases y neutro (conductores activos) con la pinza de fugas.



Ejemplo de aplicación

Se verifica un I.Diferencial de una sensibilidad de 30 mA de I_{Δ} que alimenta 4 circuitos y desde cada uno de ellos se mide una fuga de 2 mA.

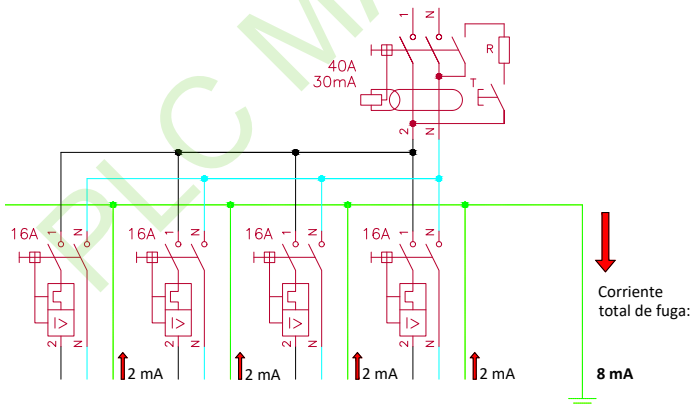
Para verificar que el diferencial cumple con la norma UNE-HD 60364-5-53 siendo la suma de la fuga máxima permitida para ese ramal del 30 % de la I_{Δ} .

¿Es correcto un I.Diferencial de estas características?

- El 30 % de 30 mA es 9 mA.
- La fuga total será: 2 mA x 4 circuitos = 8 mA < 9 mA

Se cumple la ecuación:

- $I_f \leq I_{\Delta} \times 0,3$; 8 mA $\leq$ 9mA.



8

MEDIDA DE AISLAMIENTO DE SUELO Y PAREDES

¿Por qué se debe hacer?

Esta verificación se realiza para comprobar los valores de aislamiento de las paredes y suelos, garantizan la seguridad frente a contactos indirectos en aquellos lugares donde la protección contra contactos indirectos se llevan a cabo a través de suelos y paredes no conductores (UNE-HD 60364-4-41 y la ITC BT 24 - 4.3).

Se trata de que en caso de producirse un defecto de aislamiento entre las partes activas, se prevenga el contacto simultáneo con partes que puedan estar a tensiones diferentes, utilizando para ello suelos y paredes aislantes con una resistencia:

Resistencia	Tensión de la instalación
> 50 K Ω	Inferior a 500 V
> 100 K Ω	Superior a 500 V

Tabla 11. Valores de resistencia de suelo o pared aislantes

¿Quién debe hacerla?

Esta verificación deberá ser realizada siempre por la empresa instaladora autorizada.

¿Cuándo se debe hacer?

Antes de la puesta en servicio de cualquier instalación, ya sea nueva, modificación, ampliación o reforma.

¿Cómo se realiza la medida?

Esta verificación se debe realizar SIN TENSIÓN, y para su realización será necesario un medidor de aislamiento o megaóhmetro o equipo multifunción, estos instrumentos debe ser capaz de proporcionar una tensión de al menos 500 V en instalaciones de tensión nominal menor de 500 V o bien 1000V para instalaciones de tensión nominal superiores a 500 V.

Las corrientes inyectadas son de bajo valor, pero al menos de 1 mA.

8. Medida de resistencia de suelo y paredes



www.plcmadrid.es/mer/sueloypared



Procedimiento:

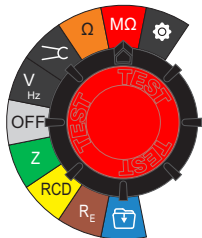
1.- Para asegurar el contacto eléctrico, se colocará un trapo húmedo con una superficie superior a la plancha metálica de 250 mm, entre el electrodo y el suelo a medir, aplicando una fuerza de 75 Kg para el caso del suelo y 25 Kg para la pared.

2.- Con el selector izquierdo en RISO y en la escala de 500 V, procederemos a realizar la medición de suelo y posteriormente pared.

Se recomienda realizar la medición usando ambas polaridades en la tensión de prueba, invirtiendo para ello las puntas de prueba, tomando su valor medio como válido.

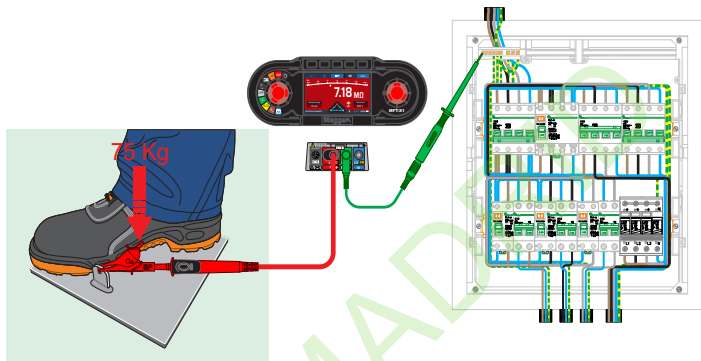
Recordar que en nuestro caso, los valores de resistencia deben ser superiores a 50 K Ω .

El valor de la resistencia resulta entre una plancha metálica de prueba, de 250 mm de lado y el conductor de protección, accesible fuera de la estancia no conductora que se desea medir.

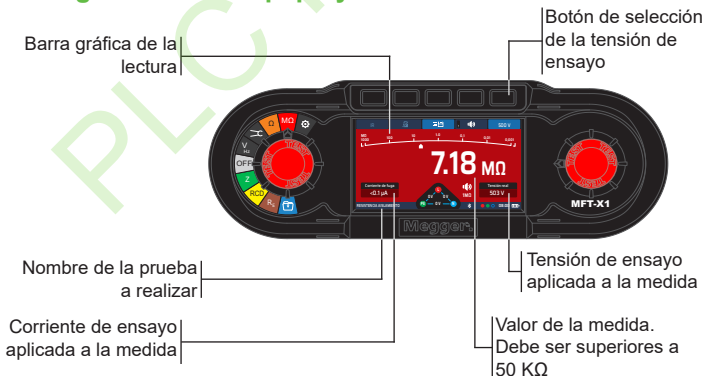


Conexionado

Configuración de los terminales del equipo de medida y conexión en el electrodo.

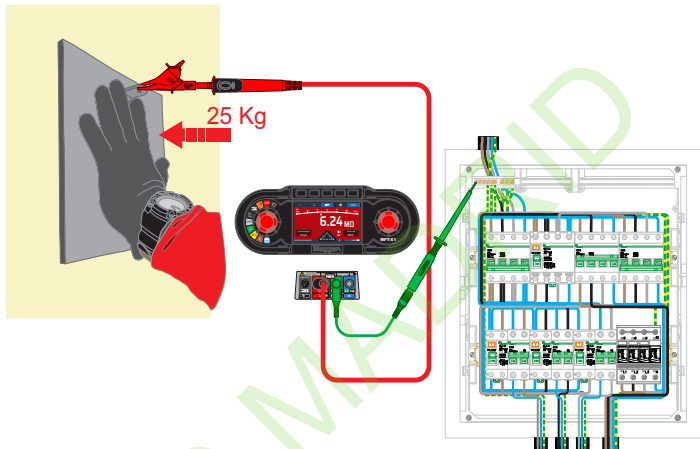


Configuración del equipo y lectura de la medida

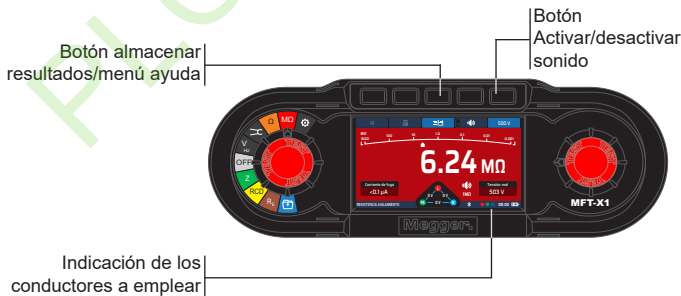


Conexionado

Configuración de los terminales del equipo de medida y conexión en el electrodo.



Configuración del equipo y lectura de la medida



MEDIOS TÉCNICOS MÍNIMOS REQUERIDOS PARA LAS EMPRESAS INSTALADORAS EN BAJA TENSIÓN (ITC-BT-03)

CATEGORÍA ESPECIALISTA	CATEGORÍA BÁSICA	1	Detector de tensión	
		2	Equipo verificador de la continuidad de conductores	
		3	Medidor de aislamiento, según ITC-BT 19 (MEGGER)	
		4	Telurómetro (MEDIDOR DE TIERRA)	
		5	Equipo verificador de la sensibilidad de disparo de los interruptores diferenciales, capaz de verificar la característica intensidad-tiempo	
		6	Medidor de impedancia de bucle, con sistema de medición independiente	
		7	Multímetro o tenaza	
		8	Medidor de corrientes de fugas, con resolución mejor o igual que 1 mA (PINZA DETECTORA DE FUGAS)	
		9	Analizador-registrador de potencia y energía para corriente alterna trifásica	
		10	Herramientas comunes, equipos y medios de protección individual	
		11	Luxómetro con rango de medida adecuado para alumbrado de emergencia	
		12	Cámara termográfica	Instrumentación complementaria recomendada por PLC Madrid
		13	Simulador vehículo eléctrico	
		14	Pinza fotovoltaica	
		15	Analizador de redes, de armónicos y perturbaciones de red	
		16	Electrodos de medida de aislamiento de los suelos	Elementos auxiliares de medición
		17	Aparato comprobador del dispositivo de vigilancia del nivel de aislamiento de los quirófanos	

(Gentileza de Megger)



Comprobador Multifunción MFT



Pinza detectora de fugas



Simulador VE



Amplie información

Antes de la puesta en servicio todas las instalaciones deberán ser verificadas por la empresa instaladora (Realizar las medidas eléctricas según norma UNE-HD 60364-6). Siendo esta la encargada y responsable de las mismas.

LA NUEVA GENERACIÓN
HA LLEGADO

MFT-X1



plcmadrid.es/equipoinstalador

**LA ÚLTIMA GENERACIÓN
DE COMPROBADORES DE
INSTALACIONES**

Megger[®]

PLC MADRID

El portal del instalador electricista

Servicio de Gestión al instalador

Ofrecemos el mejor servicio integral para el instalador electricista.

sgi@plcmadrid.es



Librería electrotécnica

Librería especializada para estudiantes y profesionales de la electricidad.

info@libreriaplcmadrid.es



SOFIA

Software para la realización de certificados de instalaciones eléctricas.

sofia@plcmadrid.es



La tienda del instalador electricista

Tu tienda on-line

www.elinstaladorelectricista.es



Cursos especialmente pensados para el profesional de la electricidad
Grupos reducidos - Horarios flexibles: Mañanas, tardes, noches, fines de semana
servicio de asesoramiento técnico a profesionales