

Tierra Física

Métodos de comprobación de conexión a tierra física

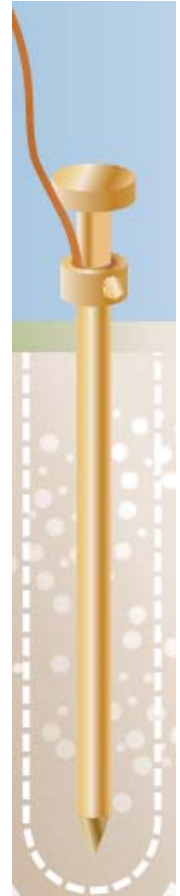
Cualquier instrumento conectado a una alimentación eléctrica está expuesto a descargas electrostáticas, interferencia electromagnética, descargas atmosféricas y errores humanos. Dichos sucesos ponen en riesgo principalmente la integridad humana y el patrimonio.

Tierra Física es una conexión real a la tierra. La puesta a tierra física es la unión eléctrica directa de parte del circuito eléctrico y u o partes no conductoras no pertenecientes al mismo, a una toma de tierra, mediante conductores eléctricos.

Muchos de los errores de instrumentación, distorsión de armónicas y problemas de factor de potencia. Son debidos a un ineficaz sistema de conexión a tierra.

La resistividad del terreno, el estado de la varillas de conexión a tierra y las conexiones, con el tiempo y el cambio de climas sufren cambios que modifican la resistividad de la conexión a tierra física. Para verificar el estado de dicha resistividad se cuentan con varios métodos para diferentes tipos de sistemas de conexión a tierra física.

En esta edición del boletín de La Guía MetAs, se presentan extractos de documentos editados por Fluke (2006), ya que consideramos dicha información muy útil en aplicaciones de metrología.



Somos su Relevo a la Calidad

La Guía MetAs, es el boletín periódico de MetAs & Metrólogos Asociados.

En *La Guía MetAs* se presentan noticias de la metrología, artículos e información técnica seleccionada por los colaboradores de MetAs & Metrólogos Asociados, que deseamos compartir con nuestros colegas, usuarios, clientes, amigos y con todos aquellos relacionados con la metrología técnica e industrial.

Calle: Jalisco # 313. Colonia: Centro
49 000, Cd. Guzmán, Zapotlán El Grande, Jalisco, México
Teléfono & Fax: 01 (341) 4 13 61 23 & 4 14 69 12 con tres líneas
E-mail: laguiametas@metas.com.mx. Web: www.metas.com.mx

Servicios Metrológicos:

Laboratorio de Calibración:

Presión, Alto Vacío, Temperatura, Humedad, Eléctrica, Vibraciones, Masa, Densidad, Volumen y Óptica

Ingeniería:

Selección de Equipos, Desarrollo de Sistemas de Medición y Software, Reparación y Mantenimiento

Gestión Metrológica:

Subcontratación de Servicios, Outsourcing, Selección de Proveedores, Confirmación Metrológica

Consultoría:

Capacitación, Entrenamiento, Asesoría, Auditorías, Ensayos de Aptitud, Sistemas de Calidad

Conexión a tierra física

Según el artículo 100 del NEC (National Electrical Code), tierra física es “una conexión conductora, ya sea intencional o accidental, entre un circuito eléctrico o equipo y la tierra”.

La razón del uso de una conexión a una tierra física, es la protección contra una descarga eléctrica. El sistema de puesta a tierra evita diferencias de potencial manteniendo una tensión de cero volts en las masas metálicas de la instalación, permite el paso de corriente de fuga de los receptores electrónicos y se tiene una referencia nula en los instrumentos de la instalación y en señales de datos.

Al hablar con respecto a la conexión a tierra física, en realidad se está hablando de dos temas diferentes: conexión a “tierra física” y conexión a “tierra física del equipo”. La conexión a “tierra física” es una conexión intencional desde un conductor del circuito, por lo general, el neutro, a un electrodo de tierra física colocado en la tierra. La conexión a “tierra física del equipo” asegura que el equipo operativo dentro de una estructura esté correctamente conectado a tierra física.

Valor de la resistencia de conexión a tierra física

Idealmente una conexión a tierra física debe tener una resistencia de cero ohms. No existe un valor normalizado de resistencia de conexión a tierra física que sea reconocido por todas las agencias. Sin embargo, la NFPA (National Fire Protection Association) y el IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) han recomendado un valor de resistencia de conexión a tierra física de 5,0 ohms o menos. La practica recomendada IEEE 142 (1991) “Prácticas recomendadas para la conexión a tierra de sistemas eléctricos industriales y comerciales” sugiere una resistencia de la toma de tierra entre 1 y 5 ohms para sistemas comerciales o industriales de gran tamaño. El NEC ha indicado lo siguiente: “Asegúrese de que la impedancia del sistema a la conexión a tierra física sea de menos de 25 ohms, tal como se especifica en NEC 250.56 (1987). En instalaciones con equipo sensible, debe ser de 5,0 ohms o menos.” La industria de las telecomunicaciones con frecuencia ha utilizado 5,0 ohms o menos como su valor para conexión a tierra física y unión.

AFECTACIONES DE LA RESISTENCIA DE CONEXIÓN A TIERRA FÍSICA

El código NEC 250-83-3 (1987) nos indica que el electrodo de tierra física debe de tener un contacto con el terreno una mínima longitud de 2,5 metros (8,0 pies). Sin embargo, existen cuatro variables que afectan la resistencia de la conexión a tierra física de un sistema de conexión a tierra física:

1. Longitud y profundidad del electrodo de tierra física;
2. Diámetro del electrodo de tierra física;
3. Número de electrodos de tierra física;
4. Diseño del sistema de conexión a tierra física.

Tierra física

Longitud y profundidad del electrodo de tierra física

Una manera muy eficaz de disminuir la resistencia de la conexión a tierra física es logrando que los electrodos a conexión a tierra física tengan una mayor profundidad. El terreno no tiene una resistividad constante, y puede ser muy impredecible. Resulta crítico al instalar el electrodo de tierra física que éste se encuentre debajo de la línea de congelamiento. Esto se hace para que la resistencia a la tierra física no se vea demasiado influenciada por el congelamiento del terreno circundante. Por lo general, al duplicar la longitud del electrodo de tierra física, es posible reducir el nivel de resistencia en un 40 % adicional. Hay ocasiones en las que es físicamente imposible colocar las varillas de conexión a tierra física a una profundidad mayor; se trata de áreas compuestas de roca, granito, etc. En estos casos, son viables métodos alternativos, que incluyen el uso de cemento de conexión a tierra física.

Diámetro del electrodo de tierra física

El aumento del diámetro del electrodo de tierra física tiene muy poco efecto en disminuir la resistencia. Por ejemplo, es posible duplicar el diámetro de un electrodo de tierra física, y la resistencia sólo disminuiría en un 10 %.

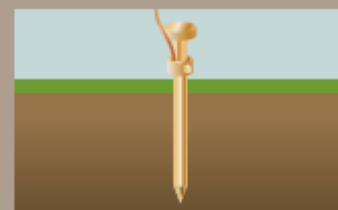
Número de electrodos de tierra física

Otra manera de disminuir la resistencia de conexión a tierra física es utilizar varios electrodos de tierra física. En este diseño, se coloca más de un electrodo en la tierra, y se lo conecta en paralelo, a fin de reducir la resistencia. Para que los electrodos adicionales resulten eficaces, el espaciado de las varillas adicionales debe ser al menos igual a la profundidad de la varilla colocada. Sin un espaciado correcto de los electrodos de tierra física, sus esferas de influencia se interceptarán, y no se disminuirá la resistencia.

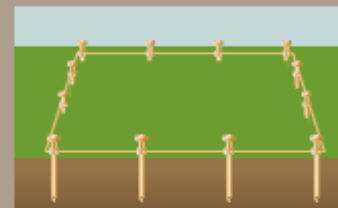
Diseño del sistema de conexión a tierra física

Los sistemas simples de conexión a tierra física constan de un único electrodo de tierra física colocado en el terreno. El uso de un único electrodo de tierra física es la forma más común de realizar dicha conexión a tierra física, y puede encontrarse fuera de su casa o lugar de trabajo. Los sistemas complejos de conexión a tierra física constan de varias varillas de conexión a tierra física conectadas entre sí, de redes en malla o retícula, de placas de conexión a tierra física, y de bucles de conexión a tierra física. Estos sistemas típicamente se instalan en las subestaciones de generación de energía eléctrica, oficinas centrales y sitios de torres celulares. Las redes complejas aumentan drásticamente la cantidad de contacto con la tierra circundante, y disminuyen las resistencias de conexión a tierra física.

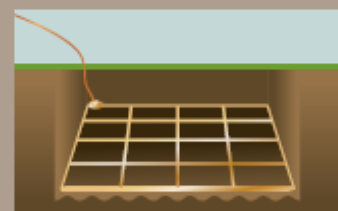
Sistemas de conexión a tierra física



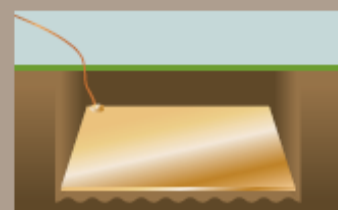
Electrodo único de conexión a tierra física



Varios electrodos de tierra física conectados entre sí



Red de malla



Placa de conexión a tierra física

Resistencia de conexión a tierra física

MÉTODOS DE MEDICIÓN DE TIERRA FÍSICA

Comprobación del conductor de tierra

Antes de medir la resistencia de la toma de tierra, es recomendable verificar la buena conexión eléctrica del conductor de tierra desde el propio electrodo hasta el borne principal de tierra. La mayoría de los telurómetros (medidores que emplean el método de caída de potencial) incorporan la medida de resistencia eléctrica a dos hilos y disponen de una buena resolución para esta prueba, por lo que resultan perfectos para la tarea. El valor de resistencia eléctrica desde el borne principal de tierra hasta el electrodo deberá ser inferior a 1 ohm.

Medición de la resistividad del terreno

Para determinar el diseño del sistema de conexión a tierra física es necesario conocer la resistividad del terreno. El terreno raras veces es homogéneo y la resistividad del terreno varía geográficamente y a diferentes profundidades y a diferentes ambientes.

El funcionamiento básico de los instrumentos para comprobar la resistividad del terreno, utiliza en línea recta sobre el terreno cuatro estacas de conexión a tierra física, equidistantes entre si. La distancia entre las estacas de conexión a tierra física debe ser de al menos tres veces mayor que la profundidad de la estaca. De modo que si la profundidad de cada estaca de conexión a tierra física es de 0,30 metros (1 pie), la distancia entre estacas sea mayor 0,91 metros (3 pies). El instrumento genera una corriente conocida a través de las dos estacas externas de conexión a tierra física y la caída del potencial de voltaje se mide entre las dos estacas internas de conexión a tierra física. Usando la ley de Ohm ($V = I \cdot R$), el comprobador calcula automáticamente la resistividad del terreno.

Se recomienda tomar mediciones adicionales en donde los ejes de las estacas se gire 90 grados. Al cambiar la profundidad y la distancia varias veces, se produce un perfil que puede determinar un sistema apropiado de resistencia del terreno. La mayoría de los comprobadores utilizan un sistema de control automático de frecuencia con el objetivo de lograr una menor cantidad de ruido, permitiendo obtener una lectura clara.

Terrómetro

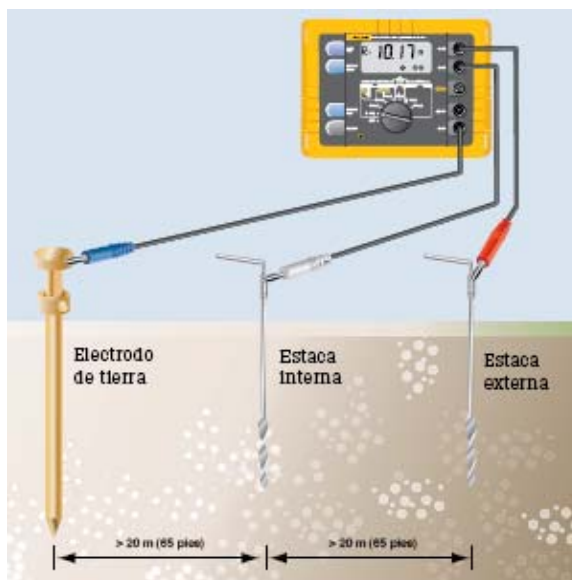
También conocido como telurómetro o medidor de tierra, son utilizados para medir la resistividad del suelo, ver La Guía MetAs (2006-01) referente a Medidores de Aislamiento Eléctrico.

Método de caída de potencial

El método de comprobación de caída de potencial es el método “tradicional” que se utiliza para medir la capacidad de un sistema de conexión a tierra física o un electrodo individual para disipar la energía de un sitio, y es el método que utilizan los equipos conocidos como “telurómetros”.

El telurómetro requiere de tres conexiones para realizar la medida de la resistencia de la toma de tierra, si bien los medidores más precisos pueden re-

Métodos de comprobación de conexión a tierra física



querir de una cuarta conexión para eliminar del resultado de la medida la resistencia de los propios cables de prueba.

En primer lugar, el electrodo de interés de conexión a tierra física debe desconectarse de su conexión al sitio. En segundo lugar, se conecta el comprobador al electrodo de tierra. Luego, para realizar la comprobación de caída de potencial de 3 polos, se colocan dos estacas de conexión a tierra en el terreno, en línea recta-alejadas del electrodo de tierra. Normalmente, alcanza con un espaciamiento de 20 metros (65 pies).

El telurómetro genera una corriente conocida entre la estaca externa (estaca auxiliar de conexión a tierra) y el electrodo de tierra, mientras que se mide el potencial de caída de tensión de tensión entre la estaca interna de tierra y el electrodo de tierra. Utilizando la ley de Ohm ($V = I \cdot R$), el comprobador calcula automáticamente la resistencia del electrodo de tierra. Si este electrodo de tierra física está en paralelo o en serie con otras varillas de conexión a tierra física, el valor de resistencia desplegado en el medidor resulta ser el valor total de todas las resistencias.

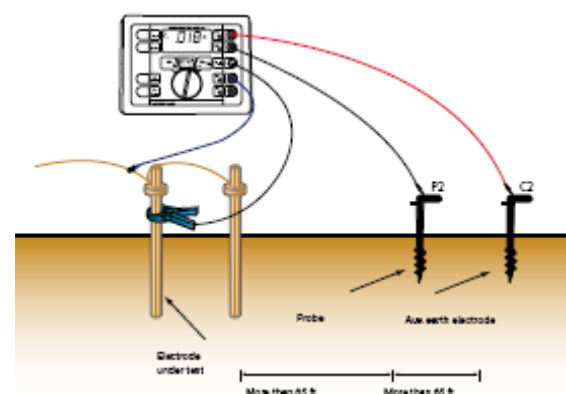
La estaca interna debe de estar fuera de la esfera de influencia del electrodo de tierra física bajo comprobación y la conexión auxiliar a tierra, de lo contrario las áreas eficaces de resistencia se superpondrán e invalidarán cualquier medición que estuviera obteniendo. Para comprobar la exactitud de los resultados y asegurar que las estacas de conexión a tierra física estén fuera de las esferas de influencia, modifique la posición de la estaca interna 0.91 metro (3 pies) en cualquier dirección y realice una nueva medición. Si hay un cambio significativo en la lectura (30 %), necesitará aumentar la distancia entre la varilla de conexión a tierra física bajo comprobación, la estaca interna y la estaca externa (conexión auxiliar a tierra física) hasta que los valores medidos permanezcan bastante constantes al modificar la posición de la estaca interna.

Métodos de comprobación de conexión a tierra física

Método selectivo

El método selectivo es una variante del método de caída del potencial y puede encontrarse en medidores de resistencia de tierra de gama alta. Los medidores que incluyen esta función pueden medir la resistencia de tierra en cualquiera sistema sin desconectarlo de la instalación. Esto significa que no es necesario esperar a poder interrumpir el suministro de energía para realizar la prueba, ni someterse a los riesgos para la seguridad que supone desconectar el electrodo de un sistema bajo tensión.

Tanto el método de caída de potencial como el método selectivo utilizan estacas para inyectar corriente y medir la caída de la tensión. Aplican las mismas reglas para la colocación de estas estacas que en el método de la caída de potencial. La comprobación selectiva utiliza un transformador de corriente (pinza amperimétrica) de gran sensibilidad y precisión para medir la corriente de prueba en el electrodo que se desea comprobar, sin necesidad de desconectarlo de la instalación. El medidor selectivo emplea un filtro digital en la medida de corriente para reducir los efectos de las posibles corrientes fantasma.



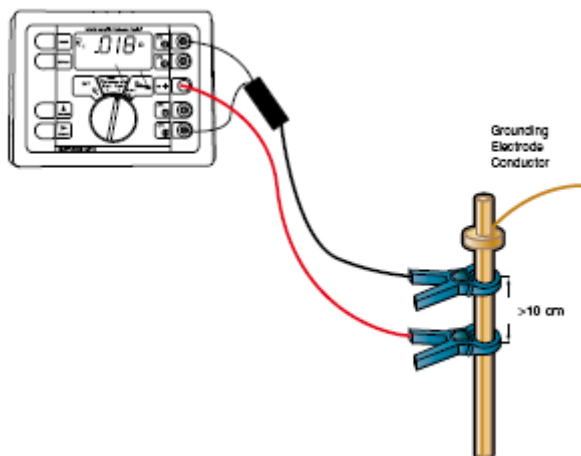
Medición sin estacas (picas)

Esta técnica de comprobación elimina la actividad peligrosa y engorrosa de desconectar conexiones paralelas a tierra física, así como el proceso de encontrar ubicaciones idóneas para estacas auxiliares de conexión a tierra física. También puede realizar pruebas de conexión a tierra física en lugares como en el interior de edificios, en torres de alimentación eléctrica o en cualquier lugar en donde no tenga acceso al terreno mismo.

Con este método de prueba, se colocan dos pinzas alrededor de la varilla de conexión a tierra física o del cable de conexión, conectando cada una de ellas al comprobador. No se utiliza ninguna estaca de conexión a tierra física. Se induce una tensión conocida en una pinza y se mide la corriente utilizando la segunda pinza. El comprobador automáticamente determina la resistencia del bucle de tierra física en esta varilla de conexión a tierra física. Si sólo hay una ruta a la tierra, como en muchas situaciones residenciales, el método sin estacas no proporcionará un valor aceptable, y deberá usarse el método de prueba por caída de potencial.

El método funciona en base al principio de que en los sistemas conectados en paralelo o con varias conexiones de tierra física, la resistencia neta de todas las rutas de conexión a tierra física será extremadamente baja, en comparación con cualquier ruta individual (aquella bajo comprobación). Por lo tanto, la resistencia neta de todas las resistencias paralelas de la ruta de retorno es efectivamente cero. La medición sin estacas sólo mide las resistencias individuales de las varillas de conexión a tierra física en paralelo con los sistemas de conexión a tierra física. Si el sistema de conexión a tierra física no es paralelo a la tierra, entonces tendrá un circuito abierto, o bien, estará midiendo la resistencia del bucle de conexión a tierra física.

Métodos de comprobación de conexión a tierra física

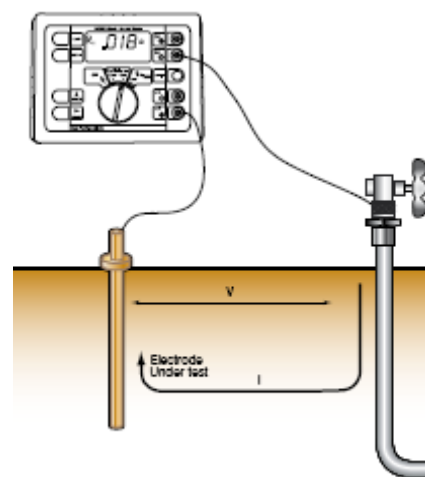


Método bipolar

El método bipolar utiliza un “electrodo auxiliar” cuya resistencia de toma de tierra se haya determinado con anterioridad y se establezca como buena (de bajo valor resistivo). Un ejemplo de electrodo auxiliar puede ser una tubería de agua en los alrededores de la instalación, pero lo suficientemente alejada de la misma. El medidor en este método simplemente mide la resistencia del circuito eléctrico formado por la toma de tierra del electrodo que se está comprobando, el electrodo auxiliar y los cables de medida. Si la resistencia de tierra del electrodo auxiliar es muy baja -lo que es probablemente cierto en tuberías de metal sin segmentos de plástico ni juntas aislantes-, y el efecto de los cables de medida es también pequeño, el valor de resistencia del circuito eléctrico corresponderá fundamentalmente al de la resistencia de la toma de tierra del electrodo bajo prueba. La resistencia de los cables de prueba se puede incluso eliminar del resultado final. Para ello basta con medir su resistencia previamente cortocircuitándolos en sus extremos. Aunque el método bipolar resulta cómodo de realizar, se deben extremar las precauciones, porqué:

- ✎ Una tubería de agua puede tener componentes de PVC, que aumentarían enormemente la resistencia de la tierra. En este caso, la lectura del método bipolar sería excesivamente elevada;
- ✎ Es posible que el electrodo auxiliar no se encuentre fuera del área de influencia del electrodo que se está comprobando. En este caso, la lectura puede ser inferior a la real.

Debido a las incógnitas que implica, esta técnica se recomienda únicamente cuando el sistema de conexión a tierra y el electrodo auxiliar se conocen a la perfección.



Métodos de comprobación de conexión a tierra física

Resumen de los métodos de medición de la resistencia de tierra		
	Ventajas	Desventajas
Caída de potencial	<ul style="list-style-type: none"> ✎ Ampliamente aceptado ✎ La medición es correcta cuando puede realizarse la curva característica 	<ul style="list-style-type: none"> ✎ Es necesario desconectar la tierra ✎ Puede ser difícil clavar las estacas ✎ Puede que no exista espacio alrededor del electrodo de la puesta a tierra para clavar las estacas
Método selectivo	<ul style="list-style-type: none"> ✎ No es necesario desconectar el electrodo ✎ Ampliamente aceptado ✎ La medición es correcta cuando puede realizarse la curva característica 	<ul style="list-style-type: none"> ✎ Puede ser difícil clavar las estacas ✎ Puede que no exista espacio alrededor del electrodo de la puesta a tierra para clavar las estacas
Método sin estacas	<ul style="list-style-type: none"> ✎ Comodidad 	<ul style="list-style-type: none"> ✎ Asume una ruta paralela de baja impedancia ✎ Posibilidad de obtener lecturas muy bajas al medir por error un lazo cableado
Método bipolar	<ul style="list-style-type: none"> ✎ comodidad 	<ul style="list-style-type: none"> ✎ Imposible juzgar la integridad del “electrodo auxiliar” ✎ No se puede estar seguro de encontrarse fuera del área de influencia

REFERENCIAS

- Fluke. (2006). Medida de la resistencia de la toma de tierra en edificios comerciales, residenciales y en plantas industriales. Fluke Corporation.
- Fluke. (2006). Resistencia de la Tierra Física. Fluke Corporation.
- IEEE. 142. (1991). Recommended Practice For Grounding of Industrial and Commercial Power Systems. Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- La Guía MetAs. (2006). Medidores de Aislamiento Eléctrico. 2006 - enero. Metrólogos Asociados.
- NEC 250. (1987). Article 250, Grounding National Electrical Code.