

FLUKE®

Resistencia de puesta a tierra



Principios, métodos de comprobación y aplicaciones

DIAGNOSTIQUE

problemas eléctricos intermitentes

EVITE

tiempos de inactividad innecesarios

APRENDA

los principios de seguridad de puesta a tierra

INTRONICA

Intronica es representante de Fluke en Chile.



¿Por qué realizar una puesta a tierra y por qué medirla?

¿Por qué realizar una puesta a tierra?

Una puesta a tierra deficiente no solo contribuye al aumento de los tiempos de inactividad innecesarios, sino que su inexistencia es, además, peligrosa y aumenta el riesgo de fallas en el equipo.

Sin un sistema de puesta a tierra eficaz, podríamos vernos expuestos a riesgos de descargas eléctricas, además de errores de instrumentación, problemas de distorsión de armónicos, problemas de factores de potencia y un sinnúmero de dilemas intermitentes. Si las corrientes de falla no cuentan con un sistema de puesta a tierra con el diseño adecuado y mantenido de manera acorde, encontrarán caminos no intencionados que podrían incluir a personas. Las siguientes organizaciones cuentan con recomendaciones o normas para la realización de una puesta a tierra a fin de garantizar la seguridad:

- OSHA (Administración de Salud y Seguridad Ocupacional)
- NFPA (Asociación Nacional de Protección Contra el Fuego)
- ANSI/ISA (Instituto Nacional Estadounidense de Estándares e Instrument Society of America)
- TIA (Asociación de la Industria de Telecomunicaciones)
- IEC (Comisión Electrotécnica Internacional)
- CENELEC (Comité Europeo de Normalización Electrotécnica)
- IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos)

Sin embargo, una buena puesta a tierra no solo sirve para la seguridad, sino que también se utiliza para evitar daños a plantas y equipos industriales. Un buen sistema de puesta a tierra mejorará la confiabilidad del equipo y reducirá la probabilidad de sufrir daños debidos a rayos o corrientes de fallas. Se pierden miles de millones de dólares cada año en el lugar de trabajo como consecuencia de incendios eléctricos. Y esta cifra ni siquiera incluye los costos relacionados de litigios, y la pérdida de la productividad personal y corporativa.

¿Por qué comprobar los sistemas de puesta a tierra?

Con el correr del tiempo, los terrenos corrosivos con un alto contenido de humedad, un alto contenido de sal y altas temperaturas pueden degradar las varillas de puesta a tierra y sus conexiones. De modo que, aunque el sistema de puesta a tierra cuando fue instalado inicialmente tenía valores bajos de resistencia de puesta a tierra, la resistencia del sistema de puesta a tierra puede aumentar si se corroen las varillas de puesta a tierra.

Los comprobadores de puesta a tierra, como la pinza de resistencia de tierra 1630-2 FC de Fluke, son herramientas indispensables para la resolución de problemas que lo ayudan a mantener el tiempo de funcionamiento. En el caso de los frustrantes problemas eléctricos intermitentes, el problema podría estar relacionado con una puesta a tierra deficiente o con la mala calidad eléctrica.

Por esta razón se recomienda encarecidamente verificar todos los sistemas y dispositivos de puesta a tierra al menos una vez al año como parte de su plan normal de mantenimiento predictivo. Durante estas verificaciones periódicas, si se mide un aumento en la resistencia de más del 20 %, el técnico deberá investigar el origen del problema y hacer la corrección para disminuir la resistencia, al reemplazar o agregar varillas de puesta a tierra al sistema de puesta a tierra.

¿Qué es una puesta a tierra y cuál es su propósito?

El Artículo 100 del NEC, Código Eléctrico Nacional, define una puesta a tierra como: "una conexión conductora, ya sea intencional o accidental, entre un circuito eléctrico o equipo y la tierra, o a algún cuerpo conductor que sirve en lugar de la tierra". Cuando hablamos de puesta a tierra, en realidad nos referimos a dos temas: la puesta a tierra y la puesta a tierra del equipo. La puesta a tierra es una conexión intencional desde un conductor del circuito, por lo general, el neutro, a un electrodo de puesta a tierra colocado en la tierra. La puesta a tierra del equipo asegura que el equipo operativo dentro de una estructura esté correctamente conectado a tierra física. Estos dos sistemas de puesta a tierra deben mantenerse separados, salvo en el caso de una conexión entre ambos sistemas. Esto impide diferencias en el potencial de tensión proveniente de un relámpago en caso de que caiga un rayo. El propósito de una puesta a tierra, además proteger a las personas, las plantas y los equipos, es proporcionar un camino seguro para la disipación de corrientes de falla, caídas de rayos, descargas estáticas, señales EMI y RFI, e interferencia.

¿Qué es un buen valor de resistencia de puesta a tierra?

Existe bastante confusión con respecto a lo que constituye una buena puesta a tierra y cuál debe ser el valor de la resistencia de puesta a tierra. Idealmente, una puesta a tierra debe tener una resistencia de cero ohmios.

No existe un único umbral estándar de resistencia de puesta a tierra que sea reconocido por todas las agencias. Sin embargo, la NFPA y la IEEE han recomendado un valor de resistencia de puesta a tierra de 5,0 ohmios o menos.

La NEC ha indicado lo siguiente: "Asegúrese de que la impedancia del sistema a la puesta a tierra sea de menos de 25 ohmios, tal como se especifica en NEC 250.56. En instalaciones con equipo sensible, debe ser de 5,0 ohmios o menos".

El sector de las telecomunicaciones con frecuencia ha utilizado 5,0 ohmios o menos como su valor para puesta a tierra y unión.

La meta en la resistencia de puesta a tierra es lograr el mínimo valor de resistencia de puesta a tierra posible que tenga sentido tanto económica como físicamente.



¿Por qué realizar una prueba?
Terrenos corrosivos.



¿Por qué realizar una puesta a tierra?
Caídas de rayos.



Utilice el modelo 1625-2 de Fluke para determinar el estado de sus sistemas de puesta a tierra.

Tabla de contenidos

2

¿Por qué realizar una puesta a tierra?
¿Por qué realizar una prueba?

4

Conceptos básicos de la puesta a tierra

6

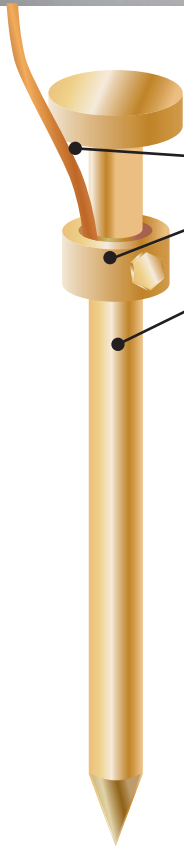
Métodos de comprobación de las puestas a tierra

12

Comprobación de la resistencia de puesta a tierra

Conceptos básicos de la puesta a tierra

Componentes de un electrodo de puesta a tierra

- 
- Conductor de puesta a tierra
 - Conexión entre el conductor de puesta a tierra y el electrodo de puesta a tierra
 - Electrodo de puesta a tierra

Ubicaciones de las resistencias

(a) El electrodo de puesta a tierra y su conexión

La resistencia del electrodo de puesta a tierra y de su conexión por lo general es muy baja. Las varillas de puesta a tierra por lo general están fabricadas de material altamente conductor y de baja resistencia, como acero o cobre.

(b) La resistencia de contacto de la tierra que rodea al electrodo

El Instituto Nacional de Normas (una agencia gubernamental dentro del Departamento de Comercio de los EE. UU.) ha demostrado que esta resistencia es casi insignificante, siempre y cuando el electrodo de puesta a tierra esté libre de pintura, grasa, etc., y que el electrodo de puesta a tierra esté en contacto firme con la tierra.

(c) La resistencia de la tierra circundante

El electrodo de puesta a tierra está rodeado por tierra que conceptualmente está compuesta de capas concéntricas de idéntico espesor. Dichas capas más cercanas al electrodo de puesta a tierra tienen la cantidad de área más pequeña, y por ende el mayor grado de resistencia. Cada capa subsiguiente incorpora una mayor área, lo cual resulta en una menor resistencia. Esto finalmente llega a un punto donde las capas adicionales ofrecen poca resistencia de puesta a tierra circundante al electrodo de puesta a tierra.

De modo que, tomando como base esta información, es necesario concentrarse en maneras de reducir la resistencia de puesta a tierra al instalar sistemas de puesta a tierra.

¿Qué afecta la resistencia de puesta a tierra?

En primer lugar, el código NEC (1987, 250-83-3) requiere que esté en contacto con el terreno una mínima longitud del electrodo de puesta a tierra de 2,5 metros (8 pies). Sin embargo, existen cuatro variables que afectan la resistencia de puesta a tierra de un sistema de puesta a tierra:

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

Longitud y profundidad del electrodo de puesta a tierra

Una manera muy eficaz de disminuir la resistencia de puesta a tierra es hincar los electrodos de puesta a tierra a una mayor profundidad. El terreno no tiene una resistividad constante, y puede ser muy impredecible. Resulta crítico al instalar el electrodo de puesta a tierra que este se encuentre debajo de la línea de congelamiento. Esto se hace para que la resistencia de puesta a tierra no se vea demasiado influida por el congelamiento del terreno circundante.

Por lo general, al duplicar la longitud del electrodo de puesta a tierra, es posible reducir el nivel de resistencia en un 40 % adicional. Hay ocasiones en las que es físicamente imposible hincar las varillas de puesta a tierra 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 puesta a tierra.

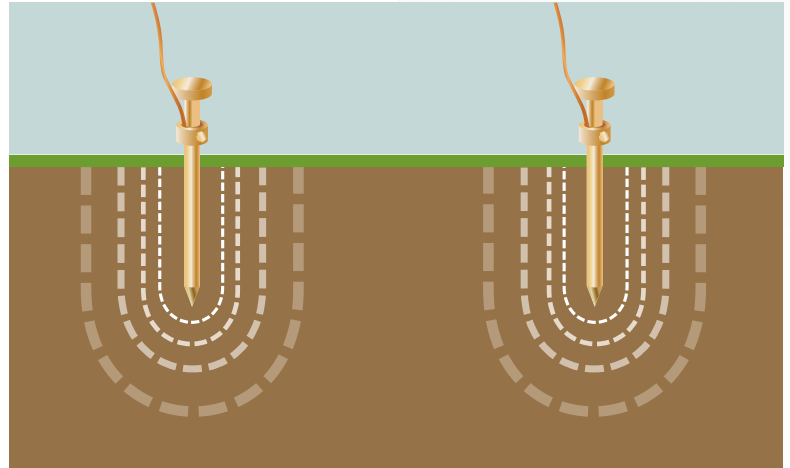
Diámetro del electrodo de puesta a tierra

El aumento del diámetro del electrodo de puesta a tierra tiene muy poco efecto en disminuir la resistencia. Por ejemplo, es posible duplicar el diámetro de un electrodo de puesta a tierra, pero la resistencia solo disminuiría en un 10 %.

Número de electrodos de puesta a tierra

Otra manera de disminuir la resistencia de puesta a tierra es utilizar varios electrodos de puesta a tierra. En este diseño, se hincan más de un electrodo en la tierra, y se los 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 hincada. Sin un espaciado correcto de los electrodos de puesta a tierra, sus esferas de influencia se interceptarán y no se disminuirá la resistencia.

Para asistirlo al instalar una varilla de puesta a tierra que cumpla con los requisitos específicos de resistencia, puede utilizar la tabla de resistencias de puesta a tierra que aparece a continuación. Recuerde, esta debe utilizarse únicamente como regla general, porque el terreno tiene capas y rara vez es homogéneo. Los valores de resistencia variarán enormemente.



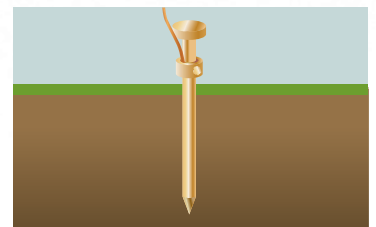
Cada electrodo de puesta a tierra tiene su propia "esfera de influencia".

Diseño del sistema de puesta a tierra

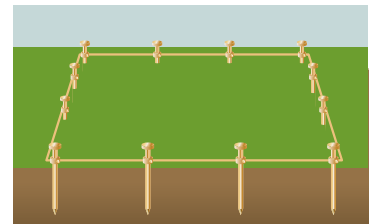
Los sistemas simples de puesta a tierra constan de un único electrodo de puesta a tierra hincado en el terreno. El uso de un único electrodo de puesta a tierra es la forma más común de realizar dicha puesta a tierra y puede encontrarse fuera de su casa o lugar de trabajo. Los sistemas complejos de puesta a tierra constan de varias varillas de puesta a tierra conectadas entre sí, de redes en malla o retícula, de placas de puesta a tierra y de bucles de puesta a tierra. Estos sistemas comúnmente 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 puesta a tierra.

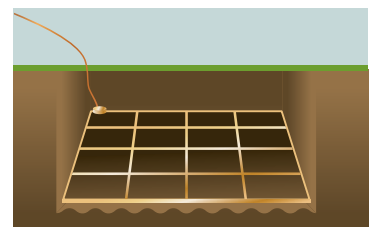
Sistemas de puesta a tierra



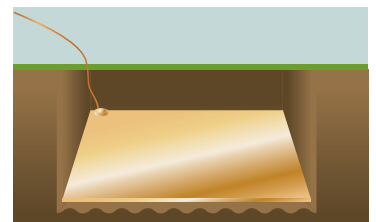
Electrodo de puesta a tierra simple



Electrodos de puesta a tierra múltiples conectados



Red de malla



Placa de puesta a tierra

Tipo de terreno	Resistividad del terreno R_E	Resistencia de la puesta a tierra					
		Profundidad del electrodo de puesta a tierra (metros)			Cinta de puesta a tierra (metros)		
	ΩM	3	6	10	5	10	20
Terreno muy húmedo, pantanoso	30	10	5	3	12	6	3
Terreno de cultivo agrícola, terrenos fértiles y arcillosos	100	33	17	10	40	20	10
Terreno arcilloso arenoso	150	50	25	15	60	30	15
Terreno arenoso húmedo	300	66	33	20	80	40	20
Hormigón 1:5	400	-	-	-	160	80	40
Grava húmeda	500	160	80	48	200	100	50
Terreno arenoso seco	1000	330	165	100	400	200	100
Grava seca	1000	330	165	100	400	200	100
Terreno pedregoso	30 000	1000	500	300	1200	600	300
Roca	10^7	-	-	-	-	-	-

¿Cuáles son los métodos de comprobación de puesta a tierra?

Hay cuatro tipos de métodos de comprobación de la puesta a tierra disponibles:

- **Resistividad del suelo** (con picas)
- **Caída de potencial** (con picas)
- **Selectivo** (con 1 pinza y picas)
- **Sin picas** (con pinzas solamente)

Medición de la resistividad del terreno

¿Por qué determinar la resistividad del terreno?

La resistividad del terreno es más necesaria al determinar el diseño del sistema de puesta a tierra para nuevas instalaciones (aplicaciones en zonas no urbanizadas) para cumplir con los requisitos de resistencia de puesta a tierra. Idealmente, buscaría una ubicación con la resistencia más baja posible. Pero tal como se explicó con anterioridad, las condiciones deficientes del terreno pueden superarse con sistemas más elaborados de puesta a tierra.

La composición del terreno, el contenido de humedad y la temperatura tienen un impacto en la resistividad del terreno. El terreno raras veces es homogéneo y la resistividad del terreno variará geográficamente y a diferentes profundidades. El contenido de humedad cambia con cada estación, varía de acuerdo con la naturaleza de las subcapas del terreno y la profundidad de la napa freática permanente. Dado que el terreno y el agua son generalmente más estables a estratos más profundos, se recomienda colocar las varillas de puesta a tierra tan profundo como sea posible en la tierra, de ser posible, en la napa freática. Asimismo, deben instalarse las varillas de puesta a tierra donde exista una temperatura estable; es decir, debajo de la línea de congelamiento.

Para que un sistema de puesta a tierra resulte eficaz, deberá estar diseñado para soportar las peores condiciones posibles.

¿Cómo es posible calcular la resistividad del terreno?

El procedimiento de comprobación descrito a continuación utiliza el método Wenner, aceptado mundialmente, desarrollado por el Dr. Frank Wenner, del Departamento de Normas de EE. UU. en 1915. (F. Wenner, A Method of Measuring Earth Resistivity; Bull, National Bureau of Standards, Bull 12(4) 258, pp. 478-496; 1915/16.)

La fórmula es la siguiente:

$$\rho = 2 \pi A R$$

(ρ = la resistividad promedio del suelo a profundidad A en ohmios—cm)

$$\pi = 3,1416$$

A = la distancia entre los electrodos, en cm

R = l valor de resistencia medida, en ohmios, proveniente del instrumento de comprobación

Nota: Divida ohmios—centímetros por 100 para convertir a ohmios—metros. Simplemente esté atento a las unidades.

Ejemplo: Decidió instalar varillas de conexión a tierra física de tres metros de largo como parte de su sistema de conexión a tierra física. Para medir la resistividad del suelo a una profundidad de tres metros, acordamos una separación entre los electrodos de prueba de nueve metros.

Para medir la resistividad del terreno, encienda el Fluke 1625-2 y lea el valor de resistencia en ohmios. En este caso, suponga que la lectura de resistencia es de 100 ohmios. Por lo tanto, en este caso sabemos lo siguiente:

A = 9 metros, y

R = 100 ohmios

Entonces, la resistividad del terreno sería igual a:

$$\rho = 2 \times \pi \times A \times R$$

$$\rho = 2 \times 3,1416 \times 9 \text{ metros} \times 100 \text{ ohmios}$$

$$\rho = 5655 \Omega\text{m}$$

¿Cómo es posible medir la resistencia del terreno?

Para comprobar la resistividad del terreno, conecte el comprobador de puesta a tierra tal como se muestra a continuación.

Como se puede observar, se posicionan en línea recta sobre el terreno cuatro picas de puesta a tierra, equidistantes entre sí. La distancia entre las picas de puesta a tierra debe ser al menos tres veces mayor que la profundidad de la pica. De modo que si la profundidad de cada pica de puesta a tierra es de un pie (0,30 metros), asegúrese de la distancia entre picas sea mayor que tres pies (0,91 metros). El Fluke 1625-2 genera una corriente conocida a través de las dos picas externas de puesta a tierra y la caída de potencial de tensión se mide entre las dos picas de puesta a tierra internas. Usando la ley de Ohm ($V=IR$), el comprobador Fluke calcula automáticamente la resistencia del terreno.

Dado que los resultados de medición con frecuencia quedan distorsionados e invalidados por la interferencia de piezas subterráneas de metal, acuíferos subterráneos, etc., siempre se recomienda tomar mediciones adicionales en donde los ejes de las picas se giren en 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.

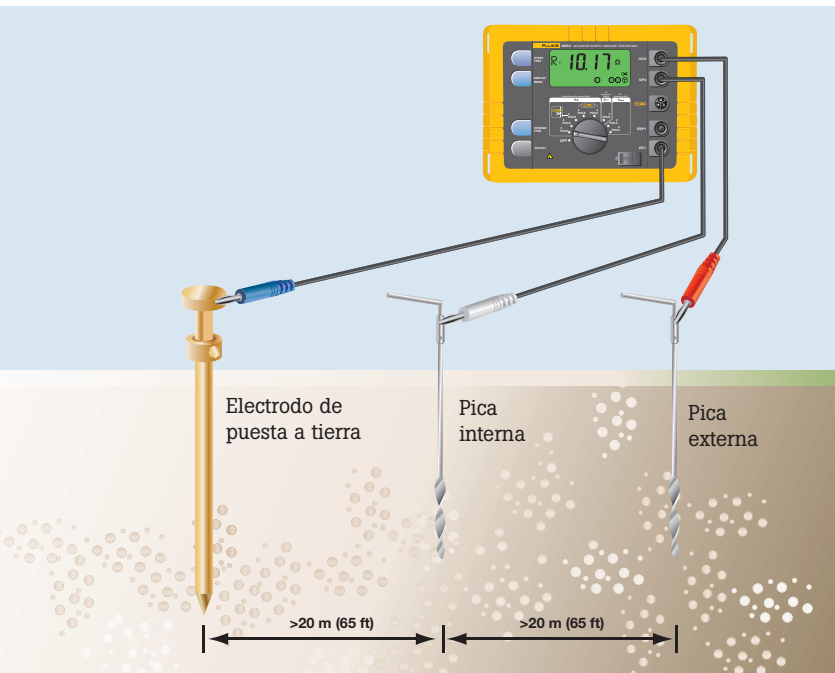
Las mediciones de resistividad del terreno con frecuencia son perturbadas por la existencia de corrientes en el terreno y sus armónicos. Para evitar que ocurra esta situación, el Fluke 1625-2 utiliza un sistema de control automático de frecuencia (AFC). El mismo selecciona automáticamente la frecuencia de comprobación con la menor cantidad de ruido, permitiéndole obtener una lectura clara.



Configuración para la comprobación de la resistividad del terreno utilizando los modelos 1623-2 o 1625-2 de Fluke.



¿Cuáles son los métodos de comprobación de puesta a tierra?



Conecte el comprobador de puesta a tierra tal como se muestra en la ilustración. Presione **START** (INICIAR) y lea el valor de R_E (resistencia). Este es el valor real del electrodo de puesta a tierra bajo comprobación. Si este electrodo de puesta a tierra está en paralelo o en serie con otras varillas de puesta a tierra, el valor R_E es el valor total de todas las resistencias.

¿Cómo se colocan las picas?

Para lograr el mayor grado de exactitud al realizar una comprobación de resistencia de puesta a tierra de 3 polos, resulta esencial colocar la sonda fuera de la esfera de influencia del electrodo de puesta a tierra bajo comprobación y la puesta a tierra auxiliar.

Si no se sale de la esfera de influencia, las áreas eficaces de resistencia se superpondrán e invalidarán cualquier medición que estuviera tomando. La tabla es una guía para configurar apropiadamente la sonda (pica interna) y la puesta a tierra auxiliar (pica externa).

Para comprobar la exactitud de los resultados y asegurar que las picas de puesta a tierra estén fuera de las esferas de influencia, modifique la posición de la pica interna (sonda) 1 metro (3 pies) en cualquier dirección y tome una nueva medición. Si hay un cambio significativo en la lectura (30 %), necesitará aumentar la distancia entre la varilla de puesta a tierra bajo comprobación, la pica interna (sonda) y la pica externa (puesta a tierra auxiliar) hasta que los valores medidos permanezcan bastante constantes al modificar la posición de la pica interna (sonda).

Medición de caída de potencial

El método de comprobación de la caída de potencial se utiliza para medir la capacidad de un sistema de puesta a tierra o un electrodo individual para disipar la energía de un sitio.

¿Cómo funciona la comprobación de caída de potencial?

En primer lugar, el electrodo de puesta a tierra de interés debe desconectarse de su conexión al sitio. En segundo lugar, se conecta el comprobador al electrodo de puesta a tierra. Luego, para realizar la comprobación de caída de potencial de 3 polos, se colocan dos picas de puesta a tierra en el terreno, en línea recta —alejadas del electrodo de puesta a tierra—. Normalmente, alcanza con un espaciamiento de 20 metros (65 pies). Para conocer más detalles sobre cómo colocar las picas, consulte la siguiente sección.

El Fluke 1625-2 genera una corriente conocida entre la pica externa (pica de puesta a tierra auxiliar) y el electrodo de puesta a tierra, mientras que se mide la caída del potencial de tensión entre la pica de puesta a tierra interna y el electrodo de puesta a tierra. Utilizando la ley de Ohm ($V = IR$), el comprobador calcula automáticamente la resistencia del electrodo de puesta a tierra.

Profundidad del electrodo de puesta a tierra	Distancia hasta la pica interna	Distancia hasta la estaca externa
2 m	15 m	25 m
3 m	20 m	30 m
6 m	25 m	40 m
10 m	30 m	50 m

Comprobación selectiva

La comprobación selectiva es muy similar a la comprobación de caída de potencial y proporciona las mismas mediciones, pero de una manera mucho más segura y sencilla. Esto se debe a que, en el caso de la comprobación selectiva, el electrodo de puesta a tierra, que es el que interesa, no necesita desconectarse de su conexión al sitio. El técnico no debe ponerse en peligro al desconectar la puesta a tierra, ni poner en peligro al resto del personal ni al equipo eléctrico dentro de una estructura sin puesta a tierra.

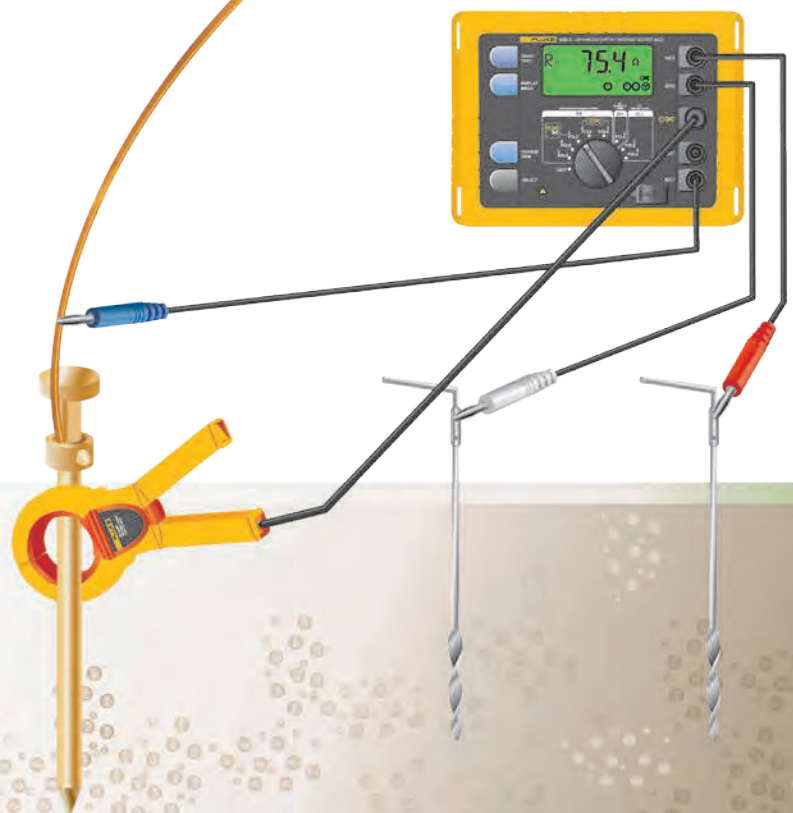
Al igual que con la comprobación de Caída de Potencial, se colocan dos picas de puesta a tierra en el terreno, en línea recta, alejadas del electrodo de tierra. Normalmente, alcanza con un espaciamiento de 20 metros (65 pies). El comprobador luego se conecta al electrodo de puesta a tierra, que es el que interesa, con la ventaja de que no es necesario desconectar la conexión al sitio. En cambio, se coloca una pinza especial alrededor del electrodo de puesta a tierra, la cual elimina los efectos de las resistencias en paralelo de un sistema de puesta a tierra, de modo que solo se mide el electrodo de puesta a tierra, que es el que interesa.

Tal como se explicó anteriormente, el modelo 1625-2 de Fluke genera una corriente conocida entre la pica externa (pica de puesta a tierra auxiliar) y el electrodo de puesta a tierra, mientras que se mide la caída del potencial de tensión entre la pica de puesta a tierra interna y el electrodo de puesta a tierra. Con la pinza solo se mide la corriente que fluye a través del electrodo de puesta a tierra, que es el que interesa. La corriente generada también fluirá a través de otras resistencias en paralelo, pero solo se utiliza la corriente a través de la pinza (es decir, la corriente a través del electrodo de puesta a tierra, que es el que interesa) para calcular la resistencia ($V=IR$).

En caso de que deba medirse la resistencia total del sistema de puesta a tierra, entonces deberá medirse la resistencia de cada electrodo de puesta a tierra, colocando la pinza alrededor de cada electrodo de puesta a tierra individual. Luego, puede determinarse la resistencia total del sistema de puesta a tierra, mediante cálculos.

La comprobación de las resistencias de los electrodos de puesta a tierra individuales de las torres de transmisión de alta tensión, con conductores de puesta a tierra suspendidos o conductores estáticos, requiere la desconexión de dichos conductores. Si una torre tiene más de una puesta a tierra en su base, también estas deberán desconectarse y comprobarse, una por una. No obstante ello, el modelo 1625-2 de Fluke tiene un accesorio opcional, un transformador de corriente engrampable de 320 mm (12,7") de diámetro, que puede medir las resistencias individuales de cada tramo, sin desconectar ninguna derivación de puesta a tierra ni ningún conductor suspendido estático o de puesta a tierra.

Conecte el comprobador de puesta a tierra como se ilustra. Presione START (INICIAR) y lea el valor de R_E (resistencia). Este es el valor real de la resistencia del electrodo de puesta a tierra bajo comprobación.



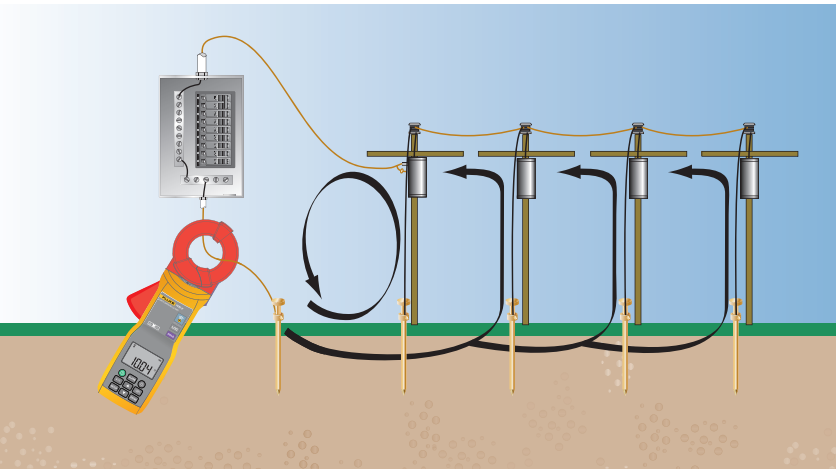
¿Cuáles son los métodos de comprobación de puesta a tierra?

Comprobación sin picas

La pinza de resistencia de tierra 1630-2 FC de Fluke tiene la capacidad de medir las resistencias de los bucles de puesta a tierra en sistemas con múltiples puestas a tierra mediante el método de comprobación sin picas. Esta técnica de comprobación suprime la peligrosa tarea de desconectar las puestas a tierra paralelas, lo que suele llevar mucho tiempo, así como el proceso de búsqueda de las ubicaciones adecuadas para las picas de puesta a tierra auxiliares. Puede efectuar comprobaciones de conexión a tierra en lugares que no hubiera considerado con anterioridad: dentro de edificios, en torres de alta tensión o en cualquier lugar donde no haya acceso al terreno.

Con este método de comprobación, la pinza de puesta a tierra se coloca alrededor de la varilla de puesta a tierra o del cable conector. No se utiliza ninguna pica de puesta a tierra. Se induce una tensión conocida en un lateral de la mordaza de la pinza y se mide la corriente en el otro lateral de la mordaza de la pinza. La pinza automáticamente determina la resistencia del bucle de puesta a tierra en esta varilla de puesta a tierra. Esta técnica es especialmente útil para los sistemas con múltiples puestas a tierra, que normalmente se encuentran en instalaciones comerciales o ubicaciones industriales. Si solo hay una ruta a tierra, como en muchas situaciones residenciales, el método sin picas no proporcionará un valor aceptable y deberá usarse el método de prueba de caída de potencial.

El modelo 1630-2 FC de Fluke funciona en base al principio de que, en los sistemas conectados en paralelo o con múltiples puestas a tierra, la resistencia neta de todas las rutas de puesta a tierra 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 comprobación sin picas solo mide las resistencias individuales de las varillas de puesta a tierra en paralelo con los sistemas de puesta a tierra. Si el sistema de puesta a tierra no es paralelo a la tierra, entonces tendrá un circuito abierto, o bien, estará midiendo la resistencia del bucle de puesta a tierra.



Compruebe las rutas de corriente en el método sin picas con la pinza de resistencia de tierra 1630-2 FC.



Lleve a cabo la configuración para el método sin picas con la pinza 1630-2 FC.

Comprobaciones de impedancia de puesta a tierra

Al intentar calcular posibles corrientes de cortocircuito en plantas de energía eléctrica y otras situaciones de alta tensión/corriente, determinar la impedancia de puesta a tierra compleja es importante, dado que la impedancia estará compuesta de elementos inductivos y capacitivos. Dado que se conoce la inductividad y la resistividad en la mayoría de los casos, la impedancia real puede determinarse utilizando un cálculo complejo.

Dado que la impedancia depende de la frecuencia, el modelo 1625-2 de Fluke utiliza una señal de 55 Hz para que este cálculo sea lo más cercano posible a la frecuencia de operación de tensión. Esto asegura que la comprobación sea cercana al valor de la frecuencia verdadera de operación. Mediante esta función del modelo 1625-2 de Fluke, es posible una comprobación directa y precisa de la impedancia de puesta a tierra.

A los técnicos de los servicios de energía encargados de realizar comprobaciones en las líneas de transmisión de alta tensión les interesan dos cosas: la resistencia del terreno en caso de que caiga un rayo y la impedancia de todo el sistema en caso de cortocircuito en un punto específico de la línea. En este caso, un cortocircuito significa que un conductor activo se suelta y toca la retícula metálica de una torre.

Resistencia de puesta a tierra de dos polos

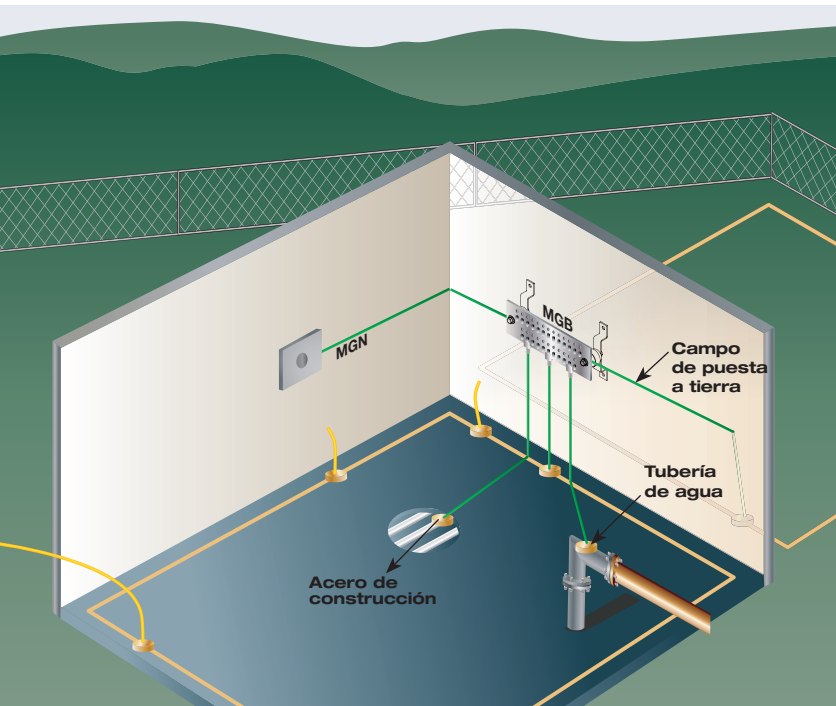
En situaciones en las que el hincado de picas de puesta a tierra no es práctico ni posible, los comprobadores 1623-2 y 1625-2 de Fluke le brindan la capacidad de realizar comprobaciones de resistencia o continuidad de puesta a tierra de dos polos, tal como se muestra a continuación.

Para realizar esta comprobación, el técnico debe tener acceso a una tierra física conocida, en buenas condiciones, tal como una tubería metálica de agua. La tubería de agua debe ser lo suficiente extensa y ser completamente metálica, sin ningún acoplamiento ni brida aislante. A diferencia de muchos comprobadores, los modelos 1623-2 y 1625-2 de Fluke realizan la comprobación con una corriente relativamente alta (corriente de cortocircuito > 250 mA), lo que garantiza resultados estables.



Circuitos equivalentes para la medición de dos puntos.

Comprobación de la resistencia de puesta a tierra



La disposición de una oficina central típica.

En oficinas centrales

Al realizar la auditoría de puesta a tierra de una oficina central, se requieren tres comprobaciones diferentes.

Antes de realizar la comprobación, localice la barra maestra de puesta a tierra (MGB) dentro de la oficina central para determinar el tipo de sistema de puesta a tierra que existe. Tal como se muestra en esta página, la barra maestra de puesta a tierra tendrá conductores de puesta a tierra conectados a:

- Red de neutros con múltiples puestas a tierra (MGN) o servicio entrante,
- campo de puesta a tierra,
- tubería de agua y
- el acero estructural o de construcción

En primer lugar, realice una comprobación sin picas en todas las puestas a tierra provenientes de la barra maestra de puesta a tierra. El propósito es asegurar que todas las puestas a tierra estén conectadas, especialmente a de la red de neutros con múltiples puestas a tierra. Es importante observar que no se está midiendo la resistencia individual, sino la resistencia de bucle del elemento rodeado por la pinza. Tal como se muestra en la figura 1, conecte el modelo 1625-2 o 1623-2 de Fluke y ambas pinzas, la de inducción y la de detección, que se colocan alrededor de cada conexión para medir la resistencia del bucle de la red de neutros con múltiples puestas a tierra, el campo de puesta a tierra, la tubería de agua y el acero de construcción.

Segundo, realice la comprobación de la Caída de Potencial de 3 polos en todo el sistema de puesta a tierra, conectándola a la barra maestra de puesta a tierra como se muestra en la figura 2. Para llegar a la tierra remota, muchas empresas de telefonía emplean pares de cables nuevos que se extienden hasta una longitud de 1,6 kilómetros. Registre la medición y repita esta comprobación al menos una vez al año.

En tercer lugar, mida las resistencias individuales del sistema de puesta a tierra mediante el método de comprobación selectiva del modelo 1625-2 o 1623-2 de Fluke. Conecte el comprobador Fluke tal y como se indica en la figura 3. Mida la resistencia de la red de neutros con múltiples puestas a tierra; el valor es la resistencia de ese ramal en concreto de la barra maestra de puesta a tierra. Luego, mida el campo de puesta a tierra. Esta lectura es el valor real de resistencia del campo de puesta a tierra de la oficina central. Ahora, continúe con la tubería de agua y luego repita para la resistencia del acero de construcción. Puede verificar fácilmente la exactitud de estas mediciones por medio de la ley de Ohm. La resistencia de los tramos individuales, cuando se la calcula, debe ser igual a la resistencia de todo el sistema dado (considere también un error razonable, dado que es posible que no se midan todos los elementos de puesta a tierra).

Estos métodos de comprobación proporcionan la medición más exacta de una oficina central, porque le ofrece las resistencias individuales y su comportamiento real en un sistema de puesta a tierra. Si bien las mediciones serán exactas, no mostrarían cómo se comporta el sistema como red, porque, en el caso de un rayo o una corriente de fallo, todo está conectado.

Para comprobar esto, necesita realizar algunas pruebas adicionales en resistencias individuales.

Primero, realice la comprobación de Caída de Potencial de 3 polos en cada tramo de la barra maestra de puesta a tierra y registre cada medición. Usando la ley de Ohm una vez más, estas mediciones deberían ser iguales a la resistencia de todo el sistema. A partir de los cálculos, podrá ver que se encuentra a una diferencia de un 20 % a un 30 % del valor total de R_E .

Finalmente, mida las resistencias de los diversos tramos de la barra maestra de puesta a tierra usando el método Selectivo Sin picas. Funciona como el método Sin picas, pero se diferencia en la manera de emplear las dos pinzas por separado. Se coloca la pinza de tensión de inducción alrededor del cable que se dirige hacia la barra maestra de puesta a tierra, y dado que se conecta la barra a la alimentación entrante, que es paralela al sistema de puesta a tierra, se logrado dicho requisito. Tome la pinza de detección y colóquela alrededor del cable de puesta a tierra que sale hacia el campo de puesta a tierra. Cuando medimos la resistencia, esta es la resistencia real del campo de puesta a tierra, además de la ruta paralela de la barra maestra de puesta a tierra. Y dado que este valor debe ser muy bajo en cuanto al valor óhmico, no debiera tener un efecto real en la lectura medida. Este proceso puede repetirse para los otros tramos de la barra de puesta a tierra, es decir, la tubería de agua y el acero estructural.

Para medir la barra maestra de puesta a tierra mediante el método Selectivo Sin estacas, coloque la pinza de tensión de inducción alrededor de la línea a la tubería de agua (dado que la tubería de cobre debe tener una resistencia muy baja) y su lectura será la resistencia solamente para la red de núcleos con múltiples puestas a tierra.

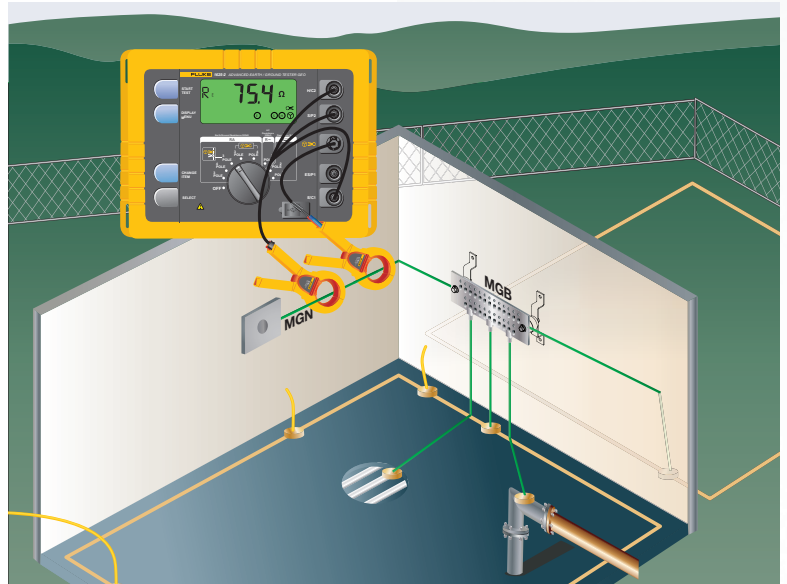


Figura 1: Comprobación sin estacas de una oficina central.

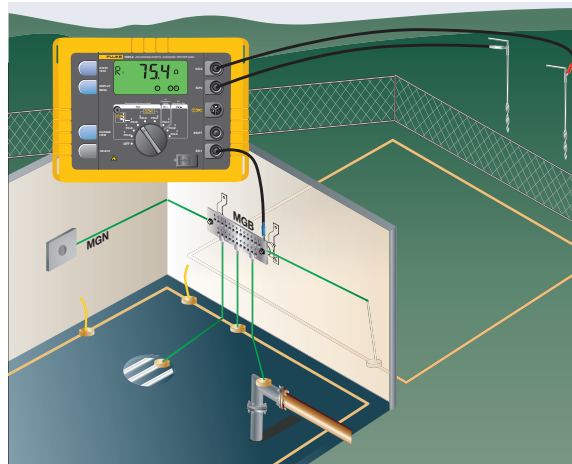


Figura 2: Realice la comprobación de caída de potencial de 3 polos de todo el sistema de puesta a tierra.

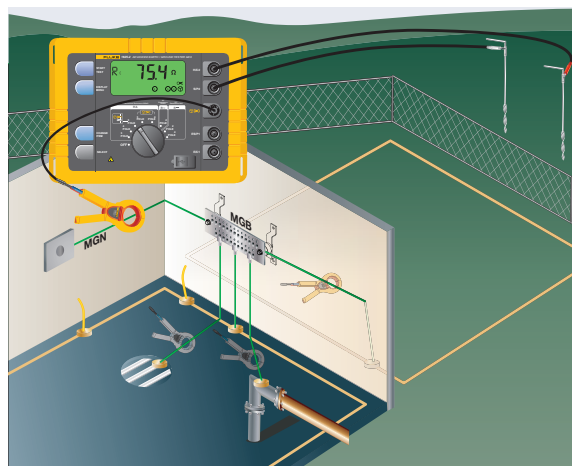
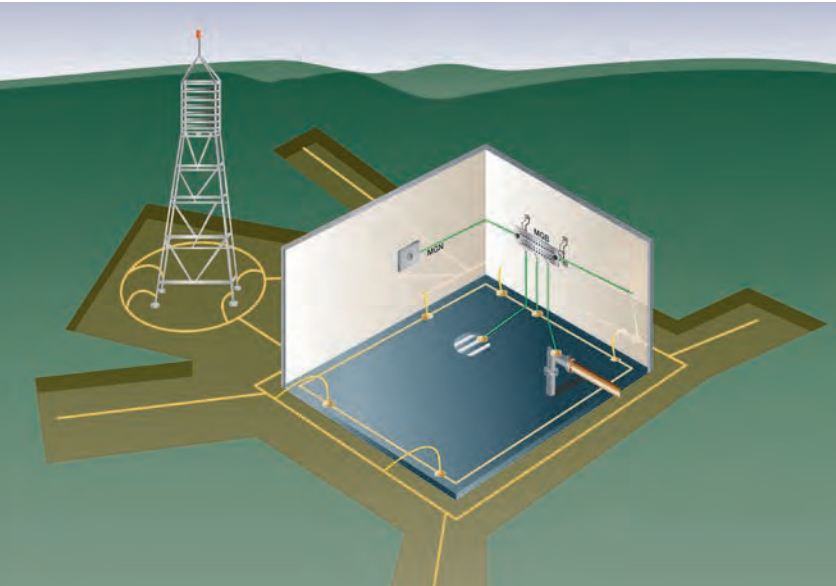


Figura 3: Mida las resistencias individuales del sistema de puesta a tierra usando la comprobación selectiva.

Más aplicaciones de resistencia de puesta a tierra



Configuración típica en una instalación de torre celular.

Sitios de aplicación

Hay otras cuatro aplicaciones particulares en las que puede usar el modelo 1625-2 de Fluke para medir la capacidad del sistema de puesta a tierra.

Sitios celulares/torres de microondas y de radio

En la mayoría de las ubicaciones, hay una torre de 4 patas con cada pata conectada individualmente a tierra. Estas puestas a tierra se conectan luego con un cable de cobre. Al lado de la torre, se encuentra en edificio con el sitio celular, que aloja todo el equipo de transmisión. En el interior del edificio hay una puesta a tierra de halo y una barra maestra de puesta a tierra, con la puesta a tierra de halo conectada a la barra. El edificio del sitio celular se conecta a tierra en las 4 esquinas, conectadas al barra maestra de puesta a tierra por medio de un cable de cobre y las 4 esquinas también se interconectan por medio del conductor de cobre. También hay una conexión entre el anillo de puesta a tierra del edificio y el anillo de puesta a tierra de la torre.

Subestaciones eléctricas

Una subestación es una estación subsidiaria en un sistema de transmisión y distribución donde la tensión normalmente se transforma de un valor alto a un valor bajo. Una subestación típica contendrá estructuras de terminación de línea, sistemas de conmutadores de alta tensión, uno o más transformadores de potencia eléctrica, sistemas de conmutadores de baja tensión, protección contra sobrecargas, controles y dosificación.

Sitios remotos de conmutación

Los sitios remotos de conmutación también se conocen como sitios activos, donde están en funcionamiento los concentradores de las líneas digitales y otros equipos de telecomunicaciones. El sitio remoto por lo general tiene la puesta a tierra en cualquiera de los extremos del gabinete y luego tendrá una serie de picas de puesta a tierra alrededor del gabinete conectadas mediante conductores de cobre.

Protección contra rayos en sitios comerciales/industriales

La mayoría de los sistemas de protección contra fallas de corriente por rayos sigue el diseño en el que se tienen las cuatro esquinas del edificio con puesta a tierra, por lo general mediante cables de cobre. Según el tamaño del edificio y el valor de resistencia para el que se diseñó, variará el número de varillas de puesta a tierra.

Pruebas recomendadas

Se requiere que los usuarios finales realicen las mismas tres pruebas en cada aplicación: comprobación Sin picas, comprobación de Caída de Potencial de 3 polos y comprobación Selectiva.

Comprobación sin picas

Primero, realice una comprobación sin picas en:

- Los tramos de torres individuales y las cuatro esquinas del edificio **(sitios/torres celulares)**
- Todas las conexiones de puesta a tierra **(subestaciones eléctricas)**
- Las líneas que van en dirección al sitio remoto **(conmutación remota)**
- Las picas de puesta a tierra del edificio **(protección contra rayos)**

Para todas las aplicaciones, esta no es una comprobación real de resistencia de puesta a tierra de la red. Se trata principalmente de una comprobación de continuidad para verificar que el sitio esté conectado a tierra física, que existe una conexión eléctrica y que el sistema puede transmitir corriente.

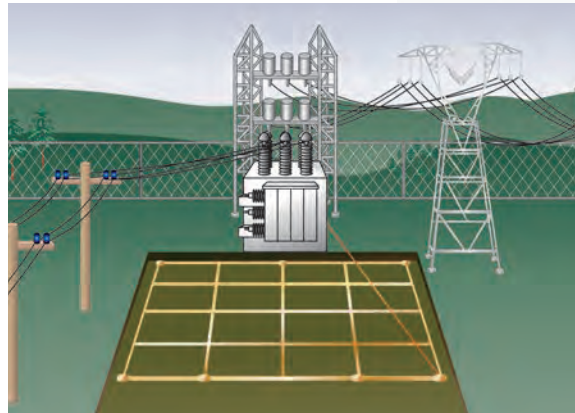
Comprobación de Caída de Potencial de 3 polos

En segundo lugar, se mide la resistencia de todo el sistema por medio del método de caída de potencial de 3 polos. Tenga en cuenta las reglas para colocar las picas. Esta comprobación debe registrarse y las mediciones deben realizarse al menos dos veces al año. Esta medición es el valor de resistencia para todo el sitio.

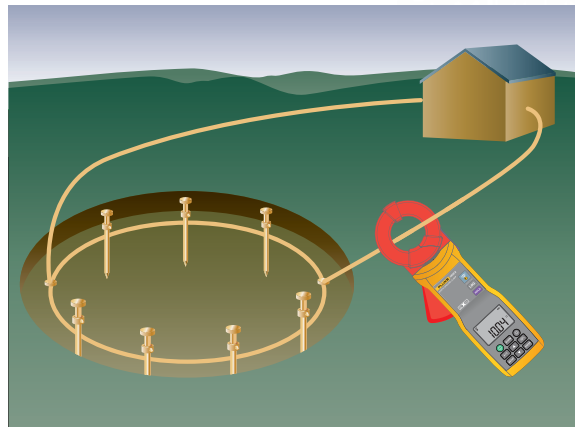
Comprobación selectiva

Por último, se debe medir las puestas a tierra individuales mediante la prueba selectiva. Esto verificará la integridad de las puestas a tierra individuales, sus conexiones y determinarán si el potencial de puesta a tierra es uniforme todo a lo largo. Si cualquiera de las comprobaciones demuestra un grado de variabilidad mayor que las demás, se deberá determinar la razón. Las resistencias se deben medir en:

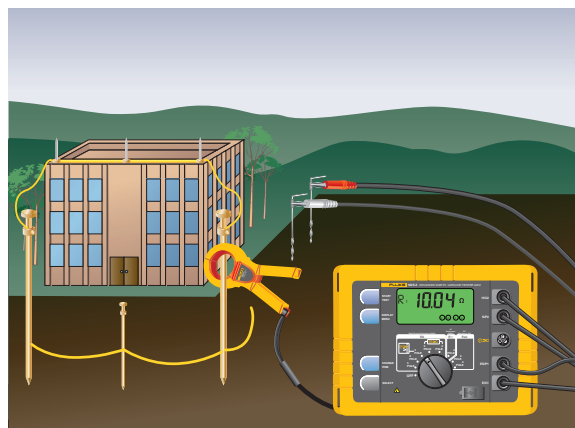
- Cada tramo de la torre y las cuatro esquinas del edificio (sitios/torres celulares)
- Las varillas individuales de puesta a tierra y sus conexiones (subestaciones eléctricas)
- Ambos extremos del sitio remoto (conmutación remota)
- Las cuatro esquinas del edificio (protección contra rayos)



Configuración típica en una subestación eléctrica.



Uso de la comprobación sin picas en un sitio de conmutación remota.



Uso de la comprobación selectiva en un sistema de protección contra rayos.

Productos de puesta a tierra



Comprobador de puesta a tierra avanzado 1625-2 GEO de Fluke



Comprobador básico de resistencia de tierra GEO 1623-2 de Fluke



Pinza de resistencia de tierra Fluke 1630-2 FC

Una familia completa de comprobadores

Los modelos 1623-2 y 1625-2 son comprobadores de puesta a tierra específicos que pueden realizar los cuatro tipos de mediciones de puesta a tierra.

Las características avanzadas del modelo 1625-2 de Fluke incluyen:

- Control automático de frecuencia (AFC): identifica una interferencia existente y selecciona una frecuencia de medición para reducir su efecto, lo que brinda valores más precisos de puesta a tierra
- Medición R*: calcula la impedancia de puesta a tierra con 55 Hz para reflejar de manera más precisa la resistencia de puesta a tierra que vería una falla de puesta a tierra
- Límites ajustables: para comprobaciones más rápidas

Las características avanzadas del modelo 1630-2 FC de Fluke incluyen:

- Comprobación sin picas con una sola pinza
- Mediciones de registros: guardan hasta 32 760 mediciones en la memoria en un intervalo de registros preestablecidos
- Umbral de alarma: límites de alarma altos/bajos definidos por el usuario para una evaluación de medición rápida
- Filtro pasabanda: la función de filtro pasabanda seleccionable elimina el ruido no deseado de la medición de corriente de fuga de CA
- El modelo 1630-2 FC es parte de un creciente sistema de herramientas de comprobación conectadas y software de mantenimiento de equipos. Visite flukeconnect.com para obtener más información acerca del sistema Fluke Connect.

Accesorios opcionales

Transformador de núcleo dividido de 320 mm (12,7"): para realizar comprobaciones selectivas en tramos de torres individuales.



Kit completo de la serie 1625-2



Modelo 1630-2 FC de Fluke con estándar de resistencia de bucle y estuche de transporte rígido

Comparación de comprobadores de puesta a tierra

Producto	Caída de potencial		Selectiva	Sin picas	Método de 2 polos
	De 3 polos	De 4 polos/ en terreno			
Fluke 1621			Con 1 pinza	Con 2 pinzas	De 2 polos
Fluke 1623-2					
Fluke 1625-2					
Fluke 1630-2 FC					

Fluke. *Manteniendo su mundo en marcha.*

Fluke Corporation
Everett, WA 98206 EE.UU.

Latin America
Tel: +1 (425) 446-5500
Web: www.fluke.com/laam

Para obtener información adicional póngase en contacto con:

En EE. UU. (800) 443-5853 o
Fax (425) 446-5116
En Europa/Medio Oriente/África
+31 (0)40 267 5100 o
Fax +31 (0)40 267 5222
En Canadá (800)-36-FLUKE o
Fax +1 (425) 446-5116
Acceso a Internet: www.fluke.com

©2013, 2014, 2017 Fluke Corporation. Reservados todos los derechos. Impreso en los Países Bajos. Información sujeta a modificación sin previo aviso.
2/2017 4346628c-laes

No está permitido modificar este documento sin autorización por escrito de Fluke Corporation.



Intronica Ltda. es representante de Fluke en Chile.
ventas@intronica.com / +56 229274410
www.intronica.com