

MEDICION DE RESISTENCIA DE TIERRA

METREL: TELURÍMETROS MULTIFUNCIÓN

1) LA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA

La puesta a tierra es uno de elementos más importantes destinado a la protección de seres humanos, animales y cargas conectadas a la instalación contra las influencias de la corriente eléctrica. La intención de poner a potencial de tierra partes conductivas accesibles activas y pasivas de elementos eléctricos es conducir el posible potencial eléctrico que puede generarse en caso de cualquier falla en las cargas eléctricas al potencial de tierra

Las puestas a tierra pueden ejecutarse de varias maneras. Normalmente se hace por medio de redes de metal, cintas metálicas, chapa metálica, jabalinas tubulares, etc.

La complejidad de la puesta a tierra depende del suelo, del objeto que tiene que ser conectado eléctricamente a él y de la resistencia máxima de puesta a tierra que se permite para un caso particular.

¿Qué es la Resistencia de Tierra?

Es la resistencia del conductor o electrodo enterrado (redes de metal, cintas metálicas, chapa metálica, jabalinas tubulares, etc.), la del material que lo rodea y con el que está en contacto (tierra). Se compone de la resistencia de la superficie de electrodo (óxidos metálicos y metal puro) y la resistencia de la tierra (el material mas común está compuesto por silicato de aluminio, arena y desechos orgánicos, en gal. conductores) principalmente cerca de la superficie del electrodo y con enorme dependencia de la humedad contenida.

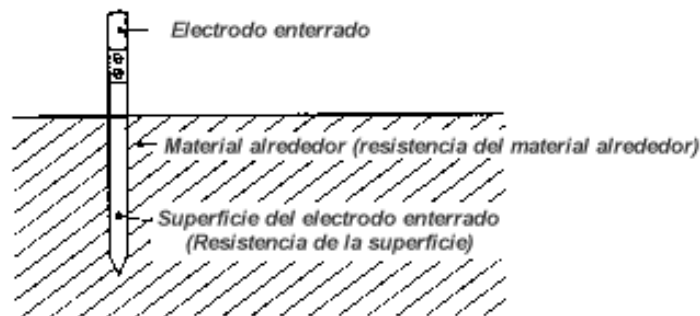


Fig. 25. El electrodo de puesta a tierra

La Corriente de falla que atraviesa el electrodo de tierra en caso de fallas existentes en la instalación eléctrica o la carga conectada, causa una caída de tensión debida a la resistencia de la puesta a tierra. La distribución de tensión alrededor del electrodo de tierra prueba que la mayor parte de la resistencia total de puesta a tierra se concentra en la superficie del electrodo de puesta tierra. Vea la figura siguiente, donde se ve el escalón de tensión y el potencial de contacto generados como resultado de la corriente eléctrica circulando a través de la resistencia de tierra.

Distribución de tensión

Se la medirá en el área alrededor del electrodo de puesta a tierra. La medición se hace con dos sondas de metal de 25 Kg cada una y superficie de 200 cm² cada una. Las dos sondas se apoyan en el terreno a una distancia de 1 m.

Tensión de contacto

Se la mide entre el electrodo de puesta a tierra, y dos sondas como las de medición de la distribución de tensión conectadas juntas y puestas a 1 m del electrodo de puesta a tierra.

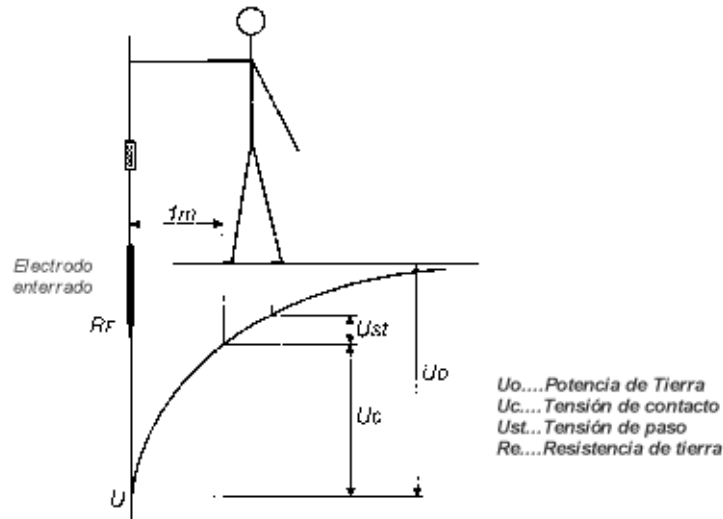


Fig. 26. Distribución de tensión alrededor de la puesta a tierra.

Generalidades sobre la medición de Resistencia de Tierra

Dados los muchos sistemas de puesta a tierra existentes, es necesario disponer de diferentes métodos de medición, cada uno con sus ventajas particulares.

Los Telurímetros **METREL MI-2088** y **MI-2086** usan los principios de medición descritos a continuación (no todos los instrumentos en el mercado son capaces de aplicar estos mismos principios de medición):

- **Generador senoidal y dos sondas de medición.**

La forma de onda senoidal de la señal presenta una ventaja comparativa con respecto a la señal rectangular; esto es esencial para mediciones donde los elementos que forman la puesta a tierra tengan una componente inductiva apreciable referida a la resistencia óhmica. Éste es un caso frecuente en los sistemas de electrodo de tierra constituido por cintas metálicas o flejes en general desplegados en forma de helicoide

Usado por los modelos **MI-2088** y **MI-2086** de **METREL**.

- **Uso de tensión de medición externa, sin jabalina auxiliar.**

Este principio es usado cuando la Resistencia de Tierra en sistemas TT es mucho más elevada que la resistencia de otras partes en el lazo de falla, medida entre la fase y los terminales de protección. La ventaja de este principio es que no necesita jabalinas auxiliares, lo que se aprecia mucho en ambiente urbano dónde no es fácil encontrar un área de terreno libre para las mismas.

Principio usado por el modelo **MI-2086** de **METREL**.

- **Uso de tensión externa y jabalina auxiliar**

La ventaja de este principio es que también da resultados exactos en los sistemas TN dónde las resistencias del lazo de falla entre la fase y los conductores de protección son bastante bajas.

Principio usado por el modelo **MI-2086** de **METREL**.

- **Generador propio, dos jabalinas auxiliares y una pinza de medición**

Este principio de medición existente garantiza que no hay ninguna necesidad de separar eléctrica y mecánicamente el electrodo de tierra probado en casos donde hay más electrodos de tierra combinados en paralelo.

Principio usado por los modelos **MI-2088** y **MI-2086** de **METREL**.

- **Principio sin jabalinas, con uso de dos pinzas de medición.**

En casos donde será medido un sistema (electrodos de tierra en paralelo) o donde otro sistema con baja resistencia de tierra está disponible, este principio permite realizar las mediciones sin necesidad de hincar las jabalinas. La ventaja de este principio es que no hay ninguna necesidad de manipular las jabalinas y no hace falta separar los electrodos medidos.

Principio usado por los modelos **MI-2088** y **MI-2086** de **METREL**.

Atención!

- Es necesario ser consciente que las señales de perturbación están a menudo presentes en los sistemas medidos. Esto se ve particularmente en los sistemas de la industria, subestaciones transformadoras, etc. donde grandes corrientes de perturbación pueden circular hacia tierra. Estas corrientes altas están a menudo presentes en el área alrededor de los electrodos de tierra, en los alrededores de los transformadores de AT, líneas de Alta tensión, ferrocarriles, etc. Se demuestra la calidad de diseño del instrumento cuando se obtiene la medición correcta incluso en presencia de grandes señales de perturbación. Los telurímetros **METREL**, modelos **MI-2088** y **MI-2086** usan principios de la medida muy calificados y patentados que también aseguran los resultados exactos en los casos donde fallan otro instrumentos.
- Para la realización exitosa de la medida de Resistencia de Tierra con jabalinas es importante que la resistencia de las mismas no sea demasiado alta. Por esa razón los antedichos instrumentos **METREL** prueban ambas sondas antes de medir, lo que simplifica la medida. En este caso no hay ninguna necesidad de invertir el sentido de la corriente (C2) y voltaje (P2) y efectuar la medida manualmente.

El valor permitido máximo de la Resistencia de Tierra RE difiere en varios casos. Fundamentalmente, los sistemas de puesta a tierra en combinación con otros elementos de seguridad (por ejemplo interruptores diferenciales, protectores de sobrecorriente, etc.) se encargan de prevenir el crecimiento de potenciales de contacto peligrosos.

La medición básica de Resistencia de Tierra usa el principio de generador propio y dos jabalinas auxiliares (voltaje y corriente). La medida se basa en el llamado método de 62%.

Para esta medida es importante, que el electrodo de tierra medido esté separado de otros, de las construcciones de metal, etc. Tiene que considerarse que en el momento de separar el conductor del electrodo de tierra puede producirse una situación de peligro. Esto puede pasar si alguna falla ha ocurrido antes o hay corrientes de fugas antes de que la separación sea efectuada.

Principio de medida usando el método clásico de cuatro terminales y dos jabalinas:

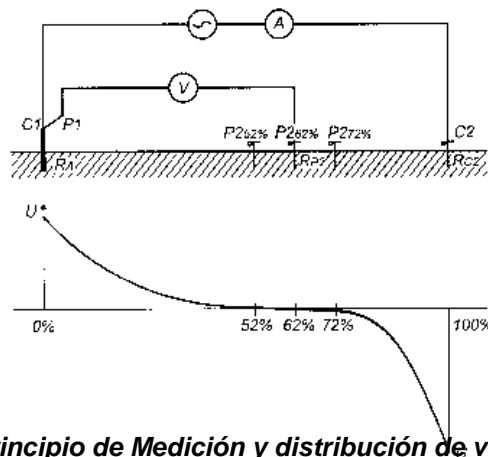


Fig. 27. Principio de Medición y distribución de voltaje.

Cálculo de distancia requerida entre el sistema probado (jabalina o cinta simple) y jabalinas auxiliares:

El electrodo de tensión (P2) se instalará al 62 % de la distancia establecida entre la jabalina a medir y el electrodo de corriente (C2).

La distancia entre la jabalina de la instalación y la jabalina auxiliar de corriente (C2) es función de las dimensiones de aquella.

Según se trate de una jabalina de puesta a tierra ó de un electrodo de cinta o fleje, se cumplirá:

- Distancia del electrodo de tierra a la Jabalina de corriente C2 = profundidad (electrodo o jabalina) o diagonal (electrodo de cinta o fleje) x 5
- Distancia a la jabalina de voltaje P2 (62%) = la Distancia C2 x 0,62.

Para asegurarse que esta disposición de electrodos dará resultados confiables se recomienda seguir el siguiente procedimiento:

Primero la medida será hecha con la sonda de potencial enterrada a la distancia de 0,62 x C2. El procedimiento se repetirá a las distancias de 0,52 x C2 y 0,72 x C2. Si los resultados de medidas repetidas no difieren del primero en más de 10% de la primera medida (0,62 x C2), entonces el primer resultado puede ser considerado como correcto. En caso que la diferencia sea más que 10%, ambas distancias (C2 y P2) se deberán aumentar proporcionalmente y repetir las mediciones.

Ejemplo: Sistema de cinta, diagonal = 4 m.

$$C2 = 4m \times 5 = 20m$$

$$P2 (62\%) = 20 M \times 0,62 = 12,4 m$$

$$P2 (52\%) = 20 M \times 0,52 = 10,4 m.$$

$$P2 (72\%) = 20 M \times 0,72 = 14,4 m.$$

Es recomendable repetir la medición con diferente posicionamiento de las jabalinas, incluso, hasta en dirección opuesta al terminal de tierra medido (180° o por lo menos 90°). El resultado final es un promedio de los resultados parciales.

Dado que los sistemas de puesta a tierra son en general complejos, y tienden a serlo cada vez más, que distintos sistemas pueden estar interconectados entre sí bajo la superficie del terreno, que los sistemas pueden ser extremadamente grandes, y que casi nunca es posible observar detalles constructivos o de condición de los mismos, es extremadamente importante la elección correcta del instrumento de medición para tener éxito en una tarea que por lo expuesto demanda conocimiento y experiencia.

El modelo apropiado de sistema de tierras será definido antes de empezar la medición. En base al modelo, se seleccionará el método apropiado. Independientemente del método seleccionado, el resultado de la prueba debe corregirse antes de compararlo con el valor permitido, vea el capítulo 5.

Veamos unos casos prácticos según realización del sistema de tierra.

1-1) Medición de puesta a tierra de jabalina simple

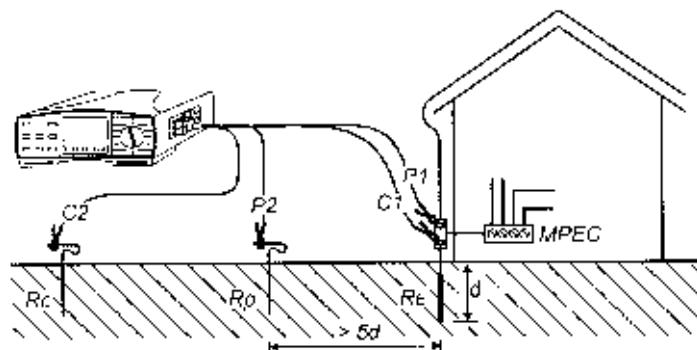


Fig. 28. Medición de puesta a tierra de jabalina simple

El resultado = $U/I = RE$

donde:

U Voltaje medido entre P1 y P2
 I Corriente inyectada entre C1 y C2

La medida es simple debido al hecho que el electrodo de tierra puede ser considerado como un electrodo puntual y no se conecta a ningún otro electrodo. Las distancias entre el electrodo probado y las jabalinas (corriente y potencial) depende de la profundidad del electrodo probado.

La conexión de 4 terminales que puede utilizarse con los instrumentos **METREL** es mucho mejor que el de 3 terminales dado que no le afectan las resistencias de contacto entre jabalinas y clips, y entre los clips y el electrodo a ensayar.

Las jabalinas usualmente se entierran en línea con el electrodo a ensayar, o formando con él un triángulo equilátero.

1-2) Medición de resistencia tierra de un electrodo de cinta.

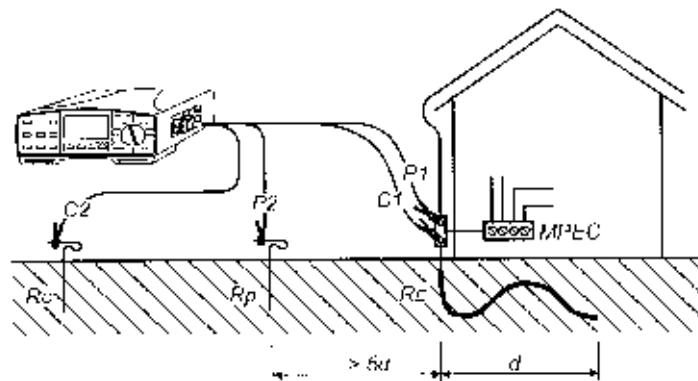


Fig. 29. Medida de Resistencia de tierra de electrodo de cinta.

Resultado = $U / I = RE$

donde:

U Voltaje medido entre P1 y P2
 I Corriente inyectada entre C1 y C2

La medida es bastante similar a la anterior, excepto que el electrodo no puede ser considerado como un electrodo puntual, pero se considerará la longitud de cinta usada.

Basándose en la longitud de la cinta, se determinará la distancia donde se deberán hincar las dos jabalinas. Vea la figura anterior.

Las sondas de medida normalmente se hincan en tierra en línea con el electrodo probado o en triángulo equilátero.

1-3) Medición de sistemas complejos con electrodos en paralelo.

Dos datos importantes existen en tales sistemas:

- **Los valores comunes de resistencia de tierra de sistemas RE_{tot}** que es igual a la conexión paralela de electrodos individuales, reúne los requisitos para una protección exitosa contra el choque eléctrico en caso de fallas de la carga, pero puede no ofrecer protección ante descargas atmosféricas a través de pararrayos.
- **La Resistencia del electrodo individual de tierra $RE_{I... REN}$.** Las resistencias individuales tienen que ser suficientemente bajas cuando el sistema se plantea para protección contra descargas atmosféricas. Una descarga atmosférica es muy rápida, por eso la corriente contiene componentes de alta frecuencia. Para cada uno de estos componentes, incluso con inductancia pequeña en el sistema, se presenta una resistencia alta lo que deshabilita al sistema para manejar descargas atmosféricas, lo que puede tener consecuencias catastróficas.

El efecto opuesto al que se deseó puede producirse por un pararrayos que tiene el sistema de puestas a tierra más separadas dónde algunas de ellas tienen Resistencia de tierra demasiado alta. El sistema del pararrayos atrae al relámpago debido a su forma geométrica y la situación física apropiada (puntas afiladas y normalmente el lugar más alto). Alrededor de los pararrayos puede presentarse un campo eléctrico extremadamente alto, así como luego de la descarga, ionización del aire cerca del sistema.

Medición de Resistencia total de Tierra

a) Método Clásico de cuatro terminales, dos jabalinas.

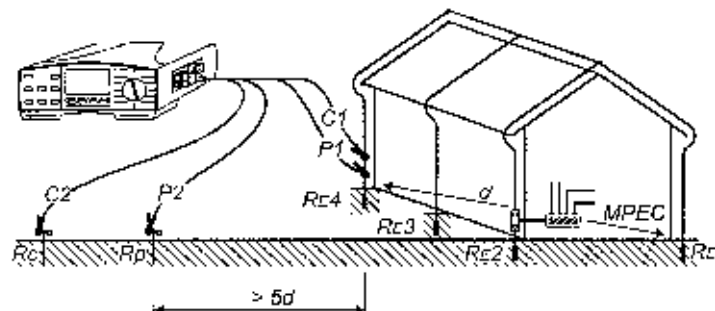


Fig. 30. Medición de Resistencia Total de Tierra

Las jabalinas de tensión y corriente deben hincarse a distancia suficientemente grande del sistema como para que este parezca ser un sistema puntual. La distancia requerida hacia la sonda de corriente tiene que ser por lo menos 5 veces mayor que la distancia más larga entre los electrodos de tierra individuales y la distancia a la sonda de voltaje según el capítulo **Cálculo de la distancia requerida entre el sistema de tierra probado (jabalina simple o el electrodo de cinta simple)** en página 35.

La ventaja de este método es que asegura resultados exactos y fiables, mientras la desventaja aparece en que exige distancias proporcionalmente grandes para la medida de la instalación de las jabalinas, lo que a veces causa problemas (sobre todo en el ambiente urbano).

$$\text{Resultado} = U / I = RE1 // RE2 // RE3 // RE4 = RE_{tot}$$

donde:

U Voltaje entre P1 y P2.
 I Corriente inyectada entre las sondas C1 y C2.

RE1 a RE4 La Resistencia de tierra de electrodo.
REtot La Resistencia de Tierra total de sistema

b) Método sin jabalinas, con dos pinzas.

La medida de Resistencia de Tierra puede simplificarse y las sondas de la medida no se necesitan, cuando se dispone de un electrodo adicional o un sistema de electrodos de tierra con la Resistencia de Tierra total baja. La medida puede realizarse con dos pinzas de prueba, si se dispone de un instrumento apropiado, como, por ejemplo, los medidores METREL, MI-2086 ó MI-2088. El caso normalmente sucede en los lugares urbanizados dónde también otros sistemas con baja Resistencia de Tierra están disponibles (por ejemplo banda metálica instalada).

Veamos un modelo de tal sistema y la conexión de instrumento de la prueba.

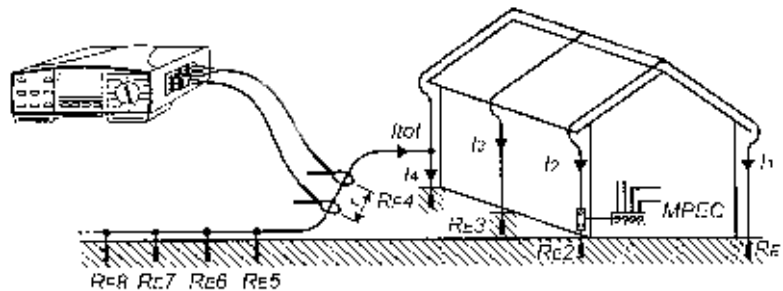


Fig. 31. Medida de Resistencia de Tierra total usando pinzas.

RE1 a RE4 Las Resistencias de Tierra individuales del sistema probado.
RE5 a REN Las Resistencias de Tierra individuales de sistema auxiliar con baja Resistencia de Tierra total.
r Distancia entre las pinzas que tiene que ser por lo menos de 300 mm para evitar que la pinza generadora influya en la de lectura.

Demos una mirada a la figura de abajo para comprender mejor el ejemplo anterior.

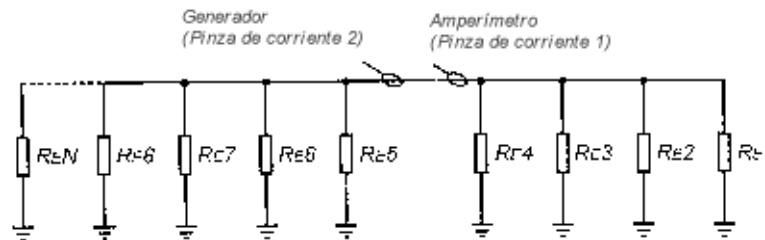


Fig. 32. Diagrama de sustitución del circuito eléctrico de ejemplo anterior

Resultado = (resistencia total RE1 a RE4) + (resistencia total de electrodos auxiliares RE5 a REN)

Asumiendo, que la resistencia total de electrodos auxiliares RE5 a REN es mucho más baja que la resistencia total de electrodos medidos RE1 a RE4, entonces se podría escribir lo siguiente:

Resultado = (la resistencia total de Re1 a RE4)

Si el resultado es más bajo que el valor permitido, entonces el valor exacto es seguramente menor que el mostrado por el instrumento.

Medida de Resistencia de Tierra de una jabalina en particular:

Hay varias maneras de medir la Resistencia de Tierra de un electrodo particular. Se deberá elegir aquella que se adapte mejor al sistema bajo ensayo.

- a) **Medición con desconexión mecánica de electrodo particular probado y usando el método clásico 4 terminales, dos jabalinas.**

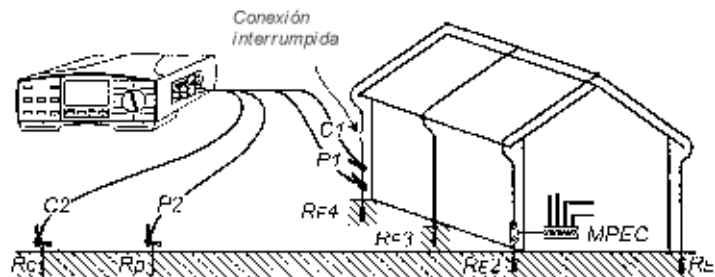


Fig. 33. Medida de Resistencia de tierra del electrodo.

Resultado = $U / I = RE4$

donde:

- U Voltaje medido entre P1 y P2
- I Corriente inyectada entre C1 y C2

Las distancias requeridas entre el electrodo probado y las dos jabalinas de prueba son iguales que para la medición del electrodo simple (si el electrodo es la versión de jabalina) o iguala al correspondiente para el electrodo de cinta (si el electrodo es la versión de cinta).

La desventaja de este método es que la desconexión mecánica será necesariamente anterior a que la medición sea realizada. La desconexión puede ser complicada por tener uniones en mal estado. La ventaja del método es la exactitud alta y fiabilidad de resultado de la prueba.

- b) **Medición con desconexión mecánica de electrodo y usando método de 4 terminales y dos puntos de prueba.**

Si el número total de electrodos de tierra es grande, entonces se puede utilizar un método simplificado sin jabalinas auxiliares. Vea la figura debajo.

El electrodo particular probado debe ser interrumpido mecánicamente, mientras que los otros electrodos se usarán como jabalinas auxiliares. La Resistencia de Tierra total de los electrodos auxiliares es mucho más baja que la del que se ensaya.

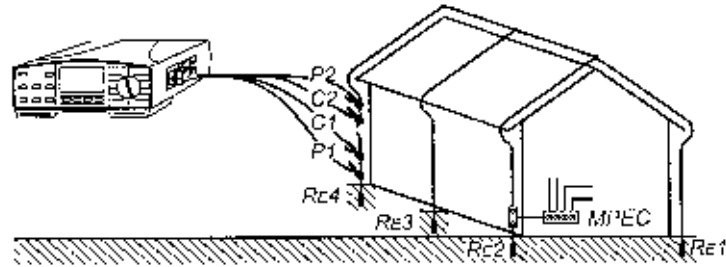


Fig. 34. Método simplificado.

Resultado = $RE4 + (RE1//RE2//RE3)$

Bajo la condición que $(RE1//RE2//RE3)$ es mucho más bajo que $RE4$, puede decirse que:

Resultado = $RE4$

c) Medición usando 4 terminales y 2 Jabalinas en combinación con una pinza:

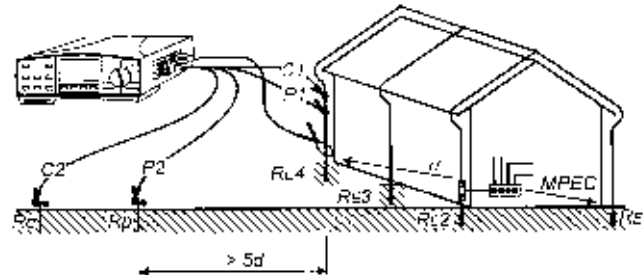


Fig. 35. Medida de Resistencia de Tierra usando pinza

Circuito equivalente del ejemplo de la fig. anterior.

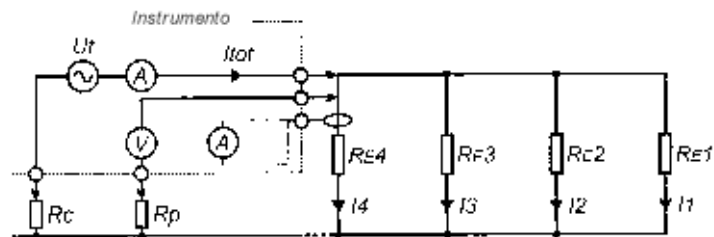


Fig. 36. Circuito equivalente del ejemplo de la fig. anterior.

T_u	Tensión de Prueba.
R_c	Resistencia de jabalina de corriente.
R_p	Resistencia de jabalina de tensión.
I_{tot}	Corriente total generada por T_u y medida por Amperímetro en serie con el generador.
I_1 a I_4	Corrientes de prueba individuales.

$$I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = I_{TOT}$$

Resultado 1 = R_{E4} (la corriente considerada es la medida por la pinza)

Resultado 2 = R_{tot} (corriente considerada es la total medida por el Amperímetro)

La ventaja del método es que no hay ninguna necesidad de separar el electrodo del sistema de tierras.

La pinza se puede desplazar de una jabalina de tierra a otra, por lo que es posible con los datos disponibles calcular: corriente total, tensión aplicada y corriente particular, y calcular cada resistencia particular por separado.

La distancia del electrodo ensayado a la pinza de corriente debe, para lograr la medición correcta de tensión, ser por lo menos 5 veces mayor que la mayor distancia entre las jabalinas de tierra particulares de la instalación.

Notas!

- Por cuestiones de distancia entre jabalinas de tierra, a veces es imposible mover solamente la pinza de corriente de una jabalina a otra. En este caso se deberá mover el instrumento completo y rehacer el conexionado en cada ubicación.
- Si hay un número grande de jabalinas en el sistema probado, puede suceder que la corriente medida por la pinza en una jabalina en particular sea demasiado baja. En ese caso el instrumento lo señala indicando una situación desventajosa.

d) Medición sin Jabalinas Auxiliares usando dos pinzas.

En la práctica es posible encontrar sistemas complejos con muchas jabalinas conectadas en paralelo (vea la figura debajo) o el sistema está conectado a otro sistema de tierras (vea la figura 39). En áreas urbanas, en general no hay áreas de terreno despejado donde hincar jabalinas. En este caso se puede aplicar el método de dos pinzas.

El MI-2086 y el MI-2088 de METREL pueden llevar a cabo la medición en presencia de señales del ruido alto, utilizando una solución técnica patentada especial.

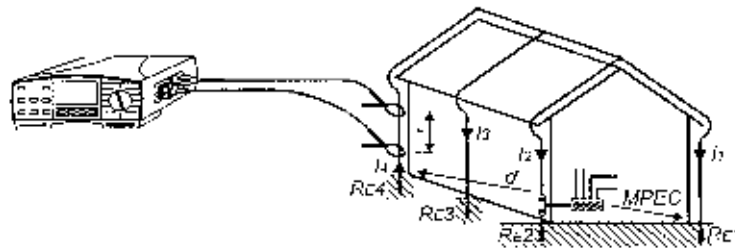


Fig. 37. Medición de Resistencia de tierra que usa el método de dos pinzas.

Nota!

- Es importante tener cuidado en mantener la distancia entre las pinzas que tiene que ser por lo menos de 300 mm para evitar que la pinza generadora influya en la de lectura.

Veamos el circuito eléctrico equivalente del ejemplo anterior.

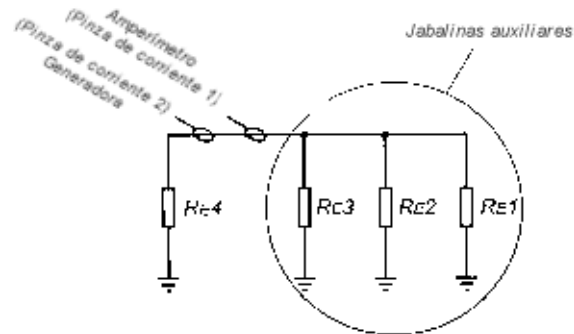


Fig. 38. Circuito eléctrico equivalente del ejemplo anterior

Resultado = $RE4 + (RE3//RE2//RE1)$

Bajo la condición que Resistencia de Tierra total de las jabalinas conectadas en paralelo RE3, RE2 y RE1 es mucho más baja que la resistencia de electrodo probado RE4, puede escribirse los siguiente:

Resultado = RE4

Si el resultado es más bajo que el valor permitido, entonces el valor exacto es ciertamente inferior al indicado.

Otras resistencias particulares pueden ser medidas desplazando las pinzas de corriente a otro a ubicación dentro del sistema.

En un ejemplo práctico como el presentado en la figura 31, pueden conectarse las pinzas como se muestra. La condición requerida para que los resultados de la prueba sean aceptables es que la Resistencia de Tierra del total de electrodos del sistema (RE5 a REN) sea despreciable frente al valor de la resistencia total de Ref de la jabalina bajo ensayo (RE1 a RE4).

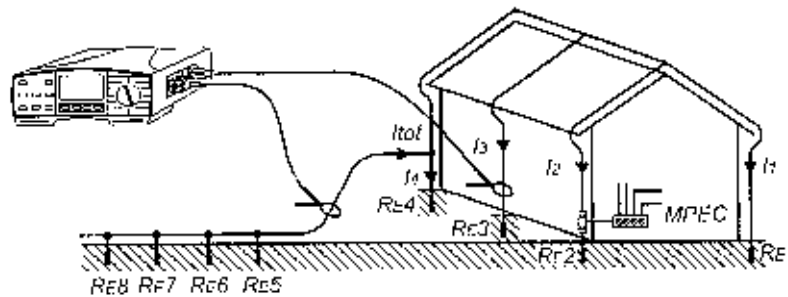


Fig. 39. Medición de Resistencia de Tierra medida usando dos pinzas.

La conexión es similar al circuito de la figura 31 excepto que la pinza de corriente se conecta al electrodo de tierra en particular y así se mide la Resistencia de Tierra del mismo.

El circuito eléctrico equivalente del ejemplo se presenta en la figura siguiente:

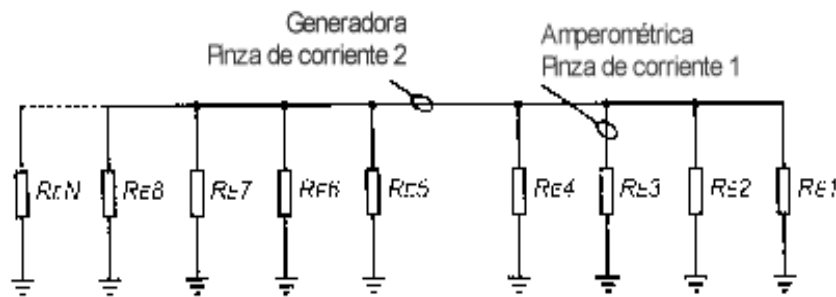


Fig. 40. Circuito eléctrico equivalente del ejemplo

Bajo la condición que la resistencia total del conjunto de jabalinas RE5 a REN es mucho más baja que la resistencia total de los electrodos RE1 a RE4, puede escribirse lo siguiente:

Resultado ~ RE3

La medida de otros electrodos puede realizarse mudando la posición de la pinza de corriente a donde sea necesario.

Notas!

- Este método puede usarse si los electrodos individuales son bastante cercanos entre sí como para ser alcanzados con la pinza de corriente 1. La pinza del generador debe mantenerse en la misma posición independientemente de cual jabalina se esté midiendo.
- Si hay un número muy grande de jabalinas en el sistema probado, puede pasar que la corriente medida por la pinza de prueba en la jabalina bajo ensayo sea demasiado baja. En ese caso, el instrumento indica la situación desfavorable.

2) RESISTENCIA ESPECÍFICA DE TIERRA

¿Que es la Resistencia Específica de Tierra?

Es la resistencia del material del suelo tomada como un cubo 1 x 1 x 1 m dónde se ponen los electrodos de medición en los lados opuestos, vea la figura debajo.

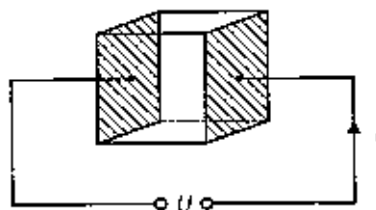


Fig. 41 Resistencia Específica de Tierra

La medición de Resistencia Específica de Tierra:

La medición se lleva a cabo para asegurar el cálculo más exacto de sistemas de puesta a tierra, por ejemplo, para distribución de energía en Alta Tensión, subestaciones, plantas industriales, complejos de edificios, etc.. Debe usarse corriente alterna debido a posibles procesos electroquímicos en el material del suelo que serían fuente de error en caso de usarse CC. El valor de Resistencia Específica de Tierra se expresa en Ohm. m. Su valor absoluto depende de la estructura del material constituyente.

El principio de medición se muestra en la figura siguiente:

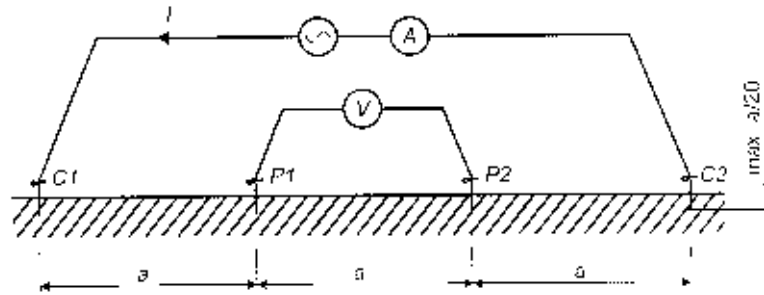


Fig. 42. Principio de medición

$$\text{Resultado} = 2 \pi a U / I = \rho$$

donde:

- a Distancia entre las jabalinas de la prueba.
- U El voltaje entre la jabalina P1 y P2, medidos por el Voltímetro.
- I La corriente de CA medida por el amperímetro.
- ρ Resistencia Específica de Tierra,

Esta ecuación es válida si las jabalinas de prueba se hincan en tierra hasta un máximo de $a/20$ máximo.

Para alcanzar resultados más objetivos es recomendable efectuar la medida de ser posible repetida en las diferentes direcciones (por ejemplo 90° de la primera medición), y tomar como válido el valor promedio de las lecturas obtenidas.

Usando distancias diferentes entre las jabalinas de prueba, se mide el material del suelo a profundidades diferentes. Cuanto más grande la distancia es, más profundo es el nivel de material de suelos medido.



Fig. 43. La influencia de la distancia en respecto de la profundidad medida

- d1* La profundidad generada por la distancia más grande entre sondas.
d2 La profundidad generada por la distancia menor entre las sondas.

El electrodo de tierra se hincará en el lugar y a la profundidad dónde la Resistencia de Tierra medida sea la más baja (o por lo menos se buscará un compromiso razonable entre las distintas mediciones), por eso se debe hacer el ensayo a distintas profundidades, y considerar los diferentes resultados.

También puede definirse aproximadamente una estructura geológica mediante la medición de la Resistencia Específica de Tierra.

La tabla siguiente presenta valores orientativos de Resistencia Específica de Tierra para algunos materiales típicos.

TIPO DE MATERIALES	RESISTENCIA ESPECIFICA EN $\Omega \cdot m$
Agua de mar	0,5
Agua de lago o río	10 a 100
Tierra removida	90 a 150
Concreto	150 a 500
Grava húmeda	200 a 400
Arena fina seca	500
Oxido de calcio	500 a 1000
Grava seca	1000 a 2000
Terreno pedregoso	100 a 3000

Tabla 3. Valores orientativos de Resistencia Específica para materiales típicos.

Medición con el MI-2086 ó el MI-2088 de METREL:

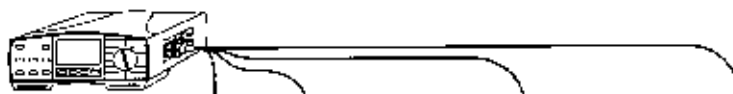




Fig. 44 Medición práctica con el Medidor de resistividad de suelos.

ETA ELECTRO S.A.
*Representante exclusivo
de **METREL** en Argentina
www.etaelectro.com*