



# RYSEL

## AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL



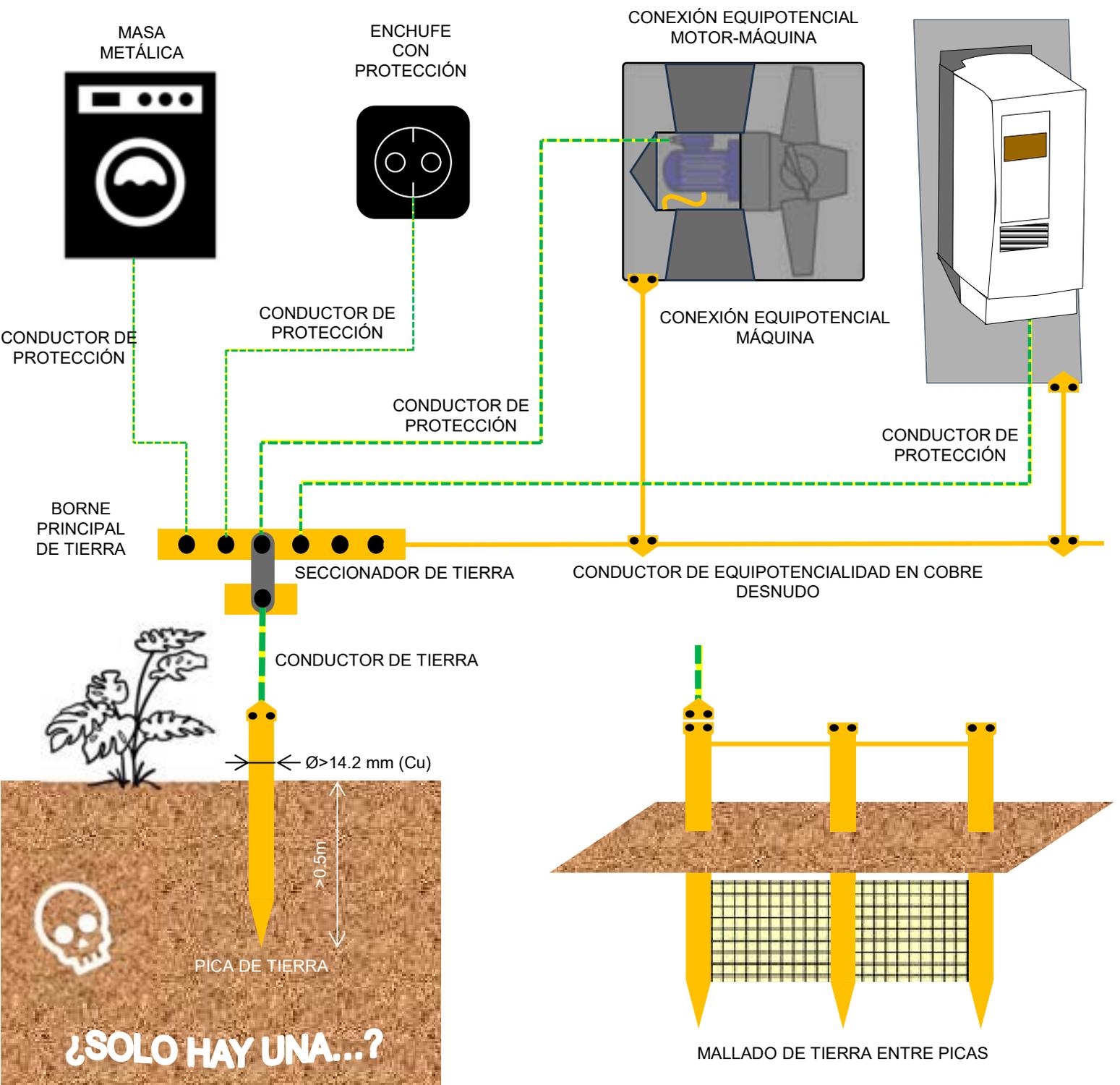
### ¡AY LAS TIERRAS... 2/2!

### (DOCUMENTO TÉCNICO #4 V0.0 WEB 2025)

Continuamos aquí con la segunda parte del tema de las tierras que daría para hablar mucho más de lo que podamos hacer aquí.

## HOGAR

## INDUSTRIA



CONEXIÓN EQUIPOTENCIAL EDIFICIO

PUENTE DE SECCIONAMIENTO DE TIERRA

CAJA DE SECCIONAMIENTO DE TIERRA

CAJA DE SECCIONAMIENTO DE TIERRA

CONEXIÓN EQUIPOTENCIAL MÁQUINA  
(MACHINE EQUIPOTENTIAL CONNECTION)

CONDUCTOR DE PROTECCIÓN

CONEXIÓN EQUIPOTENCIAL EDIFICIO

BORNE DE TIERRA

CONEXIÓN EQUIPOTENCIAL MÁQUINA

BORNA DE TIERRA

CONDUCTOR DE PROTECCIÓN DE MOTOR DE 132 KW A 400 V SEPARADO DE LOS DE ALIMENTACIÓN

### ¿Y CUÁNTAS TOMAS DE TIERRA DEBE HABER?

Esta es la eterna duda. Si todas las tierras fueran igual de buenas no importaría porque todas serían el mismo punto eléctrico, pero si una toma está en peores condiciones que otra lo que ocurrirá será que habrá diferentes potenciales de tierra y circulaciones de corriente entre ellas y se perderá o empeorará el efecto apantallamiento y la referencia de cero voltios. **¿Nunca ha ido desconectando tierras hasta dar con la causante del problema?**

Una de las tareas más complejas y que más tiempo nos lleva es la localización de "las tierras malas". Soltar y conectar conexiones, medir su estado, apantallar con papel aluminio (el papel aluminio es el amigo del localizador de emisiones radiadas) etc...

La red de tierras es eso que nunca se actualiza en los esquemas y que cuando se tuerce, se tuerce... ¿No se lo cree?. Bueno, pues ya vendrá la realidad a confirmarle lo que este humilde servidor le dice hoy, en 2025.

# LOS REGÍMENES DE CONEXIÓN DEL NEUTRO A TIERRA (PARECE UNA TONTERÍA, PERO...)

La norma IEC 60364-3 clasifica los sistemas eléctricos empleando una combinación de dos letras:

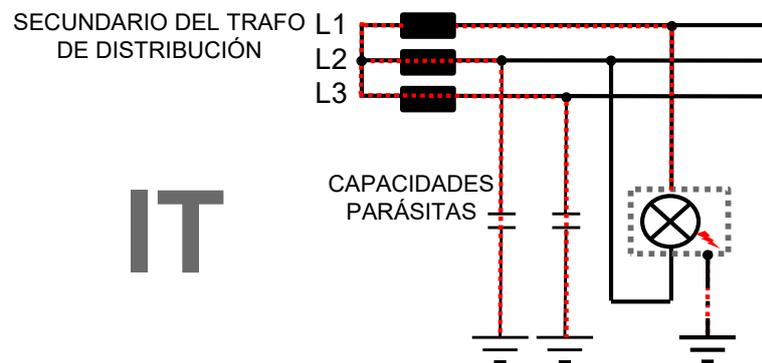
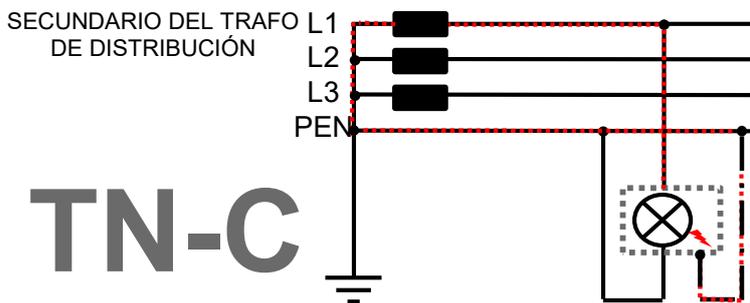
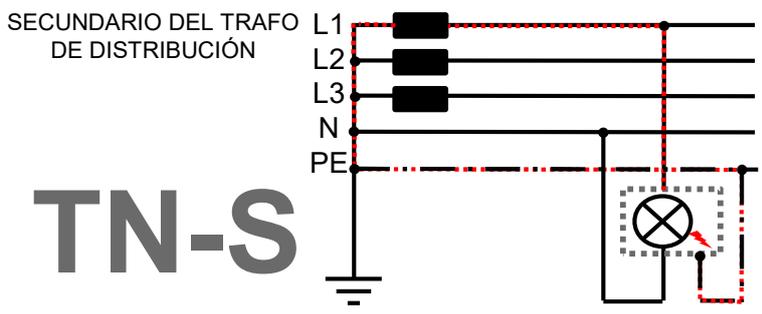
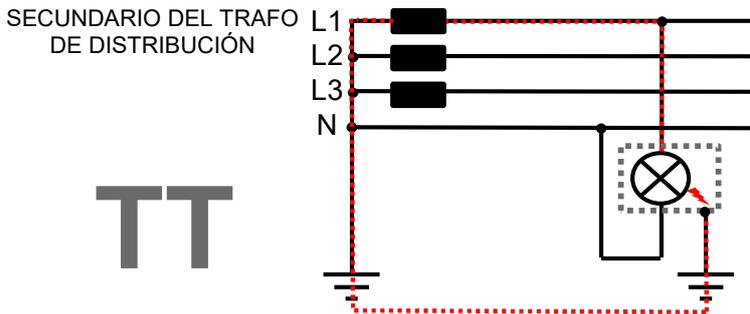
- La primera indica la conexión del sistema de alimentación con la tierra de protección:
  - **T**: conexión directa de un punto (normalmente el neutro).
  - **I**: todas las partes aisladas de tierra o un punto (normalmente el neutro) conectado a través de una impedancia.
- La segunda indica la relación entre las partes conductoras expuestas y tierra:
  - **T**: conexión directa a tierra.
  - **N**: conexión directa al punto conectado a tierra.

Puede haber alguna letra adicional que indica la disposición de los conductores de protección y del neutro.

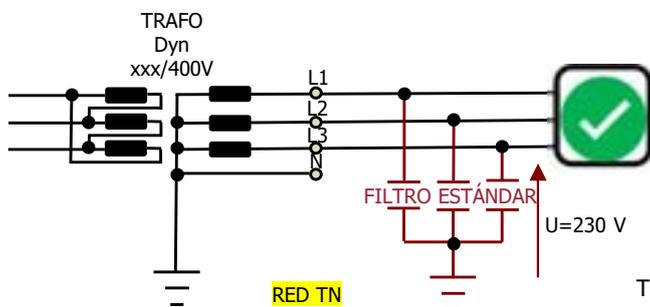
- **S**: cables de protección y neutro por conductores independientes.
- **C**: cables de protección y neutro agrupados en un único conductor.

## REGÍMENES HABITUALES DE TIERRA:

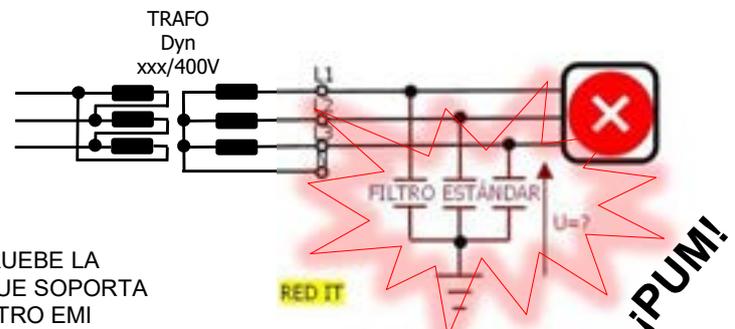
- **TT**: neutro y conductores expuestos conectados a electrodos de tierra independientes, cerrándose el circuito por el terreno.
- **TN**: el neutro está conectado a tierra directamente y el resto de conductores expuestos van conectados a la misma conexión. Hay tres variantes:
  - **TN-S**: un conductor de neutro y uno de tierra (PE).
  - **TN-C**: en un único conductor (PEN).
  - **TN-C-S**: con zonas S y zonas C.
- **IT**: aislado de tierra o conectados a través de una resistencia muy elevada.



Esto tiene su importancia para la selección de los filtros CEM en muchos equipos (en variadores, por ejemplo). Si no se tiene en cuenta habrá explosiones. ¡Cuántos variadores hemos vendido por este detallito (habiendo avisado)!



COMPRUEBE LA TENSIÓN QUE SOPORTA SU FILTRO EMI



**¿Y CÓMO MEDIR (EN CAMPO) TODO LO RELACIONADO CON EL TEMA TIERRAS?**

Bien, pues no pierdan de vista que incluyo las palabras “en campo”. No estamos certificando algo en un laboratorio, estamos midiendo sobre el terreno si lo que hay cumple los requisitos mínimos marcados por la normativa con un equipo de medición calibrado (que se basará en la norma también). Este es el nuestro:



MEDIDOR MULTIFUNCIÓN CHAUVIN ARNAUX MODELO CA6155 DE RYSEL Y LAS MEDICIONES RELACIONADAS CON LA TIERRA QUE OFRECE:

<b>EARTH BOND, CONTINUITY</b>  Continuity 10 A Range: 0.13 Ω + 1.99 Ω (EN61010-4) Continuity 200 mA Range: 0.13 Ω + 1.99 Ω (EN61010-4) Continuity 10 A Range: 0.003 Ω + 1.99 Ω (EN61010-4)		<b>INSULATION RESISTANCE, SUBSTITUTE LEAKAGE CURRENT</b>  Insulation resistance Range: 0.020 MΩ + 100 Ω (EN61010-4) Output voltage: 250 V, 500 V Short-circuit current: max. 2.5 mA Substitute leakage current Range: 0.00 mA + 10.00 mA Open-circuit voltage: 400 V Short-circuit current: max. 400 mA		<b>SUBSTITUTE LEAKAGE CURRENT - S, INSULATION RESISTANCE - S</b>  Substitute leakage current Range: 0.00 mA + 10.00 mA Output voltage: 200 V, 500 V Short-circuit current: max. 2.5 mA Insulation - S resistance Range: 0.020 MΩ + 10.00 MΩ (EN61010-4)			
<b>DIFFERENTIAL LEAKAGE CURRENT, POWER TEST</b>  Differential leakage current Range: 0.00 mA + 0.00 mA Power test (dependent power)	<b>TOUCH LEAKAGE CURRENT</b>  Range: 0.00 mA + 2.00 mA	<b>POLARITY TEST</b>  Range: 0.00 mA + 24.0 A	<b>CLAMP CURRENT MEASUREMENT</b>  Range: 0.00 mA + 24.0 A			<b>PRCD, RCD TEST</b>  PRCD testing Range: 0 mA + 200 mA (I <sub>n</sub> 500 mA, 500 V) 0 mA + 40 mA (I <sub>n</sub> 500 V) 0 mA + 10 mA (I <sub>n</sub> 500 V) RCD testing (EN61010-4) 10, 20, 30, 50, 100, 500, 1000 mA Test current options: 0.5mA, 5mA, 10mA, 30mA Test current range: 0.5mA (RCD), 10mA (DC RC), 30mA (RCD) Voltage range: 0 V + 200 V (AC) + 50 V (DC)	
<b>HIGH VOLTAGE</b>  Withstanding 1000 V, 2000 V Range: 0 V + 2000 V 0.5 mA + 100 mA Withstanding 1000 V Range: 0 V + 1000 V 0.5 mA + 500 mA	<b>LINE IMPEDANCE</b>  Range: 0.20 Ω + 0.00 MΩ (EN61010-4) Precondition: discharge capacitor (calculated value) Test current (at 230 V): 4.5 A (10 ms) Normal voltage range: 50 V + 500 V (40 Hz + 60 Hz)	<b>FAULT LOOP IMPEDANCE</b>  Range: 0.20 Ω + 0.00 MΩ (EN61010-4) Precondition: discharge capacitor (calculated value) Test current (at 230 V): 4.5 A (10 ms) Normal voltage range: 50 V + 500 V (40 Hz + 60 Hz) Range: 0.40 Ω + 0.00 MΩ (EN61010-4) Precondition: discharge capacitor (calculated value) Normal voltage range: 50 V + 500 V (40 Hz + 60 Hz)	<b>VOLTAGE, FREQUENCY, ROTATION</b>  Phase rotation Result: 1.2.2 or 2.2.1 Voltage range: 100 V <sub>u</sub> + 500 V <sub>u</sub> Frequency range: 10 Hz + 500 Hz Voltage, Frequency Normal frequency range: 2 Hz, 10 Hz + 100 Hz Normal voltage range: 10 V + 200 V		<b>DISCHARGING TIME</b>  Discharging time Range: 0.1 s + 0.1 s Max. discharging current: 500 V / 100 mA		

- **CONTINUIDAD DE LAS TIERRAS:** hemos dicho que en los equipos de clase I todas las partes metálicas se deben unir entre si y conectar a una toma de tierra externa. Si el equipo a probar lleva una toma de corriente con tierra se puede enchufar en el propio tester (se mediría también el cable de alimentación). Se mide entre todos los puntos de tierra y la entrada de tierra del equipo a probar. El tester aplica una tensión de seguridad e inyecta una corriente de prueba que puede seleccionarse entre 10/0.2 A y calcula la resistencia del tramo, que debe ser de hasta 0.025+1.99/0.13+1.99 Ω. Se puede seleccionar la duración entre 5/10/30/60/120/180 s. Se toma la más alta.

En el equipo sujeto a test deben considerarse:

- Las secciones de los cables interiores de tierra que unen las partes metálicas.
- Que cuando se use un tornillo para unir varios terminales de arandela, cada uno de ellos debe llevar su propia arandela de apriete y no una para el conjunto.
- Las tapas desmontables y puertas deben llevar un terminal de tierra.
- Evidentemente, el equipo a probar debe tener una conexión a una toma de tierra externa.

- **RESISTENCIA DEL AISLAMIENTO:** este ensayo mide la calidad de los aislamientos del equipo bajo test (conductores con tensión y partes metálicas accesibles). Usa una tensión de prueba seleccionable de 250/500 V CC con un tiempo de prueba seleccionable 2/3/5/10/30 s y mide la resistencia obtenida en MΩ). Se mide entre las fases de alimentación cortocircuitadas entre si y los diferentes puntos de conexión de tierra. Normalmente nos quedamos con el valor más desfavorable (el más pequeño). En el equipo sujeto a test deben considerarse:
  - Cuando haya varistores y/o filtros EMI, estos se deben desconectar antes de realizar el test, pues de otro modo los deteriorará (también podría ensayar a 250 V si no se pudieran desconectar y la norma lo permite). Tenga en cuenta que estos pueden estar montados dentro de un subconjunto del cuadro o incluso integrados en alguna de las tarjetas electrónicas que lo componen.
  - Ojo con los cables de comunicaciones y equipos asociados (switches, repetidores, etc). Aplíquese el punto anterior.
- **RIGIDEZ DIELECTRICA:** el objetivo de la prueba es medir las distancias al aire o con otros aislantes que pudiera haber entre las partes en tensión y la carcasa metálica del equipo bajo prueba. Esto se podría hacer usando mediciones (con galgas por ejemplo) en todas las zonas involucradas, pero la complejidad del equipo bajo prueba suele hacer más sencillo realizarlo desde un punto de vista eléctrico. Se mide entre las fases de alimentación cortocircuitadas entre si y los diferentes puntos de conexión de tierra, y se aplican pulsos de tensión seleccionable de 0.89/2.5 KV durante tiempos de prueba seleccionables de 5/10/30/60/120/180 s para medir corrientes de fuga con umbral máximo seleccionable de 5/10/20/50/100 mA. En el equipo sujeto a test deben considerarse:
  - Cuando haya varistores y/o filtros EMI, estos se deben desconectar antes de realizar el test, pues de otro modo los deteriorará. Tenga en cuenta que estos pueden estar montados dentro de un subconjunto del cuadro o incluso integrados en alguna de las tarjetas electrónicas que lo componen.
  - Ojo con los cables de comunicaciones y equipos asociados (switches, repetidores, etc). Aplíquese el punto anterior.
  - Esta prueba usa pulsos de alta tensión. Tome precauciones al realizarla y utilice guantes aislantes para conectar y desconectar las sondas.
  - En caso de encontrar algún problema local, se puede utilizar cinta de Kapton u otro material aislante para mejorar el resultado en aquellos puntos conflictivos que pudieran aparecer.
  - Las longitudes excesivas de tornillos cerca de las partes metálicas suelen provocar fallos del test.
  - Cuidado con los terminales de alimentación montados en plastrones, y con su posición final cuando se colocan en el cuadro.
- **CORRIENTE DE FUGA DE CONTACTO:** determina la corriente de fuga a tierra que podría circular por una persona que tocara el equipo bajo prueba cuando está operando normalmente. Por lo tanto, esta prueba se realiza con el equipo bajo prueba con su alimentación normal (230 V) durante tiempos de prueba seleccionables de 5/10/30/60/120 s y con unos umbrales de corriente de paso máximos de 0.25/0.5/0.75/1/1.5/2 mA. El tester simula la resistencia promedio del cuerpo humano al tocar las partes metálicas con la sonda de prueba.
 

¿Y si el equipo tuviera doble aislamiento (clase II)? Aun que dijimos que nos centraríamos en los equipos de clase I, si nos encontráramos con esta necesidad, comentar que lo habitual es adherir una lámina metálica a la parte externa de la carcasa para simular una mano y medir sobre ella. En el equipo sujeto a test deben considerarse:

  - Que un filtro EMI a la entrada con una capacidad alta (que es bueno para la EMC) perjudicará el resultado en este ensayo.
  - De igual modo, muchas de las precauciones que mejoran el comportamiento EMC (por ejemplo, pegar los cables a la carcasa metálica) empeorarán el resultado en este ensayo.

Nosotros no realizamos ensayos de condiciones anormales de funcionamiento (también llamadas “de primer defecto”) pues son destructivas. Buscan determinar el riesgo de choque eléctrico cuando sucede una sobrecarga mecánica o un funcionamiento anormal o descuido del equipo. Son ensayos que determinan si se generan temperaturas anormales, incendios no autoextinguidos, emisión de metal fundido o deformaciones en aislamientos. Generalmente y tras la realización de este ensayo en un laboratorio (de cara a una certificación) se repite el ensayo de rigidez de aislamiento.

Tampoco hacemos ensayos IP/IK pues lo normal en nuestro ámbito es recurrir a envoltentes que ya estén ensayadas y certificadas y salvo que se realizaran modificaciones extremas, no sería necesario.

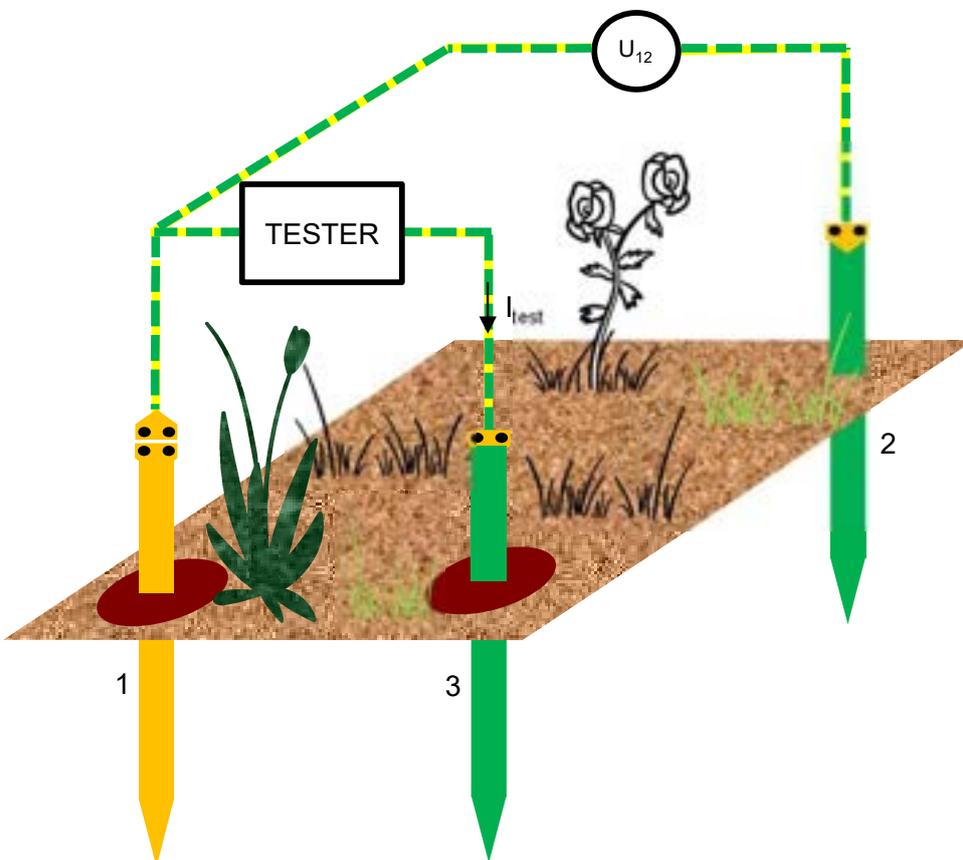
Puede comprobar que el equipo realiza otras múltiples pruebas (por ejemplo, de test del diferencial, del tiempo de descarga en equipos con condensadores, etc).



MEDIDOR DE AISLAMIENTO/TIERRAS MÁS SENCILLO KYORITSU MODELO 6010B DE RYSEL Y LAS MEDICIONES RELACIONADAS CON LA TIERRA QUE OFRECE:

**MEDICIÓN DE LA TIERRA PROPIAMENTE DICHA (RESISTIVIDAD DEL TERRENO):** no nos podemos olvidar de la toma de tierra propiamente dicha. La medida de la resistividad ( $\Omega \cdot m$ ) correspondería a la resistencia de un cilindro de tierra de  $1 \text{ m}^2$  de sección y un m de longitud en la zona donde se van a plantar las picas. Evidentemente que la resistividad del terreno tiene muchos factores que la afectan (depende de la región geográfica, de la zona concreta elegida y sus características y de la época del año). Cuanta más profunda sea la toma de tierra menos se verá afectada por alguno de esos factores (temperatura y humedad).

- Si va a realizar un estudio previo para construir la toma de tierra de una instalación, deberá medir la resistividad del terreno para elegir la mejor profundidad y forma constructiva, así como los materiales a emplear. Hay varios métodos para realizar esta medición. No vamos a entrar en este documento, puede consultarlos en diferentes fuentes.
- Si tiene que comprobar el estado de una toma de tierra existente (medir su resistividad) deberá aplicar un método de medida distinto en función de que la instalación tenga una única toma de tierra o más de una en paralelo. Deberá disponer de un medidor de resistencia de tierra y sus accesorios (picas y cables de medida). Normalmente se usan dos picas de medida más la propia toma de tierra a medir.



El TESTER inyecta una corriente alterna constante  $I_{\text{test}}$  en (3) cerrándose el circuito por la tierra a testear (1).

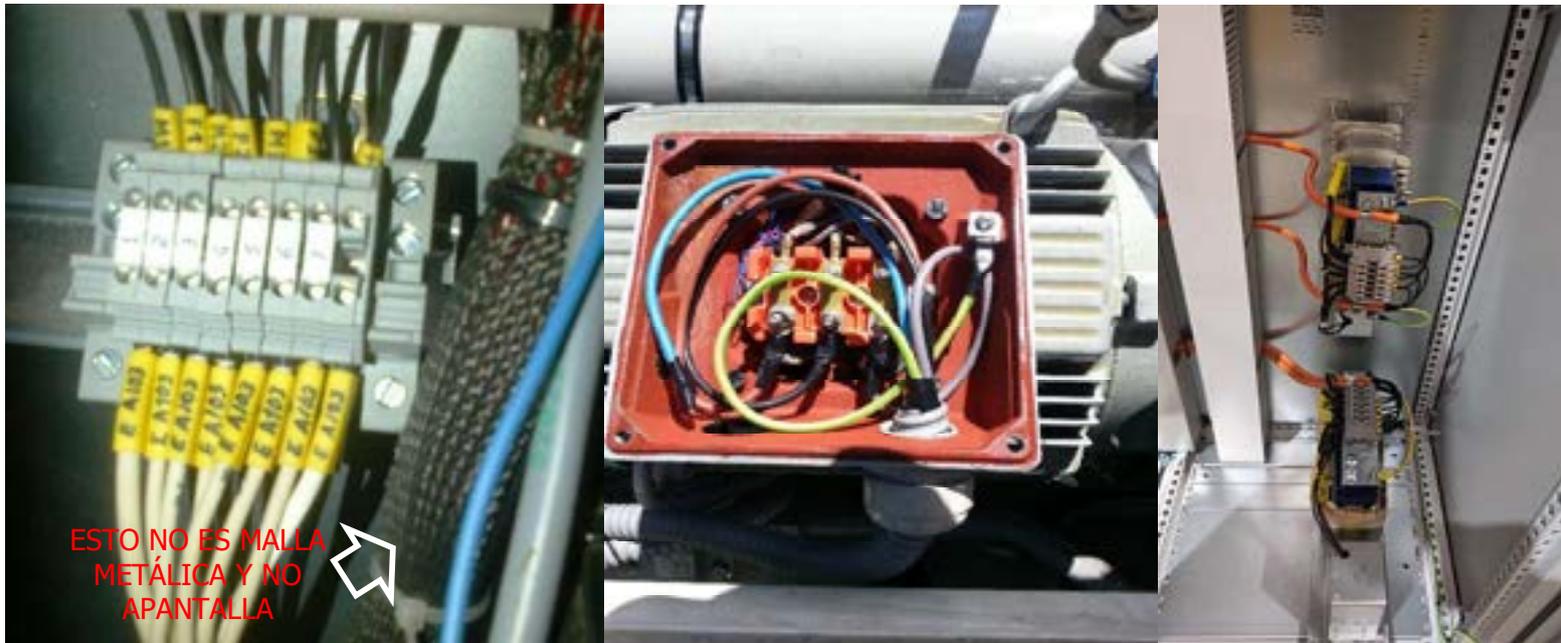
La toma 2 se ha de plantar lejos de las otras dos, donde no tengan **influencia** las picas 1 y 3 por donde circule la corriente de prueba.

$$R_1 = U_{12}/I_{\text{test}}$$

Hay otros métodos alternativos para cuando la selección de la zona "sin influencia" para colocar el electrodo 2 es difícil. Puede realizar una búsqueda más detallada con los manuales de su tester.

Las condiciones de humedad adecuadas se aseguran si hay vegetación por encima de la toma de tierra.

Cuando hay más de una toma de tierra en paralelo (lo más habitual son las tomas de tierra "distribuidas") se estaría midiendo la equivalente en paralelo de todas al medir una. En estos casos se inyecta una corriente en el sistema y se mide con una o varias pinzas amperimétricas. Compruebe las instrucciones de su medidor para determinar la mejor de las opciones disponibles en su caso.



ESTO NO ES MALLA  
METÁLICA Y NO  
APANTALLA



Si necesita realizar alguna de estas mediciones puede recurrir a nosotros. La importancia de la tierra en lo relacionado con la compatibilidad electromagnética y la seguridad funcional es muy grande. Como ha visto, en muchas ocasiones se ha de buscar un término medio porque algunas acciones buenas para uno son malas para lo otro.

¿Echa en falta algún tema?. Indíquenoslo mediante un email y lo incluiremos en futuras revisiones de este documento.

### **BIBLIOGRAFÍA:**

- Manuales de servicio de variadores ABB.
- Manuales de diferenciales ABB.
- Sistemas de distribución y protección contra contactos indirectos y defectos a tierra (Cuaderno de aplicación técnica ABB nº3, baja tensión).
- Guía de la medición de tierra (Chauvin Arnaud).
- Código de práctica de la seguridad eléctrica de ABB.
- NTP 400 Corriente eléctrica: efectos al atravesar el organismo humano (Ministerio de trabajo y asuntos sociales de España).
- NTP 437 Aspectos particulares de los efectos de la corriente eléctrica (Ministerio de trabajo y asuntos sociales de España).
- Guía BT-18 Instalaciones de puesta a tierra (Ministerio de Industria, turismo y comercio de España).
- Curso EMC CATECHOM (Universidad Politécnica de Alcalá De Henares, Madrid).

Estamos ubicados en Gijón (Principado De Asturias) pero debido a nuestra actividad en RYSEL SAT como subcontrata de ABB, estamos casi siempre fuera de Asturias por lo que es fácil que estemos más cerca de Ud. de lo que pueda pensar.

Si desea contactar conmigo (Jose Carlos Álvarez Alonso) para hablar sobre su necesidad puede hacerlo en el 659 488 836 o enviándome un email a [icalvarez@rysel.es](mailto:icalvarez@rysel.es) (insista o déjeme un mensaje si no le respondo porque a veces me pilla Ud. en obra y es difícil o imposible contestar al teléfono). **Somos gente de trabajos en trinchera, al pie del cañón y de vender con conocimiento de causa.**

Próximamente entrará en servicio nuestra nueva página web, con contenido técnico exclusivo para descargar. Esté al tanto de nuestras publicaciones en redes al respecto.