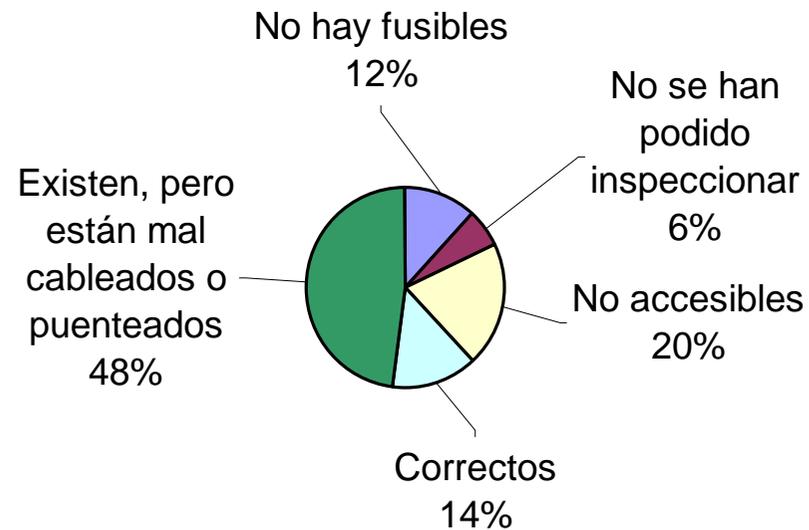




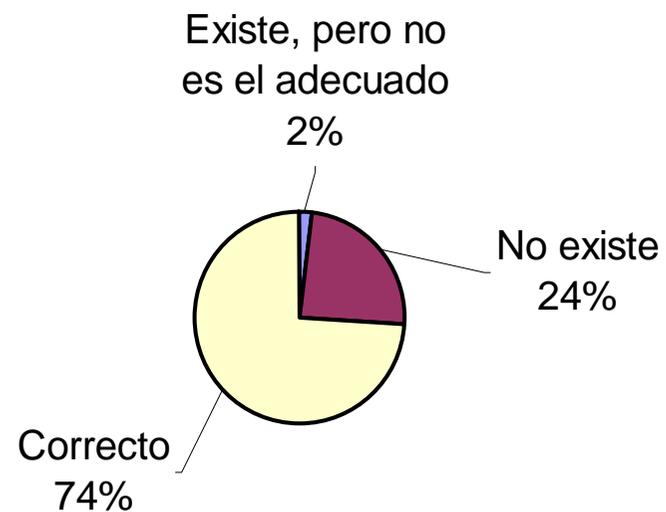
# ***MEDICIONES DE SEGURIDAD EN INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN***

## ESTADO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN ESPAÑA

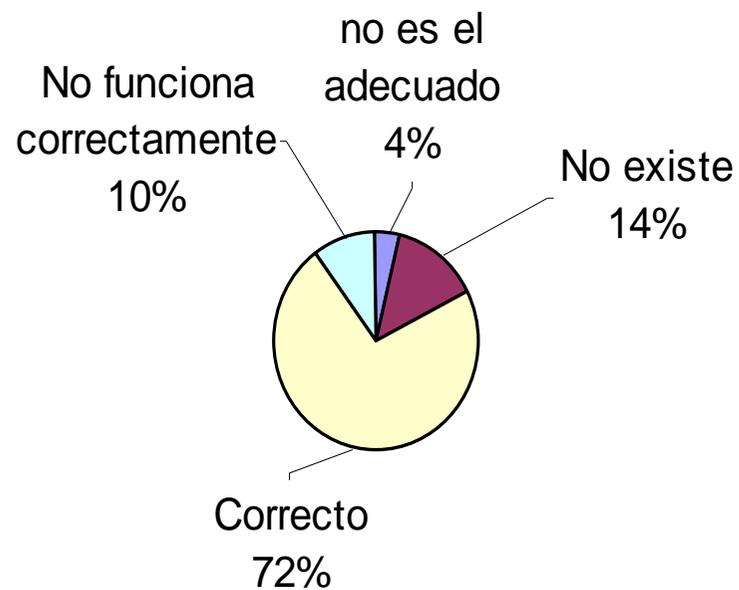
### FUSIBLES GENERALES



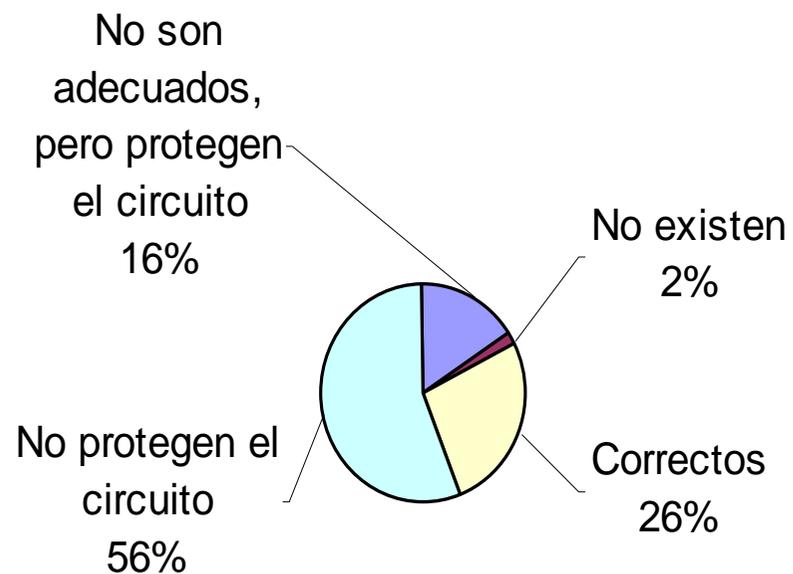
## **INTERRUPTOR DE CONTROL DE POTENCIA (ICP)**



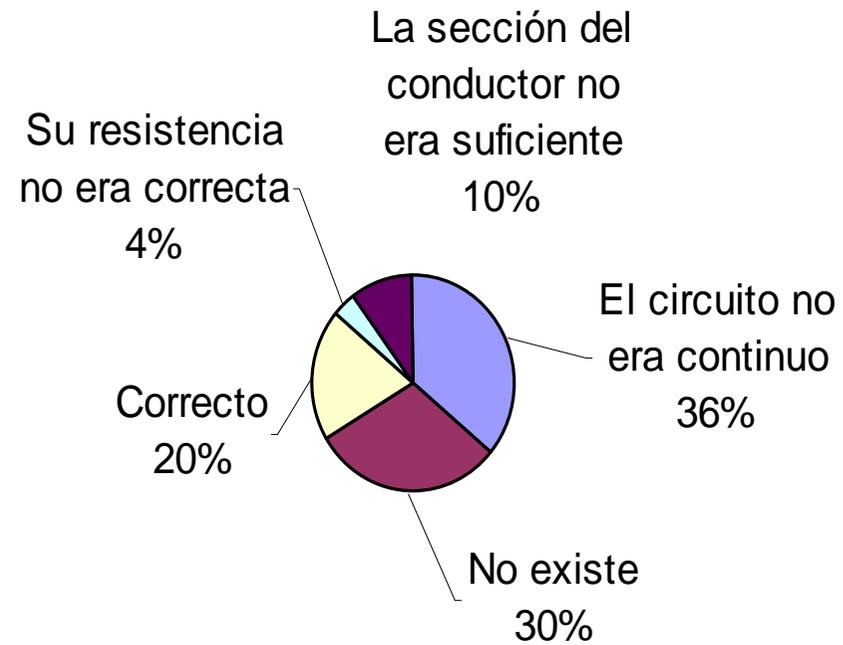
### **INTERRUPTOR DIFERENCIAL**



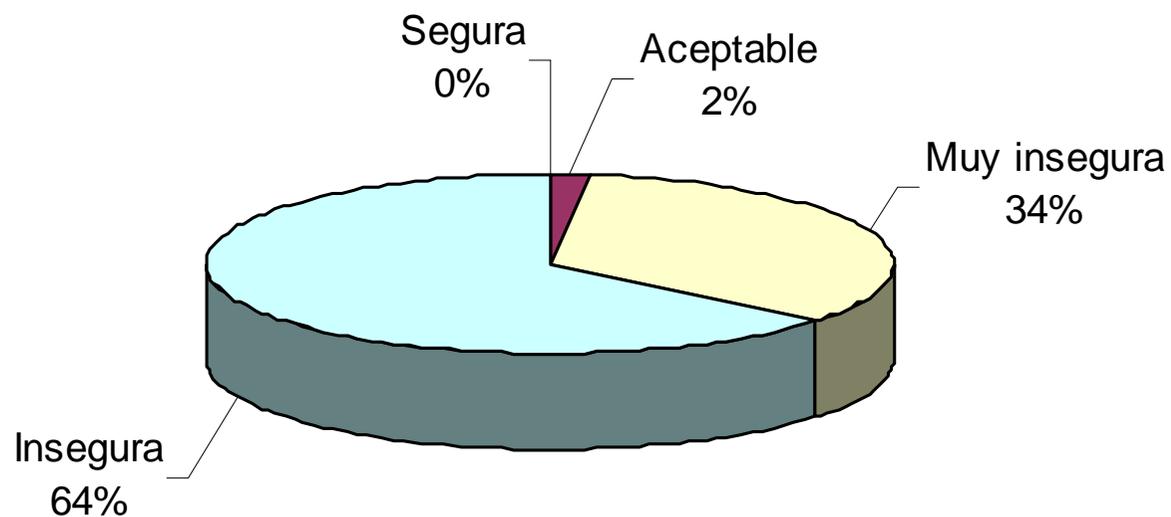
## PEQUEÑOS INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS



### **CIRCUITO DE TIERRA**



### **CALIFICACIÓN GLOBAL DE LAS VIVIENDAS**



# **NORMATIVAS EUROPEAS SOBRE INSTRUMENTOS DE MEDIDA**

**IEC 1010-1**

1.990-1.995

Requisitos de seguridad de equipos eléctricos de medida, control y uso en laboratorio



**EN 61010**

1.996

Requisitos particulares de equipos eléctricos de medida para uso en comprobación de instalaciones eléctricas. Parámetros de verificación y procedimientos.

**EN 61557**



**DIN-VDE 0413**

**EN 61557 parte 2: Resistencia de aislamiento**

**EN 61557 parte 3: Resistencia de bucle de defecto**

**EN 61557 parte 4: Continuidad de puestas a tierra y conductores equipotenciales**

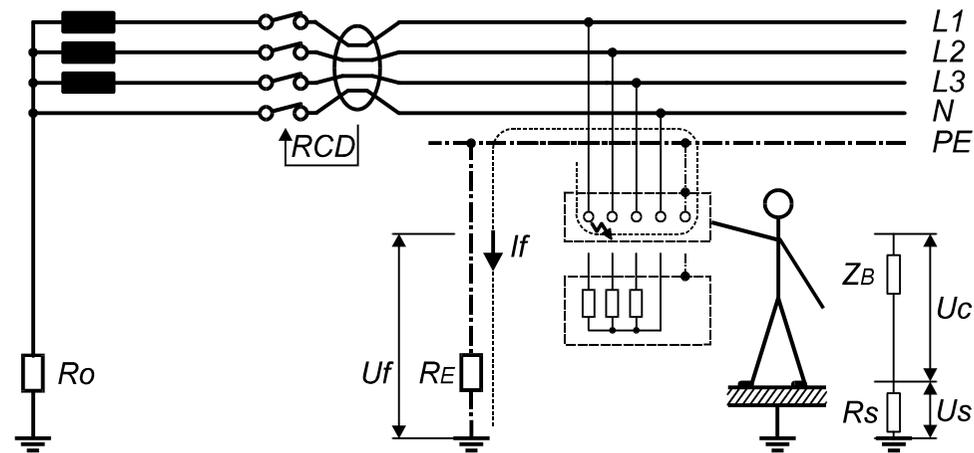
**EN 61557 parte 5: Resistencia de tierra**

**EN 61557 parte 6: Interruptores diferenciales en sistemas TN y TT**

**EN 61557 parte 7: Secuencia de fases en sistemas trifásicos**

**EN 61557 parte 8: Dispositivos de indicación de aislamiento en sistemas IT**

## RESISTENCIA DE AISLAMIENTO EN 61557- 2

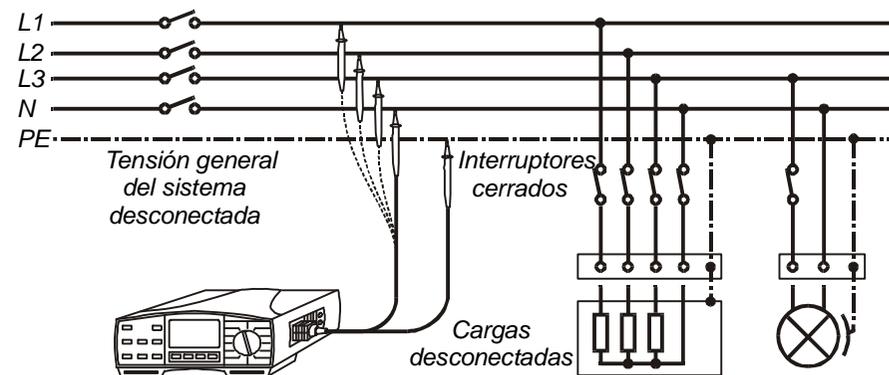


- If..... Corriente de defecto.
- Uc..... Tensión de contacto.
- Us..... Caída de tensión en la resistencia de suelo y zapatos.
- ZB ..... Impedancia del cuerpo humano.
- Rs..... Resistencia del suelo y zapatos.
- RE ..... Resistencia de tierra de partes conductoras accesibles activas.
- Uf ..... Tensión de defecto.

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

## **Medición de la resistencia de aislamiento entre conductores**

- Entre cada conductor de fase L1, L2 y L3 y el neutro N.
- Entre cada conductor de fase L1, L2 y L3 y el conductor de protección PE.
- Entre el conductor de fase L1 y L2 y L3 por separado.
- Entre el conductor de fase L2 y L3.
- Entre el conductor neutro N y el conductor de protección PE.



### **Importante**

- Desconecte la tensión del sistema antes de comenzar con la prueba
- Todos los interruptores deben estar cerrados durante la prueba
- Todas las cargas deben ser desconectadas durante la prueba

Los **menores valores de resistencia de aislamiento** son definidos por las reglamentaciones pertinentes, y se muestran en la siguiente tabla:

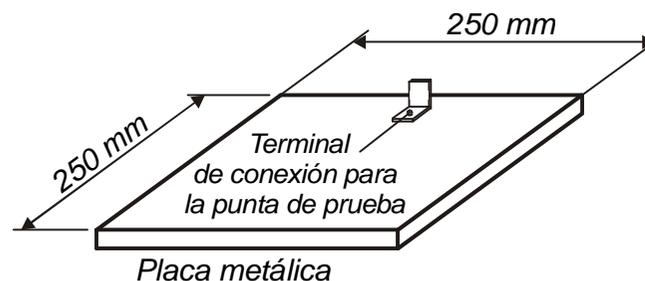
<b>Tensión nominal del sistema</b>	<b>Tensión c.c. nominal de prueba (V)</b>	<b>Resistencia de aislamiento máxima permitida (MΩ)</b>
Baja tensión de seguridad	250	0,25
Tensión hasta 500 V, excepto bajas tensiones de seguridad	500	0,5
Tensiones superiores a 500 V	1000	1,0

## **Medición de resistencia en paredes y suelos no conductores**

Cuando las partes conductoras accesibles activas de las cargas con aislamiento básico, debido a, p. ej., procedimientos de medida en un laboratorio, no pueden ser conectadas al conductor de protección PE, la habitación con suelos y paredes no conductoras puede usarse como medida de seguridad. La disposición de los equipos (cargas) debe hacerse de modo que:

- No sea posible tocar de forma simultánea dos partes conductoras accesibles activas con diferentes potenciales, en caso de un defecto básico de aislamiento.
- No sea posible tocar de forma simultánea cualquier combinación de partes conductoras accesibles activas y pasivas.

El conductor de protección PE, el cual podría generar tensiones de defecto peligrosas hasta el potencial del suelo, no está permitido en habitaciones no conductoras. Las paredes y suelos no conductores protegen al operario en caso de un defecto básico de aislamiento.



## MEDICIONES DE SEGURIDAD EN INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN

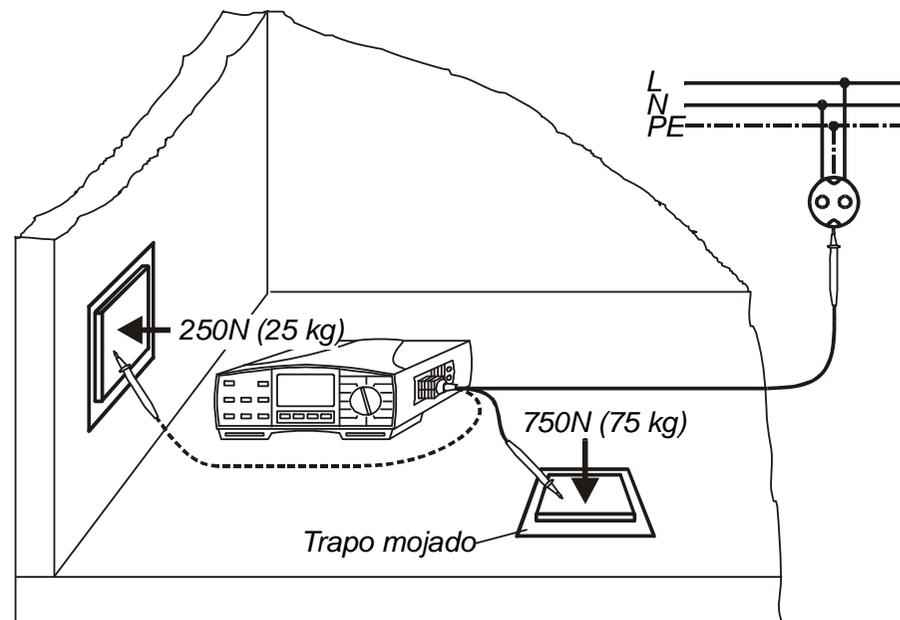
La medición se debe realizar entre el electrodo de medida y el conductor de protección PE accesible fuera de la habitación no conductora puesta a prueba.

El valor de la tensión de prueba será:

500 V	la tensión del sistema con respecto a tierra es menor de 500 V
1000 V	la tensión del sistema con respecto a tierra es mayor de 500 V

El valor medido será superior de:

50 k $\Omega$	la tensión del sistema con respecto a tierra es menor de 500 V
100 k $\Omega$	la tensión del sistema con respecto a tierra es mayor de 500 V



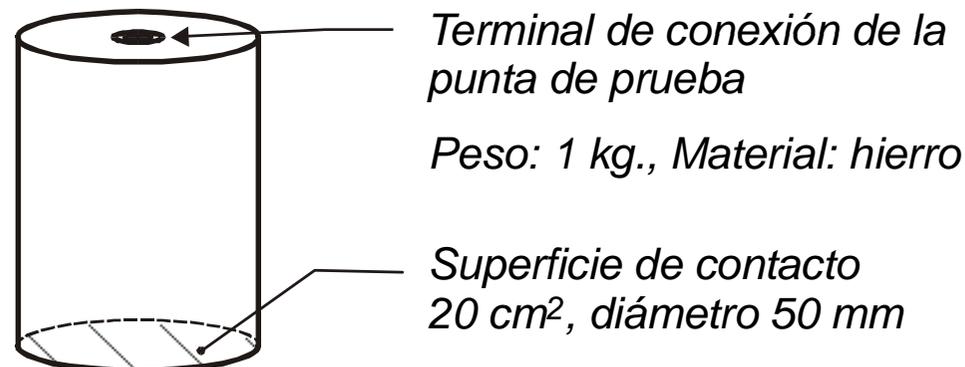
## **Medición de resistencia en suelos semiconductores**

En algunos casos como almacenes de materiales inflamables, polvorines, zonas con riesgo de explosión/incendio, se necesitan suelos con una cierta conductividad.

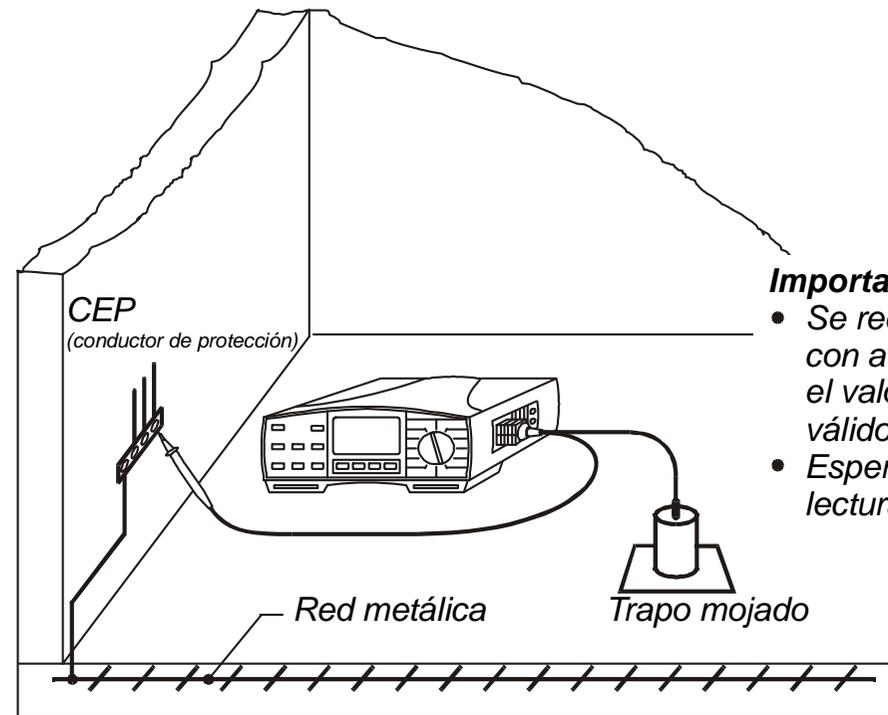
En dichos casos el suelo evita la generación de electricidades estáticas y pequeños potenciales con respecto a tierra.

Con el fin de lograr la resistencia del suelo apropiada se debe usar materia semiconductor. Se debe medir la resistencia usando un medidor de aislamiento con tensiones de prueba entre 100 y 500 V.

La norma define un electrodo de prueba especial para estos casos, descrito en el siguiente esquema:



## MEDICIONES DE SEGURIDAD EN INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN



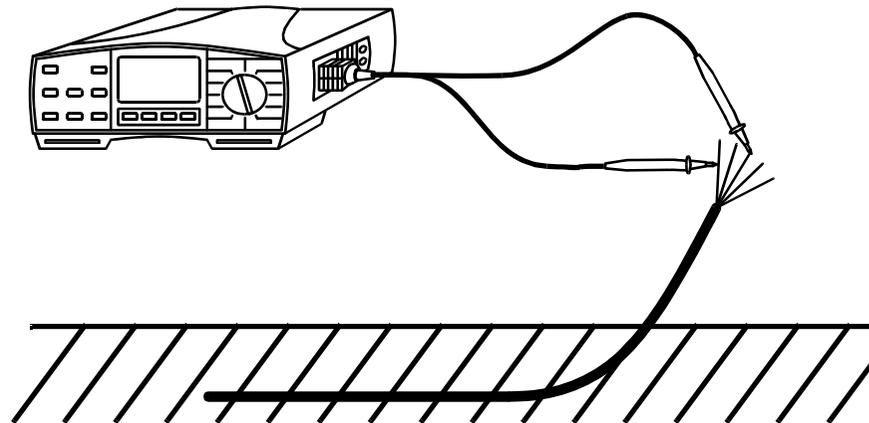
### **Importante**

- Se recomienda realizar la medida con ambas polaridades y tomar el valor medio de ambas como válido
- Espere a que se estabilice la lectura

La medida se debe realizar entre el electrodo de prueba y una red metálica que se suele instalar en estos casos bajo el suelo, conectada al conductor de protección PE. La dimensión del área donde se van a hacer las mediciones será al menos de 2 x 2m.

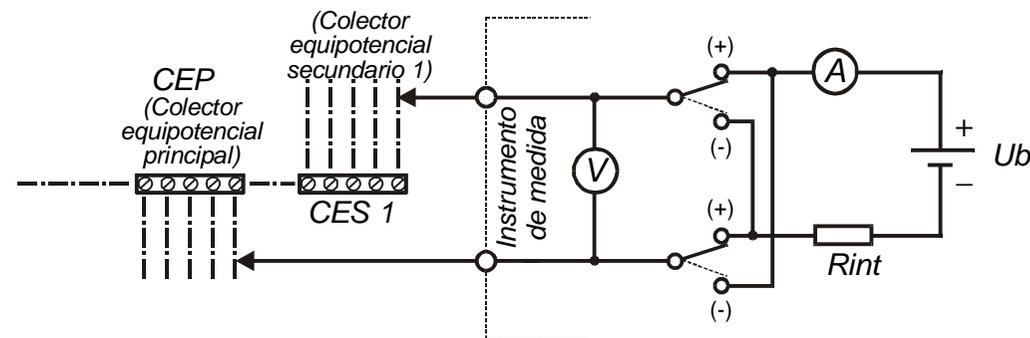
## **Resistencia de aislamiento en cables bajo suelo - 30 GΩ**

La medición se debe realizar de la misma forma que en los cables de la instalación, excepto que la **tensión de prueba debe ser de 1.000 V**, dadas las condiciones de extrema exigencia que deben soportar estos conductores. Se debe hacer la prueba entre todos los conductores por separado, con la tensión del sistema desconectada. Se recomienda usar el **Earth-Insulation Tester**, ya que ofrece medidas de hasta 30 GΩ, bastante comunes en este tipo de cables.



## CONTINUIDAD DE LOS CONDUCTORES DE PROTECCIÓN PARA PUSTAS A TIERRA Y CONDUCTORES EQUIPOTENCIALES EN 61557- 4

La norma permite realizar esta prueba con tensiones de prueba tanto c.c. como c.a., con valores entre 4 y 24 V. Los instrumentos mencionados en este manual usan tensión c.c. mediante el método U-I, cuyo principio elemental se muestra en la siguiente figura:

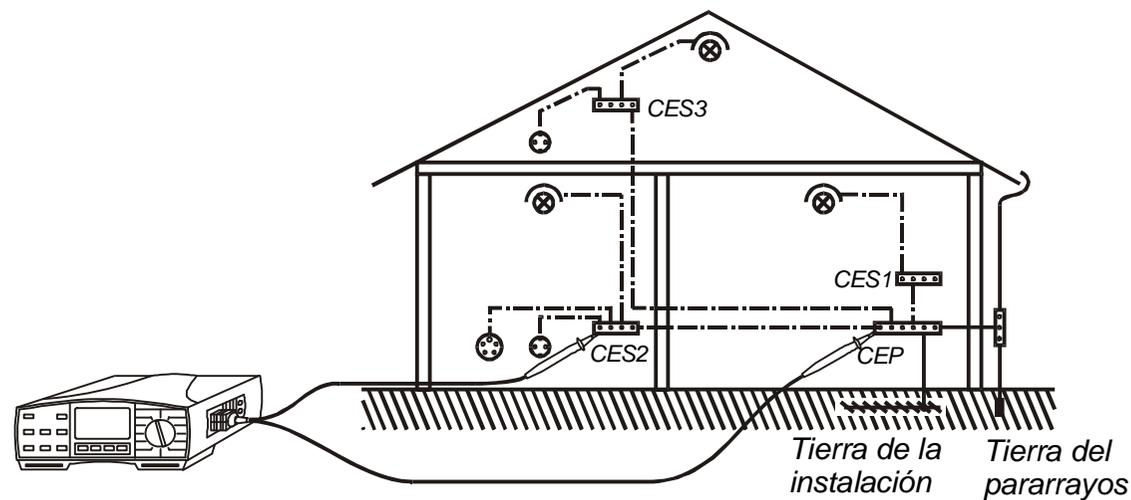


El generador interno del instrumento (batería) envía una corriente que circula por el bucle de prueba a través del amperímetro y una resistencia interna  $R_{int}$ . El voltímetro mide la caída de tensión y el instrumento calcula la resistencia  $R_x$ .

## MEDICIONES DE SEGURIDAD EN INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN

Dado que las mediciones de los conductores de protección pueden ser bastante complejas, conviene dividirlos en tres grupos:

- Mediciones de conductores de protección conectados al Colector Equipotencial Principal (CEP).
- Mediciones de conductores de protección conectados a Colectores Equipotenciales Secundarios (CES) dentro de un cuadro de distribución.
- Mediciones de conductores de protección para conexiones equipotenciales adicionales y locales.



El resultado de la medición se debe corresponder con la siguiente condición:

**$RPE \leq UL / I_a$** , donde:

RPE ..... Resistencia del conductor de protección medida.

UL ..... Tensión de contacto límite (normalmente 50 V).

$I_a$  ..... Corriente que garantiza el salto del interruptor de protección:

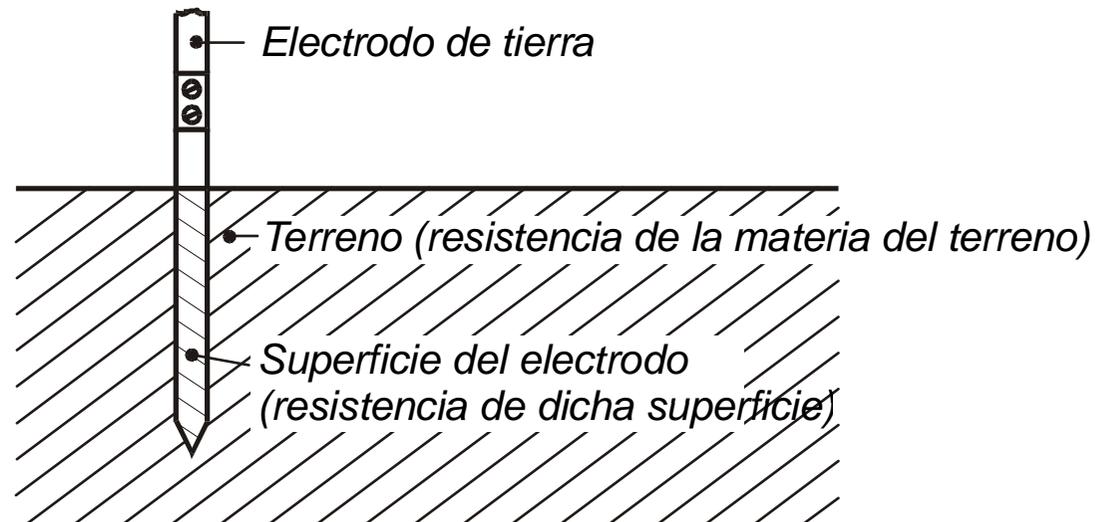
- $I_a = I_{\Delta n}$  para interruptores diferenciales
- $I_a = I_n$  para magnetotérmicos

**Dado que los conductores comprobados pueden ser bastante largos, también lo deberán ser las puntas de prueba, por lo que éstas podrían tener una resistencia a considerar en la medición. Por ello es importante compensarlas antes de hacer la medición. En caso de no ser posible esto tendrá que tenerse en cuenta al final.**

## **RESISTENCIA DE TIERRA EN 61557-5**

### **Qué es la resistencia de tierra**

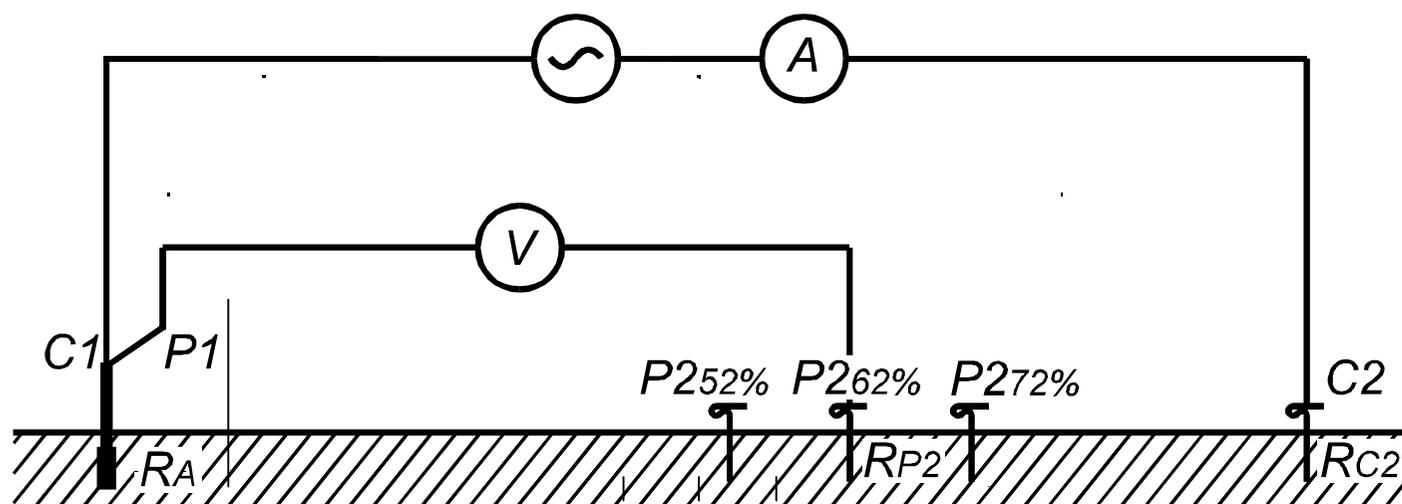
Es la resistencia del electrodo de tierra, la cual encuentra la corriente mientras intenta circular a su través, hacia el terreno. Depende de las características de la superficie de dicho electrodo (óxidos en su superficie, etc.) y de la propia resistencia del terreno, principalmente en la parte que rodea al electrodo.



***Max. R tierra permisible en función del diferencial y tipo de local***

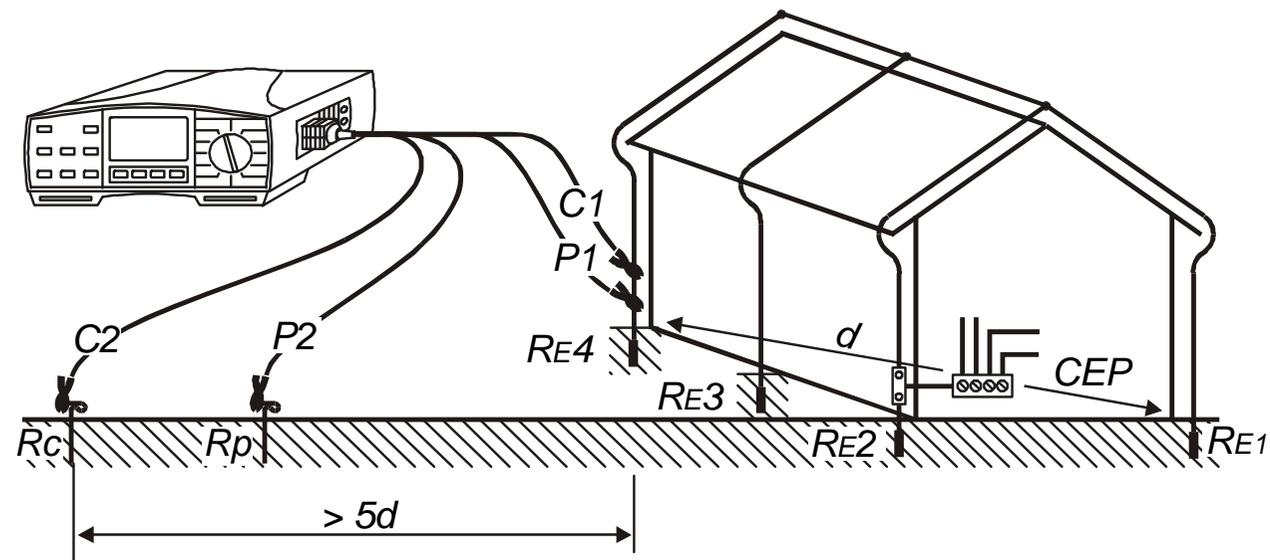
<b>Dif. normal</b>	<b>Local seco (50v)</b>	<b>Local húmedo (25v)</b>	
10mA	5000Ω	2500Ω	
30mA	1666Ω	833Ω	
100mA	500Ω	250Ω	
300mA	166Ω	83Ω	
500mA	100Ω	50Ω	
<b>Dif. selectivo</b>			
100mA	250Ω	125Ω	
300mA	83Ω	41Ω	
500mA	50Ω	25Ω	

Principio de medición usando el método clásico de 4 terminales y 2 picas.



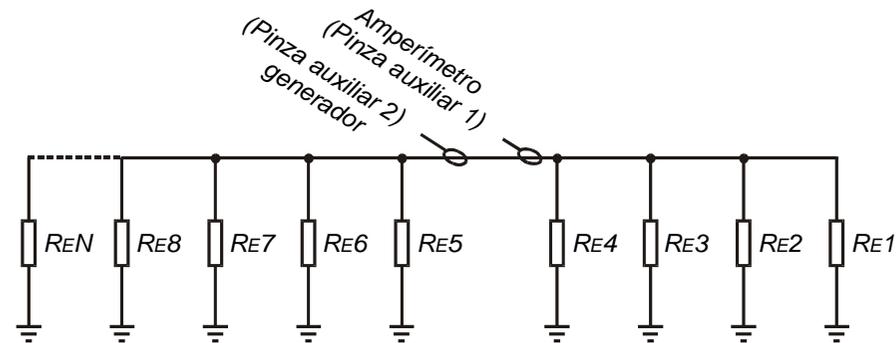
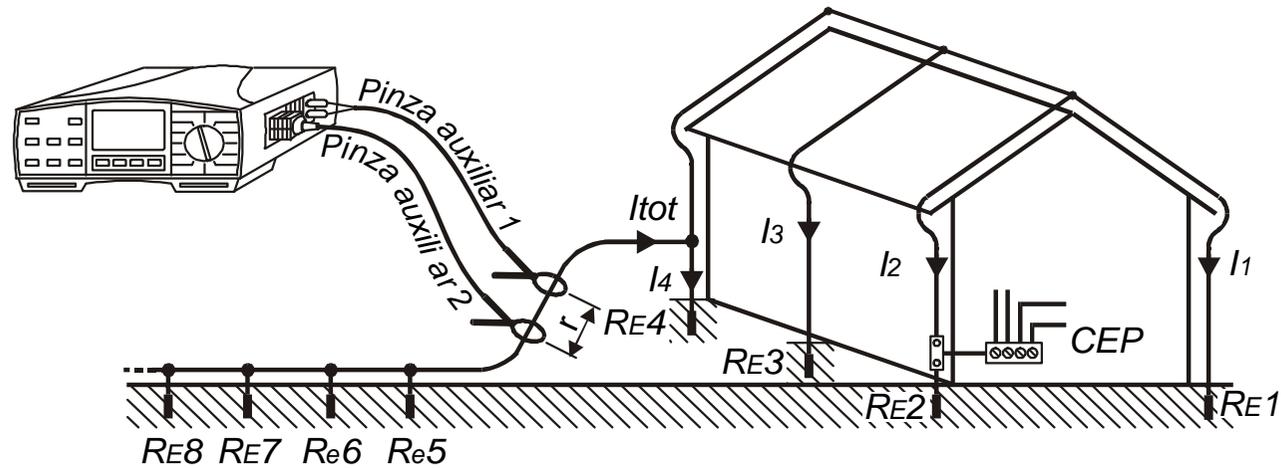
## Medida de la Resistencia Total de Tierra

### Método clásico de 4 terminales y 2 picas auxiliares



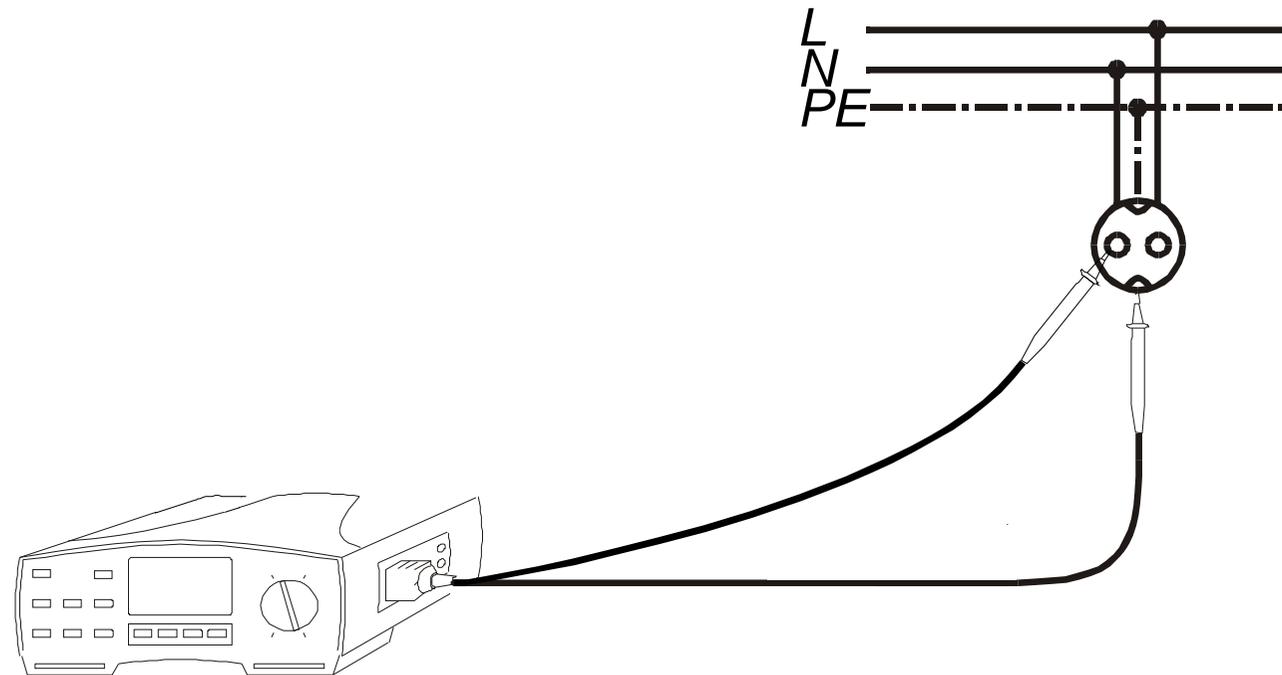
Las picas auxiliares de tensión y corriente deben clavarse en el terreno lo bastante lejos del sistema como para considerar éste como un sistema puntual. La distancia requerida para la pica de corriente C2 se recomienda al menos **5 veces mayor** que la mayor distancia entre los electrodos individuales de la instalación.

Método sin picas, mediante el uso de 2 pinzas.



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

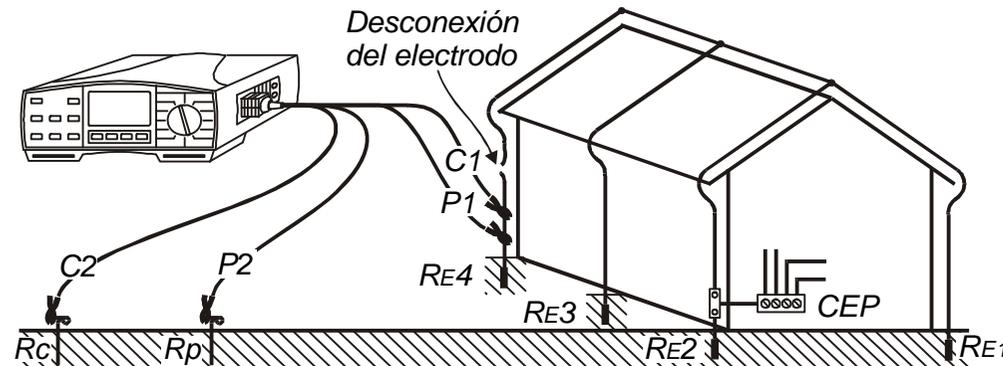
**Método especial, sin picas ni pinzas, en un schuko con conexión  
al neutro (voltímetro y fuente en paralelo)**



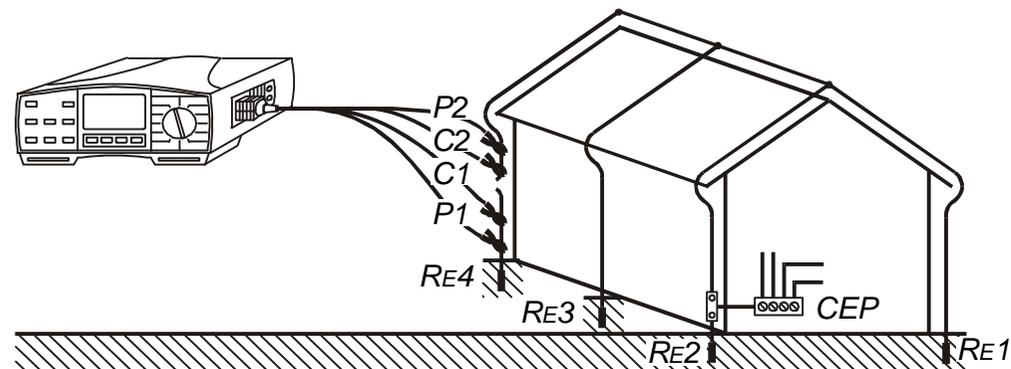
$$\text{RESULTADO} = R_T + R_{\text{transformador}} \cong R_T$$

## Mediciones de Resistencia de Tierra en electrodos particulares

Medición con desconexión mecánica del electrodo a medir, mediante el método clásico de 4 terminales y 2 picas auxiliares.

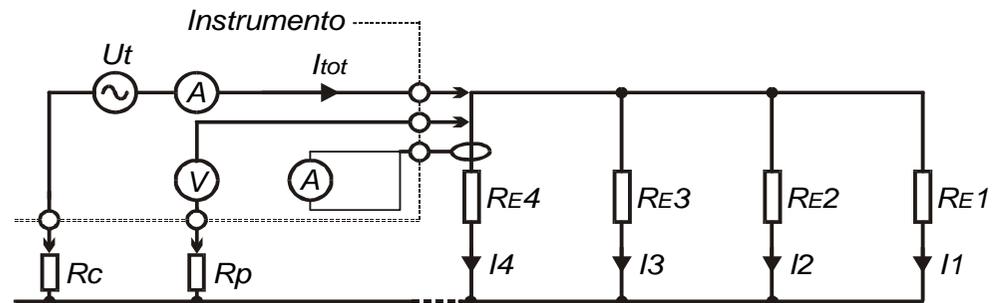
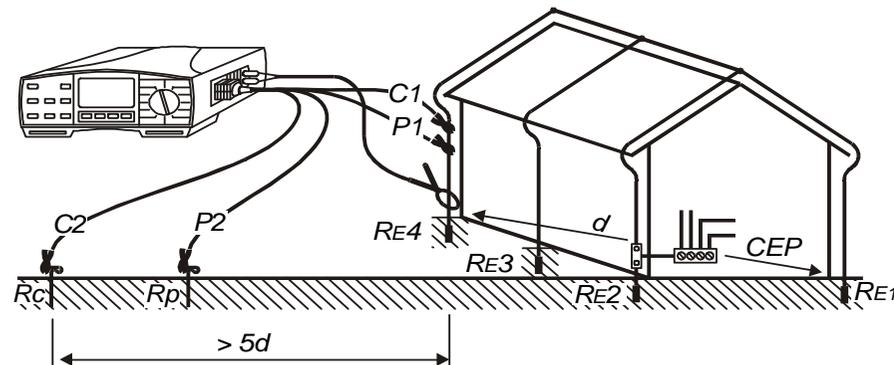


Medición con desconexión mecánica del electrodo a medir, mediante el método clásico de 4 terminales y 2 puntos de conexión.



$$\text{Resultado} = RE4 + (RE1 // RE2 // RE3)$$

**Medición mediante el método clásico de 4 terminales y 2 picas auxiliares en combinación con 1 pinza auxiliar de prueba.**

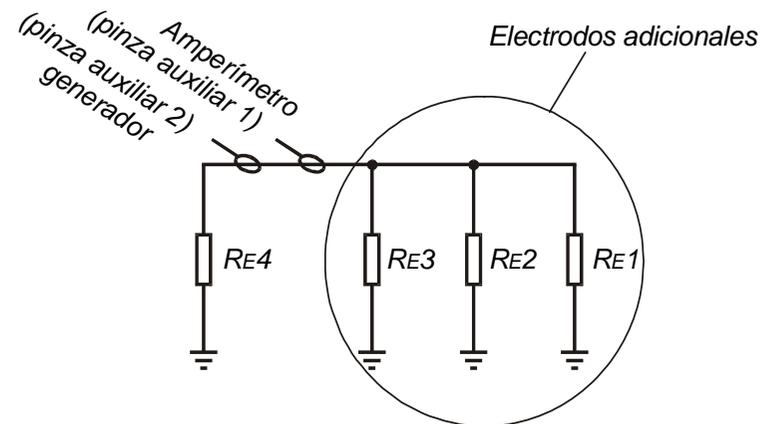
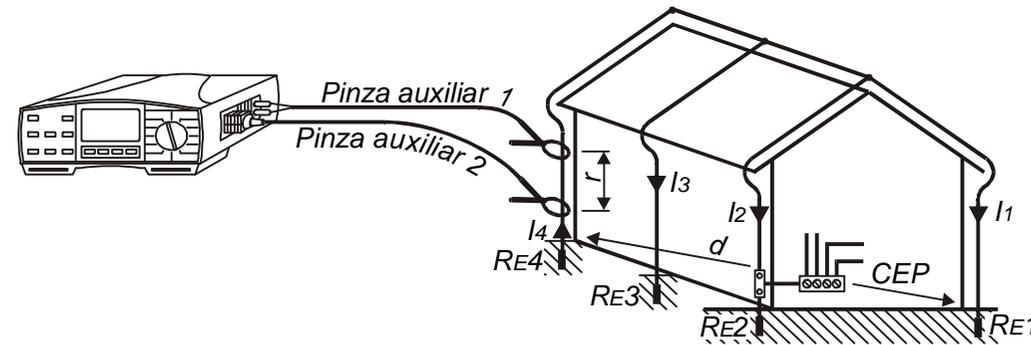


**Resultado 1 =  $RE4$  (en función de la corriente medida por la pinza auxiliar)**

**Resultado 2 =  $R_{tot}$  (en función de la corriente medida por el amperímetro)**

**La pinza auxiliar debe estar siempre por debajo de las conexiones C1 y P1, ya que de lo contrario no mediría la corriente que circula por el electrodo, sino por el resto de electrodos de la instalación.**

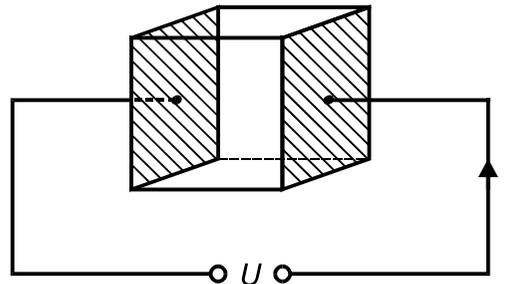
Medición sin picas auxiliares, utilizando 2 pinzas de prueba.



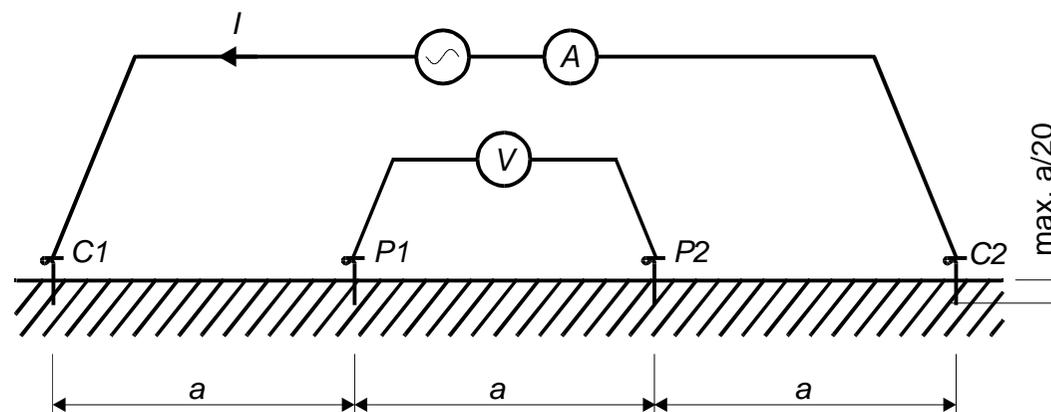
$$\text{Resultado} = RE_4 + (RE_3 // RE_2 // RE_1)$$

## RESISTENCIA DE TIERRA ESPECÍFICA (RESISTIVIDAD) EN 61557- 5

Es la resistencia de un trozo de terreno en forma de cubo de  $1 \times 1 \times 1$  m, donde los electrodos de medida se colocan en partes opuestas del mismo, según la figura:



La medición se lleva a cabo de forma previa, para asegurar un cálculo correcto y preciso de la puesta a tierra de todo tipo de instalaciones. Se expresa en  $\Omega m$ , su valor absoluto depende de la estructura del material del terreno.



**Cuanto mayor sea la distancia entre ellos mayor es la profundidad alcanzada.**

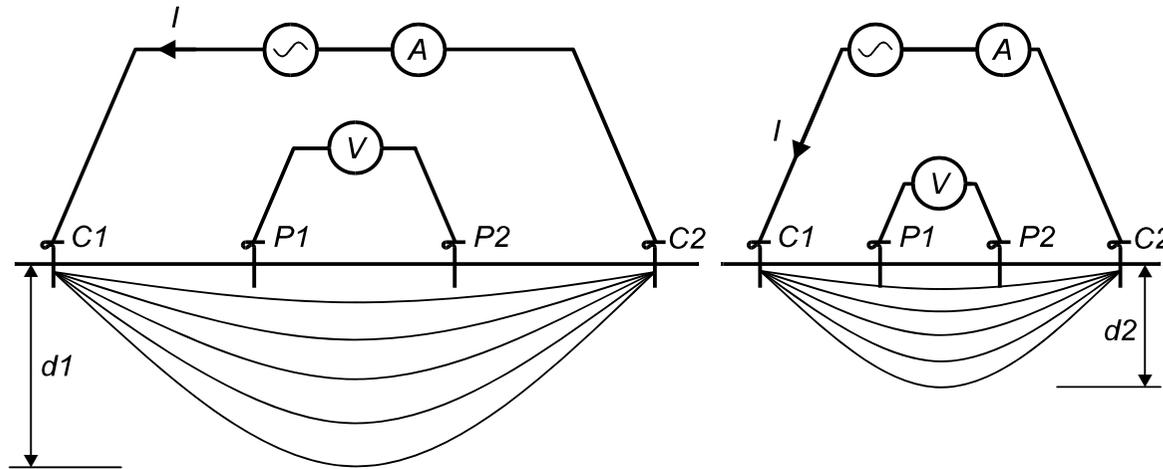
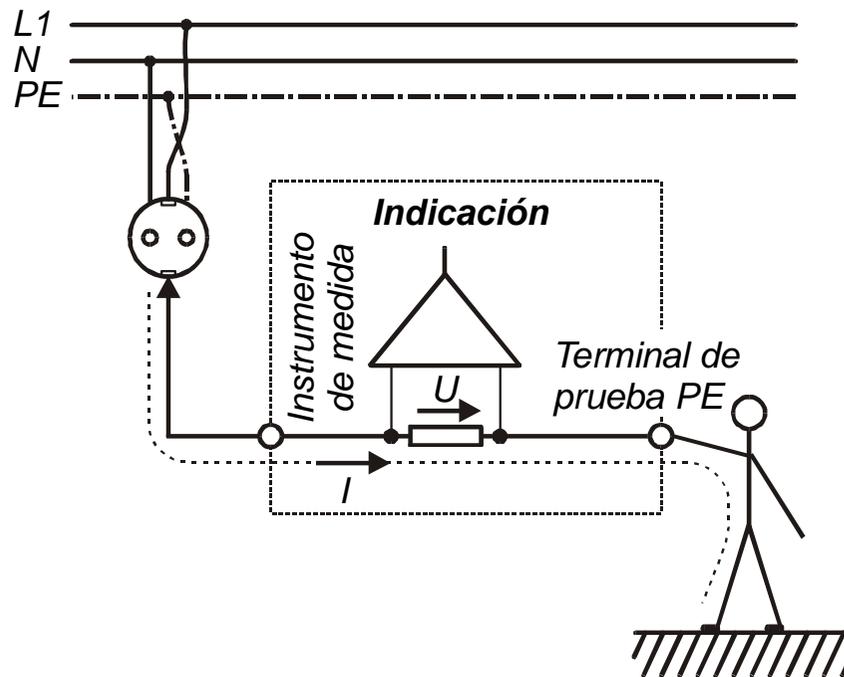


Tabla orientativa de los valores de resistividad de algunos materiales comunes en el terreno.

<i>Tipo de material del terreno</i>	<i>Resistencia de tierra específica en <math>\Omega m</math></i>
<i>Agua del mar</i>	<i>0,5</i>
<i>Agua de río o lago</i>	<i>10 – 100</i>
<i>Tierra arada</i>	<i>90 – 150</i>
<i>Cemento</i>	<i>150 – 500</i>
<i>Grava mojada</i>	<i>200 – 400</i>
<i>Arena fina seca</i>	<i>500</i>
<i>Cal</i>	<i>500 – 1000</i>
<i>Grava seca</i>	<i>1000 – 2000</i>
<i>Terreno rocoso</i>	<i>1000 – 3000</i>

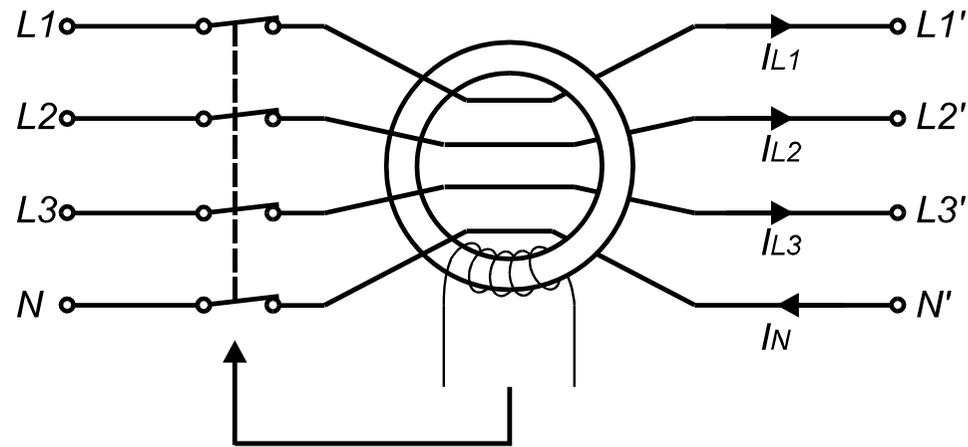
## **CONEXIÓN (ERRÓNEA) DEL CONDUCTOR DE PROTECCIÓN A LÍNEA**

El Eurotest 61557 realiza, siempre que el dedo del usuario toca los dos terminales junto al botón de prueba, la verificación de que no exista una posible conexión errónea entre línea y tierra..



Si existe, ésta es detectada por el instrumento, que corta el circuito y avisa inmediatamente de la situación.

## DISPOSITIVOS DE CORTE DIFERENCIAL (RCD) EN 61557- 6



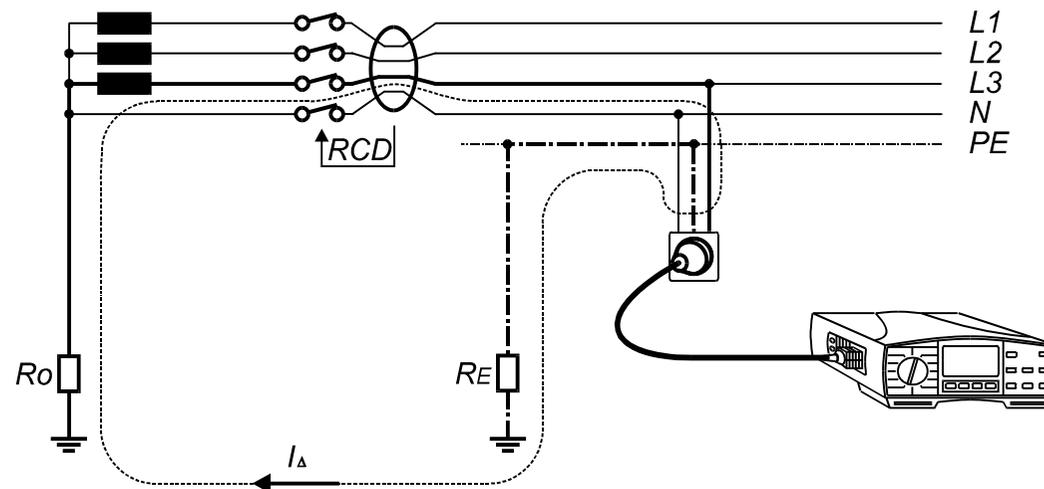
Para asegurar un funcionamiento correcto del interruptor diferencial se deben verificar los siguientes parámetros:

- Tensión de contacto  $U_c$
- Tiempo de disparo  $t_{\Delta}$
- Corriente de disparo  $I_{\Delta}$
- Resistencia de tierra RE

## **Medición de la tensión de contacto $U_c$ y Resistencia de tierra $R_E$**

Conectando el instrumento a los terminales L, N y PE, nos dice de forma directa la tensión de contacto y resistencia de tierra a la salida del diferencial. Las corrientes de prueba son del orden de  $I_{\Delta N}/2$  ó  $I_{\Delta N}/3$ , por lo que el diferencial no salta durante la prueba.

## **Medición de la tensión de contacto y $R_E$ sin usar pica auxiliar**



Este método proporciona resultados bastante exactos, especialmente en sistemas TT, además de resultar realmente práctico al no tener que clavar ninguna pica auxiliar en el terreno. Sin embargo si se desean resultados totalmente exactos se recomienda utilizar el método con pica auxiliar descrito a continuación.

## Tiempo de disparo $t_{\Delta}$

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

**Los máximos valores permitidos** del tiempo de disparo son definidos por la Norma EN 61009 y se listan en la tabla a continuación:

Tipo de RCD	$I_{\Delta n}$	$2 \cdot I_{\Delta n}$	$5 \cdot I_{\Delta n}^*$	Observación
Estándar	0,3 s	0,15 s	0,04 s	Valor máximo permitido
Selectivo	0,5 s	0,2 s	0,15 s	Valor máximo permitido
	0,13 s	0,06 s	0,05 s	Valor mínimo permitido

\* Se debe usar una corriente de prueba de 0,25A en vez de  $5 \cdot I_{\Delta n}$  en caso de corrientes diferenciales nominales  $I_{\Delta n} \leq 30$  mA.

## **Corriente de disparo $I_{\Delta}$**

*Corriente diferencial más baja  $I_{\Delta}$  que provoca el disparo del diferencial.*

***El rango de valores de corriente de disparo permitido lo establece la Norma EN 61009 y depende del tipo de interruptor diferencial (AC, A ó B) tal y como se describe a continuación:***

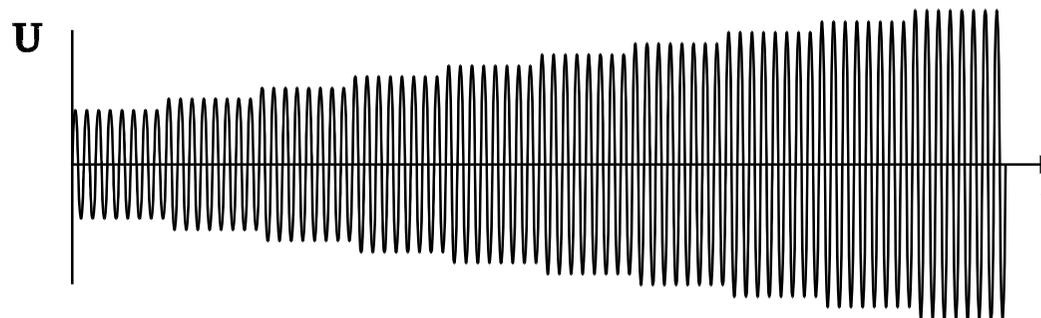
$I_{\Delta} = (\text{de } 0,5 \text{ a } 1) \times I_{\Delta n}$  ..... tipo AC

$I_{\Delta} = (\text{de } 0,35 \text{ a } 1,4) \times I_{\Delta n}$  ..... tipo A

$I_{\Delta} = (\text{de } 0,5 \text{ a } 2) \times I_{\Delta n}$  ..... tipo B

### ***Medición de la corriente de disparo***

*El diagrama del circuito de medición es el mismo que para la tensión de contacto*

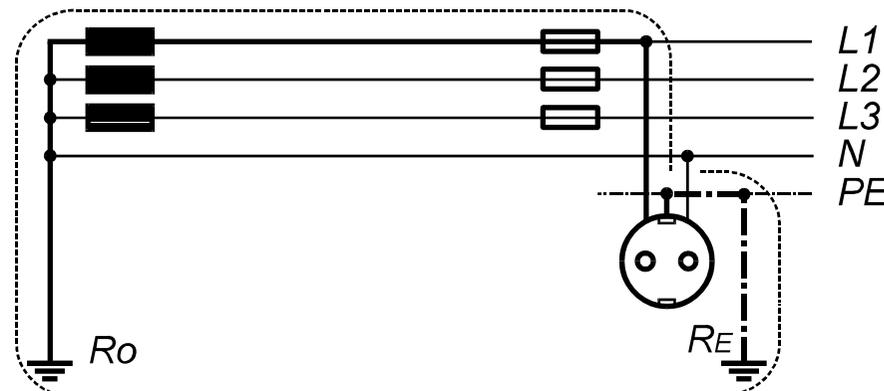


## **IMPEDANCIA DE BUCLE DE DEFECTO Y POSIBLE CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO $I_{pcc}$ EN 61557- 3**

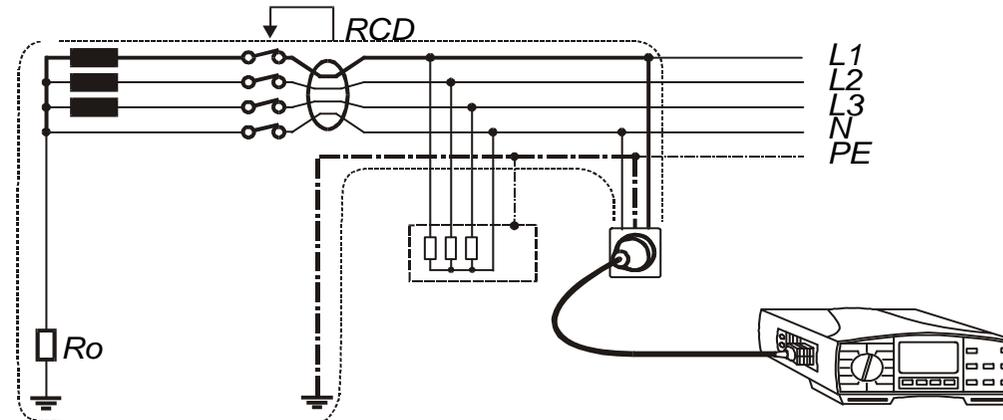
Si la instalación dispone de dispositivos de protección contra sobre-corrientes, tales como fusibles e interruptores magnetotérmicos, entonces se debe medir la impedancia de bucle de defecto  $Z_s$ . **La impedancia de bucle de defecto debe ser lo suficientemente baja para permitir que las posibles corrientes de defecto causen el salto de los magnetotérmicos o la fundición de los fusibles en caso de defecto..**

En sistemas TT las impedancias parciales son las siguientes:

- Impedancia del secundario del transformador de potencia
- La resistencia del conductor de fase entre el transformador y el punto de defecto
- La resistencia del conductor de protección entre el defecto y la pica de tierra.
- La resistencia de tierra  $R_E$  en la pica.
- La resistencia del terreno entre la pica y el transformador.
- La resistencia en la pica de tierra del transformador  $R_o$ .



## Medición práctica de la Impedancia de bucle



$$\text{Resultado} = Z_{\text{sec}} + R_{L1} + R_{PE} + R_E + R_G + R_O = Z_s$$

donde:

$Z_{\text{sec}}$  ..... Impedancia del secundario del transformador.

$R_{L1}$  ..... Resistencia del conductor de fase entre el transformador y la toma de corriente donde se hace la prueba.

$R_{PE}$  ..... Resistencia del conductor de protección entre la toma de corriente y el transformador.

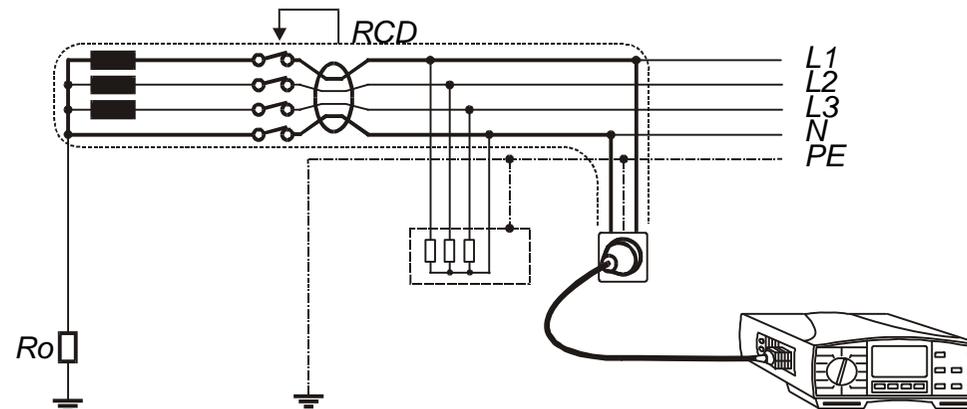
$R_E$  ..... Resistencia de la pica de tierra de la instalación.

$R_G$  ..... Resistencia del terreno entre la pica y el transformador.

$R_O$  ..... Resistencia de la pica de tierra del transformador.

## **IMPEDANCIA DE LÍNEA y posible corriente de cortocircuito**

Impedancia medida entre los terminales de fase (L) y neutro (N) en sistemas monofásicos o entre los terminales de dos fases en sistemas trifásicos. La impedancia de línea se debe medir cuando se desee comprobar la efectividad de la instalación al verificar la capacidad de la instalación para alimentar determinadas cargas, cuando comprobamos los dispositivos de protección sobrecorriente instalados, etc.



$$\text{Resultado} = Z_{\text{sec}} + R_{L1} + R_N = Z_{\text{LINEA}}$$

**MEDICIONES DE SEGURIDAD EN  
INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN**

La siguiente tabla muestra los valores máximos permitidos de impedancia de bucle en instalaciones con tensión nominal UL-N = 220 V, protegida por fusibles tipo gG.

<b>Corriente nominal del dispositivo de protección (A)</b>	<b>gG 0,4 s</b>		<b>gG 5s</b>	
	<b><math>I_a</math> (A)</b>	<b><math>Z_s</math> (<math>\Omega</math>)</b>	<b><math>I_a</math> (A)</b>	<b><math>Z_s</math> (<math>\Omega</math>)</b>
2	16	13,7	9,2	23,9
4	32	6,8	18,5	11,8
6	47	4,6	28,0	7,8
10	82	2,6	46,5	4,7
16	110	2,0	65	3,3
20	147	1,4	85	2,5
25	183	1,2	110	2,0
32	275	0,8	150	1,2
40	320	0,6	190	1,1
50	470	0,4	250	0,8
63	550	0,4	320	0,6
80	840	0,2	425	0,5
100	1020	0,2	580	0,3
125	1450	0,1	715	0,3

$I_a$ ..... Corriente de bucle que asegura el corte del dispositivo de protección en el tiempo especificado.

**MEDICIONES DE SEGURIDAD EN  
INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN**

La siguiente tabla muestra los valores máximos permitidos de impedancia de bucle en instalaciones con tensión nominal UL-N = 220 V, protegida por interruptores magnetotérmicos tipos B, C y D.

<b>Corriente nominal del dispositivo de protección (A)</b>	<b>Interruptor magnetotérmico tipo B</b>		<b>Interruptor magnetotérmico tipo C</b>		<b>Interruptor magnetotérmico tipo D</b>	
	<b><math>I_a=5 \cdot I_n</math> (A)</b>	<b><math>Z_s (\Omega)</math> (0,2s)</b>	<b><math>I_a=10 \cdot I_n</math> (A)</b>	<b><math>Z_s (\Omega)</math> (0,2s)</b>	<b><math>I_a=20 \cdot I_n</math> (A)</b>	<b><math>Z_s (\Omega)</math> (0,2s)</b>
2	10	22	20	11	40	5,5
4	20	11	40	5,5	80	2,8
6	30	7,3	60	3,65	120	1,83
10	50	4,4	100	2,2	200	1,1
16	80	2,8	160	1,4	320	0,7
20	100	2,2	200	1,1	400	0,55
25	125	1,8	250	0,9	500	0,45
32	160	1,4	320	0,7	640	0,34
35	175	1,3	350	0,65	700	0,31
40	200	1,1	400	0,55	800	0,27
50	250	0,9	500	0,45	1000	0,22
63	315	0,7	630	0,35	1260	0,17

## **RESISTENCIA DE BUCLE N-PE**

El EUROTTEST e INSTALTEST 61557 pueden medir la resistencia incluso entre los conductores de neutro (N) y tierra (PE) en el caso de posibles corrientes elevadas en el conductor de neutro.

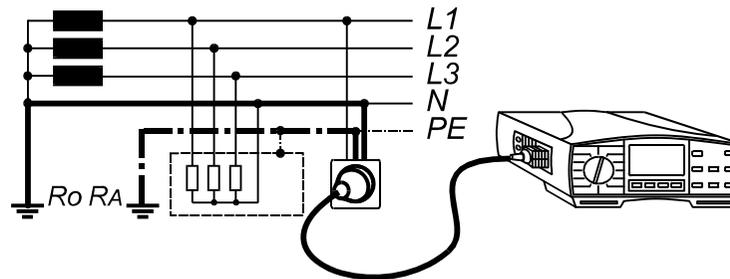
**La gran ventaja de este método** frente al de bucle de defecto (L – PE) es que en este caso **se garantiza que el diferencial no saltará** durante la prueba, debido a la baja corriente generada (<15 mA).

El Eurotest 61557 utiliza además un principio de medición especial (patentado) que filtra la señal de prueba y por tanto asegura unos Resultados correctos.

En función del Resultado obtenido podemos sacar las siguientes conclusiones:

- Tipo de sistema de puesta a tierra (TN, TT ó IT)
- El valor de la resistencia de tierra, en caso de sistema TT.  
En el caso de sistemas TT ó TN, el Resultado es muy parecido al de la resistencia de bucle de defecto, por este motivo, el instrumento también calcula la posible corriente de cortocircuito.

## Medición de la resistencia de bucle N-PE en sistemas TT



$$\text{Resultado 1} = R_N + R_{PE} + R_E + R_O$$

$$\text{Resultado 2} = I_{pcc} = 230V \cdot 1,06 / (R_N + R_{PE} + R_E + R_O)$$

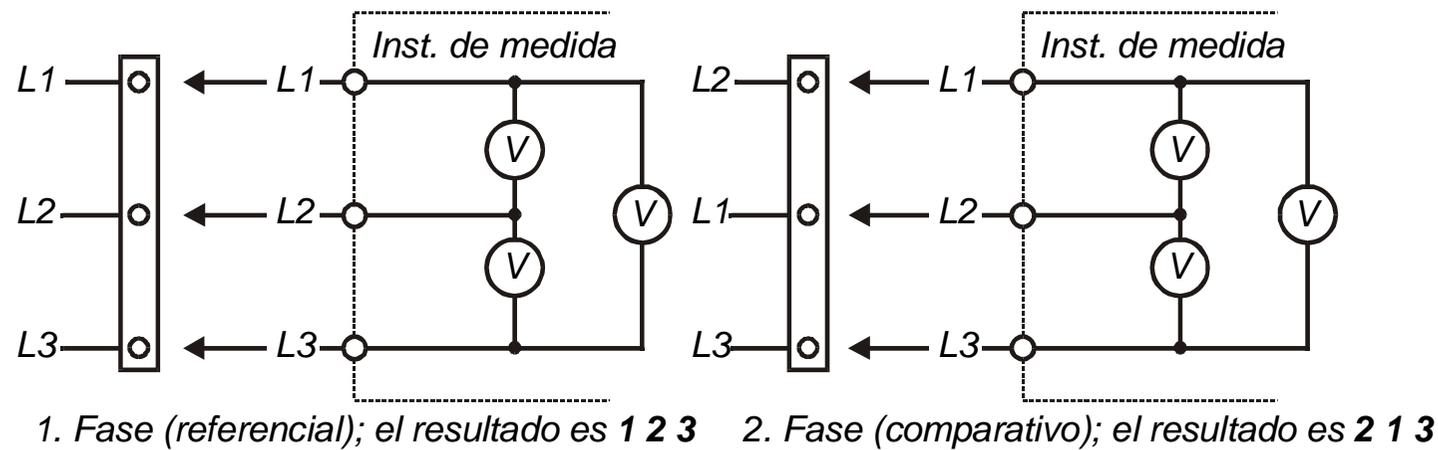
Como es de suponer, la resistencia de tierra  $R_E$  es muy superior a la suma de las otras, por lo que se puede afirmar que:

$$\text{Resultado 1} \approx R_E$$

$$\text{Resultado 2} = I_{pcc} \approx 230V \cdot 1,06 / R_E$$

## SECUENCIA DE FASES EN 61557- 7

La medición se realiza de forma comparativa, con respecto a una toma del sistema.



## **FUNCIONES ADICIONALES DEL EUROTTEST 61557**

- MEDICIÓN DE TENSIÓN, CORRIENTE Y FRECUENCIA**
- COMPROBACIÓN DE PROTECCIONES CONTRA SOBRETENSIONES POR VARISTOR**
- SEGUIMIENTO DE INSTALACIONES: LOCALIZACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE CONDUCTORES**
- MEDICIÓN DE POTENCIA**
- MEDICIÓN DE ENERGÍA**
- ANÁLISIS ARMÓNICO**

# SOFTWARE