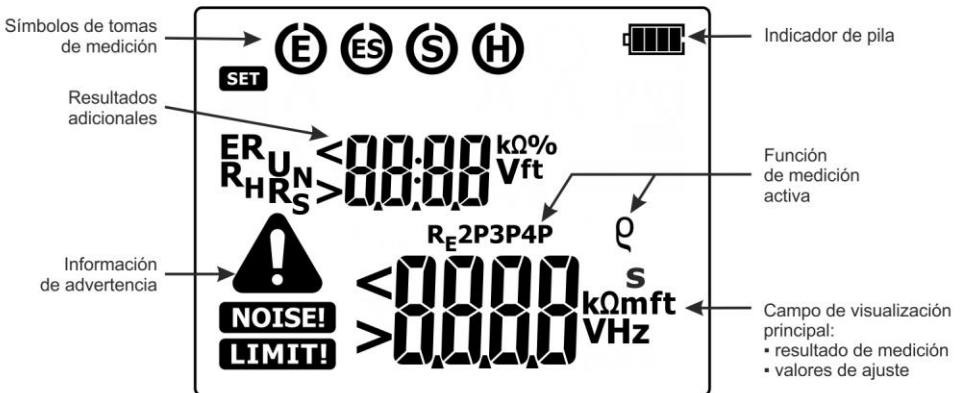


MANUAL DE USO

MEDIDOR DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA

MRU-11





MANUAL DE USO

**MEDIDOR DE RESISTENCIA
DE PUESTA A TIERRA
MRU-11**



**SONEL S.A.
Wokulskiego 11
58-100 Świdnica
Polonia**

Versión 1.06 10.03.2022

El medidor MRU-11 es un dispositivo de medición moderno, de alta calidad, fácil y seguro de usar. Lea estas instrucciones para evitar errores de medición y prevenir posibles problemas relacionados con el funcionamiento del medidor.

ÍNDICE

1 Seguridad	4
2 Encendido del medidor y de la iluminación de la pantalla	5
3 Configuración del medidor	6
4 Mediciones	9
4.1 Medición de la tensión de interferencia DC+AC	9
4.2 Medición de la resistencia de toma de tierra mediante el método de 3-polos (R_{E3P}) ...	10
4.3 Medición de la resistencia de toma de tierra mediante el método de 4 conductores (R_{E4P}).....	14
4.4 Medición de la resistencia de toma de tierra mediante el método de 2 polos (R_{E2P}) ...	18
4.5 Medición de la resistividad del suelo (ρ)	20
5 Alimentación del medidor	23
5.1 Control de la tensión de alimentación	23
5.2 Cambio de las baterías (pilas)	24
5.3 Principios generales para el uso de las baterías de níquel e hidruro metálico (NiMH) ..	25
6 Limpieza y mantenimiento	25
7 Almacenamiento	25
8 Desmontaje y utilización	26
9 Datos técnicos	26
9.1 Datos básicos	26
9.2 Datos adicionales.....	28
9.2.1 Influencia de la tensión de interferencia en serie en la medición de resistencia para la función R_{E3P} , R_{E4P} , ρ	28
9.2.2 Influencia de los electrodos auxiliares en la medición de resistencia de toma de tierra para la función R_{E3P} , R_{E4P} , ρ	28
9.2.3 Incertidumbres adicionales según IEC 61557-5 (R_{E3P})	28
10 Accesorios	29
10.1 Accesorios estándar	29
10.2 Accesorios adicionales	30
11 Fabricante	31

1 Seguridad

Los siguientes símbolos internacionales se utilizan en el analizador y en este manual:

	Advertencia; Véase la explicación en el manual		Doble aislamiento (clase de protección II)
	No eliminar junto con otros residuos urbanos		Declaración de conformidad con las directivas de la Unión Europea (Conformité Européenne)

El medidor MRU-11 se utiliza para realizar mediciones que determinan el estado de seguridad de la instalación. Por lo tanto, para garantizar un servicio adecuado y exactitud de los resultados hay que seguir las siguientes precauciones:

- Antes de utilizar el medidor, asegúrese de leer estas instrucciones y siga las normas de seguridad y las recomendaciones del fabricante.
- El medidor MRU-11 está diseñado para medir la resistencia a la tierra. El uso del instrumento distinto del especificado en este manual de instrucciones, puede causar daño y ser fuente de un grave peligro para el usuario.
- Este dispositivo debe ser manipulado solamente por personas debidamente cualificadas con las competencias necesarias para llevar a cabo mediciones de las instalaciones eléctricas. El uso del medidor por personas no autorizadas puede dañar el dispositivo y ser fuente de un grave peligro para el usuario.
- El uso de este manual no excluye la necesidad de cumplir con las normas de salud y seguridad en el trabajo y otras respectivas regulaciones contra el fuego requeridas durante la ejecución de los trabajos del determinado tipo. Antes de empezar a usar el dispositivo en circunstancias especiales, p. ej. en atmósfera peligrosa respecto a la explosión y el fuego, es necesario consultar con la persona responsable de la salud y la seguridad en el trabajo.
- Se prohíbe utilizar:
 - ⇒ el medidor dañado y totalmente o parcialmente falible,
 - ⇒ los cables con el aislamiento dañado,
 - ⇒ el medidor guardado demasiado tiempo en malas condiciones (p. ej. húmedas). **Después de trasladar el medidor del entorno frío al caluroso con mucha humedad, no se deben hacer mediciones hasta que el medidor se caliente a la temperatura del entorno (después de unos 30 minutos).**
- Antes de empezar a medir, asegúrese que los cables están conectados a las tomas de medición respectivas.
- No alimentar el medidor con fuentes diferentes a las mencionadas en este manual.
- Las entradas del medidor están protegidas electrónicamente contra sobrecargas, por ejemplo, una conexión accidental a la red electroenergética para todas las combinaciones de entradas: hasta 276 V durante 30 segundos.
- La calibración realizada por el fabricante no incluye la resistencia de los cables de medición. El resultado visualizado por el medidor es la suma de resistencia del objeto medido y de la resistencia de cables.
- El dispositivo cumple con los requisitos de la norma EN 61010-1 y EN 61557-1, -5.



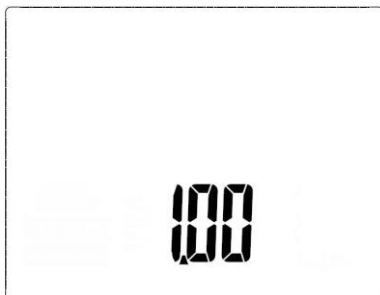
Debido al constante desarrollo de los productos, el fabricante se reserva el derecho de hacer cambios en las funcionalidades, el aspecto, el equipamiento y los datos técnicos del medidor. En consecuencia del desarrollo permanente del software del dispositivo, el aspecto de la pantalla para algunas funciones puede diferir de éste presentado en el manual de uso.

2 Encendido del medidor y de la iluminación de la pantalla

1



Para **encender** el medidor, pulse el botón **ON/OFF**.



En la pantalla del dispositivo, primero se muestran todos los segmentos (autotest) y, a continuación, aparece brevemente la pantalla con la versión de software.

2



Cuando el medidor está encendido, si se pulsa brevemente el botón **ON/OFF** se enciende el aparato y si se vuelve a pulsar el botón se apaga.

3



Para **apagar** el medidor, mantenga pulsada durante aprox. 2 segundos el botón **ON/OFF**.



Aparece brevemente la pantalla que indica el apagado del dispositivo.

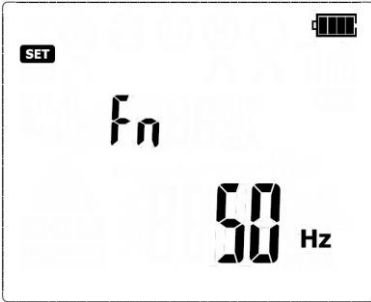
3 Configuración del medidor

1



Encender el medidor manteniendo pulsado el botón **ABAJO** y apretar el botón **ON/OFF**.

Después de encender el medidor aparece la pantalla de configuración de la frecuencia de la red en la que opera **F_n**.



2



Cuando se muestra la pantalla **F_n** con los botones **ARRIBA** Y **ABAJO** establecer la frecuencia de la red de 50 Hz o 60 Hz (50 Hz por defecto).

3



Pulsando brevemente el botón **START** se acepta el valor seleccionado.

Se pasa a la pantalla de ajuste de comunicados de voz **bEEP**.



4



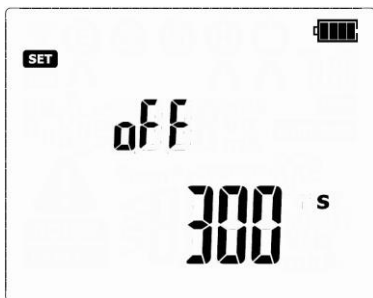
Con los botones **ARRIBA** y **ABAJO** ajustar los comunicados de voz, encendidos (**on**) o apagados (**off**).

5



Pulsando brevemente el botón **START** se acepta la opción seleccionada.

Se pasa a la pantalla de ajuste de tiempo para el apagado automático (Auto-OFF): **off**



6

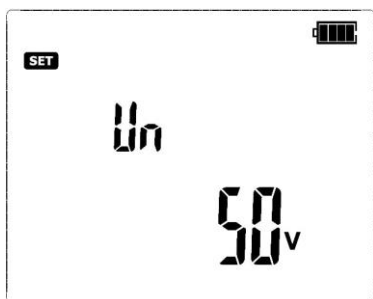


Con los botones **ARRIBA** y **ABAJO** establecer el tiempo de apagado automático de 300 s, 600 s, 900 s o „- - -“, (función Auto-OFF inactiva). La función Auto-OFF hace que el medidor sin usar se apague después de un tiempo determinado, lo que se señala con un sonido.

7



Pulsando brevemente el botón **START** se acepta el valor seleccionado.



Se pasa a la pantalla de selección de la tensión de medición **Un**.

8

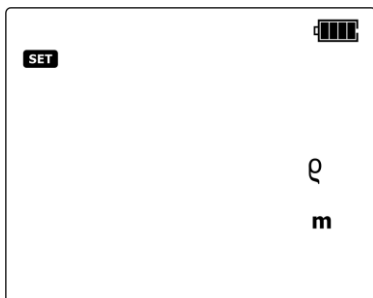


Con los botones **ARRIBA** y **ABAJO** ajustar la tensión de medición de 25 V o 50 V. La tensión se refiere a cada función de medición en el medidor.

9



Presione brevemente el botón **START** para aceptar la opción seleccionada.



Ingresará a la pantalla con la configuración de unidades de resistividad del terreno.

10



Use los botones **ARRIBA** y **ABAJO** para configurar la unidad:

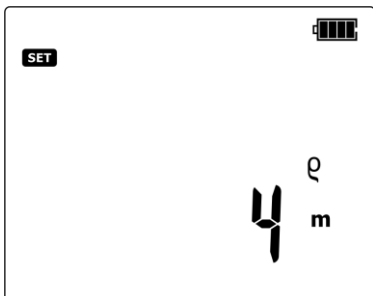
⇒ metros **m** o

⇒ pies **ft.**

11



Presione brevemente el botón **START** para aceptar la opción seleccionada.



Ingresará a la pantalla con ajustes de distancia entre electrodos auxiliares.

12



Use los botones **ARRIBA** y **ABAJO** para establecer la distancia.

13



Al pulsar brevemente el botón **START** se acepta la opción seleccionada y se pasa a la pantalla de selección de frecuencia de la red **Fn**.

14



Al pulsar durante más tiempo (> 2 s) el botón **START** se acepta los cambios introducidos y se pasa a la pantalla de medición **RE3P**.

15



Al pulsar durante más tiempo (> 2 s) el botón **ON/OFF** se apaga el medidor sin aceptar los cambios en los ajustes actuales.

16



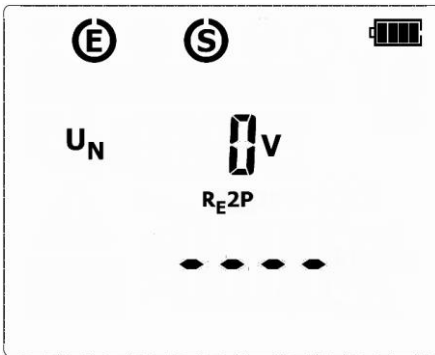
Al pulsar brevemente el botón **ON/OFF** se pasa a la pantalla de medición **RE3P** sin aceptar los cambios en los ajustes actuales.

4 Mediciones





Las mediciones de resistencia a tierra son significativamente diferentes de otras mediciones realizadas para evaluar la protección contra descargas eléctricas. Requieren un conocimiento completo sobre la estructura de la instalación a tierra, los fenómenos que ocurren durante las mediciones y la capacidad de hacer frente a condiciones adversas. Para examinar los sistemas de puesta a tierra se deben tener conocimientos adecuados y un equipo de medición capaz de ayudar a realizar estas pruebas.

4.1 Medición de la tensión de interferencia DC+AC





En las funciones de medición, antes de pulsar el botón **START** el medidor controla la tensión en los terminales de medición (entre la toma **E** y las tomas **S** y **H**), y el valor de la tensión de interferencia se visualiza en la pantalla.


Información adicional visualizada por el medidor

$U_N > 100V!$, $> 100V$ y la señal acústica , **NOISE!** y 

La tensión en los terminales de medición es superior a 100 V, la medición se bloquea.

$U_N \text{ xxV!}$, $> 40V$ y la señal acústica , **NOISE!** y 

Donde xx es el valor de la tensión de interferencia. La tensión en los terminales de medición es superior a 40 V pero inferior a 100 V, la medición se bloquea.

$U_N \text{ xxV!}$, $> 24V$, **NOISE!** y 

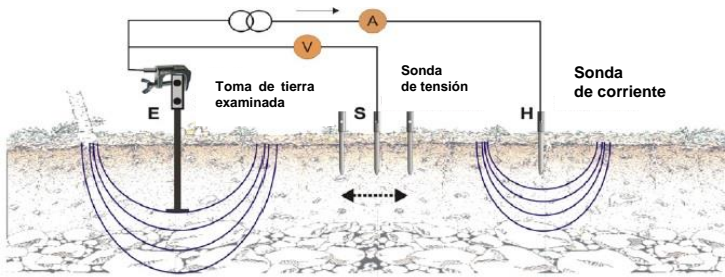
Donde xx es el valor de la tensión de interferencia. La tensión en los bornes de medición es superior a 24 V pero inferior a 40 V, la medición se bloquea.

NOISE!

La tensión de interferencia es menor a 24 V pero tiene mucho valor: el resultado puede tener una incertidumbre adicional.

4.2 Medición de la resistencia de toma de tierra mediante el método de 3-polos (R_{E3P})

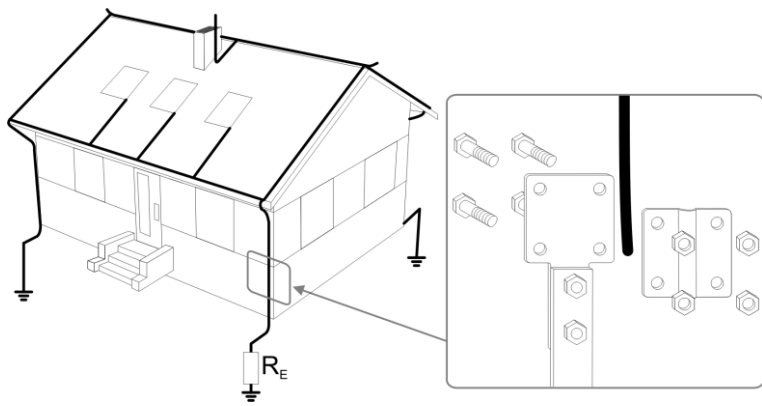
Para la medición de la resistencia de tierra se utiliza normalmente el método de 3 polos, que se suele llamar el método de caída de potencial o técnico. Durante la medición se mide la caída de tensión en la toma de tierra y la corriente que fluye a través de ella, de la ley de Ohm se calcula la resistencia.



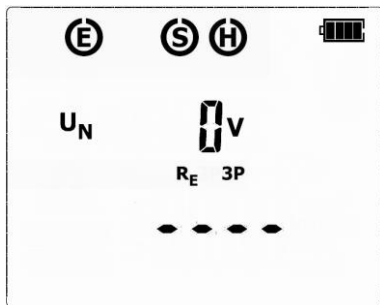
Arriba se presenta el método de medición de la resistencia de tierra con el método técnico. En la figura se mide la resistencia de tierra R_E . Para medir se deben colocar dos electrodos auxiliares:

- electrodo **H** (electrodo de corriente) para forzar el flujo de corriente en el circuito: la toma de tierra medida $R_E \rightarrow$ medidor \rightarrow electrodo de corriente $H \rightarrow$ tierra \rightarrow toma de tierra medida;
- electrodo **S** (electrodo de tensión) para medir la caída de tensión en la resistencia de la toma de tierra medida como resultado del flujo de corriente.

1 Desconectar la toma de tierra examinada del objeto.



2

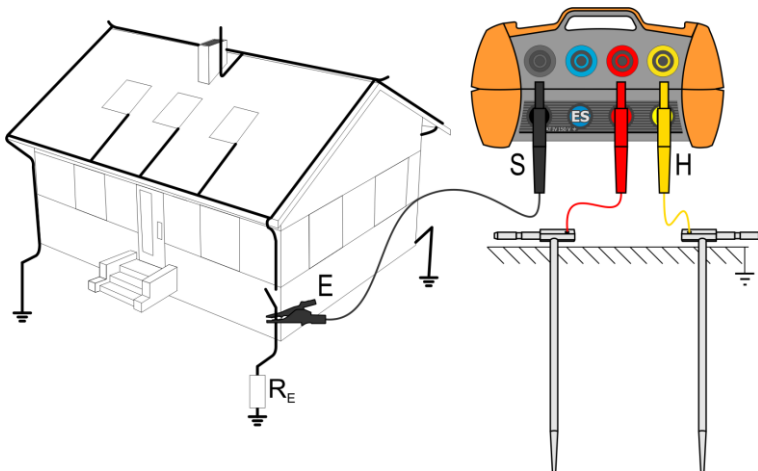


Encender el medidor pulsando **ON/OFF**.

El medidor pasa a la pantalla de función de medición **R_E3P**.

El medidor está en modo de medición de tensión de interferencia entre los terminales de medición. La tensión de medición es compatible con la tensión seleccionada al configurar el dispositivo.

3



Los cables de medición deben estar conectados a las tomas de medición en el dispositivo como se muestra en la figura de arriba.

- Conectar el electrodo de corriente **H**, clavado en la tierra, con la toma **H** del medidor.
- Conectar el electrodo de tensión **S** clavado en la tierra con la toma **S** del medidor.
- Conectar la toma de tierra examinada con la toma **E** del medidor.
- La toma a tierra examinada y el electrodo de corriente y tensión se deben colocar en una línea.

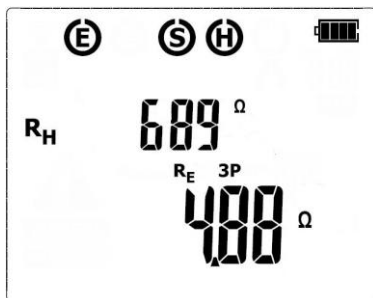
4



Pulsar el botón **START**.

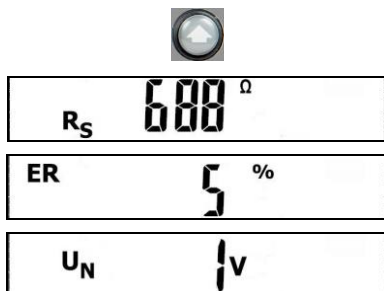
El progreso de medición indican las líneas horizontales en la pantalla.

5



Después de terminar la medición, se muestran los resultados de todas las mediciones que se han realizado: en la parte inferior de la pantalla, el resultado principal R_E , y en la parte superior de la pantalla, los resultados adicionales del valor R_H . **El resultado se muestra durante 20 segundos.** Se lo puede visualizar de nuevo pulsando **ARRIBA**.

6



Con el botón **ARRIBA** se pueden ver los resultados de componentes en el siguiente orden:

$R_H \rightarrow R_S \rightarrow ER \rightarrow U_N$, donde:

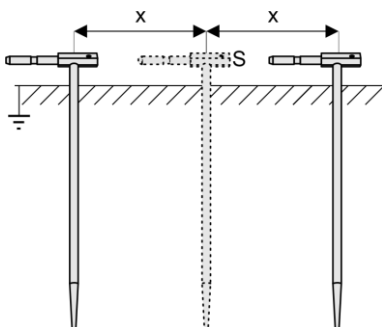
R_H – resistencia del electrodo **H**

R_S – resistencia del electrodo **S**

ER – incertidumbre adicional por los electrodos

U_N - tensión de interferencia

7



Repetir las mediciones (pasos 4 5 6) moviendo el electrodo de tensión unos metros: alejándolo y acercándolo a la toma a tierra examinada. Si los resultados de mediciones R_E se difieren entre sí por más del 3% entonces se debe aumentar considerablemente la distancia entre el electrodo de corriente y la toma de tierra examinada y repetir las mediciones.



¡ATENCIÓN!

La medición de la resistencia de la toma de tierra se puede realizar si la tensión de interferencias no supera 24 V. La tensión de interferencias se mide hasta 100 V, por encima de 40 V es señalada como peligrosa. Está prohibido conectar el medidor a tensiones superiores a 100 V.





- Se debe prestar especial atención a la calidad de la conexión entre el objeto y el cable de medición : el lugar de contacto debe ser limpiado de pintura, óxido, etc.
- Si la resistencia de los electrodos auxiliares es demasiado grande, la medición de la tierra R_E tendrá incertidumbre adicional. Gran incertidumbre de medición se presenta cuando se mide un valor pequeño de resistencia con los electrodos de toma a tierra y con pequeño contacto con el suelo (tal situación es a menudo en el caso cuando la toma a tierra está bien hecha, y la parte superior del suelo está seca y conduce mal). Entonces tanto la relación entre la resistencia de electrodos y la resistencia de la toma de tierra estudiada como la incertidumbre de la medición son muy grandes. A continuación, de acuerdo con los modelos mencionados en el **punto 9.2** se puede hacer un cálculo que permite estimar el efecto de las condiciones de medición. Para disminuir la resistencia se puede mejorar el contacto del electrodo con el suelo, por ejemplo, mojando con el agua el sitio de meter la sonda, clavando la sonda en otro sitio o aplicando del electrodo de 80 cm. También se deben comprobar los cables de medición: si el aislamiento no está dañado y los contactos: cable, conector en forma de banana y el electrodo; no están corroídos o flojos. En la mayoría de casos, la precisión de mediciones es suficiente, sin embargo siempre se debe tener conciencia de la incertidumbre que puede tener la medición.

Información adicional visualizada por el medidor


$R_E > 9999 \Omega$


Rango de medición excedido.

$U_N > 100 V, > 100 V$
y la señal acústica 

NOISE! y 


La tensión en los terminales de medición es superior a 100 V, la medición se bloquea.

$U_N \text{ xxV}, > 40 V$
y la señal acústica 

NOISE! y 

Donde xx es el valor de la tensión de interferencia. La tensión en los terminales de medición es superior a 40 V, la medición se bloquea.

$U_N \text{ xxV}, > 24 V,$

NOISE! y 

Donde xx es el valor de la tensión de interferencia. La tensión en los bornes de medición es superior a 24 V pero inferior a 40 V, la medición se bloquea.

NOISE!

La señal de interferencia es menor a 24 V pero es demasiado alta: el resultado puede tener una incertidumbre adicional.

LIMIT!

y R_H junto con el valor en %

Incertidumbre de la resistencia de electrodos auxiliares > 30%.

(Para el cálculo de la incertidumbre se toman en cuenta los valores medidos).

LIMIT!

y R_H o R_S con el valor en Ω

La resistencia de los electrodos auxiliares H y S o una de ellas supera 19,9 k Ω , la medición correcta es imposible.

Marcos que parpadean:



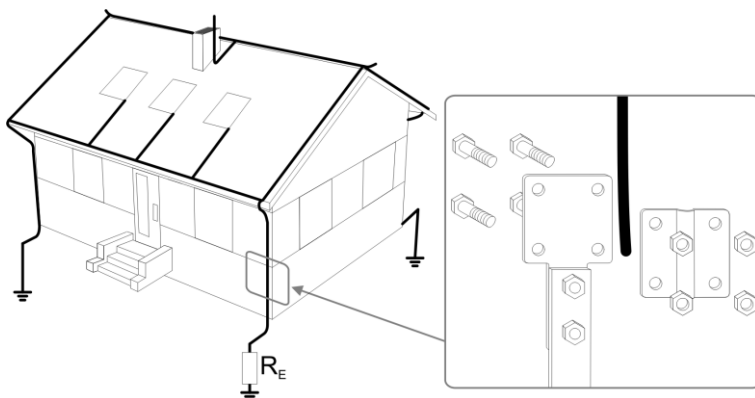
Los marcos que parpadean de los símbolos E o H o S, o las tres cosas al mismo tiempo: no conectado uno, dos o tres cables a las tomas de medición o la resistencia de electrodo/s auxiliar/es fuera del rango de medición.

4.3 Medición de la resistencia de toma de tierra mediante el método de 4 conductores (R_{E4P})



El método de 4 conductores está recomendado para usar en la medición de la resistencia de la toma de tierra con unos valores muy pequeños. Este método permite eliminar la influencia de la resistencia de los cables de medición en el resultado de medición. Para determinar la resistividad del suelo se recomienda utilizar una función dedicada para esta medición.

- 1 La medida puesta a tierra desconectar del objeto.

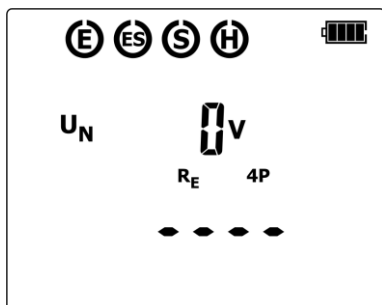


- 2



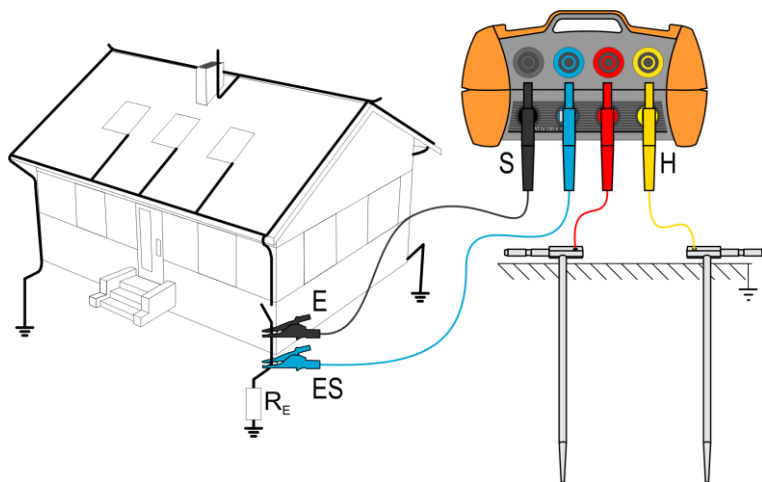
Encender el medidor pulsando **ON/OFF**.

Presione el botón **ABAJO** hasta que aparezca la pantalla de medición **R_{E4P}** .



El medidor está en modo de medición de tensión de interferencia entre los terminales de medición. La tensión de medición es compatible con la tensión seleccionada al configurar el dispositivo.

3



Los cables de medición deben estar conectados a las tomas de medición en el dispositivo como se muestra en la figura de arriba.

- Conectar el electrodo de corriente **H**, clavado en la tierra, con la toma **H** del medidor.
- Conectar el electrodo de tensión **S** clavado en la tierra con la toma **S** del medidor.
- Conectar la toma de tierra examinada con la toma **E** del medidor.
- Conectar la toma **ES** a la toma de tierra examinada por debajo del cable **E**.
- La toma a tierra examinada y el electrodo de corriente y tensión se deben colocar en una línea.

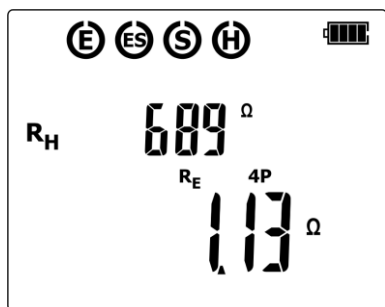
4



Pulsar **START**.

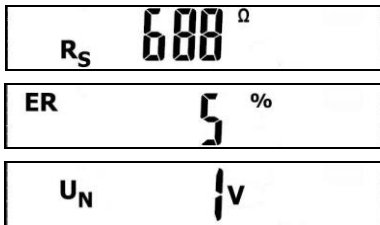
El progreso de medición indican las líneas horizontales en la pantalla.

5



Después de terminar la medición, se muestran los resultados de todas las mediciones que se han realizado: en la parte inferior de la pantalla, el resultado principal R_E , y en la parte superior de la pantalla, los resultados adicionales del valor R_H . **El resultado se muestra durante 20 segundos.** Se lo puede visualizar de nuevo pulsando **ARRIBA**.

6



Con el botón **ARRIBA** se pueden ver los resultados de componentes en el siguiente orden:

$R_H \rightarrow R_S \rightarrow ER \rightarrow U_N$, donde:

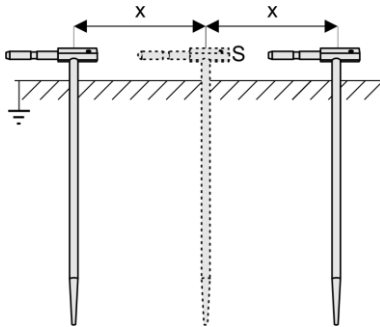
R_H – resistencia de la sonda **H**

R_S – resistencia de la sonda **S**

ER – incertidumbre adicional por las sondas

U_N – tensión de interferencia

7



Repetir las mediciones (pasos 4 5 6) moviendo el electrodo de tensión unos metros: alejándolo y acercándolo a la toma a tierra examinada. Si los resultados de mediciones R_E se difieren entre sí por más del 3% entonces se debe aumentar considerablemente la distancia entre el electrodo de corriente y la toma de tierra examinada y repetir las mediciones.









¡ATENCIÓN!

La medición de resistencia de tierra se puede realizar, si la tensión de interferencia no es superior a 24 V. La tensión de interferencia se mide hasta el nivel de 100 V, pero cuando supera 40 V ya se indica como peligrosa. No conecte el medidor a la tensión superior a 100 V.



- Se debe prestar especial atención a la calidad de la conexión entre el objeto y el cable de medición - el lugar de contacto debe ser limpiado de pintura, óxido, etc.
- Si la resistencia de las sondas es demasiado grande, la medición de la tierra R_E tendrá incertidumbre adicional. Gran incertidumbre de medición se presenta cuando se mide un valor pequeño de resistencia con las sondas de toma a tierra y con pequeño contacto con el suelo (tal situación es a menudo en el caso cuando la toma a tierra está bien hecha, y la parte superior del suelo está seca y conduce mal). Entonces tanto la relación entre la resistencia de sondas y la resistencia de la toma de tierra estudiada como la incertidumbre de la medición son muy grandes. A continuación, de acuerdo con los modelos mencionados en el **punto 9.2** se puede hacer un cálculo que permite estimar el efecto de las condiciones de medición. Para disminuir la resistencia se puede mejorar el contacto de la sonda con el suelo, por ejemplo, mojando con el agua el sitio de meter la sonda, clavando la sonda en otro sitio o aplicando la sonda de 80 cm. También se deben comprobar los cables de medición por eventuales daños en el aislamiento y si los contactos: cable - enchufe tipo banana - sonda no están corroídos o flojos. En la mayoría de casos, la precisión de mediciones es suficiente, sin embargo siempre se debe tener conciencia de la incertidumbre que puede tener la medición.

Información adicional visualizada por el medidor

<p>$R_E > 9999 \Omega$</p>	<p>Rango de medición superado.</p>
<p>$U_N > 100V$, $> 100V$ y la señal acústica , NOISE! y </p>	<p>La tensión en los bornes de medición es superior a 100 V, la medición se bloquea.</p>
<p>$U_N \text{ xxV!}$, $> 40V$ y la señal acústica , NOISE! y </p>	<p>Donde xx es el valor de la tensión de interferencia. La tensión en los bornes de medición es superior a 40 V, la medición se bloquea.</p>
<p>$U_N \text{ xxV!}$, $> 24V$, NOISE! y </p>	<p>Donde xx es el valor de la tensión de interferencia. La tensión en los bornes de medición es superior a 24 V pero inferior a 40 V, la medición se bloquea.</p>
<p>NOISE!</p>	<p>La señal de interferencia es menor a 24 V pero es demasiado alta: el resultado puede tener una incertidumbre adicional.</p>
<p>LIMIT! y ER junto con el valor en %</p>	<p>Incertidumbre de la resistencia de sondas $> 30\%$. (Para el cálculo de la incertidumbre se toman en cuenta los valores medidos).</p>
<p>LIMIT! y R_H o R_S con el valor en Ω</p>	<p>La resistencia de las sondas H y S o una de ellas supera 19,9 kΩ, la medición correcta es imposible.</p>
<p>Marcos que parpadean: </p>	<p>Los marcos que parpadean de los símbolos E o ES o H o S, o las dos o tres al mismo tiempo: no conectados uno, dos, tres o cuatro cables a las tomas de medición.</p>

4.4 Medición de la resistencia de toma de tierra mediante el método de 2 polos (R_{E2P})



El método de 2 polos también se puede usar para medir la resistencia de toma de tierra. Si se conoce el sistema de tomas de tierra y está disponible la toma de tierra con un valor de resistencia conocido, el resultado de la medición será la suma de las resistencias de tierra: de la toma de tierra medida y la toma de tierra del valor conocido.

1

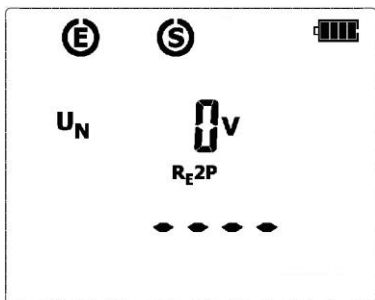


Encender el medidor. Al encender el medidor aparece la pantalla del método de 3 polos R_{E3P} .

2

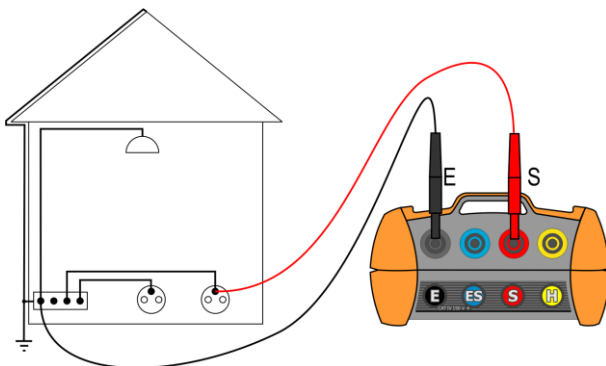


Para pasar a la pantalla del método de 2 polos R_{E2P} se debe pulsar una vez el botón **ABAJO**.



El medidor está en modo de medición de tensión de interferencia entre los terminales de medición. La tensión de medición es compatible con la tensión seleccionada al configurar el dispositivo.

3



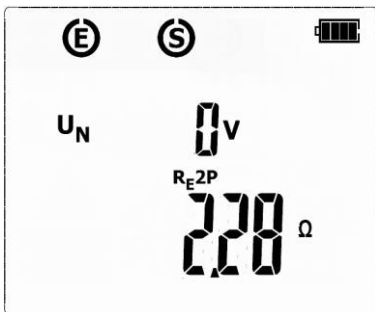
Los cables de medición deben estar conectados a las tomas de medición en el dispositivo como se muestra en la figura de arriba.

4



Con el fin de iniciar la medición, presionar el botón **START**.

5




Después de terminar la medición, se muestra el resultado de medición que acaba de realizar: en la parte inferior de la pantalla, el resultado principal **R_{E2P}**, en la parte superior de la pantalla, el resultado de la tensión de interferencia medida **U_N**. **El resultado se muestra durante 20 segundos**. Se puede visualizarlo de nuevo pulsando **ARRIBA**.


Información adicional visualizada por el medidor


R > 9999 Ω

Rango de medición excedido.


U_N >100 V, >100 V
y la señal acústica ,

La tensión en los terminales de medición es superior a 100 V, la medición se bloquea.

NOISE! y 

U_N xxV, > 40 V
y la señal acústica ,

Donde xx es el valor de la tensión de interferencia. La tensión en los terminales de medición es superior a 40 V, la medición se bloquea.

NOISE! y 

U_N xxV, > 24 V, NOISE! y 

Donde xx es el valor de la tensión de interferencia. La tensión en los terminales de medición es superior a 24 V pero inferior a 40 V, la medición se bloquea.

NOISE!

La señal de interferencia es menor a 24 V pero es demasiado alta: el resultado puede tener una incertidumbre adicional.

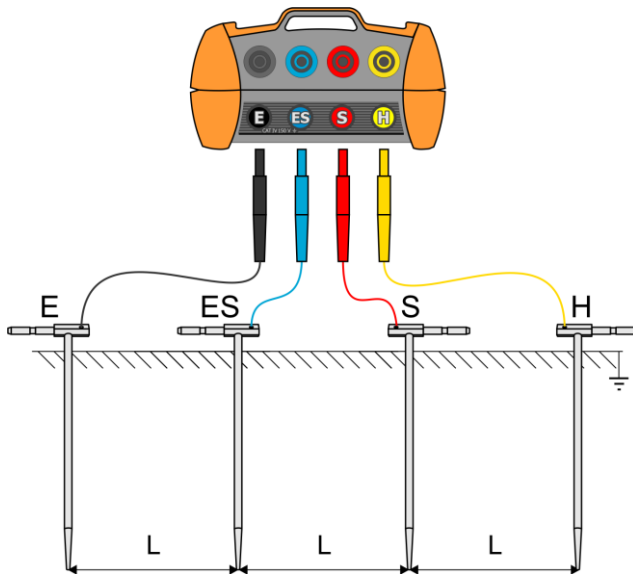
4.5 Medición de la resistividad del suelo (ρ)

Para la medición de la resistividad del suelo que se utiliza como preparación para la ejecución del proyecto del sistema de toma de tierra o en la geología existe una función independiente: la medición de la resistividad del terreno ρ . Esta función metrológicamente es igual que la medición de resistencia de toma de tierra, pero incluye un procedimiento adicional para introducir la distancia entre los electrodos auxiliares. El resultado de la medición es el valor de la resistividad que se calcula automáticamente de acuerdo con la fórmula:

$$\rho = 2\pi LR_E$$

que se utiliza en el método de medición de Wenner. Este método supone la distancia igual entre los electrodos.

- 1 Conectar los cables de medición según la figura.



Los 4 electrodos auxiliares clavados en el suelo en una línea a la misma distancia.

- Conectar el electrodo de corriente clavado en la tierra con la toma **H** del medidor,
- Conectar el electrodo de tensión clavado en la tierra con la toma **S** del medidor,
- Conectar el electrodo de tensión clavado en la tierra con la toma **ES** del medidor,
- Conectar el electrodo de corriente clavado en la tierra con la toma **E** del medidor.

- 2



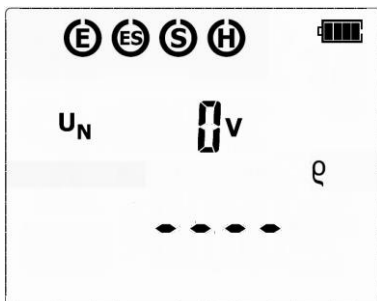
Encender el medidor pulsando **ON/OFF**.



Ajuste la unidad de medida y la distancia **L** entre los electrodos de acuerdo con la **sección 3**, pasos **9** ... **13**.

Presione el botón **ABAJO** hasta que aparezca la pantalla de medición **ρ** .

3



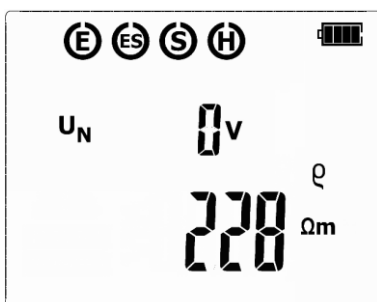
El medidor está listo para la medición.

4



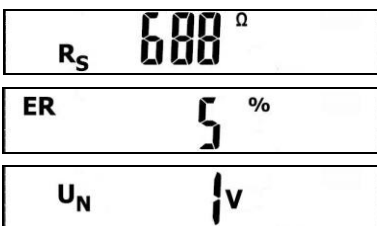
Pulsar el botón **START**.

5



Después de completar la medición se puede leer el resultado. Se mostrarán los resultados de todas las mediciones hechas.

6



Con el botón **ARRIBA** se pueden ver los resultados de componentes en el siguiente orden:

$R_H \rightarrow R_S \rightarrow ER \rightarrow U_N$, donde:

R_H – resistencia del electrodo **H**

R_S – resistencia del electrodo **S**

ER – incertidumbre adicional por los electrodos

U_N - tensión de interferencia



¡ATENCIÓN!

La medición de resistencia de tierra se puede realizar, si la tensión de interferencia no es superior a 24 V. La tensión de interferencia se mide hasta el nivel de 100 V, pero cuando supera 40 V ya se indica como peligrosa. No conecte el medidor a la tensión superior a 100 V.





- En el cálculo, se supone que las distancias entre los electrodos auxiliares de medición son iguales (método Wenner). Si no es así, se debe medir la resistencia de toma de tierra mediante el método de 4 conductores y hacer el cálculo por sí mismo.
- Se debe prestar especial atención a la calidad de la conexión entre el objeto y el

- cable de medición - el lugar de contacto debe ser limpiado de pintura, óxido, etc.
- Si la resistencia de las sondas es demasiado grande, la medición de la tierra R_E tendrá incertidumbre adicional. Gran incertidumbre de medición se presenta cuando se mide un valor pequeño de resistencia con las sondas de toma a tierra y con pequeño contacto con el suelo (tal situación es a menudo en el caso cuando la toma a tierra está bien hecha, y la parte superior del suelo está seca y conduce mal). Entonces tanto la relación entre la resistencia de sondas y la resistencia de la toma de tierra estudiada como la incertidumbre de la medición son muy grandes. A continuación, de acuerdo con los modelos mencionados en el **punto 9.2** se puede hacer un cálculo que permite estimar el efecto de las condiciones de medición. Para disminuir la resistencia se puede mejorar el contacto de la sonda con el suelo, por ejemplo, mojando con el agua el sitio de meter la sonda, clavando la sonda en otro sitio o aplicando la sonda de 80 cm. También se deben comprobar los cables de medición por eventuales daños en el aislamiento y si los contactos: cable - enchufe tipo banana - sonda no están corroídos o flojos. En la mayoría de casos, la precisión de mediciones es suficiente, sin embargo siempre se debe tener conciencia de la incertidumbre que puede tener la medición.



Información adicional visualizada por el medidor

\rightarrow xxxk Ω m o \rightarrow xxxk Ω ft


El rango de medición está excedido, donde xxx es el valor máximo medido para los ajustes seleccionados.

$U_N > 100V$; $> 100V$
y la señal acústica ,
NOISE! y 

La tensión en los bornes de medición es superior a 100 V, la medición se bloquea.

U_N xxv, $> 40V$
y la señal acústica ,
NOISE! y 

Donde xx es el valor de la tensión de interferencia. La tensión en los bornes de medición es superior a 40 V, la medición se bloquea.

U_N xxv, $> 24V$, **NOISE!** y 

Donde xx es el valor de la tensión de interferencia. La tensión en los bornes de medición es superior a 24 V pero inferior a 40 V, la medición se bloquea.

NOISE!

La señal de interferencia es menor a 24 V pero es demasiado alta: el resultado puede tener una incertidumbre adicional.

LIMIT!
y ER junto con el valor en %

Incertidumbre de la resistencia de electrodos auxiliares $> 30\%$. (Para el cálculo de la incertidumbre se toman en cuenta los valores medidos).

LIMIT!
y R_H o R_S con el valor en Ω


La resistencia de las sondas H y S o una de ellas supera 19,9 k Ω , la medición correcta es imposible.

Marcos que parpadean:

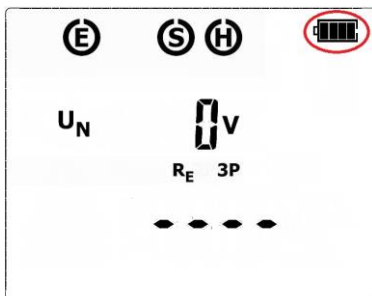


Los marcos que parpadean de los símbolos E o ES o H o S, o las dos o tres al mismo tiempo: no conectado uno, dos, tres o cuatro cables a las tomas de medición.

5 Alimentación del medidor

 Antes de realizar las mediciones, asegúrese de que el estado de la batería o las pilas en el transmisor y el medidor permitirá llevar a cabo las actividades relacionadas con el funcionamiento del dispositivo.

5.1 Control de la tensión de alimentación



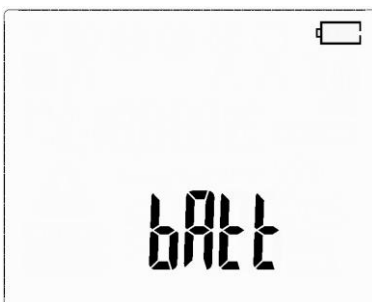
El nivel de carga de las baterías y pilas está continuamente indicado por el símbolo de pila en la esquina superior derecha de la pantalla.



Todos los segmentos del símbolo de la batería encendidos significan que las baterías o pilas están completamente cargadas.



Todos los segmentos del símbolo de la batería vacíos significan que las baterías o pilas están completamente descargadas y deben ser reemplazadas.



El mensaje **bAtt** significa que las baterías están extremadamente agotadas, todas las mediciones se bloquean. El medidor se apaga automáticamente después de unos 5 segundos.

5.2 Cambio de las baterías (pilas)

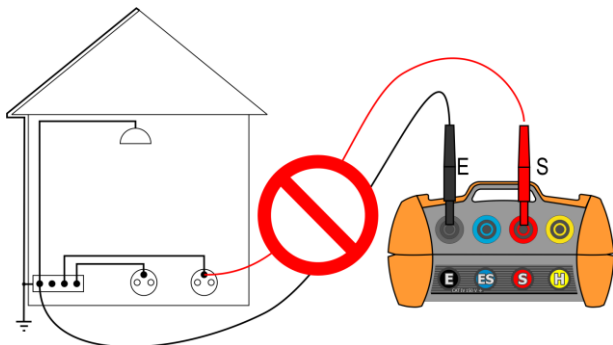
El medidor MRU-11 se alimenta con cuatro pilas alcalinas LR6 o baterías NiMH de tamaño AA. Las baterías o pilas están en el compartimento en la parte inferior de la carcasa. El dispositivo no está equipado con un cargador interno. Las baterías deben ser recargadas en un cargador externo.



¡ATENCIÓN!

¡No alimentar el medidor con fuentes diferentes a las mencionadas en este manual!
¡Antes de reemplazar las pilas o baterías es necesario desconectar los cables de medición del medidor!

1



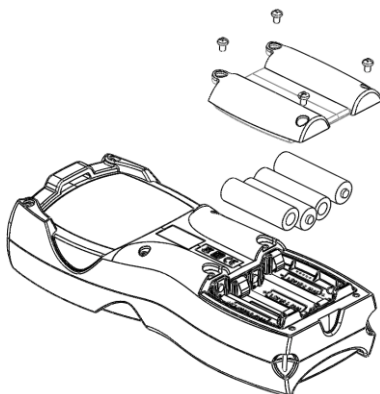
Desconectar el dispositivo del objeto.

2



Apagar el dispositivo con el botón **ON/OFF**.

3



Desenroscar los tornillos que sujetan la tapa de las pilas en la parte inferior de la carcasa (4 uds.),

Reemplazar todas las pilas (baterías). Las pilas o baterías nuevas deben ser colocadas teniendo en cuenta la polaridad correcta.

Colocar y atornillar la tapa.



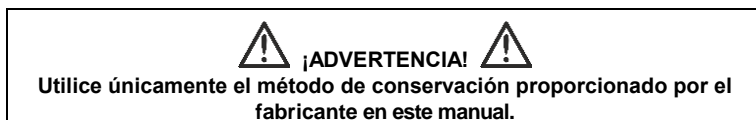
¡ATENCIÓN!

Poner las pilas al revés no puede dañar las pilas ni el medidor, pero el medidor con las pilas puestas incorrectamente no funcionará. En caso de fugas en las pilas en el interior de la caja hay que llevar el medidor al servicio.

5.3 Principios generales para el uso de las baterías de níquel e hidruro metálico (NiMH)

- Las baterías (medidor) deben ser guardadas en un lugar fresco, seco, bien ventilado y protegido de la luz directa del sol. La temperatura ambiente durante un almacenamiento prolongado debe ser por debajo de 30°C. Si las baterías se almacenan durante largo tiempo a altas temperaturas, los procesos químicos que se producen pueden reducir su vida útil.
- Las baterías NiMH suelen soportar normalmente 500-1000 ciclos de carga. Estas baterías alcanzan su capacidad máxima después de su formación (2-3 ciclos de carga y descarga.) El factor más importante que influye en el rendimiento de la batería es el grado de descarga. Cuanto más grande es la descarga, tanto más corta es su vida útil.
- El efecto de memoria en las baterías NiMH tiene la forma limitada. Estas baterías se pueden recargar sin mayores consecuencias. Sin embargo, se recomienda descargarlas completamente cada varios ciclos.
- Durante el almacenamiento de las baterías NiMH, el grado de descarga automática es alrededor del 20% al mes. Guardar las baterías a altas temperaturas puede acelerar dos veces el proceso de descarga. Para evitar una descarga excesiva de las baterías, después de la cual las baterías tendrán que ser formateadas, cada cierto tiempo las baterías deben ser recargadas (también las baterías sin usar).
- Los cargadores modernos detectan tanto demasiada baja como demasiada alta temperatura de baterías y adecuadamente reaccionan a estas situaciones. La temperatura demasiado baja debe impedir el inicio del proceso de carga, que podría dañar permanentemente la batería. El aumento de la temperatura es una señal de finalización de la carga de la batería y es un hecho típico. Sin embargo, la carga a altas temperaturas de ambiente reduce el rendimiento, además aumenta el crecimiento de la temperatura de la batería que por esta razón no será cargada a plena capacidad.
- Tenga en cuenta que las baterías cargadas rápidamente se cargan hasta un 80% de su capacidad, se pueden lograr mejores resultados continuando la carga: el cargador entra en modo de carga lenta y después de unas horas las baterías están cargadas a su máxima capacidad.
- No cargue ni utilice las baterías en temperaturas extremas. Las temperaturas extremas reducen el rendimiento de la batería. Evite colocar los dispositivos con batería en lugares muy cálidos. La temperatura nominal de funcionamiento debe ser estrictamente observada.

6 Limpieza y mantenimiento



La carcasa del medidor y la maleta pueden ser limpiadas con un paño suave, humedecido con detergentes comúnmente utilizados. No utilice disolventes o productos de limpieza que puedan rayar la carcasa (polvos, pastas, etc.).

Los electrodos auxiliares se lavan con agua y se secan. Antes de un almacenamiento más largo, se recomienda engrasar las sondas con un engrase para máquinas.

Los carretes y cables se pueden limpiar con agua y detergentes, luego hay que secar.

El sistema electrónico del medidor no requiere mantenimiento.

7 Almacenamiento

Durante el almacenamiento del dispositivo, hay que seguir las siguientes instrucciones:

- desconectar todos los cables del medidor,
- limpiar bien el medidor y todos los accesorios,
- enrollar los cables largos en los carretes,
- durante un almacenamiento prolongado se deben quitar las baterías y las pilas del medidor,
- para evitar la descarga total de la batería durante un almacenamiento prolongado se la debe recargar de vez en cuando.

8 Desmontaje y utilización

Los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos deben ser recogidos por separado, es decir, no depositar con los residuos de otro tipo.

El dispositivo electrónico debe ser llevado a un punto de recogida conforme con la Ley de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.

Antes de llevar el equipo a un punto de recogida no se debe desarmar cualquier parte del equipo.

Hay que seguir las normativas locales en cuanto a la eliminación de envases, baterías usadas y acumuladores.

9 Datos técnicos

- La precisión especificada se aplica a los terminales del medidor.
- "v.m." en la precisión indica el valor calibrado de medición.

9.1 Datos básicos

Medición de la tensión de interferencia U_N (RMS)

Rango	Resolución	Precisión
0...100 V	1 V	$\pm(10\% \text{ v.m.} + 1 \text{ dígito})$

- Medición para f_N 45...65 Hz.
- Frecuencia de medición: mín. 2 mediciones/s

Medición de la resistencia de tomas de tierra - método de 2 polos (R_{E2P})

Rango	Resolución	Precisión
0,01 Ω ...19,99 Ω	0,01 Ω	$\pm(3\% \text{ v.m.} + 3 \text{ dígitos})$
20,0 Ω ...199,9 Ω	0,1 Ω	
200 Ω ...1999 Ω	1 Ω	$\pm 5\%$
2000 Ω ...9999 Ω	1 Ω	$\pm 8\%$

- Corriente de medición para el cortocircuito > 20 mA.
- Frecuencia de medición 125 Hz o 150 Hz.
- Tensión de medición de 25 V o 50 V.
- La tensión máxima de las interferencias durante la medición R_E es de 24 V.

Medición de la resistencia de tomas de tierra - método de 3 polos (R_{E3P}), 4 conductores (R_{E4P})

Método de medición: de 3 polos, de acuerdo con la norma EN 61557-5.

Rango de medición según EN 61557-5: 0,53 Ω ...9999 Ω para $U_n = 50$ V.

Rango	Resolución	Precisión
0,00 Ω ...19,99 Ω	0,01 Ω	$\pm(3\% \text{ v.m.} + 3 \text{ dígitos})$
20,0 Ω ...199,9 Ω	0,1 Ω	
200 Ω ...1999 Ω	1 Ω	$\pm 5\%$
2000 Ω ...9999 Ω	1 Ω	$\pm 8\%$

- Corriente de medición para el cortocircuito > 20 mA.
- Frecuencia de medición 125 Hz o 150 Hz.
- Tensión de medición de 25 V o 50 V.
- La tensión máxima de las interferencias durante la medición R_E es de 24 V.

Medición de la resistividad del terreno

Método de medición: de Wenner, $\rho = 2\pi LR_E$

Rango	Resolución	Precisión
0,00..9,99 Ωm	0,01 Ωm	Depende de la precisión de medición R_E en el sistema 4P, pero es no menos de ± 1 dígito
10,0..99,9 Ωm	0,1 Ωm	
100..999 Ωm	1 Ωm	
1,00..9,99 $\text{k}\Omega\text{m}$	0,01 $\text{k}\Omega\text{m}$	
10,0..99,9 $\text{k}\Omega\text{m}$	0,1 $\text{k}\Omega\text{m}$	
100..999 $\text{k}\Omega\text{m}$	1 $\text{k}\Omega\text{m}$	

- distancia entre las sondas de medición (L): 1...50 m o 1...150 ft

Medición de la resistencia de los electrodos auxiliares R_H y R_S

Rango	Resolución	Precisión
0...999 Ω	1 Ω	$\pm(5\% + 8 \text{ dígitos})$
1,00...9,99 $\text{k}\Omega$	0,01 $\text{k}\Omega$	
10,0...19,9 $\text{k}\Omega$	0,1 $\text{k}\Omega$	

Otros datos técnicos

- tipo de aislamiento doble, de conformidad con la norma EN 61010-1 y IEC 61557
- categoría de medición (para 2000 m s.n.m.) III 300 V según EN 61010-1
- clase de protección de la caja según la norma EN 60529 IP67
- la tensión máxima de interferencias AC + DC durante la medición 24 V
- la máxima medida tensión de interferencias 100 V
- frecuencia de la corriente de medición 125 Hz para la red de 50 Hz
..... 150 Hz para la red de 60 Hz
- tensión de medición para R_{E2P} , R_{E3P} , R_{E4P} 25 V o 50 V
- corriente de medición (de cortocircuito) para R_{E2P} , R_{E3P} , R_{E4P} >20 mA
- Rango de medición según EN 61557-5 0,53 Ω ...9999 Ω para $U_n = 50$ V
- la máxima resistencia de los electrodos auxiliares 20 $\text{k}\Omega$
- alimentación del medidor 4x pila alcalina de tamaño AA
o 4x batería NiMH de tamaño AA
- número de mediciones para R_{E3P} >3000
..... ($R_E=10 \Omega$, $R_H=R_S=100 \Omega$, 25 V 50 Hz, 2 mediciones/minuto)
- tiempo de ejecución de la medición de resistencia con el método de 2 polos <4 s
- tiempo de ejecución de la medición de resistencia con el método de 3 polos <8 s
- tiempo de ejecución de la medición de resistencia con el método de 4 conductores <8 s
- dimensiones 221 x 102 x 62 mm (sin cables de medición)
- peso del medidor con baterías 660 g
- temperatura de funcionamiento -10°C..+50°C
- temperatura de referencia 23 $\pm 2^\circ\text{C}$
- temperatura de almacenamiento -20..+60°C
- humedad relativa 20..90%
- humedad nominal relativa 40..60%
- altura s.n.m. ≤ 2000 m*
- estándar de calidad elaboración, diseño y fabricación de acuerdo con ISO 9001
- método de medición apoyo técnico, de acuerdo con la norma EN 61557-5
- el producto cumple con los requisitos EMC según la norma EN 61326-1 y EN 61326-2-2

ATENCIÓN

***Información sobre el uso del medidor a una altura de 2000 m s. n. m. a 5000 m s. n. m.**

Para las entradas de tensión E, ES, S, H hay que tener en cuenta que la categoría de medición baja a CAT III 150 V a tierra (hasta 150 V entre las entradas de tensión) o CAT IV 100 V a tierra (hasta 100 V entre las entradas de tensión). Las marcas y símbolos que se muestran en el instrumento deben considerarse válidos cuando se utilizan en altitudes inferiores a 2000 m.

9.2 Datos adicionales

Los datos sobre las incertidumbres adicionales son útiles si se utiliza el medidor en condiciones especiales y para la medición de calibración en los laboratorios.

9.2.1 Influencia de la tensión de interferencia en serie en la medición de resistencia para la función R_{E3P} , R_{E4P} , ρ

R_E	U_N	Incertidumbre adicional [Ω]
0,00...10,00 Ω	25 V	$\pm(0,001R_E+0,01)U_z+0,007U_z^2$
	50 V	$\pm(0,001R_E+0,01)U_z+0,004U_z^2$
10,01..2000 Ω	25 V, 50 V	$\pm(0,001R_E+0,01)U_z+0,001U_z^2$
2001..9999 Ω	25 V, 50 V	$\pm(0,003R_E + 0,4)U_z$

9.2.2 Influencia de los electrodos auxiliares en la medición de resistencia de toma de tierra para la función R_{E3P} , R_{E4P} , ρ

R_H, R_S	Incertidumbre adicional [%]
$R_H \leq 5 \text{ k}\Omega$ y $R_S \leq 5 \text{ k}\Omega$	$\pm\left(\frac{R_S}{R_S + 100000} \cdot 150 + \frac{R_H \cdot 0,004}{R_E} + 1,5 \cdot 10^{-8} \cdot R_H^2\right)$
$R_H > 5 \text{ k}\Omega$ o $R_S > 5 \text{ k}\Omega$ o R_H y $R_S > 5 \text{ k}\Omega$	$\pm\left(7,5 + \frac{R_H \cdot 0,004}{R_E} + 1,5 \cdot 10^{-8} \cdot R_H^2\right)$

$R_E[\Omega]$, $R_S[\Omega]$ y $R_H[\Omega]$ son valores mostrados por el dispositivo.

9.2.3 Incertidumbres adicionales según IEC 61557-5 (R_{E3P})

Valor de entrada	Símbolo	Incertidumbre adicional
Posición	E_1	0%
Voltaje de alimentación	E_2	0% (no se ilumina BAT)
Temperatura	E_3	$\pm 0,2$ dígito/ $^\circ\text{C}$ para $R < 1 \text{ k}\Omega$ $\pm 0,07\%/^\circ\text{C}$ $\pm 0,2$ dígito/ $^\circ\text{C}$ para $R \geq 1 \text{ k}\Omega$
Tensión de interferencias de serie	E_4	Según las fórmulas del p. 9.2.1 ($U_N=3\text{V } 50/60\text{Hz}$)
Resistencia de las sondas para clavar en el suelo	E_5	Según la fórmula del p.9.2.2

10 Accesorios

La lista actual de accesorios se puede encontrar en el sitio web del fabricante.

10.1 Accesorios estándar

NOMBRE	ÍNDICE	NÚMERO
Electrodo auxiliar 25 cm	WASONG25	4 pcs.
Cable 2,2 m negro 1 kV (conectores tipo banana)	WAPRZ2X2BLBB	1 pc.
Cable 2,2 m azul 1 kV (conectores tipo banana)	WAPRZ2X2BUBB	1 pc.
Cable 15 m (en un bastidor en H, conectores tipo banana) azul	WAPRZ015BUBBN	1 pc.
Cable 15 m (en un bastidor en H, conectores tipo banana) rojo	WAPRZ015REBBN	1 pc.
Cable 30 m (en un bastidor en H, conectores tipo banana) amarillo	WAPRZ030YEBBN	1 pc.
Cocodrilo negro 1 kV 20 A	WAKROBL20K01	1 pc.
Cocodrilo azul 1 kV 20 A	WAKROBU20K02	1 pc.
Funda M-6	WAFUTM6	1 pc.
Arnés para el medidor (tipo M1)	WAPOZSZE4	1 pc.
Soporte - gancho M1 para el medidor	WAPOZUCH1	1 pc.
Batería AA, LR6		4 pcs.
Manual de uso		1 pc.
Certificado de calibración de fábrica		1 pc.

10.2 Accesorios adicionales

Adicionalmente, del fabricante y los distribuidores se pueden comprar los siguientes artículos que no están incluidos en el equipamiento estándar:

NOMBRE	ÍNDICE	IMAGEN
Electrodo auxiliar 30 cm	WASONG30	
Electrodo auxiliar 80 cm	WASONG80V2	
Mordaza (conector tipo banana)	WAZACIMA1	
Funda L3 (para electrodos auxiliares 80 cm)	WAFUTL3	
Cable 25 m rojo para medir la toma de tierra en carrete (conectores tipo banana)	WAPRZ025REBBSZ	
Cable 50 m amarillo para medir la toma de tierra en carrete (conectores tipo banana)	WAPRZ050YEBSZ	
Cable 100 m rojo para medir la toma de tierra en carrete	WAPRZ100REBBSZ	
Cable 200 m amarillo para medir la toma de tierra en carrete	WAPRZ200YEBSZ	
Certificado de calibración con acreditación		

11 Fabricante

El fabricante del instrumento que presta el servicio de garantía y postgarantía es:

SONEL S.A.
Wokulskiego 11
58-100 Świdnica
Polonia
tel. +48 74 858 38 60
fax +48 74 858 38 09
E-mail: export@sonel.pl
Web page: www.sonel.pl



¡ATENCIÓN!

El servicio de reparaciones sólo es autorizado por el fabricante.

NOTAS



SONEL S.A.
Wokulskiego 11
58-100 Świdnica
Polonia



+48 74 858 38 60
+48 74 858 38 00
fax +48 74 858 38 09

e-mail: export@sonel.pl
Página web: www.sonel.pl