

# Medidas eléctricas y comprobaciones de seguridad

## Caso práctico



Después de haber estado viendo los solares de las futuras instalaciones con Carlos. Lorenzo decide reunirse con Marisol, quién a juicio de Carlos; es la persona más indicada para explicarle el tema eléctrico de la previsible hidroeléctrica. Así que, temprano en la mañana y con un café en la mano, salva la poca distancia que le resta para llegar al despacho de Marisol Villaverde.

La calurosa acogida de Marisol relajó el estrés que había estado acumulando durante las últimas semanas, empezaron comentando lo explicado por

Carlos y una vez puesta en situación, Marisol comienza a tratar el tema directamente:

- Bien, entonces ¿qué es lo que te preocupa?

- Es que tengo la sensación de que falta algo. Tras las descripciones de Carlos, pude hacerme una idea más exacta del volumen de la nueva infraestructura a construir, pero... una vez construido, ¿todo funcionará como debería?

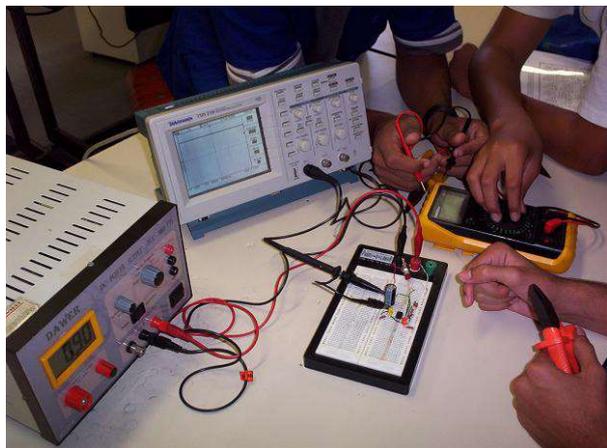
- Pues más o menos lo habitual, conectaremos todo, y al cabo de una semana se producirá un fallo catastrófico que provocará una reacción en cadena, la cual acabará con nuestra civilización tal y como la conocemos...

Tras unos instantes de vacilación, los dos se ponen a reír...

- Menos mal que en el tiempo que llevo aquí ... ya te estoy conociendo, porque ... ya estaba empezando a sudar y todo.

- Si, a veces me gusta tomar un poco el pelo a los amigos. Pero hablando en serio, una vez que se ha instalado todo y antes de empezar a conectar nada, se deben tomar medidas, realizar verificaciones, comprobar que todos los elementos, los sistemas de seguridad y la puesta a tierra están perfectamente diseñados, ... ahora te lo explico un poco más en detalle.





[Wikimedia - Mvdiogo](#), Toma de medidas (CC BY-SA)

Viendo la relevancia que tiene hoy en día la energía eléctrica en cualquier país con un desarrollo tecnológico considerable, se comprende fácilmente la necesidad de tener una información actualizada de todas las magnitudes intervinientes en cualquier instalación o elemento eléctrico.

Entonces, se puede comprender lo fundamental que resulta el disponer de aparatos de medida eléctricos para llevar a cabo esta solicitud de información, además de conocer las técnicas y procedimientos más adecuados para cada medición.

La REBT en los artículos 18 y 20 definen la necesidad de realizar verificaciones previas a la puesta en servicio e inspecciones de las instalaciones eléctricas durante su mantenimiento. Esta obligatoriedad surge de la necesidad de comprobar si las instalaciones cumplen con las exigencias normativas, por seguridad de estas y de sus usuarios.

Debemos entender por verificación de una instalación eléctrica, el conjunto de operaciones necesarias mediante las cuales se asegura el cumplimiento de todas las prescripciones normativas.

**¿Qué debemos medir?, ¿por qué debemos medirlo?, ¿Quién debe tomar la medida?, ¿Cuándo debemos realizarla? y ¿Cómo debemos realizarse?**

## Para saber más

En el siguiente enlace, podrás leer un artículo muy interesante sobre la toma de medidas eléctricas.

[Peligros en la toma de medidas eléctricas](#) (pdf - 0,32 MB)



**Materiales formativos de FP Online propiedad del Ministerio de Educación y Formación Profesional.**

[Aviso Legal](#)

# 1.- Instrumentos de medida analógicos y digitales

## Caso práctico



Tras el pequeño susto, comienza a hablar un poco más en serio.

- Una vez que tengamos todo instalado, se empiezan a hacer las comprobaciones básicas, como mirar la continuidad, la impedancia a tierra, ... asegurarse de que está todo bien. Además, para ello disponemos de equipos especializados, bastante caros ... la verdad y personal cualificado para ello.

- Pero si nuestros instaladores no lo hacen bien del todo, por cualquier tipo de problema. ¿Entonces?

- En ese improbable caso, estaríamos obligados a contratar una OCA (Organismo de Control Autorizado) quienes se dedican exclusivamente a verificar las instalaciones antes de ponerlas en marcha y nos debieran de dar el visto bueno. Sin su autorización, no podemos conectar nada.

- Entonces es una especie de doble chequeo, ahh ... pues muy bien.

- Si, estas primeras comprobaciones las hacemos con equipos multifunción específicos. Una vez puesto en marcha, tenemos que seguir verificando si todo está bien. Viendo las señal que generamos con osciloscopios, comprobando que no hay nada raro, como armónicos o problemas que no se pueden ver con los polímetros tradicionales, utilizando analizadores de redes, y por supuesto; llevándolo todo a cabo según las medidas de seguridad necesarias.

- Perfecto, me dejas mucho más tranquilo. En cuanto a los equipos que utilizaremos son ¿analógicos o digitales?

- En la mayoría de los casos son digitales, el resto ... analógicos; con componentes electrónicas para que interpretemos perfectamente los valores.

Lo decía porque el mes pasado visité una central parecida a la que vamos a construir y tenían amperímetros que parecían antigüedades.

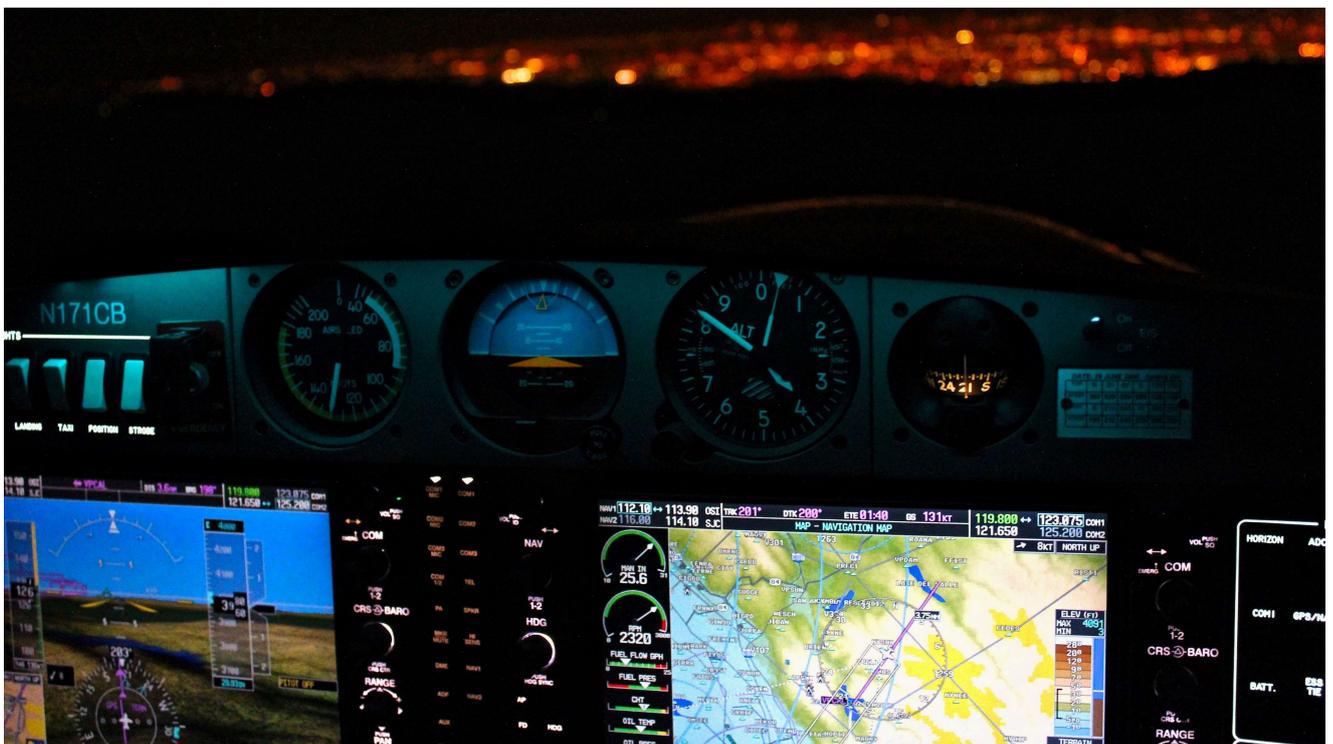
Seguro que has visto muchos equipos de medida eléctricos, pero ¿sabes cuáles son sus principios de funcionamiento?.

Los aparatos de medida pueden ser analógicos y digitales.

**Analógicos.** Indican la medida mediante una aguja que se mueve en función de la magnitud que se está midiendo. Esta aguja indica sobre una escala el valor medido. La

escala puede estar graduada de forma uniforme o no, también puede ser una escala logarítmica. Según el mecanismo que mueve la aguja nos podemos encontrar:

- ✔ **Instrumentos de bobina móvil.** Su funcionamiento está basado en el desplazamiento una aguja que está fijada a una bobina móvil por la que circula la corriente eléctrica que se quiere medir, esta bobina genera un campo magnético al pasar la corriente por ella. Además de la bobina móvil hay un imán permanente que crea un campo magnético que interactúa con el generado por la bobina móvil, apareciendo una fuerza que hace que se desplace la bobina móvil. La bobina móvil gira entorno a un eje y vuelve a su posición de reposo gracias a un muelle que se opone a la fuerza creada por la corriente y los campos magnéticos. Se suelen utilizar para corrientes continuas.
- ✔ **Instrumentos de hierro móvil.** En este caso la bobina por la que circula la corriente está fija y la aguja está fijada a un hierro sujeto a un eje. Cuando circula corriente por la bobina crea un campo magnético que magnetiza al hierro móvil y a otro hierro situado sobre la bobina, como se magnetizan con la misma polaridad, entre ellos aparecen fuerzas de repulsión que hacen moverse la aguja, cuando desaparece la corriente; un muelle hace volver a la aguja a la posición de reposo. Se suele utilizar para corriente continua y para alterna.
- ✔ **Instrumentos electrodinámicos.** Su funcionamiento es parecido al de la bobina móvil, con la diferencia que ahora el campo magnético fijo se sustituye por un campo magnético generado por otra bobina. Como puedes entender se utilizará cuando la magnitud a medir depende de dos variables, como es el caso de la potencia. Se puede utilizar tanto en corriente continua como en alterna.
- ✔ **Instrumentos de inducción.** Están constituidos, como en el caso anterior, por dos bobinas colocadas de tal forma que el campo magnético resultante genera unas corrientes sobre un disco de aluminio. Esas corrientes en presencia del campo magnético hacen que aparezcan unas fuerzas que hacen girar el disco. A ese movimiento giratorio se le asocian unos mecanismos para contar las vueltas que da el disco. Se suele utilizar en los contadores de energía eléctrica.



[Piqsels](#). Monitor con dispositivos analógicos y digitales (CC0)

**Digitales.** El funcionamiento de estos equipos se basa en convertir la señal analógica a un valor digital mediante un circuito electrónico llamado convertidor analógico-digital, determinar el valor e indicar posteriormente el valor resultante en una pantalla.

La tendencia es a utilizar equipos digitales, cada vez mas sofisticados, sobretodo cuando se trata de equipos portátiles. En los siguientes apartados conocerás los equipos digitales más importantes:

- ✓ **El polímetro.**
- ✓ **El equipo multifunción avanzado**
- ✓ **El osciloscopio.**
- ✓ **El analizador de redes.**

# 1.1.- El polímetro y las pinzas amperimétricas

## El polímetro



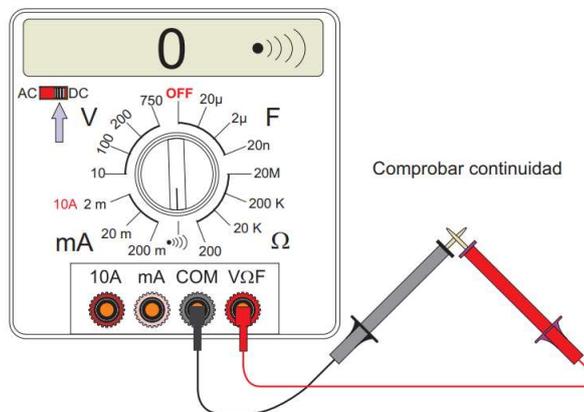
[André Karwath](#). Polímetro (CC BY-SA)

Es el equipo portátil más difundido para medidas eléctricas, ¿sabes cómo se debe utilizar? Y ¿qué magnitudes se pueden medir con él?

El polímetro o multímetro, es un instrumento de medida eléctrica portátil que permite medir distintas magnitudes seleccionando en el conmutador, que llevan incorporado, la magnitud elegida y utilizando las entradas y escalas adecuadas. Actualmente la mayoría son digitales, aunque todavía nos los podemos encontrar analógicos, estos últimos no disponen de todas las funciones que suelen incorporar los digitales.

Originalmente surgió para medir valores de tensiones, corrientes y resistencias, las dos primeras tanto en corriente continua como en corriente alterna. Los nuevos polímetros además de las tres magnitudes citadas, permiten medir

entre otras la siguientes:



[Aula eléctrica](#) (CC BY-NC-SA)

Continuidad eléctrica, que es igual que medir la resistencia, pero suelen avisar con un zumbido que resulta muy útil al ser más rápido y no tener que mirar la pantalla.

- ✓ Capacidad de los condensadores.
- ✓ Frecuencia de las señales eléctricas.
- ✓ Ganancia de los transistores.
- ✓ Algunos permiten medir incluso temperatura, que en determinadas circunstancias puede ser muy útil.

## Pinzas amperimétricas.

Se puede incluir entre los polímetros, porque aunque su uso fundamental es poder medir la corriente eléctrica sin tener que abrir el circuito, como verás más adelante cuando estudies

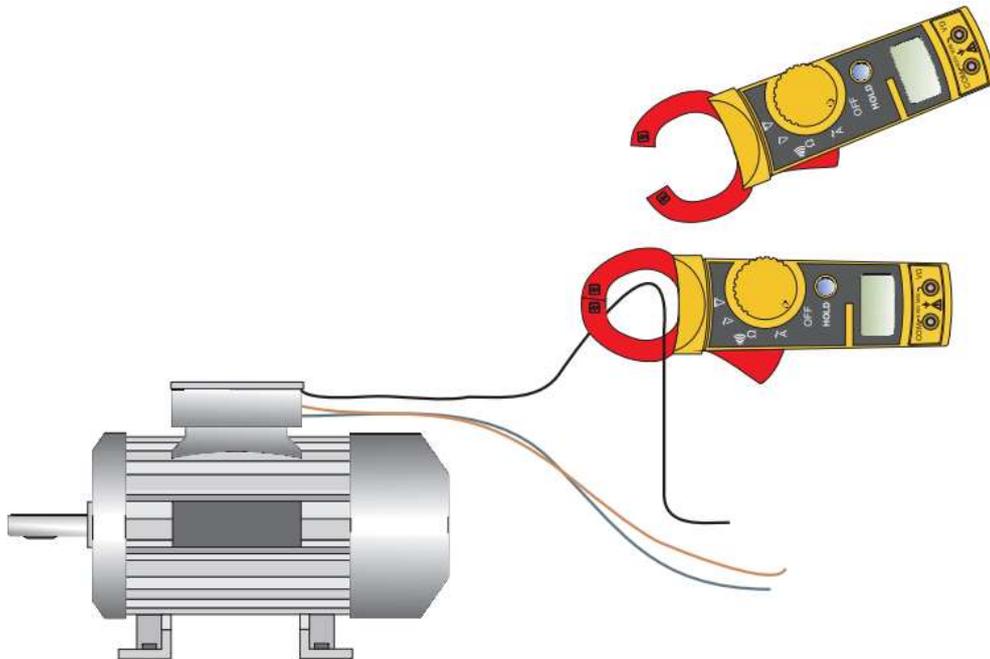


[Harke](#). Pinzas amperimétricas (CC0)

cómo se miden las corrientes, vienen preparadas para poder medir también, tensiones, resistencias, ..., como un polímetro normal.

Su característica fundamental es que, cuando se miden corrientes por ella, es suficiente con pasar el conductor por el interior de las pinzas, la corriente que pasa por el conductor, genera un campo magnético que es detectado por la pinza y convertido a una corriente proporcional que es

la que mide el aparato.



[Aula eléctrica](#) (CC BY-NC-SA)

## Seguridad en las medidas con polímetros.

Cuando se usa el polímetro antes de tomar la medida debemos comprobar, por motivos de seguridad y para que el polímetro nos dure el mayor tiempo posible, que hemos seleccionado correctamente la magnitud que vamos a medir y la escala. De no ser así, por ejemplo, podríamos estar midiendo tensiones con el polímetro conectado en corriente y destrozarnos el equipo provocando un accidente en el peor de los casos.

## Para saber más

Polímetro virtual, para aprender de forma más dinámica todas las posibilidades que un polímetro ofrece.

[Polímetro virtual](#)

# Debes conocer

Antes de intervenir en cualquier instalación eléctrica es necesario conocer el funcionamiento básico de los dispositivos más comunes a utilizar y las medidas de seguridad. El polímetro es el más básico de los elementos a conocer y una constante en cualquier operación, por lo tanto; su funcionamiento es esencial.

[Tutorial Uso básico del polímetro](#)

# 1.2.- Equipo multifunción avanzado

---

[Equipo multifunción](#)   [Continuidad](#)   [Aislamiento](#)   [Puesta a tierra](#)

[Impedancia](#)   [Diferenciales](#)   [Secuencia de fases](#)

## Equipo multifunción

**Un equipo multifunción:** es un instrumento diseñado especialmente para empresas instaladoras electricistas autorizadas, para que puedan realizar todas las verificaciones fijadas en el REBT, en instalaciones de cableado fijo industriales, comerciales y domésticas. Vamos a estudiar la operativa a seguir con un comprobador multifunción MFT1845 de la mano de los profesionales de PLC Madrid por preparadores de expertos en instalaciones eléctricas, y el procedimiento para realizar las tomas de medidas más comunes a la hora de intervenir en instalaciones con y sin tensión. Además, se os facilita el enlace a su sitio web en el apartado "Debes conocer".

<https://www.youtube.com/embed/5zfMGKAhDY4>

*Vdideo demostrativo sobre un equipo de multifunción y sus opciones disponibles*

## Continuidad

### Medida de la continuidad de los conductores de protección y equipotencialidad

La medida de la continuidad de los conductores de protección y equipotencialidad se realiza para garantizar la seguridad y protección de las personas frente a contactos indirectos, no tiene por objeto medir el valor de la resistencia de los conductores, se limita a **verificar la continuidad** eléctrica de los conductores y la unión entre los puntos de conexión (embarrado de tierra, punto de puesta a tierra, conductores equipotenciales principales y secundarios). Aunque algunos «*profesionales*» **no** realizan esta verificación hay que destacar la enorme importancia, pues afecta directamente a la **seguridad de las personas**

<https://www.youtube.com/embed/nw8buz6rqgU>

# Aislamiento

## Medida de resistencia de aislamiento entre conductores de fases

La medida de aislamiento de los conductores se realiza para comprobar la integridad de los conductores y sus aislantes, tiene por objeto medir el nivel de aislamiento entre conductores y podemos conocer el valor mínimo consultando la Tabla 3 de la ITC-BT 19.

En esta primera medición de aislamiento entre fases, se realizará 2 ejemplos prácticos, uno en una instalación trifásica y otro en un punto de recarga.

**Importante**, esta prueba se realiza sin tensión. De acuerdo al REBT esta medida es obligatoria.

<https://www.youtube.com/embed/3j82II80sDo>

## Medida de resistencia de aislamiento entre fases y neutro

El objeto de esta medida es comprobar que no existe fallo de aislamiento entre los conductores de fases y el conductor neutro, con el fin de evitar posibles deficiencias de aislamiento que pudieran ocasionar cortocircuitos entre los conductores de fases y neutro.

Esta segunda medición de aislamiento se realiza para comprobar la integridad de los conductores y sus aislantes entre los conductores de fase y neutro (L-N) en este vídeo lo realizaremos de forma práctica, en una instalación monofásica, aunque también es válido para instalaciones trifásicas.

**Importante**, esta prueba se realiza sin tensión. De acuerdo al REBT esta medida es obligatoria

<https://www.youtube.com/embed/ghtARqkGvUE>

## Medida de resistencia de aislamiento entre conductores de fase y el conductor de protección

El objeto de esta medida es comprobar que no existe fallo de aislamiento entre cualquiera de los conductores de fase y el conductor de protección con el fin de evitar posibles deficiencias de aislamiento que pudieran ocasionar cortocircuitos o derivaciones entre los conductores de fase y el de protección, para ello deberán comprobarse cada uno de los conductores correspondientes a las fases L1, L2 y L3 con respecto al conductor de protección.

[https://www.youtube.com/embed/x4AQycNxv\\_I](https://www.youtube.com/embed/x4AQycNxv_I)

**Importante**, esta prueba se realiza SIN TENSION. De acuerdo al REBT esta medida es obligatoria.

## Medida de resistencia de aislamiento entre el conductor neutro y el conductor de protección.

sta medición de aislamiento se realiza para comprobar la integridad de los conductores y sus aislantes entre el conductores de neutro y tierra (N-PE), lo cual puede provocar una derivación y disparar los diferenciales y dejar el suministro sin continuidad, para esta medición hay que tener especial atención en el sistema de distribución empleado para no errar en la medición, en este vídeo lo realizaremos de forma práctica, en una instalación monofásica, aunque también es válido para instalaciones trifásicas.

**Importante**, esta prueba se realiza sin tensión. De acuerdo al REBT esta medida es obligatoria.

<https://www.youtube.com/embed/ETsnMibgPEo>

### **Medida de aislamiento en tomas de corriente con USB y puestos de trabajo**

En este vídeo mostramos cómo medir la resistencia de aislamiento en las tomas de corriente que incorporan cargadores tipo USB y en puestos de trabajo que disponen de señalización luminosa tipo led o similar.

El objeto del video es aclarar que al hacer la medida en instalaciones donde existan este tipo de componentes ya instalados, por otra parte, cada día más usuales hay que llevar mucho cuidado, pues estamos aplicando tensiones de 500 o 1000 V a equipos electrónicos, con el riesgo que eso conlleva.

También es importante interpretar los resultados obtenidos, aunque lo correcto en estos casos es comprobar el aislamiento exclusivamente entre los conductores activos y tierra.

## **Puesta a tierra**

### **El método clásico, mediante dos electrodos auxiliares**

Este método se emplea para medir la capacidad que tiene una instalación de puesta a tierra o un electrodo individual de disipar la energía de una instalación.

<https://www.youtube.com/embed/O4P6RII3yxc>

### **Con dos electrodos auxiliares y pinza (sin desconectar la tierra)**

Este método se emplea para medir la resistencia de tierra en instalaciones en funcionamiento, no siendo preciso desconectar el conductor de protección. Esto supone un ahorro importante de tiempo y una mayor seguridad tanto para la instalación en servicio como para los operarios. Al igual que en el caso anterior también es obligatorio usar equipo de protección individual (EPI) y trabajar acompañado, a ser posible por personal experimentado.

[https://www.youtube.com/embed/6km-7\\_NZKuM](https://www.youtube.com/embed/6km-7_NZKuM)

### **Con pinzas (sin electrodos)**

Este método se emplea para medir la resistencia de tierra en instalaciones en funcionamiento, donde existen múltiples electrodos de puesta a tierra, como por ejemplo alumbrados públicos. En este caso no es preciso desconectar el conductor de protección ni conectar electrodos auxiliares.

Simplificando notablemente la medición con el consiguiente ahorro de tiempo y seguridad tanto para la instalación en servicio como para los operarios encargados de realizar las mediciones

<https://www.youtube.com/embed/NTIF5VUA3Pw>

### **Método simplificado o de dos polos (con toma de tierra auxiliar)**

Este método se emplea para medir la resistencia de tierra en instalaciones en funcionamiento, donde no existe la posibilidad de clavar electrodos.

La medida se realizará sin desconectar el electrodo de tierra a medir y se debe disponer de una estructura metálica, tubería, forjado de obras o similares. En este caso el aparato realiza la medida con una corriente elevada para poder asegurar unos resultados fiables.

[https://www.youtube.com/embed/1uTbP\\_MXBvE](https://www.youtube.com/embed/1uTbP_MXBvE)

Medida de la resistencia total de tierra (impedancia de defecto de bucle) <<Método especial>>

Se trata de un método especial, se emplea para medir la resistencia total de tierra en instalaciones en funcionamiento, sin necesidad de electrodos auxiliares ni pinzas. Consiste simplemente en medir en el cuadro general o simplemente en una toma de corriente tipo schuko. En realidad, lo que estamos haciendo es medir la impedancia de bucle entre fase y el conductor de tierra de la instalación. Si el resultado obtenido de esta medición resulta "bueno", no será preciso hacer nada más, pues parece lógico que si la impedancia del circuito es buena e incluye además del valor de la resistencia del transformador la resistencia del conductor de tierra, el valor de está siempre será menor que el valor obtenido en la medición.

Por las razones expuestas, y por su facilidad y tiempo de realización, este es el método más extendido hoy en día para medir tierras.

[https://www.youtube.com/embed/5pr6EE\\_IVzQ](https://www.youtube.com/embed/5pr6EE_IVzQ)

**Atención:** Esta medida se realiza con tensión.

## **Impedancia**

**Prueba de impedancia de línea con 2 cables y corriente (L- N) o (L- L)**

Esta prueba nos permite de forma sencilla, calcular directamente la posible corriente de cortocircuito en la instalación y dimensionar o comprobar adecuadamente los elementos de protección (fusibles o diferenciales) con independencia del sistema de conexión del neutro de la instalación.

Se comprobará entre fase y neutro y en instalaciones trifásicas entre las fases L1, L2 y L3, tomadas 2 a dos y cada una de ellas con respecto al conductor neutro si existe.

La medida de impedancia de línea entre conductores activos fase y neutro (L-N) se emplea habitualmente para los esquemas de distribución del neutro TN e IT para verificar el correcto dimensionamiento de las protecciones eléctricas como son los fusibles, interruptores automáticos magnetotérmicos o diferenciales.

<https://www.youtube.com/embed/KU8H-PuNMb0>

### **Prueba de impedancia de bucle de defecto con 3 cables y pequeña corriente**

El objeto de esta medida es conocer de manera sencilla, en instalaciones protegidas por diferencial, el valor de la impedancia de bucle de defecto. Esto nos permite conocer de forma práctica la posible corriente de cortocircuito que podría generarse en ese punto en caso de producirse una derivación a tierra. Los valores obtenidos nos permiten comprobar si las protecciones instaladas son correctas.

La medición de impedancia de bucle o de defecto en sistemas de distribución TT suele emplearse para realizar la medición de puesta a tierra sin necesidad de emplear los electrodos auxiliares ni de desconectar la toma de tierra de la instalación, la medición a 3 hilos con una pequeña corriente (3Lo) se emplea en instalaciones donde hay instalada protección diferencial y se desea evitar el disparo de este.

<https://www.youtube.com/embed/DLV9-15RaKs>

### **Prueba de impedancia de bucle de defecto con 2 cables y corriente elevada**

El objeto es conocer el valor de la impedancia de bucle de defecto (con corriente alta). Esto nos permite conocer de forma práctica la posible corriente de cortocircuito en caso de producirse una derivación a tierra. Los valores obtenidos nos permiten comprobar si las protecciones instaladas son correctas. En caso de existir diferencial, esta prueba se realiza aguas arriba al diferencial, pues de lo contrario se producirá el disparo de este.

Para esta medición solo necesitamos emplear los conductores de fase y tierra, al tener un conductor menos que en caso anterior, la intensidad tiene un valor mayor alto que provoca el disparo de los diferenciales, no permitiéndonos realizar esta medición aguas abajo de estos.

<https://www.youtube.com/embed/5C9QSVjkYz0>

### **Prueba de impedancia de bucle de defecto con 2 cables y baja corriente**

El objeto de esta medida es conocer de manera rápida y sencilla, en instalaciones protegidas por diferencial, el valor de la impedancia de bucle de defecto en instalaciones a dos fases sin conductor neutro. Esto nos permite conocer de forma

práctica la posible corriente de cortocircuito que podría generarse en ese punto en caso de producirse una derivación a tierra. Los valores obtenidos nos permiten comprobar si las protecciones instaladas son correctas.

En este caso la medición se realiza con los conductores de fase y tierra, aun teniendo dos conductores, el equipo genera una intensidad pequeña ( $2I_0$ ) que evita el disparo de los diferenciales.

<https://www.youtube.com/embed/zueYvd2SCug>

### **Medida de impedancia de defecto de bucle en instalación real**

En este vídeo tratamos de mostrar el procedimiento para realizar la medida de puesta a tierra, utilizando el método de impedancia de defecto de bucle.

Lo hemos realizado con diferentes métodos de medición y sitios, en el Cuadro General de Mando Protección y en dos tomas de corriente distintas para comprobar la influencia de la longitud del conductor, tanto en la medida de resistencia como en la intensidad de cortocircuito

[https://www.youtube.com/embed/5pr6EE\\_IVzQ](https://www.youtube.com/embed/5pr6EE_IVzQ)

## **Diferenciales**

### **Prueba de tiempos de disparo paso a paso**

El objeto de esta medida es comprobar que el dispositivo de protección empleado para la protección frente a los contactos indirectos funciona dentro de los márgenes de tiempo de disparo  $t\Delta$  indicados en la norma en función del tipo de diferencial. Para ello en primer lugar se prueba a  $1/2xI\Delta N$  posteriormente  $1xI\Delta N$ ,  $2xI\Delta N$ ,  $5xI\Delta N$ , y se debe cumplir que en el primer caso no se produce el disparo, mientras que en el resto de los casos el diferencial deberá dispararse y los valores deberán ajustarse a los indicados en la norma correspondiente.

<https://www.youtube.com/embed/5rupBXgV9Sk>

### **Prueba de tiempos de disparo automático**

El objeto de esta prueba es comprobar el tiempo de disparo  $t\Delta$ , pero en este caso, el equipo se encarga de forma automática de inyectar los distintos valores de corriente de prueba a  $0^\circ$  y  $180^\circ$ , y el operador se limitará a rearmar el diferencial en cada disparo hasta que aparece en la pantalla la indicación de fin (END).

[https://www.youtube.com/embed/1D6\\_TZqy5Qk](https://www.youtube.com/embed/1D6_TZqy5Qk)

### **Prueba de tiempos de disparo en rampa**

El objeto de esta medida es comprobar que la corriente de disparo  $I\Delta$  del diferencial está dentro de los valores admitidos por la norma en función del tipo de diferencial.

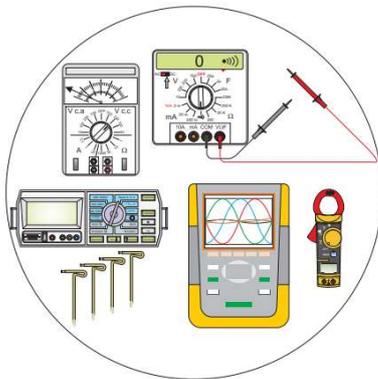
<https://www.youtube.com/embed/7thtc9zODY8>

## Secuencia de fases

Debemos medir la secuencia en un punto de la instalación, donde se precise una secuencia determinada, que conocemos por la secuencia que nos obliga la máquina o motor que se precisa conectar.

[https://www.youtube.com/embed/HP9lar\\_J9t8](https://www.youtube.com/embed/HP9lar_J9t8)

## Debes conocer



La página web PLC Madrid es un recurso muy útil a la hora de poder visualizar la REBT de una manera más dinámica. Por eso, se les adjunta un enlace o simplemente clicando sobre la imagen, un hipervínculo para ser conducidos a la ITC BT 08 - Sistemas de conexión del neutro y masas; dónde aprender o revisar las diferentes formas de conexión a tierra que puede tener nuestra instalación, es decir, con circuitos independientes para las masas y la alimentación, comunes, con el cableado de protección, ...

[Aula eléctrica \(CC BY-NC-SA\)](#)

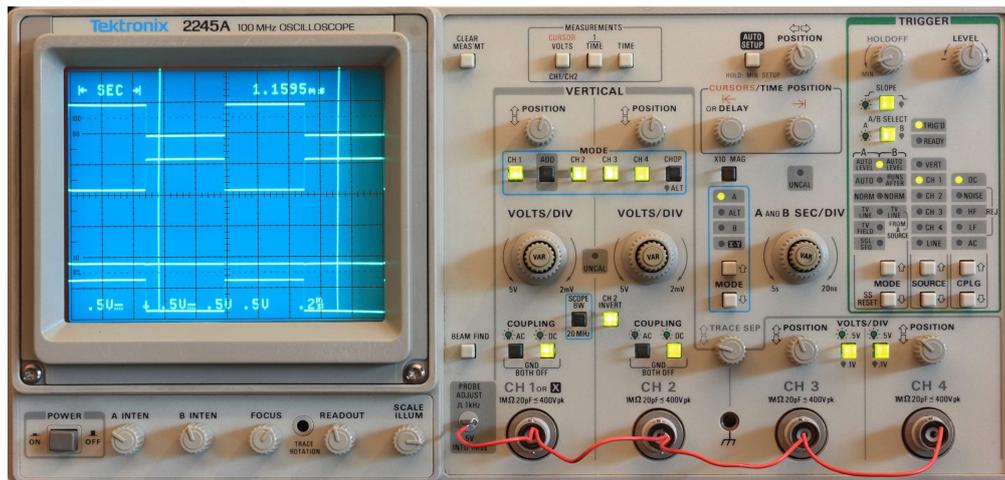
<https://www.plcmadrid.es/rebt/itc-bt-08/#>

Información que es necesario conocer antes de intervenir en una instalación eléctrica.

## 1.3.- El osciloscopio

Seguro que has oído hablar del osciloscopio, pero ¿Sabes que tipo de magnitudes se pueden medir en él? Y ¿Por qué tiene tantos mandos?

El osciloscopio es un equipo de medida electrónico que dibuja la tensión de entrada en función del tiempo en una pantalla cuadrículada, con un eje que la divide en cuatro partes iguales y, normalmente, de diez divisiones horizontales y ocho divisiones verticales. Por ello de entrada, las magnitudes fundamentales que podemos medir serán la tensión y la frecuencia.

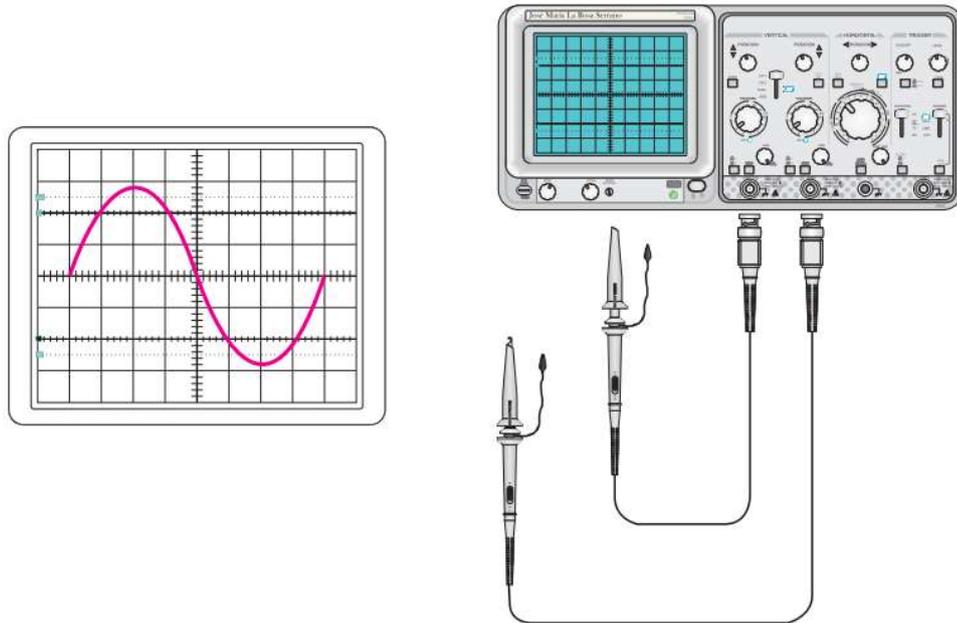


[Piqsels - Osciloscopio \(CC0\)](#)

De entre todos los controles del osciloscopio, hay dos fundamentales para conocer el valor de la señal:

- ✓ **Conmutador del eje horizontal.** Establece el tiempo que dura cada división horizontal.
- ✓ **Conmutador del eje vertical.** Establece el valor de la tensión de cada división vertical.

Si estamos midiendo una señal alterna senoidal, y hemos conseguido fijarla en los ejes de la pantalla del osciloscopio, podremos ver la tensión máxima de la señal y su valor se obtendrá multiplicando el número de divisiones verticales por el valor que indica el conmutador vertical. El periodo que dura un ciclo se obtendrá multiplicando el número de divisiones horizontales por el valor que indica el conmutador horizontal. El valor eficaz de la tensión senoidal será, como ya conoces, el valor máximo dividido entre raíz de dos y la frecuencia será la inversa del periodo.



[Aula eléctrica \(CC BY-NC-SA\)](#)

Para conseguir centrar la señal que queremos medir sobre los ejes del osciloscopio, además de los dos mandos anteriores nos encontramos fundamentalmente con los siguientes:

- ✓ **Intensidad y enfoque.** Estos dos mandos son para ver correctamente la señal, lo más fina posible.
- ✓ **Continua / alterna / tierra:** Conmutador que en continua deja pasar toda la señal de entrada, en alterna solamente la corriente alterna y en tierra nos permite situar en la pantalla el nivel de referencia de cero voltios para la señal.
- ✓ **Posición horizontal y posición vertical.** Se utilizan estos dos mandos para situar la señal en la posición de la pantalla donde queremos, para tomar la medida o compararla con otras señales.
- ✓ **Mandos para el disparador.** Para indicar si la señal se empieza a dibujar cuando sube o cuando baja y a partir de cierto nivel. También hay otros controles para seleccionar el tipo de señal y si queremos que la señal se empiece a representar en función de una señal externa.

## Para saber más

Este es un video realizado por miembros del Departamento de Electrónica y Tecnología de los Computadores de la Universidad de Granada dentro del proyecto de "Desarrollo de material audiovisual y de simulación para la enseñanza de los dispositivos electrónicos". Os puede resultar muy instructivo.

<https://www.youtube.com/embed/wVXOIwtkFZk>

Además, os adjunto un enlace a un osciloscopio digital para que podáis interactuar con él.

[Medidas con el osciloscopio](#)

## Autoevaluación

Si midiendo en el osciloscopio una señal senoidal alterna, que tenemos centrada en los ejes, el ciclo completo dura 4 divisiones horizontales y el conmutador de eje marca 10 milisegundos por división, ¿cuál será la frecuencia de la señal?

- 40 milisegundos
- 40 hercios.
- 50 hercios.
- 25 hercios.

No es correcta

Incorrecta

No es la respuesta correcta.

Muy bien, has acertado!

## Solución

1. Incorrecto
2. Incorrecto
3. Incorrecto
4. Opción correcta



## 1.4.- Analizador de redes

No sé si has visto algún analizador de redes, en este caso no se puede decir que visto uno vistos todos, como verás en el desarrollo del apartado pueden ser muy distintos y realizar funciones muy diversas.

Los analizadores de redes son equipos electrónicos que sirven para medir y determinar un gran abanico de magnitudes eléctricas, aportando además prestaciones que ayudan al análisis del comportamiento del sistema eléctrico. En cuanto a su apariencia unos podrían confundirse con un polímetro y otros con un osciloscopio digital.



Denis Pi. Analizador de redes (CC BY-SA)

Hay analizadores de redes de muchos tipos, que nos ofrecen distintas características, tratándose de adaptar a las necesidades del sector. Dependiendo del uso que le vayamos a dar, entre las características fundamentales que pueden aparecer y que decidirán, junto al precio, qué equipo nos interesa, se pueden destacar:

- ✓ Medir magnitudes eléctricas básicas: Tensión, corriente, resistencia tanto en corriente continua como en corriente alterna, igual que un polímetro, pero pudiendo hacerlo también en monofásico o en trifásico. Para la medida de las corrientes utilizan pinzas siguiendo el mismo principio del transformador de intensidad que también utiliza las pinzas amperimétricas.
- ✓ A partir de las magnitudes básicas tiene la capacidad de calcular y determinar la potencia, energía y factor de potencia de la instalación
- ✓ Pueden analizar e indicar los armónicos, sobretensiones e interrupciones del servicio que se han producido en el sistema, y de ese modo poder establecer la calidad de la energía eléctrica en un punto concreto del sistema. Algunos fabricantes por esto los denominan **analizadores de calidad eléctrica**.
- ✓ Registrar en una memoria los datos en un determinado periodo, para cuando se quiere ver la evolución del sistema en un intervalo de tiempo. Además esos datos registrados se pueden pasar a un ordenador para estudiarlos. Suelen disponer del software necesario para realizar el trasvase de datos y su análisis.
- ✓ Pueden incorporar un puerto de comunicaciones para poderse conectar a un ordenador o a un sistema informático de medida y control.
- ✓ La información la suelen proporcionar en un display, que puede ser de muy diversos tipos, desde los más simples que presentan los valores mediante dígitos y son muy parecidos al de los polímetros, hasta mucho más sofisticados que, además de los dígitos, representan incluso gráficas e incorporan un menú para configurarlo y para acceder a las distintas prestaciones del equipo.
- ✓ Pueden ser portátiles, de sobremesa o para incrustar en un cuadro eléctrico.

### Citas Para Pensar

"Mide lo que se pueda medir; y lo que no, hazlo medible"

*Galileo Galilei*



## 2.- Medidas eléctricas fundamentales y errores durante su toma

### Caso práctico



Continuaron un poco más, hablando de la antigua central hidroeléctrica que visitó en México; cuando le surgió la duda:

- Hoy en día, ¿los polímetros sustituyen en todas las ocasiones a los amperímetros, voltímetros y demás elementos para medida de los valores eléctricos fundamentales?

- Pues sí y no. (se queda callada medio sonriendo)

¡Pero habla!, no me dejes en ascuas.

- Lo que quiero decir, es que en el caso de que sean elementos portátiles, los que utiliza un electricista a diario por ejemplo, serían polímetros. Sin embargo, en nuestro caso; en los cuadros eléctricos también tendremos amperímetros, voltímetros, vatímetros y casi todos los elementos de medidas fundamentales. La razón de esto es que si queremos vender electricidad sobrante a la empresa distribuidora, tenemos que asegurarnos de que está en buenas condiciones. Principalmente lo veremos con el fasímetro, ya sabes que cuanto más cerca estemos a 1 del valor del coseno de  $\Phi$ , menos pagas nos darán, de ahí la batería de condensadores también.

- Lo entiendo, estamos generando electricidad y la idea es que de un vistazo o mediante PLCs, avisen de si algo está mal.

- Exacto, nos ahorramos tiempo y problemas a la hora de tomar medidas con los polímetros portátiles en estos casos.

Si entendemos como valor verdadero al valor que realmente tiene la medida, se pueden distinguir dos tipos de errores a la hora de registrar las medidas:

- ✓ **Error absoluto.** Diferencia entre el valor verdadero de la medida y el valor que indica el equipo de medida.
- ✓ **Error relativo.** Es la relación en tanto por ciento entre el error absoluto y el valor verdadero.

El error relativo nos da un valor más concreto de la precisión del equipo de medida, pero para poder comparar equipos debemos tener también en cuenta el valor máximo de la magnitud que puede medir el equipo, el **fondo de escala**. La relación porcentual entre el error absoluto máximo que puede medir un equipo y el fondo de escala es lo que se conoce como **clase**. Un equipo será de mayor precisión que otro si su valor de clase es más pequeño.

Se distinguen 7 clases de precisión de aparatos de medida: 0,1; 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2,5; y 5. Generalmente se utilizan las tres primeras clases para equipos de laboratorio y otros que necesiten gran precisión, la clase 1 y 1,5 se utiliza en equipos portátiles y el resto se utiliza en los equipos que suelen instalarse en cuadros eléctricos.

### Toma de medidas eléctricas.

Cuando se toman medidas eléctricas debemos pensar que el objetivo es obtener un valor lo más correcto posible sin sufrir ningún accidente. Para ello hay que tener en cuenta algunas consideraciones para que el resultado sea lo más satisfactorio posible, a continuación se indica las más importantes:

- ✓ Elección del equipo de medida adecuado a la magnitud y a la clase de precisión requerida.

### Equipos de medida

Magnitud	Instrumento de medida
Intensidad de corriente	Amperímetro
Tensión	Voltímetro
Potencia Activa	Vatímetro
Potencia Reactiva	Varímetro.
Resistencia	Ohmetro
Frecuencia	Frecuencímetro
Energía	Contador
Fator de potencia	Fasímetro

- ✓ Si el equipo puede utilizarse para varias magnitudes, hay que seleccionar en el equipo de medida la magnitud que nos interesa, eligiendo también la naturaleza de la corriente, continua o en alterna.
- ✓ Seleccionar el fondo de escala que se adapte mejor a la medida que vamos a tomar. Antes de tomar una medida debemos tener una aproximación del valor que esperamos obtener.
- ✓ El equipo de medida se debe colocar de forma estable y fácilmente visible, de forma que no tengamos que adoptar posturas raras para ver el resultado que indica el equipo durante la medida.
- ✓ Es conveniente utilizar el equipo antes, tomado una medida en una parte de la instalación o circuito que conozcamos el valor, para asegurarnos que funciona correctamente.

**Para saber más**

Tema de libro disponible y proporcionado por la Editorial mheducation, que explica de manera más fragmentada y argumentativa el desarrollo del tema.

[Medidas eléctricas en las instalaciones de baja tensión](#)

## 2.1.- Medidas eléctricas fundamentales. Intensidad de corriente

---

Ahora ya conoces los equipos de los que dispones para realizar medidas eléctricas, pero cada medida eléctrica tiene una forma particular de tomarse y no podemos equivocarnos a realizarlas.

### Medida de corriente.

La corriente eléctrica se mide con el amperímetro o con la pinza amperimétrica. En el primer caso se abre el circuito en la línea en la que se desea

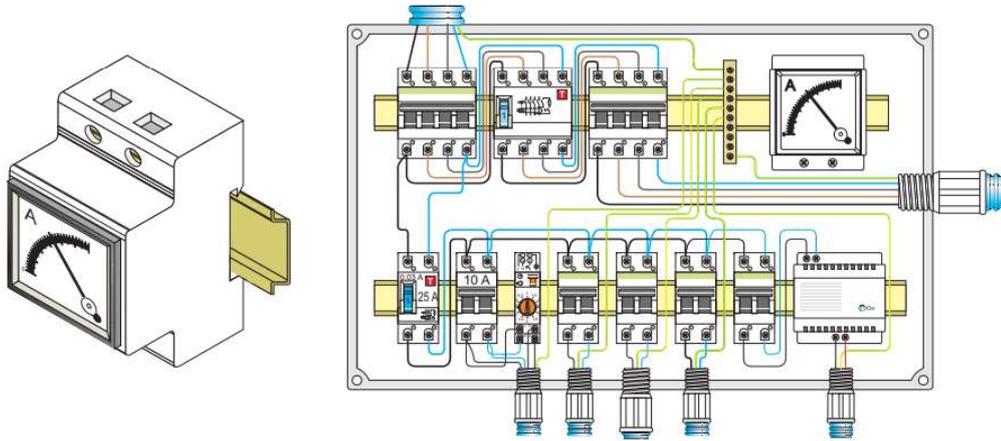
conocer la corriente y se coloca el amperímetro en serie con la línea. En el segundo caso no hace falta abrir el circuito como ya comentamos en el apartado anterior de polímetros y pinzas amperimétricas, y solamente hay que pasar la línea por el interior de la pinza, la ventaja principal es que al no tener que abrir el circuito no hace falta interrumpir el servicio y es mucho más rápido al no tener que desconectar nada.

Los amperímetros se caracterizan por tener una resistencia interna muy pequeña, por ello cuando se analizan circuitos con amperímetros conectados, se considera que la caída de tensión que se producen en el amperímetro es despreciable.

Cuando hay que medir corrientes cuyo valor supera el fondo de escala del amperímetro, hay que colocar una resistencia en paralelo con el amperímetro para que absorba el exceso de corriente que no puede pasar por el amperímetro. Para calcular esa resistencia hay que tener en cuenta que la caída de tensión en ella, por estar en paralelo, será igual a la caída de tensión en el amperímetro.



[Piqsels. Amperímetro](#) (Dominio público)



[Aula eléctrica \(CC BY-NC-SA\)](#)

## Autoevaluación

¿Cómo hay que conectarla y cuál será el valor de la resistencia que tenemos que conectar a un amperímetro de fondo de escala 1 A y resistencia interna 0,5 ohmios, para que pueda medir intensidades de corriente de hasta 5 A?

- Resistencia de 0,1 ohmios en serie
- Resistencia de 0,1 ohmios en paralelo
- Resistencia de 0,125 ohmios en serie
- Resistencia de 0,125 ohmios en paralelo.

No es correcta porque se conecta en paralelo

Incorrecta, porque has considerado que toda la corriente pasa por la resistencia.

No es la respuesta correcta porque se conecta en paralelo.

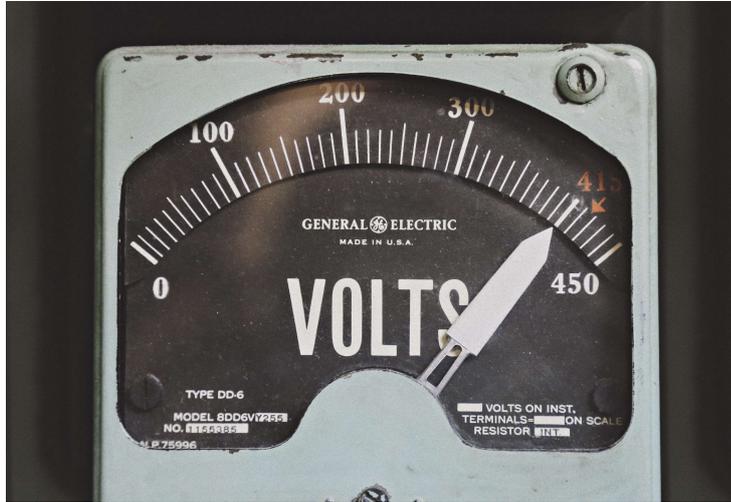
Muy bien. Has acertado!

# Solución

1. Incorrecto
2. Incorrecto
3. Incorrecto
4. Opción correcta

## 2.2.- Medidas eléctricas fundamentales.

### Tensión de voltaje



[Piqsels. \(CC0\)](#)

Una de las medidas que seguro realizarás más veces es la de la tensión, ¿sabrías como hacerlo correctamente?

#### Medida de tensión.

Para medir la tensión eléctrica se utiliza el voltímetro. La forma de utilizarlo es conectarlo en paralelo entre los dos puntos del circuito o de la instalación que deseamos conocer la tensión. Se puede medir con el circuito en funcionamiento sin necesidad de tener que interrumpir el servicio.

Los voltímetros se caracterizan por tener una resistencia interna muy alta, por ello cuando se analizan circuitos con voltímetros conectados, se considera que la corriente que absorben es despreciable.

Cuando necesitamos medir tensiones cuyo valor supera el fondo de escala del voltímetro, hay que colocar una resistencia en serie con el voltímetro para que absorba el exceso de tensión que no puede soportar el voltímetro. Para calcular esa resistencia hay que tener en cuenta que la corriente que circula por ella, por estar en serie, será igual a la que circula por el voltímetro.

## Autoevaluación

¿Cómo hay que conectarla y cuál será el valor de la resistencia que tenemos que conectar a un voltímetro de fondo de escala 50 V y resistencia interna 1 M $\Omega$ , para que pueda medir intensidades de corriente de hasta 250 V?

- Resistencia de 4 k $\Omega$  en paralelo
- Resistencia de 5 k $\Omega$  en paralelo
- Resistencia de 4 M $\Omega$  en serie
- Resistencia de 5 M $\Omega$  en serie

No es la respuesta correcta porque no se conecta en paralelo

Incorrecta, porque no has considerado que toda la corriente pasa por la resistencia.

Correcta, has acertado!

No es la respuesta correcta

## Solución

1. Incorrecto
2. Incorrecto
3. Opción correcta
4. Incorrecto

## 2.3.- Medidas eléctricas fundamentales.

### Potencia

Como puedes entender, de entre todas las magnitudes, las potencias son posiblemente las más complicadas de medir. Debes tener presente cuando las midas: si la corriente es continua o alterna, si el sistema es monofásico o trifásico, si el sistema está equilibrado o no, si se distribuye el neutro o no, en definitiva muchas variables que dan lugar a distintos métodos, apropiados a cada caso, que verás a continuación.

#### Medida de potencia.

Para medir las potencias de corriente continua como las potencias activas de corriente alterna se utilizan los vatímetros, que son los equipos de medida que tienen dos bobinas. Una es la amperimétrica que se conecta en serie con la línea que queremos medir su potencia, y en paralelo con la línea, la otra bobina que se llama voltimétrica.



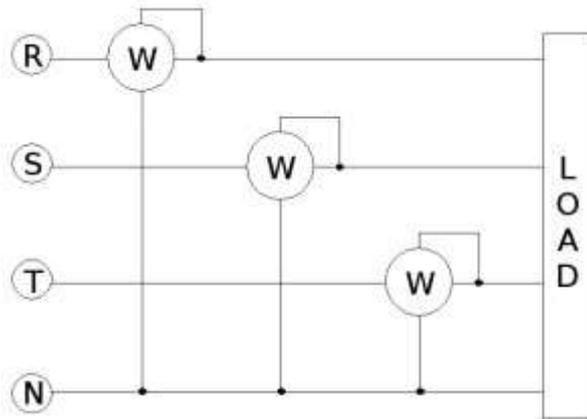
[Wikimedia User:麻私利戸](#). (CC BY-NC-SA)

Para medir la potencia reactiva se mide con el varímetro, que es un equipo similar al vatímetro al que se le añaden componentes para que la tensión esté desfasada  $90^\circ$  respecto a la corriente. Se conecta igual que el vatímetro.

Cuando hay que medir potencias en un circuito de corriente alterna trifásico podemos encontrarnos con distintas opciones:

- ✓ **Sistema con neutro y cargas equilibradas.** En este caso es suficiente con colocar un vatímetro entre una línea y el neutro. La potencia total será la que indique el vatímetro multiplicada por tres.
- ✓ **Sistema con neutro y cargas desequilibradas.** Como las cargas están desequilibradas, la potencia en cada línea será distinta, y tendremos que conectar un vatímetro entre cada línea y el neutro. La potencia total será la suma de las tres.
- ✓ **Sistema sin neutro y cargas equilibradas.** Se genera un neutro ficticio colocando dos impedancias del mismo valor que la bobina voltimétrica, los vatímetros suelen venir preparados para eso. Luego solamente hay que conectar la bobina amperimétrica a una de las líneas, y cada uno de los extremos libres de las dos

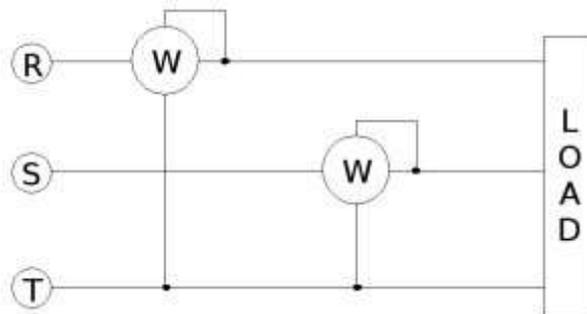
impedancias que hemos añadido a cada una de las otras dos líneas, cada extremo a una sola línea. La potencia total será igual a la medida por el vatímetro por tres.



[Wikimedia Guam.](#) (CC BY-SA)

**Sistema sin neutro y cargas desequilibradas.** Se puede utilizar dos métodos:

- **Con tres vatímetros.** Las bobinas amperimétricas se conectan en serie, cada una en una línea, y las voltimétricas se conectan en paralelo, cada una en una línea y los tres extremos libres se unen. En este caso la potencia total será la suma de los tres vatímetros.
- **Con dos vatímetros.** Consiste en colocar las bobinas amperimétricas de cada uno de los dos vatímetros en serie, cada una en una línea, y las voltimétricas se conectan en paralelo entre la línea donde está la amperimétrica y la línea que está libre. De esta forma la potencia total se calculará sumando las potencias de los dos vatímetros.



[Wikimedia. Guam.](#) (CC BY-SA)

## 2.4.- Otras medidas eléctricas fundamentales

A continuación estudiarás cómo medir el resto de magnitudes, si has entendido las anteriores, éstas te resultarán muy sencillas, de todas formas, siempre hay que tomar todas las precauciones posibles para no se produzcan accidentes durante la medida.

### Medidas de resistencia.

Para las medidas de resistencia se utiliza el óhmetro que se conecta en paralelo con el elemento o la parte del circuito de la que se quiere conocer la resistencia. Cuando se mide la resistencia



[Piqsels. \(CC0\)](#)

de un elemento hay que separarlo del circuito, y cuando queremos conocer la resistencia de una parte del circuito tenemos que desconectar las fuentes de alimentación para que no circule corriente durante la medida de la resistencia. Además debemos asegurarnos que solamente están conectados al circuito los componentes de los que queremos conocer su resistencia.

### Medida de aislamiento.

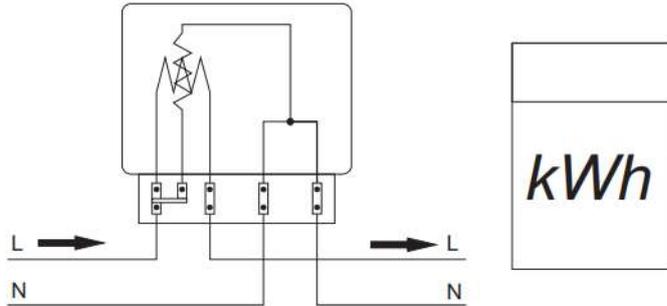
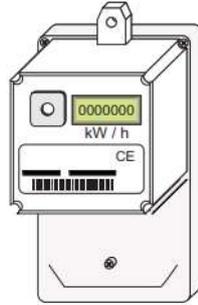
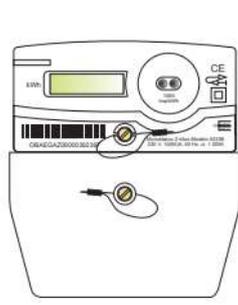
Los aislamientos tienen una resistencia eléctrica muy alta. Esa resistencia hay que medirla en el total de la instalación o equipo para comprobar su perfecto estado.

Para medir el aislamiento se utiliza el megaóhmetro, que se conecta en paralelo con la instalación o equipo donde queremos comprobar el aislamiento, una vez que se ha desconectado totalmente la alimentación. Se puede también comprobar el aislamiento de la instalación o equipo con tierra, para ello, con las líneas de alimentación abiertas, tendremos que cortocircuitar las entradas de la alimentación, conectarlas al megaohmometro y la entrada libre del megaohmometro a tierra.

### Medida de resistencia de tierra.

La resistencia de tierra es muy importante en las instalaciones eléctricas por motivos de seguridad, ya que al estar conectadas todas las masas a tierra, si se produce una derivación de las corrientes eléctricas, la resistencia de tierra limitará las posibles tensiones de contacto a las que pueden estar sometidas las personas.

El equipo utilizado para medir la resistencia de tierra es el telurómetro. Es necesario utilizar el manual del fabricante para realizar las mediciones, no obstante, el procedimiento se basa



[Aula eléctrica \(CC BY-NC-SA\)](#)

Se puede ser inductivo o capacitivo y que el equipo está preparado para medirlo en los dos casos.

### Medida de la frecuencia.

Para medir la frecuencia de las redes se utiliza el frecuencímetro colocándolo en paralelo con las líneas donde se quiere comprobar la frecuencia.

en conectar con el telurómetro, en entradas distintas, un terminal al electrodo de puesta a tierra, y varios terminales a varias picas, que se distribuirán por el terreno, separadas las distancias recomendadas por el fabricante.

### Medida de energía eléctrica.

Se utilizan los contadores eléctricos, los hay para energía activa y para energía reactiva. Son equipos de medida inductivos. La forma de conectarlos es igual a la que vimos para los vatímetros en el caso de la potencia.

### Medida del factor de potencia.

Para medir el factor de potencia se utiliza el fasímetro y se conecta igual que los vatímetros. Hay que tener presente que el factor de potencia

## Autoevaluación

Para medir la resistencia de un componente lo tenemos que separar del circuito dónde está conectado, sino estaríamos midiendo toda la resistencia del circuito vista desde ese componente.

Verdadero  Falso

Verdadero

# 3.- Interpretación de resultados. Metodologías.

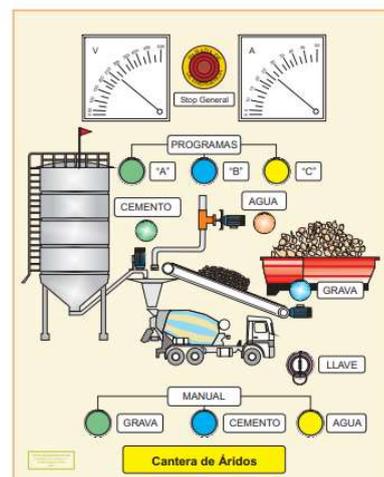
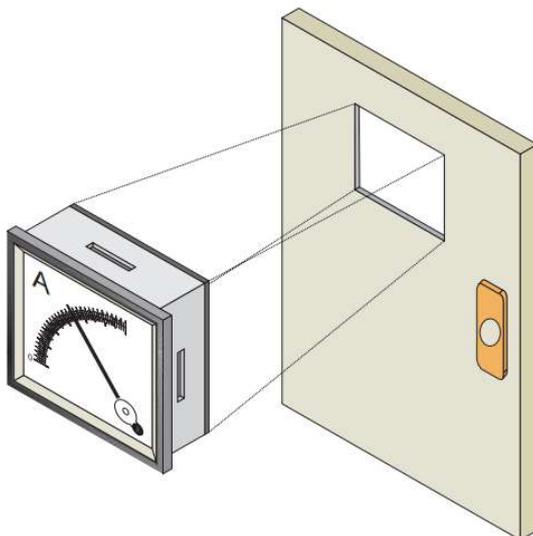
## Caso práctico



Una vez que Lorenzo parece más calmado, incluso con la actitud bromista de Marisol; parece que hay algo que aún le da vueltas en la cabeza.

- Parece que te preocupa algo, amigo mio
- La verdad es que sí. ¿Supone un gran coste el tener a una persona comprobando los valores y decidiendo si están correctos?
- Si, lo que se suele hacer es poner un sistema de PLC (Controladores Lógicos Programables) que están monitorizando las medidas en todo momento y dan aviso de cuando alguna se sale de los parámetros que ha establecido el equipo de ingenieros eléctricos.
- Entiendo, en lugar de tener varias personas, se puede controlar todo mediante una sola o incluso a distancia.
- Si, esta persona estará formada adecuadamente para interpretar los resultados, cómo identificar el problema y sobretodo cómo solucionarlo.

De nada sirve aprender a tomar medidas si después no sabes interpretarlas, ¿qué información debes obtener de la medida realizada? ¿Hay formas de ayudar a interpretarlas?



Cuando se toman medidas es porque existe una necesidad de hacerlo, bien porque queremos comprobar el funcionamiento de una instalación o equipo, o bien porque se está buscando una avería. En ambos casos nosotros siempre debemos tener un valor de referencia, un valor que esperamos esté próximo al valor de la medida realizada, y nosotros comparemos estos dos valores para estimar el estado de la instalación o equipo.

Por ello, en cada caso debemos conocer cual es el comportamiento normal del objeto de nuestras medidas para poder comprobar los resultados obtenidos y sacar conclusiones. Además debemos conocer nuestros equipos de medida y sus limitaciones.

### **Modos de presentar la medida.**

Podemos distinguir en función del grado de tratamiento de la medida tres grupos:

- ✓ **Medidas visuales.** Nos informan únicamente del resultado de la medición, y como ya vimos pueden ser analógicos o digitales. Los instrumentos de medidas analógicos se suelen utilizar preferentemente para cuadros fijos y cuando es necesario interpretar con rapidez el valor de la medida, es



[Pixsels](#). Escritorio, con una libreta y un ordenador (CC0)

- decir, que no tenemos que recordar exactamente el valor normal de funcionamiento para saber si el equipo o instalación está funcionando correctamente. Si vemos que la aguja está en el valor máximo que puede medir, inmediatamente nos damos cuenta que tenemos que intervenir porque algo va mal, si eso mismo lo estuviésemos midiendo con un analógico deberíamos recordar el valor correcto de funcionamiento y el margen aceptable para poder hacer el mismo razonamiento.
- ✓ **Medidas gráficas.** Se presenta en pantallas o en indicadores digitales con gráficos de barra, que normalmente además de las gráficas de barras suelen añadir valores numéricos. Se suelen utilizar cuando es necesario conocer un determinado nivel o la evolución de una variable en el tiempo, tratando de esta forma de simplificarnos el análisis de la medida.
- ✓ **Sistemas informáticos de medidas.** Determinados equipos de medida llevan salidas de comunicaciones para conectarse a ordenadores y de ese modo enviar la información medida de forma muy rápida al ordenador, para que pueda con sistemas de cálculo avanzado y con información de muchas variables, hacer un análisis exhaustivo del sistema y poder determinar el estado en el que se encuentra.

# Debes conocer

Diagnóstico predictivo y preventivo según la REBT

[Tipos de mantenimientos que se realizan a las Instalaciones Eléctricas](#)

## Autoevaluación

¿Qué tipo de instrumento usaremos si necesitamos conocer el nivel de una determinada medida por seguridad?

- Analógico
- Digital
- Gráfico de barras
- La primera y la tercera opción.

No es la correcta porque la respuesta no está completa.

Incorrecta, porque no sería el más rápido.

No es la respuesta correcta porque no está completa

Muy bien, has acertado!

## Solución

1. Incorrecto
2. Incorrecto
3. Incorrecto

4. Opción correcta

