

UD1.1 RESISTENCIA ELÉCTRICA

1.- Conductores y Aislantes

Los cuerpos aislantes de la electricidad se caracterizan por impedir el paso de la corriente eléctrica a través de ellos.

Los plásticos elaborados en diferentes formas son los grandes protagonistas de los aislantes, tanto en baja como en media tensión (PVC, polietileno, etc.).



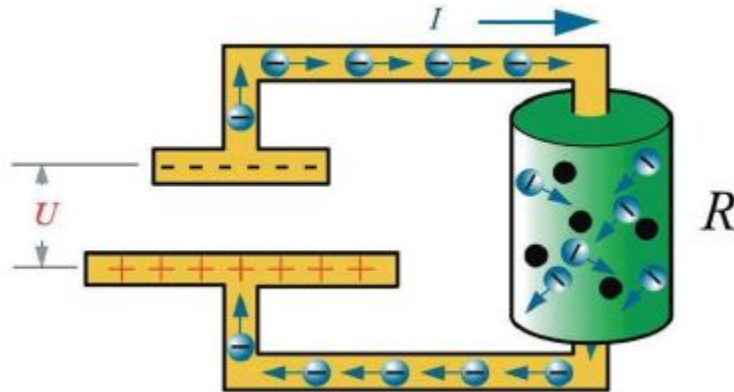
A diferencia de los aislantes, los conductores permiten con facilidad el movimiento de electrones por su estructura molecular.

Prácticamente, todos los metales son buenos conductores, pero unos lo son mejor que otros.



2.- Resistencia Eléctrica

La resistencia eléctrica es la mayor o menor oposición que ofrecen los cuerpos conductores al paso de la corriente eléctrica.

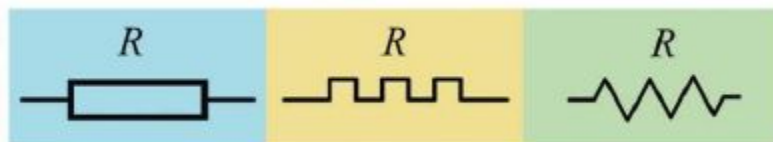


La unidad de medida de la resistencia eléctrica (símbolo R) es el ohmio y se representa por la letra griega omega, Ω .

$$1 \text{ miliohmio} = 1 \text{ m}\Omega = 0,001 \Omega$$

$$1 \text{ kilohmio} = 1 \text{ k}\Omega = 1.000 \Omega$$

$$1 \text{ megaohmio} = 1 \text{ M}\Omega = 1.000.000 \Omega$$



Símbolos esquemáticos de la resistencia eléctrica.

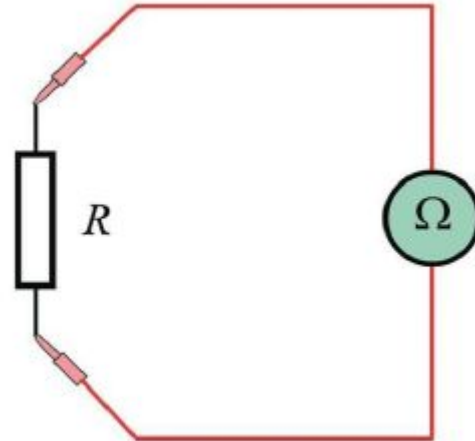
3.- Medida de la Resistencia Eléctrica

El aparato que se utiliza para medir la resistencia eléctrica es el óhmetro.



Posición del conmutador rotativo para la medida de ohmios

Posición de puntas de prueba para medir ohmios



3.- La ley de Ohm

El físico Ohm, basándose en un experimento, determinó que la intensidad de la corriente que recorre un circuito eléctrico es directamente proporcional a la tensión aplicada (a más tensión, más intensidad), e inversamente proporcional a la resistencia eléctrica (a más resistencia, menos intensidad).

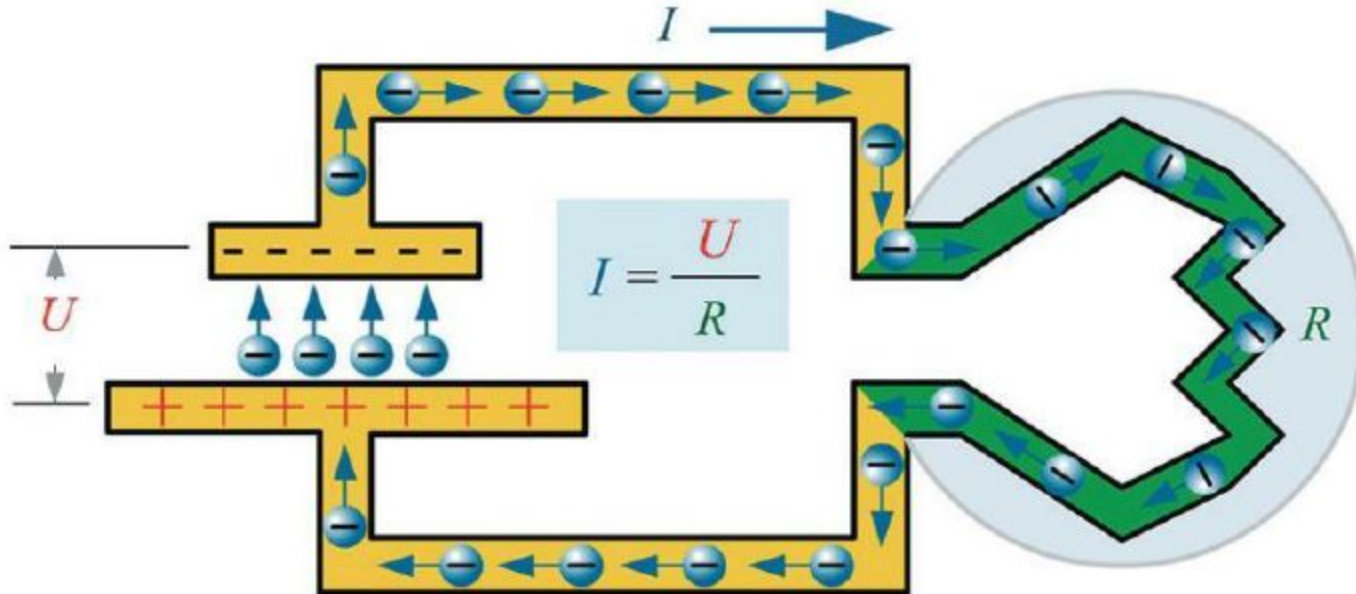
$$I = \frac{U}{R}$$

La ley de Ohm se puede ampliar despejando, en la fórmula, los valores de U y de R , con lo que se obtienen las siguientes expresiones:

$$I = U/R \qquad U = RI \qquad R = U/I$$

Cuanto mayor es la tensión eléctrica, con mayor fuerza atraerá el polo positivo de la pila a los electrones que salen del negativo y atraviesan la resistencia, y por tanto, será mayor también la intensidad de la corriente por el circuito.

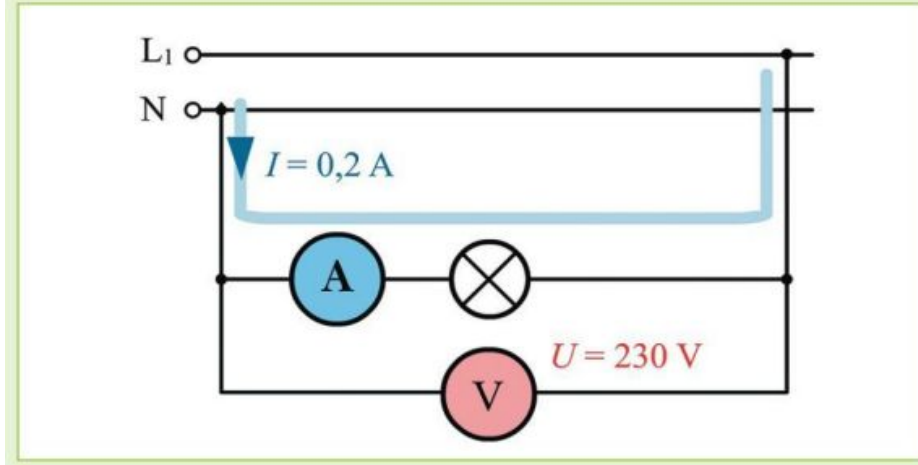
Cuanto mayor sea el valor óhmico de la resistencia que se opone al paso de la corriente eléctrica, menor será la intensidad de esta.



Calcula la intensidad que circula por el filamento de una lámpara incandescente de $10\ \Omega$ de resistencia, cuando está sometida a una tensión de 12 V .

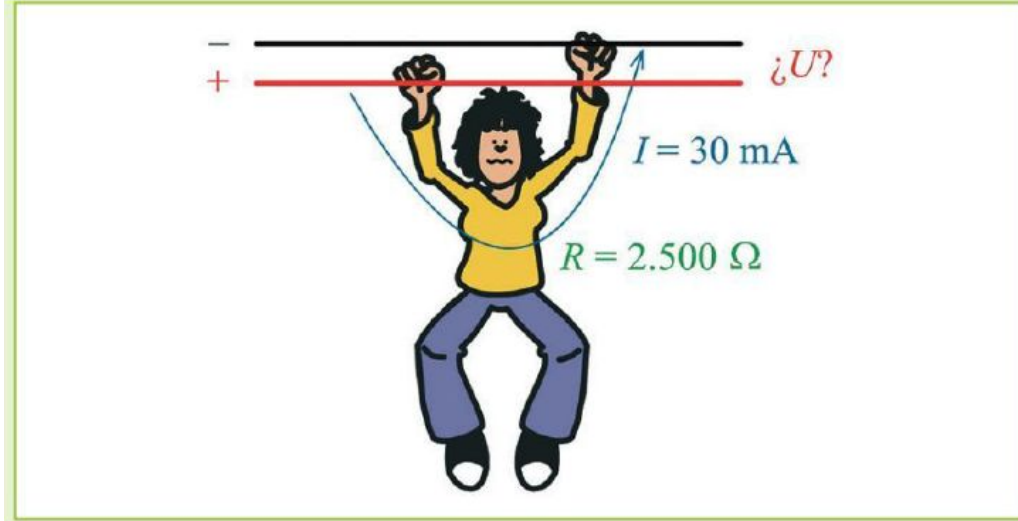
$$I = \frac{U}{R} = \frac{12}{10} = 1,2\text{ A}$$

Se quiere determinar la resistencia eléctrica del filamento de una lámpara incandescente. Para ello, se somete a la lámpara a una tensión de 230 V y, mediante un amperímetro intercalado en serie, se mide el paso de una intensidad de 0,2 A



$$R = \frac{U}{I} = \frac{230}{0,2} = 1.150 \, \Omega$$

Es sabido que en condiciones desfavorables, es decir, con la piel húmeda, la resistencia del cuerpo humano es del orden de 2.500Ω . ¿Qué tensión será suficiente para provocar, en estas condiciones, el paso de una corriente peligrosa, de 30 mA , por el cuerpo humano?



$$U = R \cdot I = 2.500 \cdot 0,03 = 75 \text{ V}$$

Se sabe que una intensidad de corriente de 30 mA puede ocasionar la muerte por fibrilación cardíaca. La resistencia eléctrica del cuerpo humano suele ser, por término medio y en condiciones normales, del orden de 5.000Ω . Si una persona, por accidente, se pone en contacto con una red de 230 V, ¿cuál será la corriente que atraviese su cuerpo? ¿Existe algún peligro de muerte?

Intensidad por el cuerpo:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{230}{5.000} = 0,046 \text{ A} = 46 \text{ mA}$$

Sí existe el peligro, ya que la intensidad que recorre el cuerpo del accidentado es superior a 30 mA.

Ejercicio	I	U	R
1.º	5 A	500 mV	?
2.º	20 A	?	5 Ω
3.º	30 mA	1 V	?
4.º	10 μ A	200 V	?
5.º	?	10 kV	15 k Ω
6.º	10 kA	?	600 m Ω

4- Resistencia de un conductor

La resistencia de un conductor aumenta con su longitud.

La resistencia de un conductor disminuye con su sección.

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

ρ = Coeficiente de resistividad ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$).

L = Longitud del conductor (m).

S = Sección del conductor (mm^2).

R = Resistencia del conductor (Ω).

Material	$\rho_{20^\circ} (\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m})$	Material	$\rho_{20^\circ} (\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m})$
Plata	0,016	Isabelín	0,5
Cobre	0,01786	Constantán	0,5
Bronce	0,018..0,056	Resistina	0,5
Oro	0,023	Kruppina	0,85
Aluminio	0,02857	Mercurio	0,96
Magnesio	0,045	Cromoníquel	1,1
Grafito	0,046	Bismuto	1,2
Tungsteno	0,055	Pizarra	10^{12}
Wolframio	0,055	Celuloide	10^{14}
Cinc	0,063	Tela endurecida	10^{14}
Latón	0,07..0,09	Esteatita	10^{18}

Níquel	0,08..0,11	Ámbar	10^{20}
Hierro	0,10..0,15	Baquelita	10^{20}
Estaño	0,11	Caucho	10^{20}
Platino	0,11..0,14	Mica	10^{20}
Plomo	0,21	PVC	10^{20}
Maillechort	0,3	Vidrio	10^{20}
Orocromo	0,33	Metacrilato	10^{21}
Niquelina	0,43	Poliestireno	10^{21}
Manganina	0,43	Polipropileno	10^{21}

¿Qué resistencia tendrá un conductor de cobre de 20 m de longitud y 1 mm² de sección?

$$R = \rho \frac{L}{S} = 0,01786 \frac{20}{1} = 0,357 \, \Omega$$

¿Y un conductor de aluminio de las mismas dimensiones?

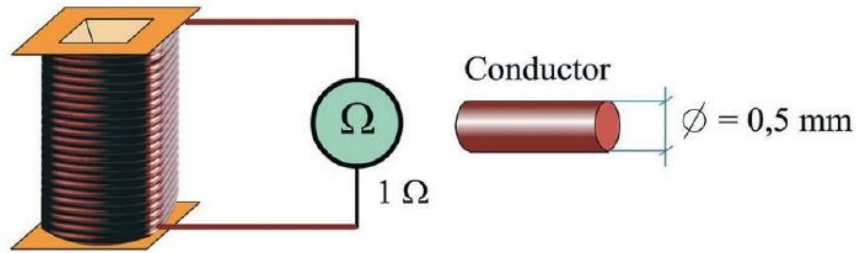
$$R = \dots = 0,571 \, \Omega$$

¿Qué sección poseerá un conductor de constantán de 12 m de longitud, si se ha medido una resistencia entre sus terminales de 6 Ω ?

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

$$S = \rho \frac{L}{R} = 0,5 \frac{12}{6} = 1 \text{ mm}^2$$

Se desea medir la longitud de una bobina de cobre. Para no tener que desenrollar el conductor, se mide con un óhmetro conectado a los extremos de la bobina una resistencia de $1\ \Omega$. Mediante un calibre medimos un diámetro de $0,5\text{ mm}$



Como la sección es circular:

$$S = \pi r^2 = 3,1416 \cdot 0,25^2 = 0,2\text{ mm}^2$$

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

despejando:

$$L = \frac{R \cdot S}{\rho} = \frac{1 \cdot 0,2}{0,01786} = 11,2\text{ m}$$

4- Conductancia y conductividad

Otra forma de expresar que un material es mejor conductor que otro es a través del concepto de conductancia, que nos indica la facilidad que presentan los conductores al paso de la corriente eléctrica. Esta magnitud es inversa a la resistencia y su unidad es el **siemens** (S).

$$G = \frac{1}{R}$$

La conductividad de un conductor nos indica la facilidad que ofrece este al paso de la corriente eléctrica. Es decir, es la inversa de la resistividad y su unidad es el **siemens/metro** (S/m).

$$\gamma = \frac{1}{\rho}$$

γ = Conductividad (S/m).

ρ = Resistividad ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$).

Así, por ejemplo, la conductividad del cobre a 20 °C es:

$$\gamma_{\text{cobre}} = \frac{1}{\rho_{\text{cobre}}} = \frac{1}{0,01786} = 56 \text{ S/m}$$

4- Influencia de la temperatura sobre la resistividad

Por lo general, la resistencia aumenta con la temperatura en los conductores metálicos. Este aumento depende del incremento de la temperatura y de la materia de que esté constituido dicho conductor.

$$R_{t^{\circ}} = R_0 (1 + \alpha \cdot \Delta t^{\circ})$$

$R_{t^{\circ}}$ = Resistencia en caliente.

R_0 = Resistencia a 20 °C.

α = Coeficiente de temperatura a 20 °C.

Δt° = Elevación de temperatura en °C.

Material	α	Material	α
Oro	0,0035	Constantán	0,0001
Plata	0,0036	Wolframio	0,0005
Aluminio	0,00446	Hierro	0,00625
Cobre	0,0039	Ferroníquel	0,00093
Estaño	0,0044	Maillechort	0,00036

Medimos la resistencia de una fase de un bobinado de cobre de un motor antes de haber funcionado (a la temperatura de 20 °C) y obtenemos un resultado de 4 Ω . Determina la resistencia que alcanzará cuando esté en funcionamiento a una temperatura de 75 °C.

$$R_{t^{\circ}} = R_0 (1 + \alpha \Delta t^{\circ})$$

$$R_{75^{\circ}\text{C}} = 4 \cdot (1 + 0,0039 \cdot 55) = 4,86 \Omega$$

¿Cuál será el aumento de temperatura que experimenta una lámpara incandescente con filamento de wolframio si al medir su resistencia a temperatura ambiente (20 °C) obtuvimos un resultado de 358 Ω , habiéndose calculado una resistencia en caliente de 807 Ω ?

De la expresión original despejamos el incremento de temperatura:

$$\Delta t^{\circ} = \left(\frac{R_{t^{\circ}}}{R_0} - 1 \right) / \alpha = \left(\frac{807}{358} - 1 \right) / 0,0005 = 2.508^{\circ} \text{C}$$

Determina la corriente que aparecerá en la lámpara incandescente al conectarla a 230 V en los siguientes casos:

- a)** nada más conectarla;
- b)** una vez encendida.

- a)** Nada más conectar la lámpara el filamento se encuentra a 20 °C y su resistencia es de 358 Ω.

$$I = \frac{U}{R_{20\text{ °C}}} = \frac{230}{358} = 0,64\text{ A}$$

- b)** Al aumentar la temperatura hasta los 2.528 °C, la resistencia aumenta su valor hasta 807 Ω, produciéndose una disminución y estabilización de la corriente.

$$I = \frac{U}{R_{2.528\text{ °C}}} = \frac{230}{807} = 0,29\text{ A}$$

5- Resistencia de los Aislantes

Por ejemplo:

El agua pura posee una resistividad aproximada de $10 \text{ M}\Omega\cdot\text{m}^2/\text{m}$.

La porcelana posee una resistividad aproximada de $10^{11} \text{ M}\Omega\cdot\text{m}^2/\text{m}$.

6- Rigidez Dieléctrica

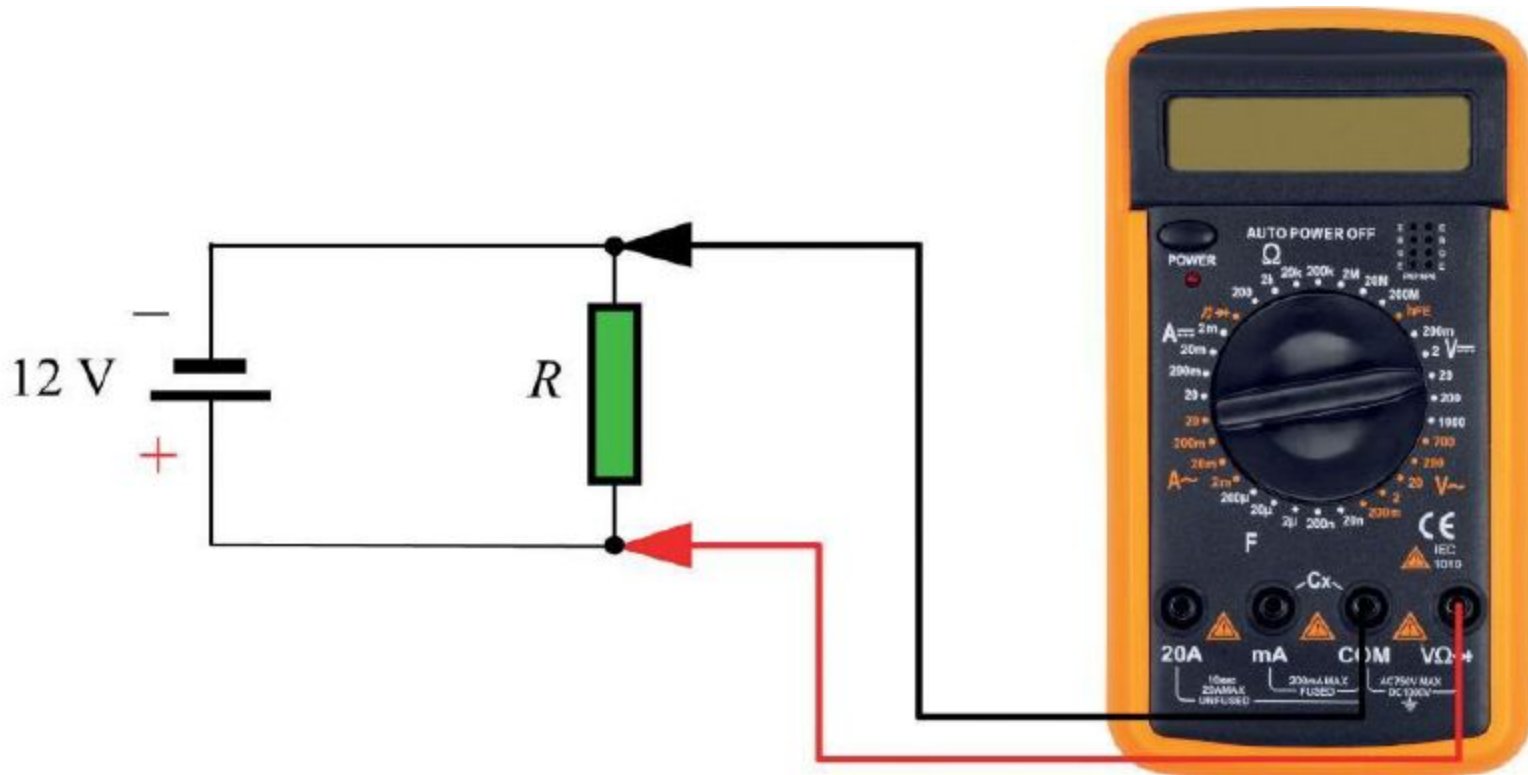
La rigidez dieléctrica de un material es la tensión que es capaz de perforarlo (corriente eléctrica que se establece por el aislante).

Agua	12,0 kV/mm
Papel	16,0 kV/mm
Aceite mineral	4,0 kV/mm
Cloruro de polivinilo	50,0 kV/mm
Aire seco	3,1 kV/mm
Polietileno	16,0 kV/mm

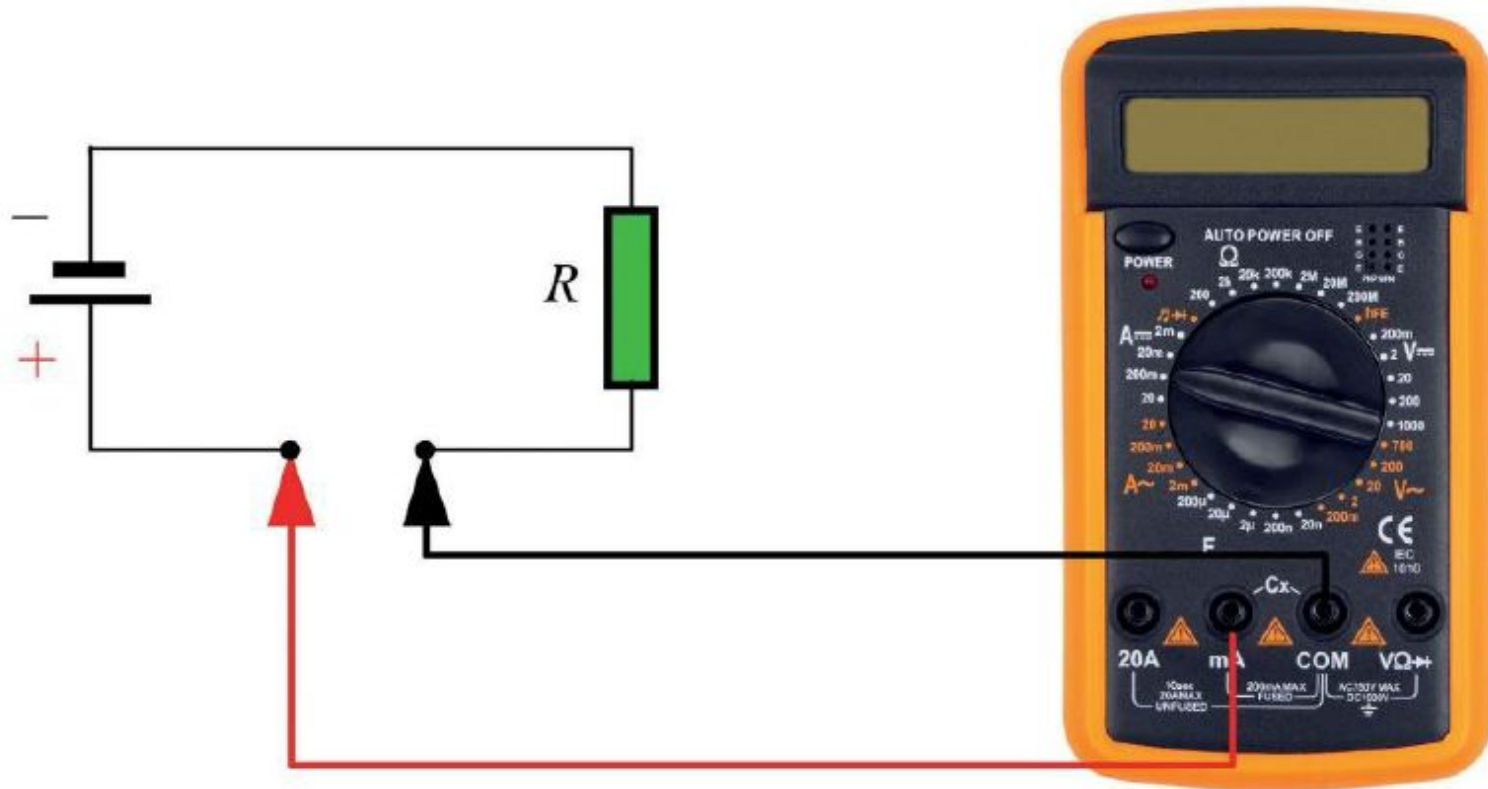
7- Manejo del polímetro



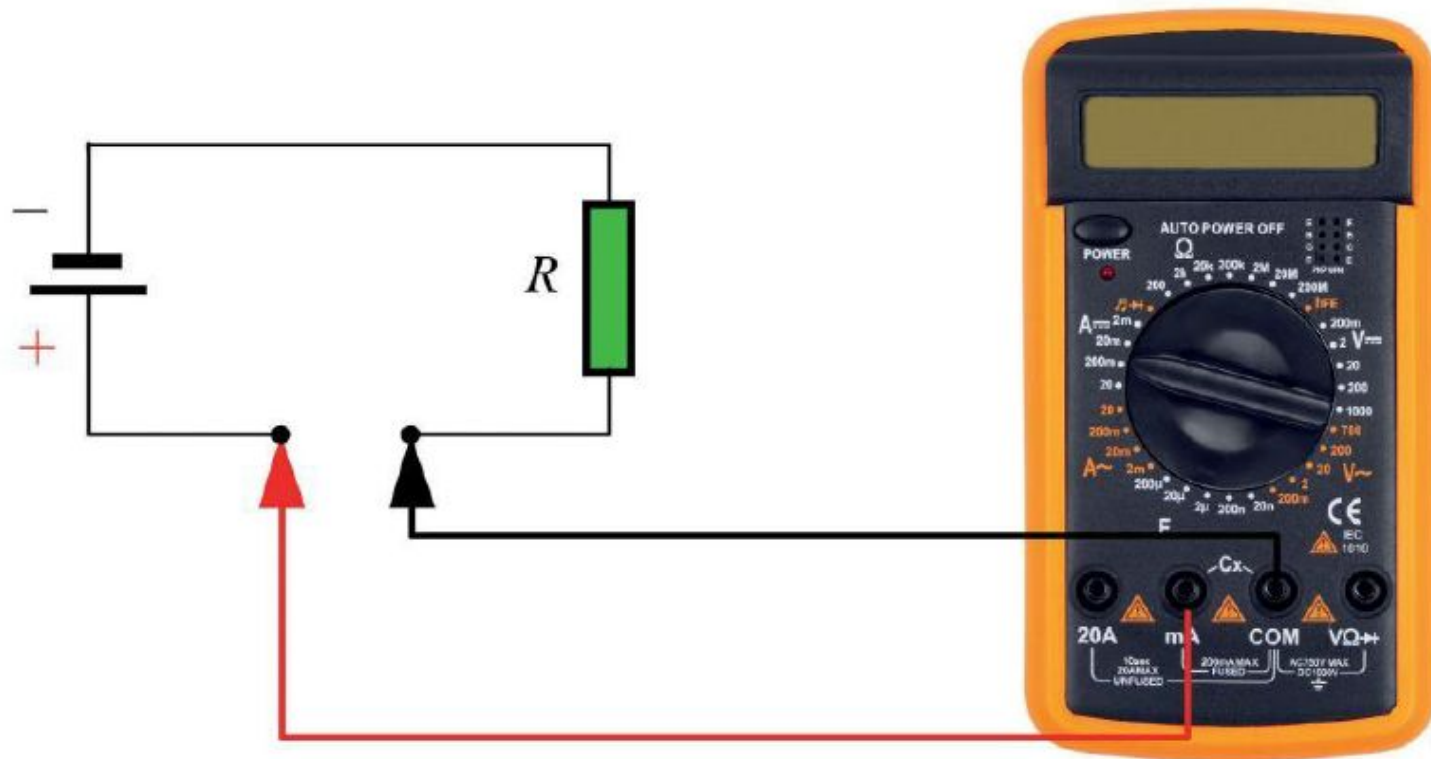
Medida de tensión



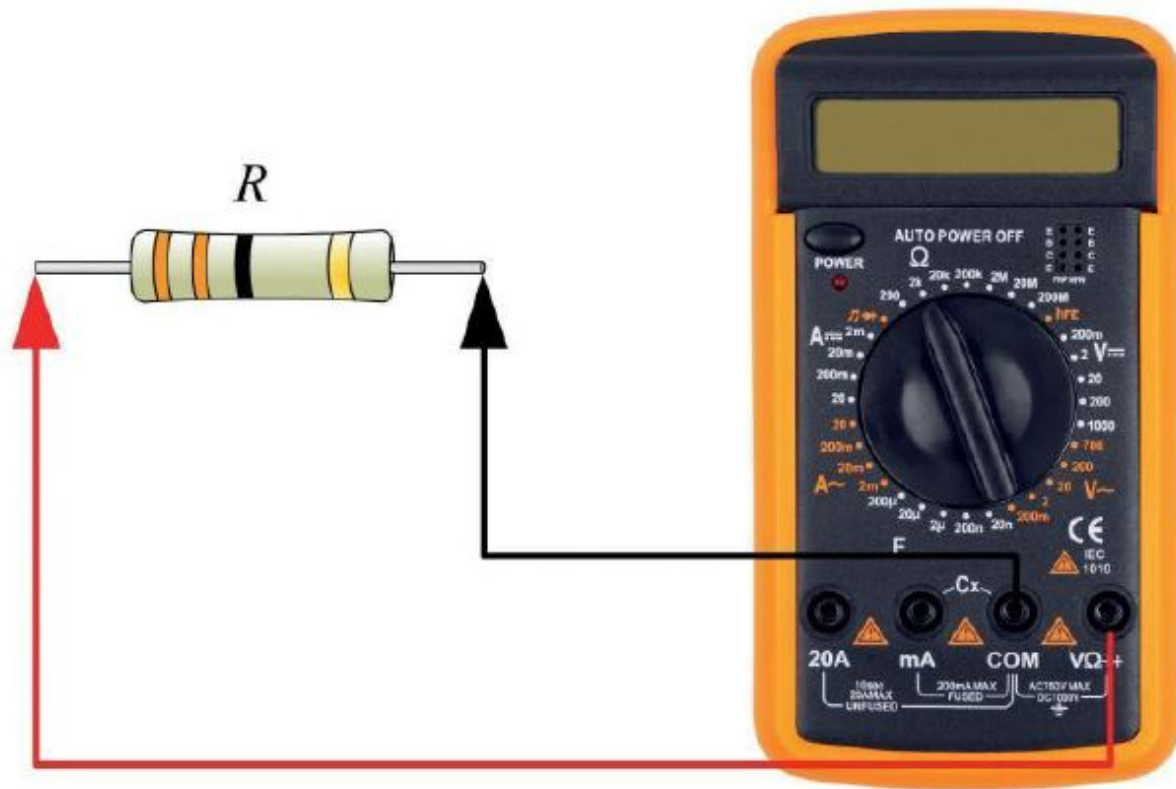
Medida de intensidad de corriente



Medida de intensidad de corriente



Medida de resistencia



Medida de continuidad y diodos

En las medidas de continuidad, cuando la resistencia del circuito es muy baja el aparato emite un pitido.

Cuando se conecta un diodo semiconductor con la punta roja (11) en el ánodo y la negra (10) en el cátodo, la pantalla nos muestra la tensión de polarización del diodo (suele encontrarse en torno a 0,5 V), en cuyo caso nos indica que su estado es correcto.

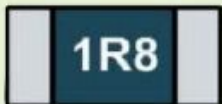


Código de colores para resistencias.

Color	A 1.ª cifra	B 2.ª cifra	C Multiplicador	Tolerancia
Negro	0	0	x1	
Marrón	1	1	x10	± 1 %
Rojo	2	2	x100	± 2 %
Naranja	3	3	x1.000	
Amarillo	4	4	x10.000	
Verde	5	5	x100.000	± 0,5 %
Azul	6	6	x1.000.000	
Violeta	7	7	x10.000.000	± 0,1 %
Gris	8	8	x100.000.000	
Blanco	9	9	x1.000.000.000	
Oro	—	—	x0,1	± 5 %
Plata	—	—	x0,01	± 10 %
Sin color	—	—	—	± 20 %

Identificación de resistencias para montaje superficial (SMD).



	1.^a Cifra = 1.^{er}: número 2.^a Cifra = 2.^o: número 3.^a Cifra = Multiplicador	1.500 Ω
	1.^a Cifra = 1.^{er}: número La «R» indica la coma decimal 3.^a Cifra = 2.^o: número	1,8 Ω
	La «R» indica «0» 2.^a Cifra = 2.^o: número 3.^a Cifra = 3.^{er}: número	0,33 Ω

Se dispone de una linterna que funciona con una pila de 1,5 V; la lamparita tiene una resistencia de 50 Ω .
Calcula la intensidad del circuito.

$$I = \frac{U}{R} = \frac{1,5}{50} = 0,03 \text{ A}$$

Calcula la tensión de funcionamiento de un horno eléctrico que posee una resistencia de 22 Ω , y que al ser conectado se establece por él una intensidad de 5,7 A.

$$U = R \cdot I = 22 \cdot 5,7 = 125,4 \text{ V}$$

¿Qué resistencia tiene una plancha eléctrica que consume 2 A conectada a 230 V?

$$R = \frac{U}{I} = \frac{230}{2} = 115 \Omega$$

Se quiere determinar la longitud de un carrete de hilo de cobre esmaltado de 0,25 mm de diámetro. Para ello, se mide con un óhmetro su resistencia, y se obtiene un resultado de 34,6 Ω .

La sección del hilo de cobre sabiendo su diámetro es igual a:

$$s = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot (0,25/2)^2 = 0,049 \text{ mm}^2$$

$$R = \ell \frac{L}{S} \Rightarrow L = \frac{R \cdot S}{\ell} = \frac{34,6 \cdot 0,049}{0,01786} = 95 \text{ m}$$

¿Qué material es necesario utilizar para conseguir que un metro de conductor de $0,5 \text{ mm}^2$ posea una resistencia de $56 \text{ m}\Omega$?

- a)** El cobre.
- b)** El aluminio.
- c)** La plata.

$$R = \ell \frac{L}{S} \Rightarrow \ell = \frac{R \cdot S}{L} = \frac{0,056 \cdot 0,5}{1} = 0,028 \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$$

Resistividad que según las tablas coincide con la del aluminio.

¿Cuál será la sección de un conductor de cinc de 5 metros, si posee una resistencia de 1Ω ?

$$R = \ell \frac{L}{S} \Rightarrow S = \ell \frac{L}{R} = 0,061 \frac{5}{1} = 0,31 \text{ mm}^2$$

La resistencia a 20°C de una bobina de cobre es de 5Ω . Calcula la resistencia de esa bobina a 80°C .

$$R_t = R_0 (1 + \alpha \Delta t^\circ) = 5 [(1 + 0,0039 \cdot (80 - 20))] = 6,17 \Omega$$

Una resistencia ha aumentado $1,05 \, \Omega$ al incrementar su temperatura de $20 \, ^\circ\text{C}$ a $t \, ^\circ\text{C}$. Determina la resistencia final y la temperatura que alcanzó, si su coeficiente de temperatura es de $0,004$ y la resistencia a $20 \, ^\circ\text{C}$ es de $65 \, \Omega$.

$$R_t = R_0 + 1,05 = 65 + 1,05 = 66,05 \, \Omega$$

$$R_t = R_0 (1 + \alpha \Delta t^\circ) \Rightarrow \Delta t^\circ = \left(\frac{R_t}{R_0} - 1 \right) / \alpha = \left(\frac{66,05}{65} - 1 \right) / 0,004 = 4 \, ^\circ\text{C}$$