

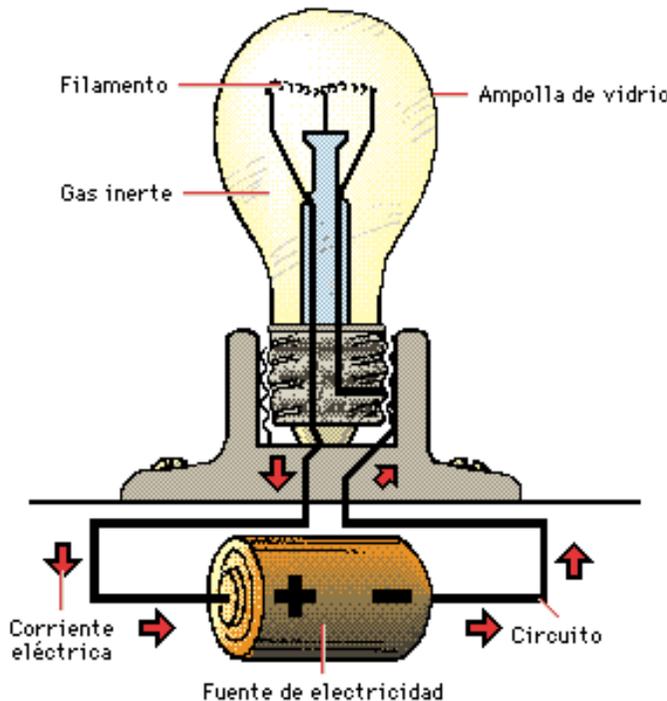
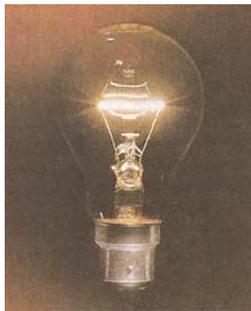
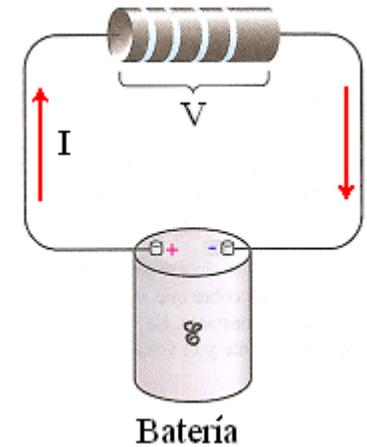


# Bolilla 9: Corriente Eléctrica



## Bolilla 9: Corriente Eléctrica

**Corriente eléctrica** es el flujo de cargas a lo largo de un conductor. Las cargas se mueven debido a una diferencia de potencial aplicada a los extremos del conductor. Una **fente de energía** es necesaria para mantener en el tiempo esta diferencia de potencial. La **intensidad** de corriente dependerá de la diferencia de potencial aplicada y de las características y propiedades del conductor. Éstas determinan el valor de la **resistencia** del mismo.



Principalmente estas tres magnitudes: **fuentes de energía, intensidad de corriente y resistencia**, que describen básicamente a un circuito eléctrico, serán estudiadas en esta bolilla.

El estudio de la corriente eléctrica es fundamental, no solamente los aparatos eléctricos y electrónicos utilizan corrientes, sino que ésta se halla presente en los sistemas biológicos, por ejemplo, es una corriente la responsable del transporte de los impulsos nerviosos.



## 9.1 Corriente Eléctrica

Los materiales pueden clasificarse, según sus propiedades eléctricas, en:

**a) Conductores:** son aquellos, como los metales o una solución iónica, que poseen cargas que se encuentran relativamente libres al movimiento.

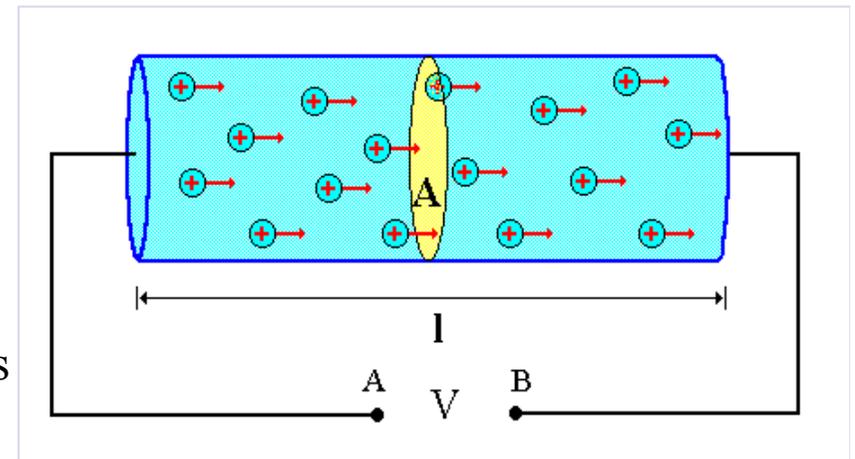
**b) Aislantes o dieléctricos:** son aquellos materiales donde las cargas en su interior están relativamente inmóviles.

Una tercera categoría son los **semiconductores**, de enorme importancia técnica y científica. Con de ellos se construyen diodos, transistores y microcircuitos (Silicio, Germanio).

### Propiedad de los conductores en un campo eléctrico

La superficie de un conductor es una equipotencial (el potencial en la superficie y en el interior es constante, sea hueco o macizo). El campo eléctrico en su interior es cero.

Consideremos un conductor cilíndrico de sección  $A$  y longitud  $l$ . En sus extremos se aplica una diferencia de potencial  $V$ . Se genera, en consecuencia, un campo eléctrico  $\vec{E}$  en su interior. Si suponemos que  $V_A > V_B$ , El sentido de  $\vec{E}$  es hacia la derecha, por lo que las cargas positivas libres se moverán la derecha. Diremos que se ha originado una **corriente eléctrica** en el conductor en ese sentido.





**Convención:** el sentido de la corriente eléctrica es el sentido de movimiento de las cargas o portadores positivos.

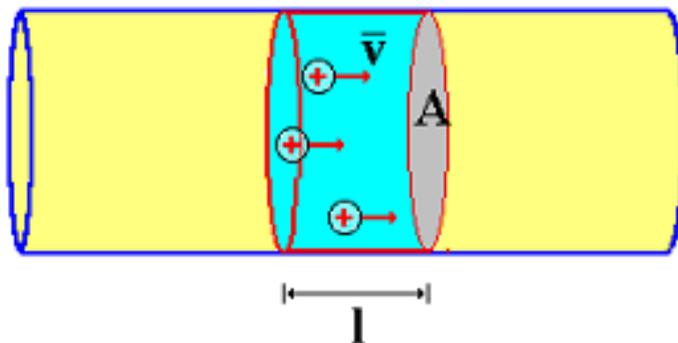
Si  $\Delta Q$  es la carga que cruza la sección  $A$  en un tiempo  $\Delta t$ , se define la intensidad de corriente media al cociente:

$$\bar{i} = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

La intensidad instantánea es:

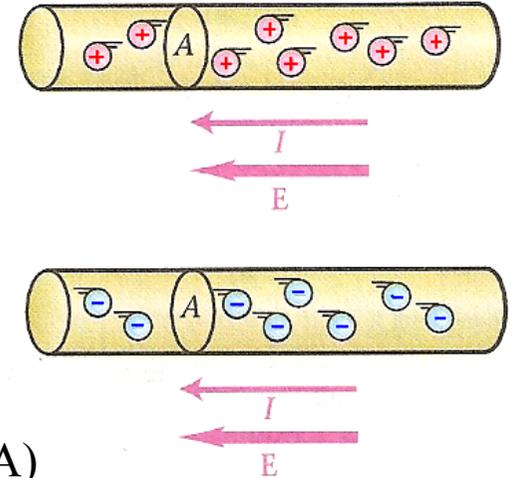
$$i = \frac{dQ}{dt} \quad [i] = \frac{[Q]}{[t]} = \frac{\text{Coulomb (C)}}{\text{seg (s)}} = \text{Ampere (A)}$$

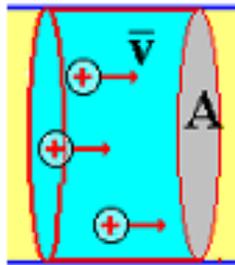
La intensidad puede ser escrita en función de la velocidad con la cuál se mueven las cargas en el interior del conductor. Sea  $\bar{v}$  la velocidad media de las cargas en movimiento y  $n$  el número de cargas disponibles por unidad de volumen. La cargas que atraviesan la sección



$A$  en un tiempo  $\Delta t$  son aquellas que se encuentran en el interior de un cilindro de longitud  $l$ . Si en el interior de este cilindro hay  $N$  cargas de valor  $e$  (carga del electrón pero positiva), la carga total que pasa a través de  $A$  es:

$$Q = Nq = nAl e$$





$$l = \bar{v} \Delta t$$

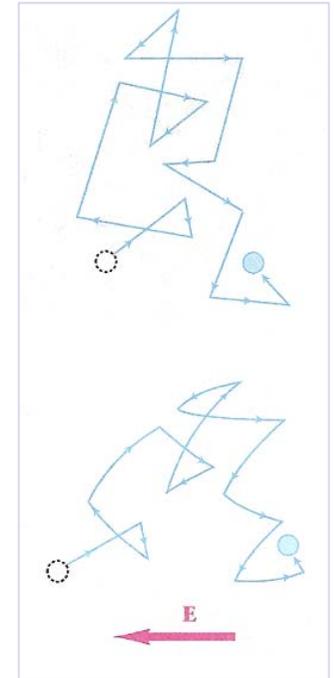
Si escribimos la longitud del cilindro en función de la velocidad media:  $l = \bar{v} \Delta t$

resulta la siguiente expresión para la carga  $Q$ :

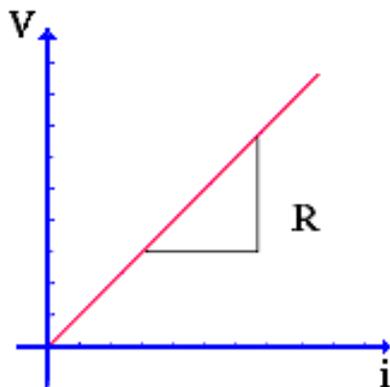
$$Q = n A \bar{v} \Delta t e$$

Recordando la definición de intensidad, obtenemos la expresión de esta como función de la velocidad media:

$$i = \frac{Q}{\Delta t} = n A \bar{v} e$$



## 10.2 Ley de Ohm. Resistencia Eléctrica



Dentro de ciertos límites, se verifica que la intensidad en un conductor es directamente proporcional a la diferencia de potencial entre sus extremos.

Bajo estas circunstancias, al cociente  $V/i$ , que permanece constante (pendiente de la recta), se lo denomina **Resistencia** del conductor, y se representa de la siguiente manera:





La relación:  $V = R i$

es conocida como **Ley de Ohm**. Los conductores que la verifican se llaman **óhmicos**.

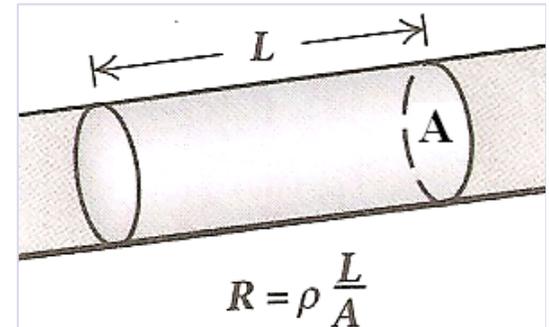
**Unidades:**  $[R] = \frac{[V]}{[i]} = \frac{\text{volt (V)}}{\text{ampere (A)}} = \text{ohm } (\Omega) \text{ (SI)}$

Dado un conductor, la resistencia del mismo es proporcional a su longitud e inversamente proporcional a su sección. Esto es:

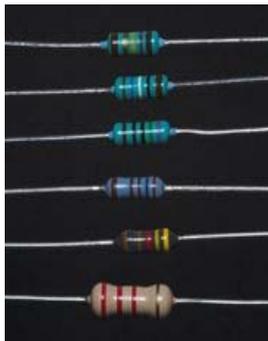
$$R \propto \frac{1}{A} \rightarrow R = \rho \frac{L}{A}$$

La constante de proporcionalidad  $\rho$  es la **resistividad**.  
 Depende del elemento con el que esta construido el conductor.  
 La inversa de la **resistividad** se denomina **conductividad**:

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



Material	Resistividad a 20°C (Ω · m)
<b>Conductores</b>	
Aluminio	$2.65 \times 10^{-8}$
Cobre	$1.72 \times 10^{-8}$
Oro	$2.24 \times 10^{-8}$
Hierro	$9.71 \times 10^{-8}$
Nicromio	$100 \times 10^{-8}$
Platino	$10.6 \times 10^{-8}$
Plata	$1.59 \times 10^{-8}$
Tungsteno	$5.65 \times 10^{-8}$
<b>Semiconductores</b>	
Carbono (grafito)	$1.5 \times 10^{-5}$
Germanio (puro)	$5 \times 10^{-1}$
Silicio (puro)	$3 \times 10^3$
<b>Aislantes</b>	
Vidrio	$10^7 - 10^{10}$
Cuarzo	$7.5 \times 10^{17}$





## 9.3 Fuente de Energía en los Circuitos

Para mantener la corriente eléctrica a lo largo de un recorrido conductor cerrado (circuito eléctrico), resulta necesaria la existencia de una **fuerza de energía**. Son ejemplos de éstas fuentes, los generadores eléctricos, las pilas o las baterías. Éstos convierten algún tipo de energía en energía eléctrica.

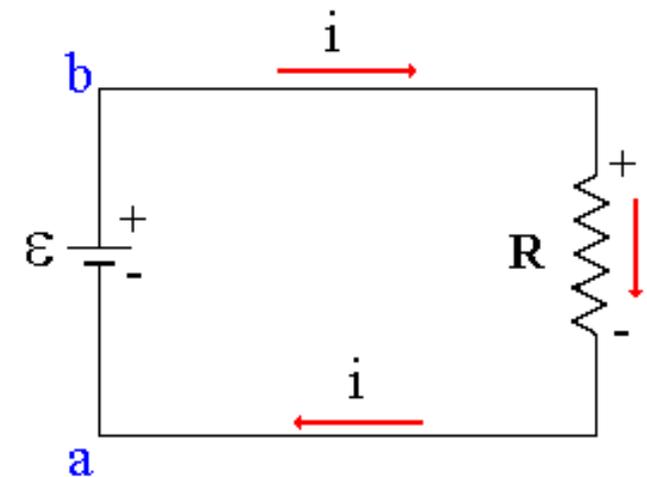
Cualquier fuente queda caracterizada por el valor de su **Fem** (fuerza electromotriz). La fuerza electromotriz,  $\mathcal{E}$ , se define como el trabajo realizado por unidad de carga por las fuerzas no eléctricas en el generador.

La **resolución de un circuito** consiste en determinar el valor de la intensidad de corriente en función de los elementos que constituyen el circuito (generadores, resistencias, etc.). Un modo de resolver el circuito es **recorrer** el mismo, considerando las variaciones de potencial a lo largo de este recorrido.

Por ejemplo si partimos del punto **a** y efectuamos un giro completo en sentido horario, se obtiene:

$$V_a + \mathcal{E} - iR = V_a$$

$$\mathcal{E} = iR$$

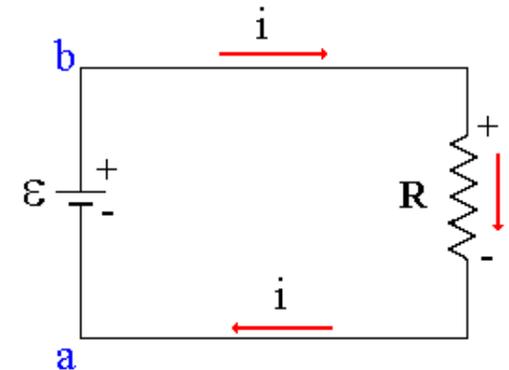




Este método también podría utilizarse para determinar la diferencia de potencial entre dos puntos del circuito (**a** y **b**, por ejemplo), basta partir desde uno de los puntos y, a través del circuito, arribar al otro:

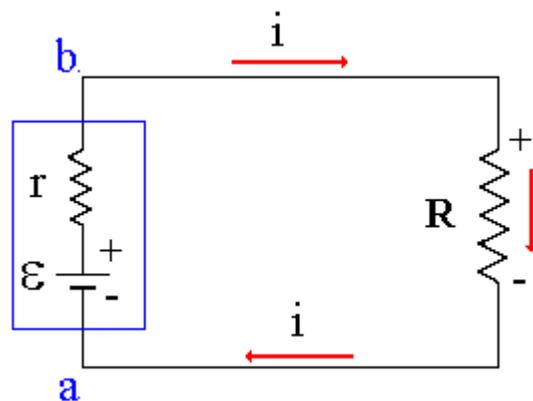
$$V_b - \mathcal{E} = V_a$$

$$V_{ba} = V_b - V_a = \mathcal{E}$$



### Resistencia interna en generadores

Resulta imposible construir generadores que no presenten efectos disipativos, éstos están asociados con su propia construcción y con los materiales usados. Debido a estos efectos, un **generador real** se representa por una **fem** y una **resistencia interna**:



$$V_a + \mathcal{E} - ir - iR = V_a$$

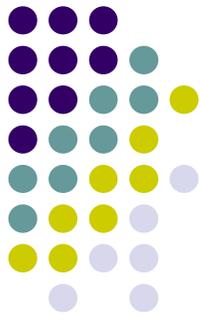
$$\mathcal{E} = i(r + R)$$

La diferencia de potencial entre los puntos **a** y **b**, en este caso es:

$$V_{ba} = V_b - V_a = \mathcal{E} - ir$$

Capacitor	
Resistor	
Inductor	
Pila individual	
Batería, múltiple	
Medidor	
Interruptor	
Tierra	
Fuente de ca	
Diodo	

**Simbolos en circuitos**

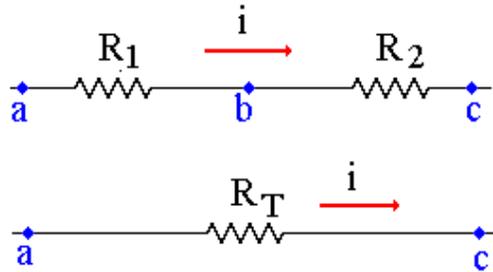


## 9.4 Circuitos de Corriente Continua. Leyes de Kirchhoff

Para la resolución de circuitos eléctricos resulta necesario efectuar simplificaciones del mismo. Primero se considera la **Resistencia Equivalente** de un grupo de resistencias. Lo mismo sucede cuando el circuito tiene varios generadores.

### Combinación de Resistencias:

**Resistencias en Serie:** La corriente a través de cada una de ellas es la misma y el voltaje total es la suma de los voltajes individuales



$$V_{ac} = V_{ab} + V_{bc}$$

$$iR_T = iR_1 + iR_2 = i(R_1 + R_2)$$

$$R_T = R_1 + R_2$$

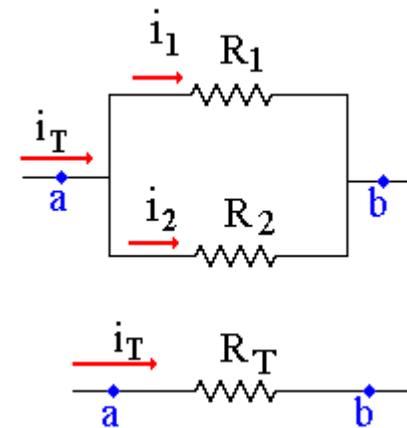
$$R_T = \sum_i R_i$$

En este caso, la resistencia equivalente es la suma de las resistencias individuales.

[Animación: resistencias en serie](http://ww2.unime.it/weblab/ita/kim/resistenze/serie_ita.htm)

[http://ww2.unime.it/weblab/ita/kim/resistenze/serie\\_ita.htm](http://ww2.unime.it/weblab/ita/kim/resistenze/serie_ita.htm)

**Resistencias en Paralelo:** la diferencia de potencial en los extremos de cada resistencia es la misma



$$i_T = i_1 + i_2$$

$$\frac{V_{ab}}{R_T} = \frac{V_{ab}}{R_1} + \frac{V_{ab}}{R_2}$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$\frac{1}{R_T} = \sum_i \frac{1}{R_i}$$

En este caso, la inversa de la resistencia equivalente es igual a la suma de las inversas de las resistencias individuales.

[Animación: resistencias en paralelo](http://ww2.unime.it/weblab/ita/kim/resistenze/parallel_ita.htm)

[http://ww2.unime.it/weblab/ita/kim/resistenze/parallel\\_ita.htm](http://ww2.unime.it/weblab/ita/kim/resistenze/parallel_ita.htm)



Los generadores pueden conectarse en **serie** o en **paralelo**, con el fin de obtener una fuente de mayor **fem** o generadores con resistencias internas menores. Para la combinación serie la **fem** y la resistencia interna resultantes son:

$$\mathcal{E}_T = \sum_i \mathcal{E}_i ; \quad r_T = \sum_i r_i$$

Par generadores idénticos en paralelo, se obtiene:

$$\mathcal{E}_T = \mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_2 = \dots ; \quad \frac{1}{r_T} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \dots$$

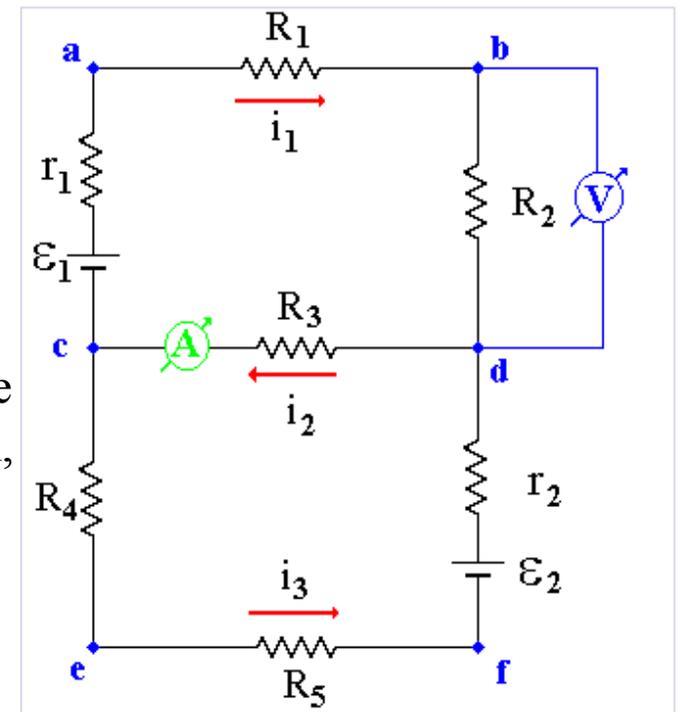
**Redes:** circuitos más complejos consisten en una red de resistencias interconectadas. En este caso la resolución, requiere de dos principios fundamentales: las **Leyes de Kirchhoff**.

### Partes de un circuito

**Malla:** cualquier recorrido cerrado. En el circuito de la figura conforman mallas los recorridos **abdca** y **abfea**

**Nodo:** punto donde confluyen más de dos conductores. Puntos **c** y **d** en la figura.

**Rama:** cualquier trayectoria entre dos nodos. Son ramas del circuito de la figura, las trayectorias abiertas siguientes: **cabd** o **cd**.



 Amperímetro  
 Voltímetro



## Leyes de Kirchhoff

**Primera ley de Kirchhoff:** la intensidad de corriente que entra en un nodo es igual a la cantidad de corriente que sale del mismo. Esta ley es consecuencia del principio de conservación de la carga.

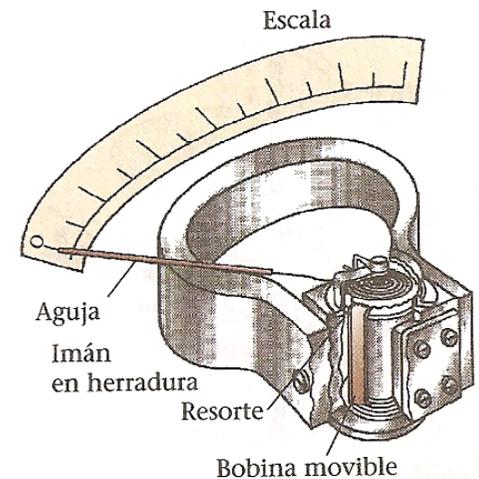
**Segunda ley de Kirchhoff:** La suma algebraica de las variaciones de potencial a lo largo de una malla es igual a cero. Esta Ley es consecuencia del principio de conservación de la energía.

A partir de la segunda ley se concluye que la diferencia de potencial entre dos puntos del circuito, es la misma a lo largo de cualquier camino que conecte dichos puntos

### Amperímetros y Voltímetros

Un **amperímetro** se utiliza para medir la intensidad de corriente en un circuito eléctrico. Se conecta en **serie**. Su característica fundamental es que posee una **resistencia interna muy pequeña** de modo que su funcionamiento no afecte al circuito.

Un **voltímetro** sirve para medir la diferencia de potencial en los extremos de un elemento de un circuito. Se conecta en paralelo al elemento cuya caída de potencial se desea medir. Su resistencia interna es muy grande respecto a la resistencia del elemento considerado, de modo de no alterar, substancialmente, la corriente que circula por el circuito.





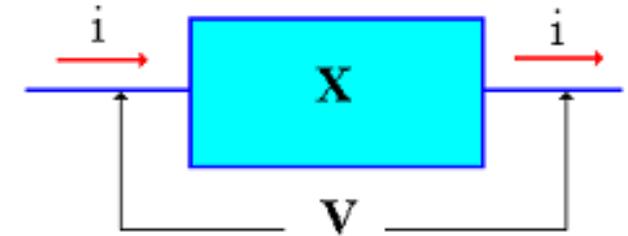
## 9.5 Potencia en Circuitos Eléctricos

En un circuito el generador es responsable de convertir algún otro tipo de energía en energía potencial eléctrica. Esta energía a su vez, se transforma en el circuito en alguna clase de energía, por ejemplo calor, trabajo mecánico, etc.

Consideremos un elemento cualquiera de un circuito:

La diferencia de potencial entre sus extremos es:

- ✓  $V$ , si se trata de una batería, (voltaje entre los extremos o bornes de la misma).
- ✓  $iR$ , si es una resistencia.



Si en un tiempo  $\Delta t$  pasa una carga  $\Delta Q$  entonces por definición:

$$\Delta Q = i \Delta t$$

El cambio en la energía potencial que ha sufrido esta carga es:

$$\Delta U_E = V \Delta Q = V i \Delta t$$

Este cambio de energía es el trabajo realizado por el elemento sobre la carga  $\Delta Q$ , dividiendo este trabajo por el tiempo, resulta la potencia suministrada o disipada en el circuito:

$$P = \frac{\Delta W}{\Delta t} = iV$$



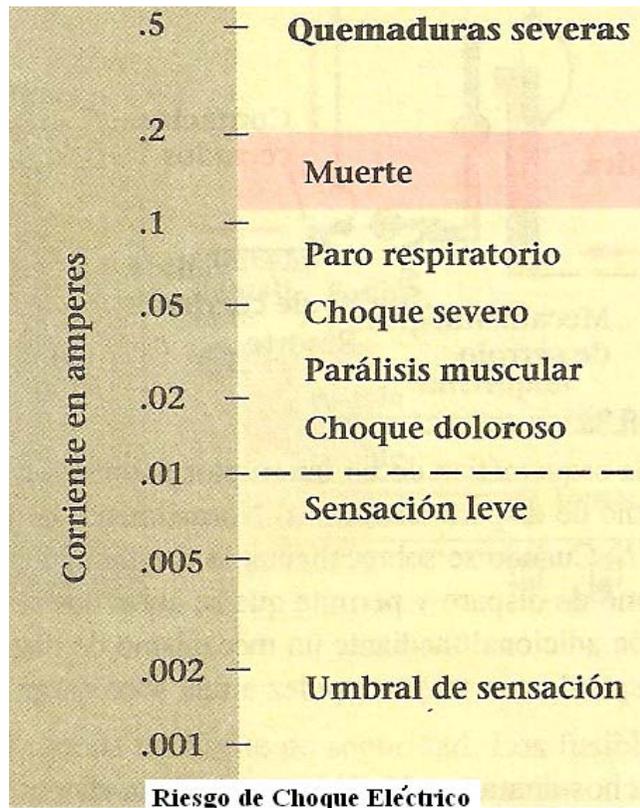
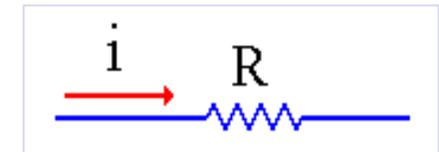
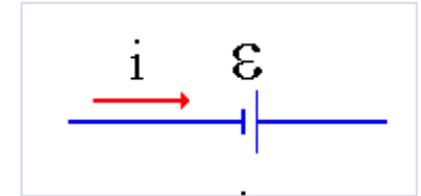
## Potencia Suministrada y Potencia Disipada

Concluimos que para el caso de un **generador** con fuerza electromotriz  $\mathcal{E}$ , la **potencia suministrada** es:

$$P = \mathcal{E} i$$

En el caso de una resistencia  $R$ , la **potencia disipada** es:

$$P = (i R) i = i^2 R$$



El principio de conservación de la energía exige en este caso, que la potencia total suministrada a un circuito debe ser igual a la potencia total disipada en el mismo.

