

Tema 1: Circuitos eléctricos de corriente continua

Índice

- Magnitudes fundamentales
- Ley de Ohm
- Energía y Potencia
- Construcción y aplicación de las resistencias
- Generadores
- Análisis de circuitos
- Redes y Leyes de Kirchoff
- Aplicaciones de la teoría de redes

Origen de la carga eléctrica, Q

Todos los materiales están compuestos de átomos y estos, a su vez, de electrones, protones y neutrones.

1. En condiciones normales, el número de electrones es igual al de protones por lo que el material no tiene propiedades eléctricas.
$$Q = N_e \cdot q_e + N_p \cdot q_p = q \cdot (N_p - N_e) = 0 \quad q = |q_e| = |q_p|$$
2. La masa de un electrón es unas 2000 veces menor que la de un protón o neutrón. Por ello, asumiremos que los núcleos atómicos están en reposo y los electrones son los que pueden desplazarse.
3. Si bajo ciertas condiciones, se crea un exceso o defecto (hueco) de electrones, el material adquiere carga y propiedades eléctricas: $Q \neq 0$
4. Unidades de Q: el culombio, C

Tipos de materiales

Aislantes

- Los electrones están fuertemente unidos al núcleo atómico (orbitales muy localizados)
- Crear carga eléctrica supone un costo de energía elevadísimo
- Los electrones apenas pueden moverse de su zona de equilibrio y por ello, no se da el movimiento de carga eléctrica
- En los aislantes se observa únicamente la llamada *Polarización*

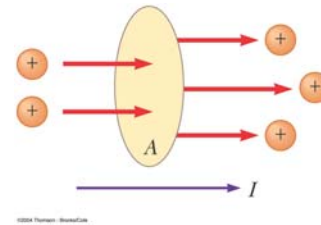
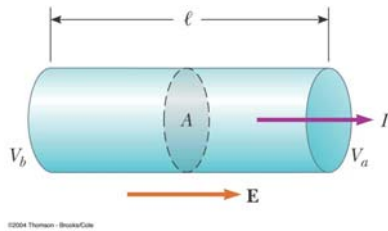
Metales (o conductores)

- Los electrones están débilmente unidos al núcleo atómico (orbitales deslocalizados) por lo que crear carga eléctrica es muy fácil.
- Los electrones (o huecos) pueden moverse por todo el material con gran facilidad
- El movimiento ordenado de la carga eléctrica (electrones o huecos en exceso) por el metal se denomina *corriente eléctrica*, I

La corriente eléctrica, I

¿Cómo se consigue un movimiento ordenado de carga eléctrica en un metal? Aplicando un campo eléctrico sobre el metal

$$F=q \cdot E$$



La carga positiva se moverá en el mismo sentido y dirección que las líneas de E . La carga negativa en sentido contrario.

Por convenio, se adopta como el sentido de I el mismo que el de las cargas positivas

Tipos de corrientes eléctricas

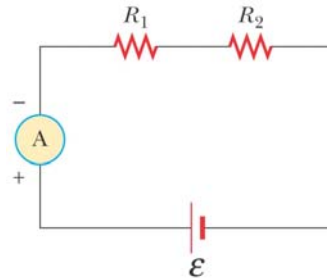
- Continua: el valor y el sentido del movimiento de I no cambia (CC o “DC”). Polaridad constante
- Variable: alguna propiedad de I cambia con el tiempo
 - Ejemplo: la corriente alterna (CA o “AC”), donde I cambia sinusoidalmente. Polaridad alterna

La corriente eléctrica, I

- Definición de I: la cantidad de carga eléctrica que circula por con un metal en la unidad de tiempo

$$I = dQ/dt \quad \text{Si la corriente es continua, } I = Q/ t$$

- Unidades de I: 1Amperio=1Culombio/1segundo $1A=1C/1s$
- Medida de I: La corriente eléctrica que circula por un conductor se mide con un amperímetro (intercalado en medio del paso de la corriente)



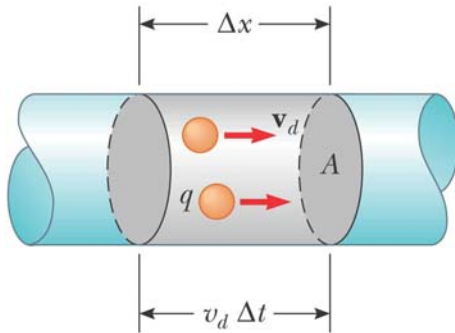
- Densidad de corriente eléctrica, j: la cantidad de corriente eléctrica por unidad de sección del conductor

$$J = dI/dS \quad \text{Si la corriente es continua, } J = I / S$$

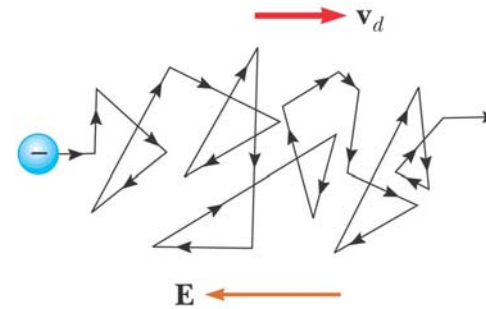
La resistencia eléctrica, R

Movimiento real de la corriente eléctrica en un metal

1. En su movimiento por el metal, las cargas chocan con distintos obstáculos: imperfecciones o defectos cristalinos, núcleos atómicos, otras cargas, bordes del conductor, etc...
2. El número de colisiones limita y dificulta el paso libre de la corriente eléctrica
3. Según el mayor o menor número de colisiones, cada material conductor se resiste más o menos al paso de la corriente I.
4. Esta propiedad se denomina *resistencia eléctrica*, R



©2004 Thomson - Brooks/Cole



©2004 Thomson - Brooks/Cole

La resistencia eléctrica, R

Factores de dependencia de R

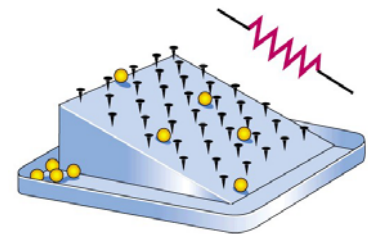
- La longitud, L, y sección, S, del metal
- Las características intrínsecas del material (indicadas anteriormente): defectos, estructura cristalina, límites del metal, núcleos atómicos,...
- La temperatura. La excitación térmica agita todas las partículas constituyentes del conductor y aumenta, por tanto, el número de colisiones

$$R = \rho \cdot L/S$$

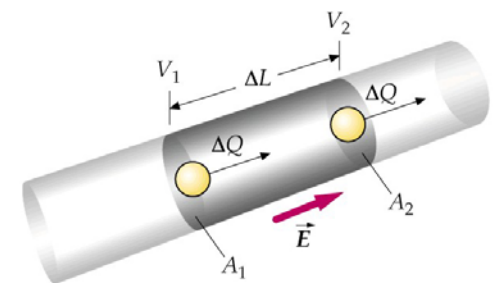
ρ es la resistividad eléctrica característica del material conductor

Unidades de R: 1 Ohmio

Representación esquemática de una resistencia



(a)



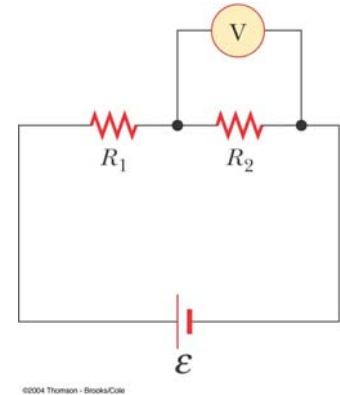
El potencial eléctrico, V

Durante el movimiento de la corriente eléctrica entre dos puntos x_1 y x_2 , el campo eléctrico realiza un trabajo, W

$$W = F \cdot (x_2 - x_1) = q \cdot E \cdot (x_2 - x_1)$$

El trabajo necesario para transportar cada carga (o por unidad de carga) es el potencial eléctrico, V

$$W/q = V_2 - V_1 = E \cdot (x_2 - x_1)$$



Por ello, también se dice que una corriente eléctrica se mueve entre dos puntos debido a la existencia de una diferencia de potencial (o de tensión), $\Delta V = V_2 - V_1$.

- Unidades de V : el Voltio (V) = 1 Julio/1 Culombio
- Medida de V : La diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos de un conductor se mide con un voltímetro (conectado entre ambos puntos y paralelo al paso de la corriente)

La ley de Ohm

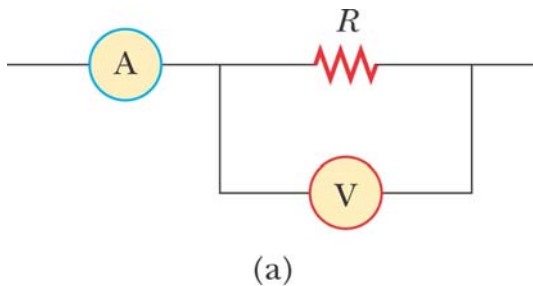
En un material conductor la corriente eléctrica depende de:

- La intensidad del campo eléctrico (o diferencia de potencial) que mueve ordenadamente las cargas eléctricas
- La resistencia eléctrica del material que dificulta el paso de la corriente eléctrica

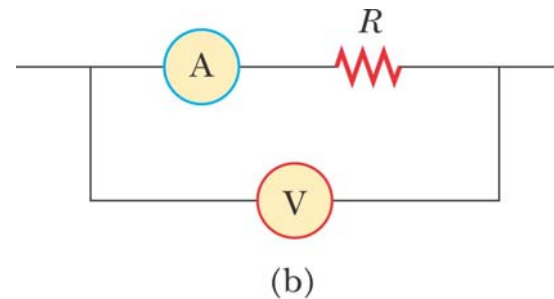
$$I = \Delta V / R = V_2 - V_1 / R$$

La relación entre estas tres magnitudes se conoce como *la ley de Ohm*

Definición del Ohmio: 1 Ohmio=1 Voltio / 1 Amperio ($\Omega=V/A$)



©2004 Thomson - Brooks/Cole



©2004 Thomson - Brooks/Cole

Energía y Potencia

Proceso de generación de energía en una corriente eléctrica

1. En una corriente eléctrica, las colisiones suponen una continua pérdida de energía cinética de las cargas eléctricas.
2. Dicha energía perdida es transferida a la estructura del metal (o material conductor)
3. Al absorber energía, el metal se calienta progresivamente. Este efecto se conoce como *efecto Joule* y se debe, por tanto, a la resistencia eléctrica del metal.
4. Si la corriente o la resistencia eléctrica es elevada, el calentamiento puede producir irradiación de energía o incluso la fusión del metal.

Energía y Potencia

Cálculo de la energía generada por la corriente I

1. La energía generada por cada carga es $W = q \cdot (V_2 - V_1)$ o simplemente, $W = q \cdot V$
2. Si la corriente es uniforme, podemos suponer que $q = I \cdot t$
3. Así, la energía generada por toda la corriente es $E = I \cdot V \cdot t = R \cdot I^2 \cdot t$

Unidad de la energía: el Julio (J)

La potencia o energía por unidad de tiempo con la que la corriente eléctrica genera energía

$$P = E/t = V \cdot I = RI^2$$

Unidades de la potencia: el watio ($1W = 1J/1s$) o el caballo vapor ($1CV \equiv 736W$)

Nota: Unidad de energía muy utilizada, el kilowatio-hora (kWh)

Las resistencias

La resistencia eléctrica, R , es una propiedad de todo material: metales (ρ muy pequeña) y aislantes (ρ muy grande)

Por ello, se entiende por resistencia eléctrica a cualquier material por donde discurre una corriente eléctrica (más o menos fácilmente)

Esquemáticamente se indican del siguiente modo:



Fabricación de resistencias para facilitar o dificultar el paso de la corriente eléctrica ($R = \rho \cdot L/S$):

- Hilos de distintas longitudes
- Hilos de distintas secciones
- Hilos de distintos materiales (modificación de ρ)

Material	Valor de ρ ($\Omega \cdot m$)	Aplicación
Cobre	$1,7 \cdot 10^{-8}$	Cableado eléctrico
Tungsteno	$5,5 \cdot 10^{-8}$	Bombillas
Silicio	640	Electrónica
Plástico	$10^{13}-10^{16}$	Aislante eléctrico

Aplicaciones de las resistencias

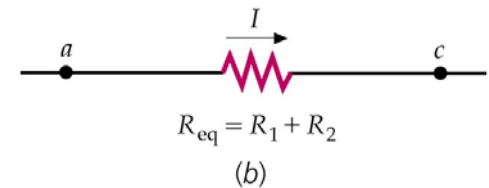
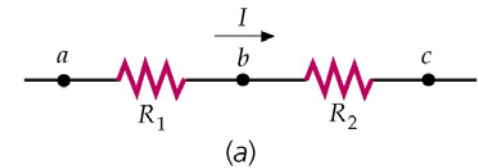
- Calentadores, bombillas,...
Hilos muy largos, finos y enrollados (sobre una barra aislante o en vacío). Gracias al efecto Joule, estas resistencias desprenden calor y/o luz
- Fusible o cortacircuito
Hilo corto y fino conectado en algún punto de una instalación eléctrica. En caso de sufrir un exceso de intensidad eléctrica, esta elevada corriente funde el hilo y deja abierto el circuito. La corriente eléctrica deja de circular y se protege así el resto de la instalación.
- Resistencia de contacto (R_{con})
Existente en el punto de unión o de contacto de dos materiales. Si R_{con} es elevada, el paso de una corriente eléctrica puede calentar y fundir dicha unión (soldadura por contacto)
- Reóstato
Arrollamiento fibrilar cuya longitud útil puede variarse y, por tanto, obtenerse una resistencia variable
- Termómetro
Resistencia fabricada de un material cuya ρ varía con la temperatura de forma notable y reproducible.

Asociaciones de resistencias

- Serie

Combinación de distintos materiales (o resistencias) cuyos extremos se unen uno a continuación del otro.

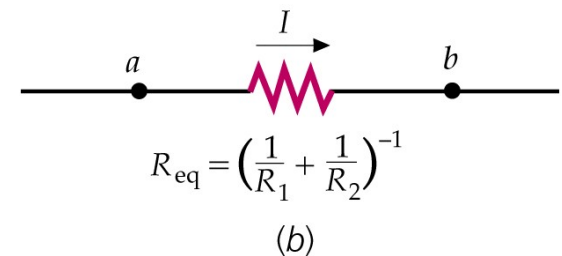
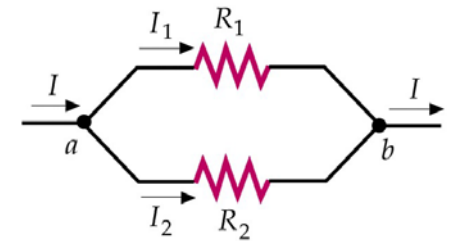
El resultado es una resistencia total (o equivalente) mayor



- Paralelo

Combinación de distintos materiales (o resistencias) cuyos respectivos extremos se unen en dos puntos comunes, por tanto, a todos los materiales.

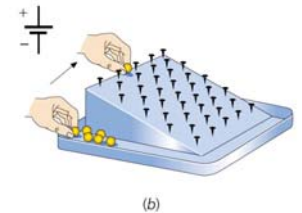
El resultado es una resistencia total (o equivalente) menor



Generadores

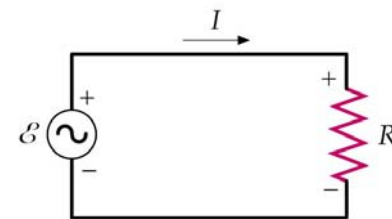
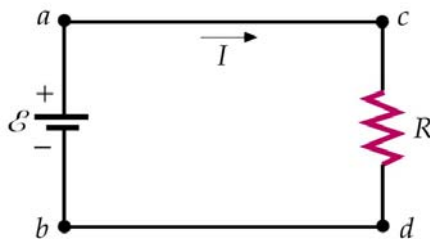
Las cargas y, por tanto, toda la corriente eléctrica pierde energía debido a la resistencia del material.

Entonces, ¿cómo es posible mantener el flujo de corriente eléctrica en un circuito? Es imprescindible reponer o compensar continuamente dichas pérdidas de energía.



El generador

1. Aparato que transforma en energía eléctrica otra clase de energía
 - Generadores CC: pilas, baterías, dinamos
 - Generadores CA: transformadores, red eléctrica, turbinas
2. Compensa continuamente las pérdidas de energía de la corriente eléctrica manteniendo su circulación
3. Representación esquemática de un condensador (CC o CA):



Características de los generadores

- **Resistencia interna del generador, r :** es la resistencia de los conductores internos de los que está fabricado el generador
- **Voltaje o tensión en bornes de un generador, V_b :** valor de la tensión que el generador suministra para hacer circular la corriente entre sus extremos o bornes
- **Fuerza electromotriz, E :** energía por unidad de carga (o tensión) que el generador suministra a la corriente para mantener su circulación
Energía cedida por el generador = Energía consumida por la corriente + Energía consumida por el propio generador
 $E \cdot I \cdot t = V_b \cdot I \cdot t + r \cdot I^2 \cdot t$ o bien $E = V_b + r \cdot I$
- **Potencia total de un generador:** $P_t = E \cdot I$
- **Potencia perdida por un generador:** $P_p = r \cdot I^2$
- **Potencia útil de un generador:** $P_u = P_t - P_p = V_b \cdot I$
- **Rendimiento industrial de un generador:** $\eta_i = P_u / P_{\text{funcionamiento del generador}}$
- **Rendimiento eléctrico de un generador:** $\eta_e = P_u / P_t = V_b / E$

Circuito eléctrico

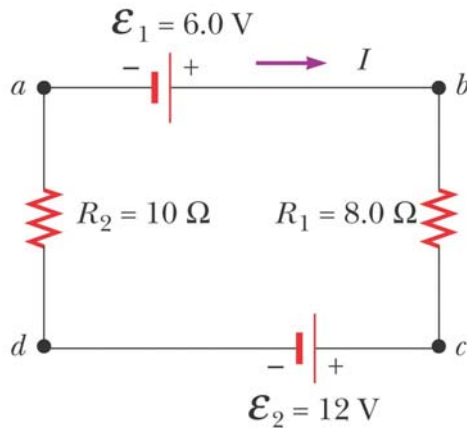
Un circuito eléctrico es un camino cerrado por donde circula cierta corriente eléctrica I y que está formado por generadores y resistencias (materiales conductores)

Para que la corriente I pueda circular establemente por el circuito se debe cumplir que:

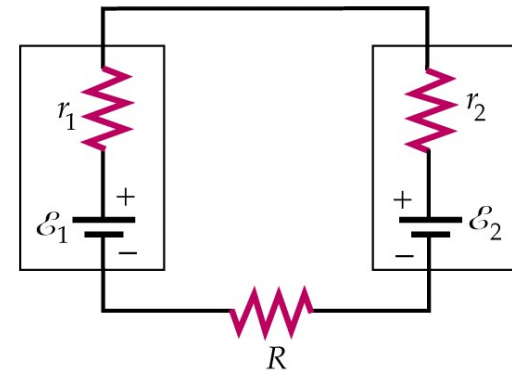
Energía perdida por la corriente en las resistencias sea compensada por la energía (o fuerza electromotriz) suministrada por el generador (o los generadores)

$$E_1 + E_2 + E_3 + \dots = I \cdot (r_1 + r_2 + r_3 + R_1 + R_2 + \dots)$$

$$\sum E_i = I \cdot \sum (r_i + R_i)$$



Ejemplo (dcha.)
 $\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2 = I \cdot (r_1 + r_2 + R)$



Redes y Leyes de Kirchoff

Una red eléctrica está formada por la combinación de varios circuitos eléctricos.

En una red la corriente eléctrica se reparte por los distintos caminos que se le presentan.

Componentes de una red eléctrica:

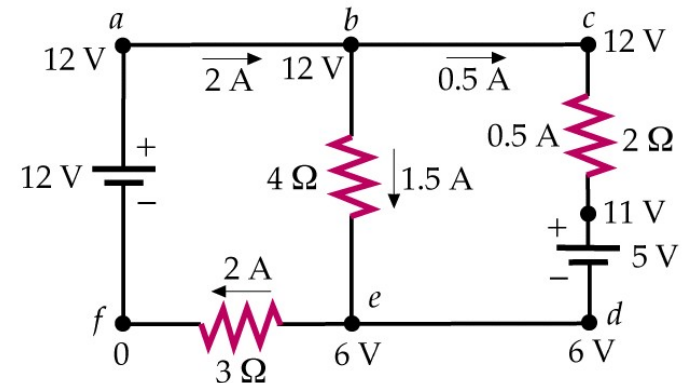
Nudo: punto de conexión de tres o más conductores

Rama: porción de circuito comprendida entre dos nudos

Malla: Circuito cerrado formado por varias ramas unidas entre sí.

Leyes de Kirchoff (estudio de la corriente eléctrica en la red)

1. Conservación de la carga eléctrica en la red (y en cualquier punto de la misma)
2. Conservación de la energía eléctrica en cada malla



Estudio de las redes eléctricas

La aplicación de las leyes de Kirchoff permite conocer el valor de la corriente eléctrica en cada rama de una red eléctrica

Método de aplicación

1. Asignar arbitrariamente valores de la corriente eléctrica en todas las ramas de la red
2. Asignar arbitrariamente un único criterio de circulación para todas las mallas de la red (horario o antihorario)
3. Aplicar la 1ª Ley de Kirchoff en los nudos de la red

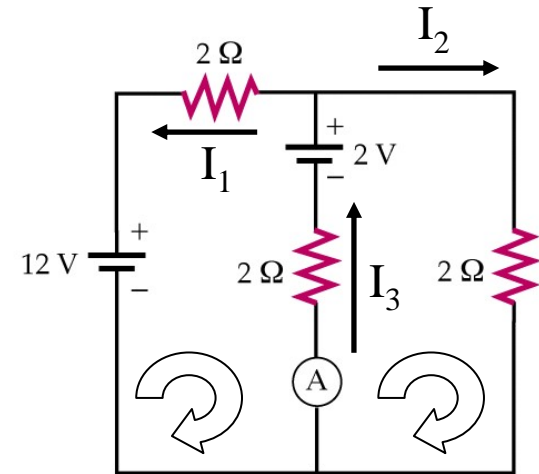
$$\sum \text{Entrantes en el nudo} = \sum \text{Salientes del nudo}$$

4. Aplicar la 2ª Ley de Kirchoff en las mallas de la red

$$\sum \text{Energía de los generadores} = \sum \text{Energía de las resistencias}$$

$$\sum E_i = \sum R_i I_i$$

5. Resolver el sistema de ecuaciones



$$\begin{aligned} I_3 &= I_1 + I_2 & I_1 &= -11/3 \text{ A} \\ 12 - 2 &= -2I_1 - 2I_3 & I_2 &= +7/3 \text{ A} \\ 2 &= 2I_2 + 2I_3 & I_3 &= -4/3 \text{ A} \end{aligned}$$

