

Facultad de Ingeniería- Física General

Prof. Dra. Ruth Leiton

Prof. Marcela Calderón

CORRIENTE Y CIRCUITOS ELÉCTRICOS



Antes de analizar el PP te recomiendo ver los siguientes videos:

Universo Mecánico 33 Circuitos Eléctricos

<https://www.youtube.com/watch?v=rkxKkTfjKBY>

Como funciona una resistencia eléctrica ⚡ que es una resistencia eléctrica

<https://www.youtube.com/watch?v=2rtzSBAXWwQ>

Como funciona una Batería ⚡ Celda Galvánica ⚡ Reacción REDOX

<https://www.youtube.com/watch?v=hCGQuRoYXng>

Cual es la MEJOR batería? ⚡ Cómo funciona una batería

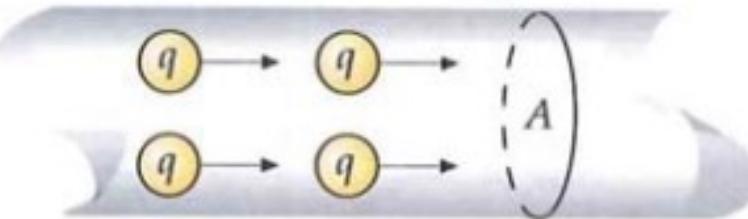
<https://www.youtube.com/watch?v=2zQypU061-U>

Corriente eléctrica

La cantidad de flujo depende del material a través del cual pasan las cargas y de la diferencia de potencial que existe de un extremo al otro del material. Siempre que hay un flujo neto de carga a través de alguna región, se dice que existe una corriente eléctrica.

La corriente eléctrica se define como el flujo de cargas eléctricas que atraviesa por unidad de tiempo la sección transversal de un cable. La figura 25.1 muestra un segmento de un hilo conductor de corriente en el cual los portadores de carga se mueven. Si ΔQ es la carga eléctrica que fluye a través del área transversal A en el tiempo Δt , la corriente o intensidad de la corriente I es

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$



La unidad del SI de intensidad es el **ampere** (A)

$$1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$$

Las partículas con carga que pasan a través de la superficie A pueden ser positivas, negativas, o ambas. Es una regla convencional asignar a la corriente la misma dirección que la del flujo de la carga positiva. En los conductores eléctricos, como cobre o aluminio, la corriente es ocasionada por el movimiento de electrones con carga negativa. Por lo tanto, en cualquier conductor, la dirección de la corriente es la opuesta a la dirección del flujo de los electrones. Sin embargo, si considera un acelerador de protones con carga positiva, la corriente estará en la dirección del movimiento de los protones. En algunos casos, como los que involucran gases y electrolitos, la corriente es el resultado del flujo tanto de las cargas positivas como de las negativas.

Modelo microscópico de la corriente

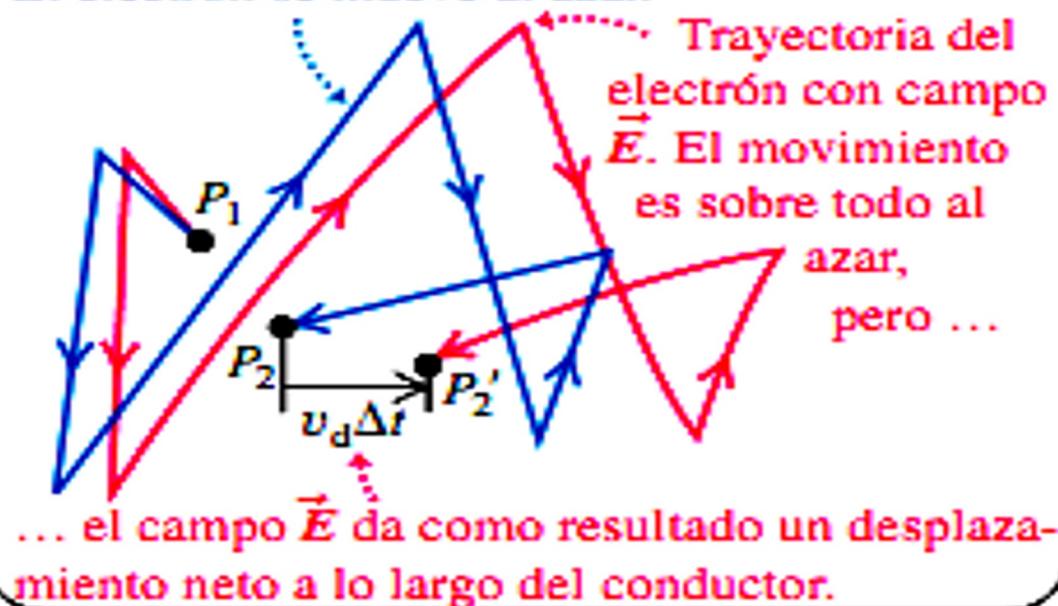
El movimiento de los electrones libres en un metal es semejante al de las moléculas de un gas, tal como el aire. En el aire en calma, las moléculas de gas se mueven a grandes velocidades instantáneas entre choque y choque, pero la velocidad vectorial media es cero. Cuando existe una brisa, las moléculas de aire tienen una pequeña velocidad de desplazamiento en la dirección de la brisa, superpuesta a las velocidades instantáneas, que son mucho mayores. De modo similar, en ausencia de un campo eléctrico aplicado, la velocidad vectorial media del gas de electrones de un metal es cero, pero cuando se le aplica un campo eléctrico, este gas de electrones adquiere una pequeña velocidad de desplazamiento.

Conductor sin campo interno \vec{E}



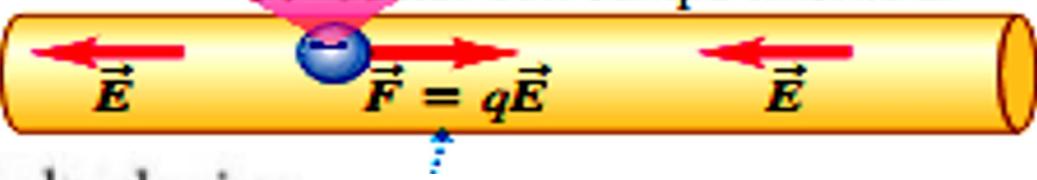
Trayectoria de un electrón sin campo \vec{E} .

El electrón se mueve al azar.



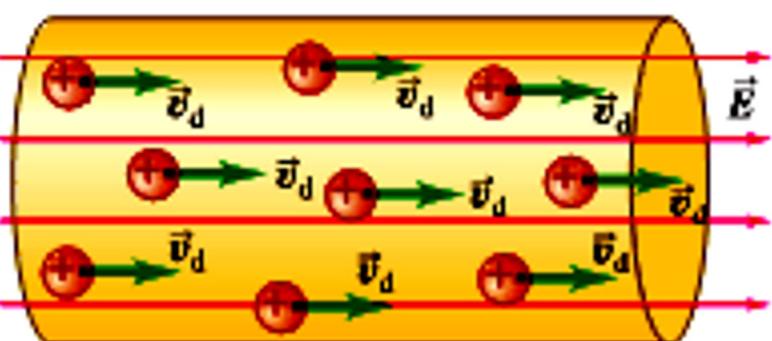
Esta velocidad se denomina velocidad de desplazamiento

Conductor con campo interno \vec{E}



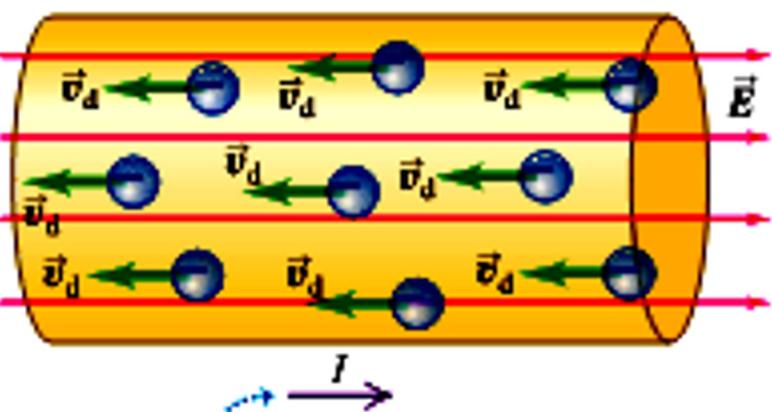
velocidad de deriva.

a)

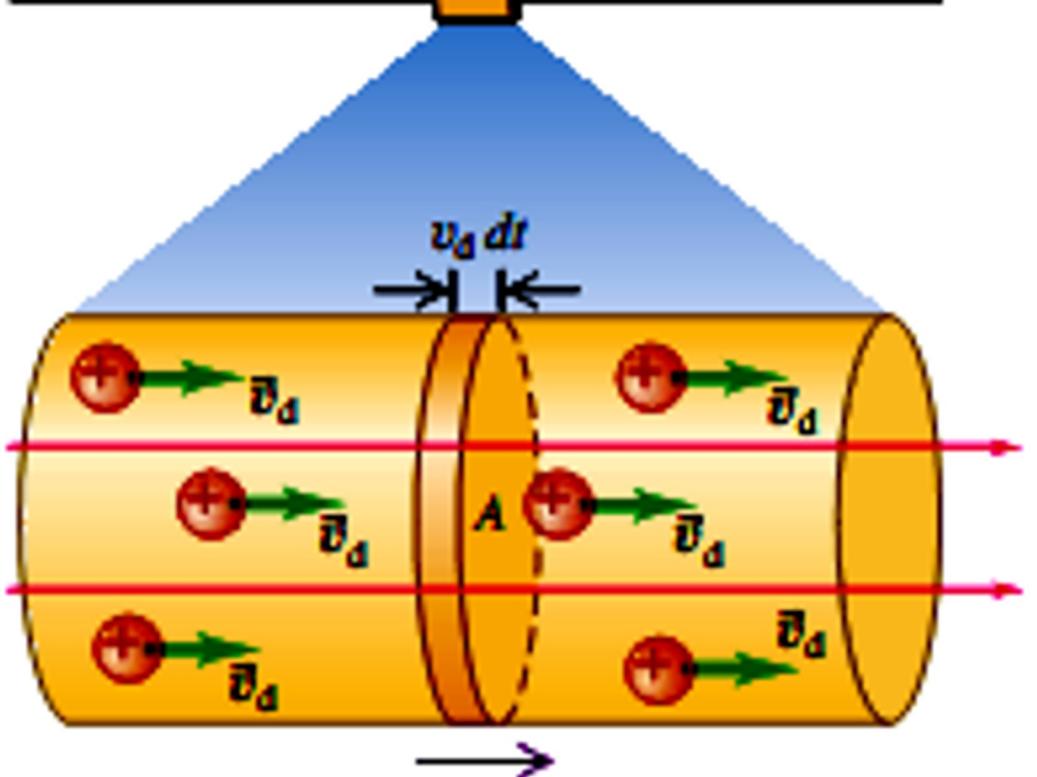
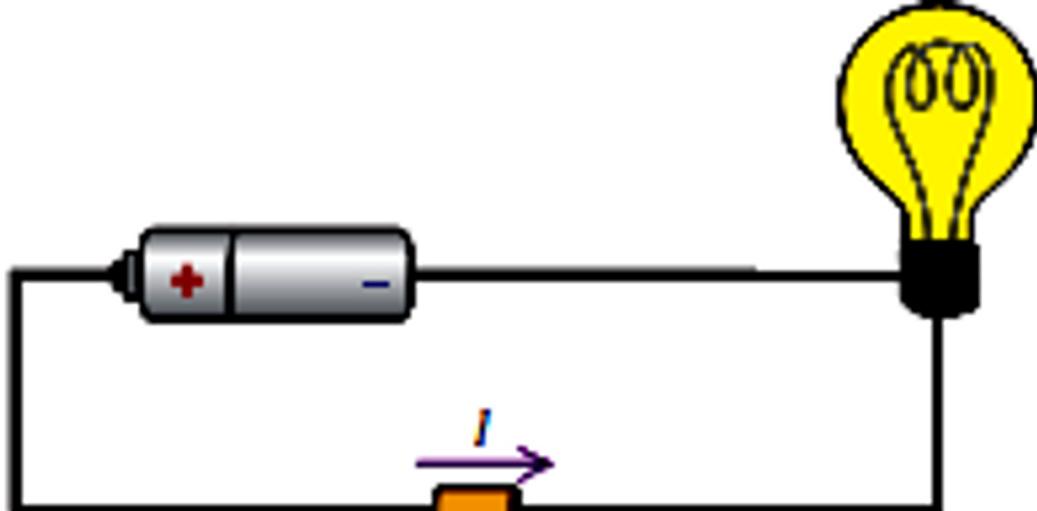


Una corriente convencional es tratada como un flujo de cargas positivas, sin importar si las cargas libres en el conductor son positivas, negativas o ambas.

b)



En un conductor metálico, las cargas en movimiento son electrones, pero la corriente aún apunta en la dirección en que fluirían las cargas positivas.



$$\text{Corriente } I = \frac{dQ}{dt}$$

Resistencia

La corriente en un conductor viene impulsada por un campo eléctrico \vec{E} dentro del conductor que ejerce una fuerza $q\vec{E}$ sobre las cargas libres. (En el equilibrio electrostático, el campo eléctrico debe ser nulo dentro de un conductor, pero cuando un conductor transporta una corriente, ya no se encuentra en equilibrio electrostático.) Las cargas libres circulan por el conductor conducidas por las fuerzas debidas al campo eléctrico. En un metal, las cargas libres al ser negativas se mueven en dirección opuesta al campo eléctrico \vec{E} . Si no existieran más fuerzas sobre las cargas que las procedentes del campo eléctrico, entonces las velocidades de éstas aumentarían indefinidamente. Sin embargo, esto no ocurre porque los electrones libres interaccionan también con los iones de la red del metal, y estas interacciones producen fuerzas que se oponen a su movimiento.

En la figura 25.5, se muestra un segmento de cable de longitud ΔL y de sección transversal A por el cual circula una corriente I . Como el campo eléctrico está siempre dirigido de las regiones de mayor potencial hacia las regiones de menor potencial, el potencial en el punto a es mayor que en el punto b . Si consideramos la corriente como el flujo de cargas positivas, estas cargas positivas se mueven en la dirección y el sentido en que el potencial decrece. Suponiendo que el campo eléctrico \vec{E} es constante a través del segmento, la **diferencia de potencial** V entre los puntos a y b es

$$V = V_a - V_b = E \Delta L \quad 25.6$$

El cociente entre la caída de potencial en la dirección de la corriente* y la intensidad de la corriente se llama **resistencia** del segmento:

$$R \equiv \frac{\Delta V}{I}$$

la resistencia tiene unidades del SI de volts por ampere. Un volt por ampere se define como un ohm (Ω):

$$1 \Omega \equiv 1 \text{ V/A}$$

Si bien la resistencia es aproximadamente la razón entre la caída de potencial respecto del valor de corriente que logra atravesar el conductor, el valor de R se determina en su construcción, al igual que vimos en los capacitores.

Todo material óhmico tiene una **resistividad** característica que depende de las propiedades del material y de la temperatura. Adicionalmente, la resistencia de una muestra del material depende tanto de su geometría como de su resistividad. Un conductor ideal debería tener una resistividad igual a cero y un aislador ideal una resistividad infinita. La ecuación muestra que la resistencia de un conductor cilíndrico dado, como un alambre, es proporcional a su longitud e inversamente proporcional a su área de sección transversal. Si se duplica la longitud de un alambre, su resistencia se duplica. Si se duplica su área de sección transversal, su resistencia disminuye a la mitad.

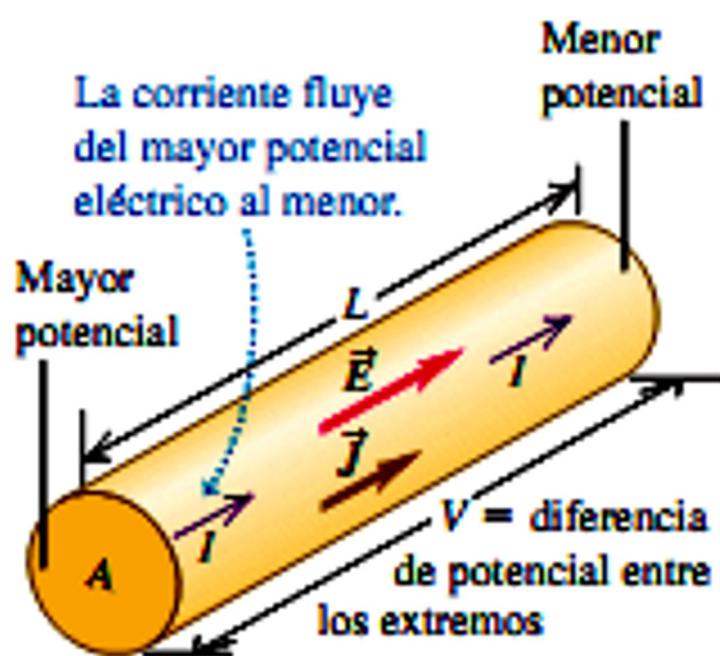
$$R = \rho \frac{\ell}{A}$$

Resistencia y resistividad

Tabla 25.1 Resistividades a temperatura ambiente (20°C)

Sustancia	$\rho (\Omega \cdot \text{m})$	Sustancia	$\rho (\Omega \cdot \text{m})$
Conductores		Semiconductores	
Metálicos		Carbono puro (grafito)	3.5×10^{-5}
Plata	1.47×10^{-8}	Germanio puro	0.60
Cobre	1.72×10^{-8}	Silicio puro	2300
Oro	2.44×10^{-8}		
Aluminio	2.75×10^{-8}	Aislantes	
Tungsteno	5.25×10^{-8}	Ámbar	5×10^{14}
Acero	20×10^{-8}	Vidrio	$10^{10}-10^{14}$
Pbomo	22×10^{-8}	Lucita	$>10^{13}$
Mercurio	95×10^{-8}	Mica	$10^{11}-10^{14}$
Aleaciones	Manganina (84% Cu, 12% Mn, 4% Ni) Constantán (60% Cu, 40% Ni)	Cuarzo (fundido)	75×10^{16}
	44×10^{-8} 49×10^{-8}	Azufre	10^{13}
	100×10^{-8}	Teflón	$>10^{13}$
		Madera	10^8-10^{11}

Ley de Ohm



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

En unidades del Sistema internacional:

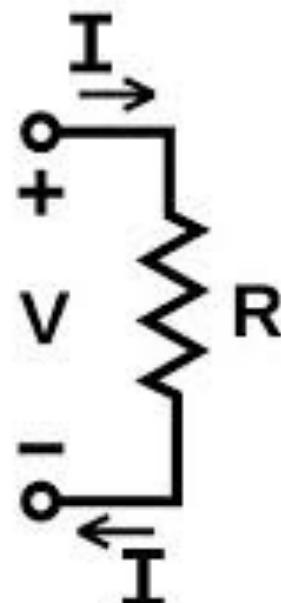
I = Intensidad en Amperios (A)

V = Diferencia de potencial en Voltios (V)

R = Resistencia en Ohmios (Ω)

La Ley de Ohm establece que la corriente que fluye por un conductor es directamente proporcional a la variación de potencial entre los extremos de este e inversamente proporcional a su resistencia:

$$I = \frac{\Delta V}{R}$$



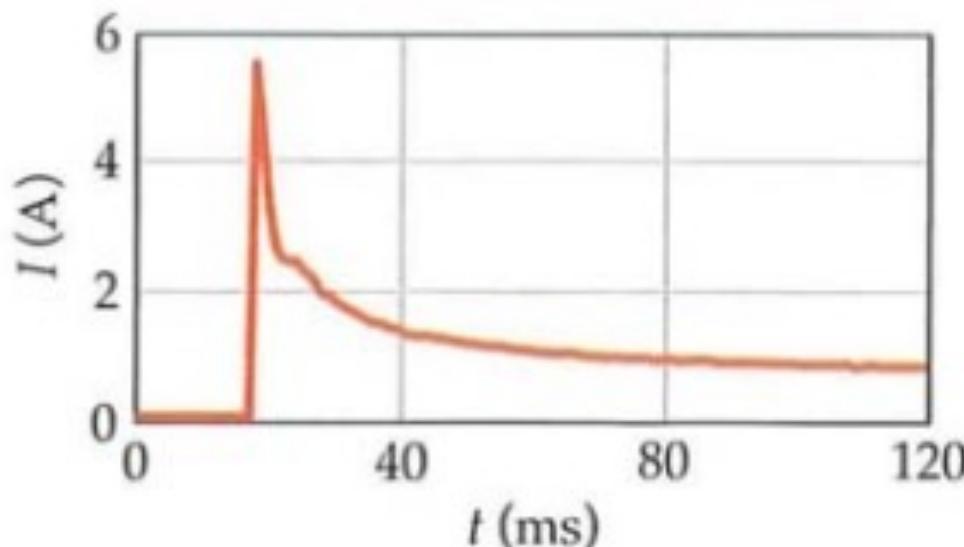
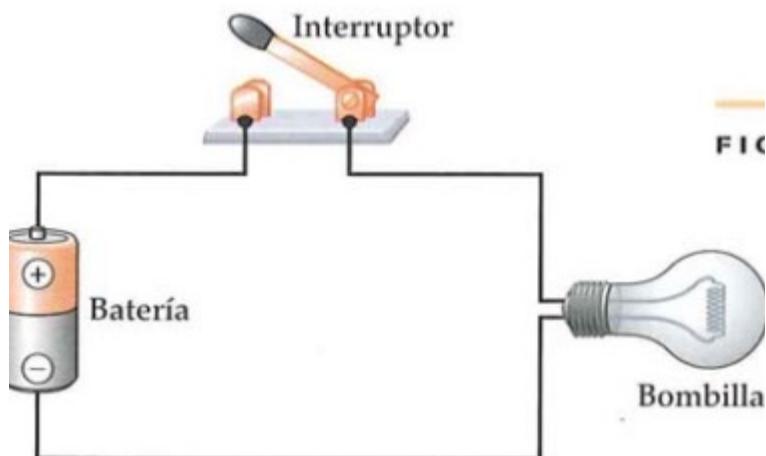


FIGURA 25.9 La corriente en el filamento de tungsteno adquiere un valor máximo de corriente y se vuelve incandescente cuando se conecta a la batería, pero aproximadamente en 100 ms la corriente adquiere un valor estacionario estimado en 0,75 A. Esto ocurre porque la resistencia del filamento aumenta con la temperatura.

Tabla 25.4 Símbolos para diagramas de circuito

	Conductor con resistencia despreciable.
	Resistor.
	Fuente de fem (la línea vertical más larga representa la terminal positiva, por lo general aquella con el mayor potencial).
	Fuente de fem con resistencia interna r (la r se puede colocar en cualquier lado).
	Voltímetro (mide la diferencia de potencial entre sus terminales).
	Amperímetro (mide la corriente que pasa a través suyo).

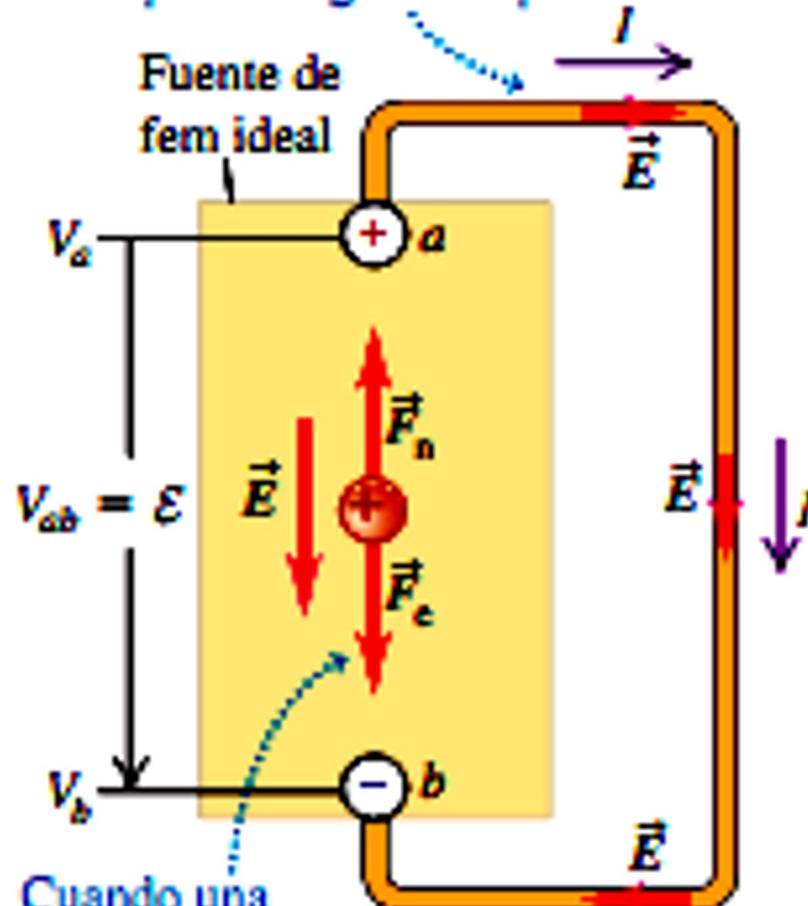
Tabla 25.3 Códigos de color para los resistores

Color	Valor como dígito	Valor como multiplicador
Negro	0	1
Café	1	10^1
Rojo	2	10^2
Naranja	3	10^3
Amarillo	4	10^4
Verde	5	10^5
Azul	6	10^6
Violeta	7	10^7
Gris	8	10^8
Blanco	9	10^9

25.9 Este resistor tiene una resistencia de $5.7 \text{ k}\Omega$, y precisión (tolerancia) de $\pm 10\%$.



El potencial a través de las terminales crea un campo eléctrico en el circuito, lo que hace que la carga se desplace.

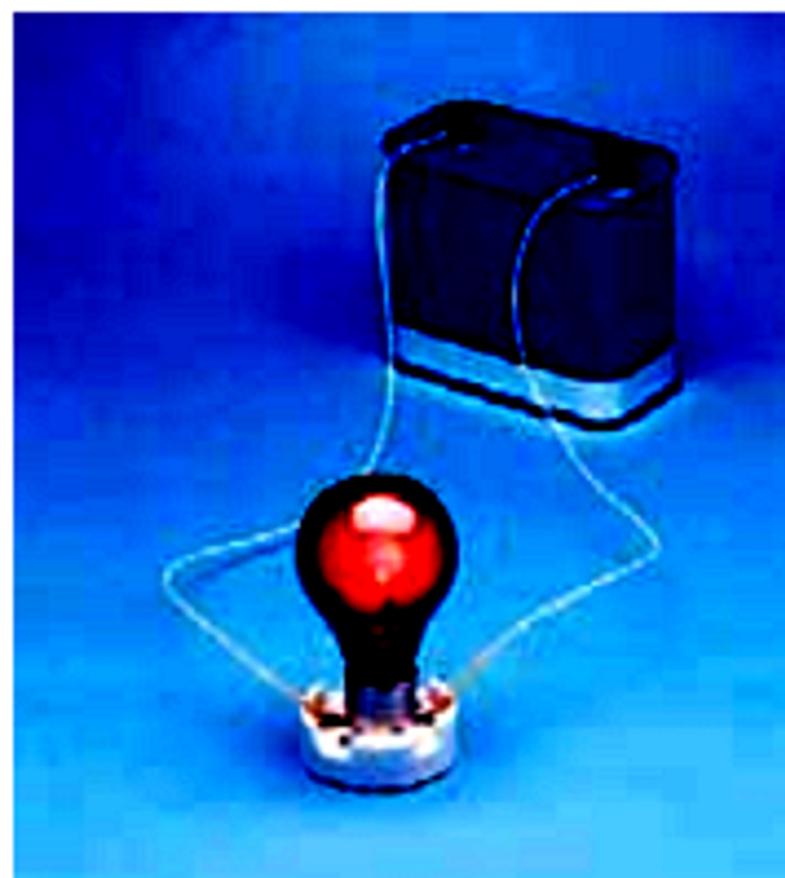


Cuando una fuente real (opuesta a la ideal) de fem se conecta a un circuito, disminuye, V_{ab} y por lo tanto F_e , de manera que, $F_n > F_e$ y F_n realiza un trabajo sobre las cargas.

Resistencia interna de una batería

25.16 La fem de esta batería —c decir, el voltaje terminal cuando no está conectada a nada— es de 12 V.

Pero como la batería tiene resistencia interna, el voltaje terminal en ella es menor que 12 V cuando suministra corriente a una bombilla.



$$\mathcal{E} - Ir = IR \quad \text{o bien,} \quad I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$$

$$V_{ab} = \mathcal{E} - Ir$$

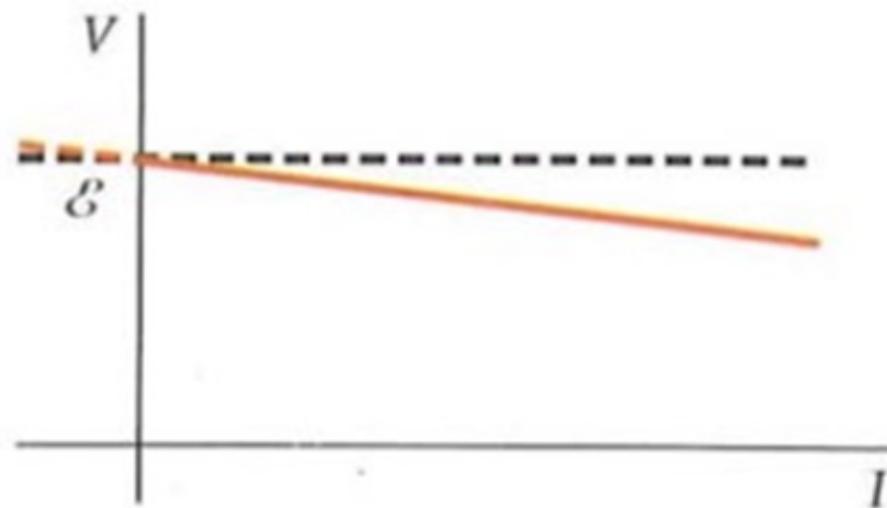
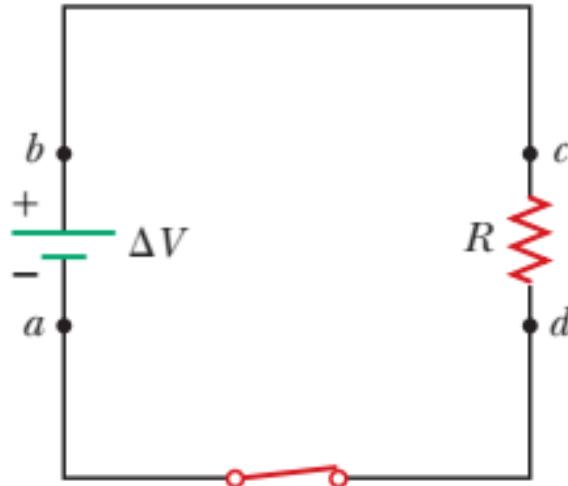


FIGURA 25.13 La línea roja muestra la tensión en los bornes V en función de I para una batería real. La línea de puntos muestra la tensión en los bornes de una batería ideal que tiene el mismo valor que \mathcal{E} .



Potencia eléctrica

Considere el sencillo circuito de la figura donde se entrega energía a un resistor. Ya que los alambres de conexión también tienen resistencia, parte de la energía es entregada a los alambres y parte al resistor. A menos que se especifique lo contrario, suponga que la resistencia de los alambres es pequeña en comparación con la resistencia del elemento de circuito y que la energía suministrada a los alambres es despreciable.

la energía potencial química entregada por la pila se transforma en energía eléctrica dentro del circuito y esta se transforma en energía interna que corresponde a un incremento en el movimiento de vibración de los átomos en el resistor. Puesto que ha despreciado la resistencia de los alambres de conexión, no se presenta ninguna transformación de energía en las trayectorias bc y da. Cuando la carga regresa al punto a, el resultado neto es que parte de la energía potencial química de la batería ha sido entregada al resistor y está presente en este último en forma de energía interna Eint asociada con la vibración de las moléculas.

Considere ahora la rapidez a la cual el sistema pierde energía potencial eléctrica conforme la carga Q pasa a través del resistor:

$$\frac{dU}{dt} = \frac{d}{dt}(Q\Delta V) = \frac{dQ}{dt}\Delta V = I\Delta V$$

Por lo tanto, la potencia P, que representa la rapidez a la cual se entrega energía al resistor, es:

$$P = I \Delta V$$

Con esta ecuación y a partir de que un resistor es :

$$\Delta V = IR$$

la potencia entregada al resistor tiene una forma alternativa

$$P = I^2 R = \frac{(\Delta V)^2}{R}$$

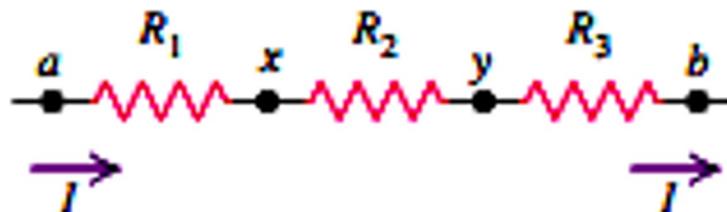
Las unidades

$$(1 \text{ J/C})(1 \text{ C/s}) = 1 \text{ J/s} = 1 \text{ W}$$

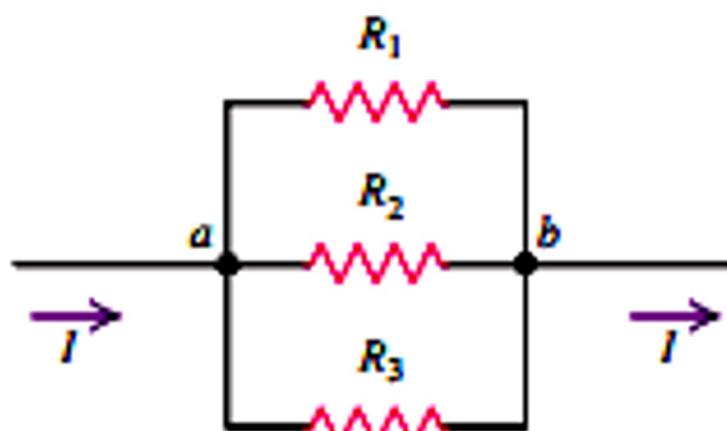
ASOCIACIONES DE RESISTENCIAS

26.1 Cuatro diferentes formas de conectar tres resistores.

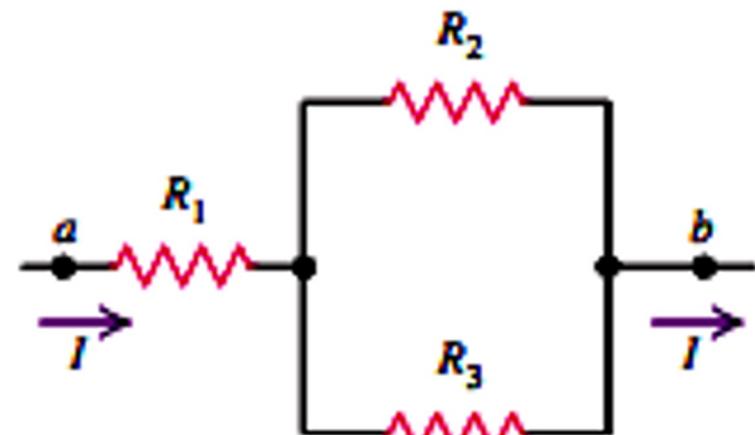
a) R_1 , R_2 y R_3 en serie



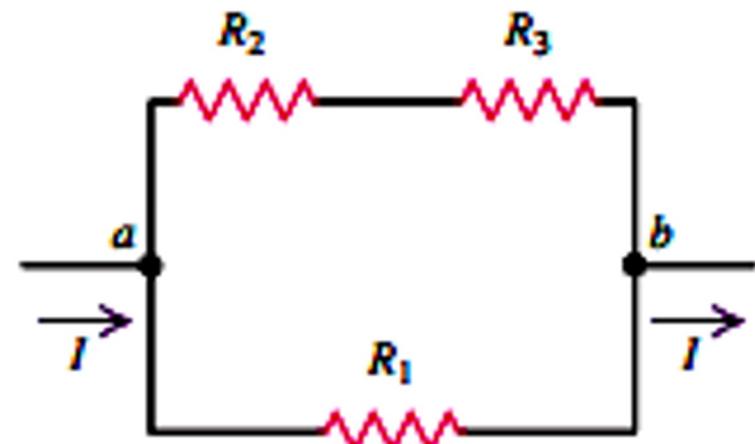
b) R_1 , R_2 y R_3 en paralelo



c) R_1 en serie con una combinación en paralelo de R_2 y R_3



d) R_1 en paralelo con una combinación en serie de R_2 y R_3

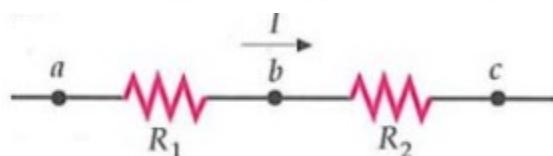


ASOCIACIONES DE RESISTENCIAS

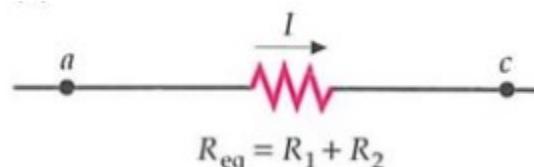
RESISTENCIAS EN SERIE

Cuando dos o más resistencias están conectadas como R_1 y R_2 en la figura 25.16a, de modo que a través de ellas circula la misma corriente I , se dice que las resistencias están conectadas en serie. La caída de potencial a través de R_1 es IR_1 , y a través de R_2 es IR_2 . La caída de potencial a través de las dos resistencias es la suma de las caídas de potencial a través de las resistencias individuales:

$$V = IR_1 + IR_2 = I(R_1 + R_2)$$



$$R_{\text{eq}} = R_1 + R_2$$



RESISTENCIAS EN PARALELO

La caída de potencial de un extremo a otro de cualquiera de las dos resistencias es $V = V_a - V_b$, la cual se relaciona con la corriente mediante

$$V = I_1 R_1 \text{ y } V = I_2 R_2$$

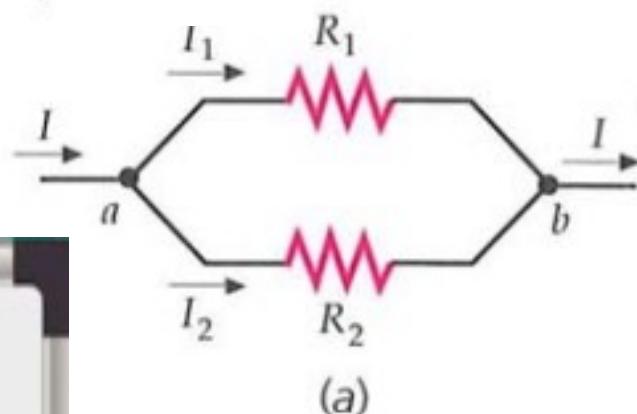
$$V = IR_{\text{eq}}$$

Despejando I en esta ecuación y considerando la ecuación 25.22 y teniendo en cuenta que $I = I_1 + I_2$, tenemos:

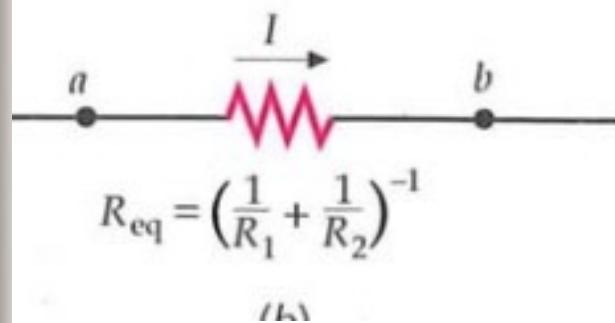
$$\frac{V}{R_{\text{eq}}} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} = V \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

Dividiendo en ambos lados de la igualdad por V , tenemos

$$\frac{1}{R_{\text{eq}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$



AGRUPAMIENTO	CIRCUITO	CARACTERÍSTICAS
EN SERIE		$R_{\text{eq}} = R_1 + R_2 + R_3$ $V = V_1 + V_2 + V_3$ $I = I_1 = I_2 = I_3 = \text{cte}$
EN PARALELO		$\frac{1}{R_{\text{eq}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$ $V = V_1 = V_2 = V_3 = \text{cte}$ $I = I_1 + I_2 + I_3$



AMPERÍMETROS, VOLTÍMETROS

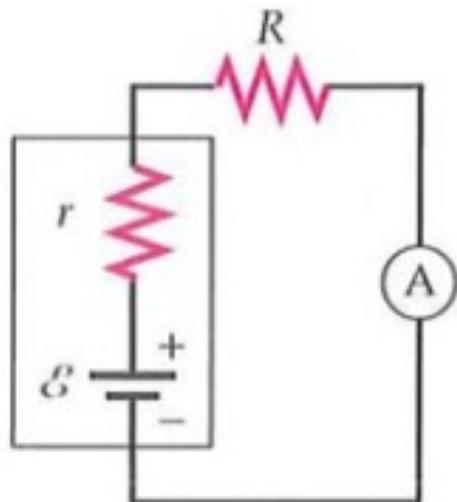


FIGURA 25.37 Para medir la corriente que circula por la resistencia R , se coloca un amperímetro (círculo A) en serie con ella, de tal modo que por él circula la misma corriente que por la resistencia.

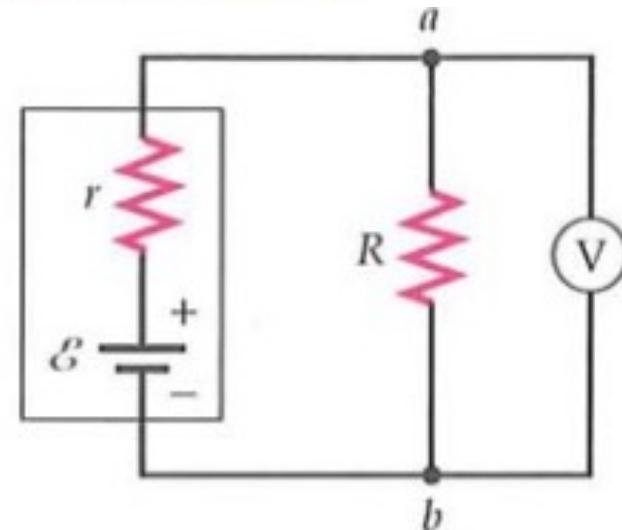
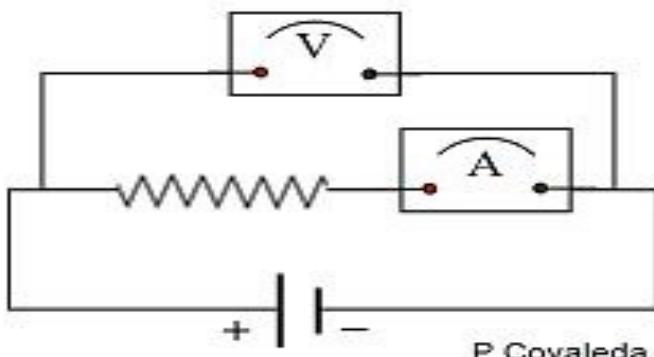


FIGURA 25.38 Para medir la caída de tensión entre los extremos de una resistencia, se coloca un voltímetro (círculo V) en paralelo con ella, de modo que las caídas de potencial a través del voltímetro y la resistencia es la misma.

Responder las siguientes preguntas

- 8 • Analizar la diferencia existente entre una fem y una diferencia de potencial.
- 9 • Dos cables del mismo material e igual longitud tienen diámetros distintos. El cable A tiene un diámetro doble que el de B. Si la resistencia del cable B es R , ¿cuál es la resistencia del cable A? (a) R . (b) $2R$. (c) $R/2$. (d) $4R$. (e) $R/4$.
- 10 • Dos alambres de cobre cilíndricos poseen la misma masa. El cable A tiene doble longitud que el B. La relación de sus resistencias es (a) $R_A = 8R_B$. (b) $R_A = 4R_B$. (c) $R_A = 2R_B$. (d) $R_A = R_B$.
- 11 • Por una resistencia circula una corriente I . La potencia disipada en la resistencia es P . ¿Cuál es la potencia disipada si por la misma resistencia circula una corriente $3I$? (Suponer que la resistencia no se modifica.) (a) P . (b) $3P$. (c) $P/3$. (d) $9P$. (e) $P/9$.

12

- La potencia disipada en una resistencia es P cuando la caída de voltaje a su través es V . Si la caída de voltaje se incrementa a $2V$ (sin cambio de resistencia), ¿cuál es la potencia disipada? (a) P . (b) $2P$. (c) $4P$. (d) $P/2$. (e) $P/4$.

13

- Un calentador posee una resistencia variable conectada a una fuente ideal de voltaje constante. (Una fuente ideal de tensión es aquélla que mantiene constante la fem y no tiene resistencia interna.) Para incrementar la emisión de calor, ¿debemos aumentar o disminuir la resistencia? Explicar la respuesta. **SSM**

14

- Se conectan dos resistencias, R_1 y R_2 , en paralelo. Si $R_1 \gg R_2$, la resistencia equivalente es, aproximadamente, (a) R_1 . (b) R_2 . (c) 0. (d) Infinito.

15

- ¿Cuál será la respuesta del problema 14 si R_1 y R_2 se conectan en serie? Si $R_1 \gg R_2$, la resistencia equivalente de la asociación es, aproximadamente, (a) R_1 . (b) R_2 . (c) 0. (d) Infinito.

- 16 • Se conectan dos resistencias en paralelo existiendo entre sus extremos comunes una diferencia de potencial. La resistencia A es el doble que la B. Si la corriente que atraviesa la resistencia A es I , ¿cuál es la que pasa por la B? (a) I . (b) $2I$. (c) $I/2$. (d) $4I$. (e) $I/4$.
- 17 • Dos resistencias están conectadas en serie a través de una diferencia de potencial. La resistencia de A es doble que la de B. Si la corriente que circula por la resistencia A es I , ¿cuál es la corriente que circula por B? (a) I . (b) $2I$. (c) $I/2$. (d) $4I$. (e) $I/4$.
- 18 • La regla de las mallas de Kirchhoff es una consecuencia de (a) la conservación de la carga, (b) la conservación de la energía, (c) las leyes de Newton, (d) la ley de Coulomb, (e) la cuantización de la carga.
- 19 • Verdadero o falso:
(a) Un voltímetro ideal tiene resistencia interna nula.
(b) Un amperímetro ideal tiene resistencia interna nula.
(c) Una fuente de tensión ideal tiene resistencia interna nula.