5 Corriente eléctrica

5.1 Defunción de corriente eléctrica

Cuando un conductor se conecta con las dos terminales de un acumulador o un generador, las cargas eléctricas son impulsadas de un extremo del alambre al otro, por el campo eléctrico que existe a lo largo y dentro del alambre. Si el conductor es un alambre más o menos recto, de grosor uniforme, el campo eléctrico dentro de él tendrá magnitud constante, y tendrá una dirección paralela al conducto. Si el tramo del alambre tiene longitud l, o la batería o generador mantiene una diferencia de potencial ΔV entre sus extremos, la magnitu de ese campo electrico constante en el alambre es

$$E = \frac{\Delta V}{l} \qquad 5.1$$

Este campo eléctrico produce el flujo de carga, o corriente eléctrica, de uno de los extremos del alambre hacia el otro.

Suponga que en un tiempo Δt, pasa una cantidad de carga ΔQ por un punto determinado del conductor (por ejemplo, uno de sus extremos). La corriente eléctrica se define como la carga que pasa dividida en el tiempo:

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \qquad 5.2$$

Si el flujo no es constante, se define la corriente en términos de la pequeña cantidad de carga dq que pasa por un lugar en un determinado intervalo de tiempo dt, es decir, la razón instantánea

$$I = \frac{dQ}{dt} \qquad 5.3$$

La unidad del SI de la corriente es el Amperio (A); la cual se define como un flujo de carga de un coulomb por segundo

$$1Amperio = 1A = 1\frac{C}{s}$$

En los conductores metálicos, los portadores de carga son los electrones; una corriente en un metal no es más que el flujo de electrones.

Los metales, tienen una gran cantidad de electrones libres, que no están unidos a determinado átomo, sino que tiene la libertar de vagar por todo el volumen del metal. Esos electrones se comportan como las partículas de un gas, que se mueven dentro de un recipiente. Por analogía, se dice que lo electrones forman un **gas de electrones** que llenan todo el volumen del metal.

El flujo de gas de electrones a lo largo de un alambre metálico es análogo al flujo de agua por un canal que baja por una pendiente suave. En ese canal, la fuerza de gravedad, al actuar sobre el agua, tiene una componente en la dirección del canal: esa componente impulsa el avance de la agua. Pero el agua no acelera, porque la fricción entre el agua y las paredes del canal se oponen al movimiento, y el agua se mueve con una rapidez constante, porque la fricción es exactamente igual al empuje de la gravedad. De igual manera, el campo en el alambre impulsa el gas de electrones a lo largo del mismo. Pero el gas de electrones no acelera, porque la fricción entre el gas y la red cristalina del alambre se opone al movimiento, y el gas se mueve con rapidez constante, porque esa fricción igual exactamente el empuje del campo eléctrico La analogía entre el movimiento del agua y el movimiento del gas de electrones se extiende al movimiento de las moléculas individuales de agua, y de los electrones individuales. Las moléculas individuales dentro del agua tienen una rapidez bastante alta de aproximadamente 600 m/s a temperatura ambiente. Ese movimiento térmico está formado por zigzagueos aleatorios rápidos, que causan por igual al avance y el retroceso de la molécula, esa alta velocidad no contribuye al movimiento neto del agua pendiente abajo. La figura 5.1 muestra el movimiento de una molécula de agua en un canal, en escala microscópica, es un movimiento que consiste en un rápido zigzagueo, al cual se sobrepone un arrastre mucho más lento a lo largo del canal.

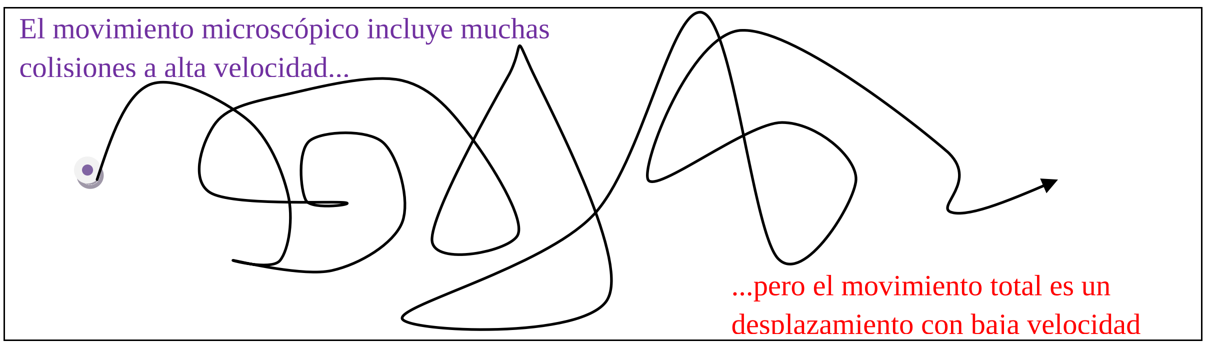


Figura 5.1 Trayectoria de una molécula de agua en un cana. La molécula se desplaza en forma gradual de izquierda a derecha.

De la misma manera, el gas de electrones avanza por el alambre a una rapidez bastante baja, quizás $10^{-4} m/s$, pero los electrones individuales se mueven con mayor rapidez, siendo la rapidez de este movimiento aleatorio del orden de $10^{6} m/s$ (Esta gran rapiedez se debe a efectos mecánico cuánticos). Entonces, el movimiento total de un electrón en un metal consiste también en rápidos zigzagueos a los cuales se sobrepone un movimiento mucho más lento de arrastre a lo largo del alambre. En forma cualitativa, el movimiento se parece a la trayectoria de una molécula de agua, como se muestra en la figura 5.1.

Un electrón al moverse por un alambre sufre muchas colisiones con los iones fijos en el metal. Esos choques hacen que el movimiento del electrón se produzca en zigzag. Debido a los efectos perturbadores de esas colisiones, el electrón nunca adquiere mucha velocidad por el campo eléctrico que trata de acelerarlo, y la velocidad de arrastre promedio del electrón a lo largo del alambre es baja ($\vec{v}_d$).

Supóngase que el conductor es un metal con n electrones por unidad de volumen. En la Figura 5.3 se puede ver que el volumen de la carga en ese movimiento que atraviesa un área transversal del alambre en el tiempo Δt es igual al área A multiplidad por la longitd l, es decir, su volumen $V = Al = Av_d\Delta t$

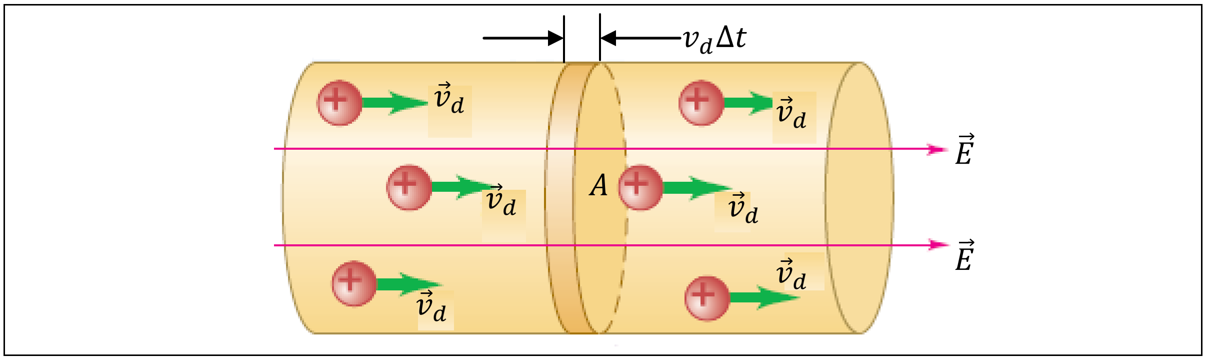


Figura 5.2 La corriente conducida por el alambre se distribuye uniformemente en toda su sección transversal. Un alambre que contenga doble sección transversal conducirá el doble de corriente, con el mismo campo eléctrico.

La carga ΔQ que pasa por determinada área A se puede escribir como

$$\Delta Q = [carga\ por\ electrón] \times [electrones\ por\ unidad\ de\ volumen] \times [Volumen]$$

$$\Delta Q = (-e) \times (n)(Av_d\Delta t)$$

Entonces, la corriente I, es

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{(-e) \times (n)(Av_d\Delta t)}{\Delta t}$$

$$I = -neAv_d \qquad 5.4$$

Se define la cantidad, llamada densidad de corriente, como

$$J = -nev_d \qquad 5.5$$

La corriente de acuerdo a la ecuación (5.5) se expresa como

$$I = JA \qquad 5.6$$

Ejemplo 5.1 **Densidad de corriente y velocidad de deriva en un alambre**

Un alambre de cobre del número 18 (el calibre que por lo general se utiliza en los cables para lámparas), tiene un diámetro nominal de $1.02mm$. Conduce una corriente constante de $1.67A$ para alimentar una bombilla de $200Watts$. La densidad de electrones libres es de $8.5 * 10^{28}$ electrones por metro cúbico. Determine las magnitudes de a) la densidad de corriente y b) la velocidad de deriva.

Planteamiento: Este problema se apoya en las relaciones entre corriente, densidad de corriente y velocidad de deriva.

a) la densidad de corriente

$$J = \frac{I}{A}$$

El área de la sección transversal es

$$A = \pi \frac{D^2}{4}$$

$$A = 3.14 \frac{(1.02 * 10^{-3})^2}{4} \qquad \Rightarrow A = 8.17 * 10^{-7} m^2$$

La densidad d corriente J es

$$J = \frac{1.67A}{8.17 * 10^{-7} m^2} \qquad \Rightarrow J = 2.04 * 10^6 \frac{A}{m^2}$$

b) la velocidad de deriva

$$J = n|q|v_d \qquad \Rightarrow \quad v_d = \frac{J}{n|q|}$$

$$v_d = \frac{2.04 * 10^6 \frac{A}{m^2}}{8.5 * 10^{28} \frac{1}{m^{-3}} \times |-1.6 * 10^{-19} C|} \qquad \Rightarrow v_d = 1.5 * 10^{-4} \frac{m}{s}$$

Resistividad

La densidad de corriente $\vec{J}$ en un conductor depende del campo eléctrico $\vec{E}$ y de las propiedades del material. En general, esta dependencia es muy compleja. Pero para ciertos materiales, en especial metálicos, a una temperatura dada, $\vec{E}$ es casi directamente proporcional a $\vec{E}$ y la razón de las magnitudes de E y J es constante. Esta relación, llamada ley de Ohm, fue descubierta en 1826 por el físico alemán Georg Simón Ohm (1787-1854), y se llama resistividad eléctrica. La resistividad ρ de un material se define como la razón de las magnitudes del campo eléctrico y la densidad de corriente:

$$\rho = \frac{E}{J} \qquad 5.7$$

En el SI la unidad es $\left(\frac{\frac{V}{m}}{Am^2}\right) = \frac{VA}{m}$

Cuanto mayor sea la resistividad, tanto mayor será el campo necesario para causar una densidad de corriente dada, o tanto menor la densidad de corriente ocasionada por un campo dado.

Un conductor perfecto tendría una resistividad igual a cero; y un aislante perfecto tendría resistividad infinita. Los **metales** y las **aleaciones** tienen las menores resistividades y son los mejores conductores. Las resistividades de los aislantes son mayores que las de los metales en un factor enorme, del orden de 10^{22}.

El recíproco de la resistividad es la conductividad

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \qquad 5.8$$

En el SI la unidad es $\left(\frac{1}{\frac{VA}{m}}\right) = \frac{m}{VA}$

Los buenos conductores de la electricidad tienen una conductividad mayor que la de los aislantes. La conductividad es el análogo eléctrico directo de la conductividad térmica. Entonces, los buenos conductores eléctricos, como los metales, por lo general son buenos conductores del calor. Los malos conductores de la electricidad, como la cerámica y los materiales plásticos, también son malos conductores térmicos.

Existen materiales que tienen resistividades intermedias entre las de los metales y la de los aislantes, estos son llamados **semiconductores.** Estos materiales son importantes en virtud de la forma en que sus resistividades se ven afectadas por la temperatura y por pequeñas cantidades de impurezas.

Un material que obedece razonablemente bien la ley de Ohm se llama **conductor óhmico** o conductor lineal. Para esos materiales, a una temperatura dada, ρ es una constante que no depende del valor de E. Muchos materiales muestran un comportamiento que se aparta mucho de la ley de Ohm, por lo que se denominan **no óhmicos** o no lineales. En estos materiales, J depende de E de manera más complicada.

Resistividad y temperatura

La resistividad de un conductor metálico casi siempre se incrementa al aumentar la temperatura, como se ilustra en la figura $5.3a$. En un pequeño intervalo de temperatura (hasta 100 °C, aproximadamente), la resistividad de un metal queda representada en forma adecuada por la ecuación

$$\rho(T) = \rho_o[1 + \alpha(T - T_0)] \qquad 5.9$$

donde ρ_0 es la resistividad de una temperatura de referencia T_0; El factor α se llama coeficiente de temperatura de la resistividad.

La resistividad del grafito (un no metal) disminuye con el aumento de la temperatura, ya que a temperaturas más elevadas, más electrones "se desprenden" de los átomos y se vuelven móviles; de ahí que el coeficiente de temperatura (o térmico) de la resistividad del grafito sea negativo. Este mismo comportamiento lo presentan los semiconductores (figura $5.3b$). Por consiguiente, medir la resistividad de un pequeño cristal semiconductor significa medir la temperatura con mucha exactitud; éste es el principio de un tipo de termómetro llamado termistor.

Algunos materiales, que incluyen algunas aleaciones y óxidos metálicos, presentan un fenómeno llamado superconductividad. Al principio, conforme la temperatura desciende, la resistividad disminuye de manera uniforme, como la de cualquier metal. Pero después de cierta temperatura crítica, T_C, ocurre una fase de transición, y la resistividad cae abruptamente hasta cero, como se ilustra en la figura $5.3c$.

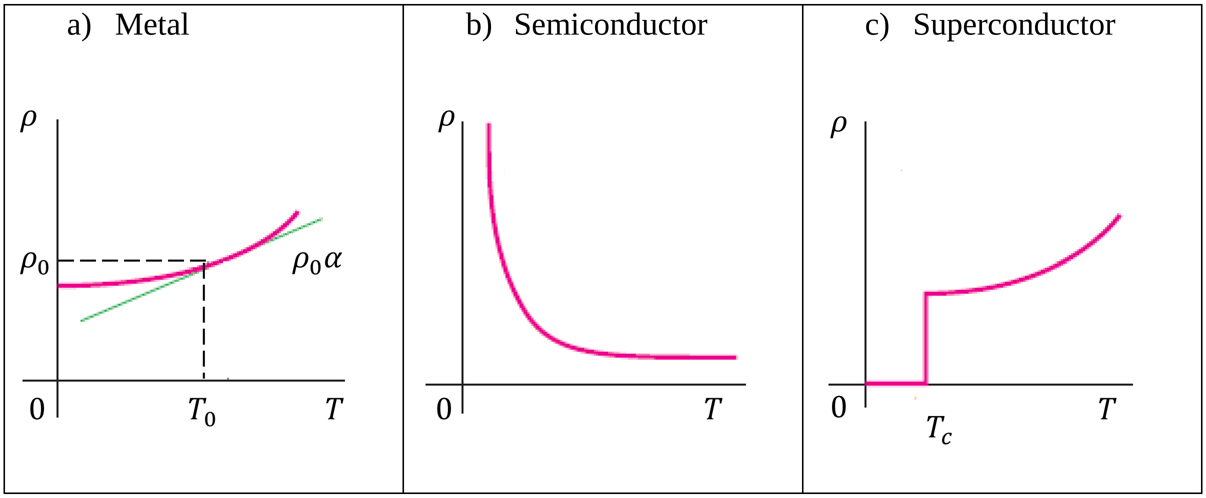


Figura 5.3 Variación de la resistividad r con la temperatura absoluta T para a) un metal normal, b) un semiconductor y c) un superconductor.

Resistencia

Sea un conductor, con resistividad ρ, con densidad de corriente $\vec{J}$ en un punto, como se muestra en la figura 5.4,

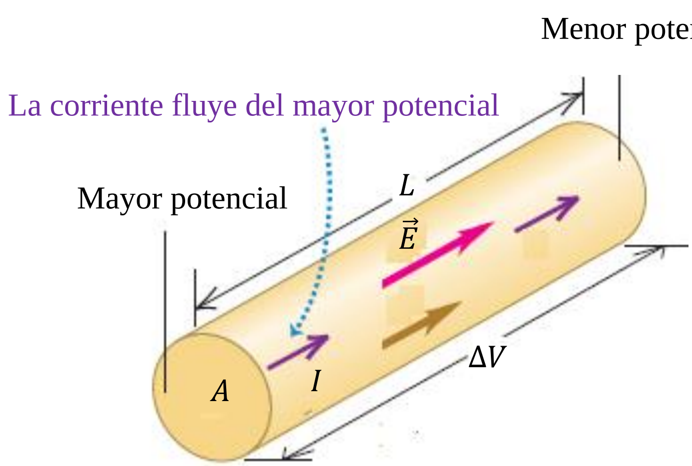


Figura 5.4 Conductor con sección transversal uniforme. La densidad de corriente es uniforme sobre cualquier sección transversal, y el campo eléctrico es constante en toda la longitud.

De acuerdo a la ecuación (5.7), el campo eléctrico $\vec{E}$ está dado por

$$\vec{E} = \rho\vec{J} \qquad \Rightarrow \; E = \rho J$$

Donde

$$J = \frac{I}{A}$$

Entonces

$$E = \rho \frac{I}{A} \qquad E = \frac{\Delta V}{L}$$

Por tanto

$$\frac{\Delta V}{L} = \rho \frac{I}{A} \qquad \Rightarrow \Delta V = \left(\rho \frac{L}{A}\right) I$$

La cantidad

$$R = \rho \frac{L}{A} \tag{5.10}$$

R se conoce como resistencia eléctrica. Si ρ es constante, como en el caso de los materiales óhmicos, entonces también lo es R.

$$\Delta V = RI \tag{5.11}$$

ΔV da la relación entre voltaje y corriente, y se conoce como **la relación de Ohm.** En el *SI* su unidad es ${}^{V}\!/_{A} = \Omega$

Para un resistor que obedece la ley de Ohm, la gráfica de corriente como función de la diferencia de potencial (voltaje) es una línea recta (figura $5.5a$). La pendiente de la recta es R. Si el signo de la diferencia de potencial cambia, también cambia el signo de la corriente producida. En dispositivos que no obedecen la ley de Ohm, la relación entre el voltaje y la corriente tal vez no esté en proporción directa, y quizá sea diferente para las dos direcciones de la corriente. La figura $5.5b$ muestra el comportamiento de un diodo semiconductor.

Figura 5.5 Relaciones corriente-voltaje para dos dispositivos. a) Resistor Óhmico, la corriente I es proporcional al voltaje V, b) Resistor no Óhmico, un diodo semiconductor

Ejemplo 5.2 **Campo eléctrico, diferencia de potencial y resistencia en un alambre**

El alambre de cobre calibre 18 del ejemplo 5.1 tiene un diámetro de $1.02mm$ y sección transversal de $8.20 * 10^{-7}m^2$. Transporta una corriente de $1.67A$. Calcule a) la magnitud del campo eléctrico en el alambre, b) la diferencia de potencial entre dos puntos del alambre separados por una distancia de $50.0m$; c) la resistencia de un trozo de $50.0m$ de longitud de ese alambre.

Planteamiento: Se dan los valores de la superficie de la sección transversal A y la corriente I. Las variables que se buscan son la magnitud del campo eléctrico E, la diferencia de potencial V y la resistencia R.

a) la magnitud del campo eléctrico en el alambre

$$E = \rho J = \rho \frac{I}{A}$$

La resistividad del cobre es $\rho_{Cu} = 1.72 * 10^{-8}\Omega$
Entonces

$$E = 1.72 * 10^{-8}\Omega\text{m} \frac{1.67A}{8.20 * 10^{-7}m^2} \quad \Rightarrow E = 0.0350 \frac{N}{C}$$

b) la diferencia de potencial entre dos puntos del alambre separados por una distancia de $50.0m$

$$V = EL \quad \Rightarrow V = 0.0350 \frac{N}{C} \times 50.0m \quad \Rightarrow V = 1.75V$$

c) la resistencia de un trozo de $50.0m$ de longitud de ese alambre

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad \Rightarrow R = 1.72 * 10^{-8}\Omega\text{m} \frac{50.0m}{8.20 * 10^{-7}m^2} \quad \Rightarrow R = 1.05\Omega$$

Resistencias

El dispositivo de un circuito hecho para tener un valor específico de resistencia entre sus extremos se llama resistor, y son diseñados para que tengan diferentes valores de resistencia. Se pueden adquirir fácilmente en el comercio resistores desde $0.01V$ hasta 10^7V. Es frecuente que los resistores individuales que se usan en los circuitos electrónicos sean cilíndricos, midan pocos milímetros de diámetro y de longitud, y tengan alambres que sobresalen de sus extremos (Figura $5.6a$). Los resistores que se usan en los circuitos de los aparatos electrónicos suelen fabricarse con una pieza de carbono puro (grafito) conectada entre dos terminales (figura $5.6a$). El carbono tiene gran resistividad, de allí que una pequeña pieza de carbono puede tener mayor resistencia que un tramo largo de alambre metálico. Esos resistores se apegan a la ley de Ohm (Corriente proporcional a la diferencia de potencial) dentro de amplios límites de valores de corriente; pero si el resistor se sobrecarga, se calienta y posiblemente hasta se queme; la ley de Ohm ya o aplica.

Existen otros, que son diseñados para controlar y modificar corrientes. Por ejemplo, los controles manuales de volumen en los radios son resistores ajustables. Uno de esos controles de volumen se fabrica con un tramo largo enrollado de alambre de alta resistencia, sobre el cual descansa un contacto deslizante o cursor (Figura $5.6b$); al mover el contacto deslizante, se aumenta o disminuye la resistencia eléctrica, y con ello se controla la corriente que llega al altavoz de la bocina. Los resistores ajustables, o variables, de esta clase se llaman **reóstatos** o potenciómetros cuando se usan para limitar la corriente, o seleccionar un voltaje, respectivamente.

En los diagramas eléctricos, o diagramas de circuitos, el símbolo de un resistor es una línea en zigzag, huella del camino de un electrón dentro de un material conductor ((Figura $5.6c$). El símbolo del potenciómetro es el de una resistencia con una flecha que representa el contacto deslizante (Figura $5.6d$)..

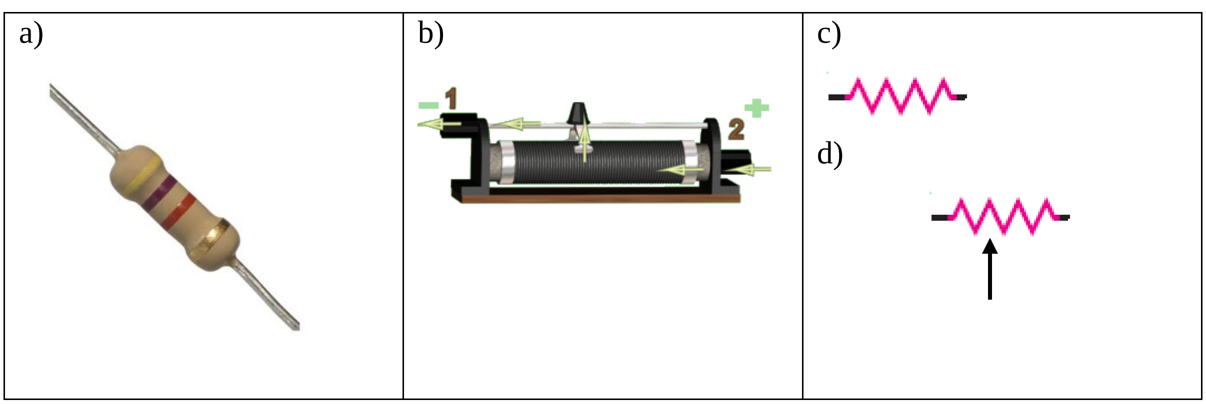


Figura 5.6 Resistencias. a) Resistencia de grafito. b) resistor variable (reóstato). c) Símbolo en circuitos de una resistencia y un reóstato.

El valor de la resistencia a veces aparece impreso al lado del resistor; con más frecuencia, ese valor está codificado en una serie de bandas de color en torno al resistor. Por lo general se usan tres o cuatro bandas de colores cerca de un extremo (figura $5.7a$), de acuerdo con el esquema que se muestra en la Tabla 5.1. Las primeras dos bandas (comenzando por la banda más cercana a un extremo) son dígitos, y la tercera es un multiplicador de potencia de 10 (figura $5.7b$). La cuarta banda, si está presente, indica la precisión (tolerancia) del valor; la ausencia de banda significa $\pm 20\%$, una banda plateada quiere decir $\pm 10\%$, y una dorada indica $\pm 5\%$, como muestra la figura $5.7a$. Otra característica importante de un resistor es la energía eléctrica máxima que es capaz de disipar sin sufrir daños, llamada potencia y que discutiremos más adelante.

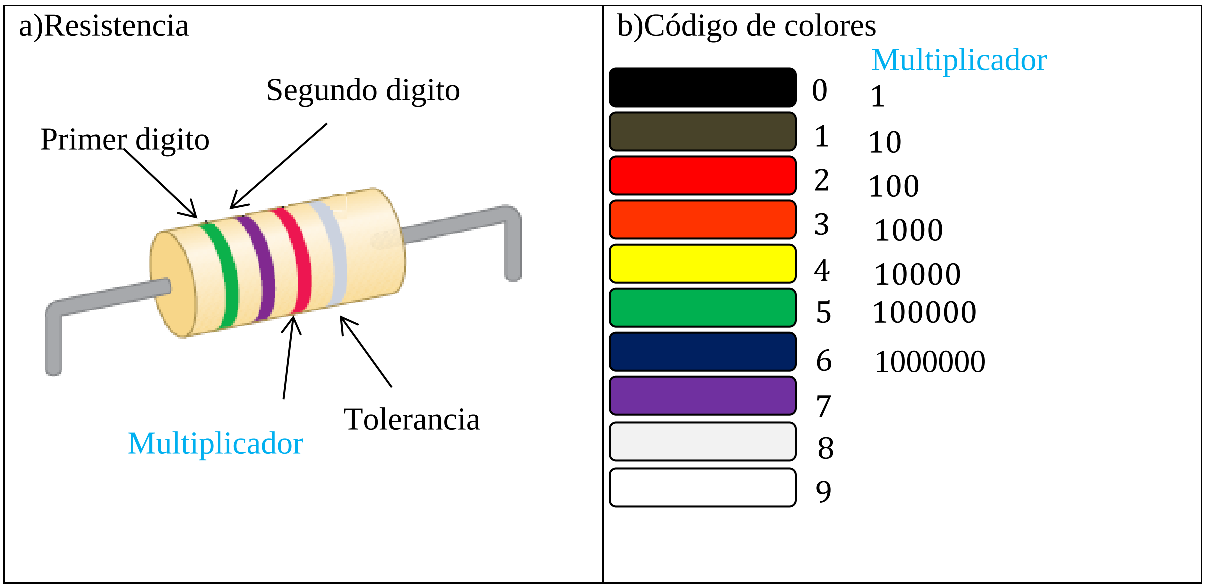


Figura 5.7 Este resistor tiene una resistencia de $57 * 10^3 \Omega$, y precisión (tolerancia) de 10%.

Tabla 5.1 Códigos de color para los resistores

Color	Valor como dígito	Valor como dígito
Negro	0	1
Marrón	1	10
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

Asociación de resistores

Los resistores se encuentran en toda clase de circuitos, desde secadoras para el cabello y calentadores espaciales hasta circuitos que limitan o dividen la corriente, o reducen o dividen un voltaje. Es frecuente que tales circuitos contengan varios resistores, por lo que es apropiado considerarlos como combinaciones de resistores. Un ejemplo sencillo es una guirnalda de bombillas eléctricas de las que se usan en la decoración navideña; cada bombilla actúa como resistor, y desde la perspectiva del análisis de circuitos una guirnalda de bombillas tan sólo es una combinación de resistores.

Asociación de resistores en serie

La figura 5.8 muestra dos resistores conectados en serie. Como cada uno de los resistores presenta resistencia a la corriente que entra al alambre, la intuición indica que la resistencia total o equivalente de esta combinación es igual a la suma de las resistencias individuales.

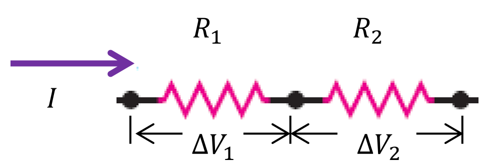


Figura 5.8 Dos resistencias en serie.

La deducción formal de este resultado parte de la observación de que si las diferencias de potencial a través de los resistores individuales son ΔV_1 y ΔV_2, la diferencia neta de potencial a través de la combinación es

$$\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2 \tag{5.12}$$

La aditividad de los potenciales es consecuencia directa de la definición de potencial: el trabajo total efectuado por el campo eléctrico sobre una unidad de carga que atraviesa el primer resistor, y que después atraviesa el segundo, simplemente es la suma del trabajo efectuado en el primero y el trabajo afectado en el segundo. Además, las corrientes en ambos resistores son exactamente iguales, porque cualquier carga que pase por el primer resistor continúa y pasa por el segundo. Por consiguiente, al aplicar la relación de Ohm, $\Delta V = RI$, se ve que:

$$\Delta V = RI = \Delta V_1 + \Delta V_2 = R_1 I + R_2 I = I(R_1 + R_2)$$

$$R = R_1 + R_2$$

Este resultado se puede generalizar con facilidad a cualquier cantidad de resistores en serie. La resistencia total, o resistencia equivalente de la combinación en serie, es

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots \qquad 5.13$$

La resistencia equivalente de cualquier número de resistores en serie es igual a la suma de sus resistencias individuales.

La resistencia equivalente es mayor que cualquiera de las resistencias individuales.

Asociación de resistores en paralelo

La figura 5.9 muestra dos resistores en paralelo. Como el caso de cualquier elemento de circuito conectado en paralelo, la diferencia de potencial a través de cada resistor es igual a la diferencia de potencial a través de la combinación.

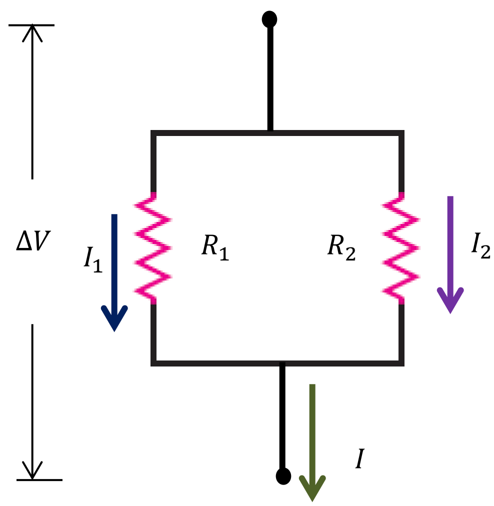


Figura 5.9 Dos resistencias en paralelo.

Así, de acuerdo con la relación de Ohm, las corrientes son

$$I_1 = \frac{\Delta V}{R_1} \qquad\qquad I_2 = \frac{\Delta V}{IR_2} \qquad 5.14$$

Los resistores en paralelo se parecen a los diversos carriles paralelos de una carretera. El flujo total de automóviles es la suma de los flujos en los carriles individuales; de igual manera, el flujo total de cargas eléctricas a través de una combinación de resistores en paralelo es la suma de los flujos en resistores individuales. Así, la corriente total que pasa por la combinación es la suma de las corrientes individuales en paralelo:

$$\frac{\Delta V}{R} = I_1 + I_2 = \frac{\Delta V}{R_1} + \frac{\Delta V}{R_2} = \Delta V\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$$

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

Este resultado se puede generalizar con facilidad a cualquier cantidad de resistores en serie

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots \qquad 5.15$$

Para cualquier número de resistores en paralelo, el recíproco de la resistencia equivalente es igual a la suma de los recíprocos de sus resistencias individuales.

La resistencia equivalente siempre es menor que cualquier resistencia individual

Ejemplo 5.3 **Resistencia equivalente**

Calcule la resistencia equivalente de la red que se ilustra en la figura 5.10, y obtenga la corriente en cada resistor. La fuente de fem tiene resistencia interna insignificante.

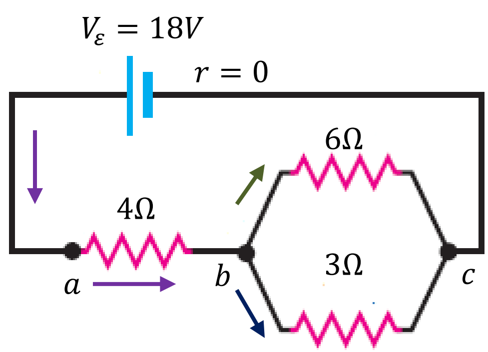


Figura 5.10 Resistores en serie y paralelo.

Planteamiento: Esta red de tres resistores es una combinación de resistencias en serie y en paralelo. Los resistores de 6Ω y 3Ω V están en paralelo, y su combinación está en serie con el resistor de 4Ω.

Solución:

Resolvemos

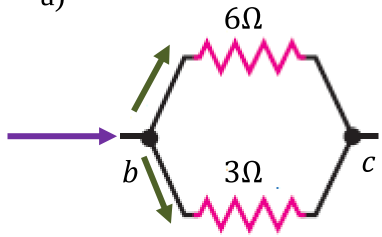
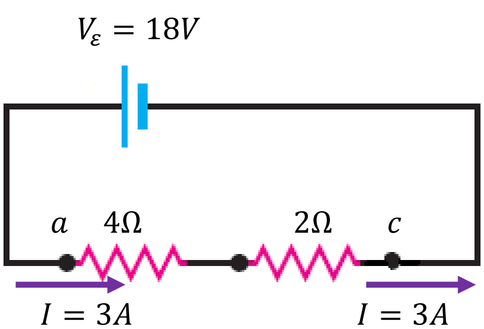
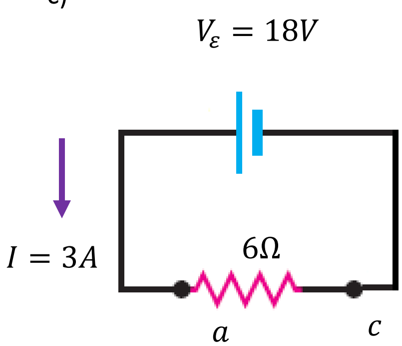
<table>
<tr>
<td>a)

</td>
<td>$$\frac{1}{R_{bc}} = \frac{1}{6} + \frac{1}{3} = \frac{1+2}{6} = \frac{3}{6}$$
$$R_{bc} = \frac{6}{3}\Omega \Rightarrow R_{bc} = 2\Omega$$</td>
</tr>
<tr>
<td>b)

</td>
<td>$$R_{ac} = 4\Omega + 2\Omega \Rightarrow R_{ac} = 6\Omega$$</td>
</tr>
<tr>
<td>c)

</td>
<td>De la relación de Ohm
$$V_\varepsilon = R_{ac}\mathrm{I} \Rightarrow \mathrm{I} = \frac{V_\varepsilon}{R_{ac}} = \frac{18V}{6\Omega} \Rightarrow \mathrm{I} = 3\mathrm{A}$$</td>
</tr>
</table>

Figura 5.11 Etapas para reducir una combinación de resistores a un solo resistor equivalente y calcular la corriente en cada resistor

La corriente que pasa por 4Ω es la corriente $I = 3A$, puestro que esta resistencia esta en serie con la asociación en paralelo bc (véase figura 5.10). Sin embargo, esta corriente al llegar a la asociación en paralelo (bc), se bifurca, una parte de la corriente pasa por la resistencia de 6Ω y la otra por la resistencia 3Ω, como se aprecia en la figura $5.11a$. No obstante, la corriente que sale es la misma que entra a la configuración en paralelo (véase figura $5.11b$). En la figura $5.11c$ mostramos la resistencia equivalente de todo el circuito, llamemos $I_{6\Omega}$, la corriente que pasa por a la resistencia 6Ω, entonces de acuerdo a la relación de Ohm,

$$V_{6\Omega} = R_{6\Omega} I_{5\Omega}$$

Como la Asociación de resistencias bc, es en paralelo, el voltaje $V_{bc} = V_{6\Omega} = V_{3\Omega}$. Pero,

$$V_\varepsilon = V_{ab} + V_{bc}$$

Donde por la relación de Ohm

$$V_{ab} = R_{ab}I = 4\Omega \times 3A \qquad \Rightarrow V_{ab} = 12V$$

Entonces,

$$V_{bc} = V_\varepsilon - V_{ab} = 18V - 12V \quad \Rightarrow V_{bc} = 6V$$

La corrientes que circulan por 6Ω y 3Ω, son respectivamente

$$I_{5\Omega} = \frac{V_{6\Omega}}{R_{6\Omega}} = \frac{6V}{6\Omega} \qquad \Rightarrow I_{5\Omega} = 1A$$

$$I_{3\Omega} = \frac{V_{3\Omega}}{R_{3\Omega}} = \frac{6V}{3\Omega} \qquad \Rightarrow I_{5\Omega} = 2A$$