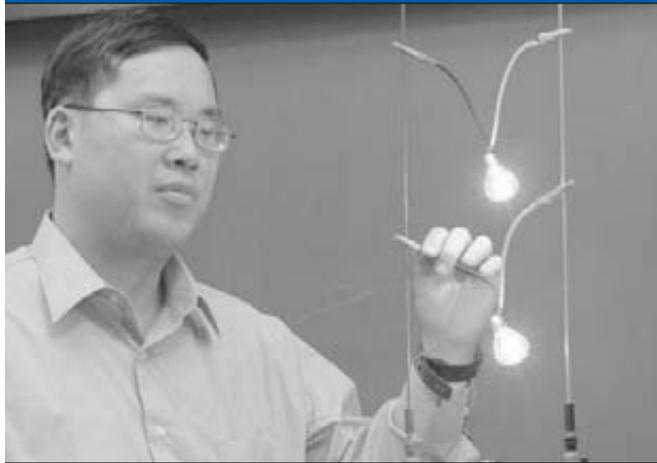


Corriente eléctrica



David Yee construye un circuito en paralelo sujetando lámparas a las terminales extendidas de un acumulador de automóvil ordinario.



En el capítulo anterior te presentamos el concepto de potencial eléctrico, que se mide en volts. Ahora veremos que este voltaje actúa como una “presión eléctrica” que puede producir un flujo de carga, o *corriente*. La corriente se mide en amperes, cuyo símbolo es A. También veremos que la *resistencia* que restringe este flujo de carga se mide en ohms (Ω). Cuando el flujo sólo es en una dirección, se le llama *corriente directa* (cd) y cuando el flujo es de ida y vuelta se le llama *corriente alterna* (ca). La corriente eléctrica puede suministrar *potencia* eléctrica, que se mide, igual que la potencia mecánica, en watts (W) o en miles de watts, o kilowatts (kW). Veremos aquí muchos términos que deberemos clasificar. Eso se hace con más facilidad cuando se tiene cierta comprensión de los conceptos que representan esos términos y ello, a la vez, se entiende mejor si se conoce cómo se relacionan entre sí. En este capítulo analizaremos tales términos y lo que quieren decir en detalle. Comenzaremos con el flujo de la carga eléctrica.

Flujo de carga



Con frecuencia pensamos en la corriente que fluye a través de un circuito, pero nunca hay que decir esto frente a un purista de la gramática, porque la expresión “corriente que fluye” es una redundancia. Es más apropiado decir que la carga fluye (esto es una corriente).

¡EUREKA!

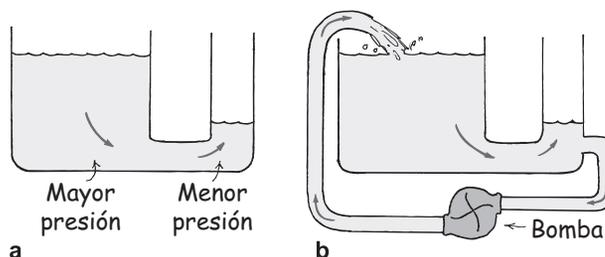
Recuerda que al estudiar calor y temperatura, cuando los extremos de un material conductor están a distinta temperatura, la energía térmica fluye de la temperatura mayor a la menor. El flujo cesa cuando ambos extremos llegan a la misma temperatura. De igual forma, cuando los extremos de un conductor eléctrico están a distintos potenciales eléctricos, es decir, que hay entre ellos una **diferencia de potencial**, la carga pasa de uno a otro extremo.¹ El flujo de carga persiste mientras haya una diferencia de potencial. Si no hay diferencia de potencial no fluye la carga. Por ejemplo, conecta un extremo de un conductor a la esfera cargada de un generador Van de Graaff, y el otro extremo a tierra, y el alambre se inundará de cargas que pasan por él. Sin embargo, el flujo será breve, porque la esfera llegará con rapidez a un potencial común con la tierra.

Para obtener un flujo continuo de carga en un conductor, se deben hacer ciertos arreglos para mantener una diferencia de potencial mientras la carga fluye de un extremo a otro. El caso es análogo al flujo de agua de un tanque elevado a uno más bajo (figura 23.1a). El agua pasará por un tubo que conecte los tanques

¹ Al decir que la carga fluye, se quiere indicar que las *partículas* con carga fluyen. La carga es una propiedad de determinadas partículas, siendo las más importantes los electrones, los protones y los iones. Cuando el flujo es de carga negativa, está formado por electrones o por iones negativos. Cuando el flujo es de carga positiva, lo que fluye son protones o iones positivos.

FIGURA 23.1

a) El agua fluye del recipiente con mayor presión al recipiente con menor presión. El flujo cesa cuando cesa la diferencia de presiones. b) El agua sigue fluyendo porque la bomba mantiene una diferencia de presiones.



sólo mientras haya una diferencia en el nivel del agua. El flujo de agua en el tubo, al igual que el flujo de carga en el alambre que conecta el generador Van de Graaff con la tierra, cesará cuando se igualen las presiones en cada extremo (eso queda implicado al decir que el agua busca su propio nivel). Es posible obtener un flujo continuo si se mantiene la diferencia en niveles del agua y, en consecuencia, entre las presiones de agua, usando una bomba adecuada (Figura 23.1b).

Corriente eléctrica



FIGURA 23.2

Cada coulomb de carga que se hace pasar por un circuito que conecta las terminales de esta batería de 1.5 V se energiza con 1.5 J.

Así como una corriente de agua es el flujo de moléculas de H_2O , la **corriente eléctrica** es el flujo de carga eléctrica. En circuitos de alambres conductores metálicos, los electrones forman el flujo de la carga. Es porque uno o más electrones de cada átomo del metal tienen libertad de movimiento por toda la red de átomos. Esos portadores de carga se llaman *electrones de conducción*. Por otro lado, los protones no se mueven porque están enlazados dentro de los núcleos de los átomos, y están más o menos asegurados en posiciones fijas. Sin embargo, en los fluidos conductores, como en un acumulador de automóvil, los iones positivos suelen formar el flujo de la carga eléctrica.

La *tasa* del flujo eléctrico se mide en *amperes*. Un ampere es una tasa de flujo igual a un coulomb de carga por segundo. (Recuerda que 1 coulomb es la unidad normal de la carga, y es la carga eléctrica de 6.25 millones de billones de electrones.) Por ejemplo, en un alambre que conduzca 5 amperes pasan 5 coulombs de carga por cualquier área transversal del alambre cada segundo. ¡Son muchos electrones! En un alambre que conduzca 10 amperes, cada segundo pasa doble cantidad de electrones por cada área transversal.

Es interesante observar que un conductor de corriente no tiene carga eléctrica. Bajo condiciones ordinarias, los electrones de conducción, negativos, pasan por la red de átomos formada por núcleos atómicos con carga positiva. Hay entonces tantos electrones como protones en el conductor. Si un alambre conduce corriente o no, su carga neta normal es cero en cualquier momento.

Fuentes de voltaje

Las cargas sólo fluyen cuando son “empujadas” o “impulsadas”. Una corriente estable requiere de un dispositivo impulsor adecuado que produzca una diferencia en el potencial eléctrico: un voltaje. Una “bomba eléctrica” es, en este sentido, cierto tipo de fuente de voltaje. Si cargamos una esfera metálica positivamente y otra negativamente, podemos establecer entre ellas un voltaje grande. Esta fuente de



FIGURA 23.3

Una excepcional fuente de voltaje. El potencial eléctrico entre la cabeza y la cola de la anguila eléctrica (*Electrophorus electricus*) puede llegar hasta 600 V.

voltaje no es una bomba eléctrica buena, porque cuando se conectan las esferas con un conductor, los potenciales se igualan en un solo y breve golpe de cargas en movimiento, lo cual no es práctico (como descargar un generador Van de Graaf). Por otro lado, los generadores o los baterías químicas son fuentes de energía en los circuitos eléctricos y capaces de mantener un flujo estable.

Los acumuladores, las pilas, las baterías y los generadores eléctricos efectúan trabajo para separar las cargas negativas de las positivas. En las baterías químicas, este trabajo lo hace la desintegración química del zinc o del plomo en un ácido, y la energía almacenada en los enlaces químicos se convierte en energía potencial eléctrica.² Los generadores, como pueden ser los alternadores en los automóviles, separan las cargas por inducción electromagnética; este proceso lo describiremos en el capítulo 25. El trabajo efectuado por cualquier medio para separar las cargas opuestas queda disponible en las terminales de la batería o del generador. Esos distintos valores de energía entre carga establecen una diferencia de potencial (voltaje). Este voltaje es la “presión eléctrica” que mueve a los electrones a través de un circuito que se conecte con esas terminales.

La unidad de diferencia de potencial eléctrico (voltaje) es el *volt*.³ Un acumulador común de automóvil suministra una presión eléctrica de 12 volts a un circuito conectado con sus terminales. Entonces, a cada coulomb de carga que se haga pasar por el circuito se le suministran 12 joules de energía.

Con frecuencia surge cierta confusión acerca de si la carga fluye *a través* de un circuito y si un voltaje se imprime *a través* de un circuito. Se pueden diferenciar esos conceptos al imaginar un tubo largo lleno de agua. El agua fluirá *a través* del tubo, si hay una diferencia de presión *a través* (o entre) sus extremos. El agua pasa del extremo de alta presión al de baja presión. Sólo fluye el agua, pero no la presión. Asimismo, la carga eléctrica fluye debido a diferencias en la presión eléctrica (el voltaje). Se dice que las cargas fluyen *a través* de un circuito porque hay un voltaje aplicado *a través* del circuito. No se dice que el voltaje fluye a través de un circuito. El voltaje no va a ninguna parte, porque son las cargas las que se mueven. El voltaje produce la corriente (si el circuito está completo).



Guarda tus pilas en un lugar frío y seco. Si las guardas en el refrigerador, durarán un poco más.

¡EUREKA!

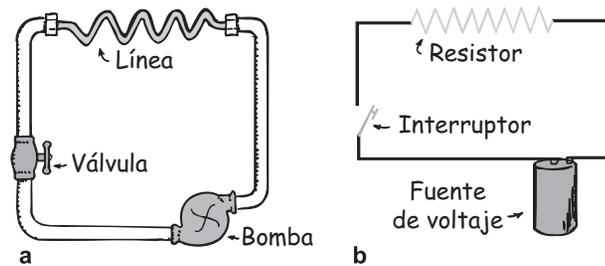


FIGURA 23.4

a) En un circuito hidráulico, un tubo angosto (oscuro) presenta resistencia al flujo del agua. b) En un circuito eléctrico, una bombilla de luz u otro aparato (que se representan con el símbolo en zigzag) presenta resistencia al flujo de los electrones.

² La vida de la batería depende del tiempo que comparte su energía química con dispositivos de circuitos. Al igual que las tuberías de agua, que se tapan por el sobreuso y el tiempo, la batería desarrolla una resistencia que acorta aún más su vida útil. Puedes ver cómo funcionan las baterías en cualquier libro de química.

³ En esta parte de la física la terminología puede ser confusa, por lo que he aquí un breve resumen de términos: *potencial eléctrico* y *potencial* quieren decir lo mismo: energía potencial eléctrica por unidad de carga. Sus unidades son volts. Por otro lado, *diferencia de potencial* es lo mismo que *voltaje*: la diferencia en potencial eléctrico entre dos puntos de una trayectoria de conducción. Las unidades de voltaje también son volts.

Resistencia eléctrica



FIGURA 23.5

Pasa más agua por una manguera gruesa que por una delgada, al conectarlas al sistema de agua potable (con la misma presión del agua). Lo mismo sucede con la corriente eléctrica en conductores gruesos y delgados conectados a través de la misma diferencia de potencial.

Sabemos que una batería o un acumulador de algún tipo es el impulsor, primer móvil y fuente de voltaje en un circuito eléctrico. La corriente que se maneje no sólo depende de su voltaje, sino también de la **resistencia eléctrica** que ofrece el conductor al paso de la carga. Eso se parece a la tasa del flujo de agua en un tubo, que depende no sólo de la diferencia de presión entre los extremos del tubo, sino también de la resistencia que presenta el tubo mismo. Un tubo corto presenta menos resistencia al flujo del agua que uno largo: cuanto mayor sea el diámetro del tubo, su resistencia será menor. Es igual con la resistencia de los conductores por los que fluye la corriente. La resistencia de un alambre depende de su grosor y su longitud, así como de su conductividad. Los alambres gruesos tienen menos resistencia que los delgados. Los alambres más largos tienen más resistencia que los más cortos. El alambre de cobre tiene menos resistencia que el de acero, si tienen las mismas medidas. La resistencia eléctrica también depende de la temperatura. Cuanto mayor sea la agitación de los átomos dentro del conductor, será mayor la resistencia que presente al flujo de la carga. Para la mayoría de los conductores, mayor temperatura equivale a mayor resistencia.⁴ La resistencia de algunos materiales llega a ser cero a muy bajas temperaturas. Son los superconductores que se mencionaron en forma breve en el capítulo anterior.

La resistencia eléctrica se expresa en unidades llamadas *ohms*. Se suele usar la letra griega *omega* mayúscula, Ω , como símbolo del ohm. El nombre de la unidad es en honor del físico alemán Georg Simon Ohm, quien descubrió en 1826 una relación sencilla, pero muy importante, entre el voltaje, la corriente y la resistencia.

Ley de Ohm (opcional)



La unidad de resistencia eléctrica es el ohm, Ω , como la antigua canción: "Ohm, ohm on the Range."

¡EUREKA!

THE Physics Place
Ley de Ohm

La relación entre voltaje, corriente y resistencia se resume en un enunciado llamado **ley de Ohm**. Ohm descubrió que la corriente en un circuito es directamente proporcional al voltaje impuesto a través del circuito, y es inversamente proporcional a la resistencia del circuito. Es decir:

$$\text{Corriente} = \frac{\text{voltaje}}{\text{resistencia}}$$

En su forma dimensional

$$\text{Amperes} = \frac{\text{volts}}{\text{ohms}}$$

Entonces, para un circuito dado de resistencia constante, la corriente y el voltaje son proporcionales entre sí.⁵ Eso quiere decir que voltaje doble produce corriente doble. Cuanto mayor sea el voltaje, mayor será la corriente. Pero si en un circuito se eleva la resistencia al doble, la corriente bajará a la mitad. A mayor resistencia, la corriente será menor. La ley de Ohm tiene sentido.

⁴ Una excepción interesante es la del carbón. A medida que aumenta la temperatura, cada vez más átomos de carbono se agitan y se desprenden de un electrón. Eso aumenta la facilidad de paso de la corriente. Así, la resistencia del carbón baja al aumentar la temperatura. Esto y (principalmente) su alto punto de fusión hacen que se use el carbón en lámparas de arco.

⁵ En muchos libros se representa el voltaje con V , la corriente con I y la resistencia con R , y expresan la ley de Ohm en la forma $V = IR$. Entonces, $I = V/R$, o $R = V/I$, por lo que si se conocen dos variables se puede calcular la tercera. Los símbolos de las unidades son V para volts, A para ampere y Ω para ohms.

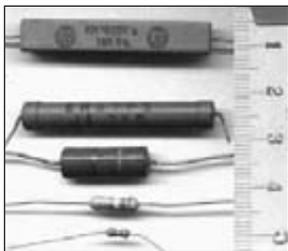


FIGURA 23.6
Resistores. El símbolo de la resistencia en un circuito eléctrico es $\sim\sim\sim$.

La ley de Ohm indica que una diferencia de potencial de 1 volt establecida a través de un circuito cuya resistencia es 1 ohm, producirá una corriente de 1 amper. Si en el mismo circuito se imprimen 12 volts, la corriente será de 12 amperes. La resistencia de un cordón normal para bombilla de luz es mucho menor que 1 ohm, mientras que una bombilla de luz normal tiene una resistencia mayor que 100 ohms. Una plancha o un tostador eléctrico tienen una resistencia de 15 a 20 ohms. Recuerda que para determinada diferencia de potencial, menor resistencia equivale a más corriente. En aparatos como los receptores de TV y computadoras, la corriente se regula con elementos especiales en el circuito, llamados *resistores*, cuyas resistencias pueden ir desde unos cuantos hasta millones de ohms.

EXAMÍNATE

1. ¿Cuánta corriente pasa por una bombilla de luz que tiene 60 W de resistencia, cuando hay 12 V a través de ella?
2. ¿Cuál es la resistencia de un freidor eléctrico que toma 12 A al conectarse en un circuito de 120 V?



La corriente es un flujo de carga, que el voltaje pone en movimiento al ejercer presión sobre ella, mientras que la resistencia le dificulta el paso.

¡EUREKA!



Manejo de cables eléctricos

Ley de Ohm y choques eléctricos (opcional)

¿Qué causa el choque eléctrico en el cuerpo humano, la corriente o el voltaje? Los efectos dañinos del choque son causados por la corriente que pasa por el organismo. De acuerdo con la ley de Ohm se puede ver que esa corriente depende del voltaje que se aplique, y también de la resistencia eléctrica del cuerpo humano. La resistencia del organismo depende de su condición, y va desde 100 ohms si está empapado con agua salina, hasta unos 500,000 ohms si la piel está muy seca. Si tocamos los dos electrodos de un acumulador con los dedos secos, cerrando el circuito de una mano a la otra, nuestra resistencia aproximada será de 100,000 ohms. Normalmente, no podremos sentir la corriente que producen 12 volts o 24 volts, sólo con los dedos. Si la piel está mojada, los 24 volts pueden ser muy desagradables. En la tabla 23.1 se describen los efectos de distintas cantidades de corriente en el cuerpo humano.

TABLA 23.1
Efecto de las corrientes eléctricas en el organismo

Corriente (A)	Efecto
0.001	Se puede sentir
0.005	Es doloroso
0.010	Causa contracciones musculares involuntarias (espasmos)
0.015	Causa pérdida del control muscular
0.070	Si pasa por el corazón, lo perturba gravemente; es probable que sea fatal si la corriente dura más de 1 s

COMPRUEBA TUS RESPUESTAS

1. 1/5 de A. Se calcula con la ley de Ohm: $12 \text{ V}/60 \Omega = 0.2 \text{ A}$.
2. 10 Ω . Reacomoda la ley de Ohm como sigue:

$$\text{Resistencia} = \text{voltaje}/\text{corriente} = 120 \text{ V}/12 \text{ A} = 10 \Omega.$$

EXAMÍNATE

1. Con la resistencia de $100,000 \Omega$, ¿cuál será la corriente a través de tu cuerpo al tocar las terminales de un acumulador de 12 volts?
2. Si tu piel está muy mojada y tu resistencia es de sólo $1,000 \Omega$, y tocas las terminales de un acumulador de 12 V, ¿cuánta corriente recibirás?

Cada año mueren muchas personas debido a las corrientes de circuitos eléctricos comunes de 120 volts. Si tocas con la mano una bombilla defectuosa de 120 volts, estando parado sobre el piso, habría una “presión eléctrica” de 120 volts entre tu mano y el piso. En las condiciones normales de humedad del organismo, es probable que la corriente no baste para causar lesiones graves. Pero si estás descalzo en una tina mojada y conectada a tierra con la tubería, la resistencia entre tú y la tierra es muy pequeña. Tu resistencia eléctrica sería tan baja que una diferencia de potencial de 120 volts podría generar una corriente dañina en tu cuerpo. Recuerda que definitivamente no debes manejar aparatos eléctricos cuando te estés bañando.

Las gotas de agua que se juntan en los interruptores de apagado/encendido de aparatos tales como secadoras de cabello pueden conducir la corriente hacia el usuario. Aunque el agua destilada es un buen aislante, los iones que tiene el agua ordinaria reducen mucho su resistencia eléctrica. Esos iones se producen por los materiales disueltos, en especial las sales. En general, la transpiración de la piel deja una capa de sal, que cuando se moja, baja su resistencia hasta algunos cientos de ohms, o menos, dependiendo de la distancia a través de la cual actúe el voltaje.

Para que haya un choque eléctrico se requiere una *diferencia* de potencial eléctrico, es decir, una diferencia de voltaje, entre una parte del organismo y otra. La mayoría de la corriente pasará por el camino de menor resistencia eléctrica entre esos dos puntos. Imagina que cayeras de un puente, y te pudieras colgar de una línea de transmisión de alto voltaje para detener tu caída. Mientras no toques otra cosa con distinto potencial no recibirás un choque eléctrico. Aun cuando el alambre tenga miles de volts respecto al potencial de tierra, y aun cuando te cuelgues con las dos manos, no pasará carga apreciable de una mano a la otra. Eso se debe a que no hay diferencia apreciable de potencial eléctrico entre las manos. Sin embargo, si con una mano te sujetas de un conductor con distinto potencial... ¡cuidado! Todos hemos visto a las aves posadas en líneas de alto voltaje. Todas las partes de sus cuerpos están al mismo alto potencial que el alambre, por lo que no sienten efectos perjudiciales.

En la actualidad la mayoría de las clavijas o conectores, y los receptáculos o contactos eléctricos tienen tres patas, y no dos, como antes. Las dos patas planas principales de una clavija son para el cable doble (de dos alambres) conductor de la corriente; uno de los dos alambres “está vivo” (energizado) y el otro es neutral,



FIGURA 23.7

El pájaro puede posarse con seguridad en un alambre con alta tensión, pero mejor sería que no se estirara y tocara el alambre cercano. ¿Por qué?



COMPRUEBA TUS RESPUESTAS

1. $\frac{12 \text{ V}}{100,000 \Omega} = 0.00012 \text{ A.}$
2. $\frac{12 \text{ V}}{1,000 \Omega} = 0.012 \text{ A. ¡Cuidado!}$

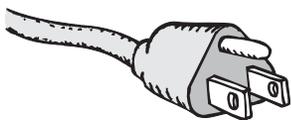


FIGURA 23.8

La pata redonda conecta el cuerpo del electrodoméstico directamente a tierra. Toda carga que se acumule en un electrodoméstico, por lo tanto, pasa a tierra y se evita un choque accidental.

mientras que la pata redonda se conecta a tierra (figura 23.8). Los electrodomésticos en el otro extremo del cable se conectan a los tres conductores. Si el alambre vivo en el aparato conectado toca por accidente la superficie metálica del mismo, y tú tocas el aparato, podrías recibir un choque peligroso. Eso no sucede cuando la caja del aparato se conecta a tierra a través del cable de tierra y la pata redonda, y así se asegura que la caja del aparato esté siempre a un potencial cero, el de la tierra.

Los choques eléctricos pueden quemar los tejidos del organismo e interrumpir las funciones nerviosas normales. Pueden perturbar las pautas eléctricas rítmicas que mantienen el latido sano del corazón, y también pueden alterar el centro nervioso que controla la respiración. Al tratar de rescatar a una persona que se esté electrocutando, lo primero que se debe hacer es encontrar y apagar la fuente de energía. A continuación hay que proporcionar los primeros auxilios hasta que llegue la ayuda experta. Para las víctimas de un ataque cardíaco, por otra parte, a veces el choque eléctrico puede servir para hacer que se inicien de nuevo los latidos del corazón.

EXAMÍNATE

¿Qué causa el choque eléctrico, la corriente o el voltaje?

Corriente directa y corriente alterna

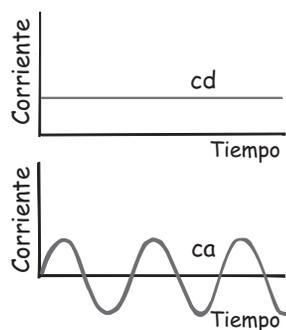


FIGURA 23.9

Gráficas de la ca y cd en función del tiempo.

La corriente eléctrica puede ser cd o ca. La cd es la **corriente directa**, que es el flujo de cargas en *una dirección*. Un acumulador produce corriente directa en un circuito, porque sus terminales tienen siempre el mismo signo: la terminal positiva siempre es positiva y la terminal negativa siempre es negativa. Los electrones fluyen de la terminal negativa, que los repele, hacia la terminal positiva, que los atrae, y siempre se mueven por el circuito en la misma dirección. Aun cuando la corriente se haga en impulsos desiguales, mientras los electrones se muevan sólo en una dirección será cd.

La **corriente alterna** es lo que su nombre implica. Los electrones en el circuito se mueven primero en una dirección, y después en dirección contraria, alternando de aquí para allá con respecto a posiciones relativamente fijas. Esto se hace alternando la polaridad del voltaje en el generador o en la fuente de voltaje. En Estados Unidos, casi todos los circuitos comerciales de ca implican voltajes y corrientes que alternan a una frecuencia de 60 ciclos por segundo. Es corriente con frecuencia de 60 Hz.



COMPRUEBA TU RESPUESTA

El choque eléctrico *sucede* cuando la corriente pasa por el organismo, y esa corriente es *causada* por el voltaje impreso. Entonces, la *causa* inicial es el voltaje, pero la corriente es lo que causa el daño.



En los circuitos de ca, 120 volts es el promedio de la “raíz cuadrática media” del voltaje. El voltaje real en un circuito de ca de 120 volts varía entre +170 y -170 volts, para suministrar la misma potencia a una plancha o a un tostador, que un circuito de cd de 120 volts.

¡EUREKA!

En algunos lugares se usan corrientes con frecuencias de 25, 30 o 50 hertz. En todo el mundo, la mayoría de los circuitos residenciales y comerciales son de ca, porque el voltaje de la energía eléctrica se puede aumentar con facilidad, para transmitirlo a grandes distancias con poca pérdida térmica, y después se baja hasta los voltajes relativamente seguros con que se consume la energía. La causa de que todo esto sea así se explicará en el capítulo 25.

El voltaje normal de la ca en Estados Unidos es de 120 volts. En los primeros días de la electricidad había mayores voltajes, que con frecuencia quemaban los filamentos de las bombillas eléctricas. Por tradición se adoptaron 110 volts como primer patrón, porque hacía que las bombillas de esa época brillaran con tanta intensidad como la de una lámpara de gas. Así, los cientos de centrales eléctricas que se construyeron en Estados Unidos, antes de 1900, producían electricidad a 110 volts (o a 115 o a 120 volts). Cuando se popularizó la energía eléctrica en Europa, los ingenieros habían calculado cómo fabricar bombillas de luz que no se quemaran con tanta rapidez a mayores voltajes. La transmisión de potencia es más eficiente cuando los voltajes son mayores, así que Europa adoptó 220 volts como patrón. En Estados Unidos permanecieron con 110 volts (hoy son 120 volts, oficialmente) por tanto equipo que había ya instalado para 110 volts. (Algunos aparatos, como las estufas eléctricas y las secadoras de ropa, usan voltajes mayores.)

El uso primario de la corriente eléctrica, ya sea cd o ca, es transferir la energía silenciosa y flexiblemente, así como de forma conveniente de un lugar a otro.

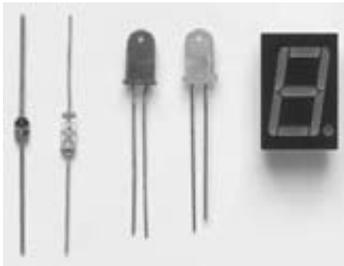


FIGURA 23.10

Diodos. Como indica el símbolo $\rightarrow|$ la corriente fluye en dirección de la flecha, pero no en dirección contraria.

Conversión de ca a cd (opcional)

La corriente en el hogar es ca. La corriente en un dispositivo de baterías, por ejemplo, una calculadora de bolsillo, es cd. Puedes trabajar con estos aparatos en ca, en vez de con tales baterías, si los conectas a un convertidor de ca-cd. Además de un transformador para bajar el voltaje (capítulo 25), el convertidor usa un *diodo*, que es un dispositivo electrónico diminuto que funciona como una válvula de una dirección, que permite el flujo de electrones sólo en una sola dirección (figura 23.10). Como la corriente alterna cambia de dirección cada medio ciclo, pasa por el diodo sólo durante la mitad de cada periodo. La salida es una cd tosca, desconectada la mitad del tiempo. Para mantener la corriente continua y alisar las jorobas, se utiliza un condensador (figura 23.11).

Recuerda que, en el capítulo anterior, dijimos que un condensador funciona como un almacén de carga. Así como se necesita tiempo para subir el nivel del agua en un tanque al agregarle el líquido, se necesita tiempo para agregar o quitar electrones de las placas de un condensador. En consecuencia, un condensador produce un efecto de retardo en los cambios de corriente. Se opone a cambios de voltaje y alisa los impulsos en la salida.



FIGURA 23.11

La entrada del agua a la tina puede ser en forma de cubetadas o impulsos repetidos, pero la salida es una corriente bastante uniforme. Sucede lo mismo en un condensador.

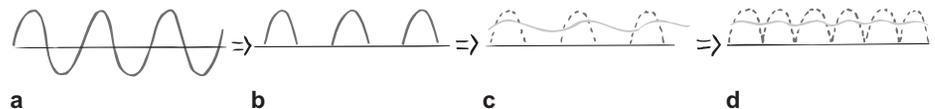


FIGURA 23.12

a) Cuando la entrada a un diodo es de ca, b) la salida es una cd pulsante. c) Un condensador que se carga y se descarga con lentitud permite que la corriente sea más continua y uniforme. d) En la práctica se usa un par de diodos, para que no haya huecos en la salida de la corriente. El par de diodos invierte la polaridad de medios ciclos alternos, en vez de eliminarlos.

Rapidez y fuente de electrones en un circuito (opcional)

Cuando encendemos el interruptor de luz de una bombilla eléctrica y se completa el circuito, ya sea de ca o de cd, parece que la bombilla se enciende de inmediato. Cuando hacemos una llamada telefónica, la señal eléctrica que conduce nuestra voz viaja por los conductores de interconexión a una rapidez aparentemente infinita. Esta señal se transmite por los conductores casi a la rapidez de la luz.

Los electrones *no* se mueven con esa rapidez.⁶ Aunque los electrones dentro de un metal a temperatura ambiente tienen una rapidez promedio de algunos millones de kilómetros por hora, no forman una corriente porque se mueven en todas las direcciones posibles. No hay flujo neto en alguna dirección de preferencia. Pero cuando se conecta un acumulador o un generador, dentro del conductor se establece un campo eléctrico. Los electrones continúan sus movimientos erráticos, pero al mismo tiempo el campo los impulsa. El campo eléctrico es el que puede viajar por un circuito casi a la rapidez de la luz. El conductor funciona como guía o “tubo” para las líneas del campo eléctrico (figura 23.13). En el espacio fuera del alambre, el campo eléctrico tiene una distribución determinada por la ubicación de las cargas eléctricas, incluyendo las que haya en el alambre. Dentro del alambre, el campo eléctrico se dirige a lo largo de su longitud.

Si la fuente de voltaje es cd, como el acumulador de la figura 23.13, las líneas de campo eléctrico se mantienen en una dirección en el conductor. Los electrones de conducción se aceleran por el campo, en una dirección paralela a las líneas de campo. Antes de que su rapidez alcance un valor apreciable, “rebotan” en los iones metálicos anclados, que interrumpen sus trayectorias, y les transfieren algo de su energía cinética. Ésta es la causa por la que se calientan los conductores con corriente. Esos choques interrumpen el movimiento de los electrones, por lo que la rapidez con la que migran a lo largo del alambre es muy baja. Este flujo neto de electrones tiene una *velocidad de deriva*. En un circuito de cd normal, por ejemplo, el sistema eléctrico de un automóvil, los electrones tienen una velocidad de deriva en promedio de un centésimo de centímetro por segundo. ¡Un electrón tardaría así unas 3 horas en recorrer 1 metro de alambre!



Después de fallar más de 6,000 veces en sus intentos por crear la primera bombilla eléctrica, Edison afirmó que sus ensayos no fueron fallas, porque tuvo éxito en descubrir 6,000 formas que no funcionaban.

¡EUREKA!

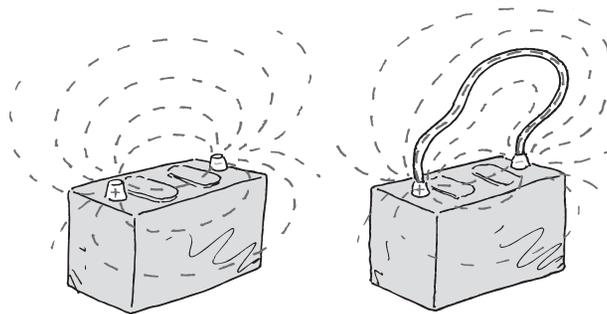


FIGURA 23.13

Las líneas de campo eléctrico entre las terminales de un acumulador fluyen a través de un conductor que une las terminales. Aquí se muestra un conductor de metal grueso, pero la trayectoria de una terminal a otra suele ser a través de un circuito eléctrico. (No recibirás choques eléctrico si tocas ese conductor, pero podrías quemarte ¡porque probablemente estará muy caliente!)

⁶ Se han dedicado muchos esfuerzos y gastos para construir aceleradores de partículas que puedan llevar a los electrones y los protones a rapidezces cercanas a la rapidez de la luz. Si los electrones en un circuito común se movieran así de rápido, sólo tendríamos que doblar un alambre, en ángulo agudo, para que los electrones que condujera tendrían mucha cantidad de movimiento que fallaría en dar la vuelta y seguir el conductor, ¡formando un haz comparable al producido por los aceleradores!

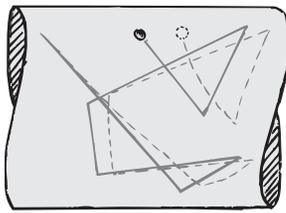


FIGURA 23.14

Las líneas continuas representan una trayectoria aleatoria de un electrón que va rebotando por una red de átomos, a la rapidez promedio de $1/200$ de la rapidez de la luz. Las líneas punteadas indican una trayectoria exagerada e idealizada, de cómo sería cuando se aplicara un campo eléctrico. El electrón va a la deriva, o es arrastrado hacia la derecha, con una *velocidad de deriva* mucho menor que la de un caracol.



Thomas Edison hizo mucho más que inventar una bombilla incandescente en 1879. Resolvió los problemas que implicaba construir los dínamos, los sistemas de cableado y las conexiones para iluminar la ciudad de Nueva York. Hizo que el teléfono funcionara adecuadamente; además, nos legó la música grabada y el cinematógrafo. También desarrolló un método para inventar: su laboratorio de New Jersey fue el primero de los modernos laboratorios de investigación industrial.

¡EUREKA!

Es posible tener grandes corrientes por las grandes cantidades de electrones que se muevan. Así, aunque una señal eléctrica va casi a la rapidez de la luz por un conductor, los electrones que se mueven en respuesta a esa señal lo hacen más despacio que un caracol.

En un circuito de ca, los electrones de conducción no avanzan en absoluto por el alambre. Oscilan en forma rítmica, hacia adelante y hacia atrás, respecto a posiciones relativamente fijas. Cuando hablas con tu amigo por teléfono, lo que atraviesa la ciudad casi a la rapidez de la luz es *la pauta* del movimiento oscilatorio. Los electrones, que ya están en el alambre, vibran al ritmo de la pauta que se propaga.

Una idea equivocada común acerca de las corrientes eléctricas es que se propagan por los alambres conductores debido a que los electrones rebotan entre sí; que un impulso eléctrico se transmite en forma parecida al efecto dominó, en que una ficha que se cae transfiere su caída a toda la fila de fichas paradas y cercanamente espaciadas. Eso no es cierto. El concepto del efecto dominó es bueno para la transmisión del sonido; pero no para la transmisión de la energía eléctrica. Los electrones que se pueden mover con libertad en un conductor son atraídos por el campo eléctrico que se establece sobre ellos, y no por los choques entre ellos. Es cierto que chocan entre sí y con otros átomos, pero eso los desacelera y constituye una resistencia para su movimiento. Los electrones en toda la trayectoria cerrada de un circuito reaccionan todos en forma simultánea con el campo eléctrico.

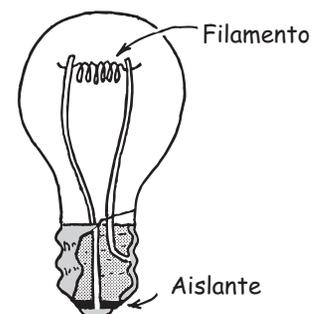
Otra idea equivocada acerca de la electricidad es el origen de los electrones. En una ferretería puedes comprar una manguera que no contenga agua. Pero no puedes comprar un tramo de alambre, que es un “tubo de electrones”, que no tenga electrones. La fuente de electrones en un circuito es el material conductor mismo. Algunas personas imaginan que los contactos eléctricos en las paredes de las casas son una fuente de electrones. Piensan que los electrones pasan de la planta generadora por las líneas de suministro y llegan a los contactos de pared del hogar. Esto no es cierto. Los contactos en los hogares son de ca. En un circuito de ca, los electrones no hacen un movimiento neto a través de un conductor en un circuito de ca.

Cuando conectas una bombilla en un contacto, pasa *energía* del contacto a ella, y no electrones. La energía es transportada por el campo eléctrico pulsante, y produce movimiento vibratorio de los electrones que ya existen en el filamento de la bombilla. Si se aplican 120 volts a una bombilla, se disipa un promedio de 120 joules de energía por cada coulomb de carga que se pone a vibrar. La mayoría de esta energía eléctrica se transforma en calor, y algo de ella toma la forma de luz. Las empresas eléctricas no venden electrones. Venden *energía*. Tú pones los electrones.

Así, cuando sufras un choque eléctrico, los electrones que forman la corriente en tu organismo se originan en él. Los electrones no salen de un alambre, pasan

FIGURA 23.15

Los electrones de conducción que van de aquí para allá en el filamento de la bombilla no provienen de la fuente de voltaje. Para empezar, están en el filamento. La fuente de voltaje sólo les manda impulsos de energía.





¿Por qué es correcto decir que la energía del acumulador de un automóvil en última instancia proviene del combustible en el tanque de gasolina?

¡EUREKA!

por tu cuerpo y van a tierra; pero la energía sí. La energía sólo hace que vibren al unísono los electrones libres que ya existen en tu cuerpo. Las vibraciones pequeñas causan hormigueo, pero las vibraciones grandes pueden ser fatales.

EXAMÍNATE

1. Considera a los miembros de una banda de guerra que están parados en reposo. Tú puedes ponerlos en movimiento de dos formas: 1. Dar a la última persona de la línea un empujón que se transmita hasta la primera persona de la línea. 2. Dar la orden "Listos, marchen". ¿Cuál es parecida a la forma en que los electrones en un circuito se mueven cuando se cierra un interruptor, y cuál a la forma en la que viaja el sonido?
2. En la bombilla de la figura 23.15, ¿por qué la luz se emite por el filamento y no por el conductor que se conecta?

Potencia eléctrica (opcional)



FIGURA 23.16

En la bombilla eléctrica se indican la potencia y el voltaje del mismo: "100 W 120 V". ¿Cuántos amperes pasan por esta bombilla?

A menos que esté en un superconductor, una carga que se mueva por un circuito pierde energía eléctrica. Esa energía puede hacer que el circuito se caliente, o que haga girar un motor. La rapidez con la que la energía eléctrica se convierte en otra forma, como energía mecánica, calor o luz, se llama **potencia eléctrica**, la cual es igual al producto de la corriente por el voltaje:⁷

$$\text{Potencia} = \text{corriente} \times \text{voltaje}$$

Si el voltaje se expresa en volts y la corriente en amperes, la potencia se expresa en watts. Entonces, en forma dimensional:

$$\text{Watts} = \text{amperes} \times \text{volts}$$

Si una bombilla de 120 watts funciona en un circuito de 120 volts, tomará una corriente de 1 ampere (120 watts = 1 ampere \times 120 volts). Una bombilla de 60 watts toma $\frac{1}{2}$ ampere en un circuito de 120 volts. Esta relación es práctica para conocer el costo de la energía que suele ser de algunos centavos por kilowatt-hora, dependiendo del lugar. Un kilowatt equivale a 1,000 watts, y 1 kilowatt-hora

COMPRUEBA TUS RESPUESTAS

1. Dar el comando de "Listos, marchen" es similar a la forma en que los electrones se mueven cuando experimentan el campo eléctrico que energiza el circuito cuando se cierra el interruptor. Un marchista que se empuje repentinamente contra otro es similar a la forma en que viaja el sonido.
2. La energía se suministra y se disipa en localidades de resistencia de circuito. Casi toda la resistencia en la bombilla está en el filamento. Por lo tanto, el filamento brilla con luz visible.

⁷ Recuerda que en el capítulo 7 dijimos que potencia = trabajo/tiempo; 1 watt = 1 J/s. Observa que las unidades de la potencia mecánica y la potencia eléctrica (el trabajo y la energía se miden en joules):

$$\text{Potencia} = \frac{\text{carga}}{\text{tiempo}} \times \frac{\text{energía}}{\text{carga}} = \frac{\text{energía}}{\text{tiempo}}$$

CELDA DE COMBUSTIBLE

Por otro lado, una *celda de combustible* convierte la energía química de un combustible en electricidad de forma continua e indefinida, siempre y cuando se le suministre combustible. En una versión, el hidrógeno combustible y el oxígeno del aire reaccionan químicamente para producir electrones e iones, además de agua. Los iones fluyen internamente dentro de la celda en una dirección; en tanto que los electrones fluyen externamente a través de un circuito incorporado en otra dirección. Como esta reacción convierte directamente energía química en electricidad, es más eficiente que si se quemara el combustible para producir calor, lo cual a la vez produce vapor para hacer girar las turbinas y generar electricidad. El único producto de desperdicio de tal celda de combustible es agua pura, ¡lista para beberse!

Una nave espacial utiliza celdas de hidrógeno combustible para cubrir sus necesidades de electricidad. (Su hidrógeno y su oxígeno se llevan a bordo en recipientes presurizados.) Las celdas también producen más de 100 galones de agua potable para los astronautas durante una misión común de una semana. En aplicaciones terrestres, los investigadores están desarrollando celdas de combustible para automóviles y autobuses. Los autobuses experimentales con celdas de combustible ya están en funcionamiento en varias ciudades como Vancouver, Columbia Británica y

Chicago, Illinois. En el futuro, los edificios comerciales y las viviendas familiares podrán equiparse con celdas de combustible como una alternativa a la electricidad que suministran las plantas generadoras regionales.

Entonces, ¿por qué en la actualidad las celdas de combustible no se han difundido ampliamente? Porque son más caras que otros dispositivos de energía, como los motores de gasolina y diesel: de hecho, son casi 100 veces más caras por unidad de energía producida. Además, está la cuestión de la disponibilidad del combustible elegido: el hidrógeno. Aunque el hidrógeno es el elemento más abundante en el Universo y es muy abundante en nuestro entorno inmediato, está muy bien guardado en las moléculas de agua y de hidrocarburos. No está disponible en estado libre y se requiere energía para separarlo de las moléculas de las que está fuertemente enlazado. La energía necesaria para hacer hidrógeno actualmente es abastecida por fuentes de energía convencionales.

El hidrógeno es, en efecto, un medio para almacenar energía. Al igual que la electricidad, se crea en un lugar y se consume en otro distinto. En el futuro las celdas de combustible serán atractivas cuando su costo disminuya y cuando el hidrógeno necesario para impulsarlas se genere con fuentes de energía alternativa, como la energía eólica.



Hay que estar al pendiente de los contendientes para producir hidrógeno combustible en la proyectada economía basada en este gas.

¡EUREKA!

representa la cantidad de energía consumida durante una hora a la tasa de 1 kilowatt.⁸ En consecuencia, en un lugar donde la energía cueste 5 centavos por kilowatt-hora, una bombilla eléctrica de 100 watts puede funcionar durante 10 horas, a un costo de 5 centavos, o bien \times centavo por cada hora. El funcionamiento de un tostador o una plancha, que toman más corriente y en consecuencia mucho más energía, cuesta unas 10 veces más.

EXAMÍNATE

1. Si una línea a un contacto de 120 V está limitada a 15 A mediante un fusible de seguridad, ¿servirá para hacer funcionar una secadora de cabello de 1,200 W?
2. A 10¢/ kWh, ¿cuánto cuesta hacer trabajar la secadora de cabello de 1,200 W durante una hora?

COMPRUEBA TUS RESPUESTAS

1. Sí, de acuerdo con la ecuación $\text{watts} = \text{amperes} \times \text{volts}$, se ve que la corriente = $1,200 \text{ W}/120 \text{ V} = 10 \text{ A}$, por lo que la secadora funcionará al conectarse en el circuito. Pero con dos secadoras en el mismo circuito, el fusible se “volará”.
2. 12¢ el cálculo es: $(1,200 \text{ W} = 1.2 \text{ kW}; 1.2 \text{ kW} \times 1 \text{ h} \times 10 \text{ ¢/kWh} = 12¢)$.

⁸ Como potencia = energía/tiempo, un reordenamiento sencillo nos da energía = potencia \times tiempo; así, la energía se puede expresar en unidades de *kilowatt-horas* (kWh).

Circuitos eléctricos (opcional)



Cualquier trayectoria a lo largo de la cual pasen los electrones es un *circuito*. Para que haya un flujo continuo de electrones debe haber un circuito completo, sin interrupciones. El interruptor eléctrico que se puede abrir o cerrar para cortar o dejar pasar el flujo de energía es el que hace la interrupción. La mayoría de los circuitos tienen más de un dispositivo que recibe la energía eléctrica. Esos dispositivos se suelen conectar en el circuito en una de dos formas: *en serie* o *en paralelo*. Cuando se conectan en serie, forman una sola trayectoria para el flujo de los electrones entre las terminales del acumulador, generador o contacto de pared (que sólo es una extensión de las anteriores terminales). Cuando se conectan en paralelo forman ramales, y cada ramal es una trayectoria separada para el flujo de electrones. Las conexiones en serie y en paralelo tienen sus propias características. Describiremos brevemente los circuitos que usan esos dos tipos de conexiones.

Circuitos en serie (opcional)

En la figura 23.17 se muestra un **circuito en serie** sencillo. Tres bombillas se conectan en serie con una batería. Cuando se cierra el interruptor casi de inmediato se establece la misma corriente en las tres bombillas. Cuanto mayor sea la corriente en una lámpara, mayor será su luminosidad. Los electrones no se “acumulan” en cualquier lámpara, pero fluye *a través* de cada lámpara simultáneamente. Algunos electrones se alejan de la terminal negativa de la batería, y algunos se acercan a la terminal positiva, mientras que otros más atraviesan el filamento de cada bombilla. Al final los electrones recorren todo el circuito (pasa la misma cantidad de corriente por la batería). Es el único camino de los electrones en el circuito. Una interrupción en cualquier parte de la trayectoria es un circuito abierto, y cesa el paso de los electrones. Si se funde un filamento de una bombilla, o simplemente si se abre el interruptor, se puede causar esa interrupción.

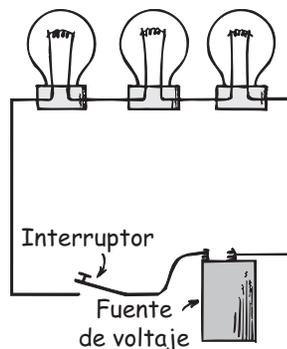
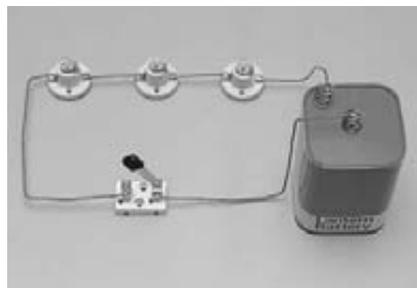
El circuito de la figura 23.17 ilustra las siguientes características importantes de una conexión en serie:

1. La corriente eléctrica sólo tiene una ruta a través del circuito. Eso significa que la corriente que pasa por la resistencia de cada dispositivo eléctrico a lo largo de la trayectoria es la misma.
2. A esta corriente se opone la resistencia del primer dispositivo, la del segundo, la del tercero, etcétera. Entonces, la resistencia total al paso de la corriente por el circuito es igual a la suma de las resistencias individuales a lo largo de la trayectoria por el circuito.

FIGURA 23.17

Figura interactiva

Un circuito en serie sencillo. La batería de 6 V suministra 2 V a través de cada bombilla.



3. La corriente en el circuito es numéricamente igual al voltaje suministrado por la fuente, dividido entre la resistencia total del circuito. Esto es congruente con la ley de Ohm.
4. El voltaje total aplicado a través de un circuito en serie se divide entre los dispositivos o componentes eléctricos individuales del circuito, de tal manera que la suma de las “caídas de voltaje” a través de cada componente sea igual al voltaje total suministrado por la fuente. Esto es consecuencia de que la cantidad de energía suministrada a la corriente total es igual a la suma de las energías suministradas para cada dispositivo eléctrico.
5. La caída de voltaje a través de cada dispositivo es proporcional a su resistencia: también la ley de Ohm se aplica por separado a cada dispositivo. Esto es consecuencia del hecho de que se use más energía para mover una unidad de carga a través de una resistencia grande que en una resistencia pequeña.

EXAMÍNATE

1. ¿Qué le sucede a la corriente en las demás bombillas si se funde una en un circuito en serie?
 2. ¿Qué le sucede a la intensidad de la luz de cada bombilla en un circuito en serie, al agregar más bombillas al circuito?
-



¿Qué es lo que se “agota” en un circuito eléctrico, la corriente o la energía?

¡EUREKA!

Es fácil ver la principal desventaja de un circuito en serie: si falla un componente, cesa la corriente en todo el circuito. Algunas bombillas para árbol de Navidad, poco costosas, se conectan en serie. Cuando una se funde, es divertido y motivo de apuestas (o de frustración) tratar de encontrar cuál está fundida para reemplazarla.

La mayoría de los circuitos se conectan de tal manera que es posible hacer trabajar varios aparatos eléctricos en forma independiente. Por ejemplo, en tu hogar se puede apagar o encender una bombilla, sin afectar el funcionamiento de las demás, o de otros aparatos eléctricos. Esto se debe a que esos componentes no están conectados en serie, sino en paralelo.

Circuitos en paralelo (opcional)

En la figura 23.18 se ve un **circuito en paralelo** sencillo. Hay tres bombillas conectadas con los mismos dos puntos A y B. Se dice que los dispositivos eléctricos conectados con los dos mismos puntos de un circuito eléctrico están *conectados en paralelo*. El trayecto de la corriente de una terminal de la batería a la otra se completa si sólo *una* bombilla está encendida. En esta ilustración, el

COMPRUEBA TUS RESPUESTAS

1. Si se funde el filamento de una de las bombillas, se interrumpe la trayectoria que conecta las terminales de la fuente de voltaje, y cesará la corriente. Todas las bombillas se apagarán.
 2. La adición de más bombillas a un circuito en serie ocasiona un aumento en la resistencia del circuito. Eso hace que baje la corriente en el circuito y, por consiguiente, en cada bombilla, con la disminución del brillo correspondiente. Como todos los voltajes deben sumar el mismo voltaje total, será menor la caída de voltaje en cada bombilla.
-

FIGURA 23.18

Figura interactiva

Un circuito en paralelo sencillo. Una batería de 6 V suministra 6 V a través de cada bombilla.

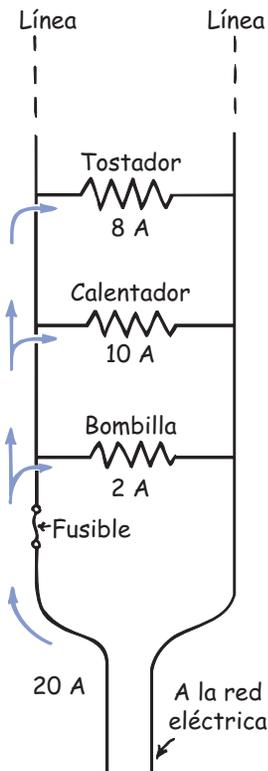
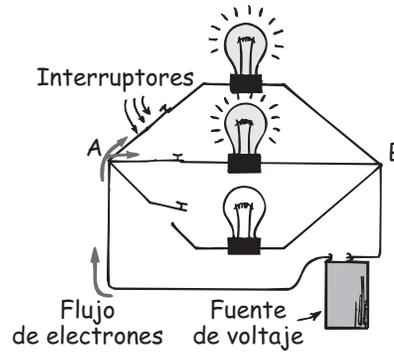
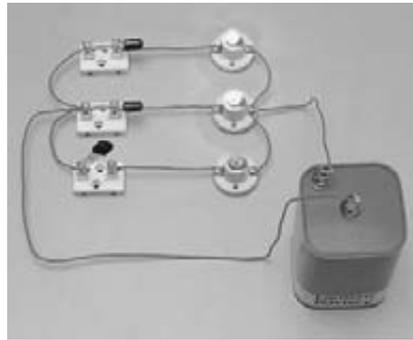


FIGURA 23.19

Diagrama de circuito de unos electrodomésticos conectados a un circuito en la casa.

circuito se ramifica en las tres trayectorias separadas de A a B. Una interrupción en cualesquiera de las trayectorias no interrumpe el flujo de cargas en las otras trayectorias. Cada dispositivo funciona en forma independiente de los demás.

El circuito de la figura 23.18 ilustra las siguientes características principales de las conexiones en paralelo:

1. Cada dispositivo conecta los mismos dos puntos A y B del circuito. En consecuencia, el voltaje es igual a través de cada dispositivo.
2. La corriente total en el circuito se divide entre las ramas en paralelo. Como el voltaje a través de cada rama es el mismo, la cantidad de corriente en cada rama es inversamente proporcional a la resistencia de la misma; la ley de Ohm se aplica por separado a cada ramal.
3. La corriente total en el circuito es igual a la suma de las corrientes en sus ramas paralelas. Esta suma es igual a la corriente en la batería o a otra fuente de voltaje.
4. A medida que aumenta la cantidad de ramas en paralelo, *disminuye* la resistencia total del circuito. La resistencia total baja con cada trayectoria que se agregue entre dos puntos cualesquiera del circuito. Esto significa que la resistencia total del circuito es menor que la resistencia de cualquier rama individual.

EXAMÍNATE

1. ¿Qué le sucede a la corriente en las demás bombillas, si una se funde en un circuito en paralelo?
2. ¿Qué le sucede a la intensidad de la luz de cada bombilla en un circuito en paralelo, al agregar más bombillas al circuito?

Circuitos en paralelo y sobrecarga (opcional)

Por lo común, la electricidad de una casa se alimenta mediante dos conductores llamados *líneas*. Esas líneas, que tienen resistencia muy baja, se ramifican en circuitos en paralelo que conectan las bombillas del techo y los contactos de pared de cada habitación. Las bombillas y los contactos de pared están conectados en paralelo, por lo que a todos se les imprime el mismo voltaje, que normalmente es de 110 a 120 volts. A medida que se conectan y encienden más aparatos, como hay más trayectorias para la corriente, baja la resistencia total del circuito. En consecuencia, por el circuito pasa mayor cantidad de corriente. La suma de esas corrientes es igual a la corriente en la línea, que puede aumentar más de su límite de seguridad. Se dice que el circuito está *sobrecargado*.

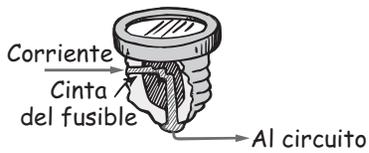


FIGURA 23.20
Un fusible de seguridad.

Podemos ver cómo ocurre una sobrecarga examinando el circuito de la figura 23.20. La línea de suministro está conectada en paralelo con un tostador eléctrico que toma 8 amperes; a un calentador eléctrico que toma 10 amperes, y a una bombilla eléctrica que toma 2 amperes. Cuando sólo funciona el tostador y toma 8 amperes, la corriente total de la línea es de 8 amperes. Cuando también está funcionando el calentador, la corriente total en la línea aumenta a 18 amperes (8 amperes al tostador y 10 amperes al calentador). Si enciendes la bombilla, la corriente aumenta a 20 amperes. Si conectas más aparatos, la corriente aumenta aún más. Si conectas demasiados dispositivos en el mismo circuito se produce un sobrecalentamiento que puede iniciar un incendio.

Fusibles de seguridad (vintage)



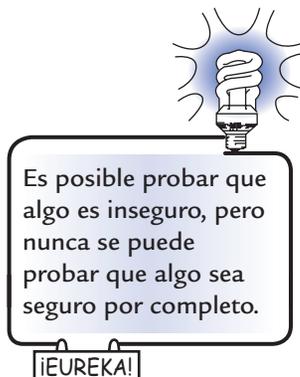
FIGURA 23.21
El electricista Dave Hewitt con un fusible de seguridad y un cortacircuitos. Él prefiere los viejos fusibles, pues los considera más confiables.

Para evitar la sobrecarga en los circuitos, se conectan fusibles en serie en la línea de suministro. De esta manera toda la corriente de la línea debe pasar por el fusible. El fusible que se ve en la figura 23.20 está fabricado con una cinta que se calienta y se funde con determinada corriente. Si la capacidad del fusible es de 20 amperes, dejará pasar 20 amperes, pero no más. Si la corriente es mayor, el fusible se funde o se “vuela” y rompe el circuito. Antes de cambiar un fusible fundido se debe determinar y eliminar la causa de la sobrecarga. Sucede con frecuencia que el aislamiento que separa los conductores de un circuito se daña y deja que los alambres se toquen. Eso reduce mucho la resistencia del circuito, y el trayecto de la corriente se acorta. Es lo que se llama *cortocircuito*.

En los edificios modernos, casi todos los fusibles se sustituyeron por cortacircuitos (*breakers*), que usan imanes o bandas bimetálicas para abrir un interruptor cuando la corriente es muy grande. Las empresas eléctricas usan cortacircuitos para proteger sus líneas de transmisión hasta los generadores.

COMPRUEBA TUS RESPUESTAS

1. Si se funde una bombilla las demás no se afectan. De acuerdo con la ley de Ohm, la corriente en cada ramal es igual a voltaje/resistencia, y como no se afectan el voltaje ni la resistencia en las demás ramas, en ellas la corriente no se afecta. Sin embargo, la corriente total en el circuito general (la corriente en la batería) baja una cantidad igual a la corriente que tomaba la bombilla en cuestión antes de fundirse. Pero la corriente en cualesquiera de las ramas no cambia.
2. La intensidad luminosa de cada bombilla no cambia cuando se agregan o se quitan otras. Sólo cambia la resistencia total y la corriente total en el circuito total, lo cual equivale a decir que cambia la corriente en el acumulador. (También el acumulador tiene su resistencia, que aquí supondremos que es despreciable.) Conforme se agregan bombillas hay más trayectorias disponibles entre las terminales del acumulador, y disminuyen en forma efectiva la resistencia total del circuito. Esta menor resistencia se acompaña por un aumento de corriente, el mismo aumento que suministra energía a las bombillas a medida que se agregan. Aunque los cambios de resistencia y de corriente se presentan en el circuito en su totalidad, no hay cambios en ninguna rama individual del circuito.



Es posible probar que algo es inseguro, pero nunca se puede probar que algo sea seguro por completo.

¡EUREKA!

Resumen de términos

Circuito en paralelo Circuito eléctrico en el que se conectan los aparatos eléctricos, de tal manera que a través de cada uno actúa el mismo voltaje, y cualesquiera de los aparatos, en forma individual, completa el circuito, en forma independiente de todos los demás.

Circuito en serie Circuito eléctrico en el que se conectan los aparatos eléctricos de tal manera que la misma corriente eléctrica pase por todos ellos.

Corriente alterna (ca) Partículas con carga eléctrica que invierten su dirección de flujo en forma repetitiva, y vibran respecto a posiciones relativamente fijas. En muchos países de América la frecuencia de vibración es de 60 Hz.

Corriente directa (cd) Partículas con carga eléctrica que fluyen sólo en una dirección.

Corriente eléctrica Flujo de carga eléctrica, que transporta energía de un lado a otro. Se mide en amperes, siendo 1 A el flujo de 6.25×10^{18} electrones por segundo, o 1 coulomb por segundo.

Diferencia de potencial Diferencia en potencial eléctrico entre dos puntos, expresada en volts. Cuando dos puntos tienen distinto potencial eléctrico y se conectan con un conductor, la carga pasa mientras exista una diferencia de potencial. (Sinónimo de *diferencia de voltaje*.)

Ley de Ohm Afirmación de que la corriente en un circuito varía en proporción directa a la diferencia de potencial o voltaje a través de un circuito, y en proporción inversa a la resistencia del circuito.

$$\text{Corriente} = \frac{\text{voltaje}}{\text{resistencia}}$$

Una diferencia de potencial de 1 V a través de una resistencia de 1 Ω produce una corriente de 1 A.

Potencia eléctrica Es la rapidez de transferencia de energía, o la rapidez con que se efectúa trabajo; es la cantidad de energía por unidad de tiempo, que se puede expresar eléctricamente por el producto de la corriente por el voltaje.

$$\text{Potencia} = \text{corriente} \times \text{voltaje}$$

Se expresa en watts (o kilowatts), siendo 1 A \times 1 V = 1 W.

Resistencia eléctrica Propiedad de un material que se opone al paso de la corriente eléctrica. Se expresa en ohms (Ω).

Lecturas sugeridas

Bryson, Bill. *A Short History of Nearly Everything*. Nueva York: Brodway Books, 2003. Trata sobre los descubrimientos científicos que siguen estas tres etapas: negar lo que es verdadero, minimizar su importancia y darle crédito a la persona equivocada.

Preguntas de repaso

Flujo de la carga

1. ¿Qué condición es necesaria para que haya flujo de calor? ¿Qué condición similar es necesaria para que haya flujo de carga?
2. ¿Qué condición es necesaria para que haya flujo continuo de agua en un tubo? ¿Qué condición similar es necesaria para que haya flujo continuo de carga en un conductor?

Corriente eléctrica

3. ¿Por qué los *electrones* y no los *protones* son los principales portadores de carga en los conductores metálicos?
4. Exactamente, ¿qué es un *ampere*?
5. ¿Por qué un conductor con corriente normalmente no tiene carga eléctrica?

Fuentes de voltaje

6. Menciona dos clases de “bombas eléctricas” prácticas.
7. ¿Cuánta energía se suministra a cada coulomb de carga que pasa por un acumulador de 12 V?
8. ¿La carga fluye *a través* de un circuito o *hacia el interior* de un circuito? ¿El voltaje *pasa a través* de un circuito o *se establece a través* de un circuito?

Resistencia eléctrica

9. ¿El agua fluye con más facilidad por un tubo grueso o por uno delgado? ¿La corriente fluye con más facilidad por un conductor grueso o por uno delgado?
10. ¿Al calentar un metal aumenta o disminuye su resistencia eléctrica?

Ley de Ohm

11. Si se mantiene constante el voltaje a través de un circuito y la resistencia aumenta al doble, ¿qué cambio habrá en la corriente?
12. Si la resistencia de un circuito permanece constante mientras que el voltaje por el circuito baja a la mitad de su valor inicial, ¿qué cambio habrá en la corriente?

Ley de Ohm y choques eléctricos

13. ¿Cómo afecta lo mojado de tu cuerpo a su resistencia eléctrica?
14. Para determinado voltaje, ¿qué sucede con la cantidad de corriente que pasa por la piel cuando sudas?
15. ¿Por qué es riesgoso manejar aparatos eléctricos estando mojado dentro de la tina de baño?
16. ¿Cuál es la función de la tercera pata redonda en un contacto doméstico moderno?

Corriente directa y corriente alterna

17. Explica la diferencia entre cd y ca.
18. ¿El acumulador de un automóvil produce cd o ca?
¿El generador de una central eléctrica produce cd o ca?
19. ¿Qué quiere decir que cierta corriente es de 60 Hz?

Conversión de ca a cd

20. ¿Qué propiedad de un diodo le permite convertir la ca en impulsos de cd?
21. Un diodo convierte la ca en impulsos de cd. ¿Qué componente eléctrico alisa el pulso y forma una cd más uniforme?

Rapidez y fuente de electrones en un circuito

22. ¿Cuál es el error al decir que los electrones en un circuito común activado por una batería viajan más o menos a la rapidez de la luz?
23. ¿Por qué se calienta un alambre que conduce corriente eléctrica?
24. ¿Qué quiere decir *velocidad de deriva*?
25. Un efecto dominó manda un impulso por una fila de fichas paradas, que se caen una tras otra. ¿Es buena explicación por similitud para la forma en que se propagan la corriente eléctrica, el sonido o ambos?
26. ¿Cuál es el error al decir que la fuente de electrones en un circuito es la batería o el generador?
27. Cuando pagas el recibo de consumo de luz, ¿qué de lo siguiente estás pagando: el voltaje, la corriente, la potencia o la energía?
28. ¿Dónde se originan los electrones que producen un choque eléctrico cuando tocas un conductor con carga?

Potencia eléctrica

29. ¿Cuál es la relación entre potencia eléctrica, corriente y voltaje?
30. ¿Cuál de las siguientes es una unidad de potencia, y cuál es una unidad de energía: watt, kilowatt, kilowatt-hora?
31. Explica la diferencia entre un *kilowatt* y un *kilowatt-hora*.

Circuitos eléctricos

32. ¿Qué es un *circuito eléctrico*?

Circuitos en serie

33. En un circuito en serie de dos bombillas, si la corriente que pasa por una es 1 A, ¿cuál será la que pase por la otra bombilla? Defiende tu respuesta.
34. Si se imprimen 6 V a través del circuito de la pregunta anterior, y el voltaje a través de la primera bombilla es de 2 V, ¿cuál es el voltaje a través de la segunda bombilla? Defiende tu respuesta.
35. ¿Cuál es la desventaja principal en un circuito en serie?

Circuitos en paralelo

36. En un circuito de dos bombillas en paralelo, si hay 6 V a través de una bombilla, ¿cuál será el voltaje a través de la otra bombilla?
37. ¿Cómo se compara la suma de las corrientes a través de los ramales de un circuito simple en paralelo con la que pasa por la fuente de voltaje?
38. A medida que se agregan más líneas a un negocio de comida rápida, se reduce la resistencia en el servicio a las personas. ¿Cómo se compara a lo que sucede cuando se agregan más ramales a un circuito en paralelo?

Circuitos en paralelo y sobrecarga

39. ¿Los circuitos de un hogar se conectan normalmente en serie o en paralelo? ¿Cuándo se sobrecargan?

Fusibles de seguridad

40. ¿Cuál es la función de los fusibles o de los cortacircuitos (*breakers*) en un circuito?

Proyectos

1. Una batería eléctrica se forma colocando dos placas de distintos metales que tengan distintas afinidades hacia los electrones, en una solución conductora. El voltaje de una batería depende del material utilizado y de las sustancias que se introducen en ella, no del tamaño de sus placas. (Una batería es, en realidad, una serie de baterías.) Puedes hacer una batería sencilla de 1.5 V colocando una banda de cobre y otra de zinc en un vaso con agua salada.

Una manera fácil de cons-

truir una batería es con un

limón. Mete un broche para

papel desdoblado y un trozo

de alambre de cobre en un

limón. Sujeta los extremos

de los alambres cerca, sin

que se toquen, y tócalos con

la lengua. El pequeño piquete

y el sabor metálico

que sientes es el resultado del paso de una corriente

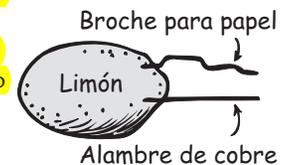
pequeña de electricidad, impulsada por la batería

formada por el limón, que pasa por los alambres

cuando la lengua mojada cierra el circuito.

2. Fíjate en el medidor eléctrico de tu hogar.

Probablemente esté en el exterior de tu casa, en la acera. Verás que además de las agujas que tiene hay un disco de aluminio que gira entre los polos de imanes, cuando pasa la corriente hacia la casa. Cuanto más corriente pase, el disco girará más rápido. La rapidez de giro del disco es directamente proporcional a la cantidad de watts que usas. Por ejemplo, da vueltas cinco veces más rápido con 500 W que con 100 W.



Con ese medidor puedes determinar cuántos watts consume un aparato eléctrico. Primero comprueba que estén desconectados todos los aparatos eléctricos de la casa (puedes dejar conectados los relojes eléctricos, porque los 2 watts que consumen apenas se notarían). El disco estará prácticamente detenido. Luego conecta una bombilla de 100 W y observa cuántos segundos tarda el disco en hacer cinco revoluciones completas. La mancha negra pintada en la orilla del disco facilita esta tarea. Desconecta la bombilla de 100 W y conecta un aparato cuya potencia desconozcas. Vuelve a contar los segundos para cinco vueltas. Si tarda el mismo tiempo, es un aparato de 100 W; si tarda el doble, es de 50 W; si tarda la mitad, es de 200 W, y así sucesivamente. De esta forma calcularás con bastante exactitud el consumo de potencia de los aparatos eléctricos.

3. Escribe una carta a tu abuelita y convéncela de que cualesquiera choques eléctricos que ella haya recibido con los años se debieron al movimiento de electrones que ya había en su cuerpo: no de los electrones que llegaron de algún otro lado.

Cálculos de un paso

Ley de Ohm: $I = V/R$

1. Calcula la corriente en un tostador que tiene un calentador eléctrico de 15Ω cuando se conecta a un contacto de 120 V.
2. Calcula cuánta corriente calienta tus pies con los choques eléctricos que tienen un calentador eléctrico de 90 ohms que se conecta a una batería de 9 volts.
3. Calcula la corriente que se mueve a través de tus dedos (con $1,000 \Omega$ de resistencia), cuando tocas las terminales de una batería de 6 volts.
4. Calcula la corriente en el filamento de 240 ohms de una bombilla que se conecta a una línea de 120 V.

Potencia = IV

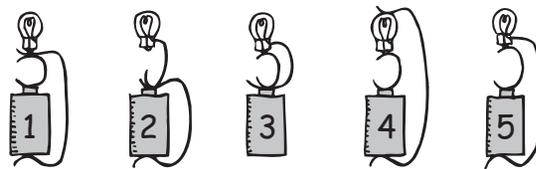
5. Calcula la potencia de un dispositivo que lleva 0.5 amperes cuando se le imprimen 120 volts.
6. Calcula la potencia de una secadora de cabello que funciona con 120 volts y toma una corriente de 10 amperes.

Ejercicios

1. ¿Qué dos cosas se pueden hacer para incrementar la cantidad del flujo en un tubo de agua? Asimismo, ¿qué dos cosas se pueden hacer para incrementar la corriente en un circuito eléctrico?
2. Imagina un tubo de agua que se ramifica en dos tubos más pequeños. Si el flujo del agua es de 10 galones por minuto en el tubo principal, y de 4 galones por

minuto en una de las ramificaciones, ¿cuánta agua por minuto fluirá en la otra ramificación?

3. Imagina un circuito con un conductor principal que se ramifica en otros dos conductores. Si la corriente es de 10 amperes en el conductor principal, y de 4 amperes en una de las ramificaciones, ¿cuánta corriente habrá en la otra ramificación?
4. Un ejemplo de un sistema hidráulico es cuando se riega el jardín con una manguera. Otro es el sistema de enfriamiento de un automóvil. ¿Cuál de ellos se comporta en forma más parecida a la de un circuito eléctrico? ¿Por qué?
5. ¿Qué le sucede a la intensidad de la luz emitida por una bombilla eléctrica cuando aumenta la corriente que pasa por ella?
6. Tu amigo te dice que en un circuito eléctrico una batería suministra los electrones. ¿Estás de acuerdo con él? Defiende tu respuesta.
7. ¿Un alambre que conduce corriente está cargado eléctricamente?
8. El profesor dice que en realidad un *ampere* y un *volt* expresan la misma cosa, y que los distintos términos sólo sirven para hacer confuso un asunto sencillo. ¿Por qué deberías pensar en cambiar de profesor?
9. ¿En cuál de los siguientes circuitos pasa una corriente que enciende la bombilla?



10. ¿En un acumulador sale más corriente que la que le entra? ¿En una bombilla entra más corriente que la que sale? Explica por qué.
11. Algo se “consume” en una batería y que al final se agota. Un amigo te dice que lo que en realidad se consume es la corriente. Otro amigo te dice que es la energía. ¿Quién, si fuera el caso, tendría la razón y por qué?
12. Imagina que dejas tu automóvil con las luces encendidas mientras vas al cine. Al regresar, el acumulador está muy “bajo” como para que arranque el automóvil. Llegas un amigo y te ayuda a ponerlo en marcha usando el acumulador y los cables de su automóvil. ¿Qué fenómeno físico sucede cuando tu amigo te ayuda a arrancar el automóvil?
13. Tu amigo te dice que cuando le pasas corriente a un acumulador agotado, deberías conectar tu acumulador cargado en paralelo con el acumulador agotado, el cual, en efecto, reemplaza el agotado. ¿Estás de acuerdo con él?
14. Un electrón que se mueve en un alambre choca una y otra vez contra átomos, y recorre una distancia promedio entre los choques que se llama *trayectoria*

libre media. Si ésta es menor en algunos metales, ¿qué puedes decir acerca de la resistencia de estos metales? Para determinado conductor, ¿qué puedes hacer para alargar la trayectoria libre media?

15. ¿Por qué la resistencia de un alambre cambia un poco inmediatamente después de haberlo sujetado en tu mano?
16. ¿Por qué la corriente en una bombilla incandescente es mayor inmediatamente después de encenderla que algunos momentos después?
17. Un detector de mentiras (polígrafo) sencillo consiste en un circuito eléctrico del que tu cuerpo es una parte; por ejemplo, de un dedo a otro. Un medidor sensible indica la corriente que pasa cuando se aplica un voltaje pequeño. ¿Cómo indica esta técnica que una persona está mintiendo? ¿Y cuándo esta técnica *no* puede indicar que alguien está mintiendo?
18. Sólo un pequeño porcentaje de la energía que entra a una bombilla común se transforma en luz. ¿Qué le sucede al resto de la energía?
19. ¿Por qué para conducir corrientes grandes se usan alambres gruesos y no alambres delgados?
20. ¿Por qué brilla el filamento de una bombilla eléctrica, mientras que el alambre que se conecta no lo hace?
21. ¿Una bombilla con filamento grueso tomará más corriente o menos corriente que una con filamento delgado?
22. Un alambre de cobre de 1 milla de longitud tiene 10 ohms de resistencia. ¿Cuál será su nueva resistencia cuando se acorta *a)* cortándolo a la mitad; y *b)* doblándolo a la mitad y usándolo como “un” conductor?
23. ¿Cuál es el efecto, sobre la corriente en un conductor, de duplicar tanto el voltaje como la resistencia a través de él? ¿Y si ambos se redujeran a la mitad?
24. ¿La corriente que pasa por una bombilla conectada a una fuente de 220 V será mayor o menor que cuando la misma bombilla se conecta a una fuente de 110 V?
25. ¿Qué es menos dañino: conectar un aparato para 110 V en un circuito de 220 V, o conectar un aparato para 220 V en un circuito de 110 V? Explica por qué.
26. Si a una de tus manos entra una corriente de uno o dos décimos de ampere, y sale por la otra, es probable que te electrocutes. Pero si la misma corriente entra en una mano y sale por el codo del mismo lado, puedes sobrevivir, aunque quizá la corriente sea suficiente para quemarte la carne. Explica por qué.
27. ¿Esperarías que en el filamento de una bombilla eléctrica en tu hogar hubiera cd o ca? ¿Y en un filamento de faro de automóvil?
28. ¿Los faros de los automóviles están conectados en paralelo o en serie? ¿Cómo lo compruebas?
29. Los faros de los automóviles pueden disipar 40 W en baja y 50 con las luces altas. ¿Es mayor o menor la resistencia del filamento de las luces altas?

30. ¿Qué magnitud representa la siguiente unidad: *a)* joule por coulomb, *b)* coulomb por segundo, *c)* watt-segundo?
31. Para conectar un par de resistores de modo que su resistencia combinada (equivalente) sea mayor que la resistencia de cualesquiera de ellos, ¿los debes conectar en serie o en paralelo?
32. Para conectar un par de resistores de modo que su resistencia combinada (equivalente) sea menor que la resistencia de cualesquiera de ellos, ¿los debes conectar en serie o en paralelo?
33. Entre corriente y voltaje, ¿cuál permanece igual para un resistor de 10 Ω y otro de 20 Ω conectados en serie en un circuito?
34. Entre corriente y voltaje, ¿cuál permanece igual para un resistor de 10 Ω y otro de 20 Ω conectados en paralelo en un circuito?
35. Los efectos dañinos de un choque eléctrico se deben a la cantidad de corriente que pasa por el organismo. ¿Entonces por qué hay letreros que dicen PELIGRO: ALTO VOLTAJE y no dicen PELIGRO: ALTA CORRIENTE?
36. Haz un comentario sobre el letrero de advertencia del esquema siguiente.

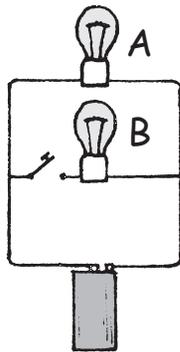


37. ¿Te debe preocupar esta etiqueta en un electrodoméstico? “Precaución: este producto contiene diminutas partículas con carga eléctrica, que se mueven a rapidez mayores de 100,000,000 kilómetros por hora.”

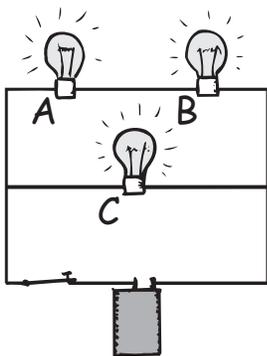


38. ¿Por qué se toma en cuenta la envergadura de las alas de las aves para determinar la distancia entre los conductores paralelos en una línea de transmisión eléctrica?
39. Estima la cantidad de electrones que la empresa eléctrica suministra anualmente a las casas de una ciudad normal de 50,000 habitantes.
40. Si los electrones fluyen con mucha lentitud en un circuito, ¿por qué no pasa un tiempo apreciable desde que se enciende el interruptor hasta que se ilumina una bombilla?
41. ¿Por qué la rapidez de una señal eléctrica es mucho mayor que la del sonido?

42. Si se produce una fuga en una bombilla y entra oxígeno, el filamento brillará mucho más antes de fundirse. Si pasa mucha corriente por una bombilla, también se funde. Describe estos procesos físicos e indica por qué la bombilla queda inservible.
43. Imagina un par de bombillas de linterna sorda conectados a una batería. ¿Brillarán más si se conectan en serie que si se conectan en paralelo? ¿La batería se agotará con mayor rapidez si se conectan en serie o en paralelo?
44. ¿Qué sucede con la luminosidad de la bombilla A cuando se cierra el interruptor y se enciende la bombilla B?

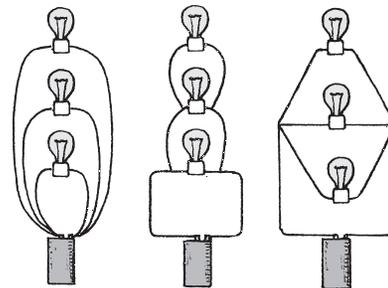


45. Si se conectan varias bombillas en serie con una batería, podrían sentirse algo calientes, pero no brillarían en forma visible. ¿Cuál es tu explicación de lo anterior?
46. En el circuito de abajo, ¿cómo se comparan los brillos de las bombillas si son idénticas? ¿Cuál de ellos toma la mayoría de la corriente? ¿Qué sucederá si la bombilla A se saca? ¿Y si se saca C?



47. A medida que se conectan en serie más y más bombillas con una batería de linterna sorda, ¿qué sucede con el brillo de cada uno? Suponiendo que no es apreciable el calentamiento en el interior de la batería, ¿qué le sucede al brillo de cada bombilla cuando se conectan más y más de ellas en paralelo?

48. ¿Qué cambios suceden en la corriente de la línea cuando se conectan más aparatos en un circuito en serie? ¿Y en un circuito en paralelo? ¿Por qué son distintas tus respuestas?
49. ¿Por qué no hay efecto en los demás ramales de un circuito en paralelo, cuando se abre o se cierra una rama del circuito?
50. Tu amigo te dice que la resistencia equivalente (combinada) de los resistores conectados en serie siempre es mayor que la resistencia del resistor más grande. ¿Estás de acuerdo con él?
51. Tu amigo te dice que la resistencia equivalente (combinada) de los resistores conectados en paralelo siempre es menor que la resistencia del resistor más pequeño. ¿Estás de acuerdo con él?
52. Tu electrónico amigo necesita un resistor de 20 ohms, pero sólo tiene resistores de 40 ohms. Él te dice que puede combinarlos para producir un resistor de 20 ohms. ¿Cómo lo haría?
53. Tu electrónico amigo necesita un resistor de 10 ohms, pero sólo tiene algunos de 40 ohms. ¿Cómo puede combinarlos para producir una resistencia equivalente de 10 ohms?
54. Cuando se conectan en serie dos resistores idénticos, ¿qué de lo siguiente es igual para ambos: a) voltaje a través de cada uno, b) potencia disipada en cada uno, c) corriente a través de cada uno? ¿Cambiaría alguna de tus respuestas si los resistores fueran distintos entre sí?
55. Cuando se conectan en paralelo dos resistores idénticos, ¿qué de lo siguiente es igual para ambos: a) voltaje a través de cada uno, b) potencia disipada en cada uno, c) corriente a través de cada uno? ¿Cambiaría alguna de tus respuestas si los resistores fueran distintos entre sí?
56. Como una batería tiene resistencia interna, si aumenta la corriente que suministra, el voltaje entre sus terminales baja. Si se conectan demasiadas bombillas en paralelo con una batería, ¿disminuirá su brillo? Explica por qué.
57. ¿Estos tres circuitos son equivalentes entre sí? ¿Por qué?



58. La figura 23.20 muestra un fusible de los que se usan en los hogares. ¿Dónde más se pondría un fusible para ser útil y fundirse sólo si surge un problema?
59. ¿La resistencia de una bombilla de 100 W es mayor o menor que la de una de 60 W? Suponiendo que los filamentos de cada bombilla tienen la misma longitud y son del mismo material, ¿cuál bombilla tiene el filamento más grueso?
60. Si se conectan en serie una bombilla de 60 W y una de 100 W en un circuito, ¿a través de cuál será mayor la caída de voltaje? ¿Y si se conectan en paralelo?

Problemas

1. La potencia en watts que se marca en una bombilla no es una propiedad inherente a ella, sino que depende del voltaje en donde se conecta, que suele ser de 110 o 120 V. ¿Cuántos amperes pasan por una bombilla de 60 W que se conecta a un circuito de 120 V?
2. Reordena la ecuación $\text{Corriente} = \text{voltaje}/\text{resistencia}$ para calcular la *resistencia* en función de la corriente y el voltaje. Luego contesta lo siguiente: cierto aparato en un circuito de 120 V tiene una corriente nominal de 20 A. ¿Cuál será la resistencia de este aparato (cuántos ohms tiene)?
3. Usa la ecuación $\text{Potencia} = \text{corriente} \times \text{voltaje}$ y calcula la corriente que toma una secadora de cabello de 1,200 W conectada en 120 V. Luego, con el método que usaste en el problema anterior, calcula la resistencia de esa secadora.
4. La carga total que puede suministrar un acumulador de automóvil hasta que se descarga se expresa en amperes-hora. Un acumulador normal de 12 V tiene una capacidad de 60 amperes-hora (60 A durante 1 h, 30 A durante 2 h, etcétera). Imagina que olvidaste apagar los faros de tu automóvil cuando lo estacionaste. Si cada uno toma 3 A de corriente, ¿cuánto tiempo pasará para que el acumulador “se muera”?
5. ¿Cuánto cuesta tener funcionando una bombilla de 100 W en forma continua durante una semana, si la tarifa eléctrica es de 15¢/kWh?
6. Una bombilla nocturna de 4 W se conecta en un circuito de 120 V y funciona en forma continua durante un año. Calcula lo siguiente: *a)* la corriente que toma, *b)* la resistencia de su filamento, *c)* la energía consumida en un año y *d)* el costo de su funcionamiento durante un año, con una tarifa de 15¢/kWh.
7. Una plancha eléctrica se conecta a una fuente de 110 V y toma 9 A de corriente. ¿Cuánto calor, en joules, disipa en un minuto?
8. ¿Cuántos coulombs de carga pasan por la plancha del problema anterior en un minuto?
9. Cierta bombilla tiene 95 ohm de resistencia, y tiene grabado “150 W”. ¿Se debe conectar en un circuito de 120 V o en uno de 240 V?
10. En periodos de máxima demanda, las empresas eléctricas bajan el voltaje. Así, ahorran capacidad (¡y tú ahorras dinero!). Para ver este efecto, imagina un tostador de 1,200 W que toma 10 A al conectarse en 120 V. Imagina que el voltaje baja 10%, hasta 108 V. ¿Cuánto bajará la corriente? ¿Cuánto bajará la potencia? (*Precaución:* el valor de 1,200 W es válido sólo cuando se conecta en 120 V. Cuando baja el voltaje, lo que permanece constante es la resistencia del tostador, no su potencia.)