

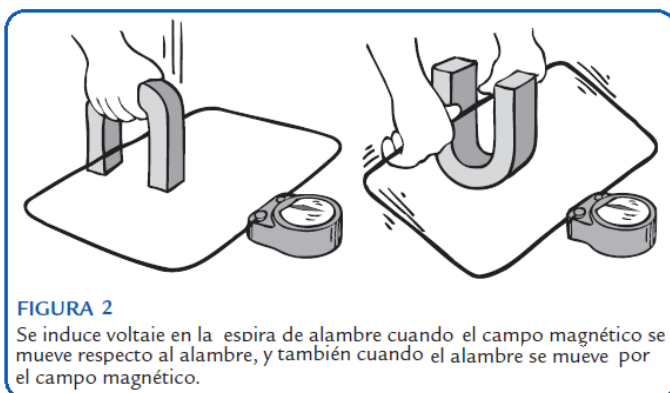
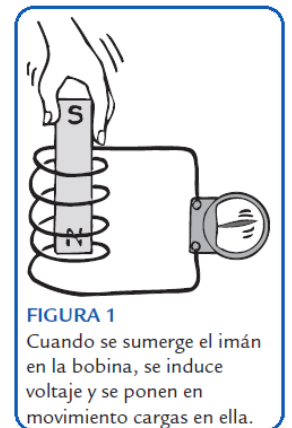
Inducción electromagnética

Objetivo: Comprender la ley de Faraday y la generación de corriente.

Nivel: Cuarto medio

A principios del siglo XIX, los únicos dispositivos para producir corriente eran las baterías voltaicas, que producían corrientes pequeñas al disolver metales en ácidos. Fueron precursoras de las baterías actuales. Oersted, en 1820, encontró que los conductores con corriente eléctrica producían magnetismo. Entonces surgió la pregunta de si era posible generar la electricidad a partir del magnetismo. En 1831 dos físicos contestaron la pregunta, Michael Faraday en Inglaterra y Joseph Henry en Estados Unidos, cada uno trabajando de forma independiente sin tener noticia del otro. Este descubrimiento cambió el mundo, al hacer que la electricidad fuera común, suministrando energía a las industrias en el día y alumbrando ciudades por la noche.

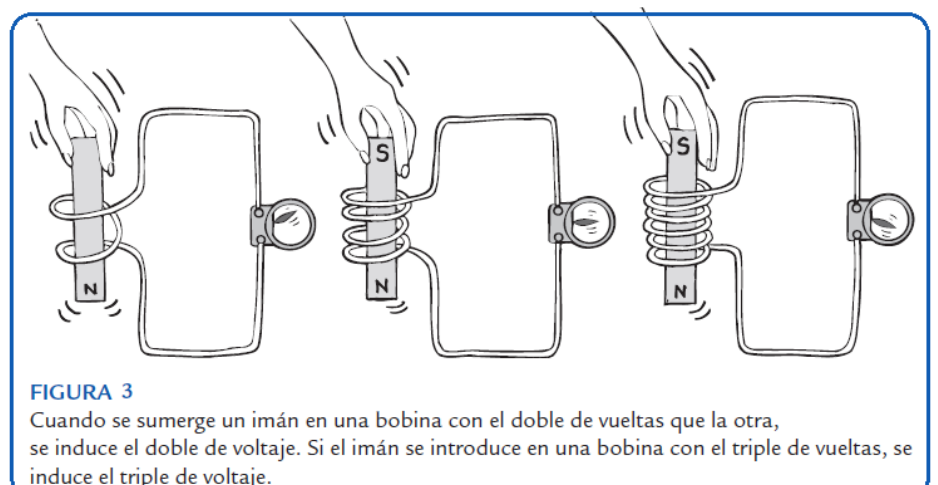
Faraday y Henry descubrieron que se puede producir corriente eléctrica en un conductor, tan sólo con introducir o sacar un imán en una parte del conductor en forma de bobina (figura 1). No se necesita batería ni algún otro voltaje, únicamente el movimiento de un imán en una espira de alambre. Descubrieron que el movimiento relativo entre un conductor y un campo magnético causa, o *induce*, un voltaje. Se induce el voltaje cuando el campo magnético de un imán se mueve cerca de un conductor estacionario, o el conductor se mueve en un campo magnético estacionario (figura 2). Los resultados son los mismos cuando el movimiento *relativo* es igual.



Cuanto mayor sea el número de vueltas del alambre en la espira que se mueven en un campo magnético, mayor será el voltaje inducido (figura 3). Al introducir un imán en doble cantidad de vueltas se induce el doble de voltaje; introduciéndolo en diez veces más vueltas se inducirá diez veces más voltaje, y así sucesivamente. Parece que se obtiene algo sin costo, sólo con aumentar la cantidad de vueltas en una

bobina de alambre. Pero, suponiendo que la bobina está conectada con un resistor u otro disipador de energía, no sucede así; se verá que es más difícil empujar un imán en una bobina con más vueltas.

Esto se debe a que el voltaje inducido forma una corriente, que a la vez forma un electroimán, que a la vez repele el imán en la mano. Cuando hay más vueltas, hay más voltaje, lo que equivale a efectuar





más trabajo para inducirlo (figura 4).

La cantidad de voltaje inducido depende de la rapidez con que las líneas del campo magnético entren o salgan de la bobina. El movimiento muy lento casi no produce voltaje. El movimiento rápido induce un voltaje mayor. Este fenómeno de inducir voltaje al cambiar el campo magnético de una bobina de alambre se llama **inducción electromagnética**.

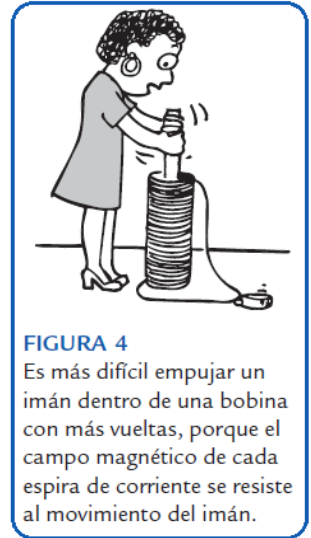


FIGURA 4
 Es más difícil empujar un imán dentro de una bobina con más vueltas, porque el campo magnético de cada espira de corriente se resiste al movimiento del imán.

Ley de Faraday

La inducción electromagnética se resume en la **ley de Faraday**, que establece que:

El voltaje inducido en una bobina es proporcional al producto del número de vueltas de la bobina por la rapidez con la que el campo magnético cambia dentro de esas vueltas.

La cantidad de *corriente* producida por la inducción electromagnética no sólo depende del voltaje inducido, sino también de la resistencia de la bobina y del circuito con el que está conectada. Por ejemplo, podemos

introducir y sacar un imán en una espira cerrada de caucho, e introducirlo y sacarlo

en una espira cerrada de cobre. El voltaje inducido en cada caso es igual, siempre que las espiras tengan el mismo tamaño y el imán se mueva con la misma rapidez.

Pero la corriente en cada caso es muy distinta. Los electrones en el caucho sienten el mismo campo eléctrico que los del cobre, pero su enlace con los átomos fijos evitan el movimiento de cargas que sucede con tanta libertad en el cobre.

Hemos descrito dos formas en las que se puede inducir voltaje en una espira de alambre: moviendo la espira cerca de un imán, o moviendo un imán cerca de la espira. Hay una tercera forma: cambiar la corriente en una espira cercana. En los tres casos se da el mismo ingrediente esencial: cambiar el campo magnético en la espira.

La inducción electromagnética nos rodea por todas partes. En la calle la vemos encender los semáforos cuando un auto pasa sobre un aparato y cambia el campo

magnético en una bobina de alambre bajo la superficie del asfalto. Los automóviles híbridos la utilizan para convertir la energía de frenado en energía eléctrica para las baterías. La vemos en los sistemas de seguridad de los aeropuertos, cuando un viajero lleva artículos de acero al pasar entre bobinas verticales, cambian el campo magnético de las bobinas y activan una alarma. La usamos en las tarjetas de cajero automático, cuando la banda magnética se hace pasar por un sensor. Escuchamos sus efectos cada vez que funciona un tocacintas. La inducción electromagnética está en todas partes.

Las linternas recargables con movimiento no necesitan baterías. Agitar la linterna durante 30 segundos le permite generar iluminación brillante durante 5 minutos. Al moverla, se produce una inducción electromagnética, pues un imán en el interior se desliza hacia un lado y otro entre las bobinas que cargan un condensador. Cuando disminuye el brillo, hay que agitarla de nuevo. Así, se suministra la energía necesaria para cargar el condensador.

Generadores y corriente alterna

Cuando el extremo de un imán se introduce y se saca en forma repetitiva de una bobina de alambre, la dirección del voltaje inducido cambia en forma alternativa. Al aumentar la intensidad del campo magnético dentro de la bobina (cuando entra el imán), el voltaje inducido en la bobina tiene una dirección. Cuando disminuye la intensidad del campo magnético (cuando sale el imán), el voltaje se induce en la dirección

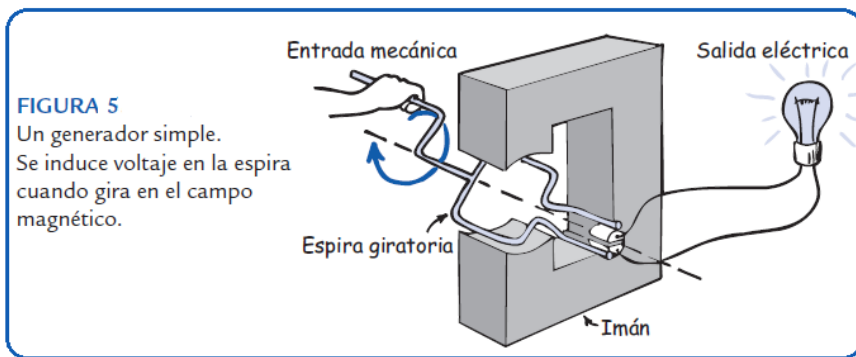


contraria. La frecuencia del voltaje alternante que se induce es igual a la frecuencia del cambio del campo magnético dentro de la bobina.

Resulta más práctico inducir voltaje moviendo una bobina que moviendo un imán. Se puede hacer girando la bobina en un campo magnético estacionario (figura 5). A este arreglo se le llama **generador**. La construcción de un generador es, en principio, idéntica a la de un motor. Se ven iguales. Sólo se invierten los papeles de la entrada y la salida. En un motor, la energía eléctrica es la entrada y la energía mecánica es la salida; en un generador, la energía mecánica es la entrada y la energía eléctrica es la salida. Ambos dispositivos transforman la energía de una clase en otra.

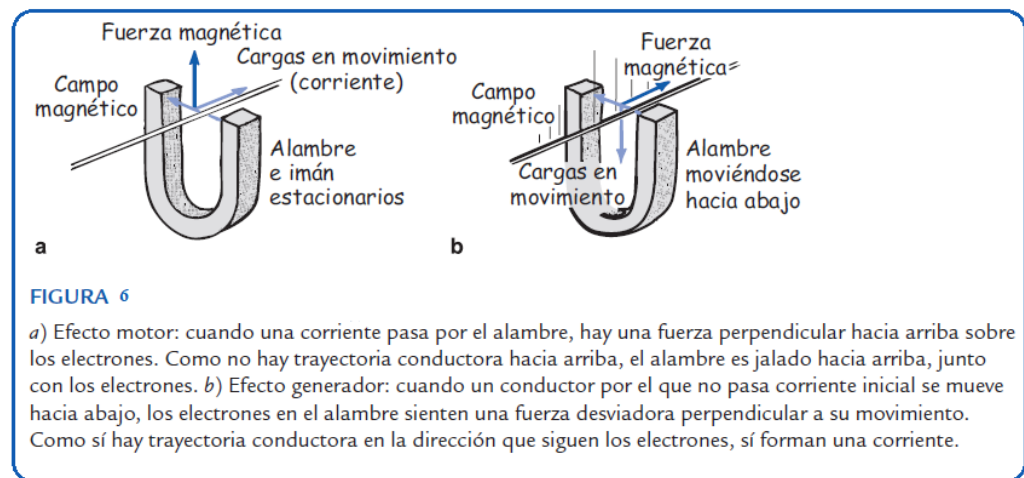
Es interesante comparar los fenómenos físicos de un motor y de un generador, y encontrar que ambos funcionan bajo el mismo principio: que los electrones en movimiento experimentan una fuerza que es perpendicular tanto a su velocidad como al campo magnético por el que atraviesan (figura 6). A la deflexión del alambre la llamaremos *efecto motor*, y a lo que sucede como resultado de la ley de inducción llamaremos *efecto generador*. Esos efectos se resumen en los incisos a) y b) de la figura. Estúdialos. ¿Puedes ver que los dos efectos se relacionan?

En la figura 7 se observa el ciclo de inducción electromagnética. Cuando la espira de alambre gira en el campo magnético hay un cambio de la cantidad de líneas magnéticas dentro de la espira. Cuando el plano de la espira es perpendicular a las líneas de campo, hay encerrado un máximo de líneas. Al girar



la espira, de hecho, corta las líneas, y cada vez quedan menos encerradas. Cuando el plano de la espira es paralelo a las líneas de campo, no queda ninguna encerrada. La rotación continua aumenta y disminuye la cantidad de líneas encerradas en forma cíclica, y la tasa de cambio máxima de líneas de campo sucede cuando el número de esas líneas de cambio encerradas son cero. Por lo tanto, el voltaje inducido es máximo cuando la espira pasa

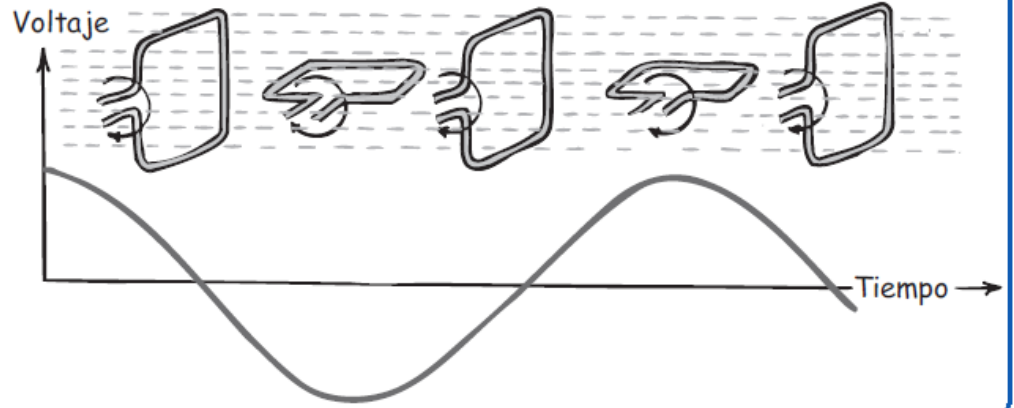
por su orientación paralela a las líneas. Como este voltaje inducido por el generador alterna la dirección, la corriente que se produce es alterna, es ca. La corriente alterna de



nuestros hogares se produce en generadores estandarizados de tal modo que la corriente pasa por 60 ciclos de cambio cada segundo: es de 60 hertz.

FIGURA 7

A medida que gira la espira, el voltaje inducido (y la corriente) cambia de magnitud y dirección. Una rotación completa de la espira produce un ciclo completo de voltaje (y de corriente).



El sensor de la guitarra son diminutas bobinas que tienen imanes integrados. Los imanes magnetizan las cuerdas de acero. Cuando vibran las cuerdas, el voltaje se induce en las bobinas y se aumenta con un amplificador, y se produce sonido en una bocina.