

# Instituto Politécnico

Universidad Nacional de Rosario Universidad Nacional de

## UNIDAD 1: Introducción al magnetismo

Accionamientos  
Electromecánicos

Masterización: RECURSOS PEDAGÓGICOS



5º Año

Cód. 21502-19

Felipe de la Torre



Dpto. de Electrotecnia



## Contenidos

Contenidos .....	1
Imanes permanentes y campo magnético .....	2
¿Qué es lo que genera un campo magnético? .....	3
¿Por qué una carga en movimiento genera un campo magnético? .....	3
¿Cómo el imán permanente genera un campo magnético? .....	3
¿Por qué un campo magnético atrae metales? .....	3
Campos magnéticos generados por distintas fuentes .....	5
Electroimanes .....	7
Entrehierro .....	8
Fuerza Magnética .....	9
Flujo magnético .....	10
Ley de Faraday-Lenz .....	11
Bibliografía .....	15
Libros .....	15

# Introducción al magnetismo

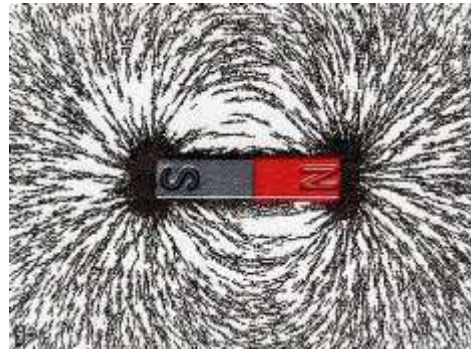
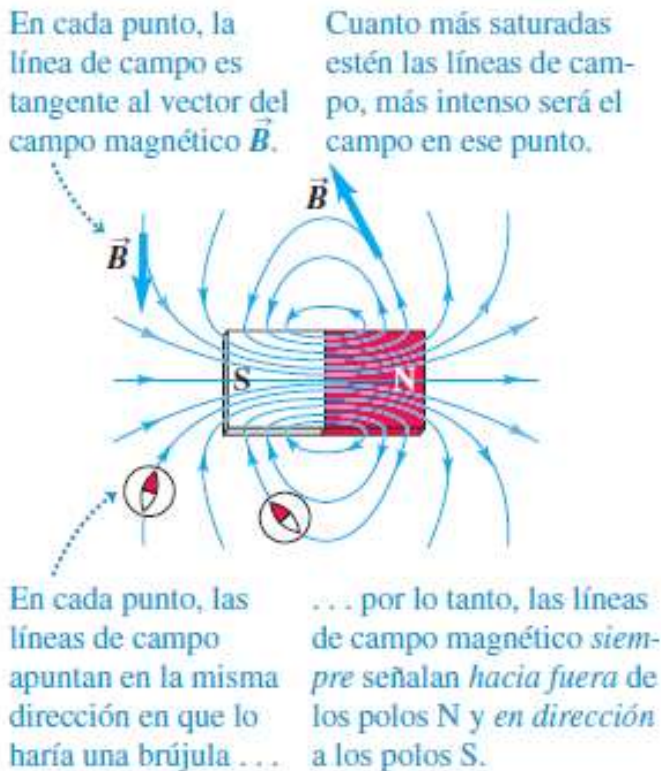
## Accionamientos Electromecánicos

### Imanes permanentes y campo magnético

Video recomendado para ver antes y después de finalizar la lectura:

[https://www.youtube.com/watch?v=7afwV\\_aJcjk](https://www.youtube.com/watch?v=7afwV_aJcjk)

Los primeros imanes permanentes que se encontraron fueron fragmentos de mineral de hierro magnetizado. Hoy en día los podemos encontrar en infinidad de formas como barras o los conocidos imanes de heladera. Un imán permanente produce un campo magnético fuera y dentro del mismo como se aprecia en las siguientes imágenes:



Cómo se observa en la primer figura, este campo magnético se lo simboliza con la letra  $\vec{B}$  y es una **magnitud vectorial**. Es decir, posee una magnitud que se mide en Teslas (T) o Gauss (G), una dirección y un sentido. La dirección y el sentido se definen como aquellos en los que tiende a apuntar el polo norte de la aguja de una brújula cuando se la traslada por el campo magnético.



---

**Video recomendado:** En el siguiente video (min 2:20 a min 4:15 ) se puede ver un experimento que muestra cómo son las líneas de campo magnético en un imán:

<https://www.youtube.com/watch?v=XCbSF-ZenKo&t=18s>

---

El concepto de campo magnético hace referencia a que determinados materiales o partículas experimentan una fuerza de atracción o repulsión al estar en las inmediaciones del campo. Esto quiere decir que el imán es capaz de generar una fuerza a distancia o, en otras palabras, sin contacto directo.

### **¿Qué es lo que genera un campo magnético?**

Una carga o conjunto de cargas en movimiento (es decir, una corriente eléctrica) producen un campo magnético. A continuación, una segunda corriente o carga en movimiento responde a ese campo magnético, con lo que experimenta una fuerza magnética

### **¿Por qué una carga en movimiento genera un campo magnético?**

No se sabe. Es simplemente un hecho que se ha observado.

### **¿Cómo el imán permanente genera un campo magnético?**

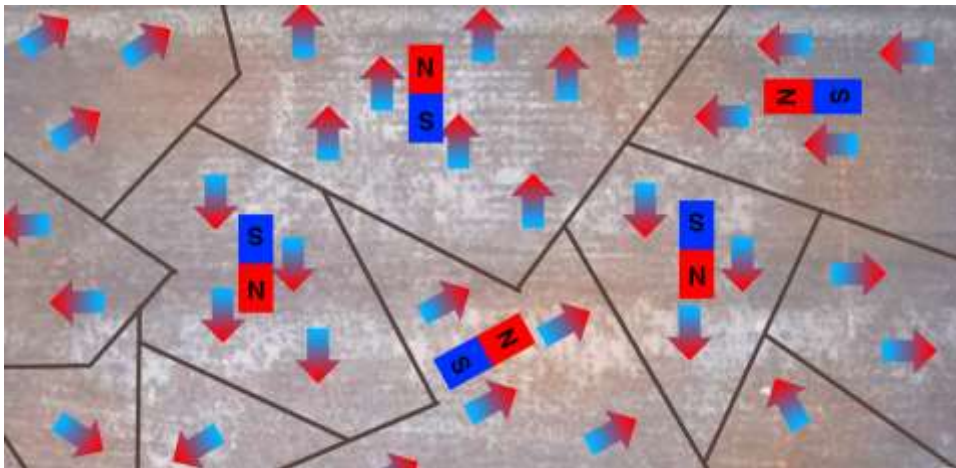
En el interior de un imán permanente, hay un movimiento coordinado de algunos electrones atómicos, a diferencia de un material no magnetizado en el que los movimientos no están coordinados. Estos electrones que se mueven de “forma coordinada” son las cargas en movimiento que generan el campo magnético.

### **¿Por qué un campo magnético atrae metales?**

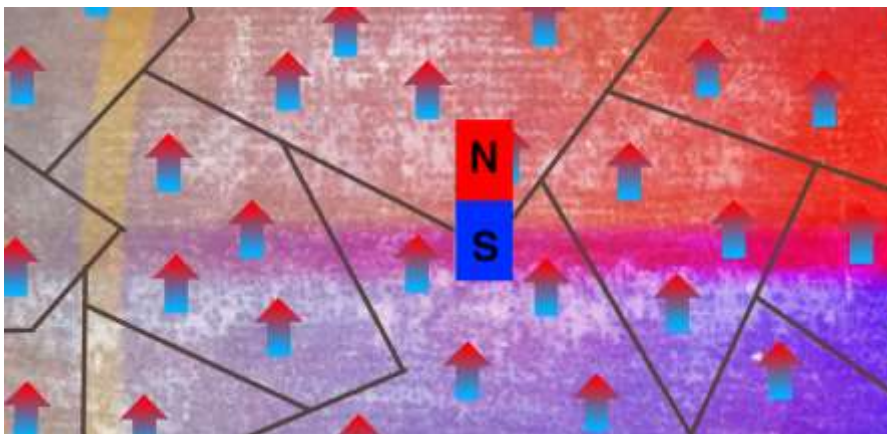
El video que se presentó al principio muestra en el minuto 2:15 que ciertos metales, que no están magnetizados, están formados por “dominios”. Cada dominio tiene una orientación magnética diferente debido a cómo se organizan los movimientos de sus electrones. Esto se puede entender como que cada dominio representa un “pequeño imán”.

# Introducción al magnetismo

## Accionamientos Electromecánicos



Cuando este metal se sumerge dentro del campo magnético de un imán permanente, experimenta fuerzas que tienden a alinear a cada uno de los “pequeños imanes”.



En esta nueva situación, el polo norte del imán permanente experimentará una fuerza de atracción con el nuevo polo sur del metal.

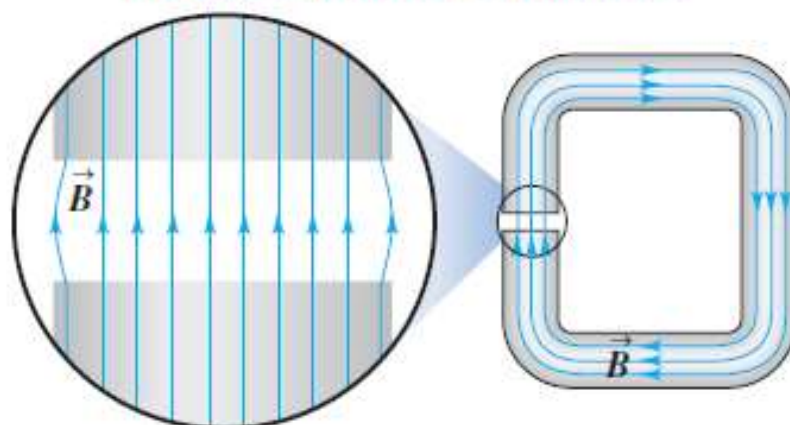


## Campos magnéticos generados por distintas fuentes

**Nota:** Por el momento cuando se habla de corriente se hace referencia a corriente continua.

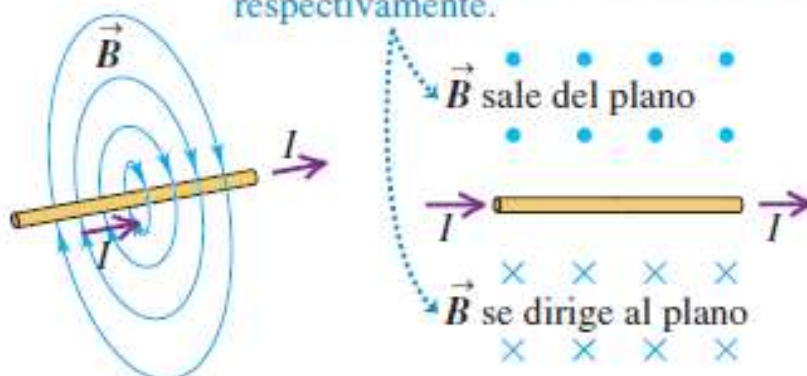
### a) Campo magnético de un imán en forma de C

Entre polos magnéticos paralelos y planos, el campo magnético es casi uniforme.



### b) Campo magnético de un alambre recto que conduce corriente

Para representar un campo que sale del plano del papel o llega a éste se usan puntos y cruces, respectivamente.



Vista en perspectiva

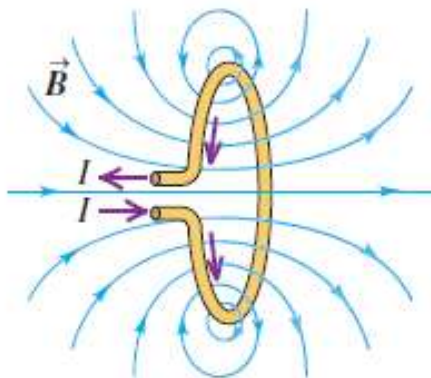
El alambre está en el plano del papel

# Introducción al magnetismo

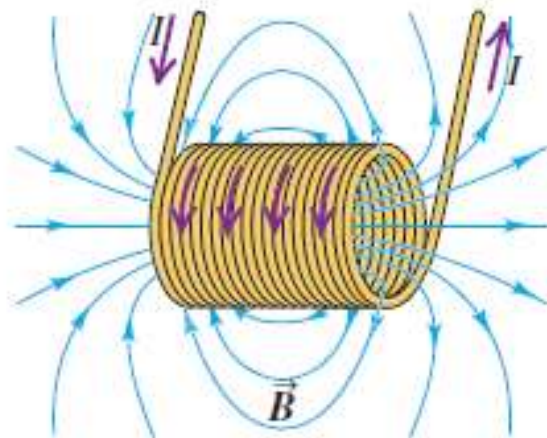
## Accionamientos Electromecánicos

El sentido de giro del campo magnético se puede deducir observando el sentido de circulación de la corriente y utilizando la regla de la mano derecha

c) Campos magnéticos de una espira y una bobina (solenoides) que conducen corriente



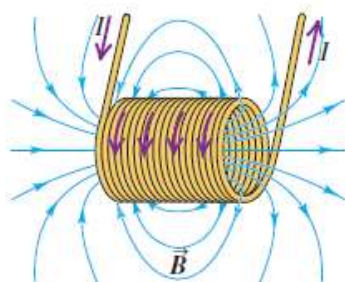
Observe que el campo de la espira y, especialmente, de la bobina, se parecen al campo de un imán de barra.



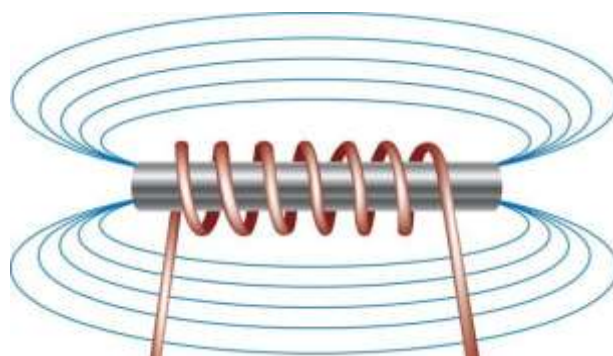


## Electroimanes

Un electroimán es un tipo de imán en el que el campo magnético se produce mediante el flujo de una corriente eléctrica, desapareciendo en cuanto cesa dicha corriente. Los electroimanes generalmente consisten en un gran número de espiras de alambre, muy próximas entre sí que crean el campo magnético. La siguiente imagen (idéntica a la anterior) representa un electroimán y se lo conoce con el nombre de **solenoides** o **bobina**.



Las espiras de alambre a menudo se enrollan alrededor de un **núcleo magnético** hecho de un **material ferromagnético**, como el hierro; el núcleo magnético concentra el flujo magnético y hace que el imán sea más potente.



El material del núcleo del imán (generalmente hierro) se compone de pequeñas regiones llamadas dominios magnéticos (como se explicó anteriormente) que actúan como pequeños imanes. Antes de que la corriente en el electroimán se active, los dominios en el núcleo de hierro están en direcciones al azar, por lo que sus campos magnéticos pequeños se anulan entre sí, y el hierro aún no tiene un campo magnético de gran escala. Cuando una corriente pasa a través de las espiras de alambre envueltas alrededor del núcleo, su campo magnético penetra en el hierro, y hace que los dominios giren, alineándose en paralelo al campo magnético, por lo que sus campos magnéticos

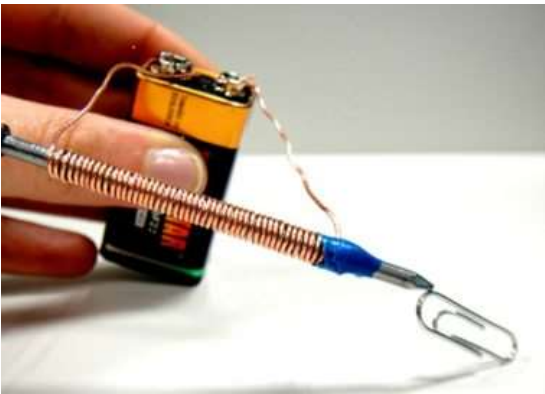


# Introducción al magnetismo

## Accionamientos Electromecánicos

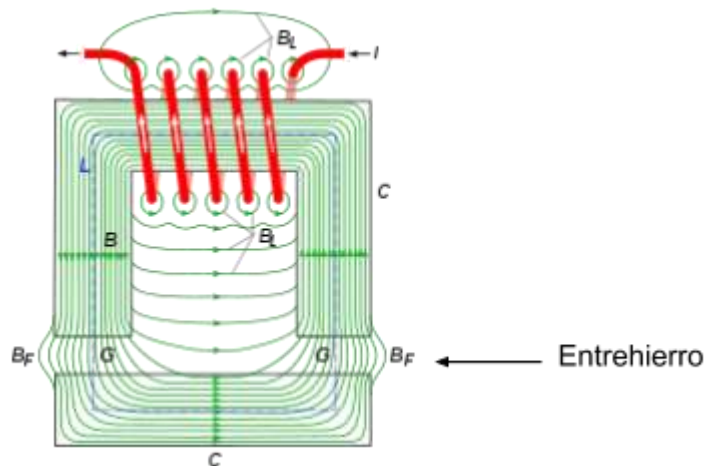
diminutos se añaden al campo generado por la corriente en las espiras, creando un campo magnético más fuerte que se extiende en el espacio.

La principal ventaja de un electroimán sobre un imán permanente, es que el campo magnético se puede cambiar de forma rápida mediante el control de la cantidad de corriente eléctrica en el devanado (conjunto de espiras). Sin embargo, a diferencia de un imán permanente que no necesita de alimentación, un electroimán requiere de una fuente de alimentación para mantener los campos. A continuación, vemos algunos ejemplos de electroimanes:



### Entrehierro

El entrehierro es la región situada en el aire entre los dos polos magnéticos de un imán o de un electroimán.

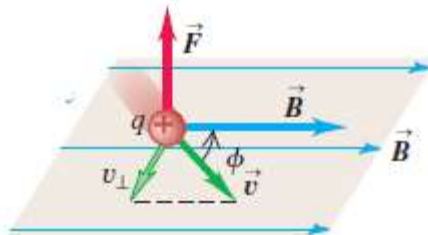


Esta disposición concentra e incrementa la intensidad de campo magnético en una zona deseada, en este caso: el entrehierro. Además, como se observa en la figura, se obtiene un campo **magnético uniforme**, la dirección del campo no varía y su intensidad se mantiene constante.



## Fuerza Magnética

Cuando una carga se mueve dentro de un campo magnético experimenta una fuerza magnética. ¿Cómo conocer la magnitud y la dirección de esa fuerza?



En la figura anterior se observa un campo magnético  $\underline{B}$  y una partícula  $q$  con carga positiva que se desplaza a una velocidad  $\underline{v}$  que posee una dirección distinta a la del campo  $\underline{B}$ . En la figura también se observa la componente de  $\underline{v}$  perpendicular al campo:  $v_{\perp}$ . Por último podemos ver la dirección de la fuerza magnética  $\underline{F}$ .

---

### DEFINICIÓN

#### Fuerza magnética

$$\underline{F} = q\underline{v} \wedge \underline{B}$$

---

La Fuerza magnética es igual al producto vectorial entre la magnitud de la carga por la velocidad de la carga y el campo magnético. Recordar que la dirección del producto vectorial viene dada por la regla de la mano derecha. Si la carga es negativa, el sentido de la fuerza magnética es opuesta a la de la regla de la mano derecha.

Es importante aclarar que esta ecuación no se deduce teóricamente, sino que es una observación basada en experimentos.

**Para pensar:** ¿Qué ocurre si la velocidad de la carga es paralela al campo magnético? ¿Y si es perpendicular? Repasar producto vectorial.

# Introducción al magnetismo

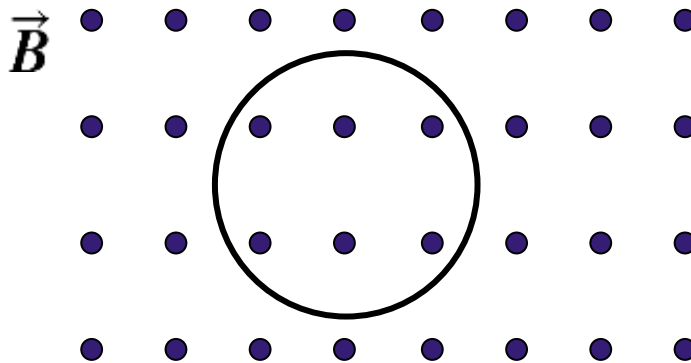
## Accionamientos Electromecánicos

**Para pensar:** Teniendo en cuenta el campo magnético que genera un conductor por el que circula corriente. ¿Qué ocurre si se coloca otro conductor en el que circule una corriente en el mismo sentido que el anterior? ¿y si la corriente circula en sentido contrario?



### Flujo magnético

Para definir el flujo magnético pensemos en una espira que es atravesada de forma perpendicular por un campo magnético uniforme (dirección e intensidad constante).



Simbolizamos el área de la espira con la letra A.

El **flujo magnético** se simboliza como  $\Phi$  (phi). Para este caso particular que estamos tratando:

---

**DEFINICIÓN**  
**Flujo magnético**  
 $\Phi = BA$

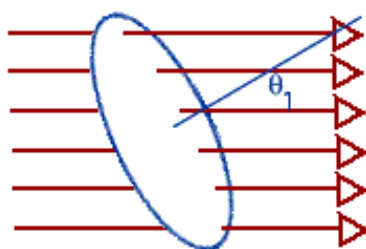
---

El flujo magnético es igual a la intensidad del campo magnético (B) por el área de la espira (A). Este concepto se puede entender como “la cantidad de campo magnético



que encierra la espira". Como se puede deducir, cuanto mayor sea el área de la espira, mayor será el flujo magnético enlazado por la espira.

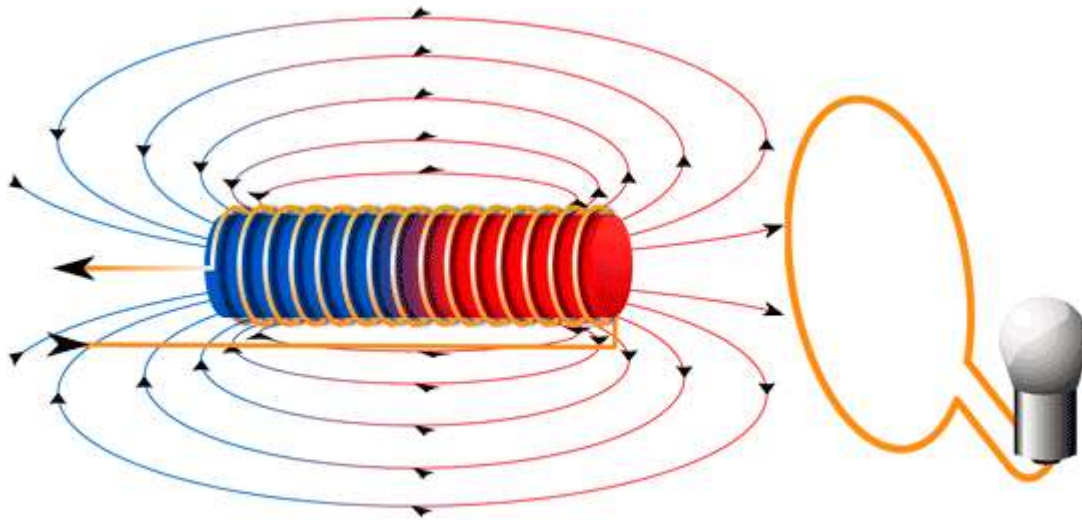
Esta ecuación sólo se cumple si se dan las condiciones expuestas al principio. En caso que la espira no esté perpendicular al campo magnético, estaría enlazando menos flujo magnético. En el siguiente GIF se puede apreciar este hecho:



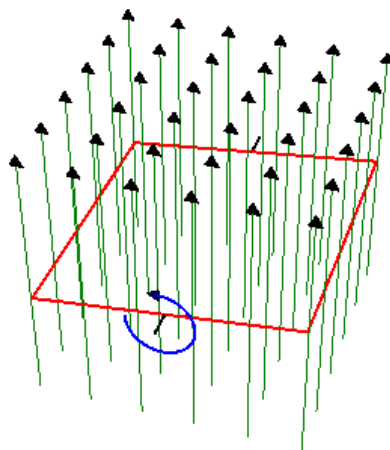
El área de la espira es atravesada por menos líneas de campo. En el caso extremo de que la espira esté paralela al campo, ninguna línea de campo atravesaría la espira y el flujo sería nulo. Para estas situaciones, la ecuación para calcular el flujo magnético  $\Phi$  cambia ligeramente. No es el objetivo de este curso conocer la ecuación exacta.

### Ley de Faraday-Lenz

La ley de Faraday establece que un **flujo magnético variable**  $\Phi$  enlazado por una espira, induce una **fem** ( $\mathcal{E}$ ) en la espira. En el siguiente GIF vemos como un electroimán se mueve dentro de una espira, lo que genera que el flujo magnético que enlaza la espira varíe en el tiempo. De esta forma, se induce una fem en la espira que enciende la lamparita.



Otra forma de obtener un flujo magnético variable en el tiempo es mantener el campo magnético estacionario y mover la espira, como se observa en el siguiente GIF:





La definición simbólica de la ley de Faraday-Lenz es la siguiente:

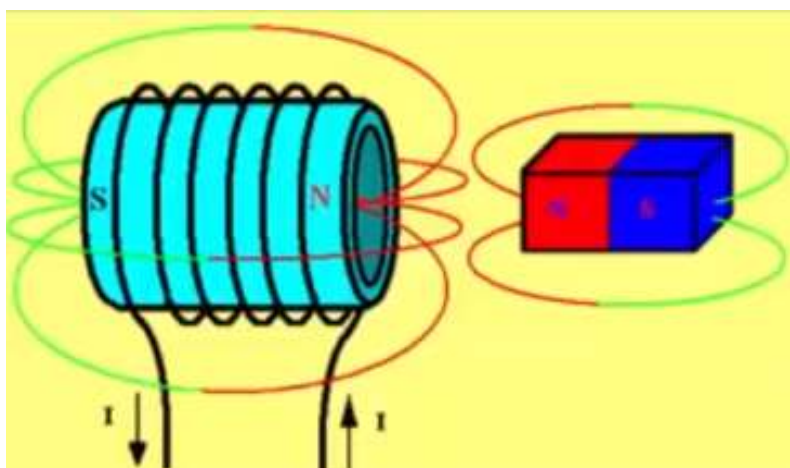
### DEFINICIÓN

Fem inducida: Ley de Faraday-Lenz

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi}{dt}$$

Si profundizamos más, en el primer GIF se induce una fem y se prende la lamparita dado que el circuito está cerrado. Por lo tanto, hay una circulación de corriente por la espira. Esta corriente genera su propio campo magnético. **Lenz explicó que este nuevo campo magnético se va a oponer a la causa que lo generó.** Esto se ve reflejado en el símbolo “-” de la ecuación.

Tratemos de comprender este concepto: supongamos que la parte roja del imán es el polo Norte, cuando acercamos este polo a la espira se induce una corriente en la misma, esta corriente genera un campo magnético. Ahora podemos pensar que la espira es también un imán, ya que está generando un campo magnético. Lenz nos dice que el polo norte de la espira va a estar orientado hacia el polo norte del electroimán. En la siguiente imagen se puede observar esto, la diferencia es que en vez de un electroimán se tiene un imán permanente y en vez de una espira se tiene un bobinado.



Entonces se enfrentan polo norte con polo norte, esto trae como consecuencia que la bobina tienda a expulsar al imán. Cuando el imán se esté alejando de la bobina, la

## Introducción al magnetismo

---

### Accionamientos Electromecánicos

corriente que se inducirá en el bobinado cambiará de signo y de esa forma cambiará la polaridad de la bobina, ahora la bobina tratará de retener al imán que se está queriendo alejar.

En otras palabras, la corriente que se está induciendo en la bobina se opone a la causa que genera su existencia: en este caso el movimiento del imán.

Esto que a primera vista parece contradictorio no lo es en absoluto. Ya que concuerda con el principio de **conservación de la energía**. Pensemos qué ocurriría si el efecto fuera al revés. En otras palabras, si la corriente inducida en la bobina generará un campo magnético que esté a favor del movimiento del imán: a medida que el imán se introduce en la espira su velocidad aumentaría, ya que es atraído por la bobina. Cómo la velocidad del imán es mayor, la variación de flujo magnético en la espira es mayor, por lo tanto, se induce una fem mayor en la bobina y esto induce una corriente mayor en la bobina que va a generar que el imán sea atraído con más fuerza hacia adentro. Como se puede ver, esto es un loop en el que el imán se acelera cada vez más hacia adentro de la bobina. Esto va en contra del principio de conservación de la energía y no ocurre en la naturaleza, ya que se estaría generando energía “de la nada”. Imaginemos que colocamos una bobina larga, acercamos un imán y este atraviesa “solo” toda la bobina a una velocidad cada vez mayor hasta salir disparado por el otro lado de la bobina. **Es por esto que Lenz dice que la fem que se induce en la bobina se opone a la causa que lo genera.**

En el segundo GIF (de la espira que gira en un campo magnético estacionario) también se va a inducir una fem. Esta fem generará la circulación de una corriente en la espira. Dicha corriente interacciona con el campo magnético estacionario a través de la aparición de una fuerza magnética en la espira. Si la espira gira en sentido horario, la fuerza magnética será en sentido anti horario. En otras palabras, disminuye la velocidad a la que gira la espira, **se opone a la causa que la genera** (que es el giro de la espira). Si el fenómeno fuese al revés, la espira giraría cada vez más y más rápido. Nuevamente, esto va en contra del principio de conservación de la energía.

---

Video recomendado: [https://www.youtube.com/watch?v=Hph2\\_7I3AsA](https://www.youtube.com/watch?v=Hph2_7I3AsA)

---



---

## **Bibliografía**

### **Libros**

Sears, Zemansky (2009) Física universitaria con física moderna

Serway, R. A., Jewett, J. W. (2008) *Física para ciencias e ingeniería*.