



# Campos Magnéticos debido a corrientes eléctricas

---

[Escriba aquí una descripción breve del documento. Normalmente, una descripción breve es un resumen corto del contenido del documento. Escriba aquí una descripción breve del documento. Normalmente, una descripción breve es un resumen corto del contenido del documento.]

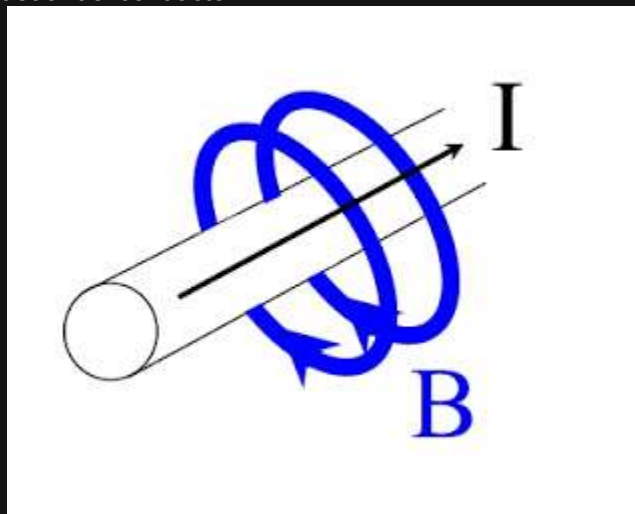
---

## Campos Magnéticos debido a corrientes eléctricas

El campo magnético producido puede analizarse para su estudio como si se tratara del campo creado por un imán, de tal manera que sea posible obtener su espectro y observar sus defectos.

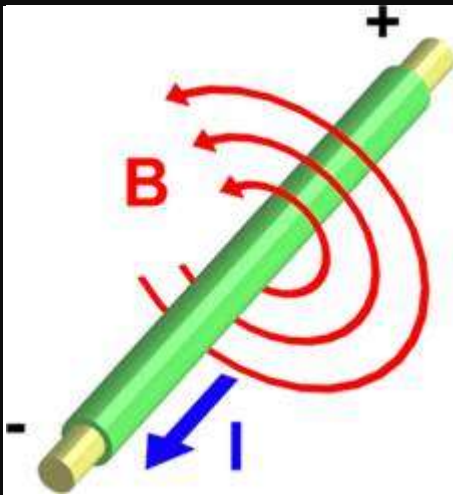
El campo magnético es producido por la corriente eléctrica que circula por un conductor; cuando la corriente eléctrica esta fluyendo se produce un campo magnético pero cuando ésta deja de fluir desaparece el campo; al dos campos interactuar se produce un movimiento en el objeto ya que estos despegan fuerzas que producen el mismo. Para determinar la expresión del campo magnético producido por una corriente se emplean dos leyes: la ley de Biot-Savart y la ley de Ampere.

Una corriente que circula por un conductor genera un campo magnético alrededor del mismo. La dirección y el sentido del campo magnético alrededor de un conductor se determinan por la regla del tirabuzón. La misma consiste en imaginar un tirabuzón que avanza representando a la corriente. Para hacerlo debe moverse girando en un determinado sentido. Ese es el sentido del campo magnético alrededor del conductor.



Un campo magnético tiene dos fuentes que lo originan. Una de ellas es una corriente eléctrica de conducción, que da lugar a un campo magnético estático. Por otro lado una corriente de desplazamiento origina un campo magnético variante en el tiempo, incluso aunque aquella sea estacionaria.

La relación entre el campo magnético y una corriente eléctrica está dada por la ley de Ampere. El caso más general, que incluye a la corriente de desplazamiento, lo da la ley de Ampere-Maxwell.



**Experimento de Oersted**

#### 1ª forma

Un conductor, por el que se hace circular la corriente y bajo el cual se sitúa una brújula.

#### 2ª forma

Este segundo experimento es igual en todo el anterior, pero sustituyendo el puente y conductor uní-filar por una bobina al aire, colocando la brújula en el centro de la bobina, conseguimos aumentar el campo magnético, y los efectos son más visibles. "Schweigger" con un experimento parecido descubrió el "multiplicador" conducente a los aparatos de medida, lo que nos demuestra que los avances siguen un camino preparado y basado en las investigaciones precedentes.

Si retrocedemos al tiempo, de aquel contexto, veremos a los investigadores manipulando innumerables veces, tanto la barra frotada como los imanes, la brújula y los conductores, con el afán de descubrir alguna relación entre magnetismo y electricidad. Los fenómenos de la electricidad estática, tenían analogía con los producidos por el magnetismo, pero no se había podido hallar una interacción entre ambas energías, o sea, que la electricidad produjera magnetismo o el magnetismo electricidad.

La transmisión por conductores era un punto en común entre las dos electricidades, pero había que encontrar efectos magnéticos en la nueva electricidad, con la esperanza de que fuera el nexo de unión entre magnetismo y electricidad.

Cuando Oersted observó que la brújula se movía al circular una corriente por un conductor próximo a ella, no le fue fácil interpretarlo, ¿podía ser este movimiento por la misma electricidad, y no por el magnetismo?, porque la electricidad también mueve la brújula cuando se le aproxima una carga estática, por ejemplo, la de una barra frotada.

Por este motivo tampoco hoy día podemos decir, está claro, que, en el experimento de Oersted, la aguja imantada se mueve reaccionando a fenómenos magnéticos.

La solución vino de la observación, la brújula se comporta de diferente manera, ante un campo de electricidad estática, que ante un imán; puesto que cuando aproximamos la barra electrizada a la brújula, la atrae, sin diferenciar los polos magnéticos de dicha brújula (lo mismo por el polo norte que por el sur que por el centro), a diferencia de lo que sucede cuando se le aproxima un imán, este atrae a la brújula, orientándola en sentido inverso de sus respectivas polaridades y al invertir el imán, la brújula gira  $180^\circ$ , ofreciendo el otro polo.

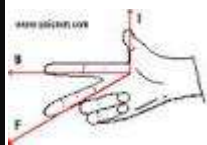
La brújula en el experimento de Oersted responde a este último criterio, se orienta como influenciada por un campo magnético que se ha creado, y si invertimos los polos de la fuente de alimentación, al cambiar con ello el sentido del campo magnético la brújula gira  $180^\circ$ , quedaba claro por primera vez la relación entre magnetismo y electricidad

Posteriormente, se buscó una respuesta de inducción eléctrica por el magnetismo, creyendo en la reversibilidad del experimento de Oersted y con la esperanza de producir electricidad por el magnetismo, tampoco fue fácil, ya que cuando aquellos precursores del conocimiento actual aproximaban un imán a un conductor, la insignificante electricidad que se inducía era inconmensurable. La solución fue aumentar la cantidad de conductor que iba a ser influido por el campo magnético, empleando bobinas, para que los efectos fueran apreciables. Por ello se llamó multiplicadores a las primeras bobinas diseñadas con tal objeto.

## Regla de la mano derecha

### Primera ley de la mano derecha

Si un cable conductor está en un [campo magnético](#), se ejerce una fuerza sobre el cable de una magnitud dada por la siguiente fórmula:  $F = iBL\sin\alpha$  Donde:  $i$  = corriente que circula por el cable  $B$  = campo magnético  $L$  = longitud del cable  $\alpha$  = ángulo entre la dirección de la corriente y la dirección del campo magnético, como se muestra en la figura 1.



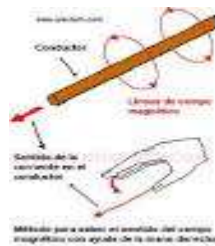
Si por el cable circula una [corriente](#) ( $i$ ) en el sentido que muestra el dedo pulgar en la figura y el [campo magnético](#) ( $B$ ) tiene el sentido que muestra el dedo índice, se ejercerá sobre el cable que conduce la corriente ( $i$ ) una fuerza ( $F$ ) que tiene la dirección mostrada por el dedo medio. En el caso que existiesen  $N$  cables en presencia de un campo magnético, la fuerza magnética inducida será la fuerza en un cable multiplicado por  $N$ . Por lo tanto la fórmula será:  $F = NiBL\sin\alpha$

## Segunda ley de la mano derecha

Cuando una corriente alterna o corriente continua viaja por un conductor (cable), genera a su alrededor un efecto no visible llamado campo electromagnético. Este campo forma unos círculos alrededor del cable como se muestra en la figura 2. Hay círculos cerca y lejos del cable en forma simultánea.

El campo magnético es más intenso cuanto más cerca está del cable y esta intensidad disminuye conforme se aleja de él, hasta que su efecto es nulo.

Se puede encontrar el sentido que tiene el flujo magnético si se conoce la dirección que tiene la corriente en el cable y se utiliza la Segunda ley de la mano derecha.



En la imagen se puede ver cómo se obtiene el sentido del campo magnético con la ayuda de la segunda ley de la mano derecha. Este efecto es muy fácil visualizar en corriente continua.

La fórmula para obtener el campo magnético en un conductor largo es:  $B = \frac{\mu I}{2 \pi d}$  Donde:

- B: campo magnético -
- $\mu$ : es la permeabilidad del aire -
- I: corriente por el cable -  $\pi$ :  $\pi = 3.1416$
- d: distancia desde el cable.

Si existieran **N** cables juntos el campo magnético resultante sería:

$$B = \frac{\mu N I}{2 \pi d}$$

El campo magnético en el centro de una bobina de **N** espiras circulares es:

$$B = \frac{\mu N I}{2R}$$

Donde: R es el radio de la espira

**Nota:** es importante mencionar que:

- Una corriente en un conductor genera un campo magnético.
- Un campo magnético genera una corriente en un conductor.

Sin embargo, las aplicaciones más conocidas utilizan corriente alterna. Por ejemplo:

- Las bobinas; donde la energía se almacena como campo magnético.
- Los transformadores; donde la corriente alterna genera un campo magnético alterno en el bobinado primario, que induce en el bobinado secundario otro campo magnético que a su vez causa una corriente, que es la corriente alterna de salida del transformador.

### Aplicaciones

La regla de la mano derecha, aparte de presentar un protocolo constante, también ofrece un práctico instrumento armónico aplicable en muchas áreas, que incluye la manufactura.

Muchas máquinas y procesos industriales observan este orden para ejes, vectores y movimientos axiales, incluye la Robótica, en sus 12 movimientos fundamentales se aplica esta regla.

### Ley de Ampere

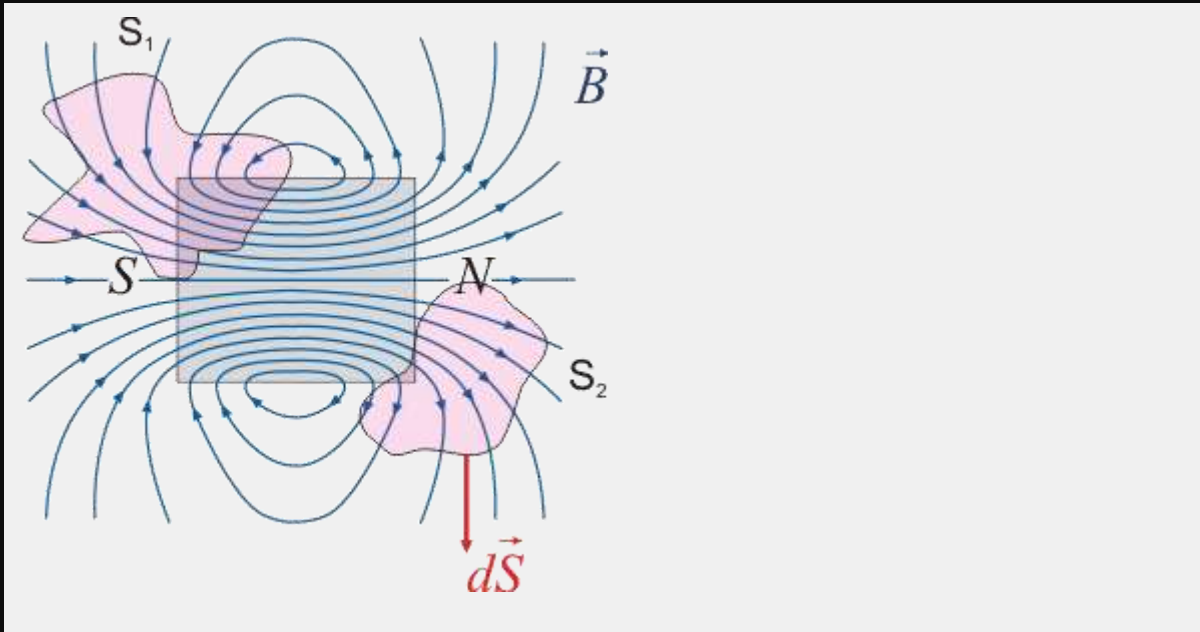
El flujo del campo magnético se define de manera análoga al flujo del campo eléctrico.

#### Flujo del campo magnético

El flujo del campo magnético  $\Phi_m$  a través de una superficie se define:

$$\phi_m = \int_S \vec{B} d\vec{s}$$

donde  $d\vec{S}$  es un vector perpendicular a la superficie en cada punto.



Como las líneas del campo magnético son cerradas (no existen monopolos), **el flujo a través de cualquier superficie cerrada es nulo:**

$$\phi_m = \oint_S \vec{B} d\vec{s} = 0$$

Por tanto, al contrario de lo que ocurría con la ley de Gauss, el flujo del campo magnético no puede emplearse para calcular campos magnéticos.

### Ley de Ampère

La ley que nos permite calcular campos magnéticos a partir de las corrientes eléctricas es la Ley de Ampère. Fue descubierta por André - Marie Ampère en 1826 y se enuncia:

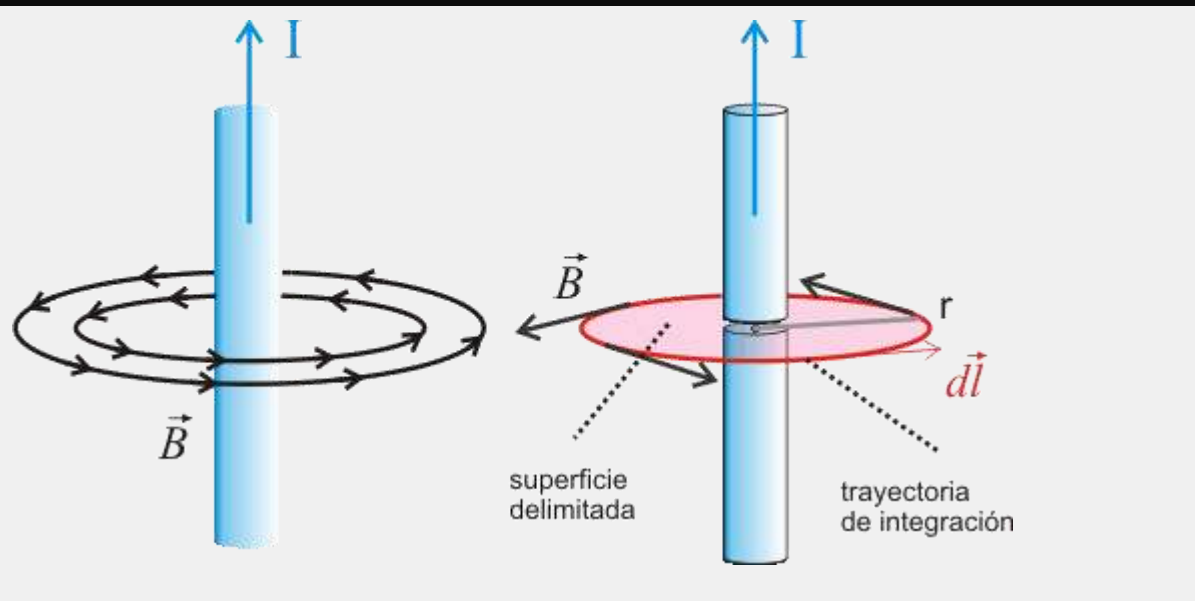
$$\oint \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 I_T$$

La integral del primer miembro es la **circulación o integral de línea del campo magnético** a lo largo de una **trayectoria cerrada**, y:

- $\mu_0$  es la permeabilidad del vacío
- $d\vec{l}$  es un vector tangente a la trayectoria elegida en cada punto
- $I_T$  es la corriente neta que atraviesa la superficie delimitada por la trayectoria, **y será positiva o negativa según el sentido con el que atraviese a la superficie.**

### **Campo magnético creado por un hilo infinito**

Como aplicación de la ley de Ampère, a continuación se calcula el campo creado por un hilo infinito por el que circula una corriente  $I$  a una distancia  $r$  del mismo. **Las líneas del campo magnético tendrán el sentido dado por la regla de la mano derecha** para la expresión general del campo creado por una corriente, por lo que sus líneas de campo serán circunferencias centradas en el hilo, como se muestra en la parte izquierda de la siguiente figura.

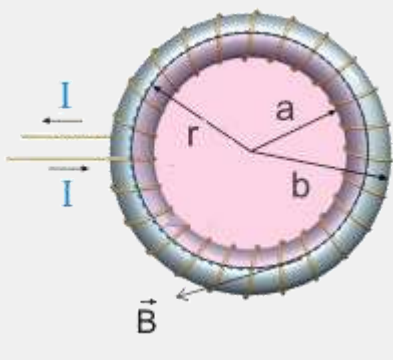
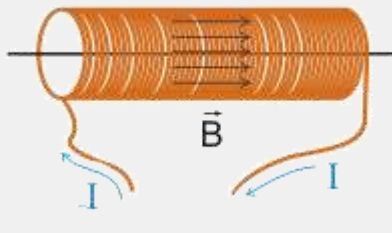


Para aplicar la ley de Ampère se utiliza por tanto una circunferencia centrada en el hilo de radio  $r$ . Los vectores  $\vec{B}$  y  $d\vec{l}$  son paralelos en todos los puntos de la misma, y el módulo del campo es el mismo en todos los puntos de la trayectoria. La integral de línea queda:

$$\oint \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 I_T \Rightarrow \oint B dl = B \oint dl = B 2\pi r = \mu_0 I$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

Empleando la ley de Ampère puede calcularse el campo creado por distintos tipos de corriente. Dos ejemplos clásicos son el del **toroide circular** y el del **solenoid ideal** (\*), cuyos campos se muestran en la siguiente tabla.

| Toroide circular                                                                                | Solenoide ideal*                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
|                |  |
| $r < a \text{ y } r > b \Rightarrow B = 0$ $a < r < b \Rightarrow B = \frac{\mu_0 N I}{2\pi r}$ | $B = \mu_0 n I$                                                                    |

(\*) Un solenoide ideal es una bobina de longitud grande cuyas espiras están muy juntas. En la expresión del campo magnético que crea,  $n$  es el número de espiras por unidad de longitud.