



ELECTROMAGNETISMO I

La lista de aplicaciones tecnológicas importantes del electromagnetismo es muy amplia. Por ejemplo, grandes electroimanes se utilizan para transportar cuerpos pesados, así también a permitido desarrollar aparatos muy utilizados en nuestra vida diaria tales como los transformadores, motores, bocinas, las cintas magnéticas de audio y video, etc.

El objetivo de este capítulo consiste en estudiar la relación entre la corriente eléctrica y el magnetismo (específicamente, los campos magnéticos).

MAGNETISMO

El fenómeno del magnetismo fue conocido por los griegos desde el año 800 A.C. Ellos descubrieron que ciertas piedras, ahora llamadas **magnetita** (Fe_3O_4), atraían piezas de hierro. La leyenda adjudica el nombre de magnetita en honor al pastor **Magnes**, «los clavos de sus zapatos y el casquillo (o punta) de su bastón quedaron fuertemente sujetos a un campo magnético cuando se encontraba pastoreando su rebaño».

En física se dice que un cuerpo posee la propiedad de magnetismo, cuando atrae (o repele) piezas de hierro.

Acontecimientos históricos

1269: Pierre de Maricourt, enuncia que un imán posee dos polos, los cuales posteriormente son denominados polo norte y polo sur.

1600: William Gilbert, utilizando el hecho de que una aguja magnética (brújula) se orienta en direcciones preferidas, sugiere que la Tierra es un gran imán permanente.

1750: Jhon Michell, utilizando una balanza de torsión demostró que los polos magnéticos se ejercen fuerzas de atracción y repulsión entre sí, y que estas fuerzas varían con el inverso del cuadrado de la distancia de separación.

1819: Hans Oersted, descubrió la relación entre el magnetismo y la electricidad.

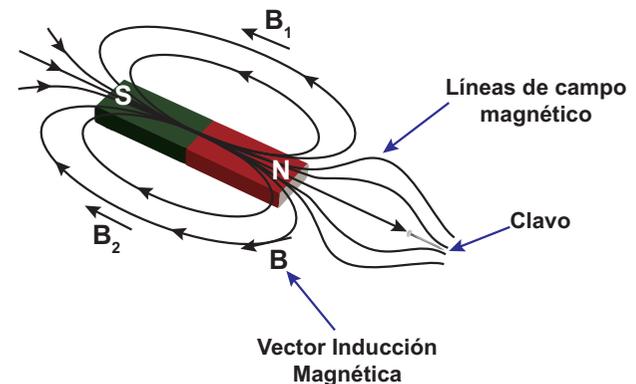
Definición y propiedades del campo magnético

Al igual que el campo eléctrico es generado por una carga eléctrica y a su vez los cuerpos con masa generan un campo gravitacional; todo iman y toda carga eléctrica en movimiento o una corriente eléctrica generan un campo magnético en el espacio circundante. Para cuantificar el campo magnético en cada punto, definimos la magnitud física vectorial inducción magnética \vec{B} la cual tiene como unidad en el S.I. el tesla (T).

Para representar gráficamente el campo magnético del imán, trazaremos unas líneas denominado líneas de campo magnético.

A continuación analizaremos los campos magnéticos para el caso de un imán y conductores lineales.

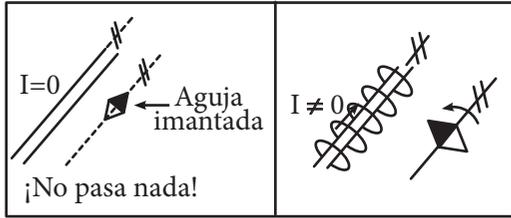
Para un imán



El imán atrae al clavo gracias al campo que la rodea y que es capaz de ejercer acción a distancia.

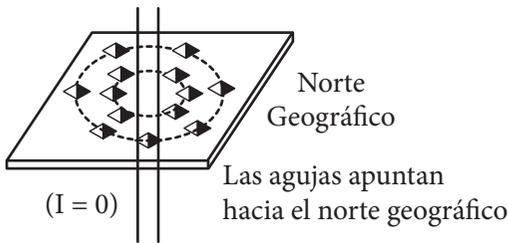
Para una corriente eléctrica

El físico danés Hans Oersted Logro comprobar experimentalmente que una corriente eléctrica produce efectos magnéticos. El descubrió de manera casual que al hacer circular una corriente eléctrica por un cable conductor, éste lograba desviar la aguja imantada de una brújula, lo que probaba que el movimiento de las cargas eléctricas genera alrededor de éstas un campo magnético.

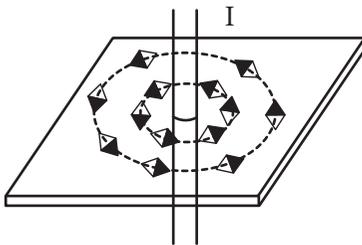


Se puede concluir de la experiencia de Oersted que toda corriente eléctrica genera un campo magnético en el espacio circundante.

Para representar el campo magnético asociado al conductor rectilíneo, Oersted colocó al conductor en forma perpendicular al plano de la mesa donde colocó varias agujas imantadas.

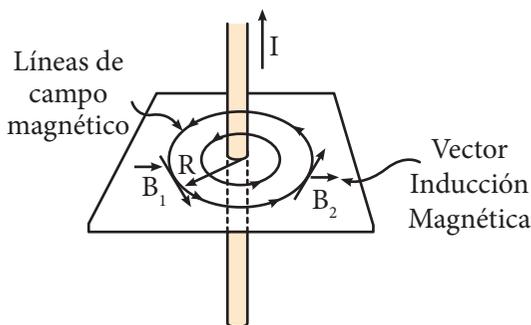


Si el conductor transporta una corriente eléctrica, las agujas imantadas se desvían:



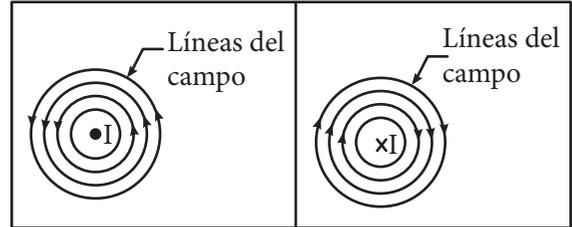
Todas las agujas imantadas que se encuentran a igual distancia del conductor, se orientan formando «circunferencias concéntricas», cuyo centro se encuentra a lo largo del conductor.

Graficando las líneas de campo magnético se obtienen el siguiente gráfico:



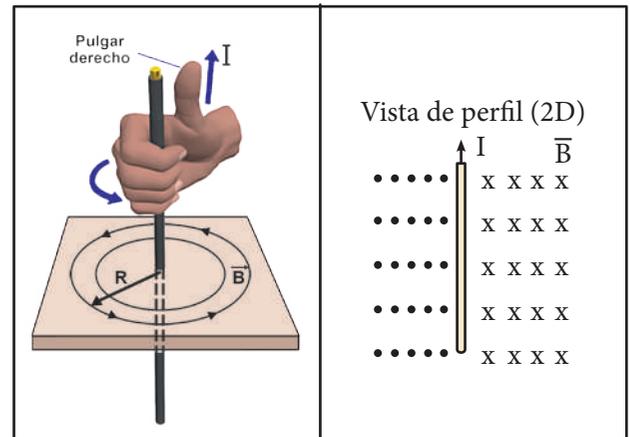
Las líneas del campo magnético son circunferencias concéntricas que se van separando entre sí a medida que nos alejamos del centro (del conductor).

Al observar al conductor de punta, con la corriente dirigida hacia el observador se notará que las líneas de campo van en sentido antihorario mientras que si se observa por el otro extremo se las verá en sentido horario.



Regla de la mano derecha

Para determinar el sentido de las líneas del campo se procede a coger el conductor de manera que el dedo pulgar señale el sentido de la corriente, entonces los dedos restantes cerrarán la mano en el mismo sentido de las líneas de fuerza.

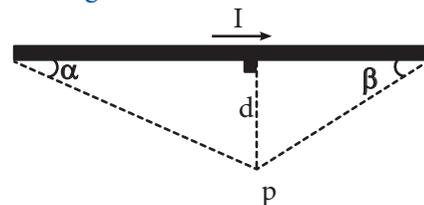


Ley de Biot – Savart

Pocas semanas después de conocerse el descubrimiento de Oersted, los físicos Jean B. Biot y Félix Svart investigaron sobre la intensidad de los campos magnéticos creados por corrientes eléctricas. A estos trabajos se sumaron los aportes de André M. Ampere y Pierre S.Laplace.

Estableceremos las ecuaciones para calcular las inducciones magnéticas (\vec{B}) a una determinada distancia de conductores lineales por donde circulan corrientes eléctricas.

1. Para un segmento conductor rectilíneo



El módulo de la inducción magnética en el punto «P» se calcula aplicando la siguiente ecuación:

$$B = \frac{\mu_0 i}{4\pi d} (\cos\alpha + \cos\beta)$$

Donde las magnitudes y sus respectivas unidades en el S.I. son:

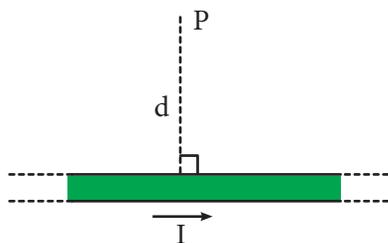
B: módulo de la inducción magnética (T)

i: intensidad de corriente eléctrica (A)

d: distancia de separación entre el punto «P» y el conductor (m)

μ_0 : permeabilidad magnética del espacio libre, cuyo valor es $4\pi \times 10^{-7}$ Tm/A

2. Para un conductor rectilíneo muy largo (infinito)



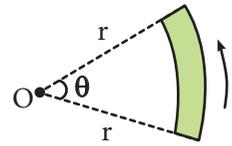
El módulo de la inducción magnética en el punto «P» se calcula aplicando la siguiente ecuación:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot i}{2\pi \cdot d}$$

Reemplazando en la ecuación el valor de permeabilidad magnética « μ_0 », obtenemos:

$$B = 2 \times 10^{-7} \cdot \frac{i}{d}$$

3. Para un conductor rectilíneo tipo arco



El módulo de la inducción magnética en el punto «O» se calcula aplicando la siguiente ecuación:

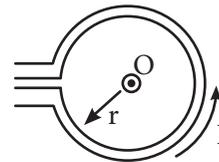
$$B = \frac{i\theta\mu_0}{4\pi r}$$

Donde:

θ : ángulo del arco (radianes)

r: radio del arco (m)

4. Para un conductor circular o espira circular



El módulo de la inducción magnética en el punto «O» se calcula aplicando la siguiente ecuación:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot i}{2 \cdot r}$$

Reemplazando en la ecuación el valor de la permeabilidad magnética « μ_0 », obtenemos:

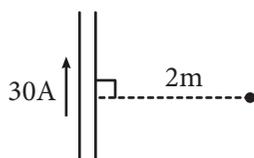
$$B = 2\pi \times 10^{-7} \cdot \frac{i}{r}$$

Trabajando en clase

Integral

- Calcula el módulo de la inducción magnética (en T) a 2 m de un cable rectilíneo muy largo, que transporta una corriente de 30 A.

Resolución



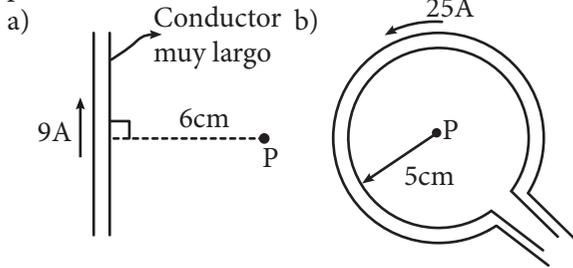
Aplicando la fórmula del conductor rectilíneo muy largo:

$$B = 2 \times 10^{-7} \cdot 30/2$$

$$\therefore B = 3 \times 10^{-6} \text{ T}$$

- Calcula el módulo de la inducción magnética (en T) a 2 cm de un cable rectilíneo muy largo, que transporta una corriente de 4 A.
- Determina el módulo de la inducción magnética (en T) en el centro de una espira circular de un conductor de radio igual a π cm y por el cual fluye una corriente y 1 A.

4. Determina el módulo de la inducción magnética (en T) en el punto «P» en cada caso (a) y (b) respectivamente.

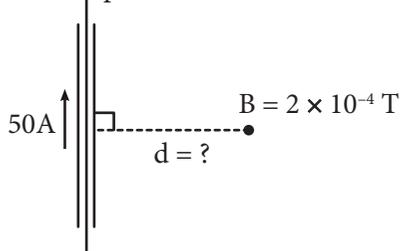


UNMSM

5. Calcula a qué distancia (en cm) de un conductor rectilíneo muy largo; por el cual pasa por la corriente de 50 A, la intensidad de campo magnético es 2.10^{-4} T.

Resolución:

Graficando el problema:



Aplicando la fórmula del conductor rectilíneo muy largo:

$$2 \times 10^{-4} = 2 \times 10^{-7} 50/d$$

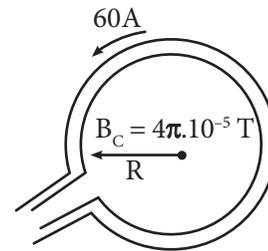
$$\Rightarrow d = 5 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$\therefore d = 5 \text{ cm}$$

6. Un alambre rectilíneo muy largo debe producir una inducción magnética de módulo 2.10^{-6} T a 8×10^{-1} m de este alambre. ¿Qué intensidad de corriente eléctrica (en A) debe pasar por este alambre?
7. Por un alambre rectilíneo infinito circula una determinada corriente eléctrica. Si la magnitud del campo magnético a 4 cm del alambre es 5×10^{-6} T, ¿cuál es la magnitud del campo magnético a 5 cm del alambre?
8. Una espira circular por el cual fluye una corriente eléctrica de 60 A, produce una inducción magnética de módulo $4\pi \times 10^{-5}$ T. Determina la longitud del radio (en m) de la espira circular.

Resolución

Graficando el problema:



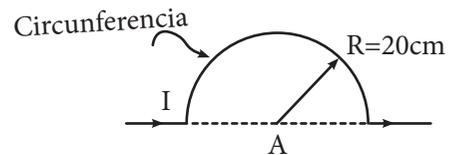
Aplicando la fórmula del conductor circular:

$$B_c = 2 \times 10^{-7} \cdot \frac{I}{R}$$

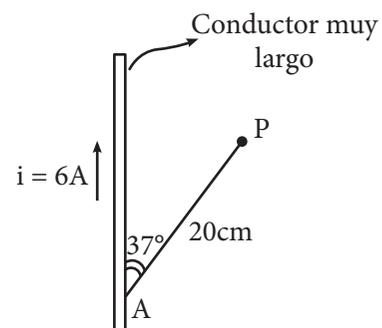
$$\text{Reemplazando los datos } I = 60\text{A y } B_c = 4\pi \times 10^{-5}\text{T} \\ \Rightarrow 4\pi \times 10^{-5} = 2\pi \times 10^{-7} \cdot \frac{60}{R}$$

$$\therefore R = 3 \times 10^{-1} \text{ m}$$

9. ¿Cuál debe ser el tamaño del radio (en m) de una espira circular para que la inducción magnética en su centro sea igual a $6,28 \times 10^{-4}$ T si la corriente eléctrica que circula por ella una intensidad de 300 A?
10. Determina el módulo de la inducción magnética (en μT) en el punto «A». La intensidad de corriente eléctrica en el conductor es $I = 2\text{A}$.

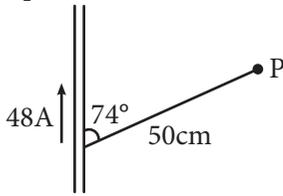


11. Determina el módulo de la inducción magnética (en T) en el punto «P».



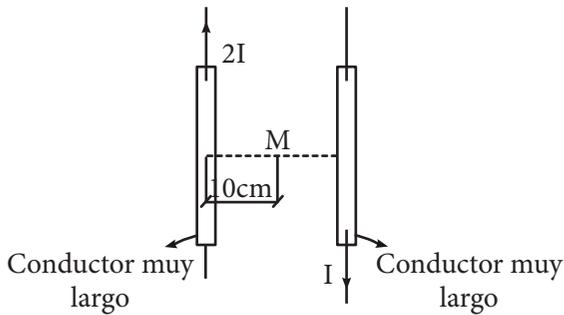
12. Calcula el módulo de la inducción magnética (en T) a 7 m de un cable rectilíneo muy largo, que transporta una corriente de 14 mA.
13. Determina el módulo de la inducción magnética (en T) en el centro de una espira circular de un conductor de radio igual a 4π cm y por el cual fluye una corriente y 36 A.

14. Determina el módulo de la inducción magnética (en T) en el punto «P».



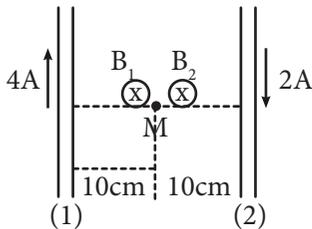
UNI

15. Se muestran dos conductores rectilíneos de gran longitud, por los cuales circulan corrientes eléctricas. Determina el módulo de la inducción magnética (en μT) en el punto «M», equidistante de los conductores ($I = 2\text{A}$).



Resolución:

Analizando la gráfica:



Del gráfico se observa que por el método vectorial la inducción magnética resultante se calcula sumando cada componente:

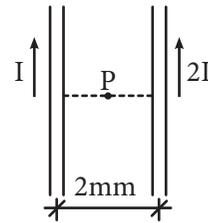
$$B_R = B_1 + B_2$$

$$\Rightarrow B_R = 2 \times 10^{-7} \cdot \frac{4}{10 \times 10^{-2}} + 2 \times 10^{-7} \times \frac{2}{10 \times 10^{-2}}$$

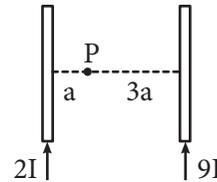
$$\Rightarrow B_R = 12 \times 10^{-6} \text{ T}$$

$$\therefore B_R = 12 \mu\text{T}$$

16. Determina el módulo de la inducción magnética (en T) en el punto medio «P» del segmento que une los conductores rectilíneos de gran longitud, por los cuales circula corrientes eléctricas. ($I = 3\text{A}$)



17. Calcula la inducción magnética (en T) en el punto «O». Considerar que los conductores rectilíneos son muy largos.



18. Calcule la intensidad del campo magnético, en T, que genera una corriente eléctrica $I = 10 \text{ A}$ en el borde de un alambre rectilíneo de radio $R = 2 \text{ mm}$.
 μ_0 = permeabilidad del vacío.
 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Tm/A}$