

# FUENTES DEL CAMPO MAGNÉTICO

1. Introducción.
2. Corrientes eléctricas como fuentes de campo magnético: Ley de Biot y Savart.
3. Fuerzas entre corrientes. Aplicación al caso de dos hilos conductores paralelos.
4. Flujo magnético.
5. Ley de Ampère. Aplicación al cálculo del campo magnético debido a distribuciones de corriente sencillas.

## BIBLIOGRAFÍA:

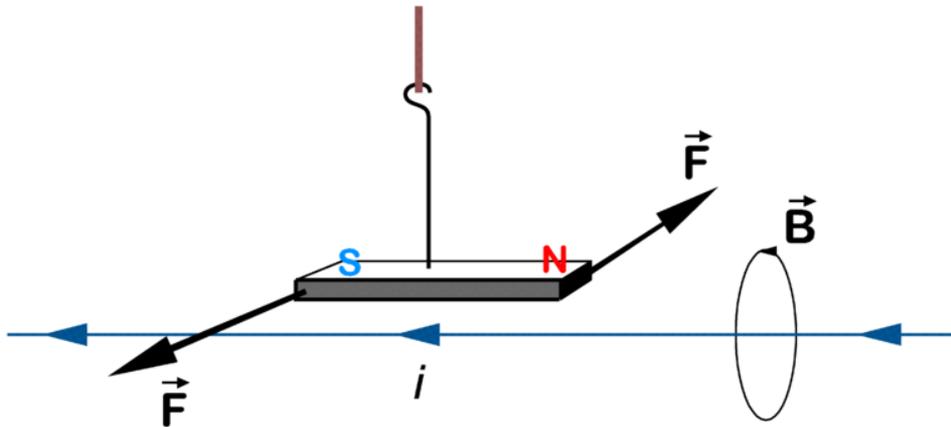
- Tipler-Mosca. "Física". Cap. 27, vol 2, 5ª ed.
- Serway-Jewett. "Física". Cap.22 . Vol 2. 3ª ed.



# Introducción

## Experimento de Oersted:

1820: Hans Christian Ørsted observó una relación entre electricidad y magnetismo consistente en que cuando colocaba la aguja de una brújula cerca de un alambre por el que circulaba corriente, ésta experimentaba una desviación. Este fue el nacimiento del electromagnetismo **Electromagnetismo.**



[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/30/Oersteds\\_experiment.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/30/Oersteds_experiment.png)



## Aclaración sobre el nombre del campo magnético $\mathbf{B}$

Hemos llamado por simplicidad campo magnético  $\mathbf{B}$ , o simplemente campo  $\mathbf{B}$  o campo magnético, al campo responsable de la interacción magnética.

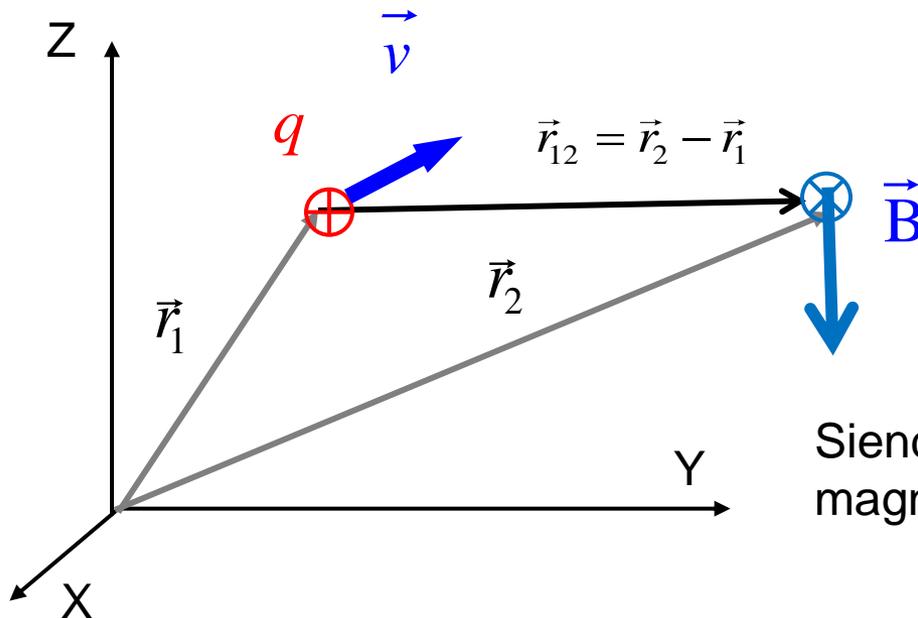
La denominación estricta del campo  $\mathbf{B}$  es **inducción magnética**, para diferenciarlo claramente de otros campos relacionados en presencia de medios materiales.

En este curso seguiremos refiriéndonos a  $\mathbf{B}$  como **campo magnético  $\mathbf{B}$** , siempre que no exista confusión. Más adelante, cuando estudiemos los fenómenos magnéticos en medios materiales estudiaremos la diferencia entre la inducción magnética  $\mathbf{B}$  y la intensidad del campo magnético  $\mathbf{H}$ .

# Campo magnético creado por cargas en movimiento

## Campo magnético creado por cargas puntuales en movimiento

El campo producido en  $r_2$  por una carga  $q$  moviéndose a una velocidad  $v$  es:



$$\vec{B}(\vec{r}_2) = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q \vec{v} \times \vec{u}_{\vec{r}_{12}}}{|\vec{r}_{12}|^2}$$

$$\vec{u}_{12} = \frac{\vec{r}_{12}}{|\vec{r}_{12}|}$$

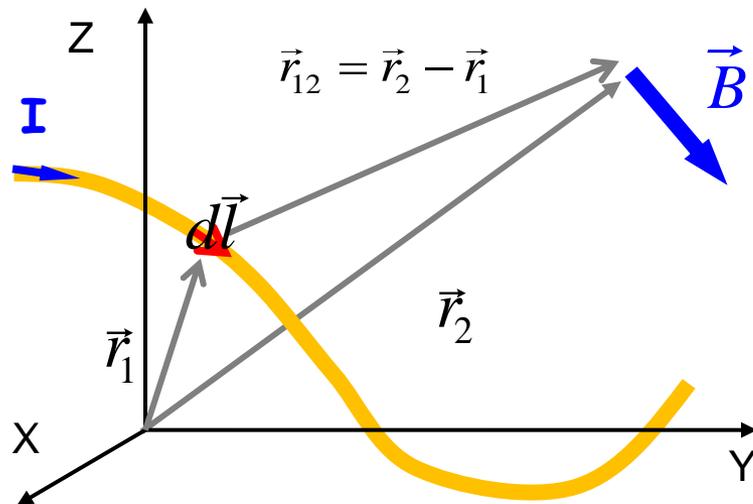
Siendo  $\mu_0$  la constante de permeabilidad magnética del vacío:

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \left( \frac{\text{Tm}}{\text{A}} \right) \text{ o } \left( \frac{\text{N}}{\text{A}^2} \right)$$

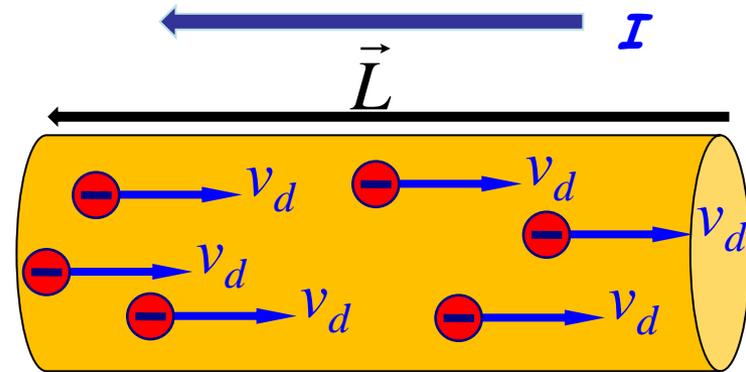
Una carga eléctrica produce un campo magnético solo si se encuentra en movimiento.

# Campo B producido por corrientes: Ley de Biot y Savart.

La corriente eléctrica que circula por un cable es el resultado del movimiento de cargas eléctricas. Cada carga eléctrica moviéndose produce un campo magnético.



Un trozo de cable  $d\vec{l}$  se comporta como una corriente rectilínea que genera un campo  $d\vec{B}$ :

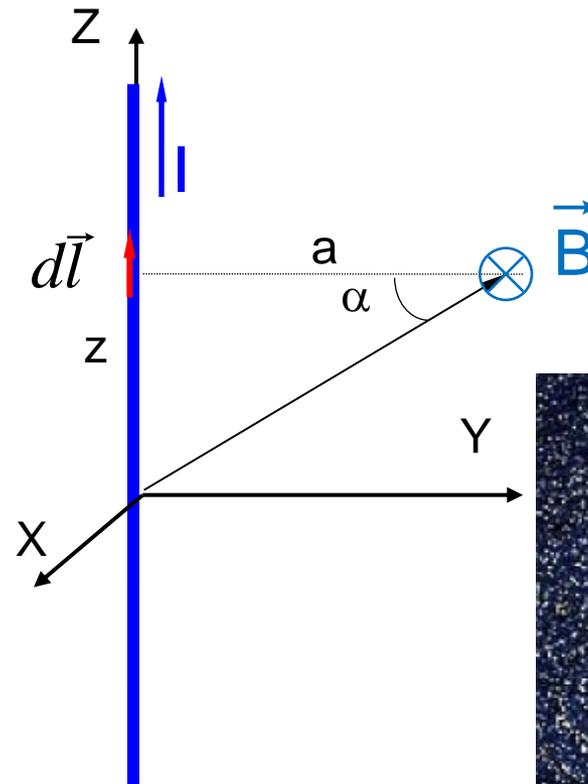
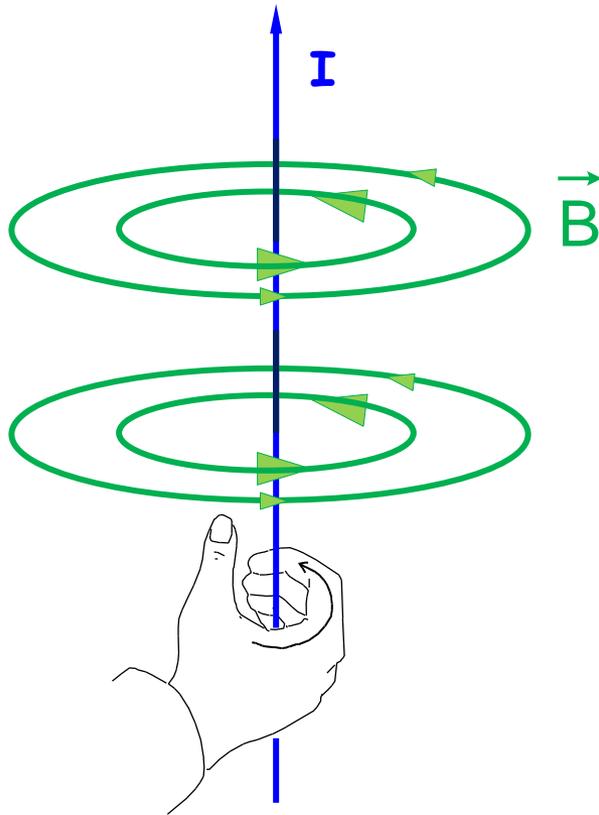


El campo magnético generado por la corriente es la suma de todos los campos producidos por cada trozo de carga del cable. Se puede expresar en función de un diferencial de corriente del cable  $I d\vec{l}$ :

$$\vec{B}(\vec{r}) = \frac{\mu_o I}{4\pi} \int_{cond} \frac{d\vec{l} \times \vec{u}_{12}}{|\vec{r}_{12}|^2} = \frac{\mu_o I}{4\pi} \int_{cond} \frac{d\vec{l} \times \vec{r}_{12}}{|\vec{r}_{12}|^3}$$

# Campo B producido por corrientes: Ley de Biot y Savart.

Ejemplos: Calcule el campo magnético creado por una corriente rectilínea  $I$  muy larga, a una distancia  $a$  de la corriente.

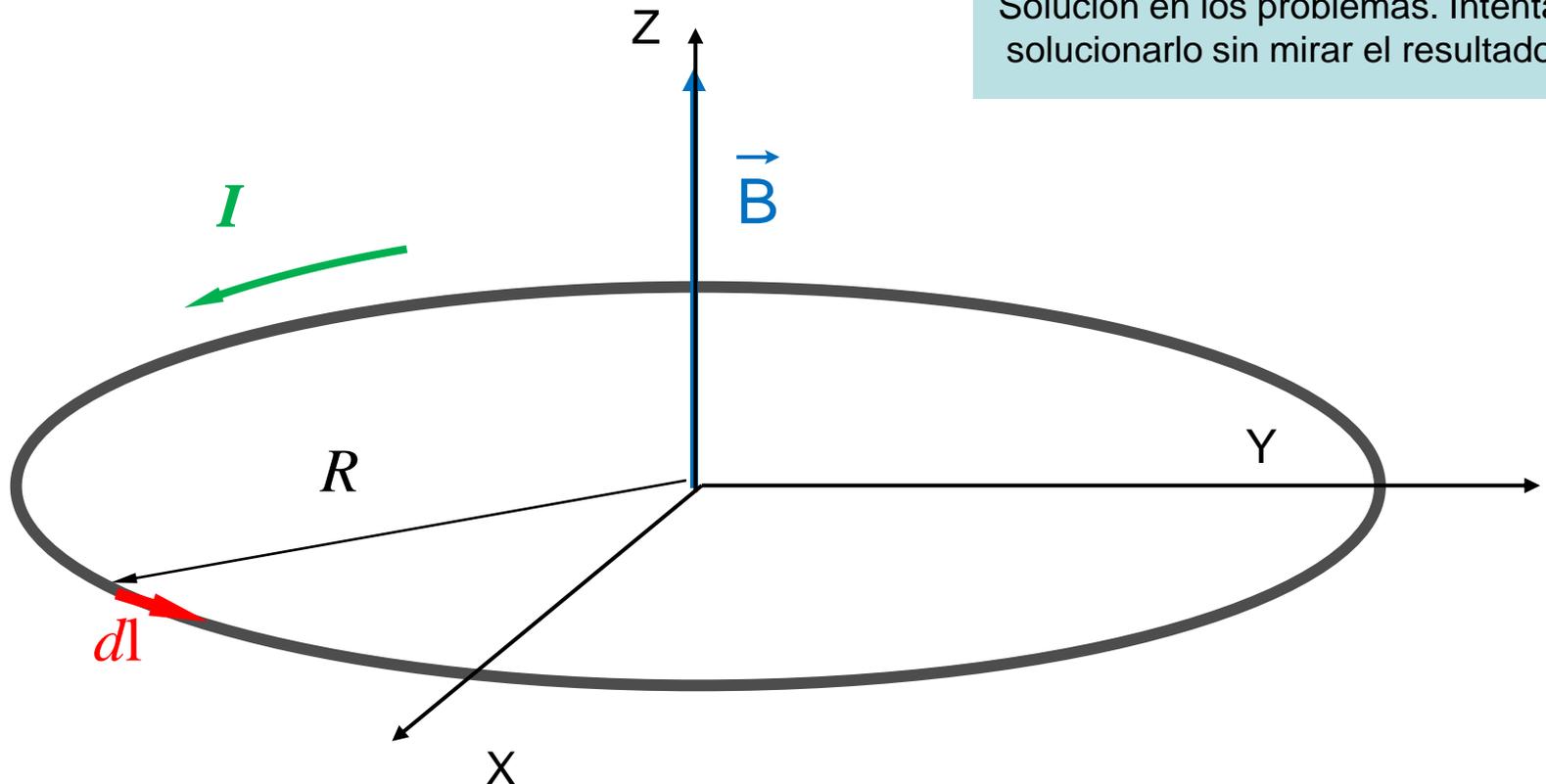


$$|\vec{B}(r)| = \frac{\mu_0 I}{2\pi y}$$



# Campo B producido por corrientes: Ley de Biot y Savart.

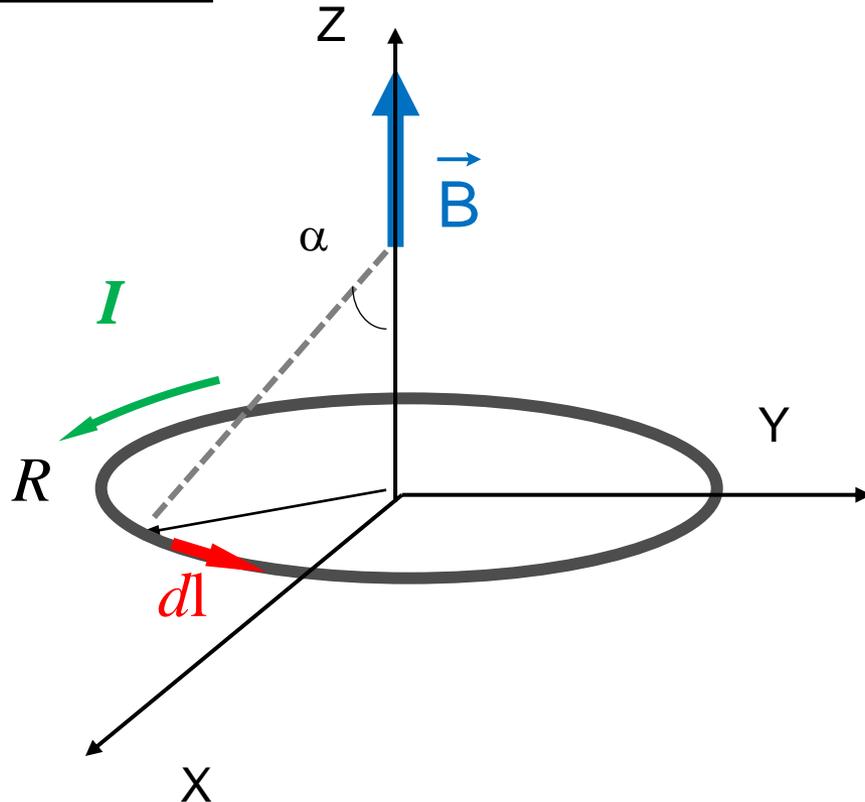
Ejercicio: Calcular el campo B producido en el centro de una espira de radio R por una corriente  $I$ .



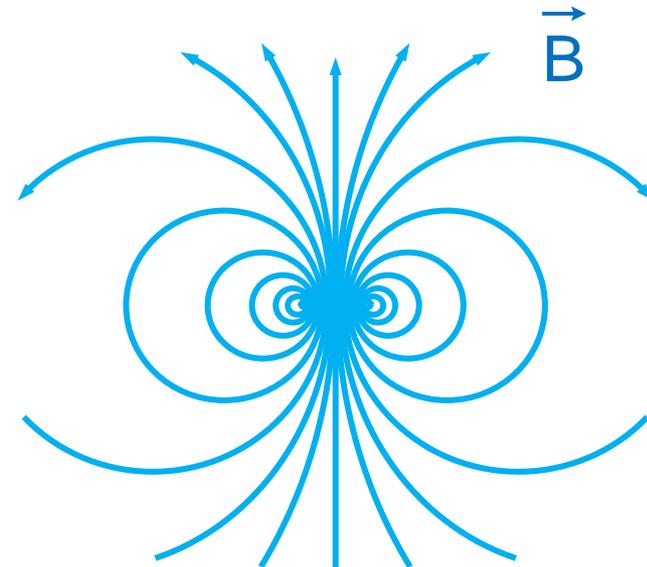
Solución en los problemas. Intenta solucionarlo sin mirar el resultado

# Campo B producido por corrientes: Ley de Biot y Savart.

Resultado:



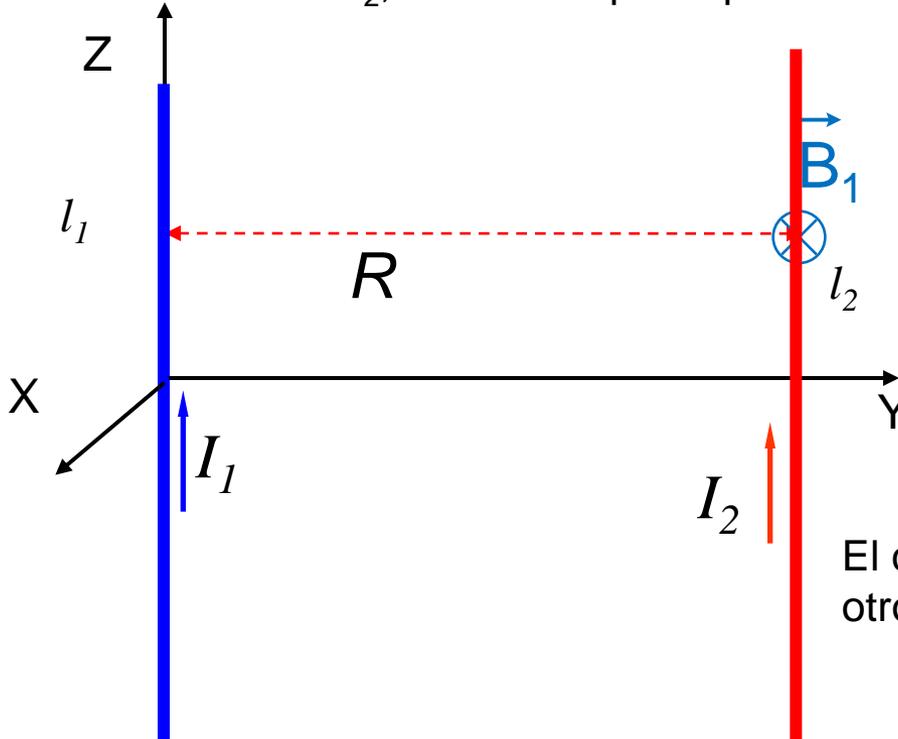
$$\vec{B}(\vec{r}) = \frac{\mu_0 I}{4\pi} = \frac{\mu_0 I}{2R} \text{sen}^3(\alpha) \vec{k}$$



Líneas del campo magnético B.

# Fuerza entre corrientes.

Si tenemos dos corrientes paralelas  $I_1$  y  $I_2$  la corriente  $I_1$  crea un campo  $\vec{B}_1$  en sobre el cable con una corriente  $I_2$ , La fuerza que experimenta la corriente  $I_2$  en ese campo magnético es:



$$\vec{F} = \int I_2 d\vec{l}_2 \times \vec{B}_1$$

Como la corriente y el campo es constante, y el cable es rectilíneo:

$$\vec{F} = I (\vec{l} \times \vec{B})$$

El campo magnético creado por cada hilo en el otro es:

$$\vec{B}_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi R} (-\vec{i}) \quad \vec{B}_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi R} (\vec{i})$$

$$\vec{F}_1 = I_2 \vec{l}_2 \times \vec{B}_1 = I_2 l_2 B_1 \text{sen} \frac{\pi}{2} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi R} (-\vec{j})$$

$$\vec{F}_2 = I_1 \vec{l}_1 \times \vec{B}_2 = I_1 l_1 B_2 \text{sen} \frac{\pi}{2} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi R} \vec{j}$$

Por tanto, la fuerza que ejerce una corriente sobre otra es:

Igual en módulo y de sentido contrario

## Fuerza entre corrientes.

### Conclusión

Dos corrientes paralelas por las que circula una corriente experimentan una fuerza de atracción si las corrientes circulan en el mismo sentido, mientras que si las corrientes circulan en sentidos opuestos experimentan una repulsión.

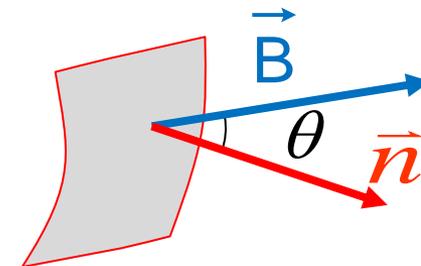
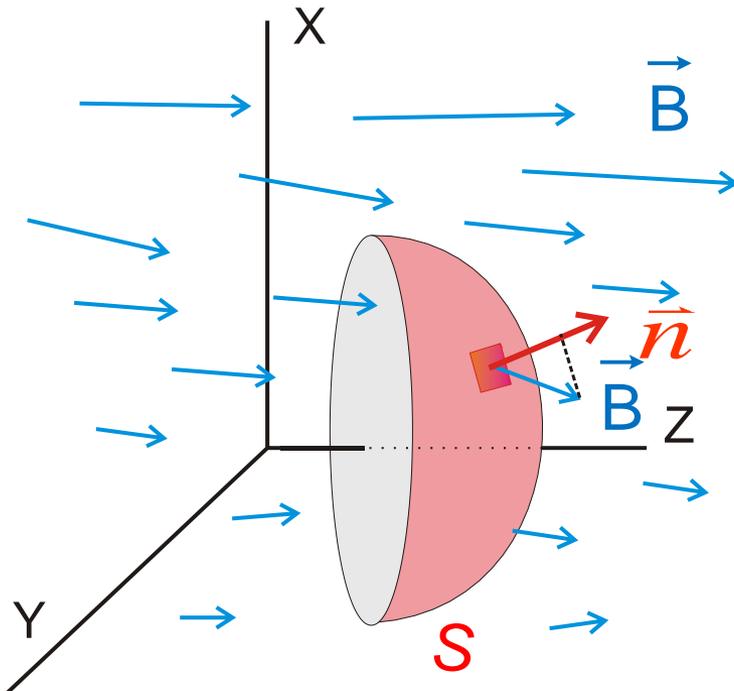
El Amperio se definió a partir de este experimento como:

Un amperio es la intensidad de corriente que, circulando en el mismo sentido por dos conductores paralelos muy largos separados por un metro, 1 m, producen una fuerza atractiva  $2 \times 10^{-7}$  N por cada metro de conductor.

# Flujo del campo magnético

Se define el flujo del campo  $\mathbf{B}$  por una superficie  $S$  como (es igual que lo ya visto para el campo  $\mathbf{E}$ ):

$$\Phi = \int_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S} = \int_S |\mathbf{B}| \cos(\theta) dS$$



$d\vec{S}$

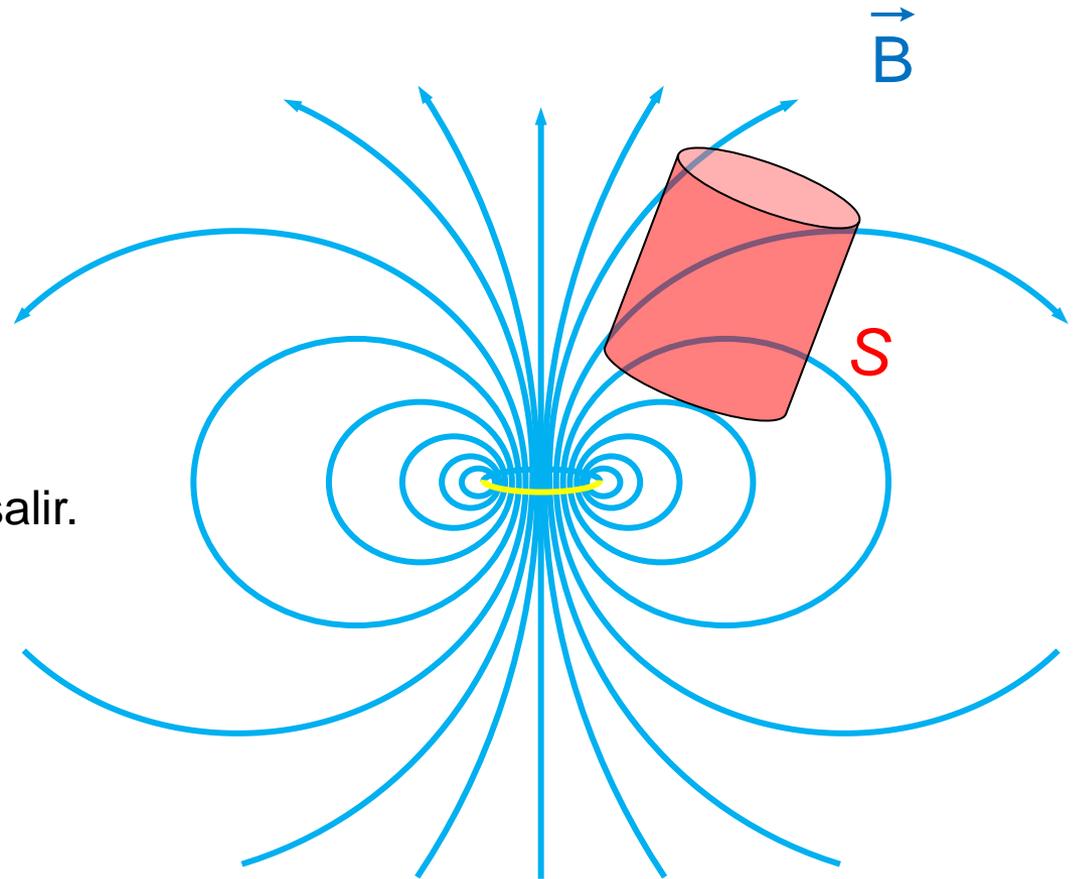
En el S.I las unidades del Flujo magnético son: Weber  $\text{Wb} = \text{T} \cdot \text{m}^2$

## Flujo del campo magnético

El flujo del campo magnético por una superficie cerrada siempre es cero, al ser las líneas de B siempre cerradas.

$$\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$$

Toda línea que entra tiene que salir.

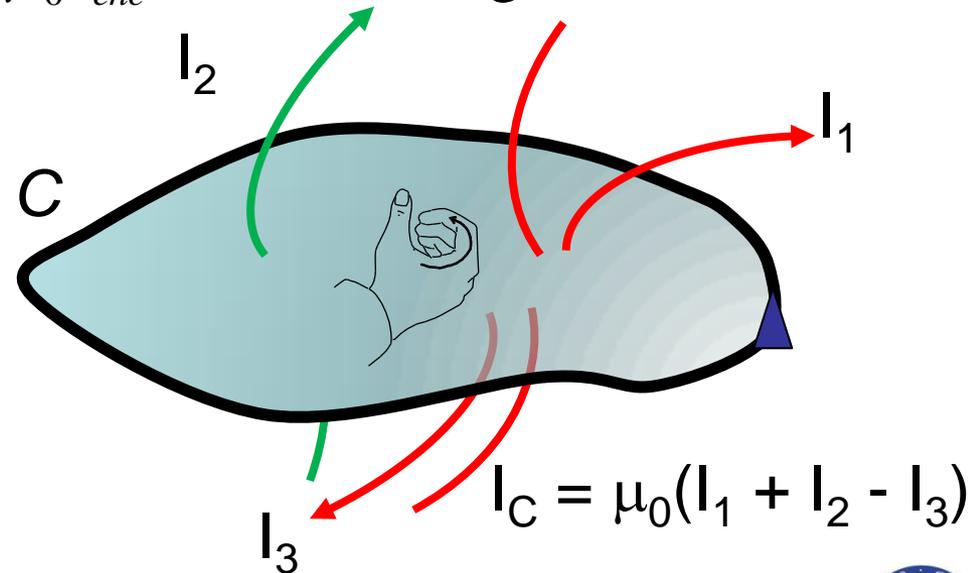
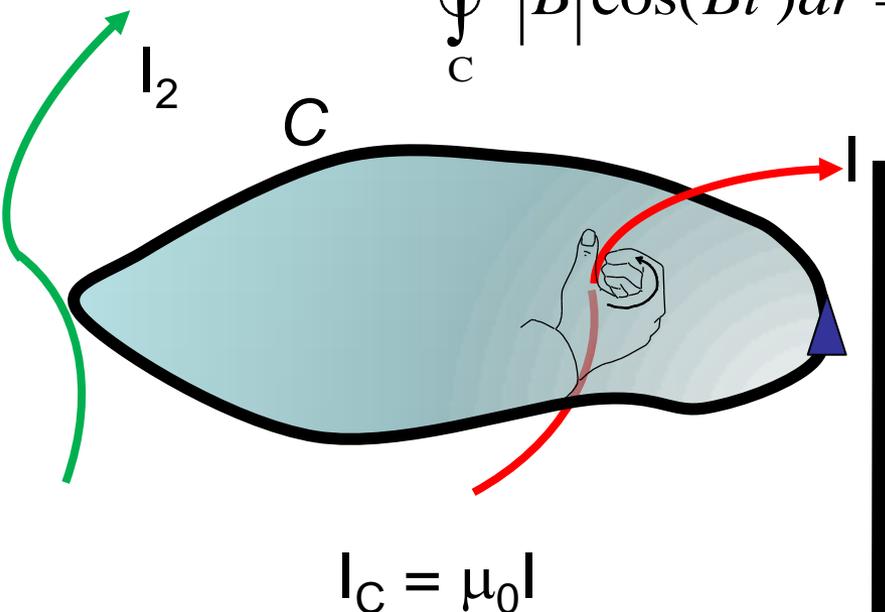


# Ley de Ampere

**La ley de Ampere:** La circulación del campo magnético a lo largo de una curva cerrada es igual al producto de la constante  $\mu_0$  por la suma de las intensidades que atraviesan cualquier superficie limitada por la curva. El signo de la intensidad será positivo si cumple la regla de la mano derecha al establecer el recorrido de la curva C, y negativo en caso contrario.

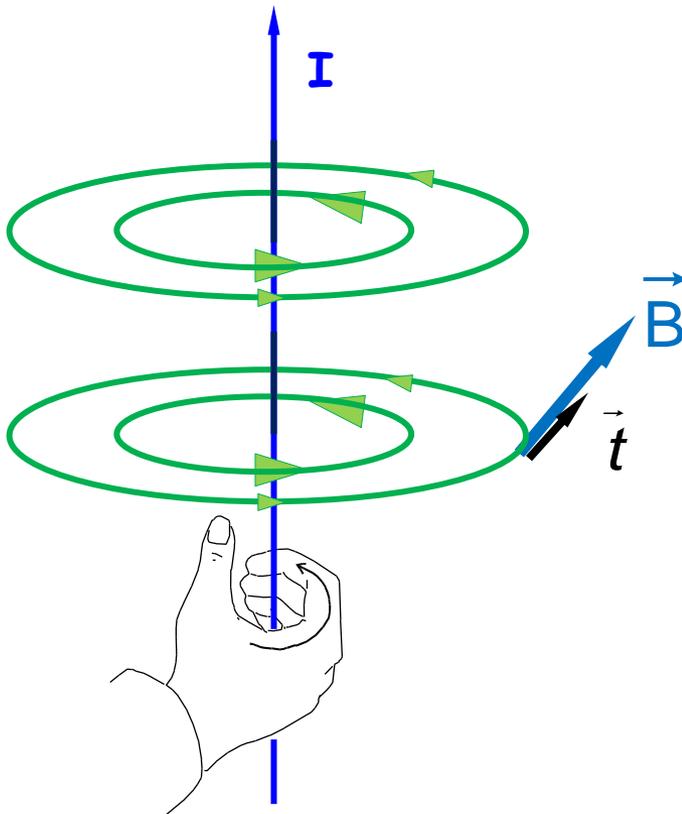
$$\oint_C \vec{B} d\vec{r} = \mu_0 I_{enc} \quad \text{Ley de Ampère}$$

$$\oint_C |\vec{B}| \cos(\vec{B}\vec{t}) dr = \mu_0 I_{enc} \quad ; \vec{t} \text{ es la tangente a } C$$

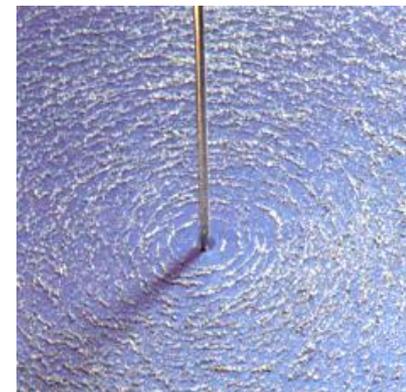
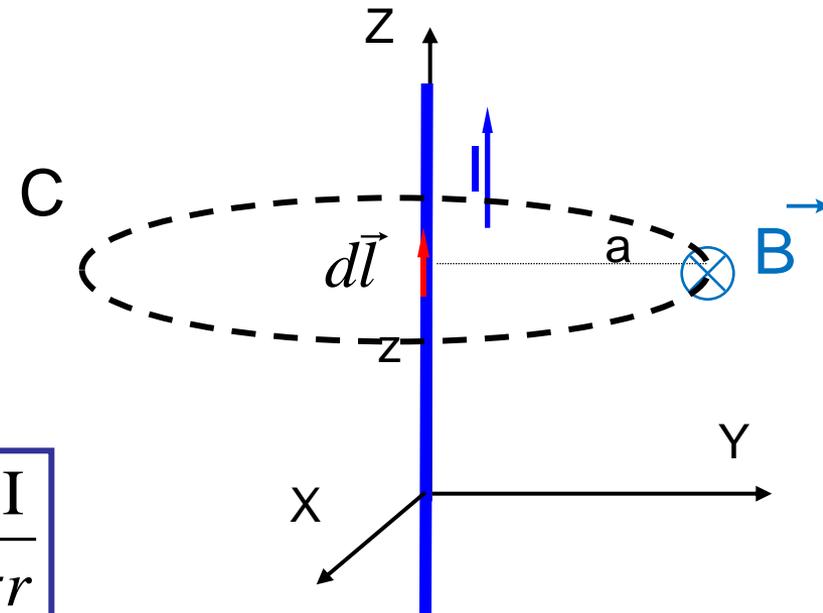


# Ley de Ampere

Ejemplo: Campo creado por una corriente rectilínea indefinida a una distancia  $a$  de la corriente.



$$|\vec{B}(\vec{r})| = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$



# Ley de Ampere

Ejemplo: Calcule el campo B en el centro de un solenoide muy largo, longitud L y N espiras, con  $n=N/L$  espiras/metro

Solución en los problemas. Intenta solucionarlo sin mirar el resultado