



ce
pre
UNI

Física

CICLO
PREUNIVERSITARIO
2023-1





ce
pre
UNI

Física

ELECTROMAGNETISMO

ce
pre
UNI

MAGNETISMO

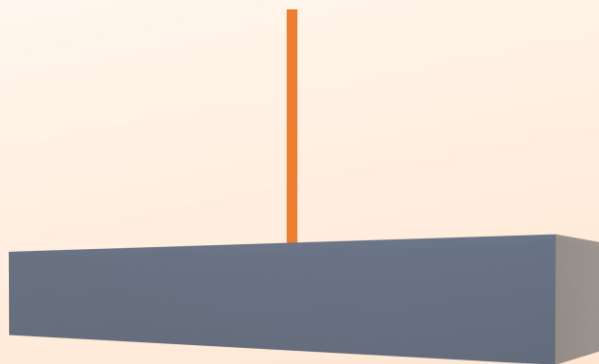
O

Fenómeno presente en cuerpos que contengan hierro, cobalto o níquel, que se pone de manifiesto cuando estos se atraen o repelen.

El cuerpo que presenta esta propiedad se denomina **imán**.

Propiedades de los imanes

1) Cuando un imán puede rotar libremente respecto a un eje que pasa por su centro de masa, este rota hasta adquirir una orientación fija.



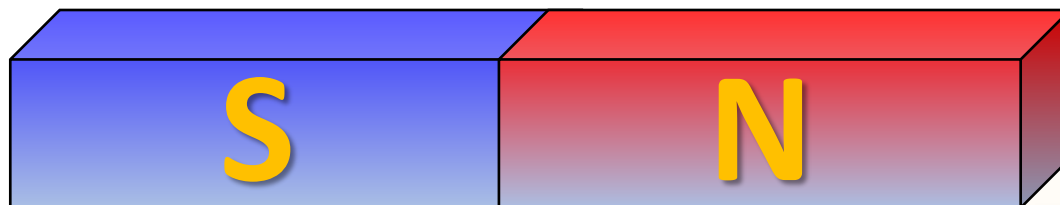
Sur
geográfico



Norte geográfico

El lado del imán que apunta hacia el norte geográfico se denomina lado norte del imán

Sur del imán

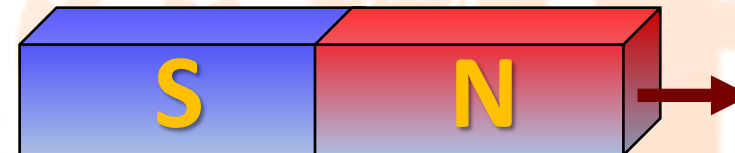
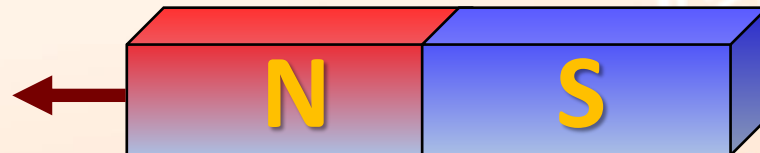
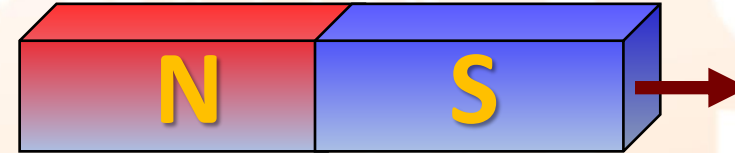
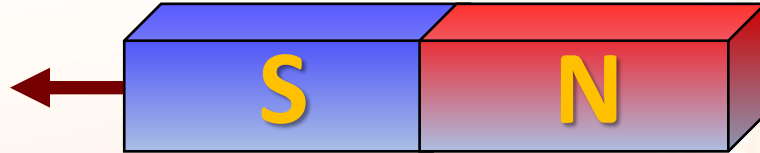
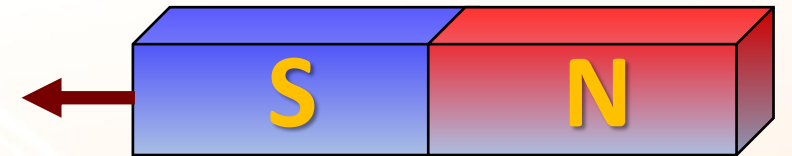
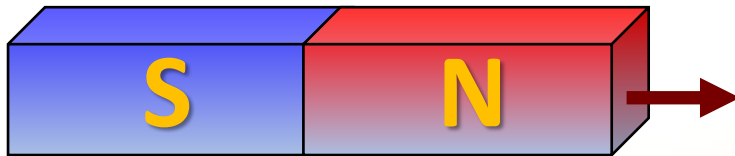


Norte del imán

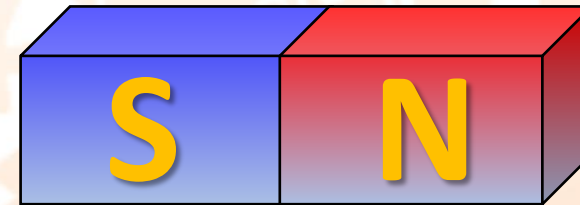
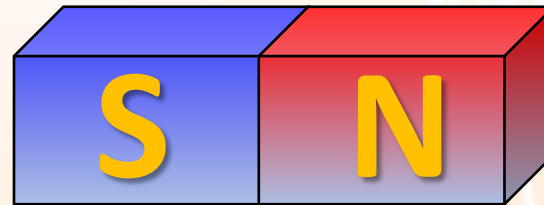
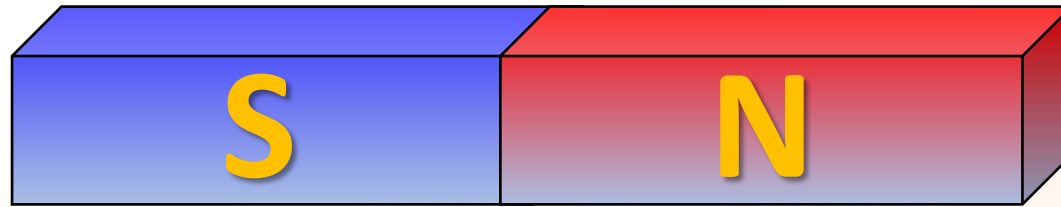
Todo imán, al menos presenta un lado norte y un lado sur.



2) Cuando dos imanes interactúan, al acercarse por lados del mismo tipo se repelen y al acercarse por lados de diferente tipo se atraen.



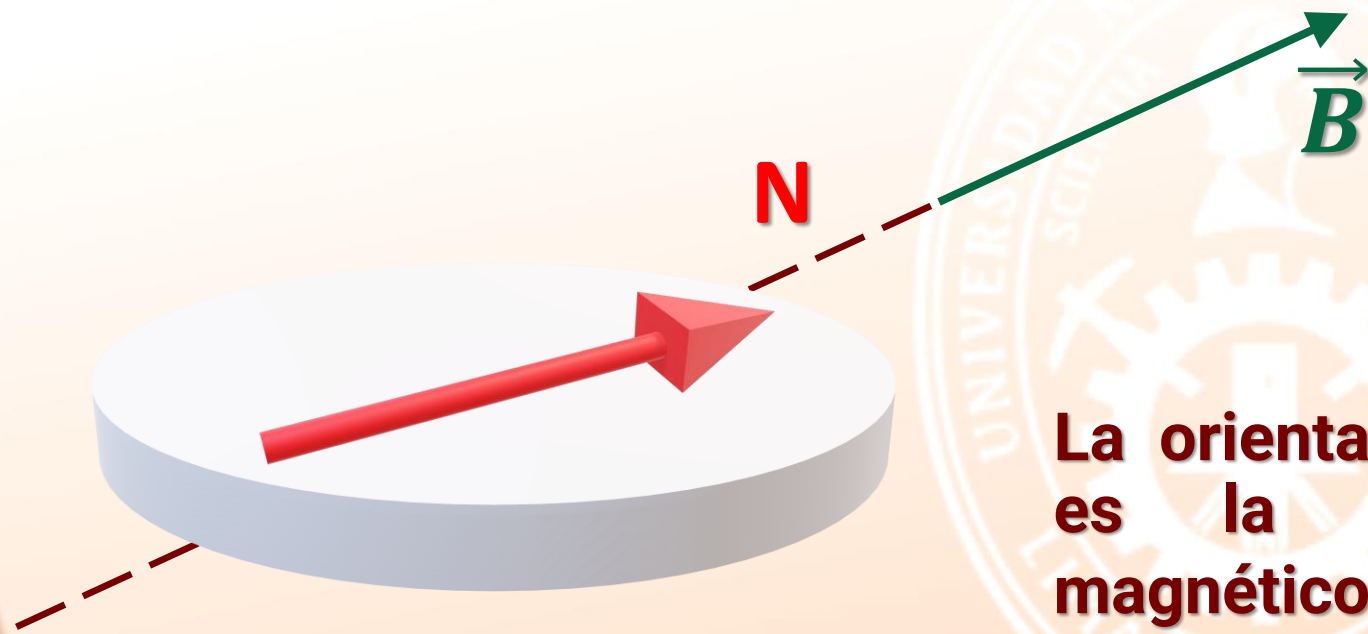
3) Los puntos donde la propiedad magnética es más intensa se le llama polo magnético. Y como todo imán al menos presenta un lado norte y un lado sur, estos polos magnéticos son inseparables.



A diferencia de la electrostática donde hay monopolos eléctricos, aquí no hay monopolos magnéticos.

CAMPO MAGNÉTICO

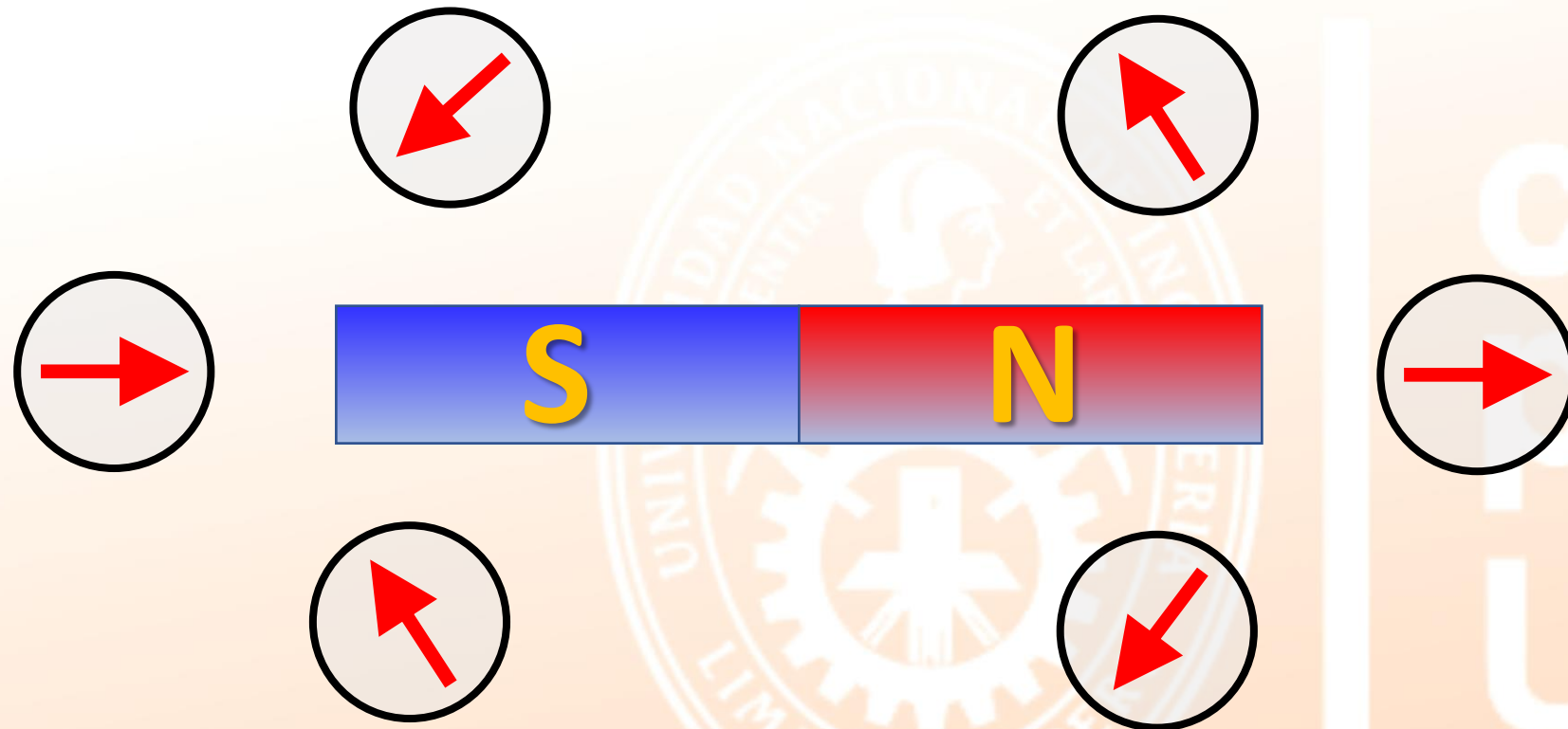
Propiedad que adquiere el espacio que rodea a un imán. Para hallar la orientación del campo magnético haremos uso de una brújula, la cual es una aguja imantada con libertad de rotar.



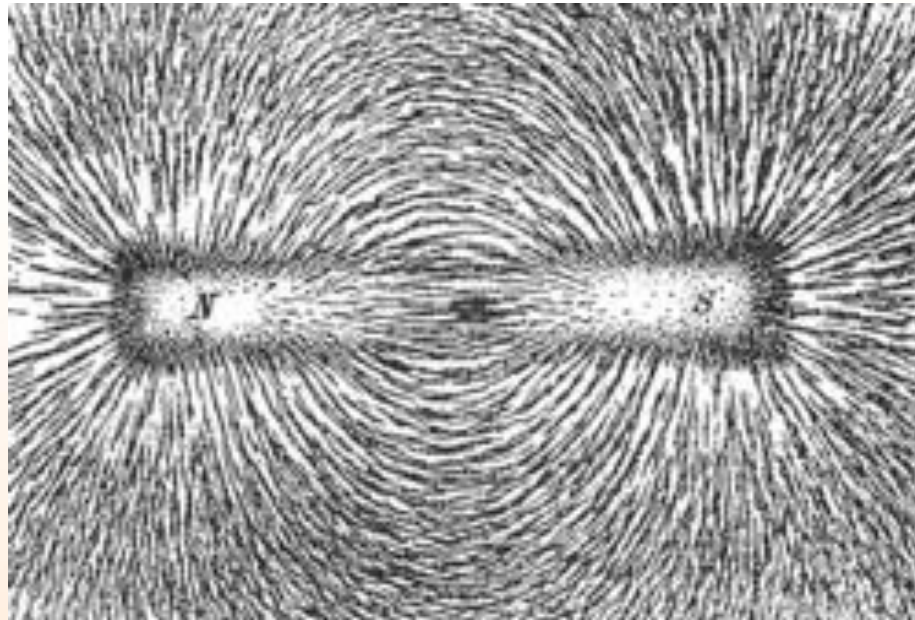
Unidad S.I. tesla
(T)

La orientación sur-norte de la aguja es la orientación del campo magnético $\vec{B}$.

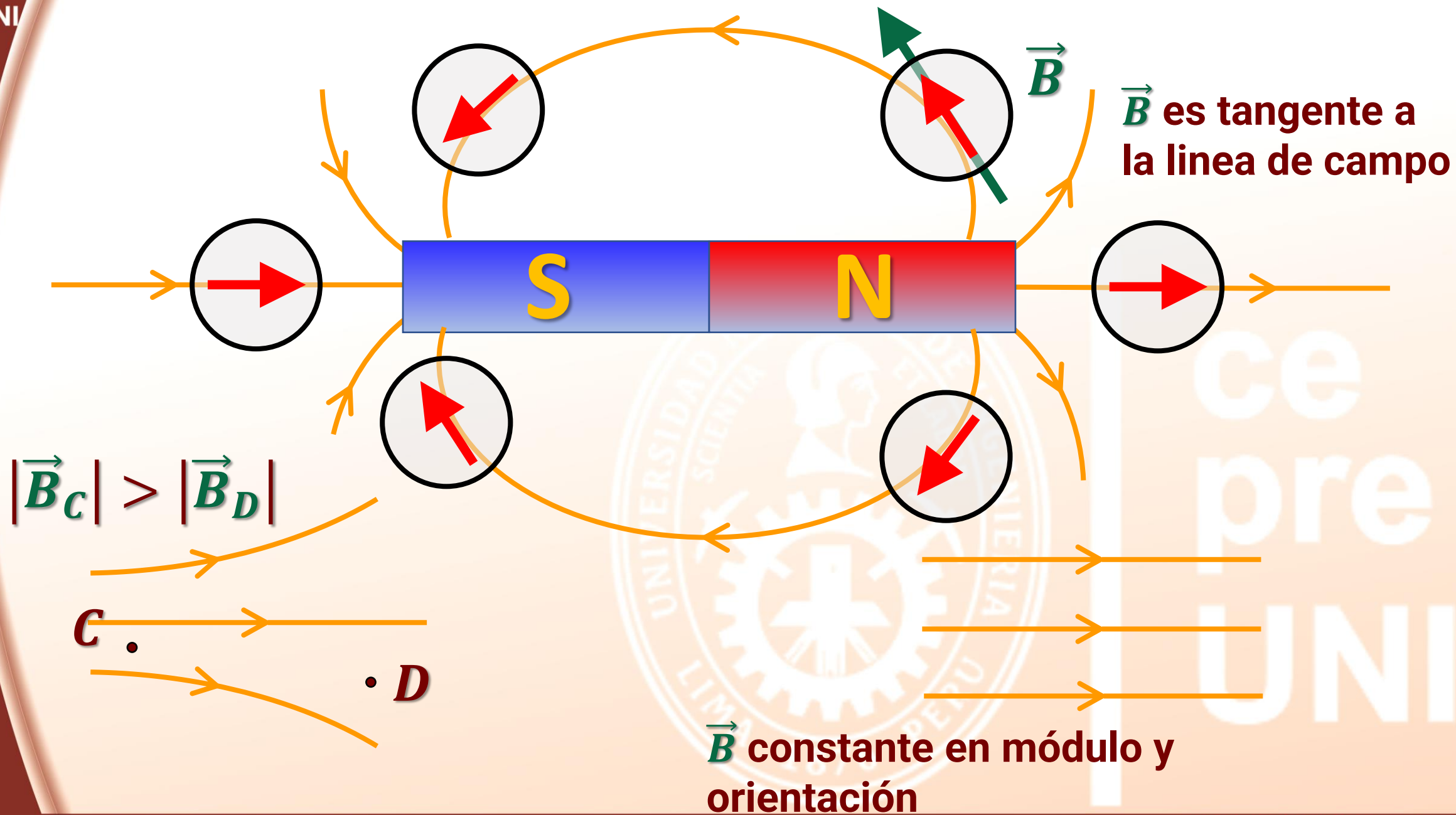
Si se colocase un conjunto de brújulas alejadas de cualquier imán, sus agujas se orientan de modo que su lado norte apunta hacia el norte geográfico. Pero si se colocase un imán en medio del espacio que ocupan:



Experimentalmente, si uno colocase debajo de una superficie un imán y sobre la superficie limaduras de hierro (que serían como pequeñas brújulas), se observa que las limaduras forman líneas continuas alrededor del imán.



A estas líneas se denominan líneas de campo magnético. En cada punto el campo magnético está orientado tangente a la línea que pasa por dicho punto.

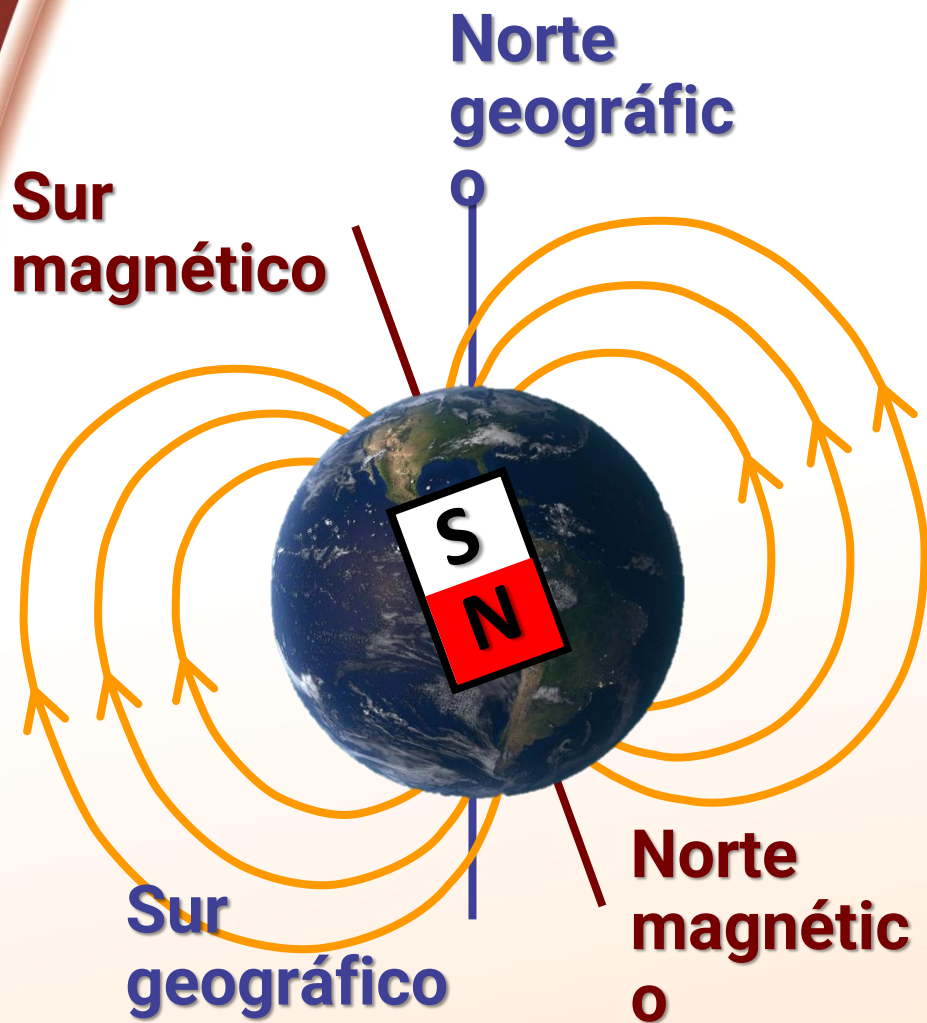


Vemos que muchas de las propiedades de las líneas de campo eléctrico son las mismas para las líneas de campo magnético. No olvidemos que una de esas propiedades es que por cada punto del espacio sólo pasa una línea de campo y estas líneas no se cruzan.

Sin embargo, hay una diferencia fundamental entre ellas:

Mientras que las líneas de campo eléctrico o sólo salen de la fuente (carga positiva) o sólo entran (carga negativa), las **líneas de campo magnético** salen de la fuente y regresan a la fuente, es decir **son líneas cerradas**.

En el caso de un imán de barra, las líneas de campo magnético salen del norte y van hacia el sur.



Al colocar una brújula cerca a la superficie terrestre, la aguja de dicha brújula se orientará a lo largo de una línea de campo magnético.

El campo magnético terrestre tiene similitud con el campo magnético producido por un imán de barra, por lo que como el norte de la brújula esta orientada hacia el norte geográfico cerca a él se ubicará el sur magnético.

La magnitud del campo magnético terrestre cerca a la superficie terrestre es aproximadamente $0,5 \times 10^{-4} T$

EXPERIMENTO DE OERSTED

Antes de 1820, no se había hallado una relación entre la electricidad y el magnetismo. En ese año H.C. Oersted observó como se desviaban las agujas de las brújulas cerca a un conductor cuando a través de él circula corriente eléctrica.



Como la corriente eléctrica desvía la aguja de la brújula al igual que lo haría un imán, concluimos que

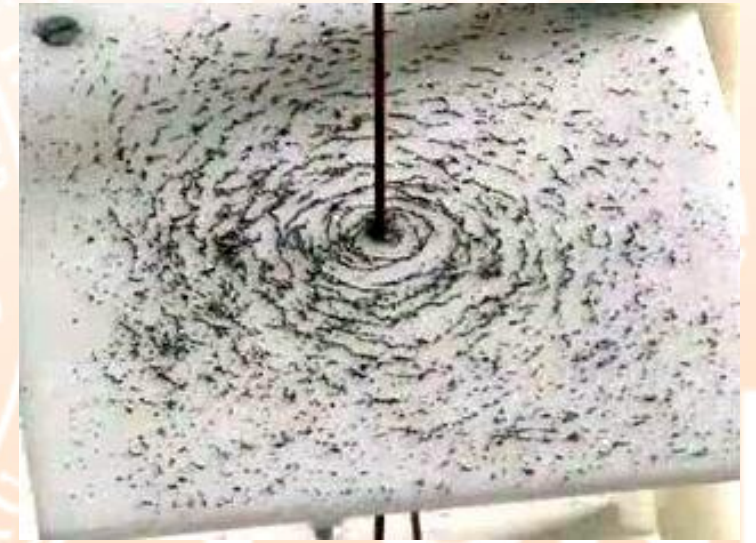
La corriente eléctrica produce a su alrededor campo magnético.

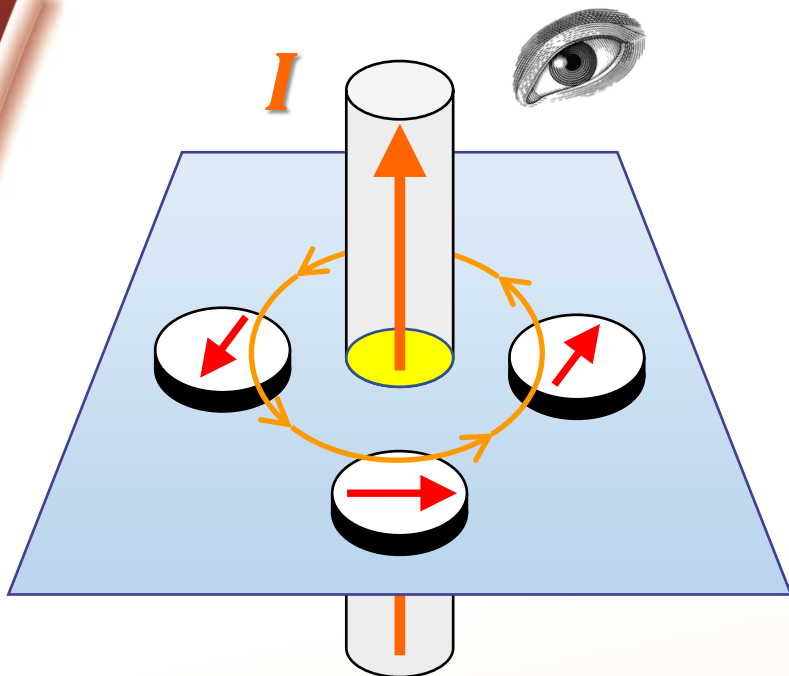
CAMPO MAGNÉTICO PRODUCIDO POR LA CORRIENTE AL PASAR POR UN CONDUCTOR RECTILÍNEO

Posteriormente al experimento de Oersted, se comenzó a estudiar el campo magnético producido por conductores de diferentes formas a través de los cuales circulase la corriente eléctrica.

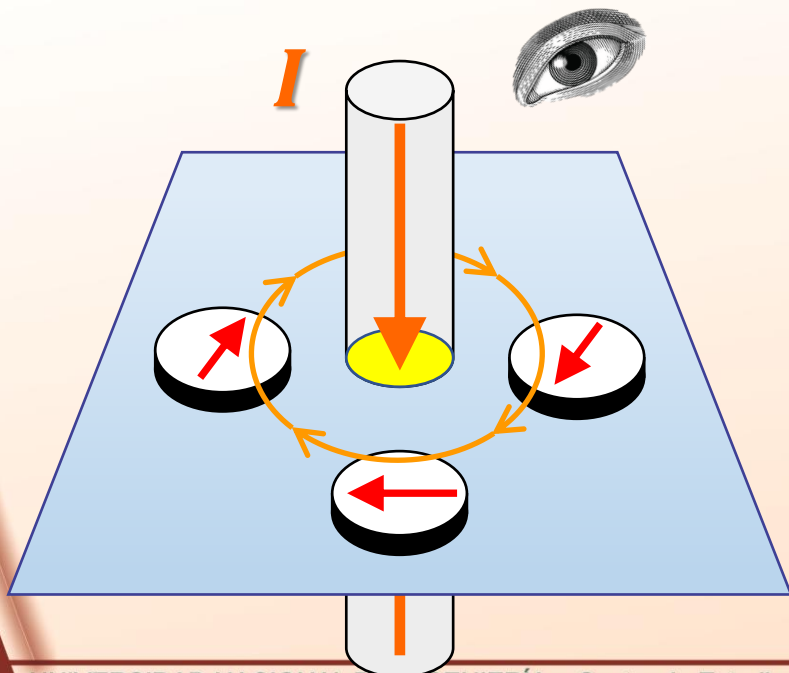
Estudiaremos el **campo magnético** producido por la corriente circulando en un conductor rectilíneo para **puntos** cuya **distancia al conductor es más pequeña que la longitud del conductor**.

Experimentalment
e

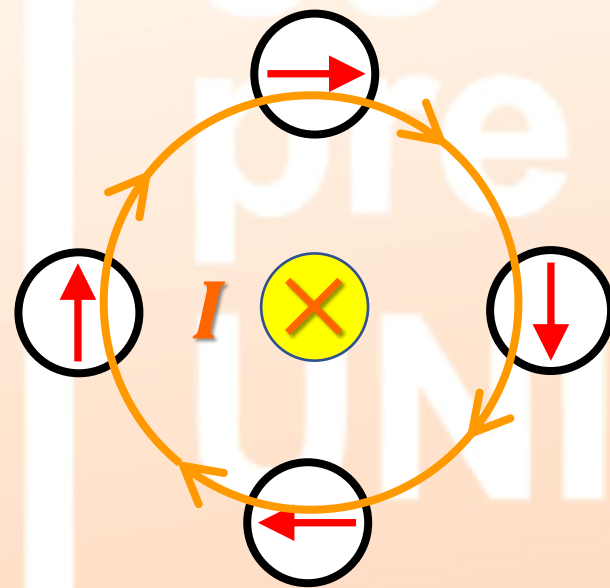
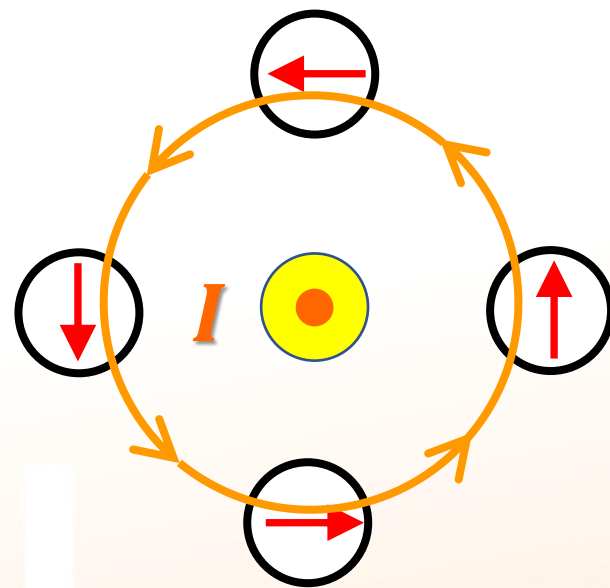


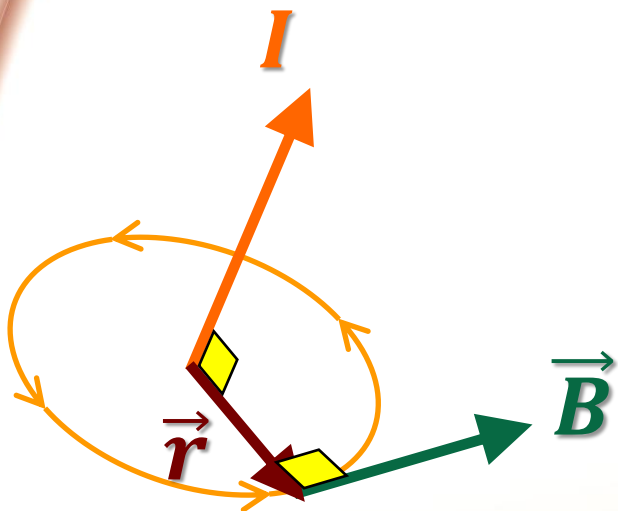


Para el observador la corriente sale por la sección transversal del cable perpendicularmente



Para el observador la corriente entra por la sección transversal del cable perpendicularmente





Recordando que el campo magnético en cada punto es tangente a la línea de campo, líneas que de acuerdo al experimento cerca del conductor son circunferencias por cuyo centro pasa la corriente. Entonces $|\vec{r}|$ representa la distancia del conductor al punto donde quiere evaluarse el campo magnético.

La magnitud del campo magnético cerca al conductor viene dada por:

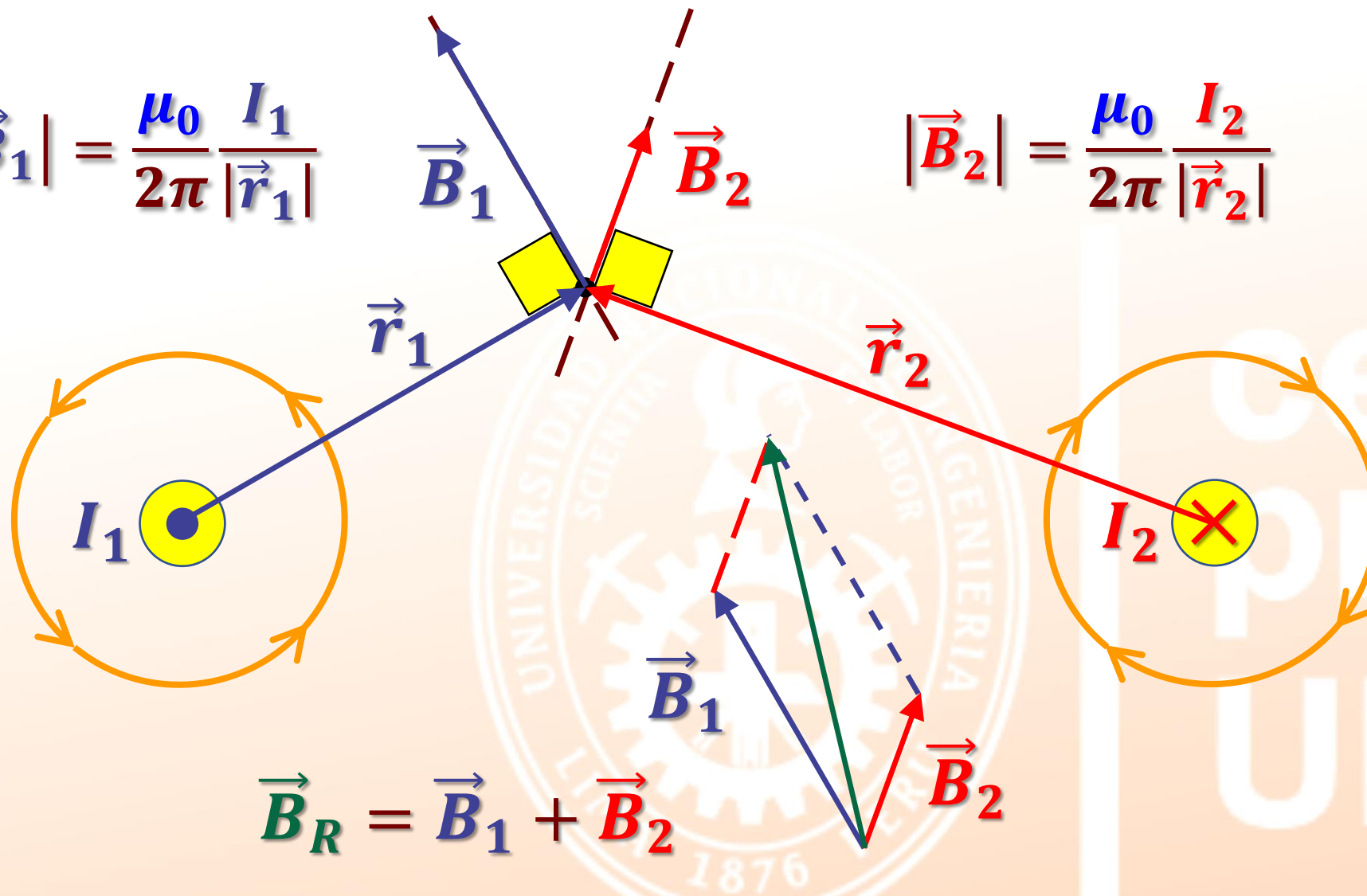
$$|\vec{B}| = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I}{|\vec{r}|}$$

Donde μ_0 es la permeabilidad magnética del vacío, cuyo valor en unidades del S.I. es $4\pi \times 10^{-7} \text{ T.m/A}$, valor similar al del aire.

Para dos conductores paralelos que son perpendiculares a un plano.

$$|\vec{B}_1| = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I_1}{|\vec{r}_1|}$$

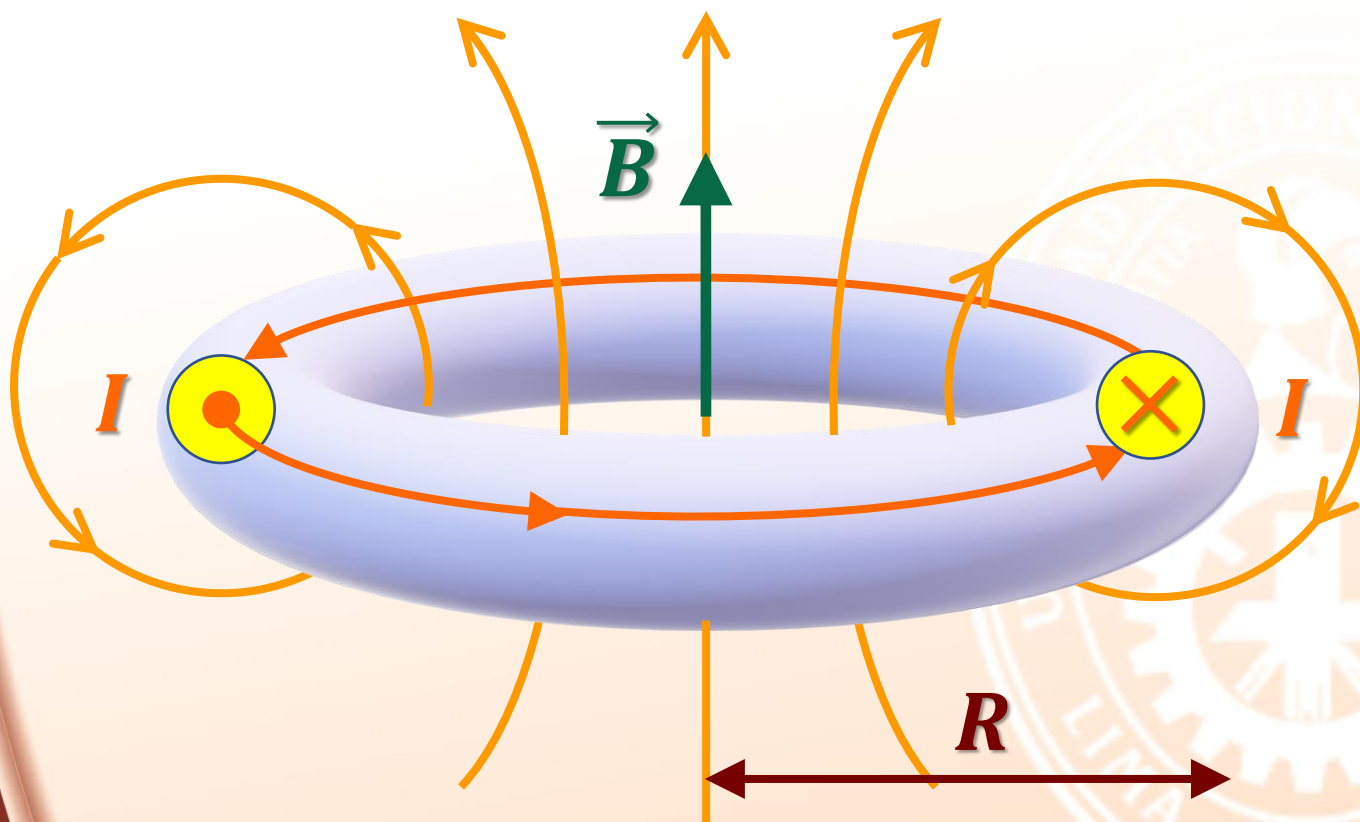
$$|\vec{B}_2| = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I_2}{|\vec{r}_2|}$$



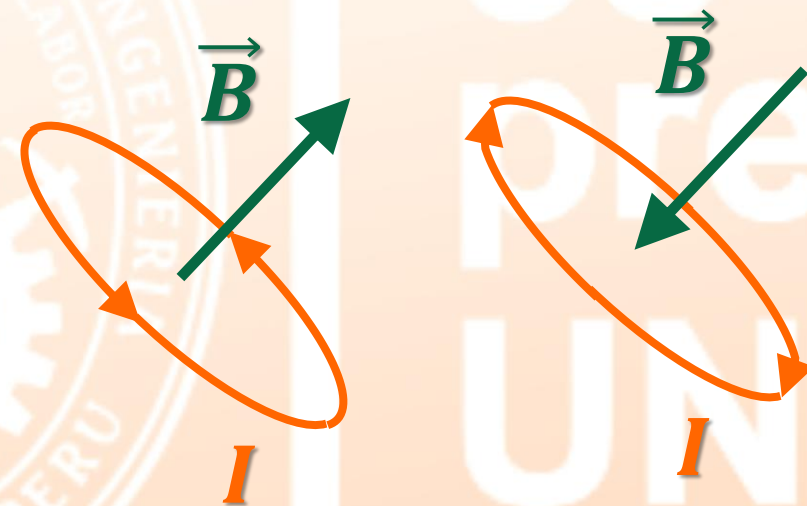
$$\vec{B}_R = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$$

CAMPO MAGNÉTICO PRODUCIDO POR LA CORRIENTE AL PASAR POR UN CONDUCTOR CIRCULAR

Física



$$|\vec{B}|_{\text{Centro}} = \frac{\mu_0}{2} \frac{I}{R}$$

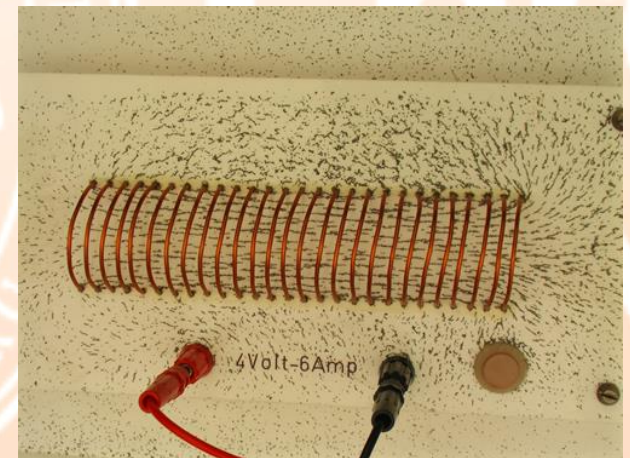
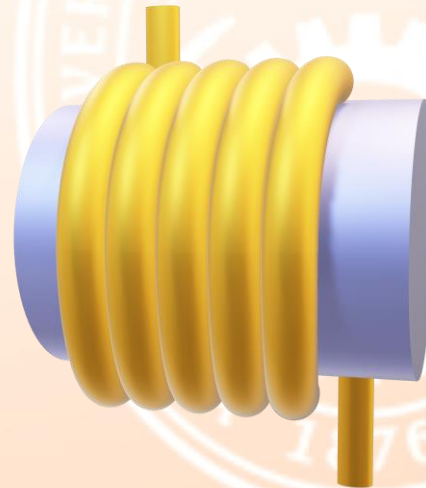


CAMPO MAGNÉTICO PRODUCIDO POR LA CORRIENTE AL PASAR POR UNA BOBINA O SOLENOIDE

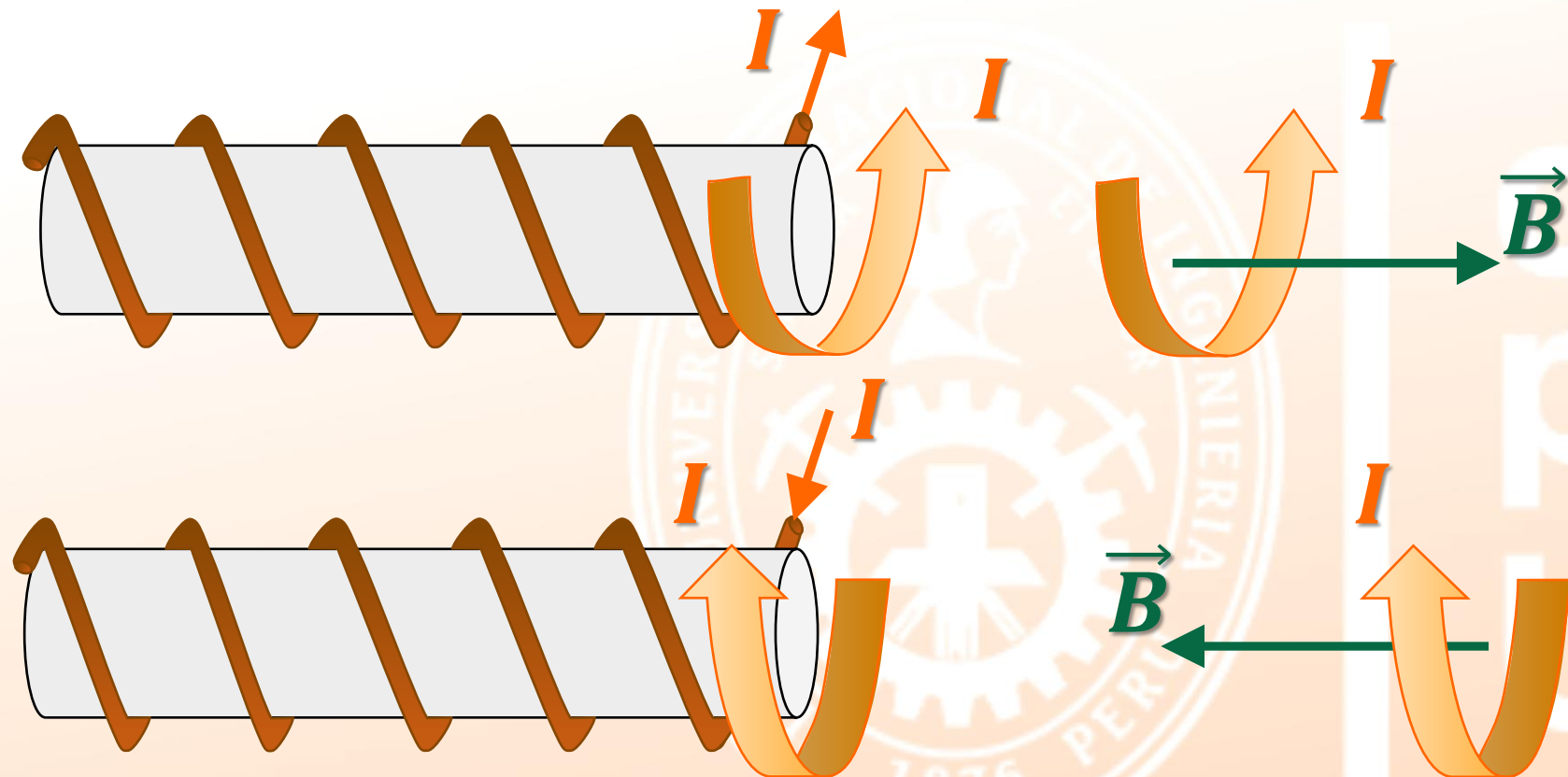
Si deseamos aumentar la magnitud del campo magnético en el centro de un conductor circular producido por una corriente, deberíamos ó aumentar la intensidad de la corriente eléctrica ó disminuir el radio. Una forma más práctica sería envolver un cable sobre una superficie de modo que por cada vuelta, el campo magnético en el centro tenga mayor intensidad.

**Bobina
solenoides**

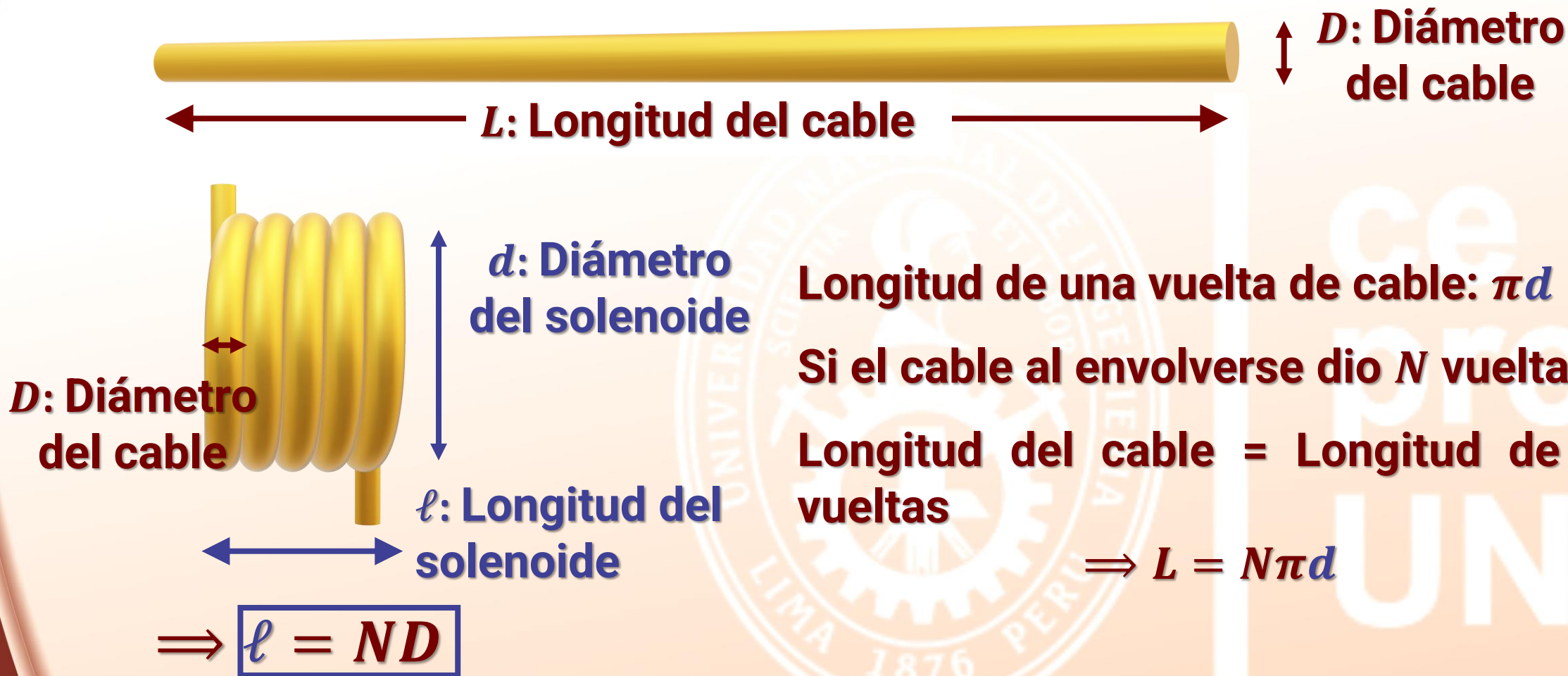
ó



Aproximadamente el campo magnético es uniforme en el interior del solenoide, su orientación se hallará usando la regla de la mano derecha, donde el pulgar tendrá la orientación del campo y los otros dedos toman la forma con que la corriente circula.



Para obtener un campo magnético mas intenso aún, el cable debe dar el mayor número de vuelta posibles, para esto cada vez que el cable de la vuelta, la siguiente porción de cable debe estar pegada a ella.



De esta relación, $\ell = ND$, como el campo aumenta su intensidad con el número de vueltas N , vemos que eso ocurre con cables con diámetros D más pequeños, por ello calculamos el número de vueltas por unidad de longitud del solenoide (n)

$$n = \frac{\text{\# vueltas}}{\text{Longitud del solenoide}} = \frac{N}{\ell} = \frac{1}{D}$$

Finalmente, la magnitud del campo magnético en el interior del solenoide por el cual circula una corriente I viene dado por:

$$|\vec{B}| = \mu_0 n I$$

FUERZA MAGNÉTICA

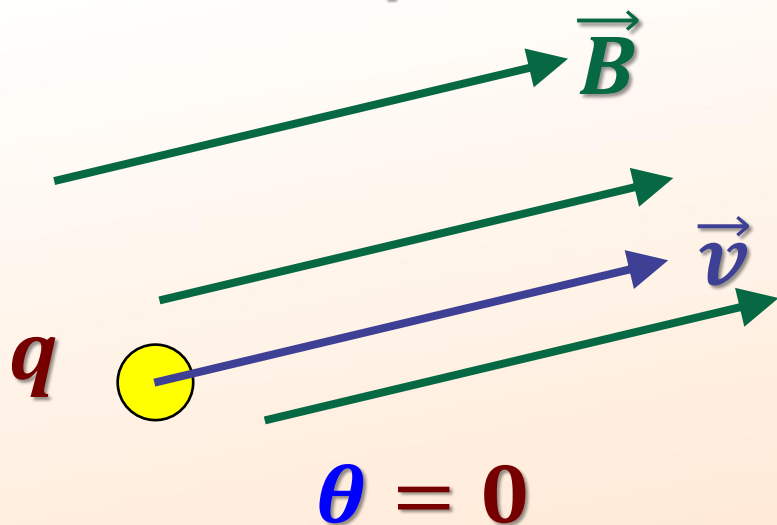
El campo magnético tiene sus particularidades. A diferencia de los campos gravitacional y eléctrico, donde los cuerpos reciben fuerza al entrar a dichos campos, no necesariamente un cuerpo recibe fuerza al entrar al campo magnético producido por otro cuerpo.

Los hechos experimentales revelan algo clave: para hallar la fuerza magnética debemos conocer las orientaciones del campo magnético y de la velocidad de las cargas al estar dentro de dicho campo.

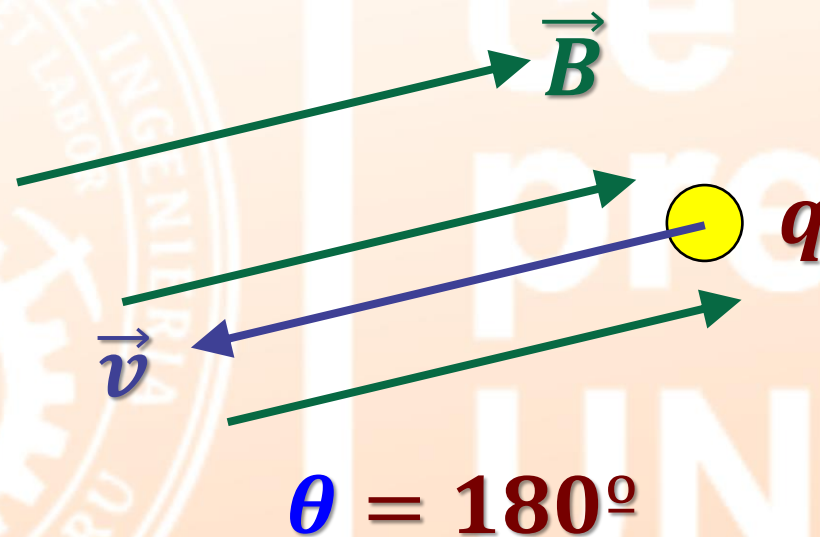


Fuerza magnética sobre portadores de carga moviéndose en el vacío

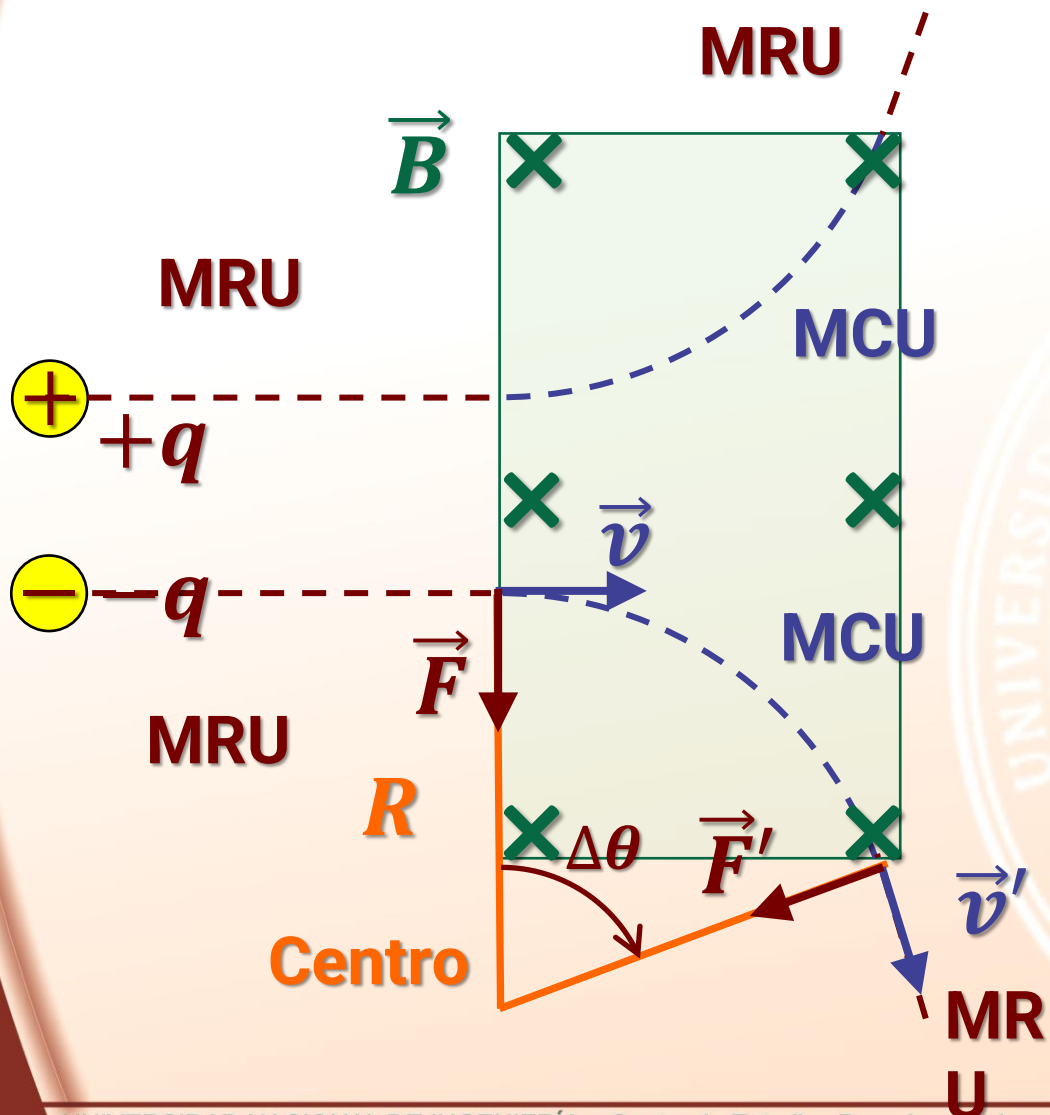
De acuerdo al experimento, cuando una carga se mueve en la misma orientación del campo magnético ($\theta = 0$) o en orientación opuesta al campo ($\theta = 180^\circ$), la carga realiza un MRU, es decir no hay fuerza debido al campo.



$$\vec{F}_m = \vec{0}$$



Pero cuando una carga entra perpendicularmente al campo magnético ($\theta = 90^\circ$), mientras la carga este en el campo realiza un mcu.



Como la carga realiza MCU y el campo magnético es perpendicular al plano de movimiento

$$\Rightarrow \vec{F} \perp \vec{B} \text{ Y } \vec{F} \perp \vec{v}$$

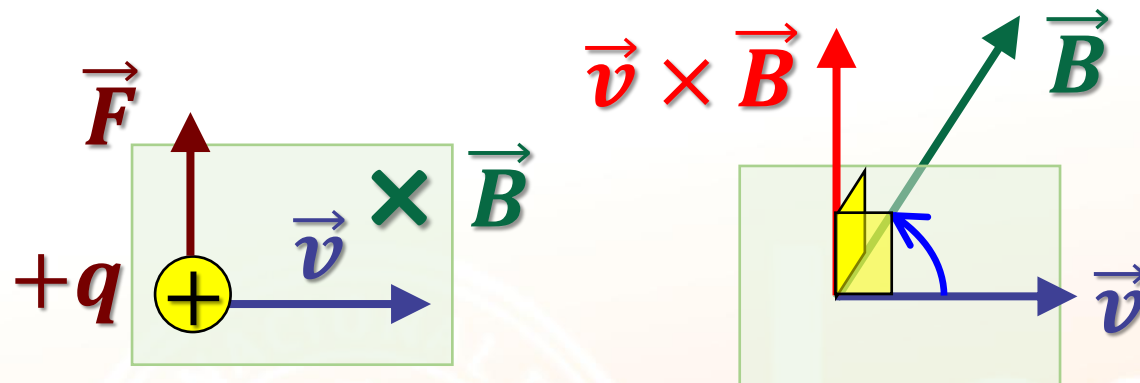
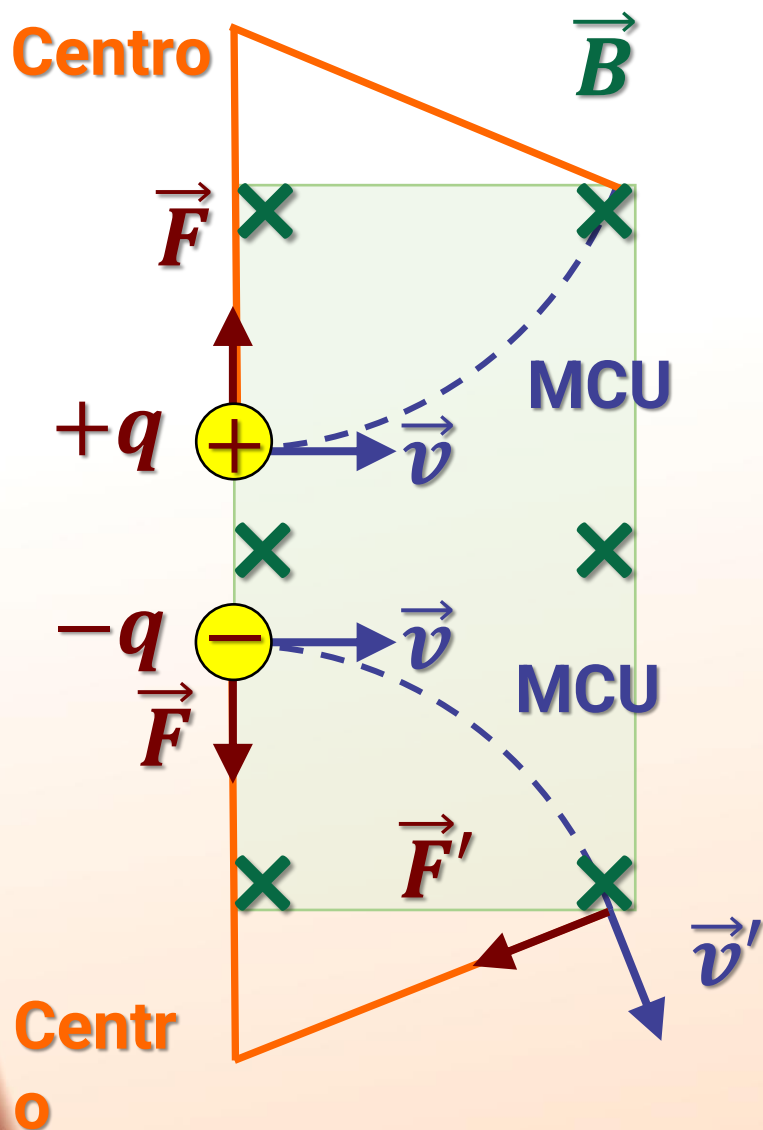
En el MCU, tanto la velocidad como la fuerza tienen módulo constante

$$|\vec{v}| = |\vec{v}'| = |\vec{\omega}| R$$

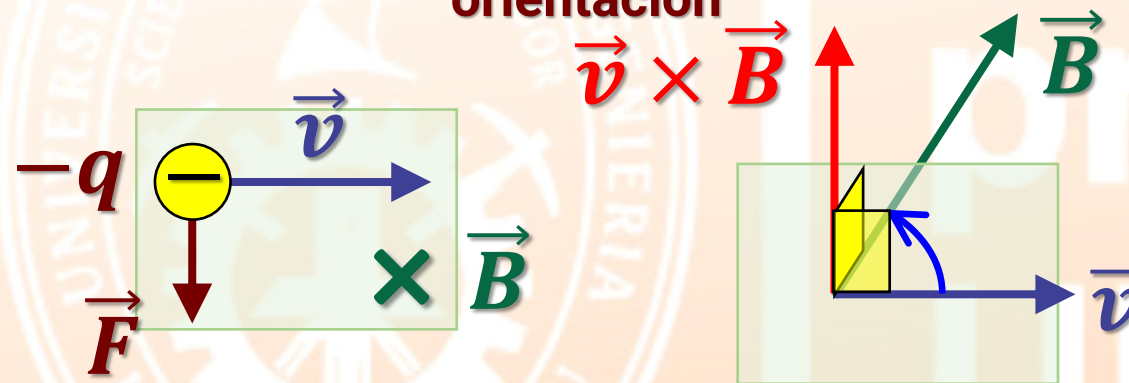
$$|\vec{F}| = |\vec{F}'| = m|\vec{\omega}|^2 R = m \frac{|\vec{v}|^2}{R}$$

donde $|\vec{\omega}| = \frac{2\pi}{T} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$

En este caso, la fuerza magnética apunta al centro de la trayectoria



Para la carga positiva $\vec{F}$ y $\vec{v} \times \vec{B}$ tienen la misma orientación



Para la carga negativa $\vec{F}$ y $\vec{v} \times \vec{B}$ son opuestos

Y del experimento, se obtiene que la magnitud de la fuerza magnética aumenta con la magnitud de la carga.

Por todo lo anterior, concluimos que la fuerza magnética se calcula como

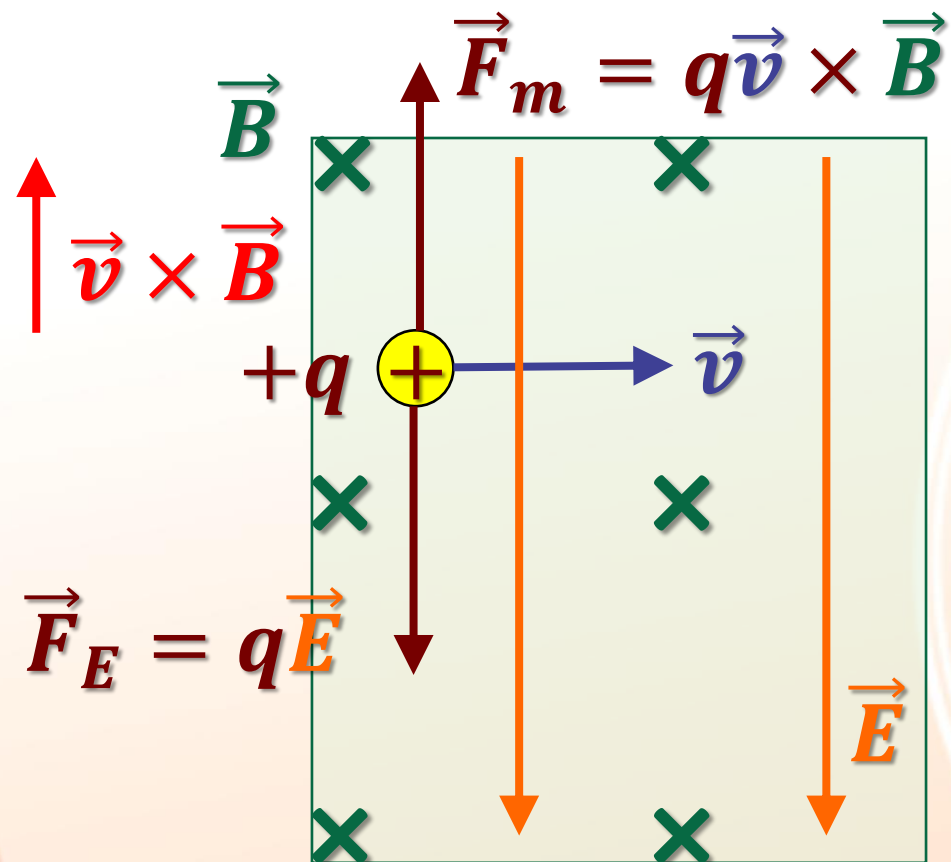
$$\vec{F}_m = q\vec{v} \times \vec{B}$$

De modo que, si q es positivo, $\vec{F}$ y $\vec{v} \times \vec{B}$ tienen la misma orientación y si q es negativo, $\vec{F}$ y $\vec{v} \times \vec{B}$ son opuestos.

Note además, que si dos vectores son colineales, su producto vectorial es cero, hecho que ocurre con la fuerza magnética cuando $\vec{v}$ y $\vec{B}$ tienen la misma orientación ($\theta = 0$) o son opuestos ($\theta = 180^\circ$).

Selector de velocidades

La carga eléctrica no sólo interactúa con el campo magnético, también interactúa con el campo eléctrico.



Si la carga viaja en línea recta en el espacio donde coexisten ambos campos

$$\Rightarrow \vec{F}_{\text{Lorentz}} = \vec{F}_m + \vec{F}_E = \vec{0}$$

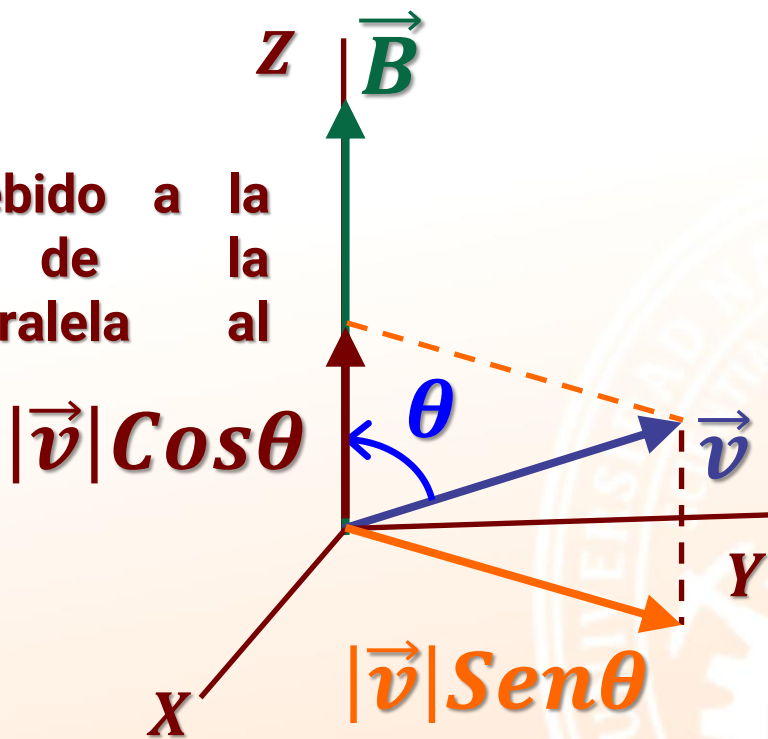
$$q\vec{v} \times \vec{B} + q\vec{E} = \vec{0} \Rightarrow \boxed{\vec{E} = -\vec{v} \times \vec{B}}$$

Vemos que este resultado es independiente de la carga

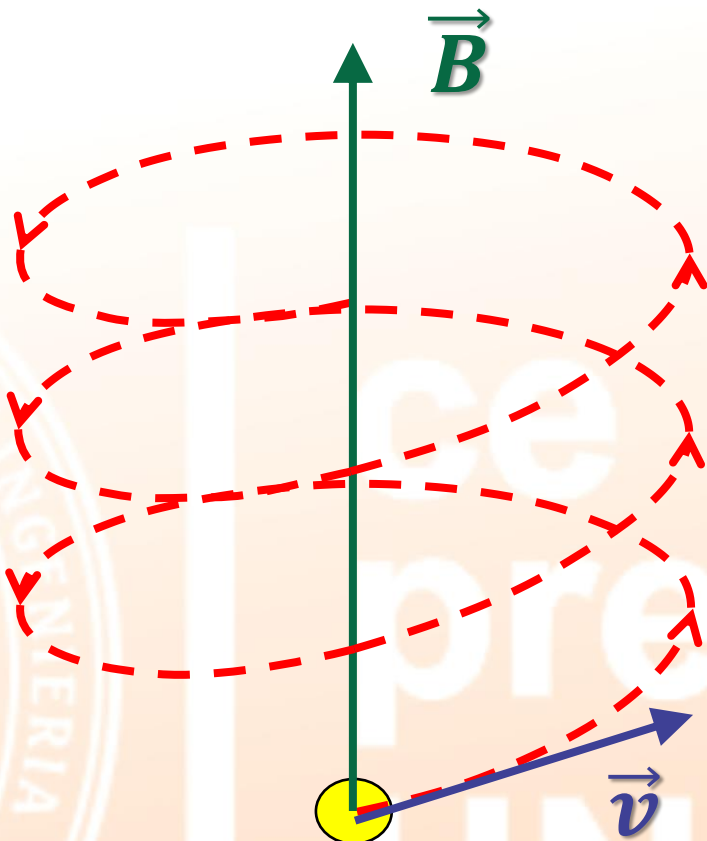
$$\vec{E} = -\vec{v} \times \vec{B} \Rightarrow \boxed{|\vec{v}| = \frac{|\vec{E}|}{|\vec{B}|}}$$

Y si la velocidad de la carga no fuese colineal ($\theta = 0$ ó 180°) ni perpendicular ($\theta = 90^\circ$) al campo magnético, el movimiento de la carga es una superposición de los anteriores.

Movimiento debido a la componente de la velocidad paralela al campo: MRU

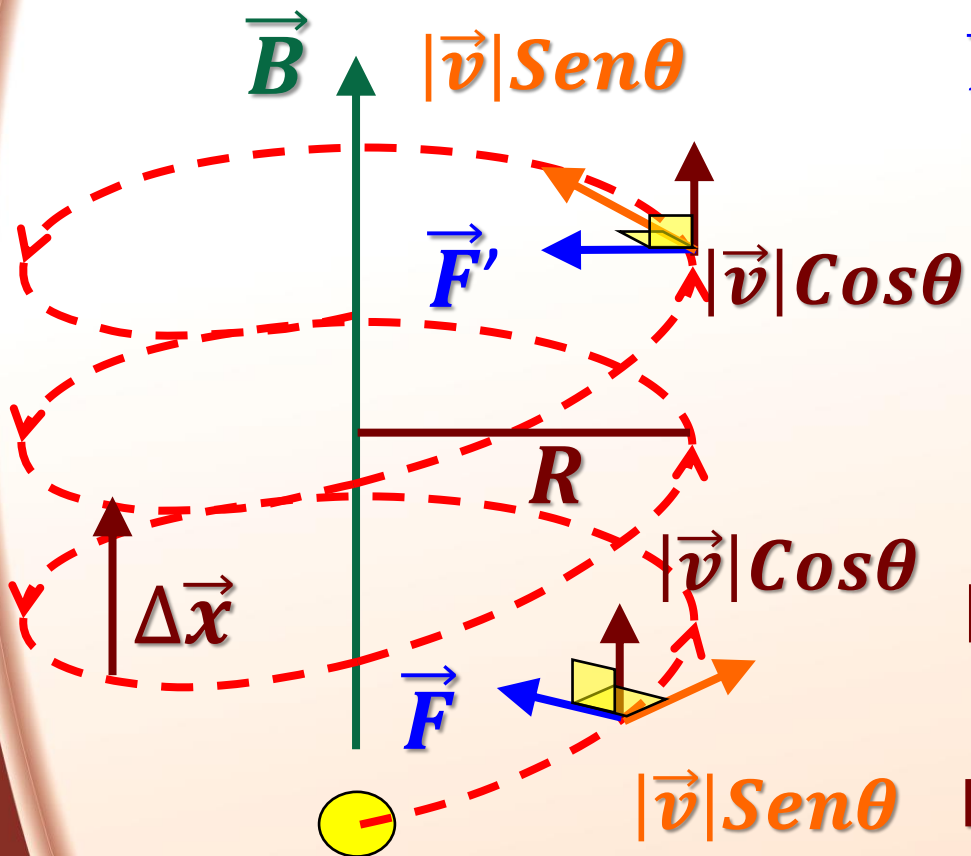


Movimiento debido a la componente de la velocidad perpendicular al campo: MCU



Movimiento helicoidal (Mov. 3D)

En este movimiento, la fuerza sigue siendo perpendicular a la velocidad, sólo que cambia la orientación de la componente de la velocidad perpendicular al campo magnético, cuyo módulo es $|\vec{v}| \text{Sen} \theta$.



$$\vec{F}_m = \underbrace{q\vec{v} \times \vec{B}} = m\vec{a}_{cp} = m(\vec{\omega} \times \vec{v}) = \underbrace{-m(\vec{v} \times \vec{\omega})}$$

$$q\vec{B} = -m\vec{\omega} \Rightarrow \vec{\omega} = -\frac{q\vec{B}}{m} \text{ (independiente de } \theta \text{)}$$

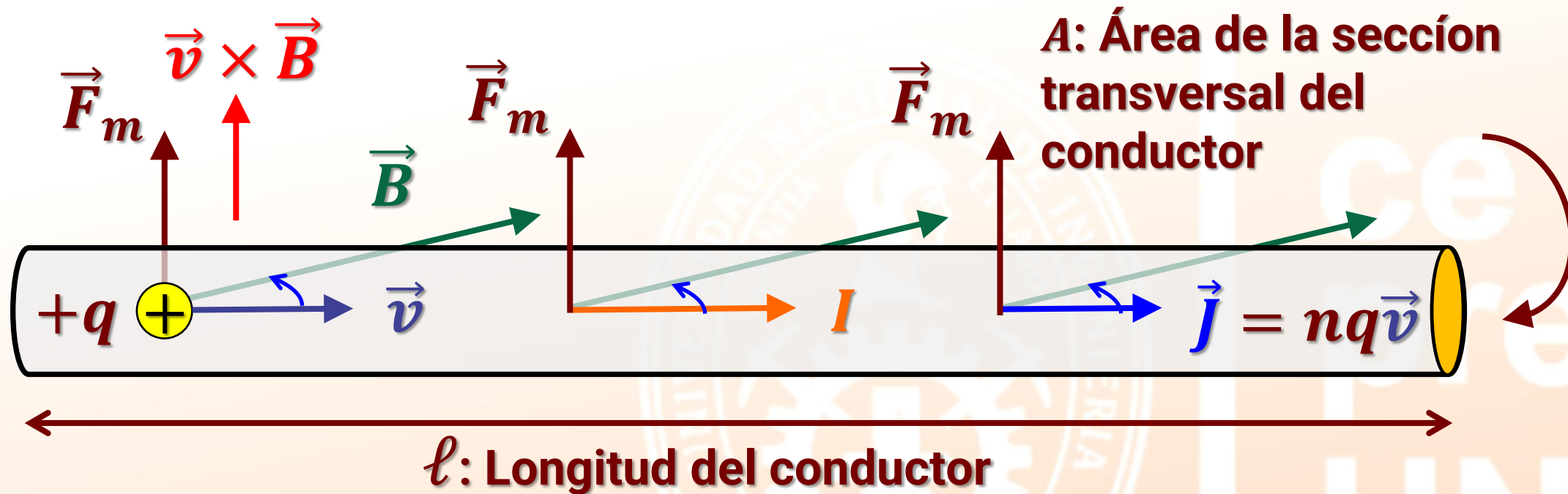
$$q\vec{v} \times \vec{B} = m\vec{a}_{cp} \Rightarrow |q||\vec{v}||\vec{B}|\text{Sen}\theta = m|\vec{\omega}|^2 R$$

$$|q||\vec{v}||\vec{B}|\text{Sen}\theta = m \frac{|q|^2 |\vec{B}|^2}{m^2} R \Rightarrow R = \frac{m|\vec{v}|\text{Sen}\theta}{|q||\vec{B}|}$$

El desplazamiento de la carga luego de un periodo $|\Delta \vec{x}| = |\vec{v}| \text{Cos} \theta T$

Fuerza magnética sobre corrientes en conductores

Recordemos que el sentido de la corriente es el mismo que el del movimiento de los portadores de carga positivos.



donde la concentración de portadores $n = \frac{\# \text{ portadores}}{\text{Volumen}} = \frac{N}{A\ell}$

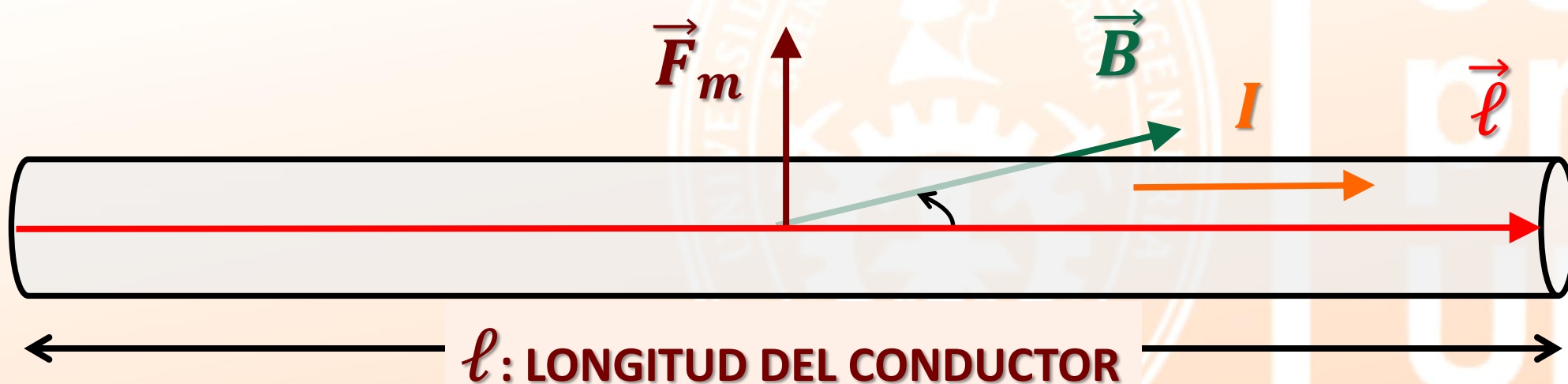
Para una carga $\vec{F}_m = q\vec{v} \times \vec{B}$

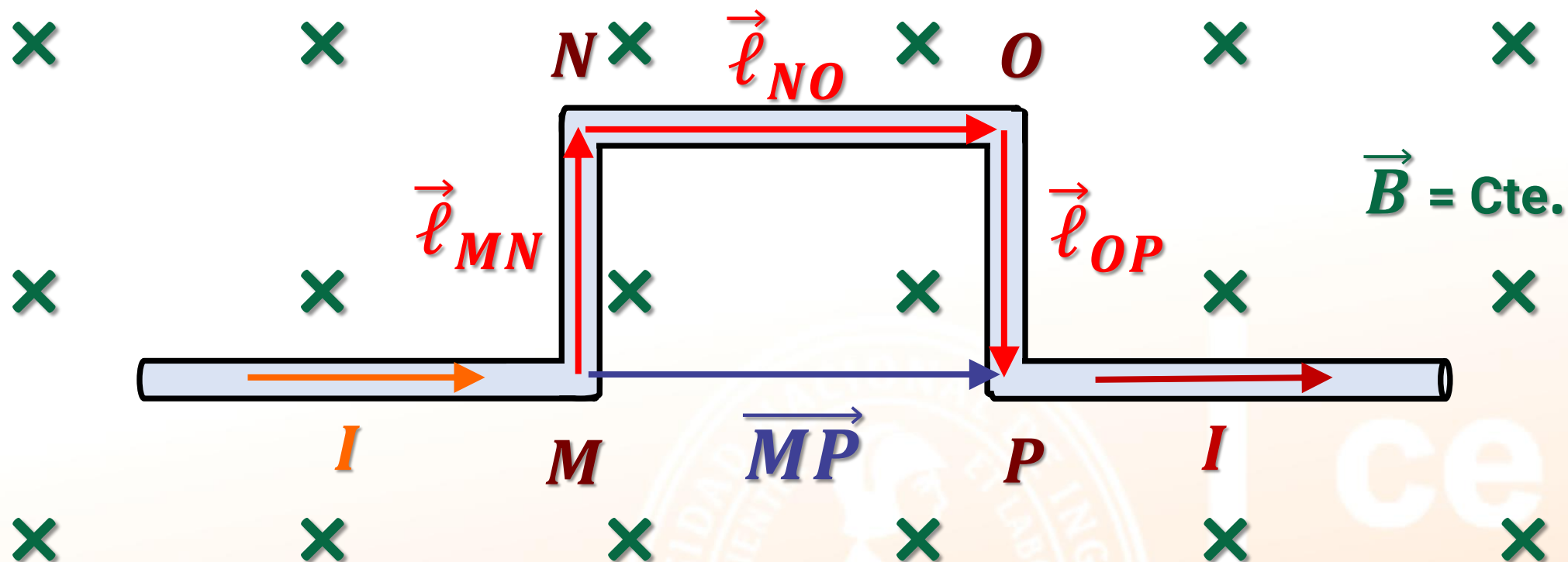
Para N cargas $\vec{F}_m = Nq\vec{v} \times \vec{B}$

$$\vec{F}_m = Nq\vec{v} \times \vec{B} = nA\ell q\vec{v} \times \vec{B} = A\ell nq\vec{v} \times \vec{B} = A\ell \vec{J} \times \vec{B} = A\ell |\vec{J}| \hat{u}_J \times \vec{B} = A |\vec{J}| (\ell \hat{u}_J) \times \vec{B}$$

$$\vec{F}_m = I \vec{\ell} \times \vec{B}$$

donde $\vec{\ell}$ tiene por módulo la longitud del conductor recto y por orientación el sentido de la corriente eléctrica.

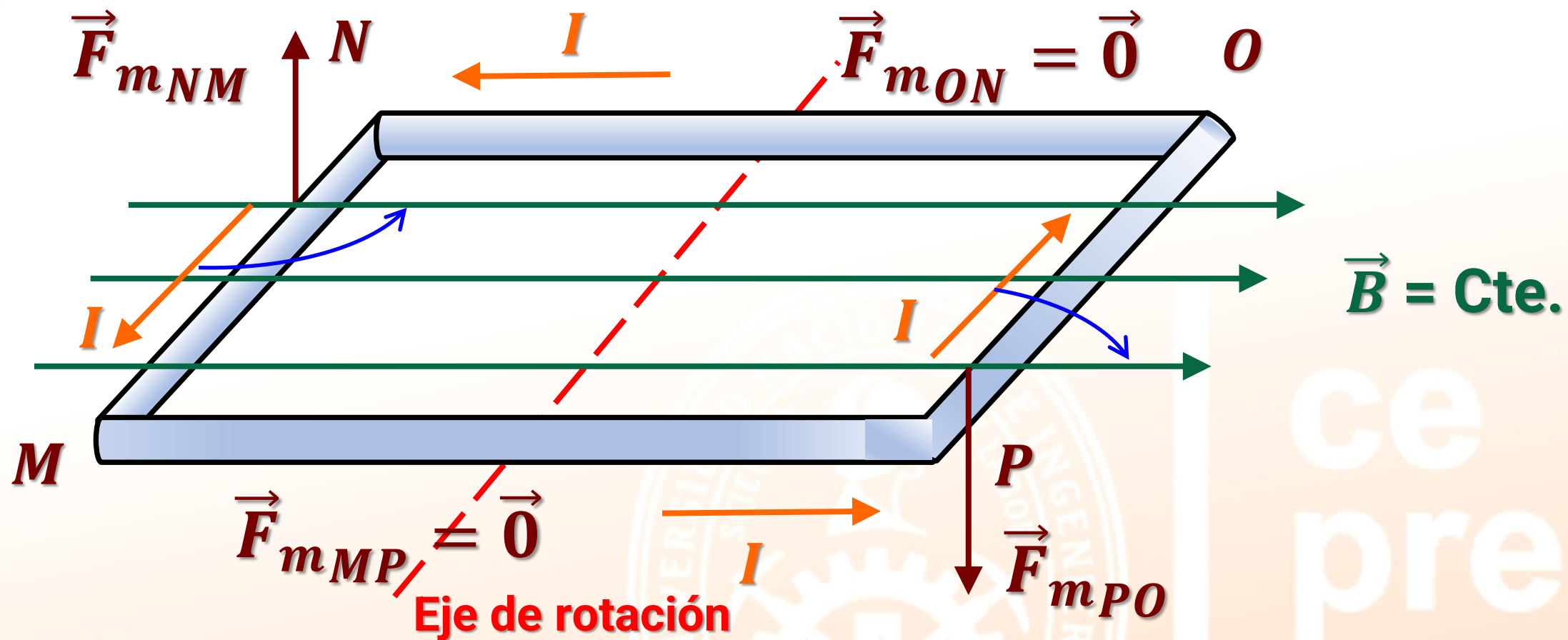




Fuerza magnética sobre el conductor $MNOP$: $\vec{F}_{m\ MNOP} = \vec{F}_{m\ MN} + \vec{F}_{m\ NO} + \vec{F}_{m\ OP}$
 $= I\vec{\ell}_{MN} \times \vec{B} + I\vec{\ell}_{NO} \times \vec{B} + I\vec{\ell}_{OP} \times \vec{B}$ como el campo magnético $\vec{B}$ es uniforme

$$\vec{F}_{m\ MNOP} = I(\vec{\ell}_{MN} + \vec{\ell}_{NO} + \vec{\ell}_{OP}) \times \vec{B} = I\vec{MP} \times \vec{B}$$

Vector trazado del punto inicial hacia el punto final



En un conductor cerrado por el que circula la corriente, la fuerza magnética es cero. Sin embargo, respecto al eje mostrado el torque producido por la fuerza magnética no es cero. Esto se utiliza en motores.