Ingeniería Eléctrica
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

EL 6000
Generación de Energía Eléctrica con Fuentes Renovables

Clase 3: PRINCIPIOS GENERADORES

AGENDA

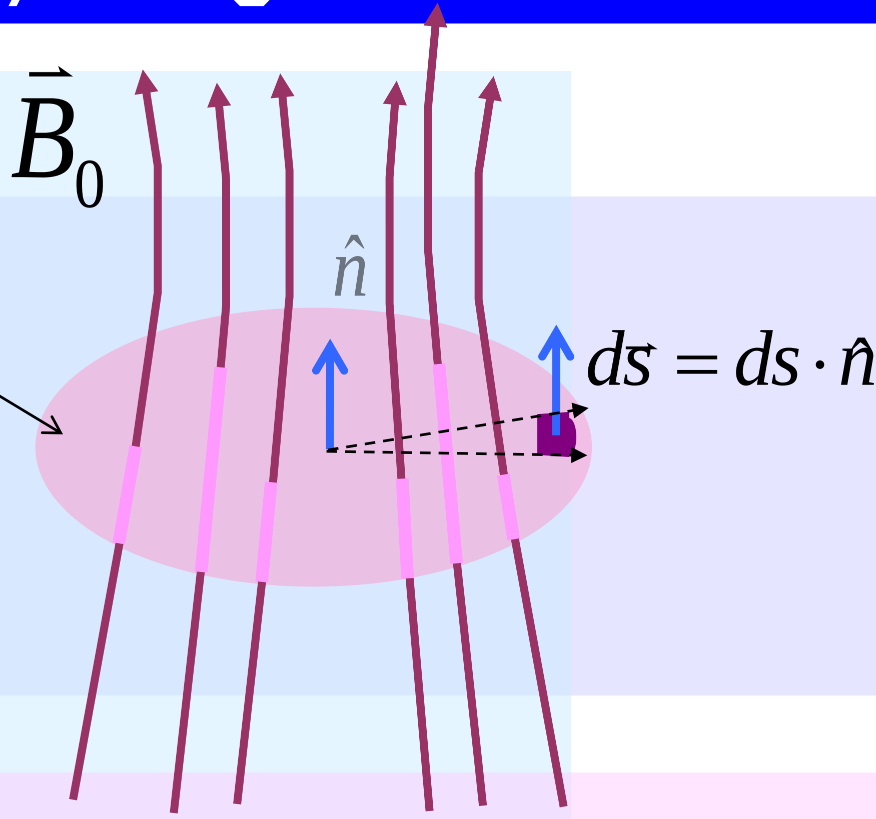
- Repaso
- Principio del generador

DEFINICION GENERADOR

ENERGÍA MECÁNICA, Quimica, etc. → **ENERGÍA ELÉCTRICA**

En un generador, la variación en el tiempo de la geometría de un circuito magnético (energía mecánica) produce una variación en el tiempo del flujo magnético que induce voltajes en los circuitos eléctricos que lo enlazan (energía eléctrica).

Flujo magnético

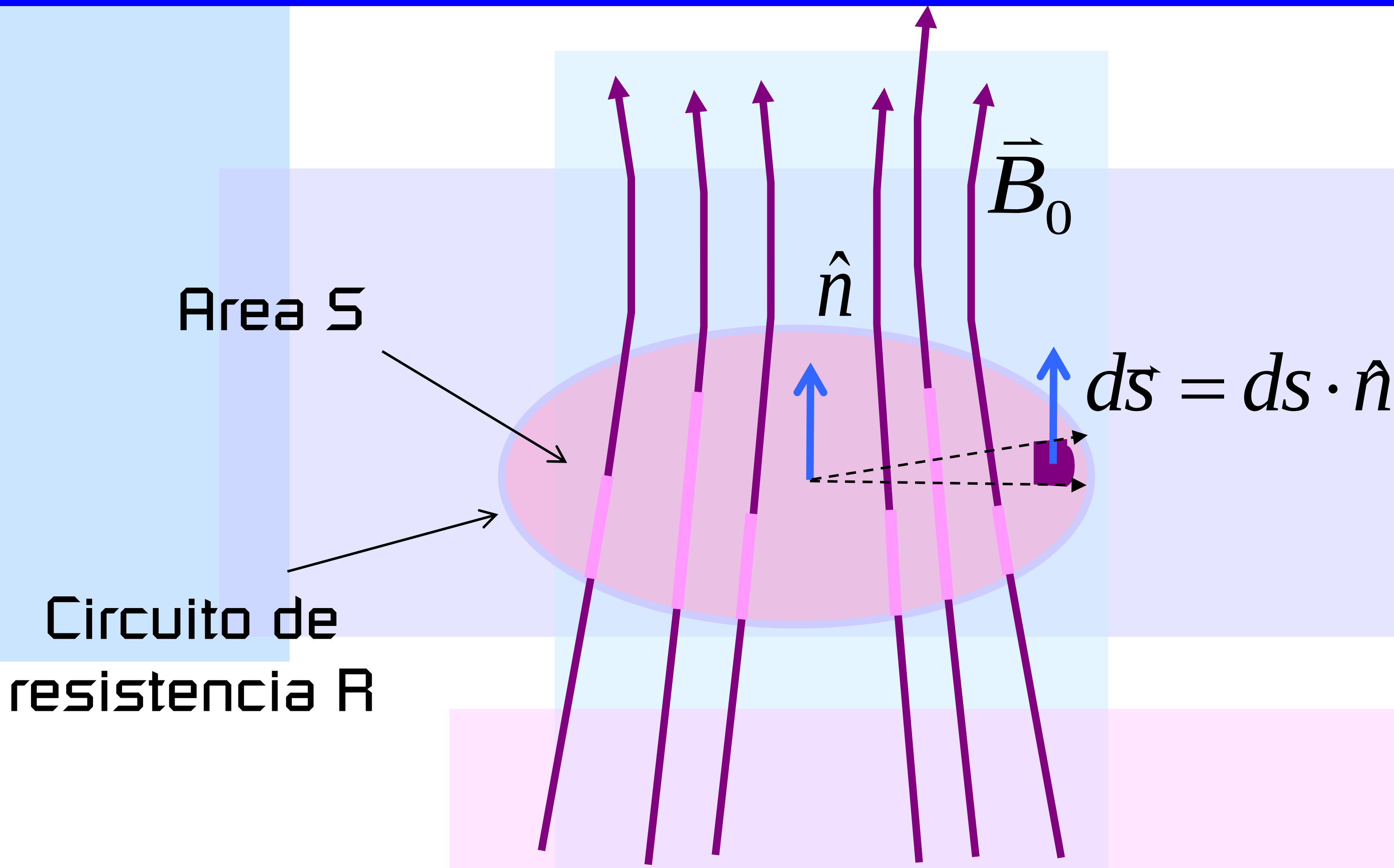


Flujo del campo magnético a través de área S

$$\phi = \iint_S \vec{B}_0 \cdot d\vec{s}$$

$$[\phi] = \left[Tesla \times m^2\right]$$

Flujo magnético en un circuito

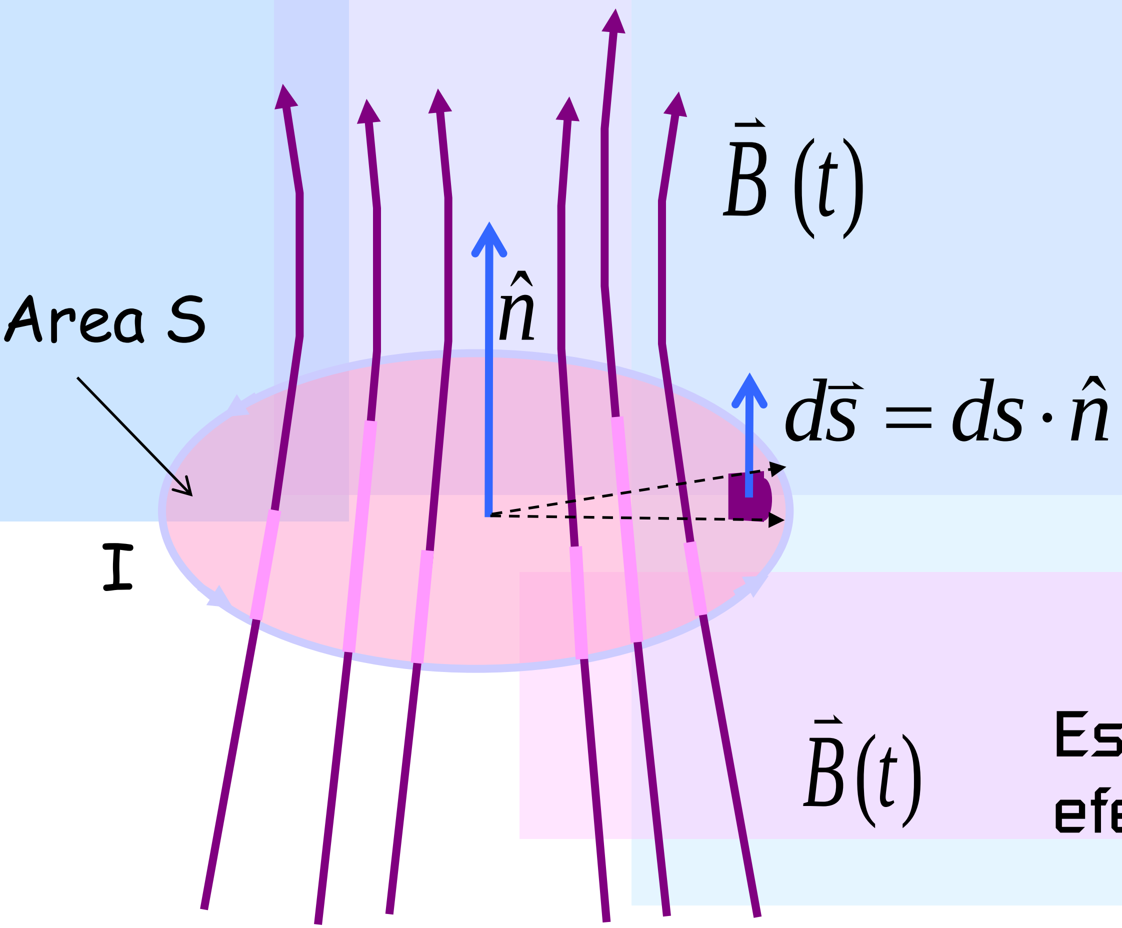


Flujo del campo magnético a través del circuito $\phi = \iint_S \vec{B}_0 \cdot d\vec{s}$

Ley de Faraday-Lenz

Se encuentra experimentalmente que si $\vec{B} = \vec{B}(t)$
entonces aparece una corriente I dada por la relación

$$I = -\frac{\partial \phi}{\partial t} \cdot \frac{1}{R}$$



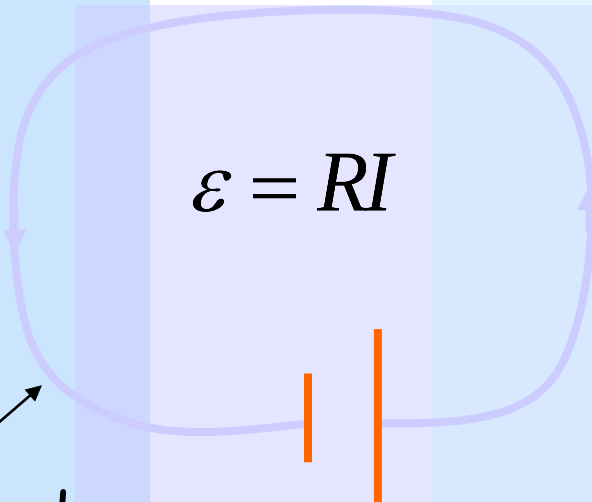
donde

$$\phi = \iint_S \vec{B}(t) \cdot d\vec{s}$$

Este campo incluye el efecto de la corriente I

Ley de Faraday-Lenz

Recordemos que para un circuito resistivo se cumple $\varepsilon = RI$



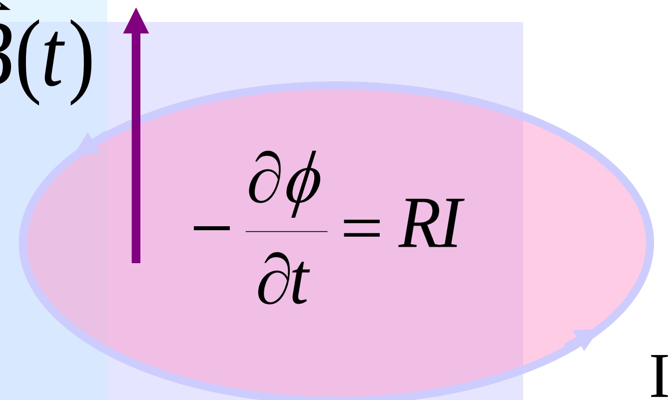
$$\varepsilon = RI$$

I

- ε +

Circuito de resistencia R

Fem del circuito



$$\vec{B}(t)$$

$$-\frac{\partial \phi}{\partial t} = RI$$

I

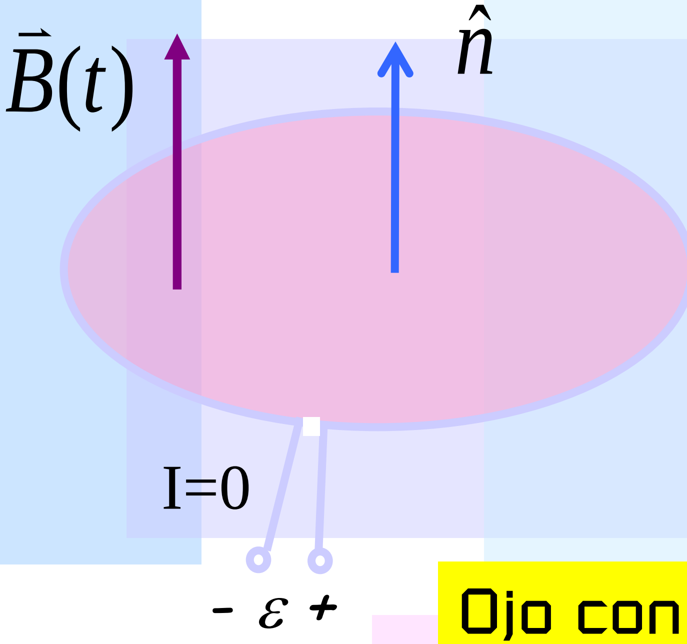
Un campo magnético variable genera o induce un FEM dada por la expresión

$$\varepsilon = -\frac{\partial \phi}{\partial t}$$

LEY DE FARADAY-LENZ

Ley de Faraday-Lenz

Un campo magnético variable genera o induce un FEM



$$\varepsilon = -\frac{\partial \phi}{\partial t}$$

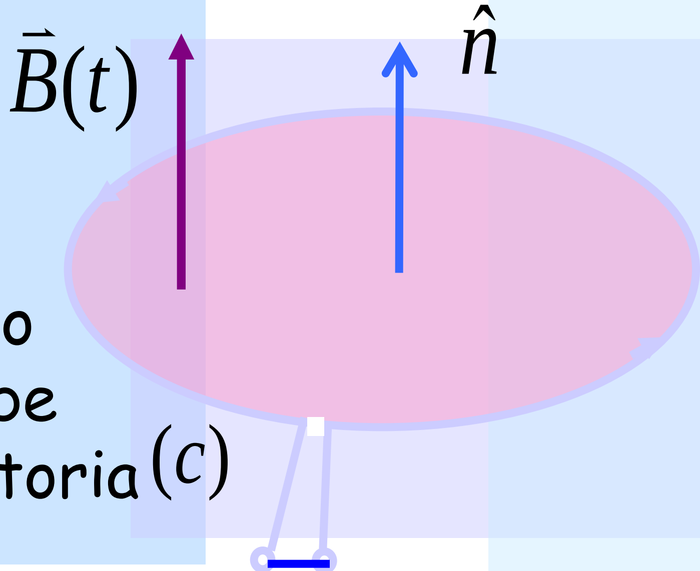
con $\phi = \iint_S \vec{B}(t) \cdot d\vec{s}$

Ojo con el sentido de la fem

Notar que si el flujo es variable en el tiempo la fem se induce independiente de la corriente I

Ley de Faraday-Lenz

Un campo magnético variable genera o induce un FEM



Circuito describe trayectoria (c)

$$\varepsilon = -\frac{\partial \phi}{\partial t}$$

con $\phi = \iint_S \vec{B}(t) \cdot d\vec{s}$

Recordemos que la definición de fem es

$$\varepsilon = \int_{(c)} \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

$$\varepsilon = RI \Rightarrow \quad I = \frac{\varepsilon}{R}$$

Ley de Faraday-Lenz

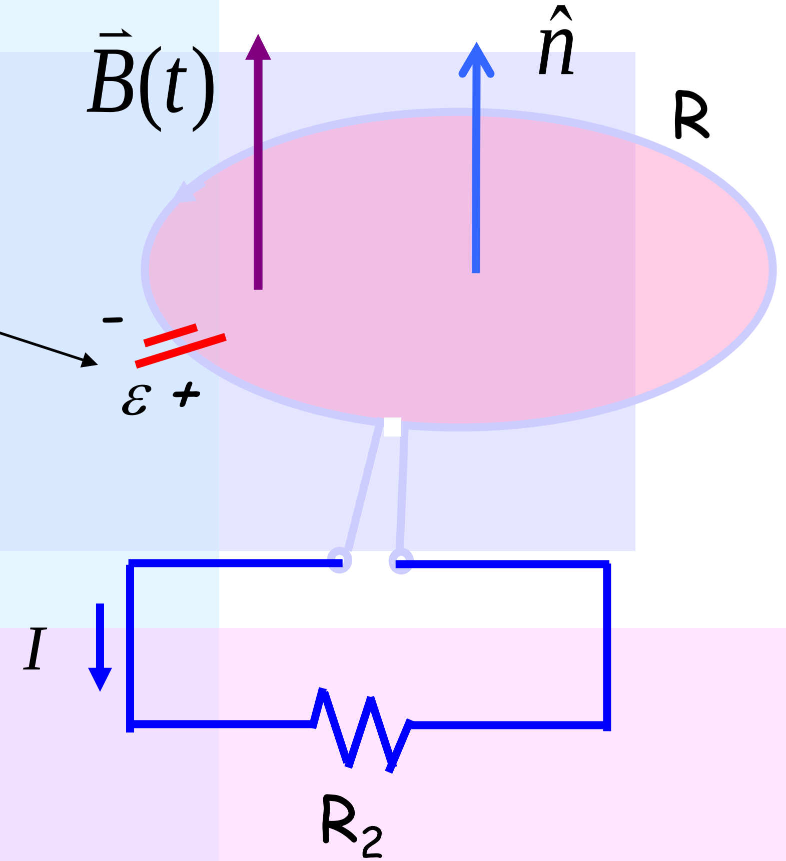
Un campo magnético variable genera o induce un FEM

La FEM inducida “aparece” en el circuito con campo variable

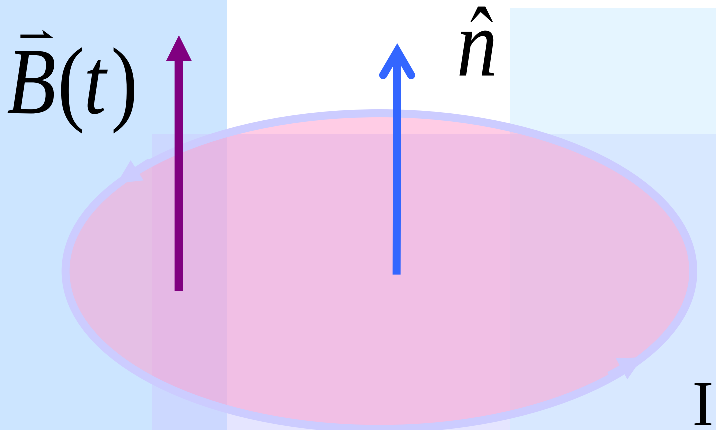
$$\phi = \iint_S \vec{B}(t) \cdot d\vec{s}$$

$$\varepsilon = -\frac{\partial \phi}{\partial t}$$

$$\varepsilon = (R_2 + R)I \Rightarrow \quad I = \frac{\varepsilon}{R_2 + R}$$

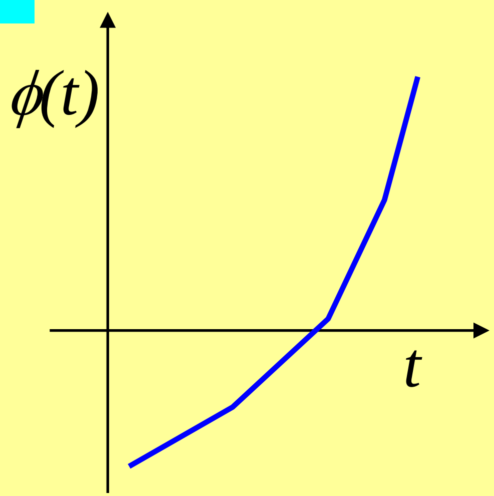


Ley de Faraday-Lenz



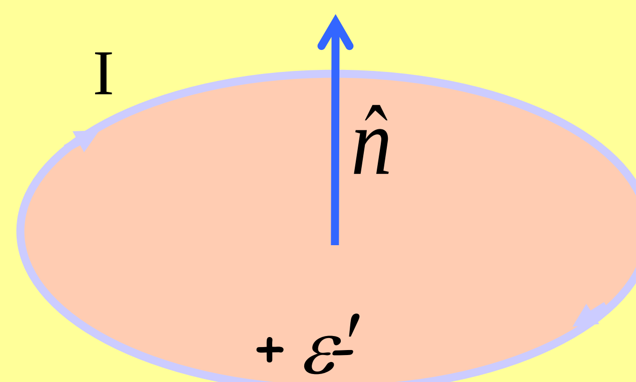
$$\boxed{\varepsilon = -\frac{\partial \phi}{\partial t}} \quad \text{con} \quad \phi = \iint_S \vec{B}(t)\cdot d\vec{s}$$

Si



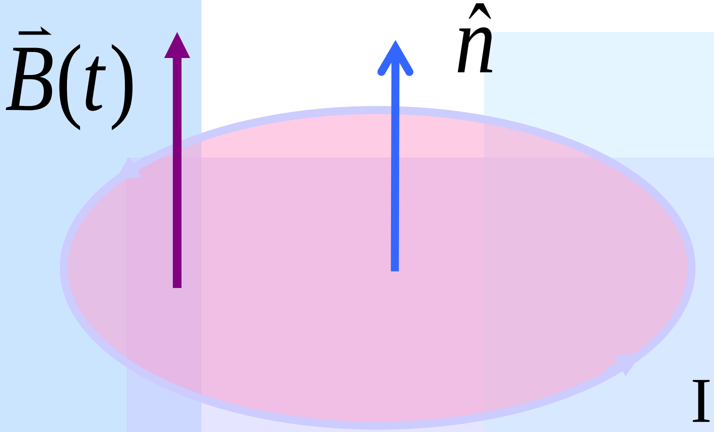
$$\dot{\phi} > 0 \Rightarrow \varepsilon < 0$$

$$\varepsilon' \equiv -\varepsilon$$



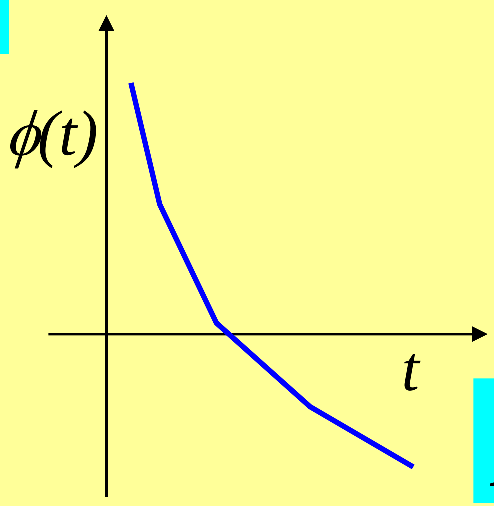
$\vec{B}$ crece $\Rightarrow$ Corriente genera campo opuesto al crecimiento

Ley de Faraday-Lenz

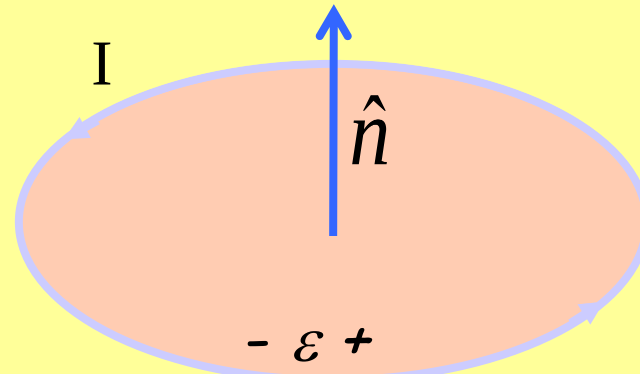


$$\varepsilon = -\frac{\partial \phi}{\partial t}$$ con $$\phi = \iint_S \vec{B}(t) \cdot d\vec{s}$$

Si



$$\dot{\phi} < 0 \Rightarrow \varepsilon > 0$$

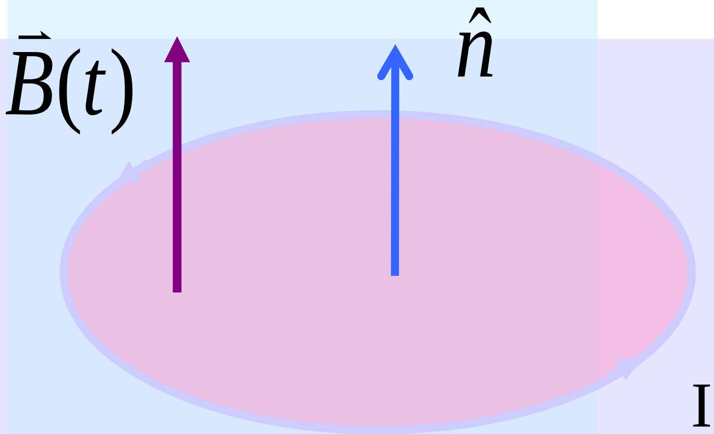


$\vec{B}$ decrece $\Rightarrow$ Corriente genera campo opuesto al decrecimiento

Ley de Faraday-Lenz

Un flujo magnético variable genera o induce un FEM

$$\phi = \iint_{S(t)} \vec{B}(t) \cdot d\vec{s}$$



$$\varepsilon = -\frac{\partial \phi}{\partial t}$$

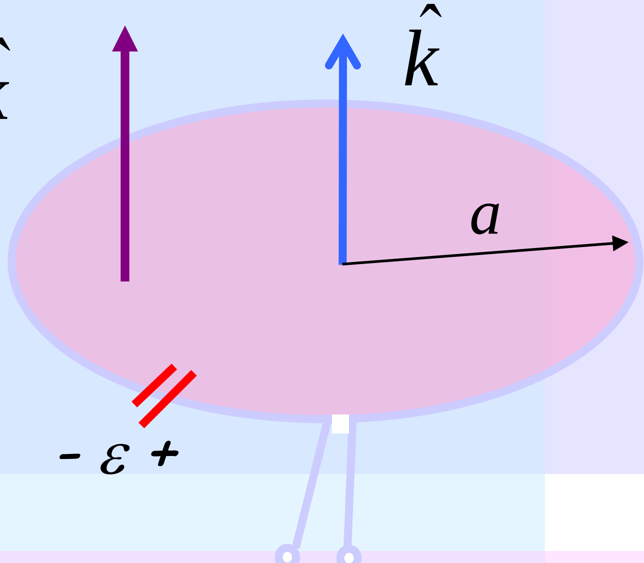
Notar que un flujo variable en el tiempo se puede lograr de dos formas:

- Con un campo variable *B(t)*
- Con una superficie variable *S(t)*

Ejemplo 1

Flujo variable producido por un campo variable $B(t)$

Si $$\vec{B}(t) = B_0 e^{-t/\tau}\hat{k}$$



$$\phi = \iint_S \vec{B}\cdot d\vec{s}$$

$$\phi(t) = B_0 e^{-t/\tau}\pi a^2$$

$$\boxed{\varepsilon = -\frac{\partial \phi}{\partial t}}$$

$$\varepsilon(t) = \frac{\pi a^2 B_0}{\tau} e^{-t/\tau}$$

Ejemplo 2

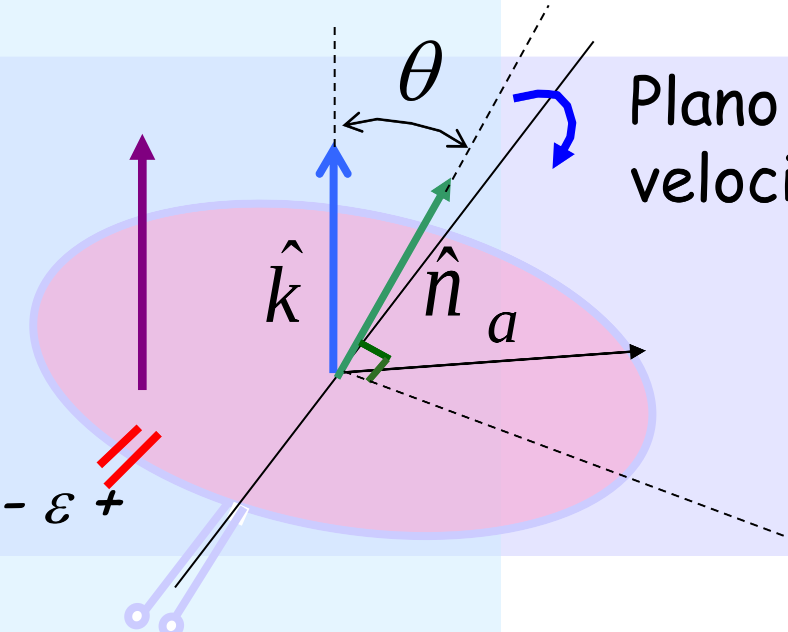
Area variable en el tiempo produce $B(t)$

Si $\vec{B}(t) = B_0 \hat{k}$

$$\phi = \iint_S \vec{B} \cdot d\vec{s}$$

$$\phi(t) = B_0 A \cos\theta$$

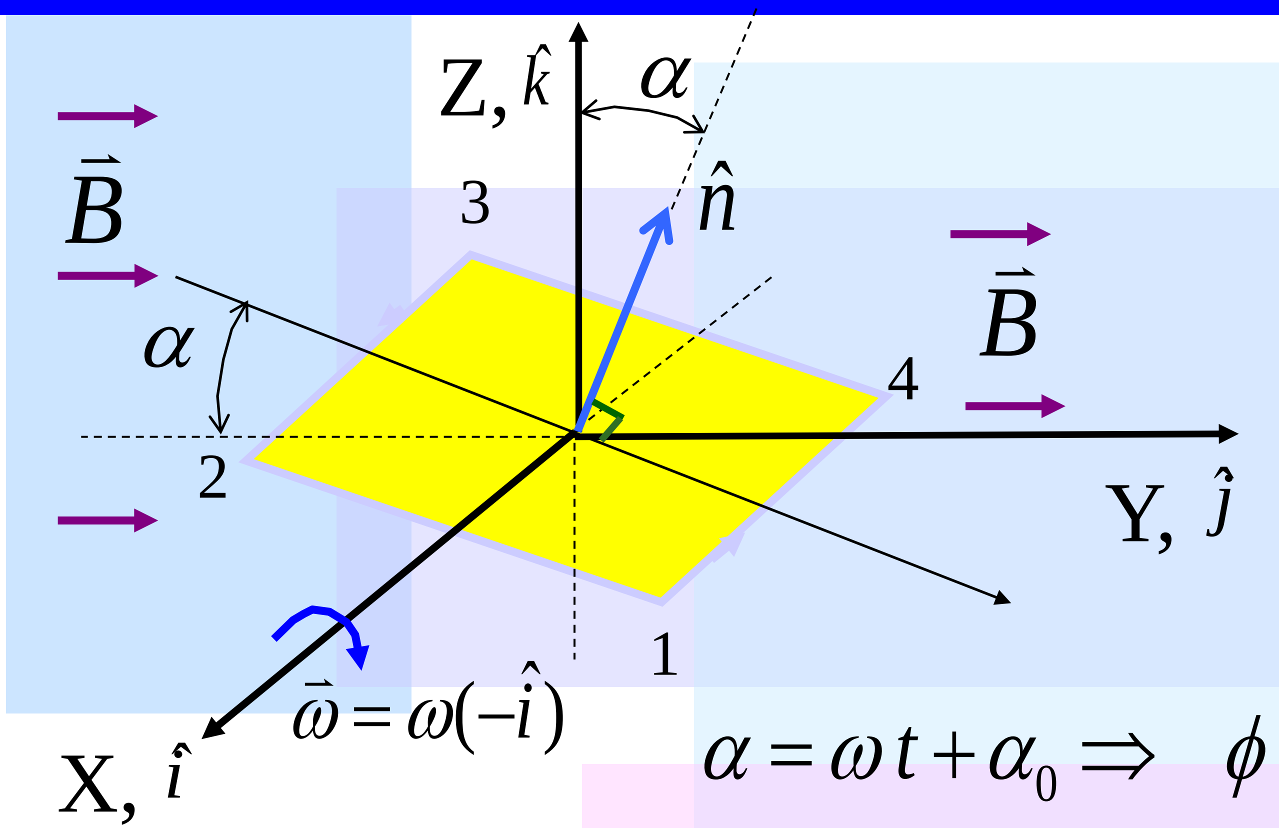
$$\theta = \omega t + \theta_0$$



Plano gira a velocidad ω

$$\varepsilon = -\frac{\partial \phi}{\partial t} \Rightarrow \varepsilon(t) = A B_0 \omega \sin(\omega t + \theta_0)$$

Principio del generador



$$\phi = \iint_{S(t)} \vec{B} \cdot d\vec{s}$$

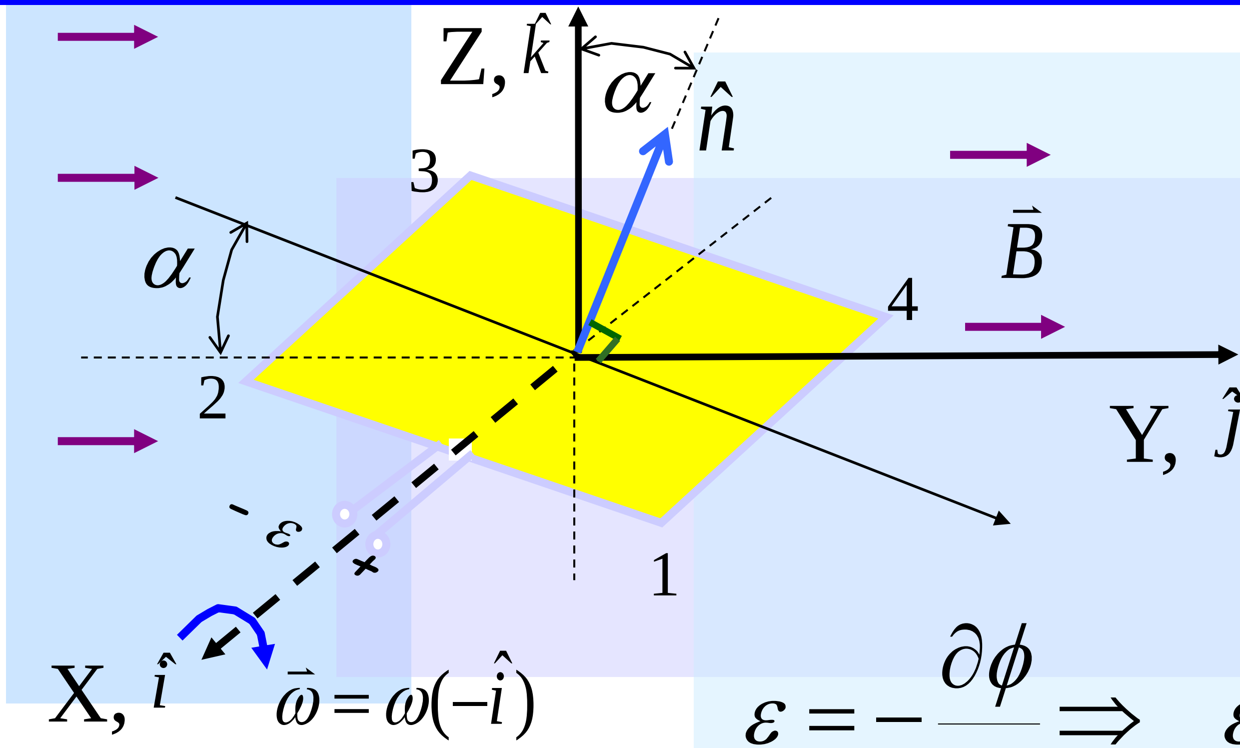
$$\phi = BA \sin \alpha$$

$$\alpha = \omega t + \alpha_0 \Rightarrow \quad \phi = BA\sin(\omega t + \alpha_0)$$

Ley de Faraday-Lenz

$$\varepsilon = -\frac{\partial \phi}{\partial t} \Rightarrow \quad \varepsilon = B\omega \cos(\omega t + \alpha_0)$$

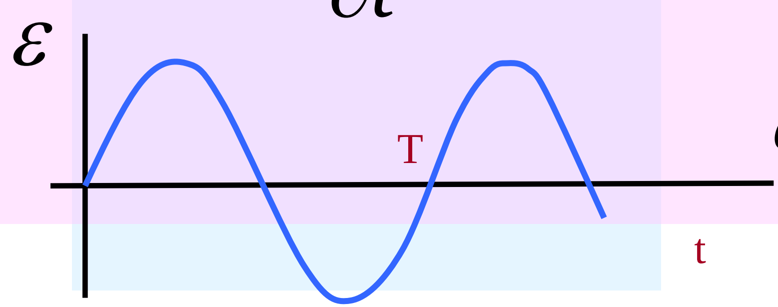
Principio del generador de corriente alterna



$$\phi = \iint_{S(t)} \vec{B}\cdot d\vec{s}$$

$$\phi = B\sin\alpha$$

$$\varepsilon = -\frac{\partial\phi}{\partial t} \Rightarrow \varepsilon = B\omega\cos(\omega t + \alpha_0)$$



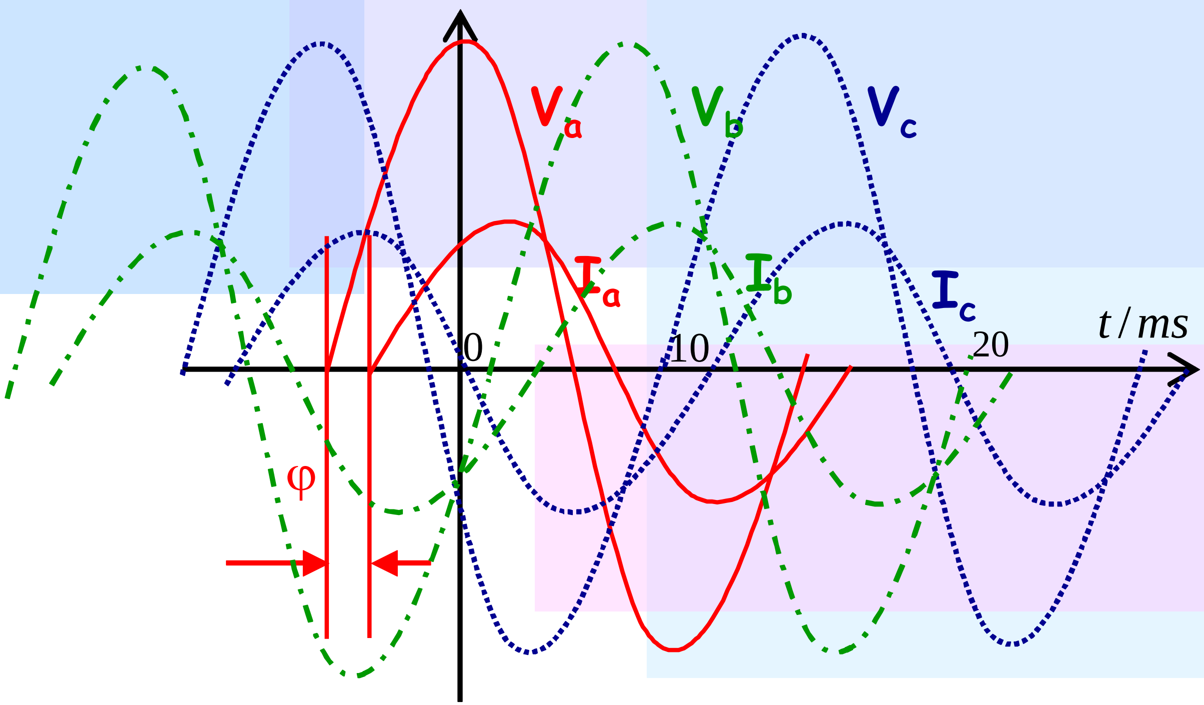
$$\omega = 2\pi f \Rightarrow T = \frac{1}{f}$$

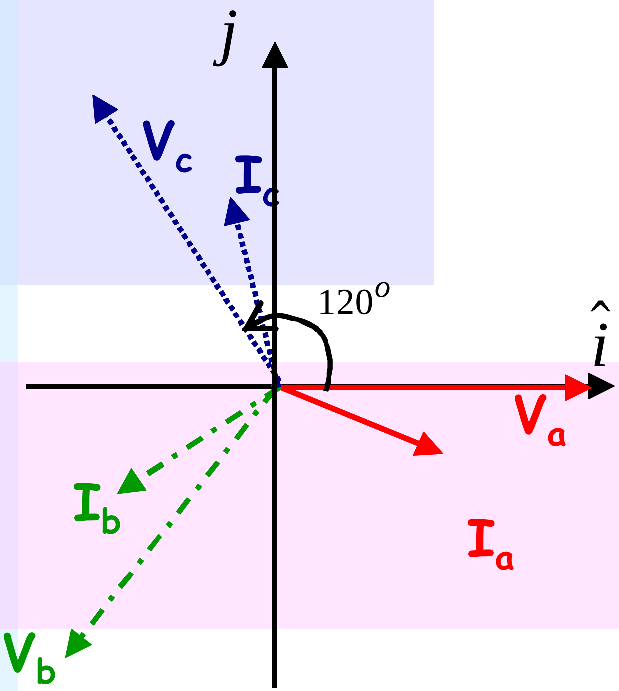
Sistemas de Corriente Alterna, Términos y Modelos

Generación en sistemas trifásicos

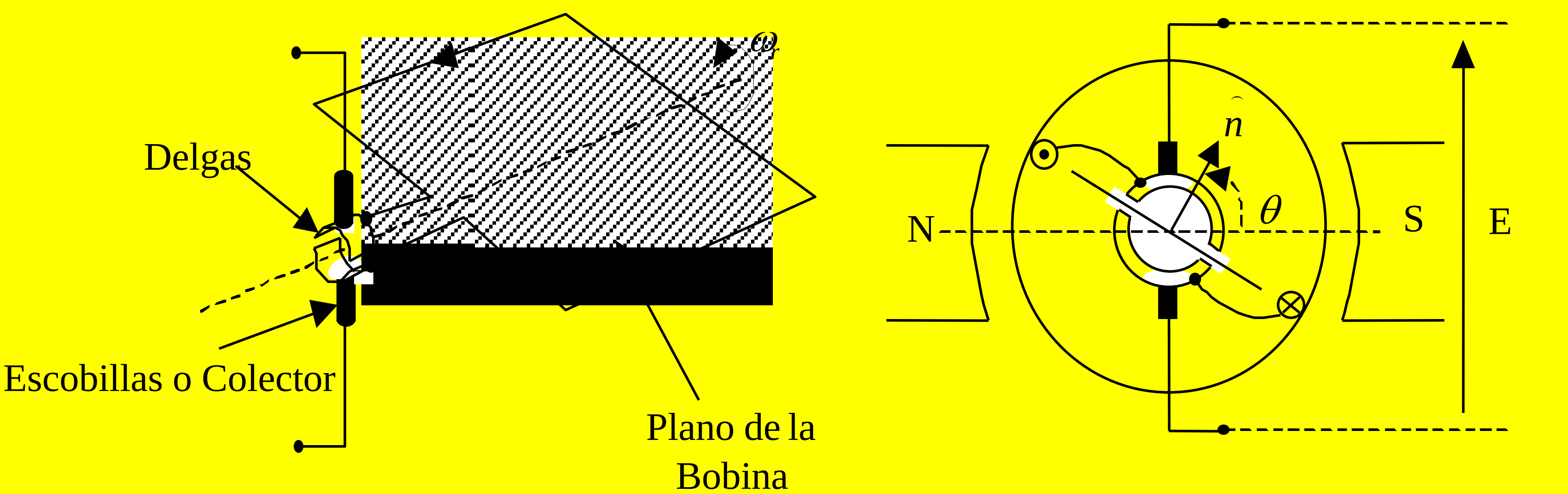
- 3 tensiones de igual magnitud desfasadas en 120º
- Carga simétrica --> tres corrientes de igual magnitud y desfasadas en 120 º

$$v_a(t) = V_{max}\cos(\omega t) \qquad v_b(t) = V_{max}\cos\left(\omega t - 120^o\right) \qquad v_c(t) = V_{max}\cos\left(\omega t + 120^o\right)$$

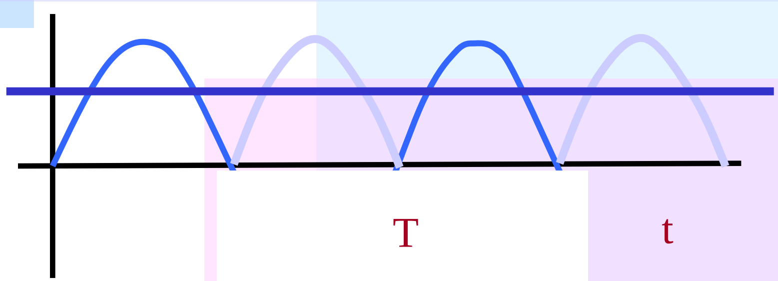




Principio del generador de Corriente Continua

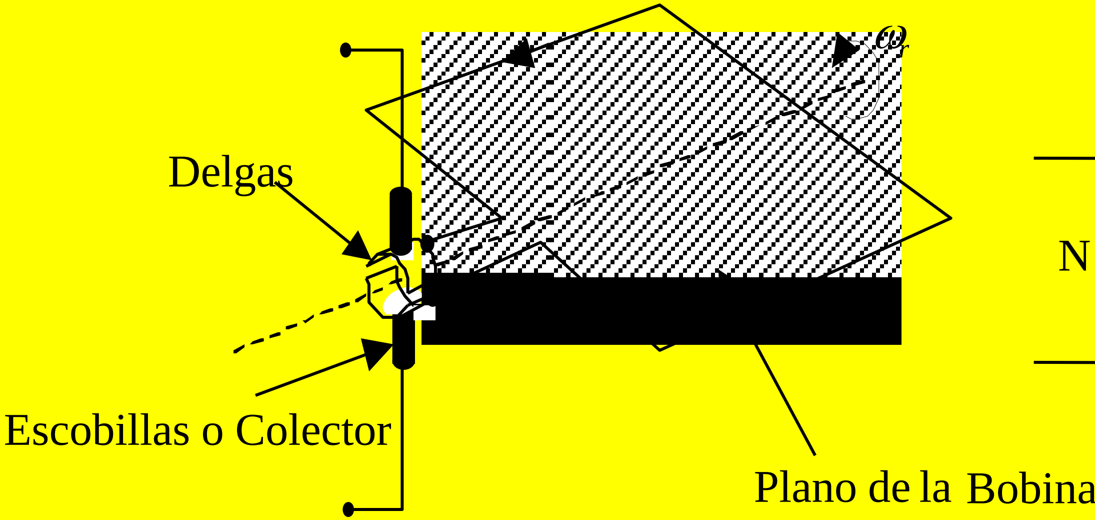


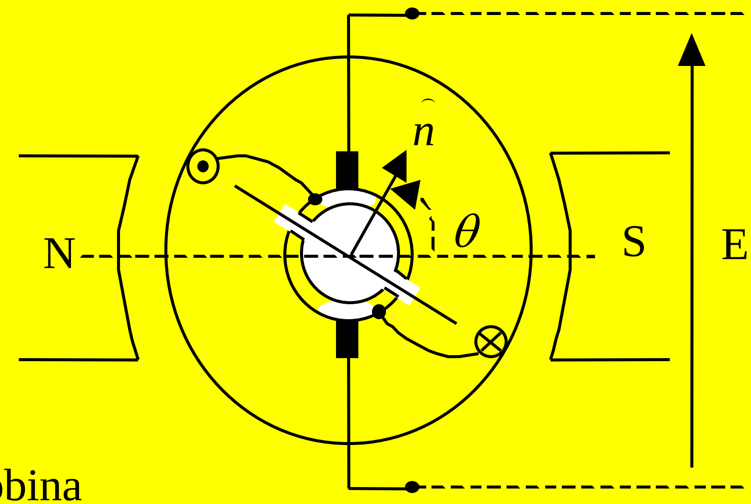
Valor medio no nulo

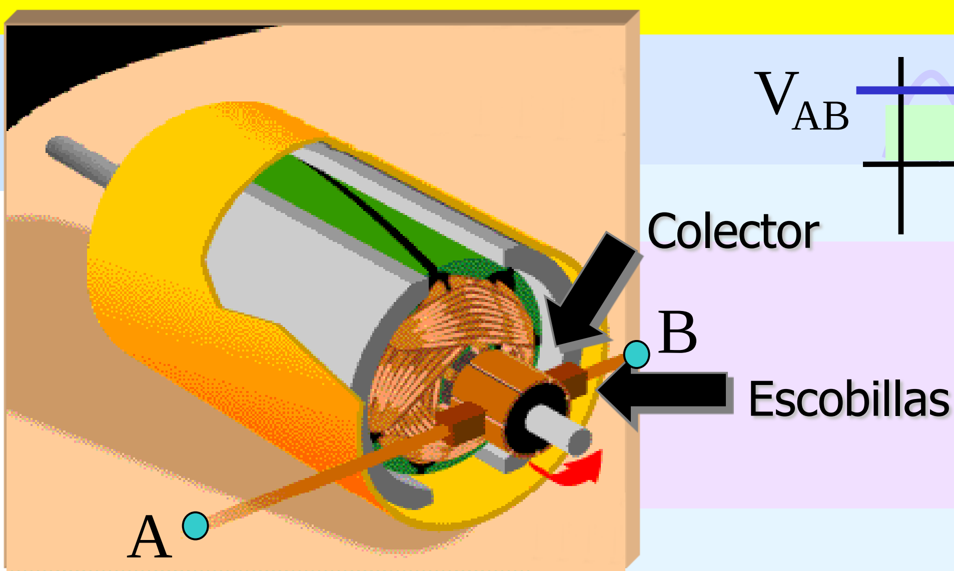


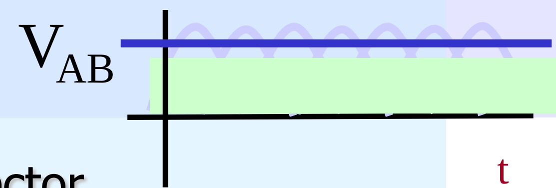
$$\omega = 2\pi f \Rightarrow T = \frac{1}{f}$$

Generador de Corriente Continua









Colector real