



EL 6000

Generación de Energía Eléctrica con Fuentes Renovables

Clase 3: PRINCIPIOS GENERADORES



AGENDA

- Repaso
- Flujo Magnético
- Ley de Faraday-Lenz
- Principio del generador



DEFINICION GENERADOR

**ENERGÍA MECÁNICA,
Química, etc.**

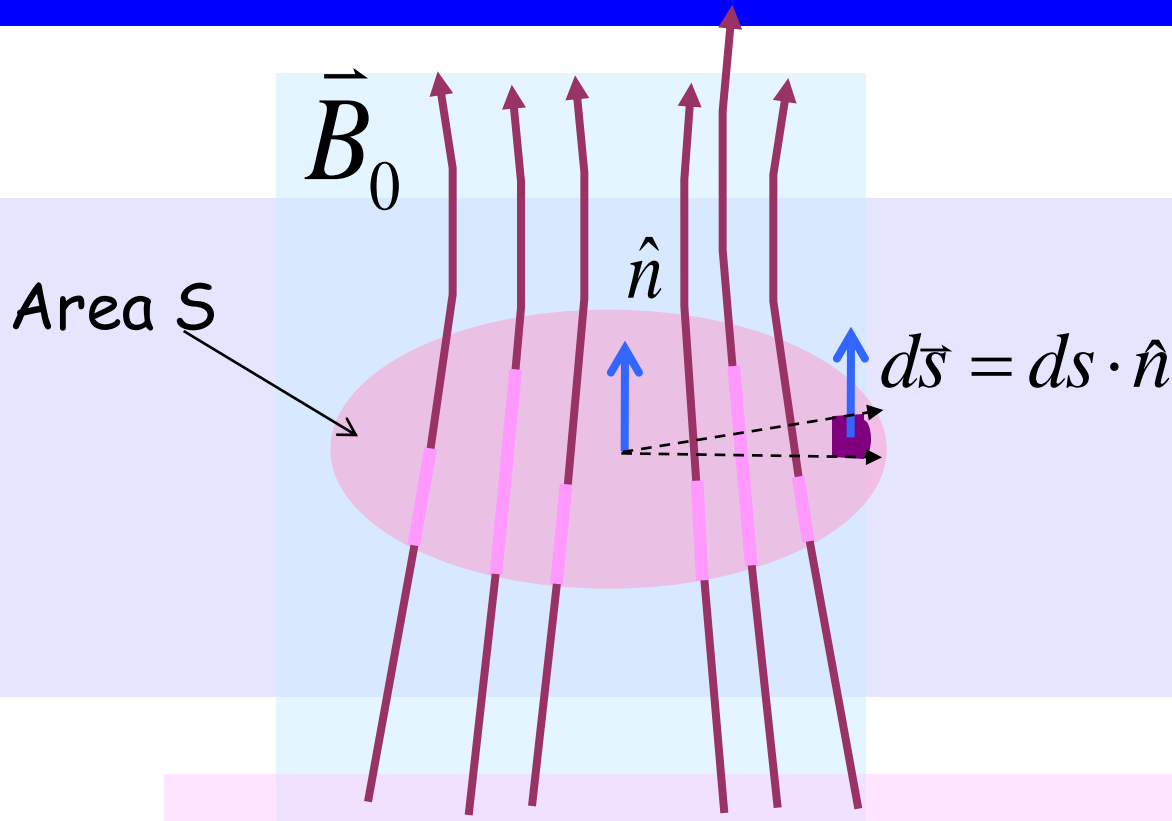


**ENERGÍA
ELÉCTRICA**

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



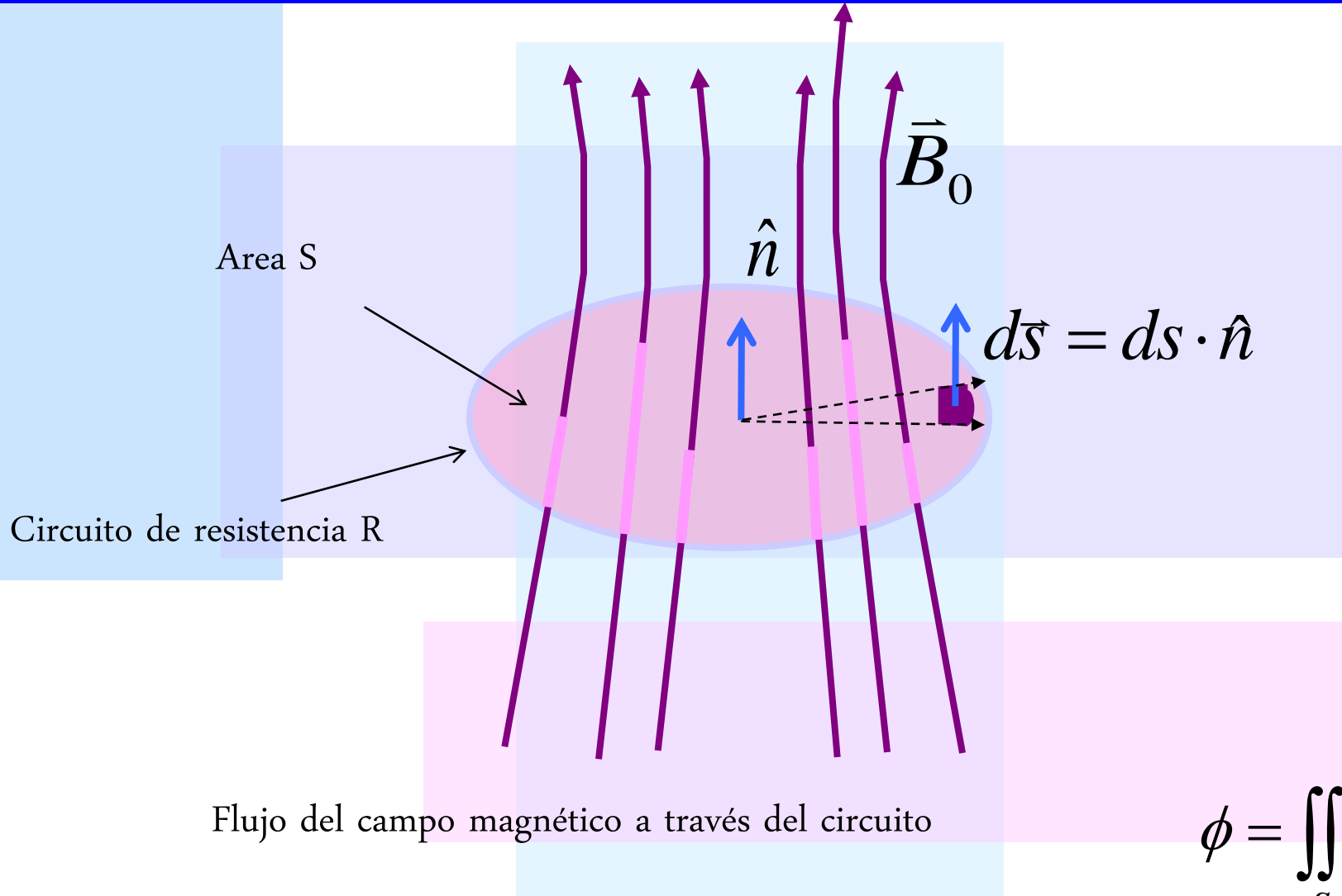
Flujo del campo magnético a través de
área S

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

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



Flujo magnético en un circuito



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

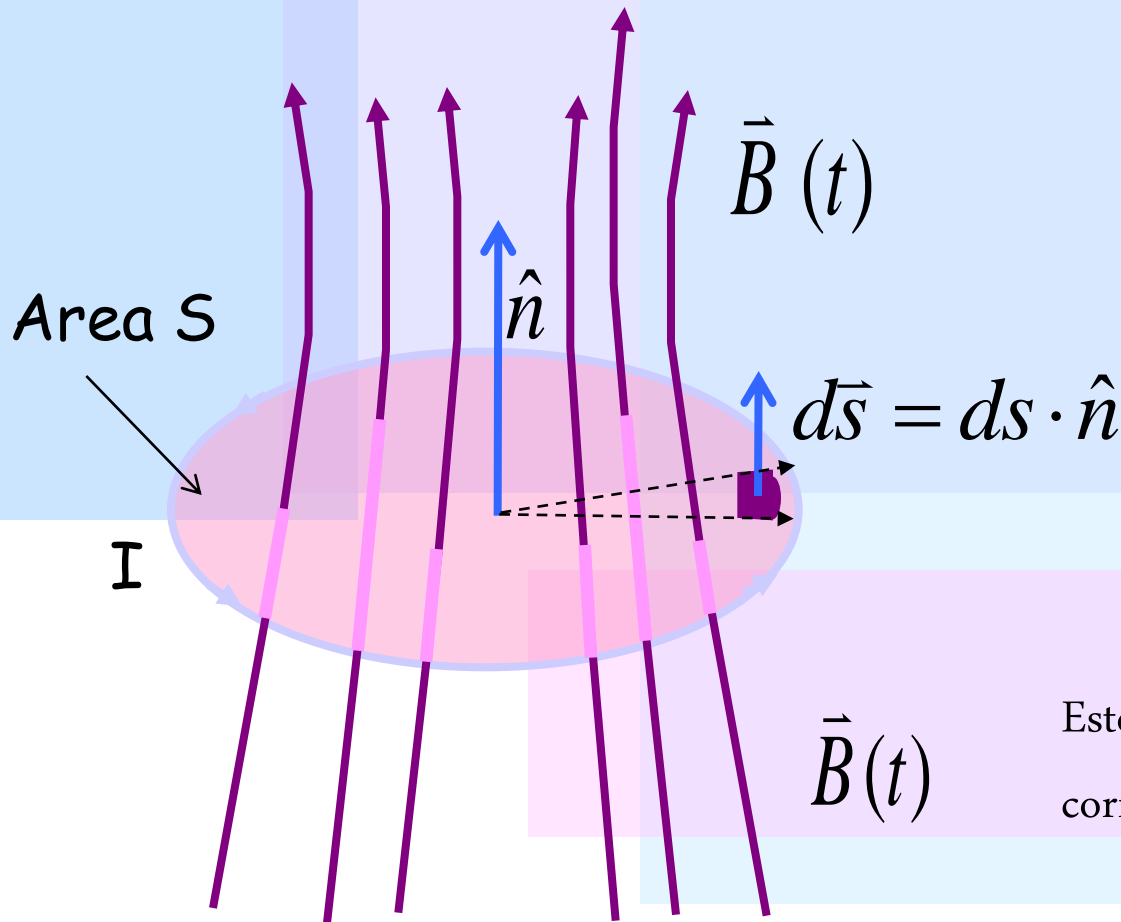


Ley de Faraday-Lenz

Se encuentra experimentalmente que si
entonces aparece una corriente I dada por la relación

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

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



donde

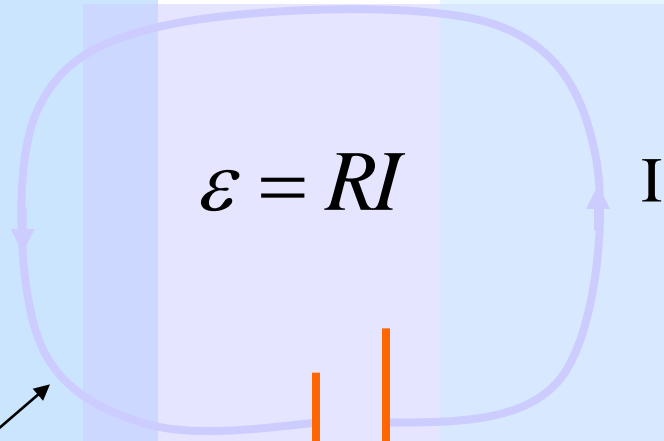
$$\phi = \iint_S \vec{B}(t) \cdot d\vec{s}$$

Este campo incluye el efecto de la corriente I



Ley de Faraday-Lenz

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



Circuito de resistencia R

Fem del circuito

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

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

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

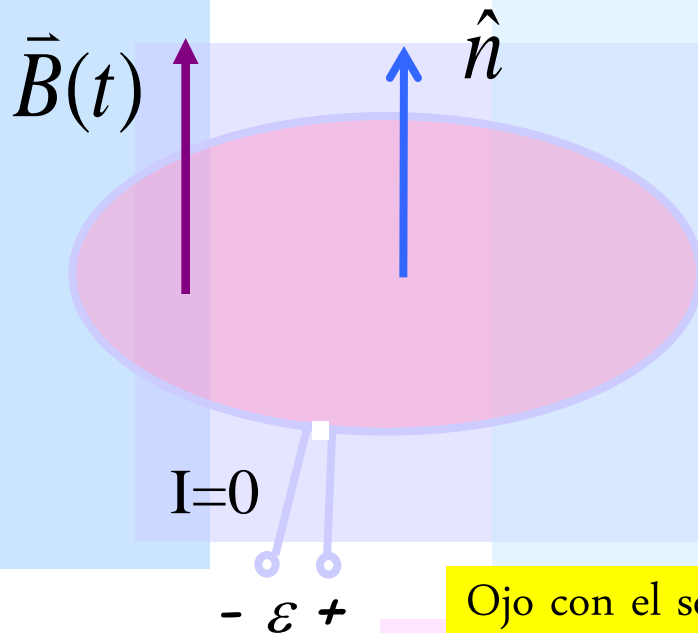
$$\varepsilon = -\frac{\partial \phi}{\partial t}$$

LEY DE FARADAY-LENZ



Ley de Faraday-Lenz

Un campo magnético variable genera o induce un FEM



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

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

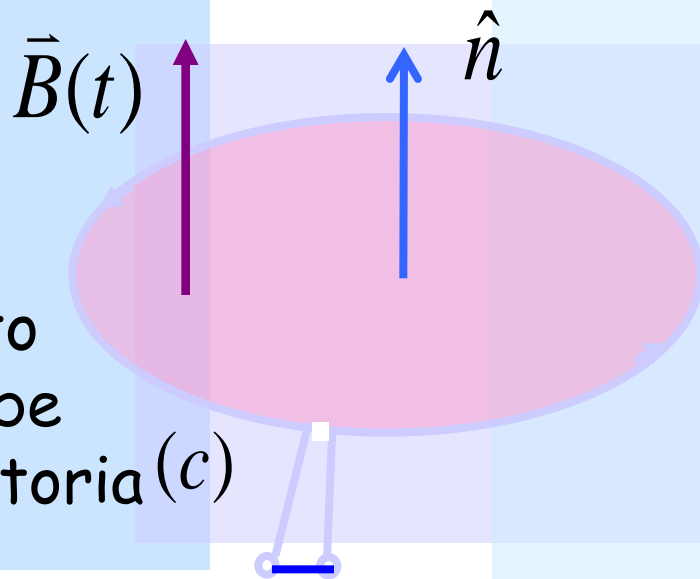
Ojo con el sentido de la fem

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

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

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



Ley de Faraday-Lenz

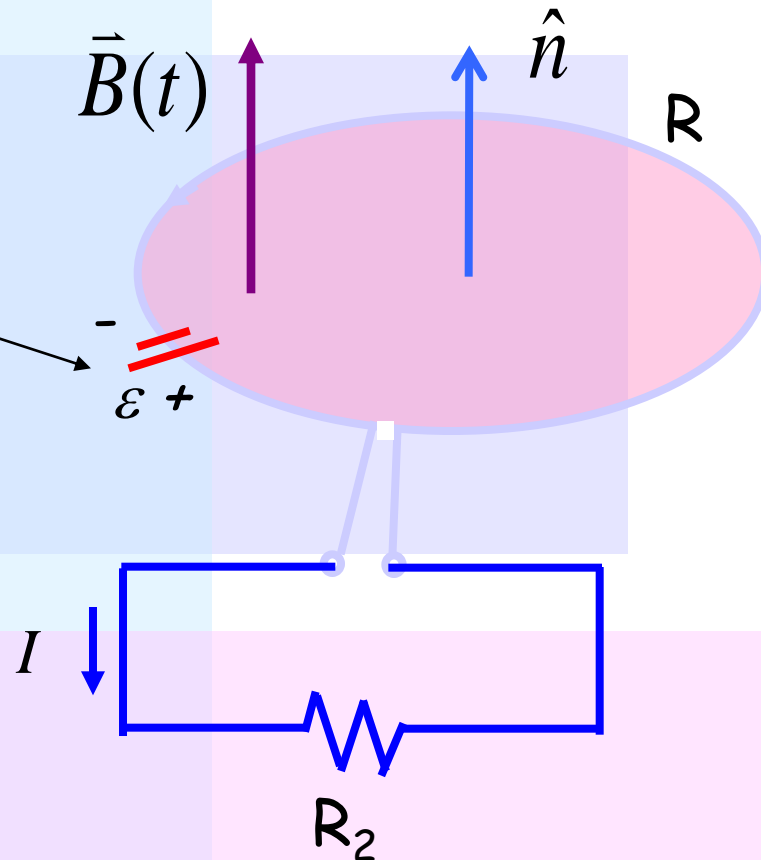
Un campo magnético variable genera o induce un FEM

La FEM inducida "aparece" en el circuito con campo variable

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

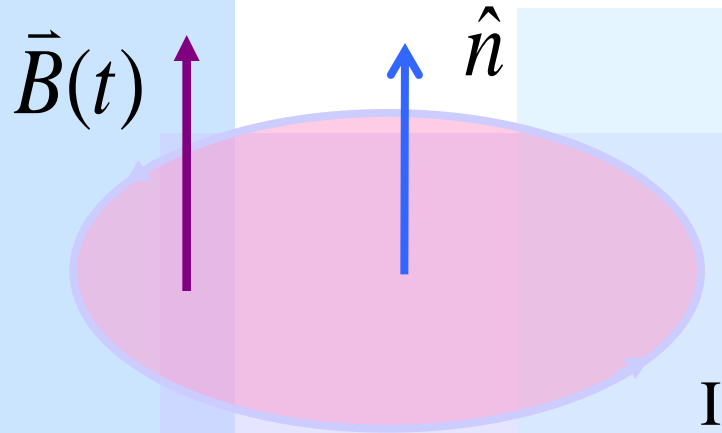
$$\varepsilon = - \frac{\partial \phi}{\partial t}$$

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





Ley de Faraday-Lenz

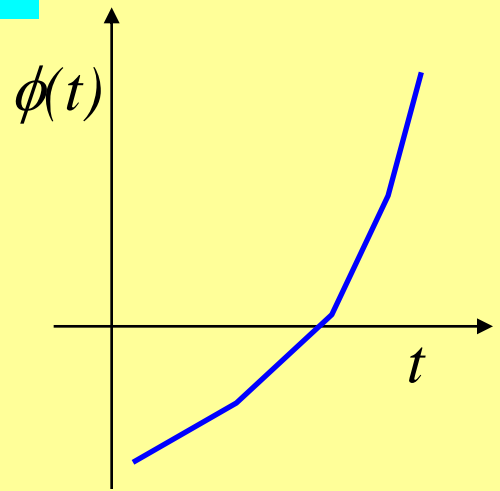


$$\varepsilon = - \frac{\partial \phi}{\partial t}$$

con

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

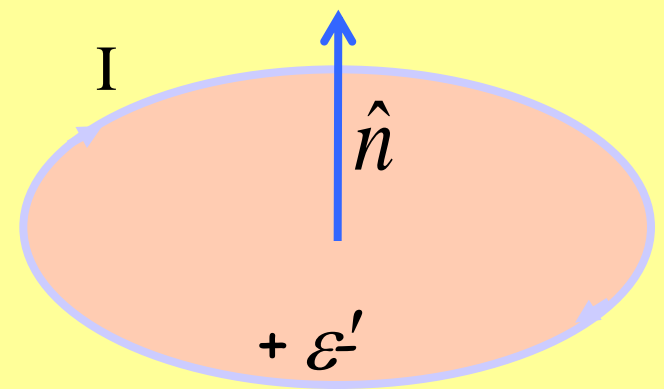
Si



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

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

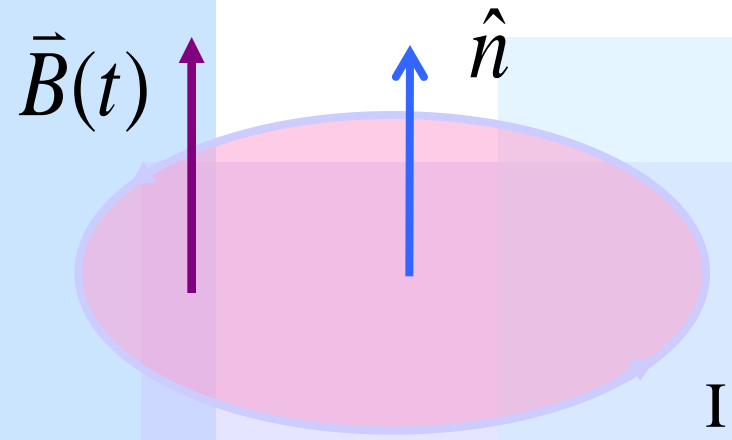
\vec{B} crece \Rightarrow



Corriente genera campo opuesto al crecimiento



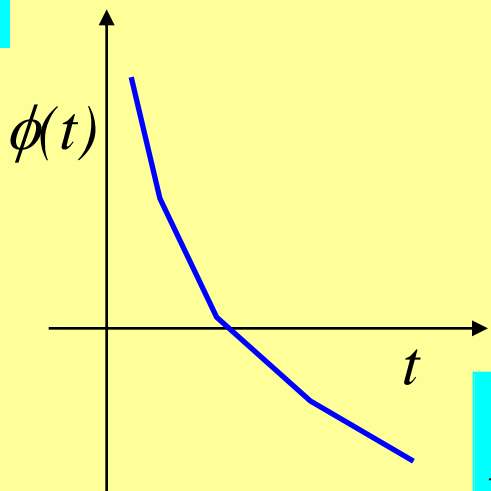
Ley de Faraday-Lenz



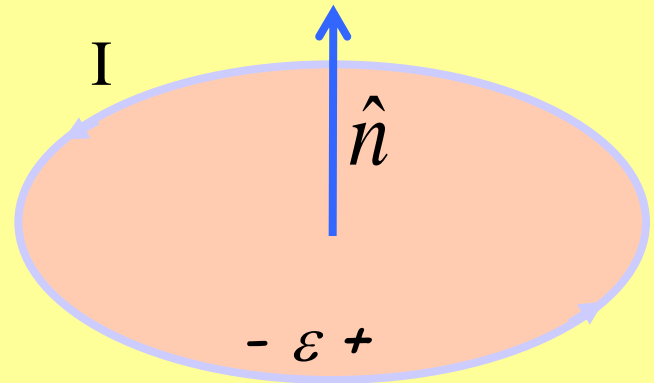
$$\varepsilon = - \frac{\partial \phi}{\partial t}$$

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

Si



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



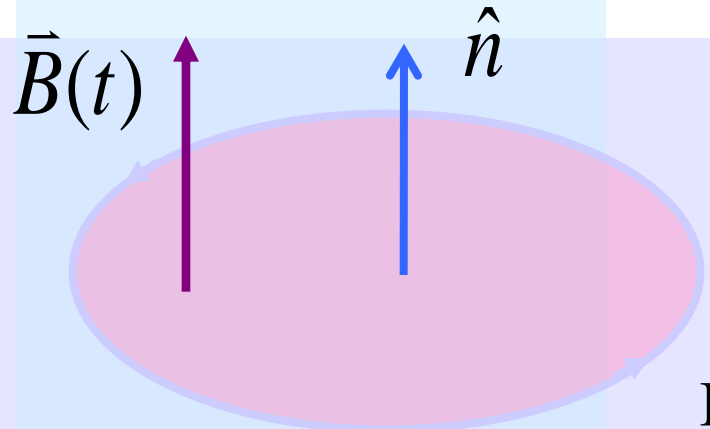
\vec{B} decrece \Rightarrow Corriente genera campo opuesto al decrecimiento



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 $S(t)$



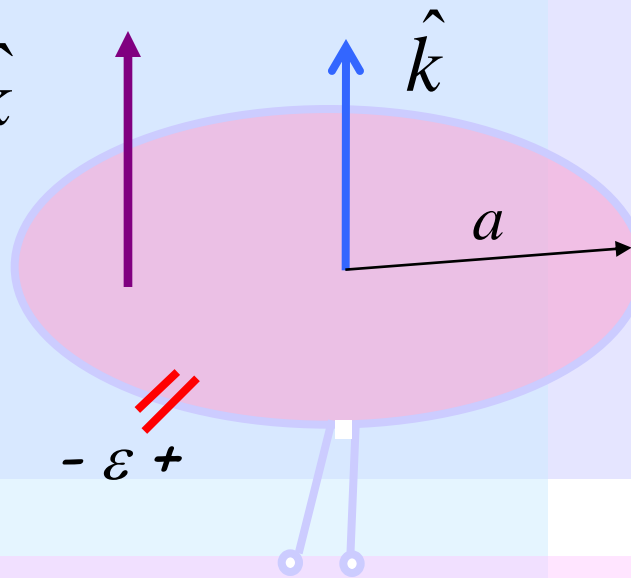
Ejemplo 1

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

Si

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

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



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

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

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



Ejemplo 2

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

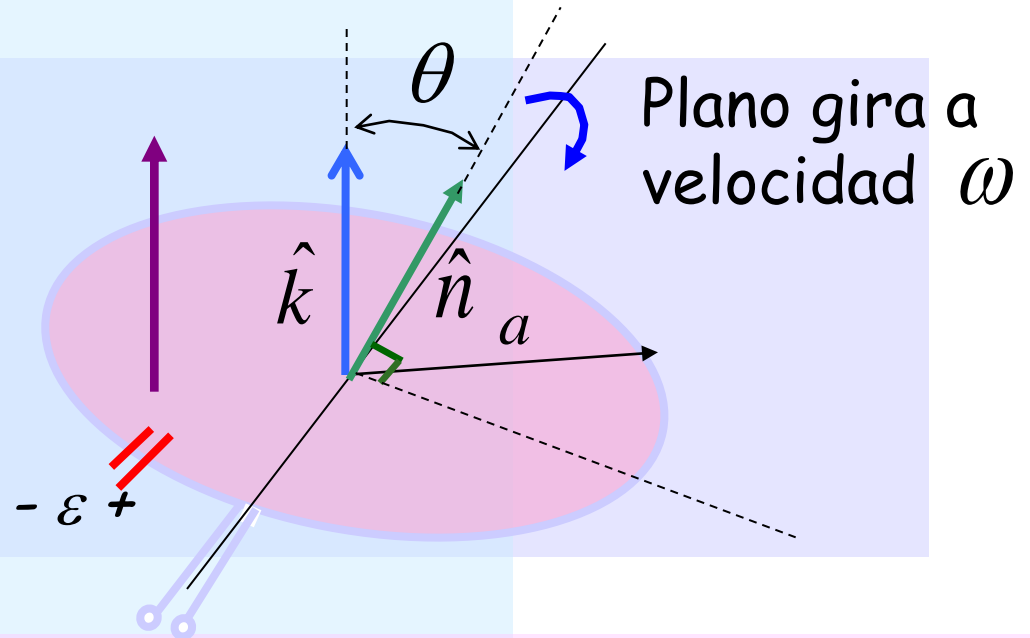
Si

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

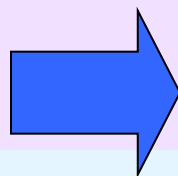
$$\phi = \iint_S \vec{B} \cdot d\vec{s}$$

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

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



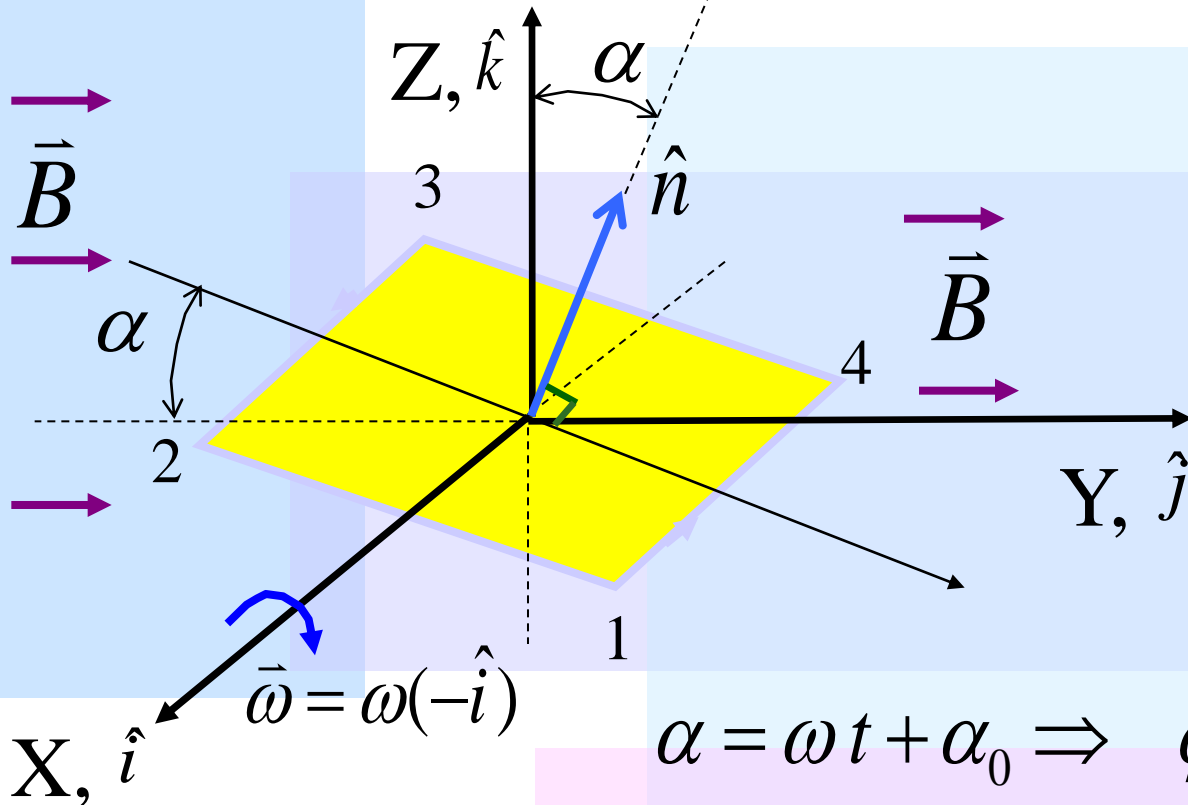
$$\varepsilon = - \frac{\partial \phi}{\partial t}$$



$$\varepsilon(t) = AB_0 \omega \sin(\omega t + \theta_0)$$



Principio del generador



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

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

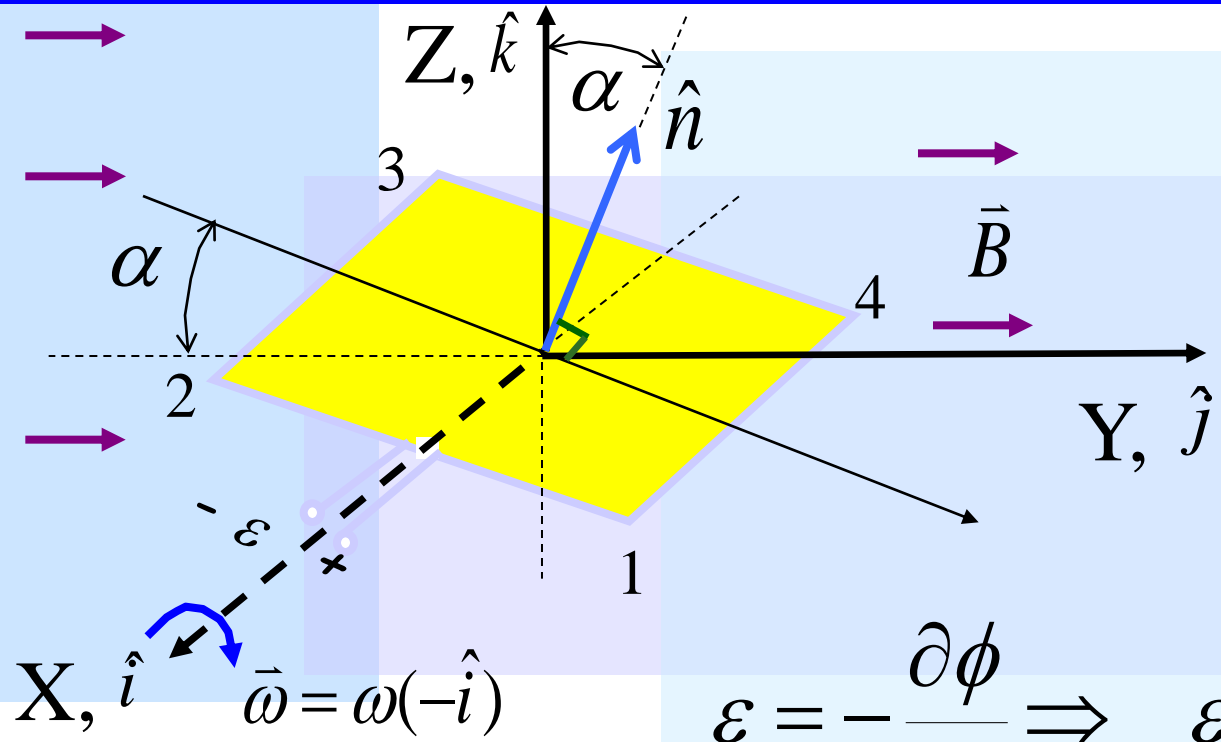
$$\alpha = \omega t + \alpha_0 \Rightarrow \phi = BA \sin(\omega t + \alpha_0)$$

Ley de Faraday-Lenz

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



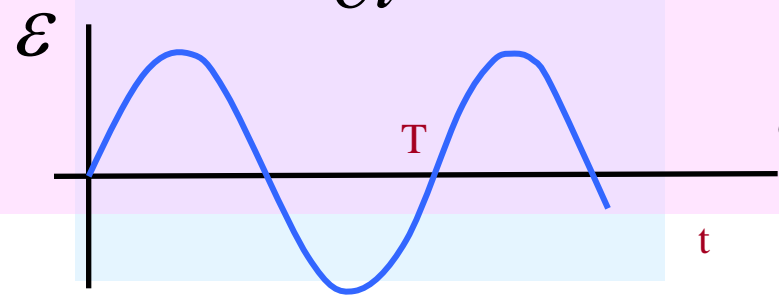
Principio del generador de corriente alterna



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

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

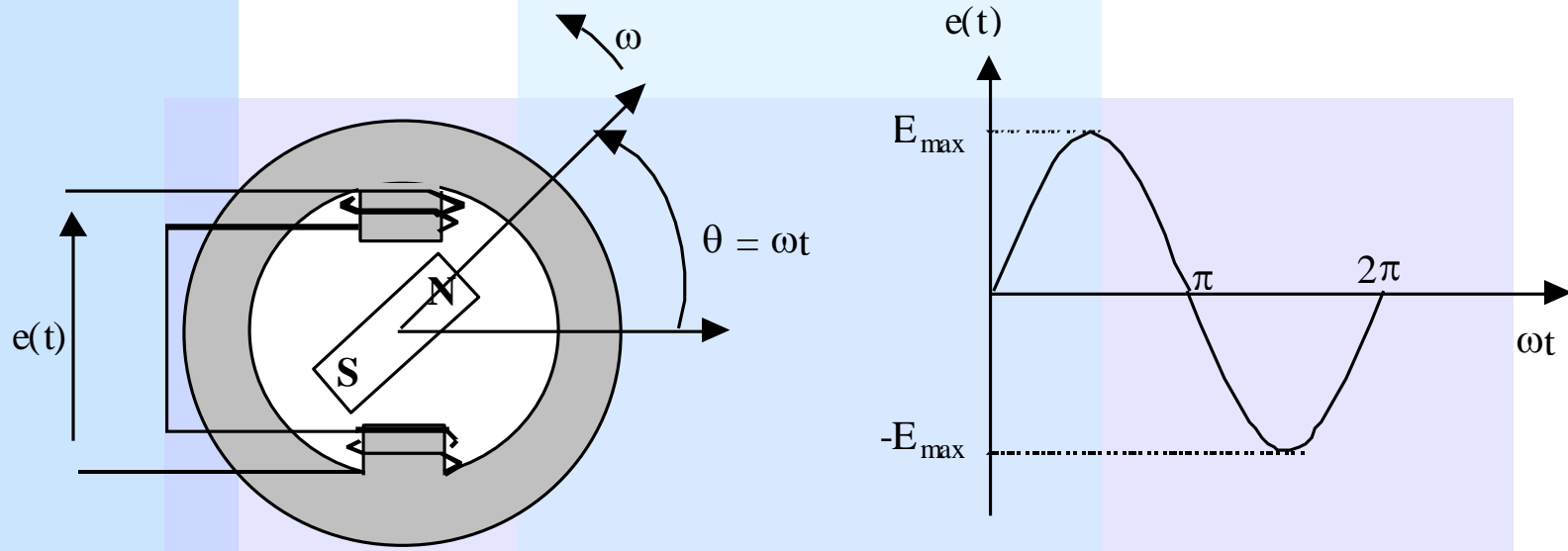
$$\varepsilon = - \frac{\partial \phi}{\partial t} \Rightarrow \varepsilon = B \omega \cos(\omega t + \alpha_0)$$



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



Funcionamiento del generador sincrónico



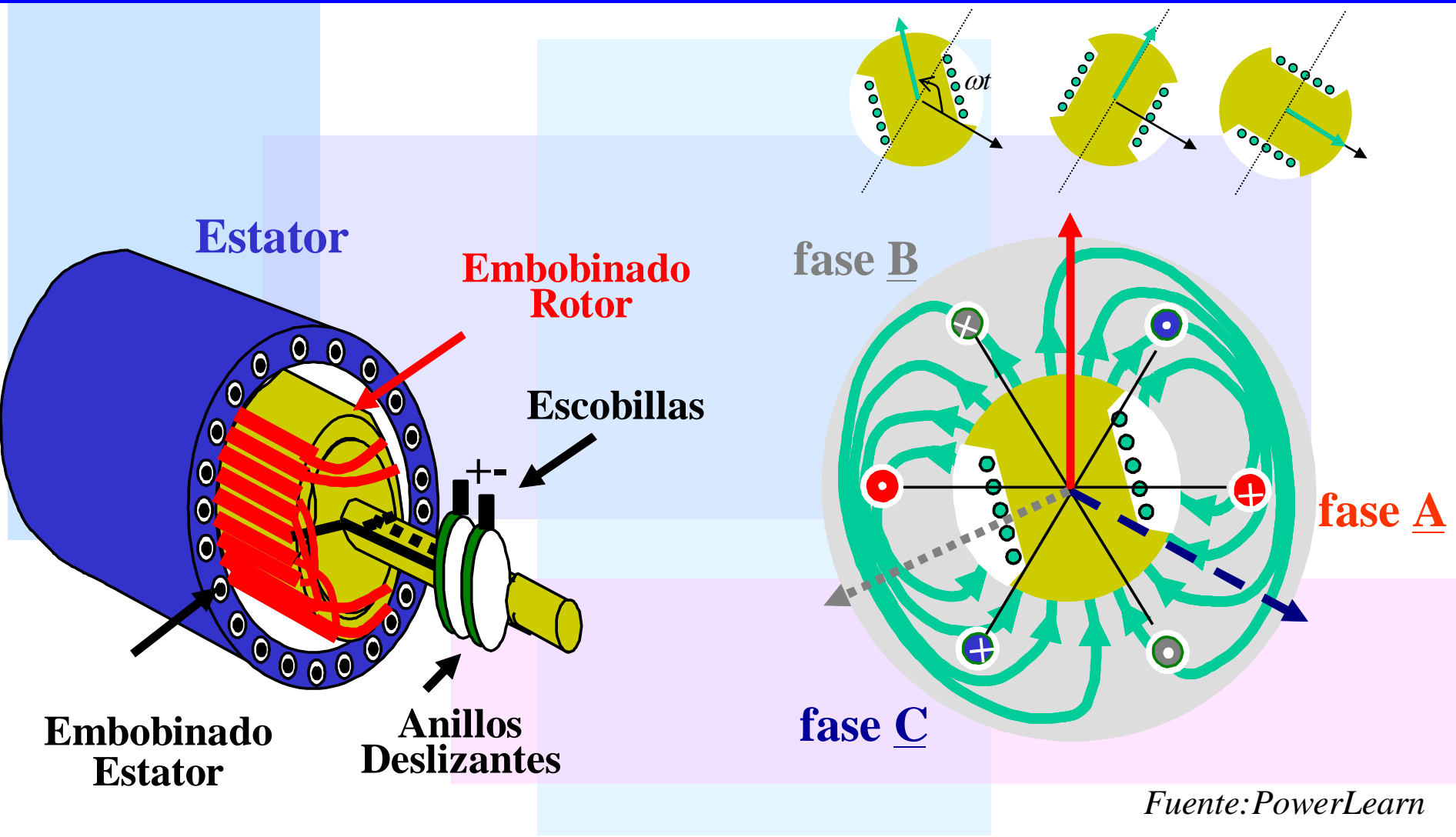
En un generador monofásico, de rotor de imán permanente que gira a velocidad ω , la tensión generada en el estator, debida al flujo enlazado, es:

$$e(t) = k \cdot B \cdot \omega \cdot \text{sen}(\omega t) = E_{max} \text{sen}(\omega t)$$

con k constante de diseño.



Funcionamiento del Generador Sincrónico



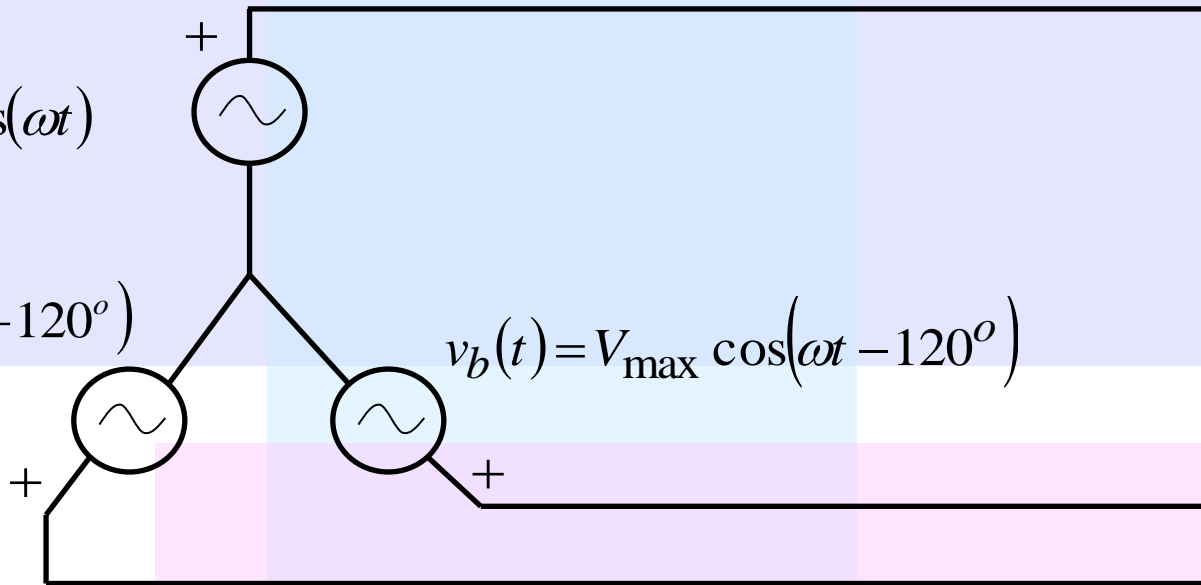


Sistema Trifásico Equilibrado

$$v_a(t) = V_{\max} \cos(\omega t)$$

$$v_c(t) = V_{\max} \cos(\omega t + 120^\circ)$$

$$v_b(t) = V_{\max} \cos(\omega t - 120^\circ)$$



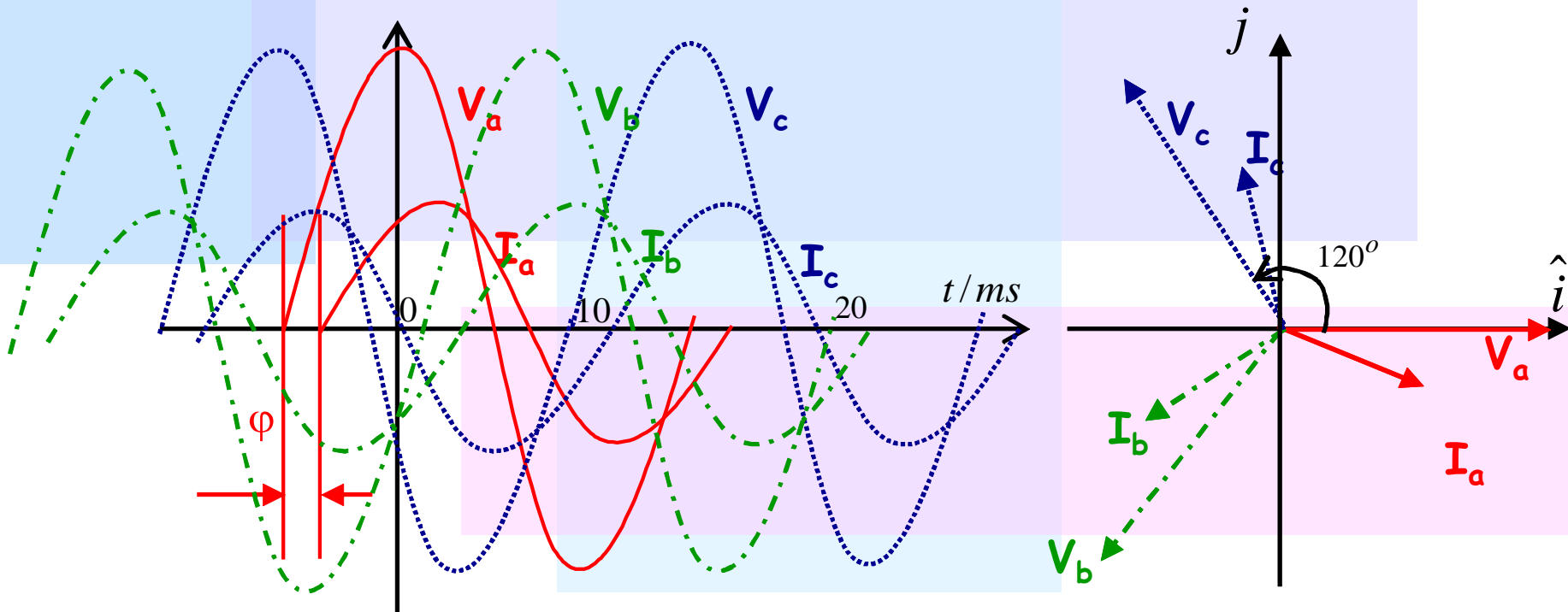


Sistemas de Corriente Alterna, Términos y Modelos

Generación en sistemas trifásicos

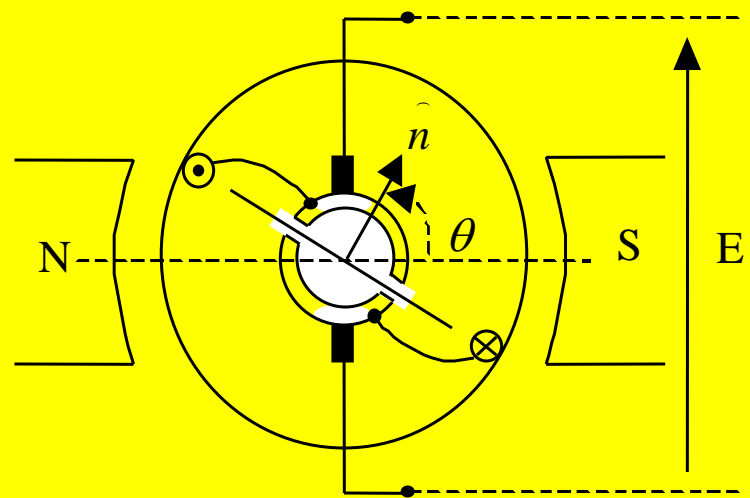
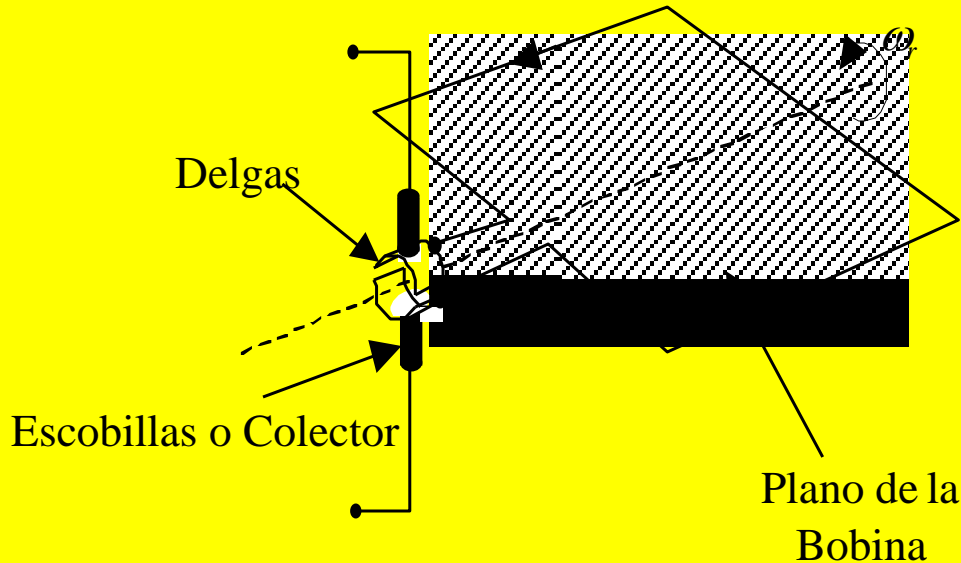
- 3 tensiones de igual magnitud desfasadas en 120°
- Carga simétrica --> tres corrientes de igual magnitud y desfasadas en 120°

$$v_a(t) = V_{\max} \cos(\omega t) \quad v_b(t) = V_{\max} \cos(\omega t - 120^\circ) \quad v_c(t) = V_{\max} \cos(\omega t + 120^\circ)$$

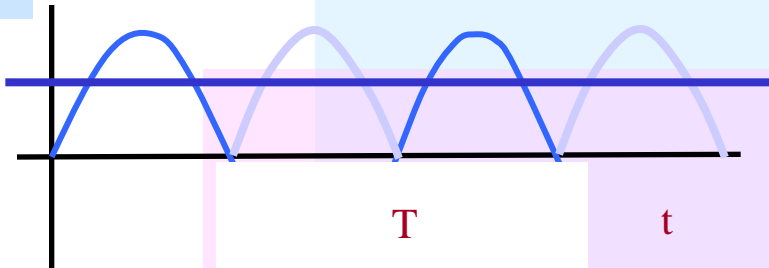




Principio del generador de Corriente Continua



Valor medio no nulo



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



Generador de Corriente Continua

