

# Las leyes de Maxwell

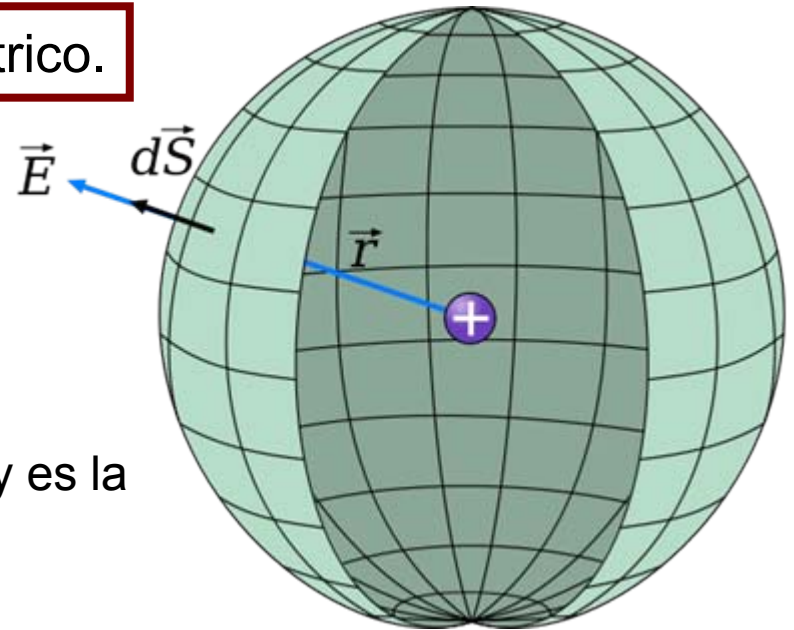


# I ley de Maxwell

Ley de Gauss para el campo eléctrico.

$$\Phi = \oint_S \vec{E} d\vec{S} = \frac{q}{\epsilon_0}$$

Esta ley permite deducir la Ley de Coulomb y es la base de la electrostática.

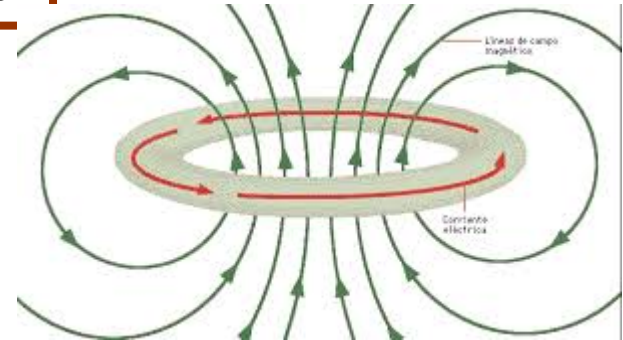


"Si en un campo eléctrico consideramos una superficie geométrica cerrada, el flujo eléctrico total que la atraviesa es igual a la carga eléctrica total existente en su interior dividido por la permitividad del medio."

# II ley de Maxwell

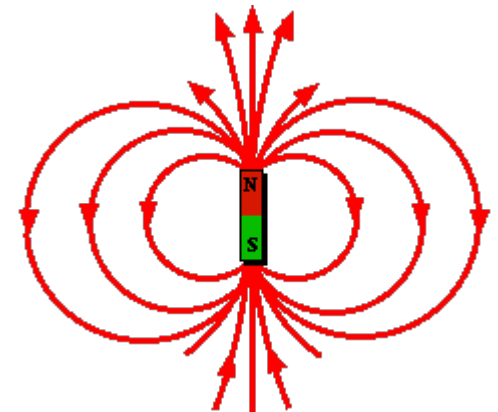
II Ley de Gauss para el campo magnético.

$$\phi_m = \oint_S \vec{B} d\vec{s} = 0$$



"Si en un campo magnético consideramos una superficie geométrica cerrada, el flujo magnético que la atraviesa es siempre igual a cero."

Como consecuencia de esta ley las líneas de campo magnético son cerradas y no existen polos magnéticos aislados.



# III ley de Maxwell



## Ley de Faraday-Henry

Potencial eléctrico inducido en un circuito:

$$\mathcal{E} = -\frac{d\phi_B}{dt}$$

El flujo magnético:  $\phi_B = \int_S \vec{B} \cdot d\vec{S}$

Si existe un potencial eléctrico inducido existe un campo eléctrico que se representa como:

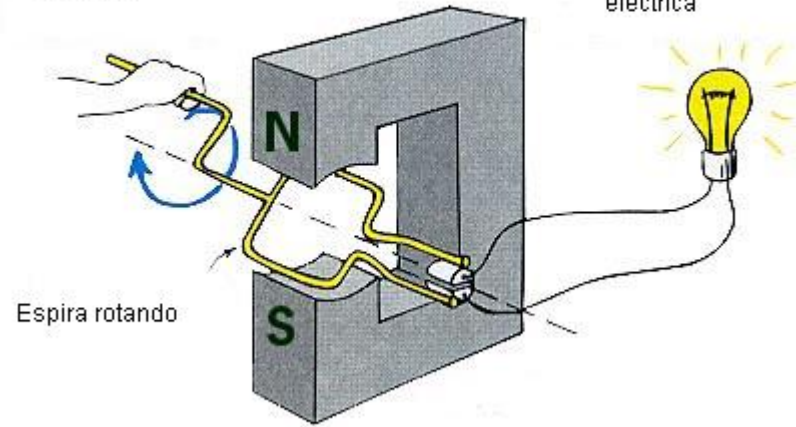
$$\mathcal{E} = \oint \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

Finalmente se obtiene la ecuación:

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d}{dt} \int_S \vec{B} \cdot d\vec{S}$$

Entrada energía  
mecánica

Salida energía  
eléctrica



*"Toda variación del flujo magnético que atraviesa un circuito cerrado produce en él una corriente eléctrica inducida."*

Dicho de otra forma, los campos magnéticos variables producen a su alrededor campos eléctricos.

# IV ley de Maxwell

## IV

Ley de Ampère-Maxwell.

Si multiplicamos la I ley de Maxwell por  $\mu_0$  y  $\epsilon_0$  y después derivamos con respecto al tiempo nos queda:

$$\mu_0 \epsilon_0 \frac{d}{dt} \oint \vec{E} \cdot d\vec{S} = \mu_0 I$$

Recordando la ley de Ampere:

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I$$

Finalmente nos queda:

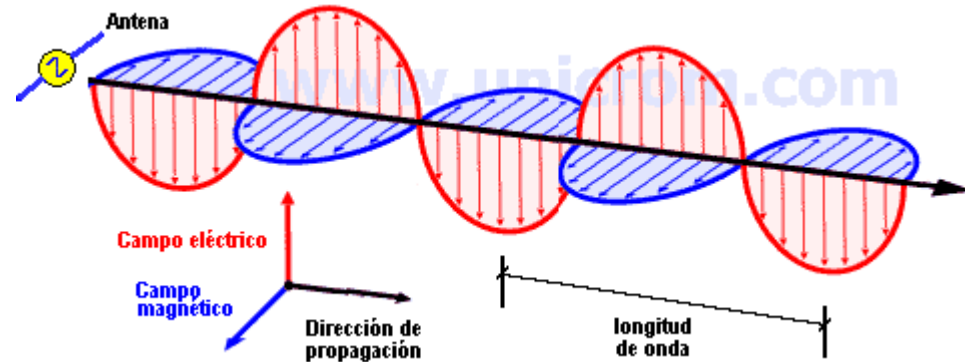
$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{d}{dt} \oint \vec{E} d\vec{S}$$

*"Los campos magnéticos son producidos por corrientes eléctricas y también por campos eléctricos variables."*

# Ondas electromagnéticas

$$\text{III} \quad \oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \frac{d}{dt} \int_S \vec{B} \cdot d\vec{S}$$

$$\text{IV} \quad \oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{d}{dt} \oint \vec{E} d\vec{S}$$



➔ Si en un punto tenemos un **campo eléctrico variable**, este campo, según la *IV ecuación de Maxwell* genera un **campo magnético variable**, que a su vez, de acuerdo con la *III ecuación de Maxwell* genera otro campo eléctrico variable y así sucesivamente.

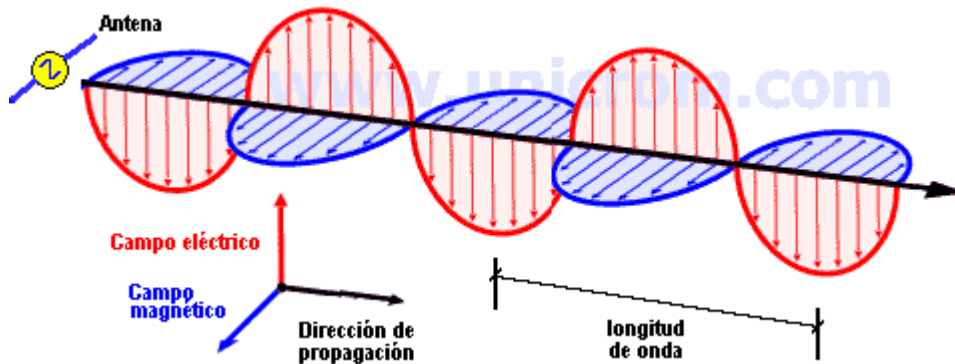
➔ Las ondas electromagnéticas están compuestas por dos campos, *uno eléctrico y otro magnético*, **mutuamente perpendiculares** y perpendiculares a la dirección de propagación que se desplazan con una velocidad  $c$  en el vacío.

# Ecuación de ondas

De la III y IV ecuación de Maxwell podemos obtener una ecuación de ondas para el campo magnético y otra para el eléctrico propagándose en la dirección del eje de las "x":

$$\frac{dE}{dx^2} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{dE}{dt^2}$$

$$\frac{dB}{dx^2} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{dB}{dt^2}$$



Las soluciones son del tipo

$$E = E_0 \text{sen}(kx - \omega t) \quad \text{y}$$

$$B = B_0 \text{sen}(kx - \omega t)$$

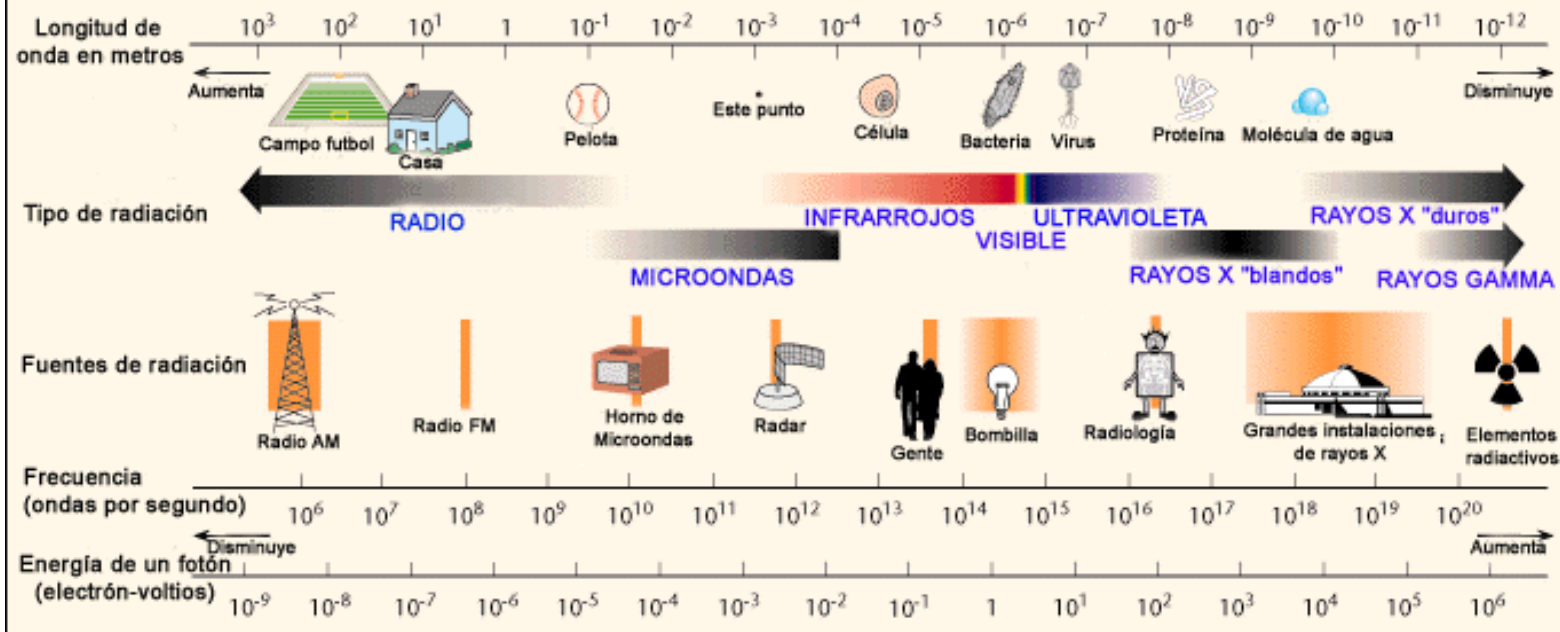
$$\frac{dE}{dx^2} = -E_0 k^2 \text{sen}(kx - \omega t) = -k^2 E$$

$$\frac{dE}{dt^2} = -E_0 \omega^2 \text{sen}(kx - \omega t) = -\omega^2 E$$

Sustituyendo en la ecuación de ondas:  $-k^2 E = -\mu_0 \epsilon_0 \omega^2 E$

$$c = \frac{\lambda}{T} = \frac{\omega}{k} = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}}$$

# El espectro electromagnético



Una carga que vibra produce una onda electromagnética. Por ese motivo, existen conductores eléctricos diseñados específicamente para convertir las señales eléctricas que viajan por ellos en ondas electromagnéticas y viceversa: **son las antenas.**

Cuando por una antena emisora circula una señal eléctrica, la antena genera una onda electromagnética. Esta onda, al llegar a una antena receptora produce en ella una señal eléctrica idéntica a la original: la telecomunicación se ha establecido.