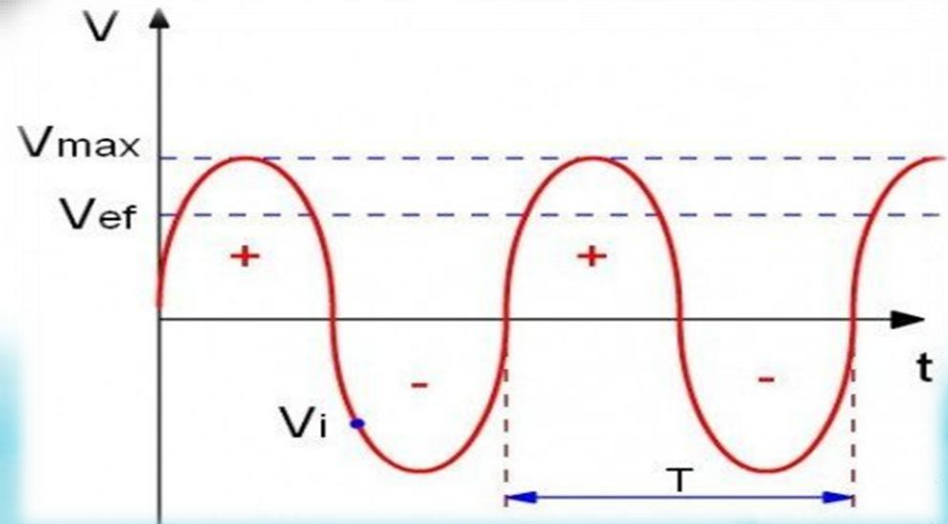
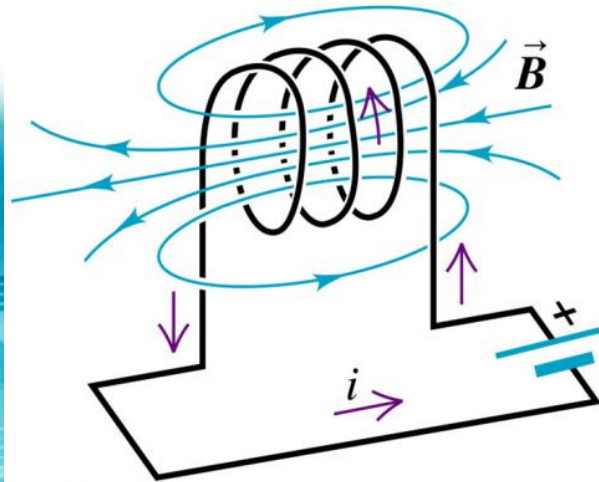
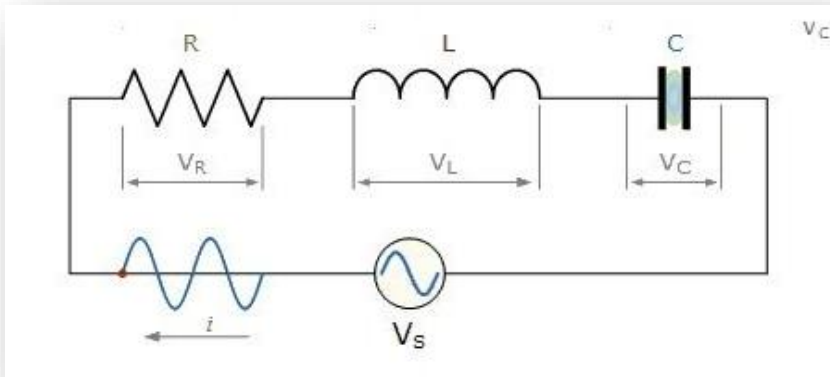
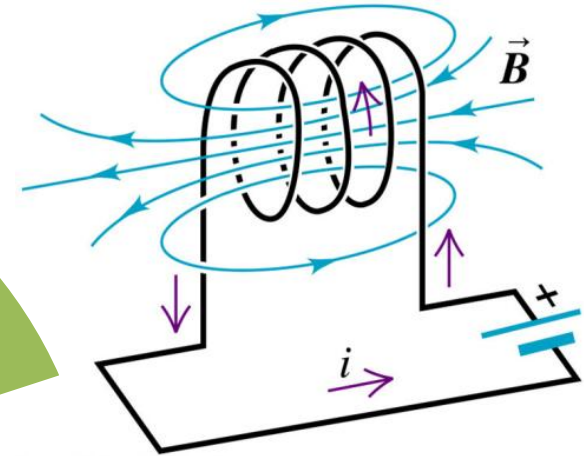




# INDUCTANCIA – CIRCUITOS DE CORRIENTE ALTERNA A.C.





# Inductancia según la variación de tensión ante la variación de corriente



El valor de la inductancia se puede conocer

dividiendo la tensión autoinducida

por la variación de corriente en el tiempo

$$L = - \frac{E}{\frac{\Delta I}{\Delta t}}$$

$$E = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

# Inductancia según las características del inductor

**NO depende de la corriente**

Depende de la geometría y material del elemento

A mayor cantidad de espiras enrolladas la inductancia es mayor

Si se agrega un núcleo ferro-magnético, la inductancia aumenta

El valor de la inductancia está dado por la expresión:

$$L = \mu_0 \frac{N^2 \cdot A}{\ell}$$

*L = Valor de la inductancia [H]*

*N = Número de espiras de la bobina [sin unidad]*

*$\mu_0$  = Permeabilidad del núcleo [Wb/A·m]*

*A = Sección transversal del núcleo [m<sup>2</sup>]*

*l = Longitud de líneas de flujo [m]*



## AUTO-INDUCTANCIA

*Depende de las características de su construcción (tamaño, longitud, número de vueltas)*

**PARAMETROS GEOMETRICOS**

*es posible tener inductores con coeficientes de auto inducción muy altos por núcleos de alta permeabilidad y un gran número de vueltas de bobina.*

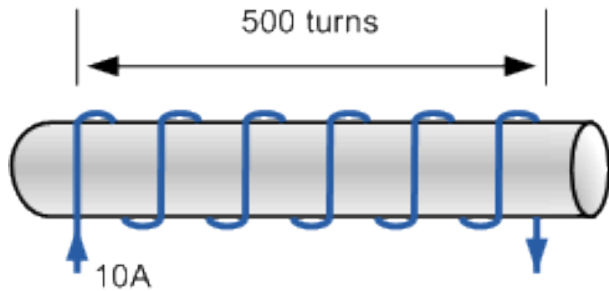
$$\Phi = B \cdot A$$



$$B = \mu_0 H = \mu_0 \frac{N \cdot I}{\ell}$$

$$L = N \frac{\Phi}{I} = N \frac{B \cdot A}{I} = N \frac{\mu_0 \cdot N \cdot I}{\ell \cdot I} \cdot A \Rightarrow L = \mu_0 \frac{N^2 \cdot A}{\ell}$$

1.- Una bobina inductora de núcleo hueco de aire consiste en 500 vueltas de alambre de cobre que produce un flujo magnético de 10 mWb al pasar una corriente continua de 10 amperios. Calcule la autoinductancia de la bobina en mili-Henrios.

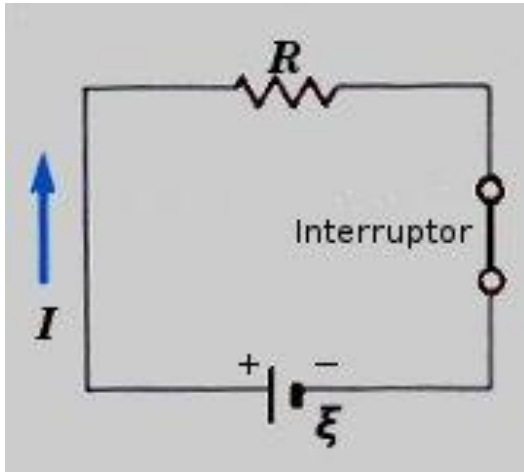


$$L = N \frac{\Phi}{I} = 500 \frac{0.01}{10} = 500 \text{mH}$$

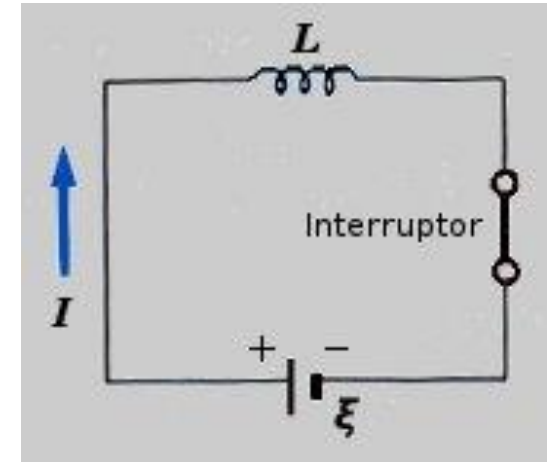
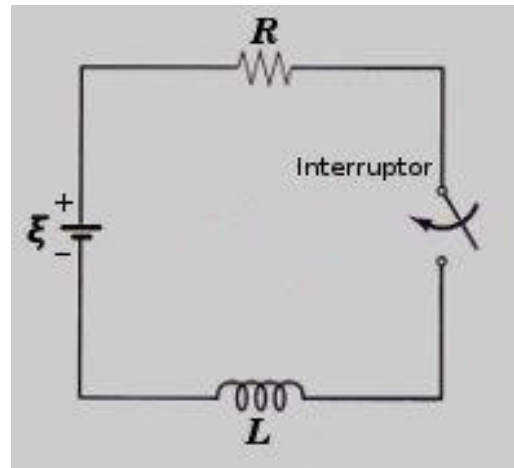
2.- Calcule el valor de la fem autoinducida producida en la misma bobina después de un tiempo de 10 ms.

$$\text{emf} = L \frac{di}{dt} = 0.5 \frac{10}{0.01} = 500 \text{V}$$

*A fin de poder interpretar mejor la influencia de un inductor en un circuito, consideremos el siguiente circuito*



$$I = \xi / R$$

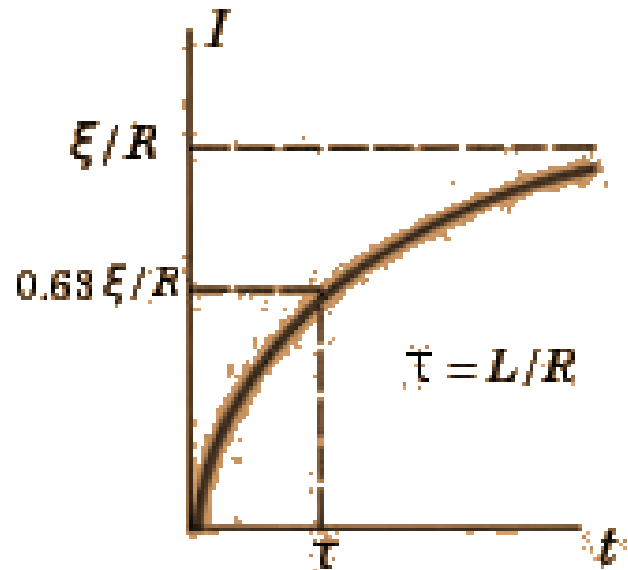


$$\xi = - L (\Delta I / \Delta t)$$

$$I = (\xi / R) \{1 - e^{-t/(R/L)}\} = (\xi / R) [1 - e(-Rt/L)]$$

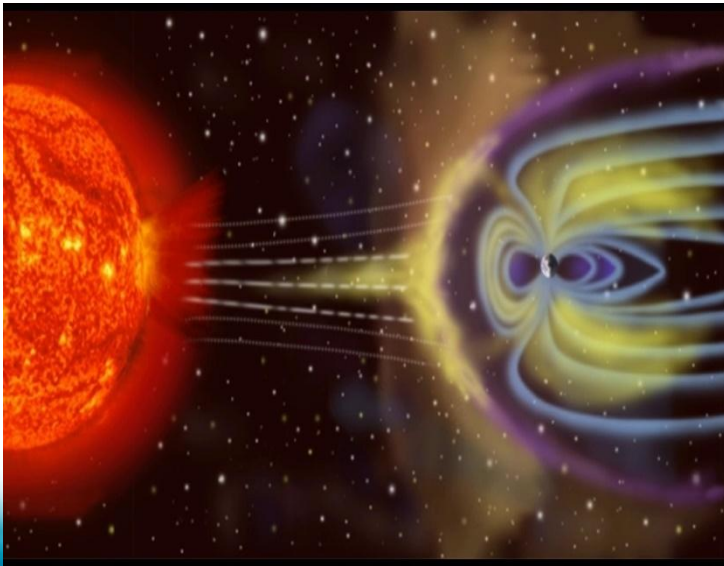


# Constante de Tiempo



*La constante de tiempo de un circuito RL en particular es el tiempo requerido para que se alcance el 63% del valor máximo de la corriente.*

# Energía en un Campo Magnético



$$P = i v = L i \frac{di}{dt}$$

$$E = \int_0^l P dt = \int_0^l L i' di' = \frac{1}{2} L I^2$$

# Inductancia mutua

Inductancia Total

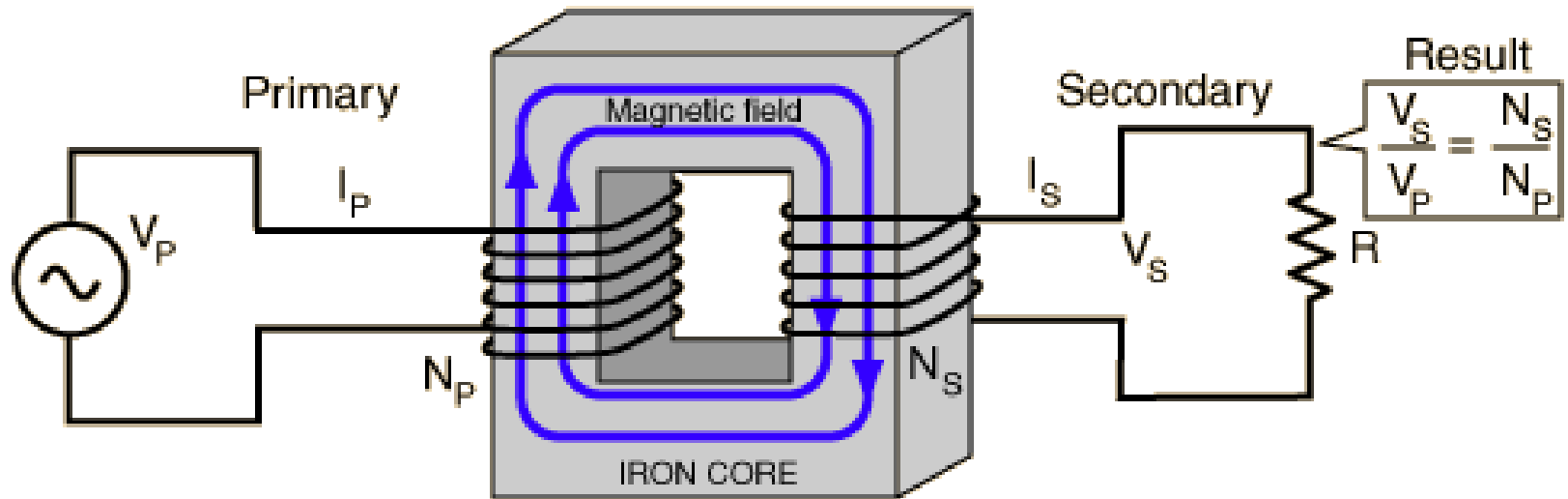
$$M = k(L_1 * L_2)$$

Ley de Faraday

$$E = \frac{d\Phi}{dt}$$

*“la tensión inducida en un circuito cerrado es directamente proporcional a la rapidez con que cambia en el tiempo el flujo magnético que atraviesa una superficie cualquiera con el circuito como borde”*

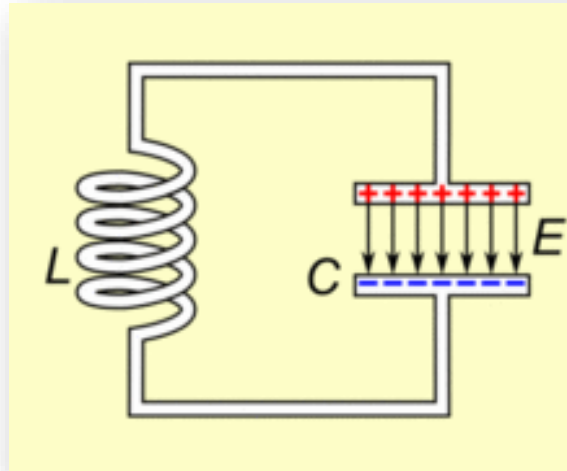
# INDUCTANCIA MUTUA



*Transformador eléctrico*

# OSCILACIÓN EN UN CIRCUITO LC

$L = \text{Inductor}$



$C = \text{Capacitor}$



*Circuito formado por una bobina y un condensador en paralelo. Su funcionamiento se basa en el almacenamiento de energía en forma de carga eléctrica en el condensador y en forma de campo magnético en la bobina.*



## OSCILACIONES ELÉCTRICAS EN UN CIRCUITO L-C

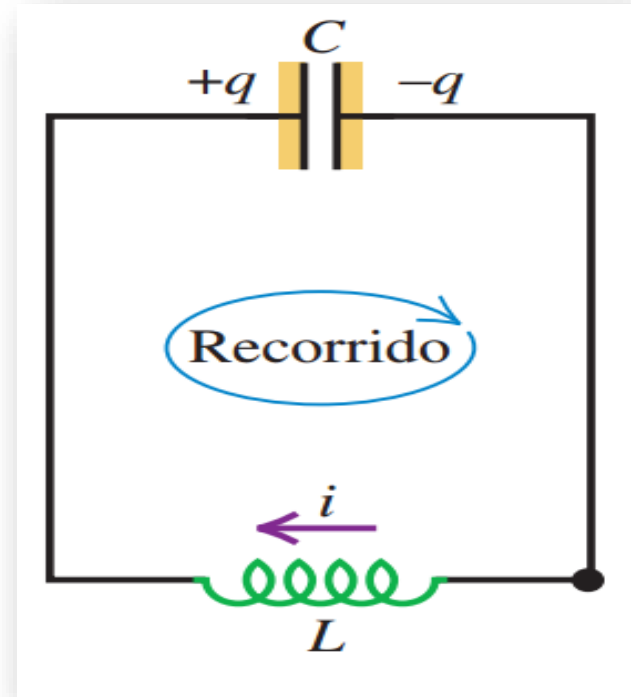
Antes de comenzar el estudio de los circuitos L-C y R-L-C, se hace necesario conocer las siguientes Expresiones  $\omega$  (frecuencia angular),  $f$  (frecuencia),  $\Delta V_L$  voltaje del inductor o bobina,  $\Delta V_C$  voltaje en el condensador:

$$\omega = 2\pi f$$

$$f = 1/T$$

$$\Delta V_L = L \cdot (di/dt)$$

$$\Delta V_C = q/C$$



**Es un circuito formado por un capacitor y un inductor. Al aplicar la ley de Kirchhoff de las mallas al circuito L-C. Se indica el sentido del recorrido alrededor de la malla en la ecuación de la malla.**

Después de realizar el recorrido la expresión de la ecuación queda:

$V_{ab} + V_{ba} = 0$       Donde podemos sustituir:  $L \frac{di}{dt} - \frac{q}{C} = 0$

Como  $i = -dq/dt$  se deduce que  $di/dt = d^2q/dt^2$ . Sustituimos:

$$\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{1}{LC}q = 0$$

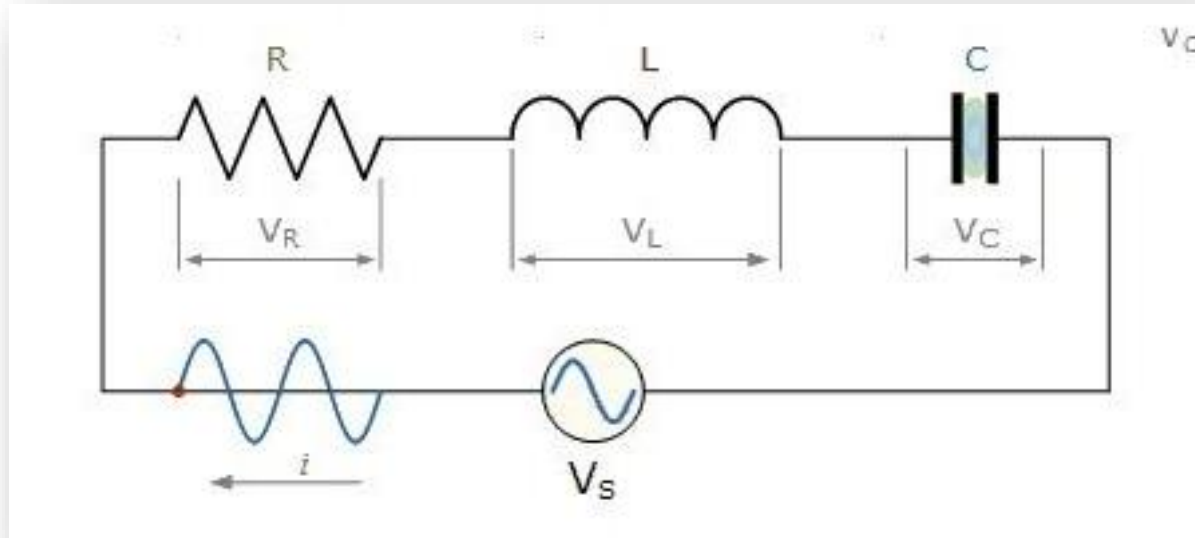
Esta ecuación se desprende del movimiento armónico simple:

-La posición en función de tiempo :  $x = \frac{dx}{dt} = A\omega \cdot \cos(\omega t + \varphi)$

-La carga del capacitor:  $q = Q \cdot \sin(\omega_0 t + j)$ .

-La frecuencia angular propia o natural:  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

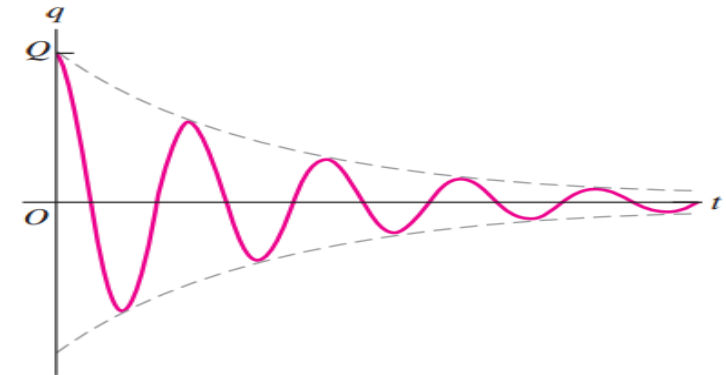
# Circuitos RLC



*Es un circuito en serie, que contiene una resistencia eléctrica, una bobina (inductancia) y un condensador (capacitancia).*

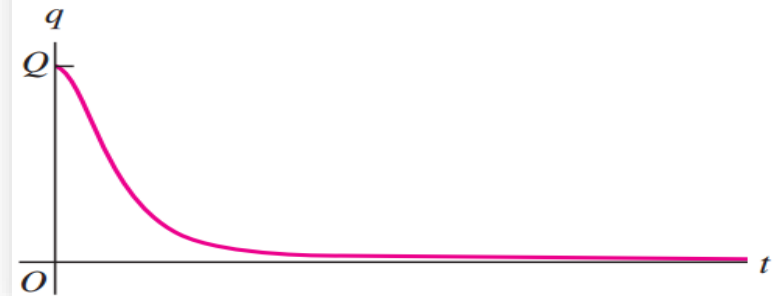
***Si la resistencia  $R$  es relativamente pequeña, el circuito aún oscila, pero con un movimiento armónico amortiguado, y se dice que el circuito está subamortiguado.***

**a) Circuito subamortiguado (resistencia  $R$  pequeña)**



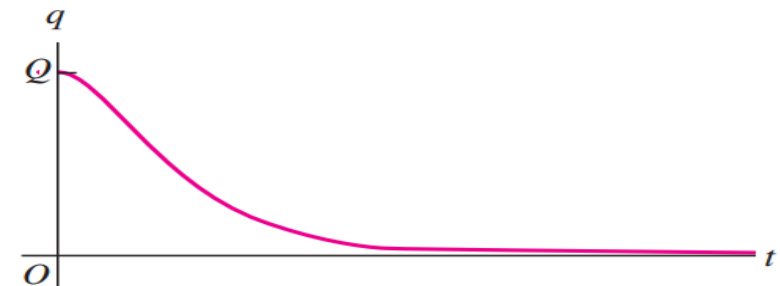
***Si  $R$  se incrementa, las oscilaciones cesan con más rapidez. Cuando  $R$  alcanza cierto valor, el circuito deja de oscilar; está críticamente amortiguado:***

**b) Circuito críticamente amortiguado (resistencia  $R$  grande)**



***Para valores aún mayores de  $R$ , el circuito está sobreamortiguado y la carga del capacitor se acerca a cero aún más lentamente.***

**c) Circuito sobreamortiguado (resistencia  $R$  muy grande)**



**Para determinar cómo varían  $q$  e  $i$  con el tiempo, se aplica la ley de Kirchhoff de las mallas. Partiendo del punto  $a$  y recorriendo el circuito en el sentido  $abcd$ , se obtiene la ecuación:**

$$iR + L \frac{di}{dt} - \frac{q}{C} = 0$$

**Como  $i = -dq/dt$ .**

$$\frac{d^2 q}{dt^2} + \frac{R}{L} \frac{dq}{dt} + \frac{1}{LC} q = 0$$

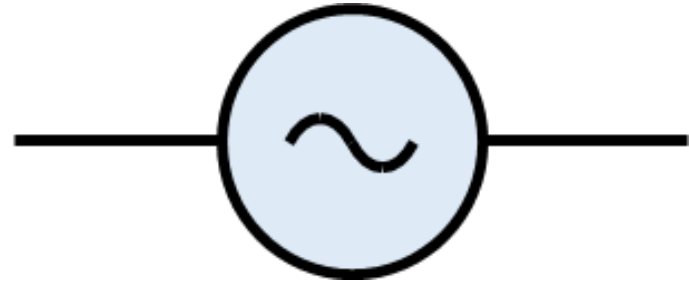
**Y de ella deriva**

$$q = Q e^{-\gamma t} \sin(\omega t + \varphi) \quad \text{con} \quad \omega^2 = \omega_0^2 - \gamma^2 \quad \text{y} \quad \gamma = \frac{R}{2L}$$



# Fuentes en Circuitos A.C

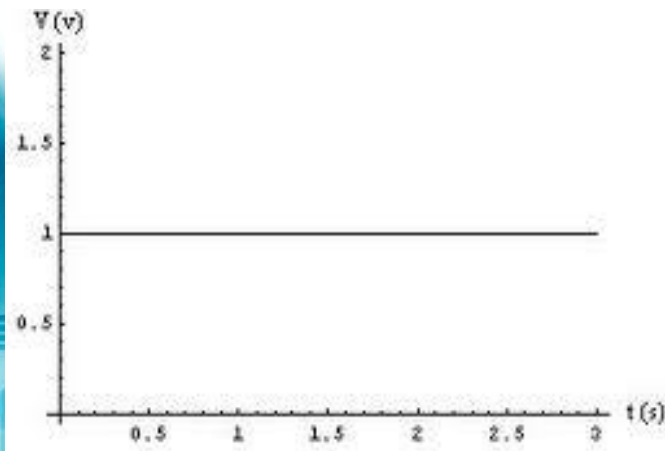
¿Serán iguales a las que tenemos en D.C. ?



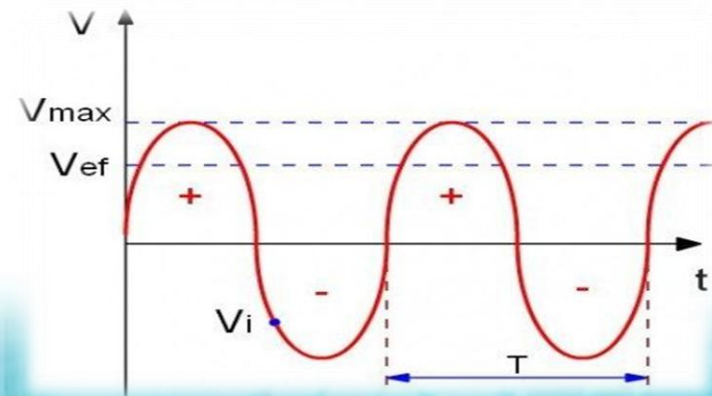
Voltaje o Tensión Fuente A.C.

$$V(t) = V_{\max} \text{ Sen}(\omega t)$$

$$I(t) = I_{\max} \text{ Sen}(\omega t)$$

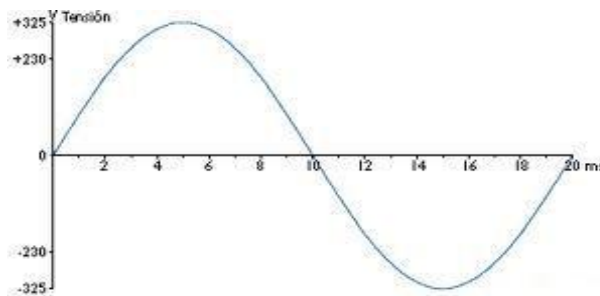


Grafica  $V(v)$  vs  $t(s)$  en D.C.

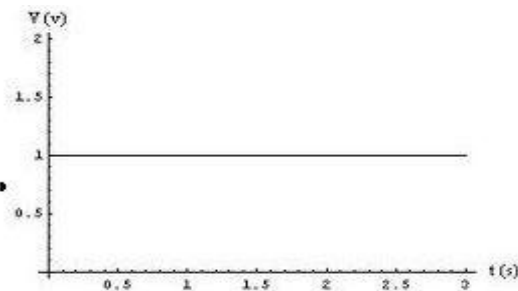


Grafica  $V(v)$  vs  $t(s)$  en A.C.

*Prácticamente todos los equipos electrónicos en nuestro hogar, aunque se conecten a corriente alterna, utilizan corriente continua. Esto se debe a que en su interior llevan una fuente de alimentación que transforma la corriente alterna a continua.*

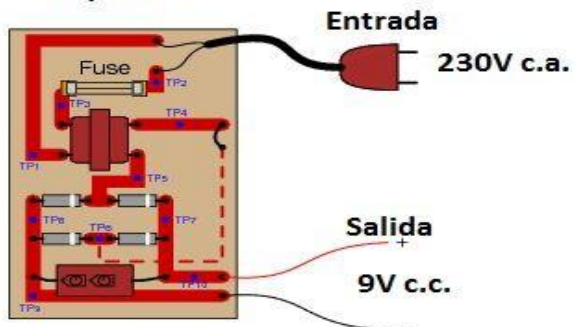


**Corriente Alterna**



**Corriente Continua**

**Esquema**



**FUENTE DE ALIMENTACIÓN**

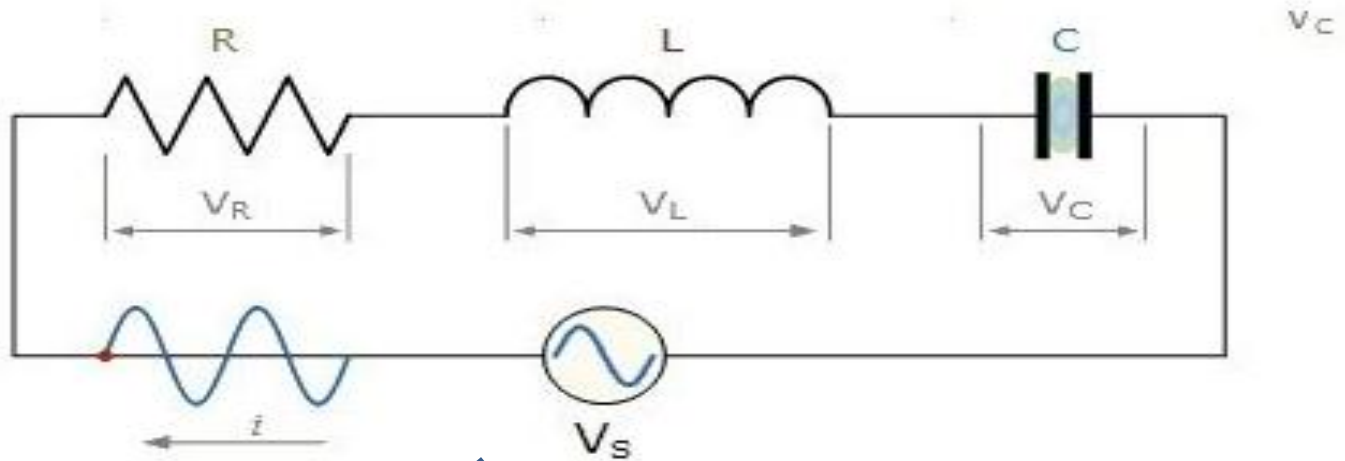
**Real Interior**



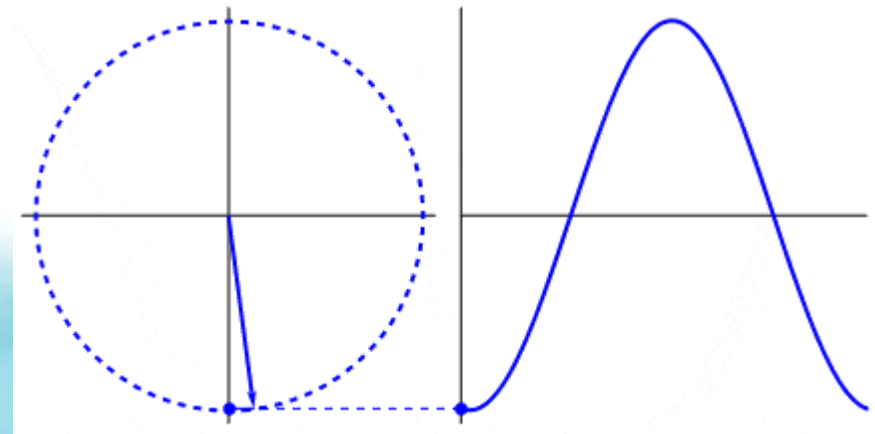
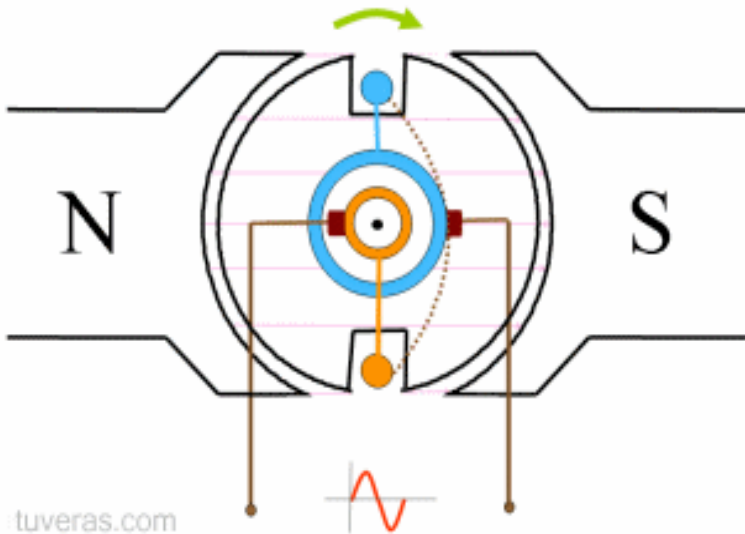
**Real Exterior**



## CIRCUITO DE CORRIENTE ALTERNA

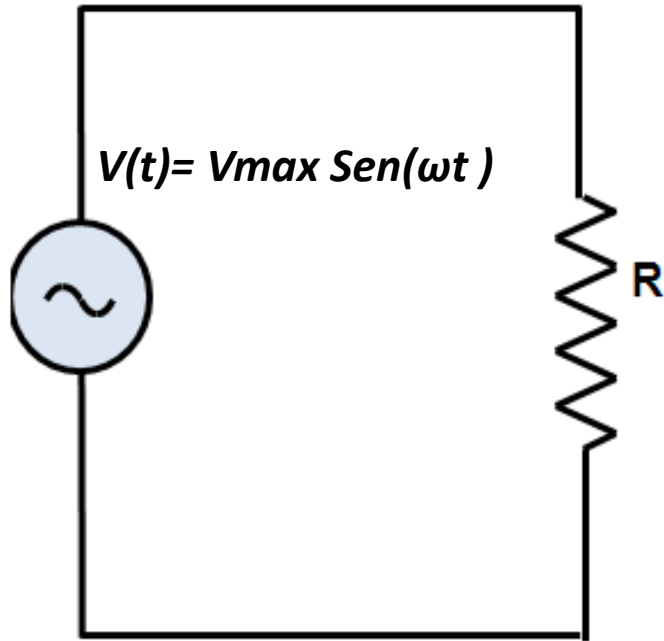


**Michael Faraday** descubrió que un conductor eléctrico moviéndose dentro de un campo magnético (imán) generaba una tensión o diferencial de potencial (d.d.p) entre sus dos extremos.



tuveras.com

# Resistencia en un circuito AC



Aplicando Reglas de Kirchhoff

$$V - IR = 0$$

Corriente instantánea

$$i_R = \frac{v}{R} = \frac{V_{max}}{R} \sin \omega t = I_{max} \sin \omega t$$

Voltaje instantáneo

$$v_r = i_R R = I_{max} \sin \omega t$$

$$I_{prom} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$$

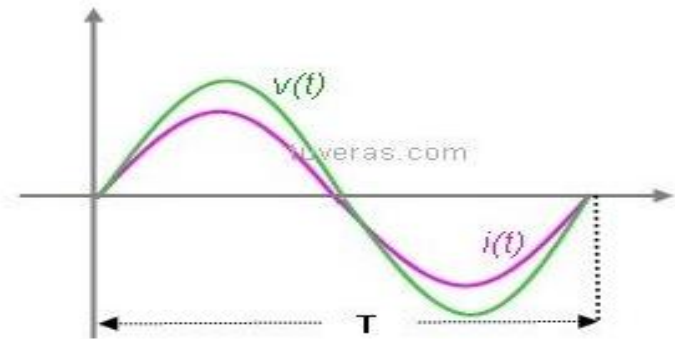
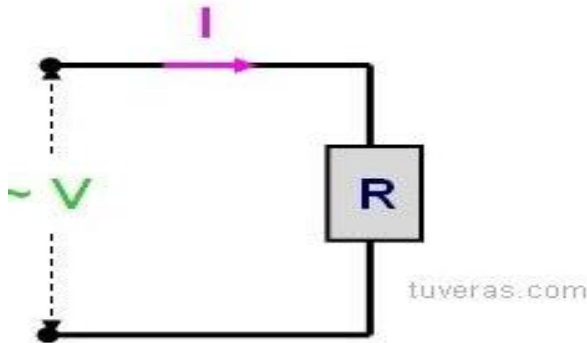
Notación *rms*

$$v_{prom} = \frac{v_{max}}{\sqrt{2}}$$

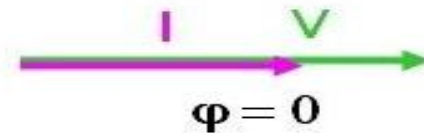
Potencia

$$P = IV = I_{rms}^2 R = \frac{V_{rms}^2}{R}$$

# Circuitos Resistivos Puros en A.C



$$I = \frac{V}{R}$$



$I = \frac{V}{R}$	$V = R I$	$R = \frac{V}{I}$
V tensión en Voltios	I intensidad en Amperios	R resistencia en ohmios

***Las tensiones e Intensidades instantáneas serian:***

$$V(t) = V_{\max} \text{ Sen}(\omega t)$$

$$I(t) = I_{\max} \text{ Sen}(\omega t)$$



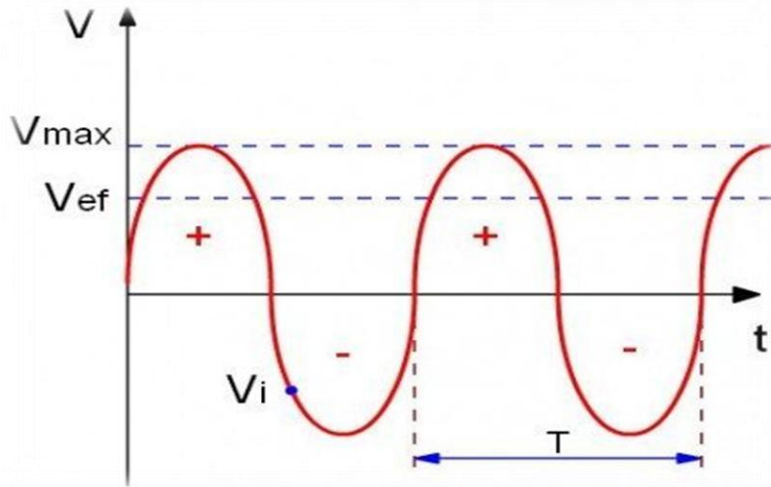
# CORRIENTE ALTERNA A.C.



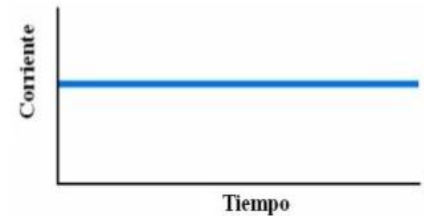
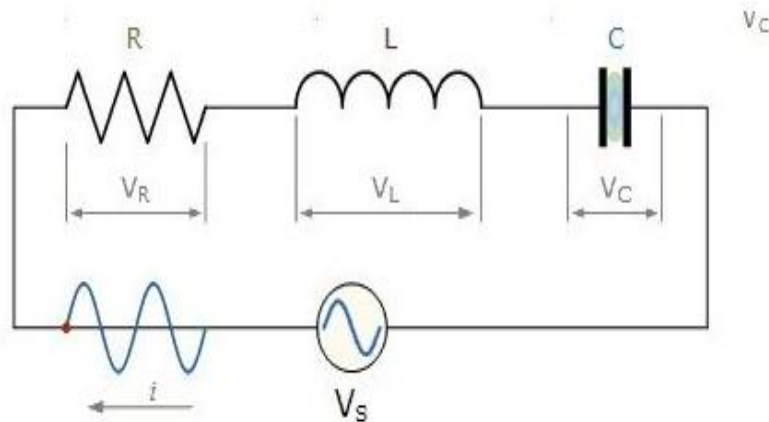
*Se caracteriza porque la magnitud y la dirección presentan una variación de tipo cíclico.*



*En tanto, la manera en la cual este tipo de corriente oscilará es en forma senoidal.*



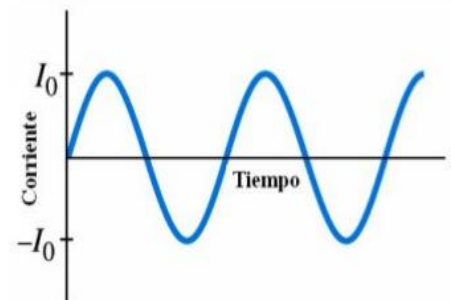
## CIRCUITO DE CORRIENTE ALTERNA



(a) DC

Corriente continua (DC)

No varía con el tiempo

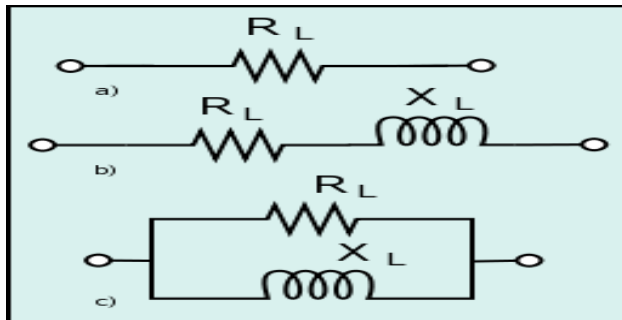
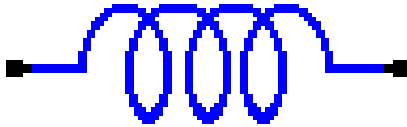


(b) AC

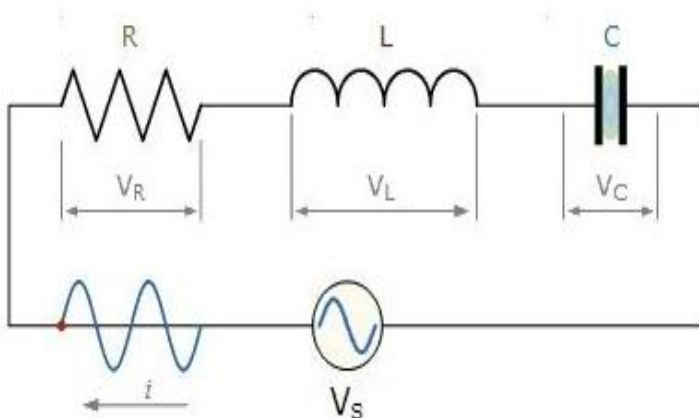
Corriente alterna (AC)

Varía con el tiempo en forma sinusoidal tanto el voltaje como la corriente

¿Qué es una bobina o inductor?



CIRCUITO DE CORRIENTE ALTERNA



$V_C$



Elemento que almacena energía en forma de campo magnético.

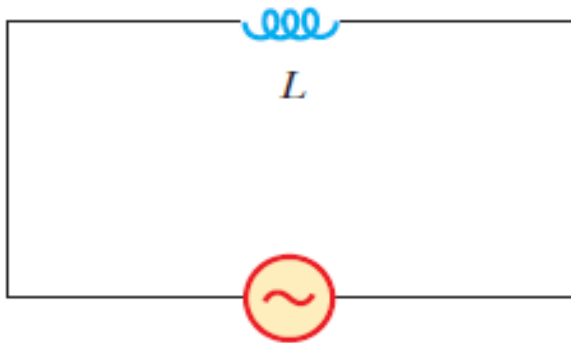


Se oponen a los cambios bruscos de la corriente que circula por ellas.

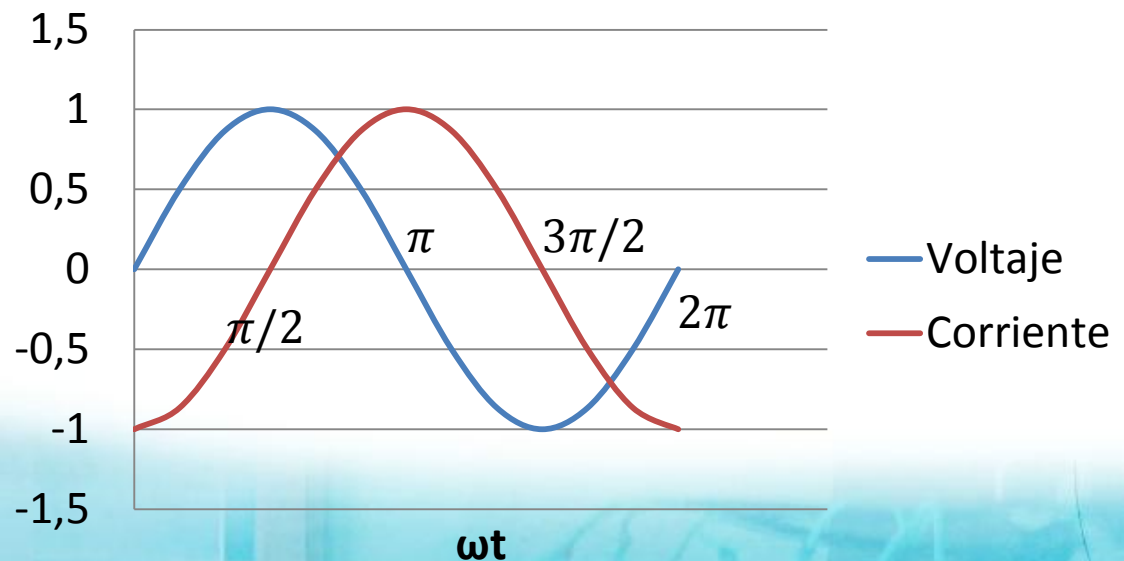
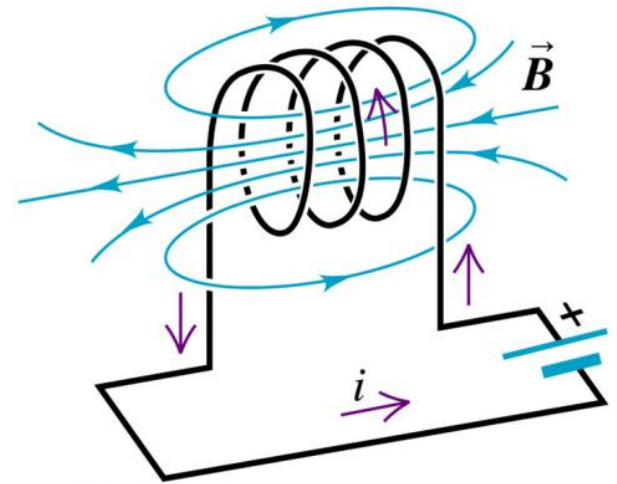


# Inductores en A.C.

- Reacciona a los cambios de corriente –  $di/dt$
- Genera campo magnético  $B$ .
- Almacenan Energía.



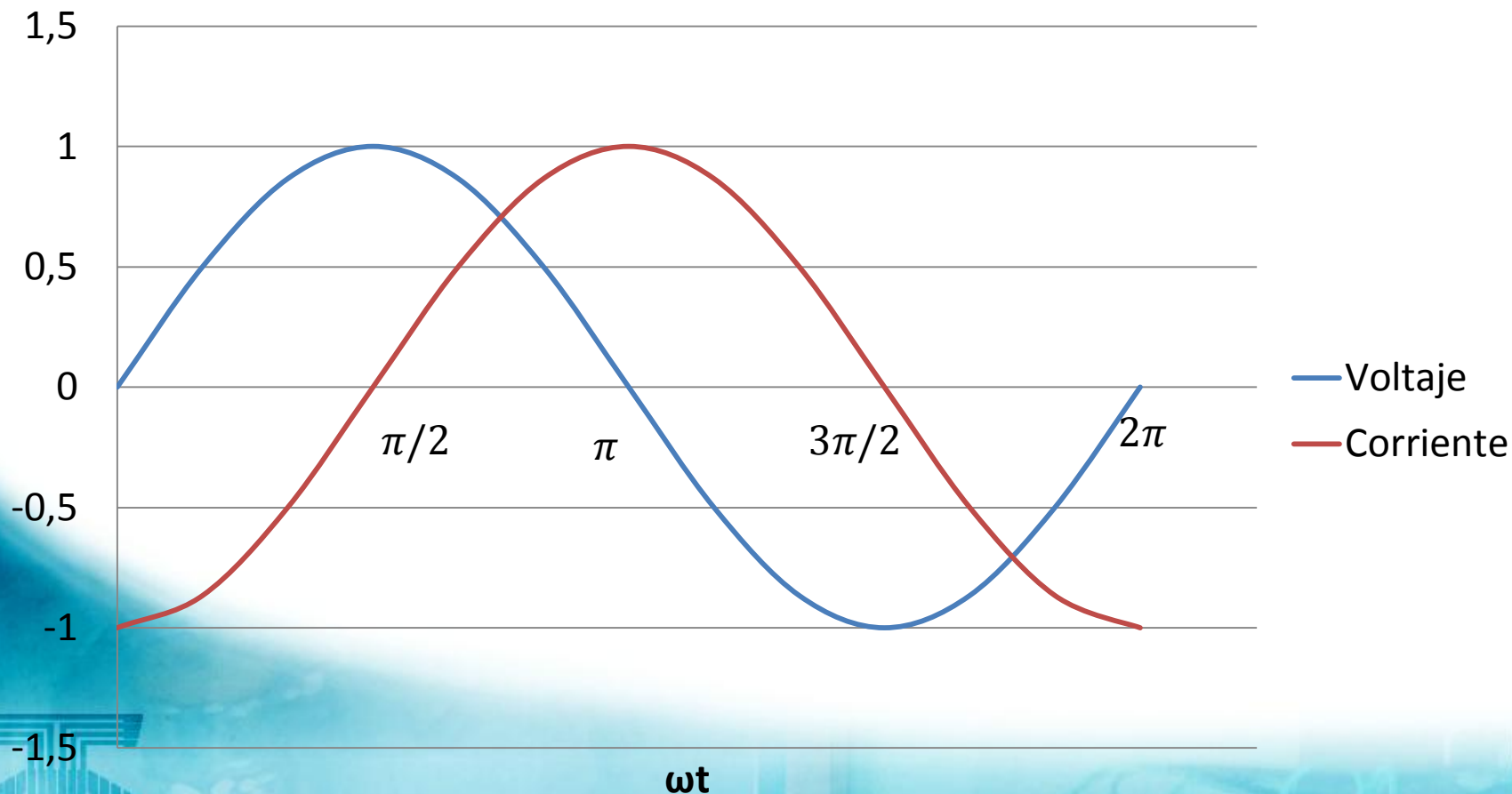
$$V(t) = V_{\max} \text{Sen}(\omega t)$$



# ***Voltaje $V(t)$ y corriente $i(t)$ en el tiempo***

## ***Inductancia pura***

***Tensión o Voltaje  $V(t)$  adelanta a la corriente  $i(t)$ .***



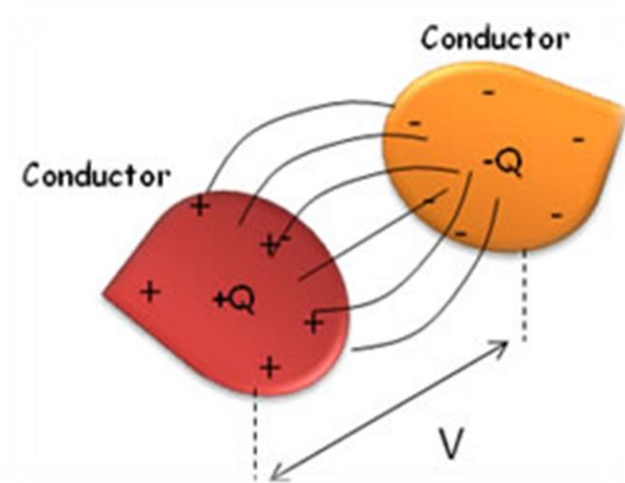
¿Qué es un condensador?



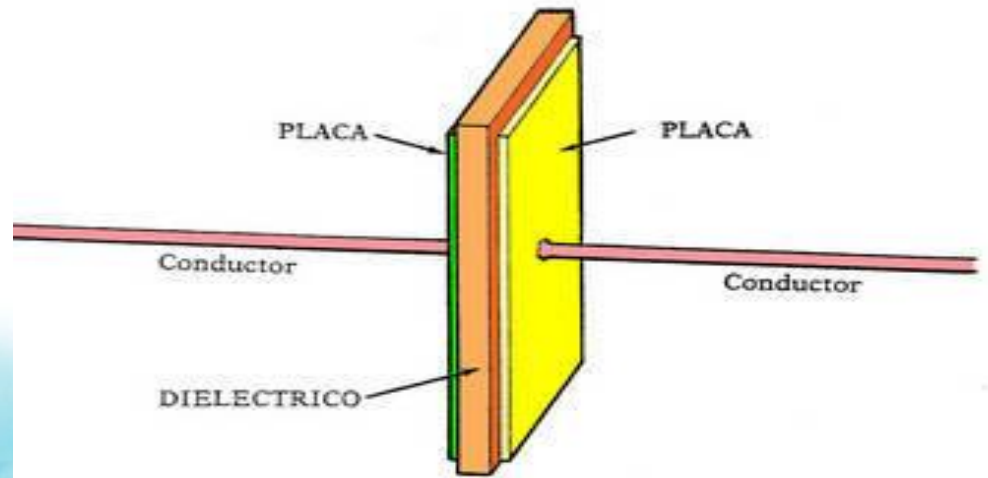
Es un dispositivo que almacena energía en forma de campo eléctrico.



*Al conectar las placas a una batería, estas se cargan y esta carga es proporcional a la diferencia de potencial aplicada, siendo la constante de proporcionalidad la capacitancia del condensador.*



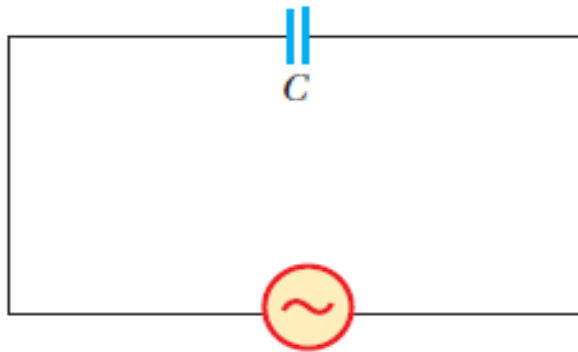
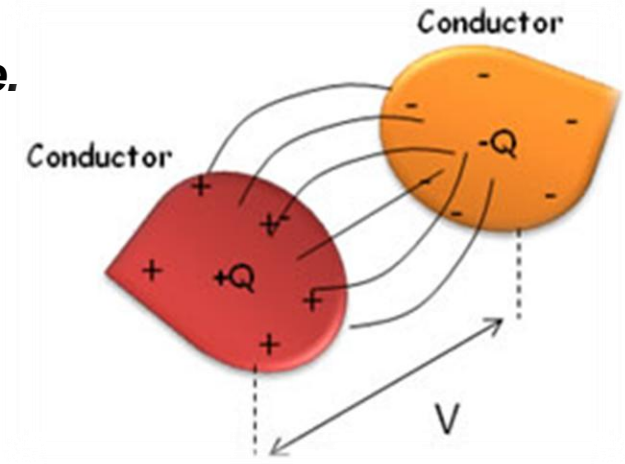
**Los condensadores se componen de dos placas y el dieléctrico**



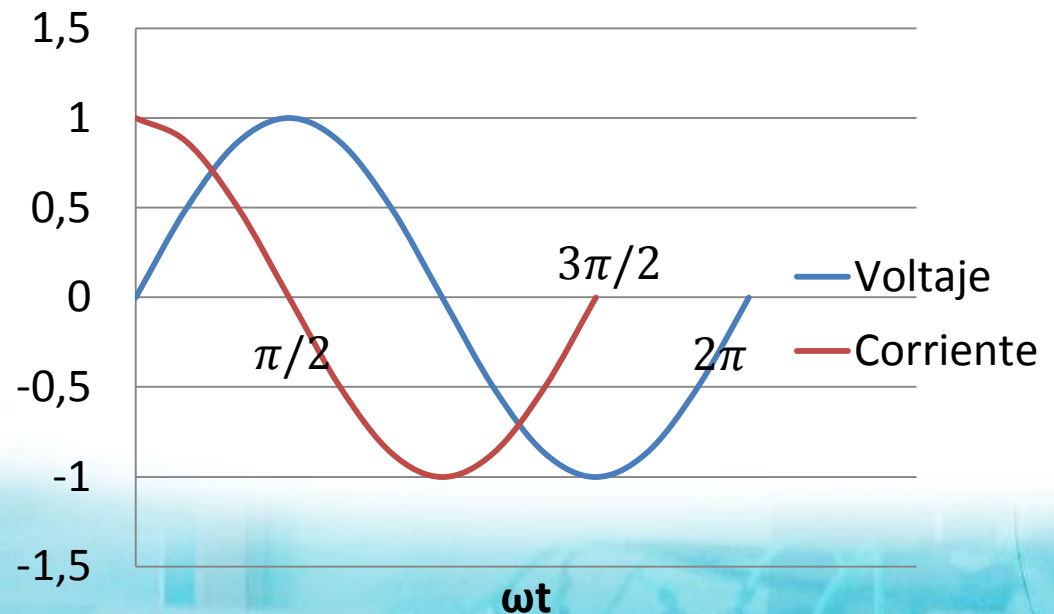


# Capacitores en A.C.

- *Reacciona a los cambios de Tensión o Voltaje.*
- *Genera campo Eléctrico  $E$  entre sus placas.*
- *Almacenan Energía producto del campo eléctrico  $E$ .*

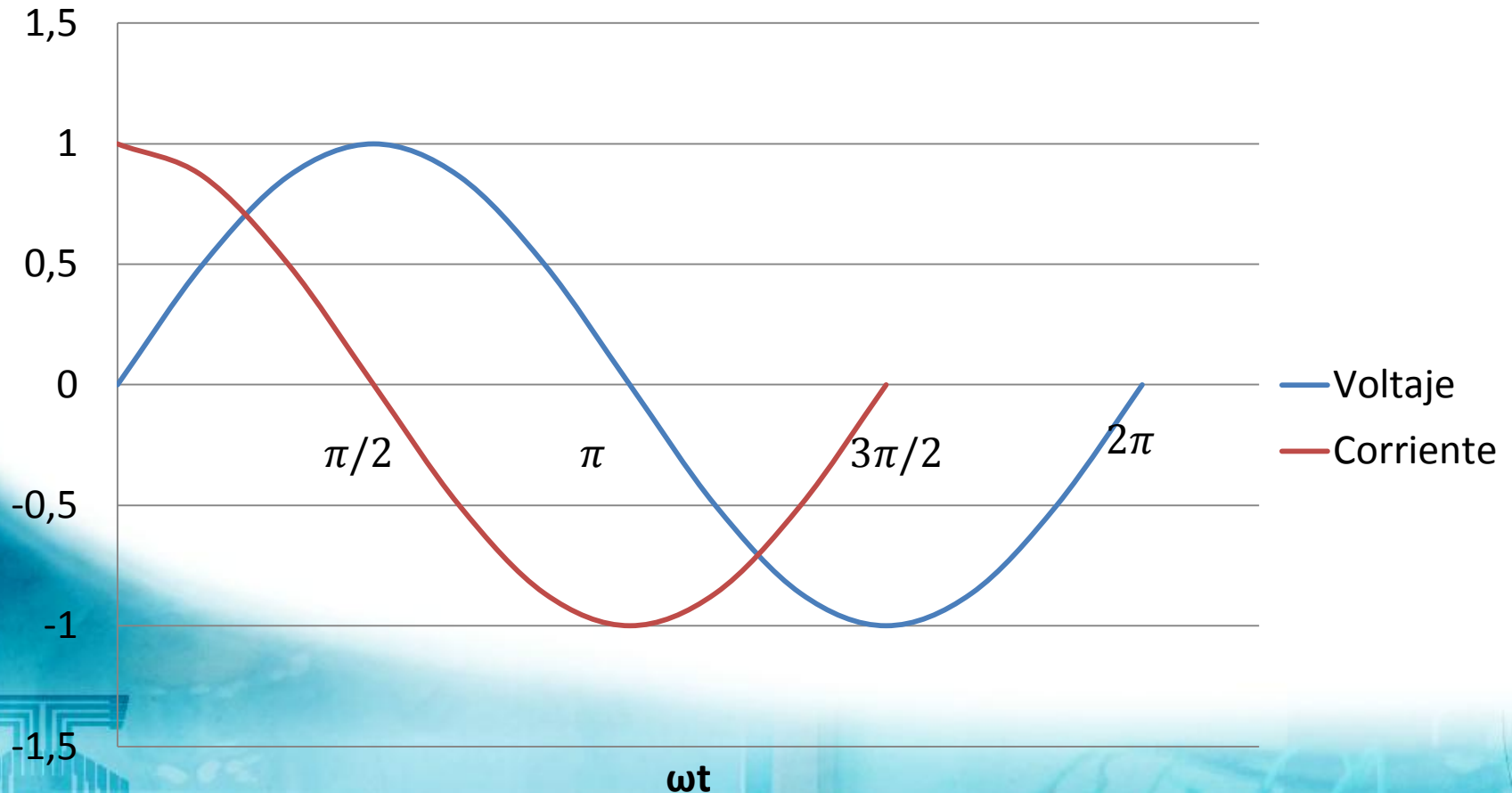


$$V(t) = V_{\max} \text{Sen}(\omega t)$$

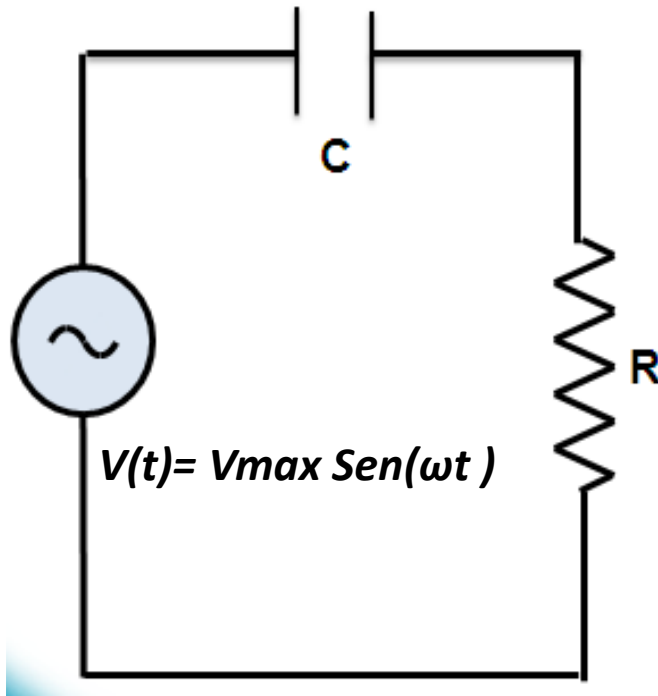


# ***Voltaje $V(t)$ y corriente $i(t)$ en el tiempo capacitancia pura***

***Corriente  $i(t)$  adelanta a la Tensión o Voltaje  $V(t)$***



# Circuito RC – Serie en A.C.



## Voltaje

$$V(t) = V_{max} \text{Sen}(\omega t)$$

## Corriente

$$I = \omega C V_{max} \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$I = I_{max} \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

## Impedancia del circuito

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_c)^2}$$

## Ángulo de desfase

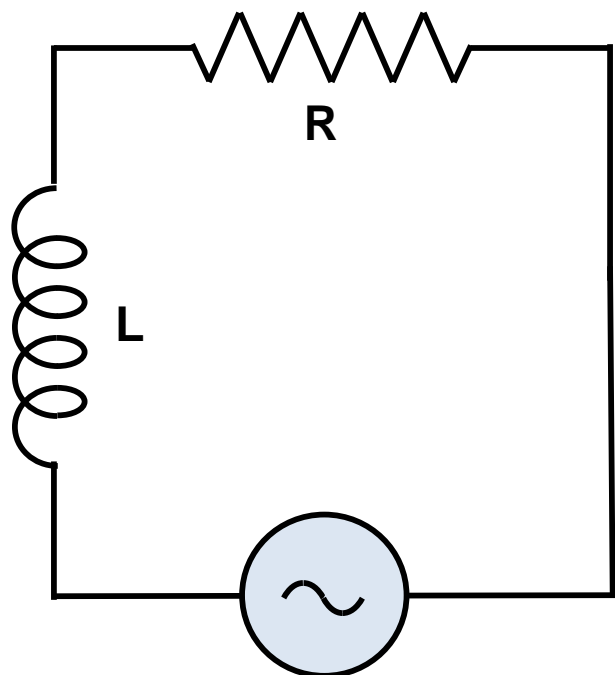
$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{X_c}{R}\right)$$

El coeficiente  $\omega C V_{max}$  es la corriente máxima en el circuito:

$$I_{max} = \omega C V_{max} = \frac{V_{max}}{X_c}$$

$$\omega = 2\pi f$$

# Circuito RL – Serie en A.C.



$$V(t) = V_{max} \sin(\omega t)$$

## Voltaje

$$V(t) = V_{max} \sin(\omega t)$$

## Corriente

$$I_L = \frac{V_{max}}{\omega L} \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

$$I_L = I_{max} \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

## Potencia instantánea

$$P = VI \sin(2\omega t)$$

## Impedancia del circuito

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L)^2}$$

## Ángulo de desfase

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{X_L}{R}\right)$$

El coeficiente  $\frac{V_{max}}{\omega L}$  es la corriente máxima en el circuito:

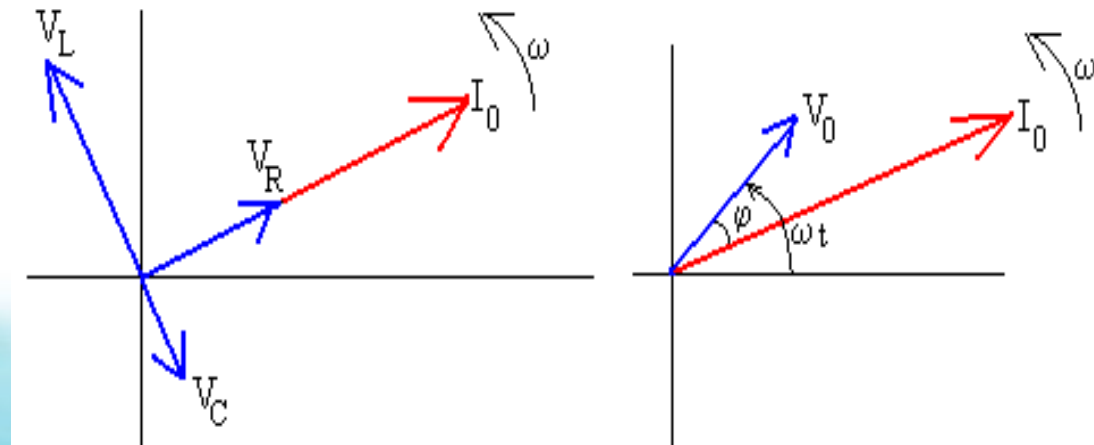
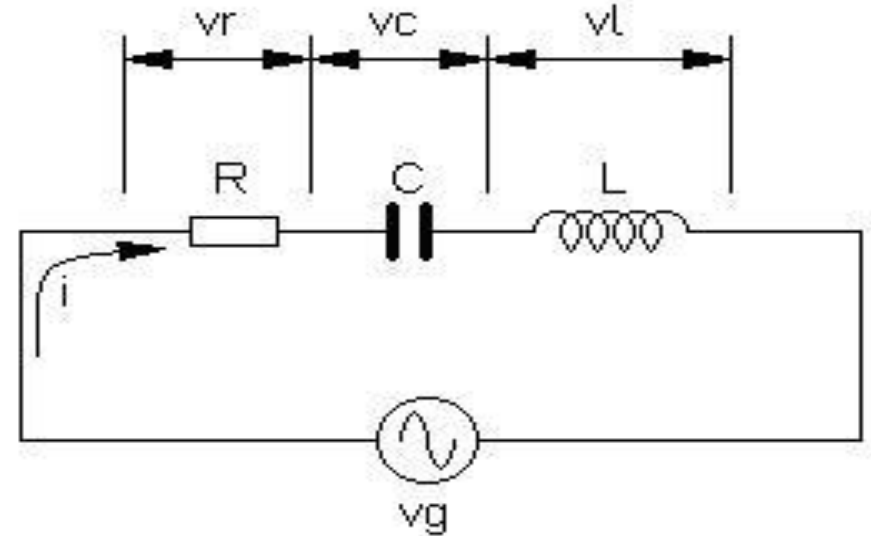
$$I_{max} = \frac{V_{max}}{\omega L} = \frac{V_{max}}{X_L}$$

# Circuito RLC – Serie en A.C.

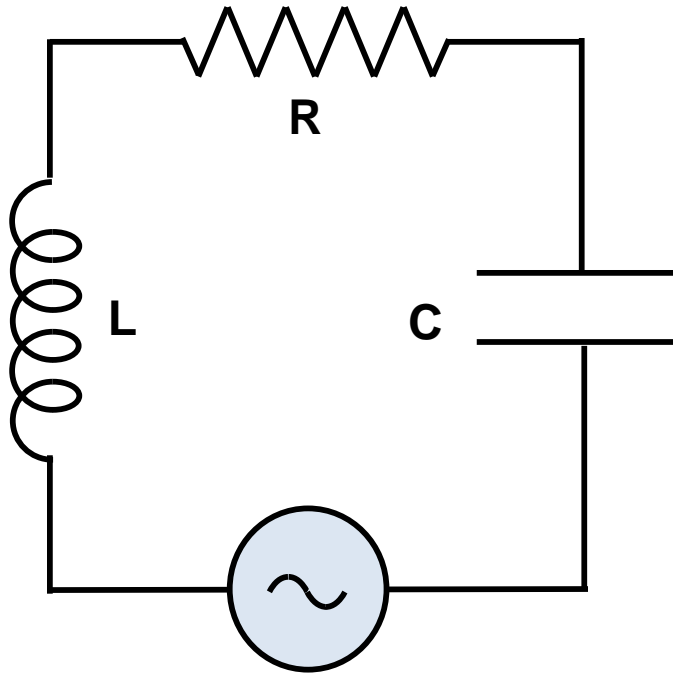
Un circuito RLC es un circuito lineal que contiene una resistencia eléctrica, una bobina (inductor) y un condensador (capacitor) conectados en serie. Para analizar dichos circuitos se empleará un diagrama de fasores que incluye los fasores de voltaje y corriente de cada uno de los elementos.



Así, un fador  $I$ , con longitud proporcional a la amplitud de la corriente, representará la corriente de todos los elementos del circuito. La magnitud y ángulo de los fasores serán validos para una sola frecuencia predeterminada.



# Circuito RLC – Serie en A.C.



## Voltaje instantáneo

$$V(t) = V_{max} \text{Sen}(\omega t)$$

## Corriente

$$I = I_{max} \sin(\omega t - \varphi)$$

## Impedancia del circuito

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

## Ángulo de desfase

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{X_L - X_C}{R} \right)$$

## Potencia instantánea

$$P = V_R I \cos(\varphi)$$



# RESONANCIA EN UN CIRCUITO RLC-SERIE

## *Circuito en Resonancia :*

*Ocurre cuando las reactancias Inductiva y capacitiva son iguales  $X_C = X_L$*

### *En consecuencia:*

- La intensidad de corriente  $I$  será máxima*
- La intensidad de corriente  $I$  y la diferencia de potencial del circuito  $V$  están en fase.*
- La potencia suministrada por la fuente al circuito es máxima.*

$$|X_L| = |X_C|$$

$$\omega L = \frac{1}{\omega C}$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{LC}}$$

# RESONANCIA EN UN CIRCUITO RLC-SERIE

En un circuito RLC de corriente alterna conectado en serie, la frecuencia será directamente proporcional al valor de la impedancia inductiva e inversamente proporcional al valor de la impedancia capacitiva. Un circuito RLC serie está en resonancia cuando el valor absoluto de la reactancia inductiva es igual al valor absoluto de la capacitiva, por ende el valor de  $f_0$  (frecuencia de resonancia) se calcula teniendo en cuenta que  $X_L = X_C$

$$\begin{aligned} |X_L| &= |X_C| \\ \omega L &= \frac{1}{\omega C} \\ \omega &= \frac{1}{\sqrt{LC}} \\ f_0 &= \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{LC}} \end{aligned}$$

**Circuito en Resonancia :**

- La intensidad de corriente  $I$  será máxima
- La intensidad de corriente  $I$  y la diferencia de potencial del circuito  $V$  están en fase
- La potencia suministrada por la fuente al circuito es máxima

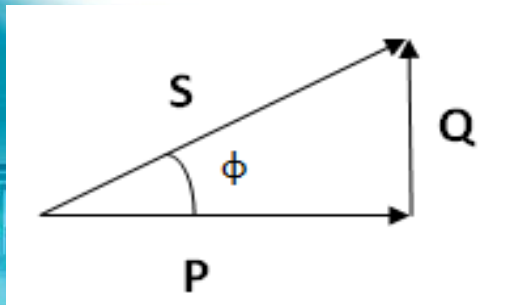
# POTENCIA DE UN CIRCUITO EN CA

La **potencia eléctrica** es la relación de paso de energía de un flujo por unidad de tiempo, se mide en (watt).

La potencia es la cantidad más relevante en sistemas de suministro de electricidad, electrónicos y de comunicación, porque tales sistemas implican la transmisión de potencia de un punto a otro.



## TRIANGULO DE POTENCIAS



Se pueden establecer en:

- Potencia Activa (Útil)  $P$
- Potencia Reactiva (Consumida)  $Q$
- Potencia Aparente (Suma vectorial de  $P$  y  $Q$ ).

# TRIANGULO DE POTENCIAS

Podemos representar a las tres potencias en un triángulo rectángulo en donde:

✓ Cateto adyacente es la potencia activa.

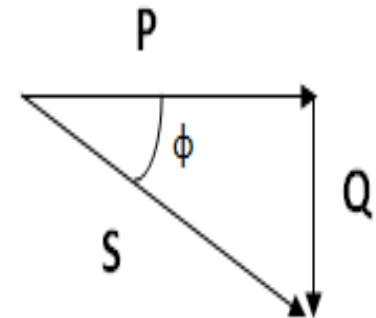
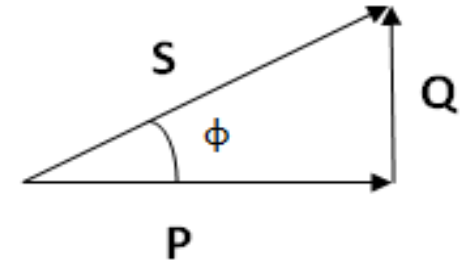
$$P = \frac{1}{2} v_m * I_m * \cos\phi = V_{ef} * I_{ef} * \cos\phi = I_{ef}^2 * R$$

✓ Cateto opuesto es la potencia reactiva.

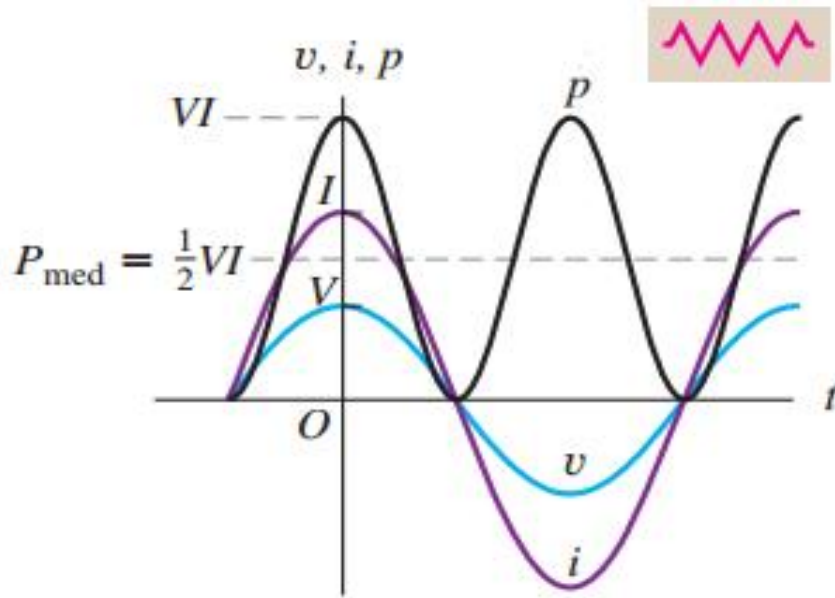
$$Q = I_{ef}^2 (X_l - X_c) \quad Q = V * I * \sin(\phi)$$

✓ Hipotenusa es la potencia aparente.

$$S = I_{ef}^2 * Z \quad S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$



# POTENCIA DE UN RESISTOR



CLAVE: Corriente instantánea,  $i$  —

En este caso  $V = Vr$ , está en fase con  $i$ . El producto  $vi$  siempre es positivo porque los valores de  $v$  e  $i$  siempre son los dos positivos o los dos negativos. La curva de potencia correspondiente a un resistor es simétrica con respecto a un valor igual a la mitad de su valor máximo  $VI$ .

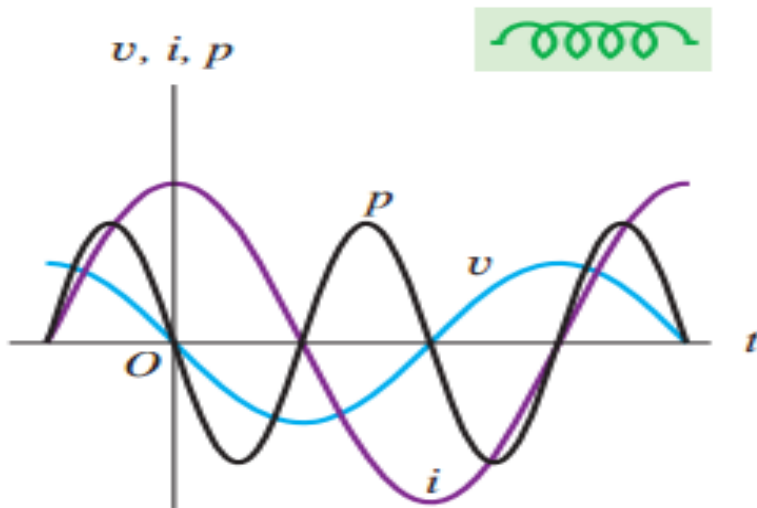
*Potencia media*

$$P_{med} = \frac{1}{2}VI$$

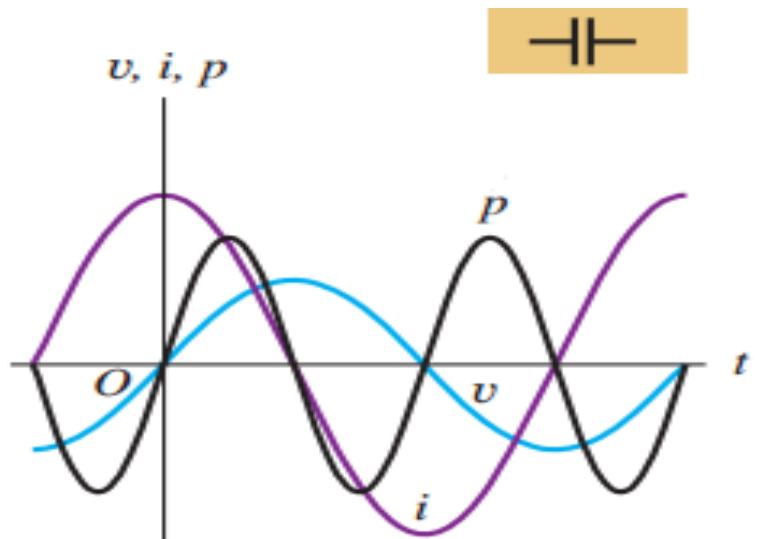
*Potencia media expresion equivalente*

$$P_{med} = I_{rms}^2 R = \frac{V_{rms}^2}{R} = V_{rms} I_{rms}$$

# POTENCIA DE UN INDUCTOR Y CAPACITOR



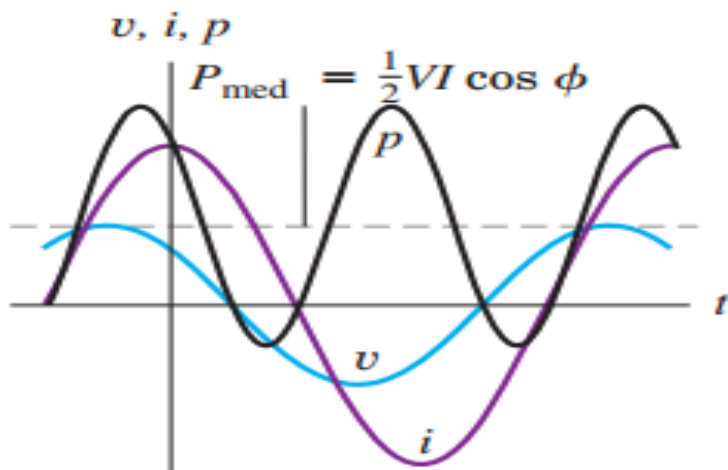
El voltaje  $V = VL$  se adelanta  $90^\circ$  a la corriente  $i$ . Cuando se multiplican las curvas de  $v$  e  $i$ , el producto  $vi$  es negativo durante la mitad del ciclo cuando  $v$  e  $i$  tienen signos opuestos. La curva de potencia es simétrica con respecto al eje horizontal; es positiva la mitad del tiempo y negativa la otra mitad, y la potencia media es igual a cero.



El voltaje  $V = VC$  se retrasa  $90^\circ$  con respecto a la corriente. De nuevo, la potencia media es igual a cero. Se suministra energía para cargar el capacitor y se devuelve a la fuente cuando el capacitor se descarga. La transferencia neta de energía en un ciclo es, una vez más, igual a cero.

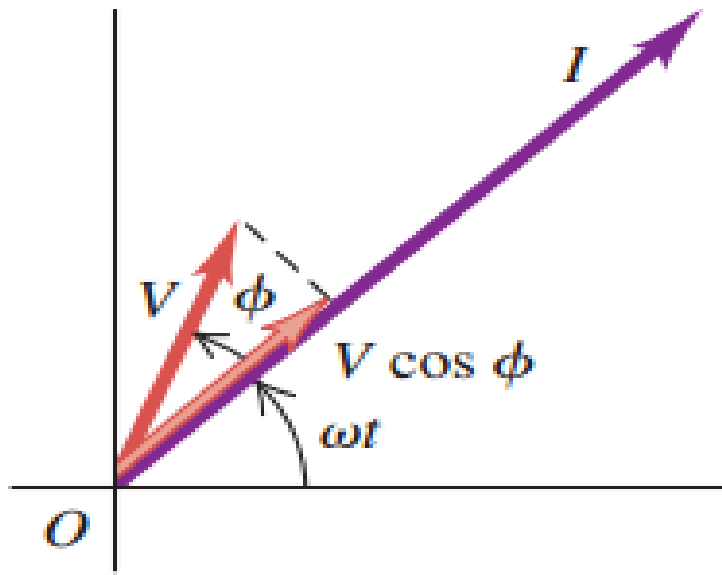


# POTENCIA DE UN CIRCUITO GENERAL DE A.C.



En cualquier circuito de CA, con cualquier combinación de resistores, capacitores e inductores, el voltaje  $v$  a través de todo el circuito tiene un ángulo de fase  $\phi$  con respecto a la corriente  $i$ . Así, la potencia instantánea  $p$  está dada por:

$$p = vi = [V \cos(\omega t + \phi)][I \cos(\omega t)]$$

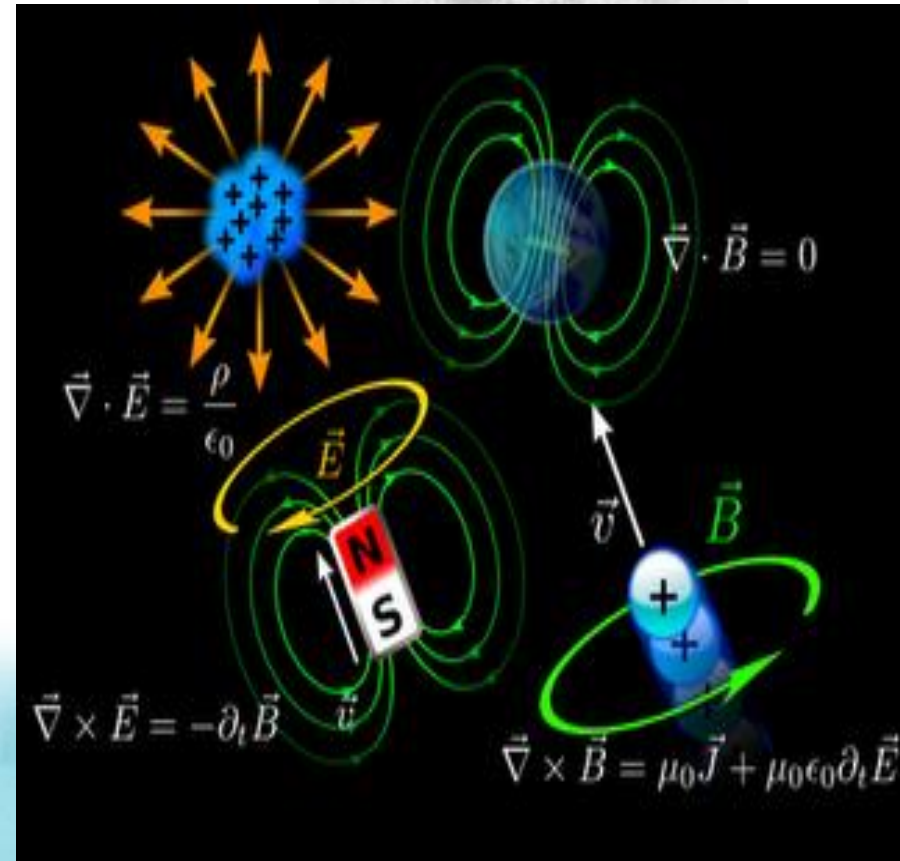
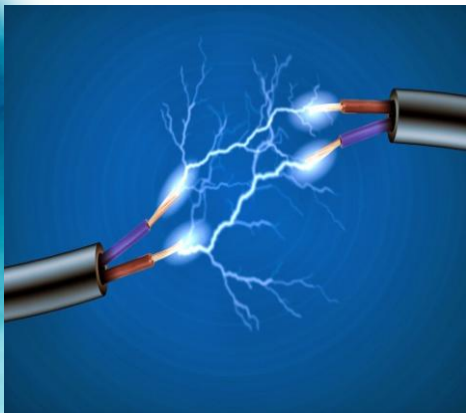


El área entre las espiras positivas y el eje horizontal es mayor que el área entre las espiras negativas y el eje horizontal, y la potencia media es positiva. A partir de la ecuación anterior se deduce la ecuación de la potencia media en un circuito general de ca.

$$p = \frac{1}{2} VI \cos \phi$$

# Ecuaciones de Maxwell

James Clerk Maxwell demostró, en el siglo XIX, que todos los fenómenos eléctricos y magnéticos podían describirse en base a solo cuatro ecuaciones, que incluían campos eléctricos y magnéticos. Estas ecuaciones, fueron llamadas ecuaciones de Maxwell, que juegan en el Electromagnetismo el mismo papel generalizador que las leyes de Newton en la Mecánica.



## Ecuaciones de Maxwell

La primera, ley de Gauss de la electricidad, relaciona el campo eléctrico con las cargas eléctricas.

*Integral de la forma*

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q}{\epsilon_0} = 4\pi kq$$

*Diferencial de la forma*

$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} = 4\pi k\rho$$

La segunda, ley de Gauss del magnetismo, relacionada con el campo magnético, permite llegar a la conclusión de que no existen polos magnéticos aislados.

*Integral de la forma*

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = 0$$

*Diferencial de la forma*

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0$$



# Ecuaciones de Maxwell



La tercera, ley de Ampere, plantea que a un campo magnético fluctuante le es inherente un campo eléctrico.

La cuarta, ley de Faraday, plantea que a un campo eléctrico fluctuante (o a una corriente eléctrica) le es inherente un campo magnético.

*Integral de la forma*

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 i + \frac{1}{c^2} \frac{\partial}{\partial t} \int \vec{E} \cdot d\vec{A}$$

*Diferencial de la forma*

$$\nabla \times \vec{B} = \frac{4\pi k}{c^2} \vec{J} + \frac{1}{c^2} \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$

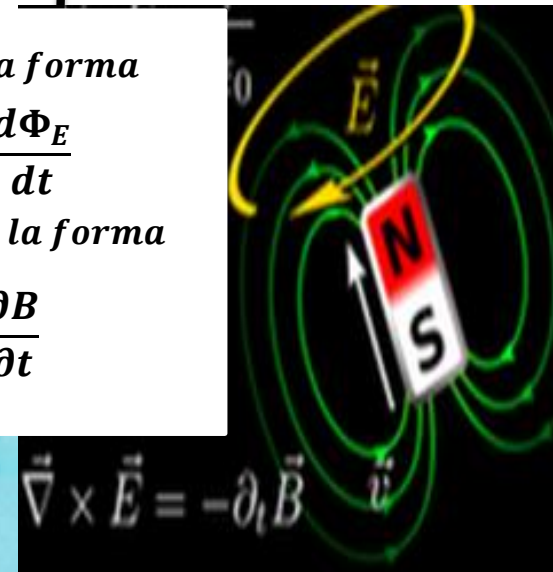
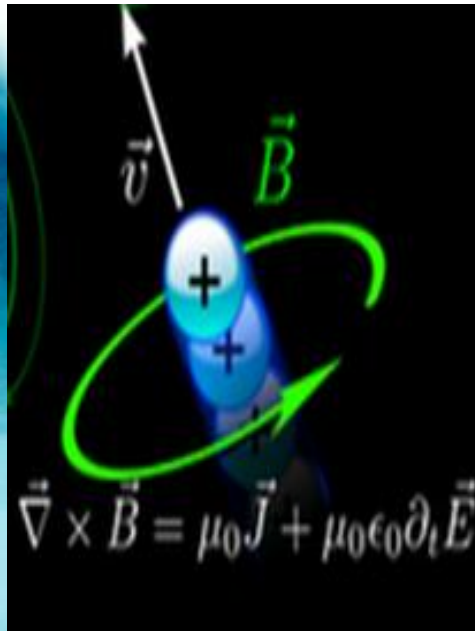
$$\nabla \times \vec{B} = \frac{\vec{J}}{\epsilon_0 c^2} + \frac{1}{c^2} \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$

*Integral de la forma*

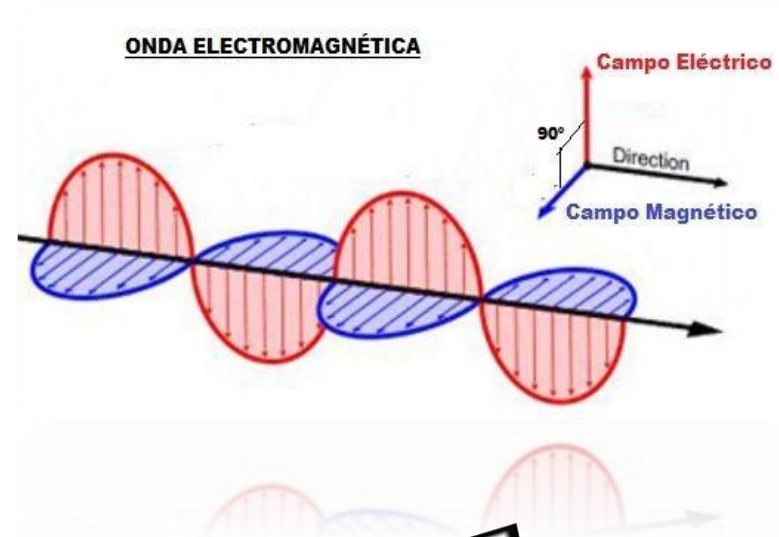
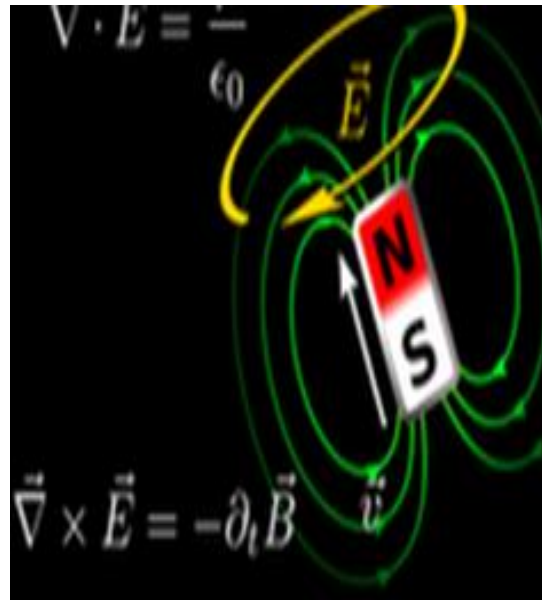
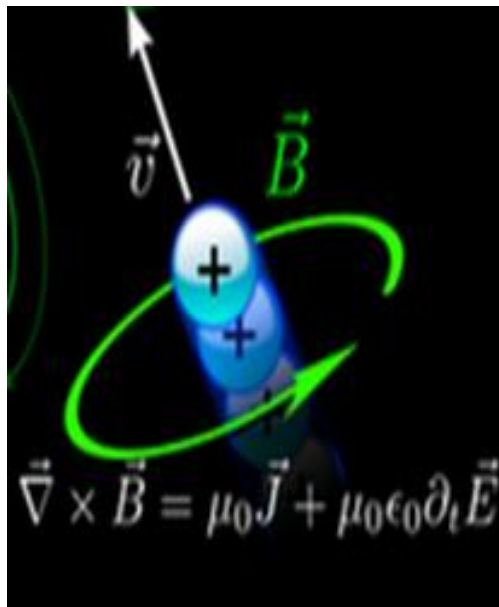
$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = - \frac{d\Phi_E}{dt}$$

*Diferencial de la forma*

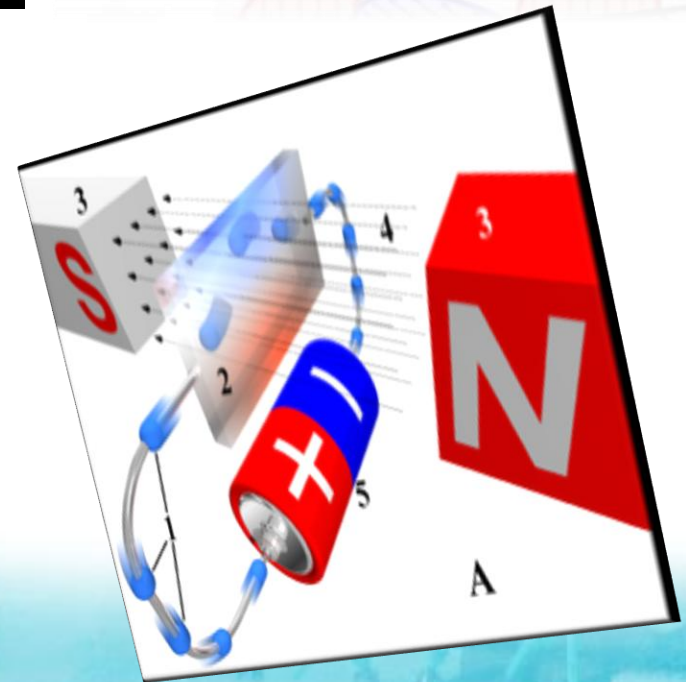
$$\nabla \times \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$



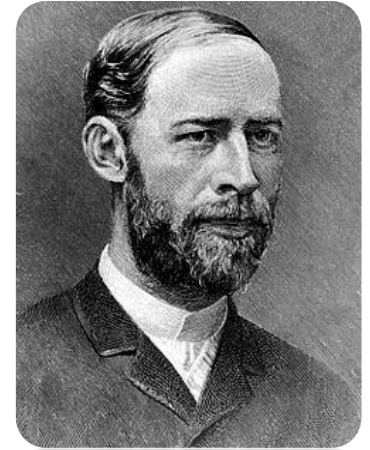




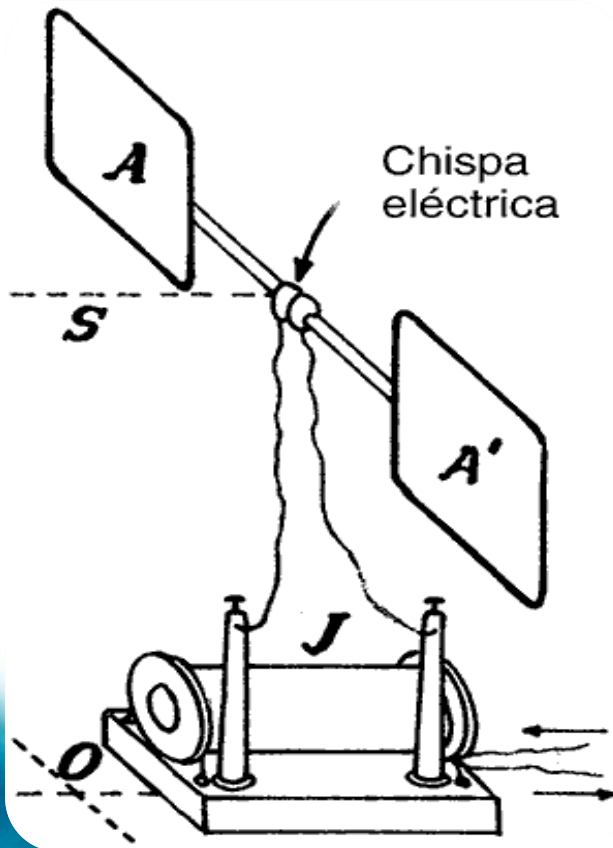
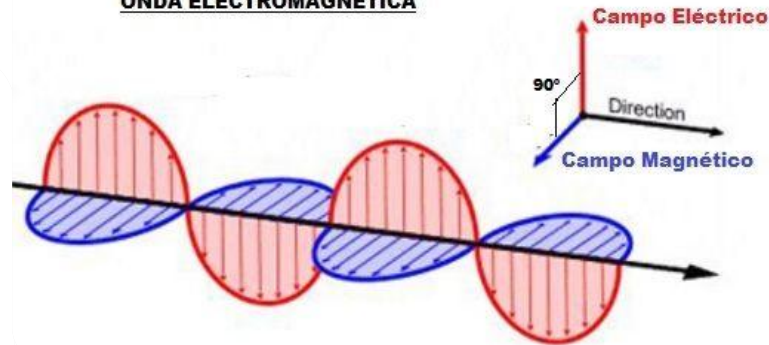
Tomando como punto de partida el sistema de ecuaciones creado por él, Maxwell llegó a la conclusión de que un campo eléctrico fluctuante produce un campo magnético fluctuante y viceversa. El resultado neto es la producción de una onda de campos eléctrico y magnético que puede propagarse en el vacío, con una velocidad igual a la de la luz.



# Descubrimientos de Hertz



ONDA ELECTROMAGNÉTICA

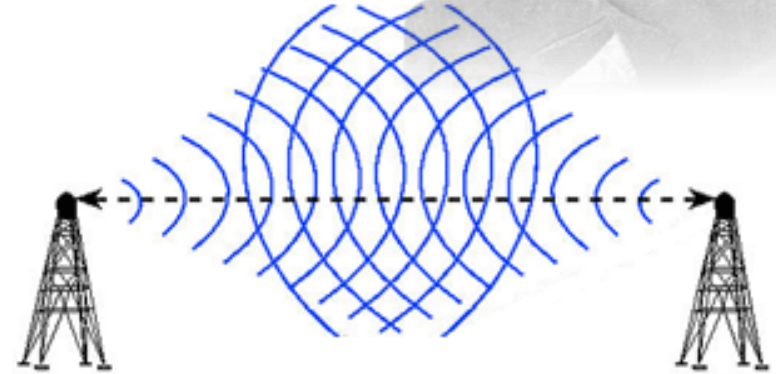
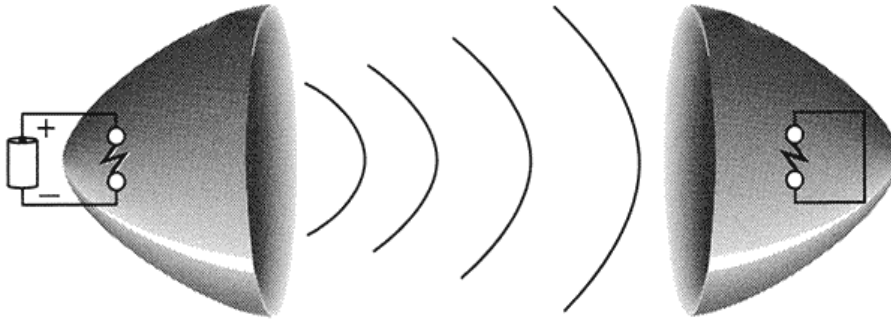


Hertz hizo su descubrimiento en 1888 cuando ya era profesor de Física en la Universidad de Karlsruhe. El montó un circuito eléctrico oscilante mediante una bobina de inducción conectada a dos placas de cobre A y A', y logró producir una chispa eléctrica entre dos esferas metálicas de latón separadas por un pequeño espacio de aire. Cuando el potencial eléctrico alcanzaba un máximo tanto en una dirección u otra, la chispa eléctrica saltaba entre las esferas. Era un circuito oscilante que producía descargas a la frecuencia de resonancia. Según la Teoría de Maxwell cada oscilación produciría una onda electromagnética que se propagaría a la velocidad de la luz.





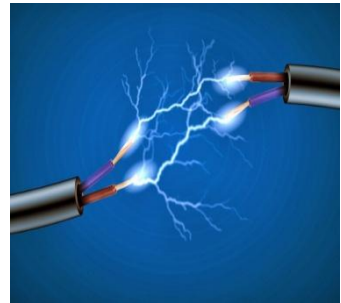
# Descubrimientos de Hertz



- Fue el autor del descubrimiento del efecto fotoeléctrico.
- La telegrafía sin hilos es una aplicación práctica de sus experimentos sobre la propagación de las ondas electromagnéticas.
- La unidad de frecuencia se denominó Hertz en su honor; su símbolo es Hz.

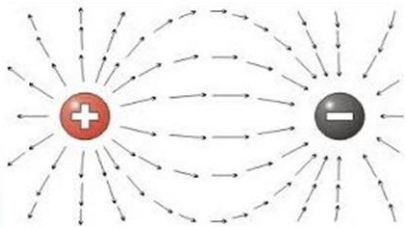
Hertz usó espejos parabólicos para concentrar y enfocar las ondas en el transmisor y receptor. Logrando mover el detector colocándolo en varias posiciones y distancias del transmisor y así calcular la longitud de onda de la radiación que resultó ser de 66 centímetros. Con estos experimentos y otros adicionales Hertz demostró que estas ondas eran pues de origen electromagnético y que su velocidad era la de la luz según había predicho años antes Maxwell.

# Ondas electromagnéticas

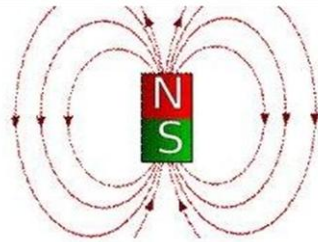


El descubrimiento de las ondas electromagnéticas fue uno de los avances más importantes del siglo XIX.

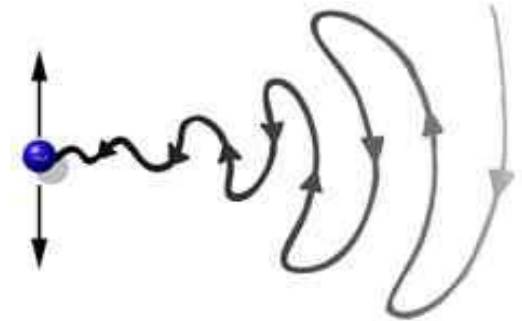
Cuando Maxwell postuló la existencia de estas ondas consiguió aclarar el problema de la naturaleza de la luz, y además unir la electricidad, el magnetismo y la óptica en una misma rama. Sin embargo no pudo demostrar su existencia, fue Hertz 20 años después, en 1887, el primero en producir ondas electromagnéticas y con ello confirmar las leyes de Maxwell.



**Campo Eléctrico**



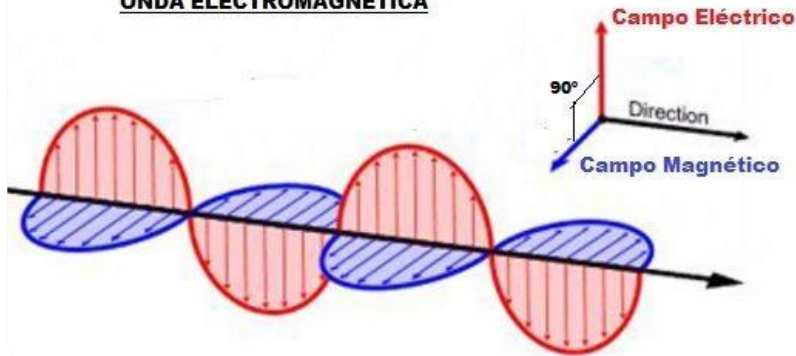
**Campo Magnético**



Las radiaciones electromagnéticas son las generadas por partículas eléctricas y magnéticas moviéndose a la vez. Cada partícula genera lo que se llama un campo, por eso también se dice que es una mezcla de un campo eléctrico con un campo magnético.

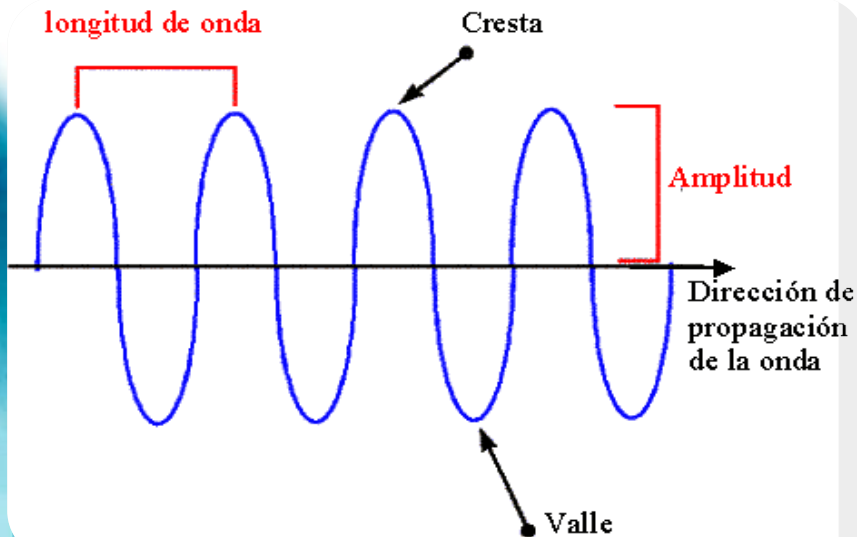
# Ondas electromagnéticas

**ONDA ELECTROMAGNÉTICA**



Las ondas electromagnéticas se forman cuando un campo eléctrico empareja con un campo magnético. Los campos magnéticos y eléctricos de una onda electromagnética son perpendiculares entre sí y a la dirección de la onda.

**Partes de una Onda Electromagnética**



La velocidad de la onda depende del medio por el que se propague. Si la onda viaja por el vacío su velocidad es igual a la de la luz 300.000Km/segundo.

*Luz emitida por una estrella lejana, que ya ha desaparecido.*



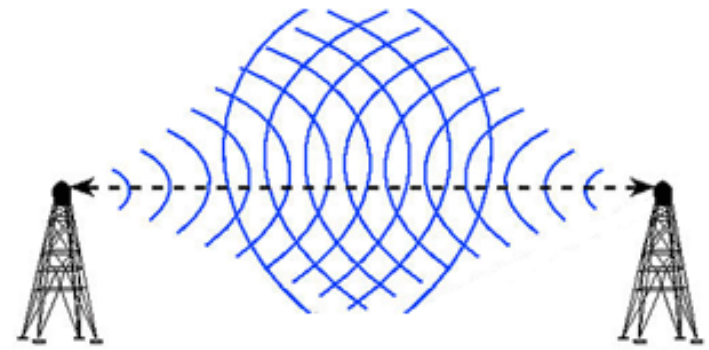


# Ondas electromagnéticas

## Tipos de Ondas Electromagnéticas

- Radio
- Televisión
- Internet
- Telefonía
- Rayos X
- Rayos UVA
- Luz Visible
- Radiación Infrarroja
- Radiación Microondas
- Radiaciones gamma

Las ondas electromagnéticas se diferencian por su frecuencia, a mayor frecuencia menor longitud de onda. Por ejemplo una cuerda cuando la movemos (frecuencia), si la movemos muy lentamente creamos ondas muy anchas (longitud de onda alta) pero si la movemos muy rápido las ondas son más pequeñas (longitud de onda baja).



**Microondas:** este establece una onda electromagnética estacionaria con  $\lambda=12.2\text{cm}$ , una longitud de onda que el agua de los alimentos absorbe intensamente. Debido a que la onda tiene nodos a intervalos de  $\lambda/2=6.1$ , es necesario hacer girar los alimentos mientras se cocinan. De lo contrario, las partes que están en un nodo, donde la amplitud del campo eléctrico es cero, permanecerían frías.

$$v = f \cdot \lambda \quad v = \text{velocidad}$$
$$f = \frac{1}{T} \quad \lambda = \text{longitud de onda}$$
$$f = \text{frecuencia}$$

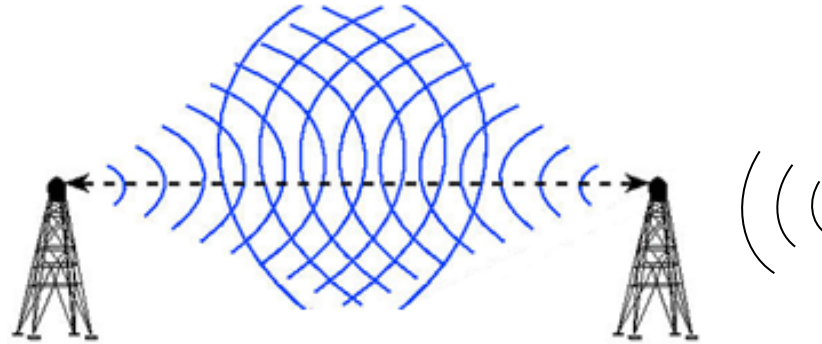
# Emisión de Ondas Electromagnéticas por una Antena

¿Que es una Antena?



Partes

- Emisor.
- Línea de Transmisión.
- Plato o Reflector.
- Montura.



## Funcionamiento de una antena

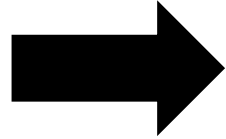
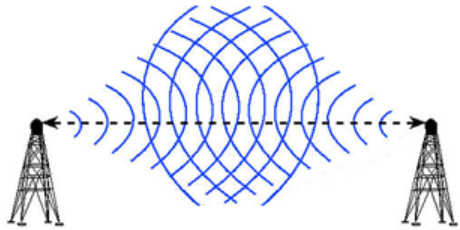
Un ejemplo para poder entender cual es la función de una antena, es una parlante. Con la diferencias que esta transmite señales en forma de ondas electromagnéticas en ves se ondas sonoras.

Radio

Fuente de sonido > compresor > codificador > Antena



# Emisión de ondas electromagnéticas por una Antena

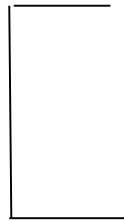
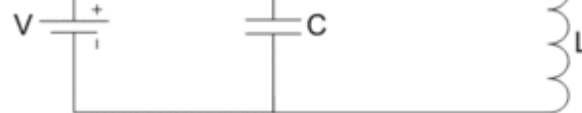


¿Quien la produce?



Oscilador

Conmutador

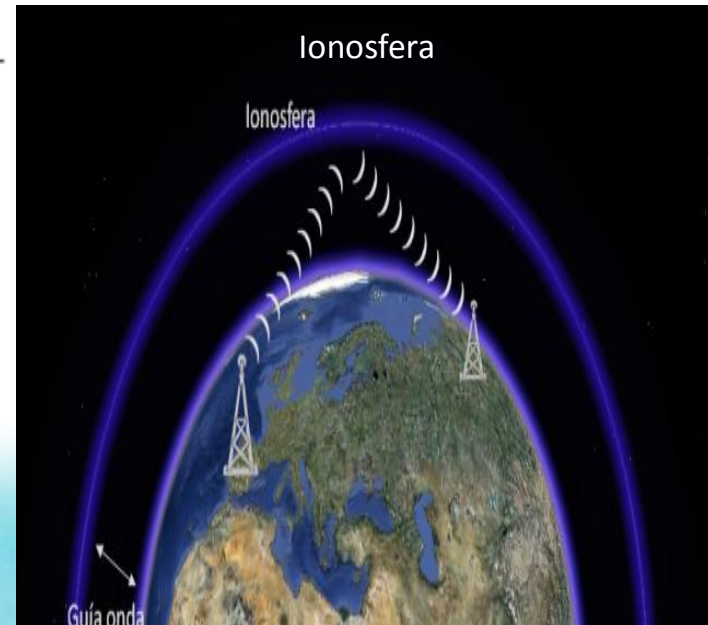


¿Como se propagan?



Ionosfera

Ionosfera





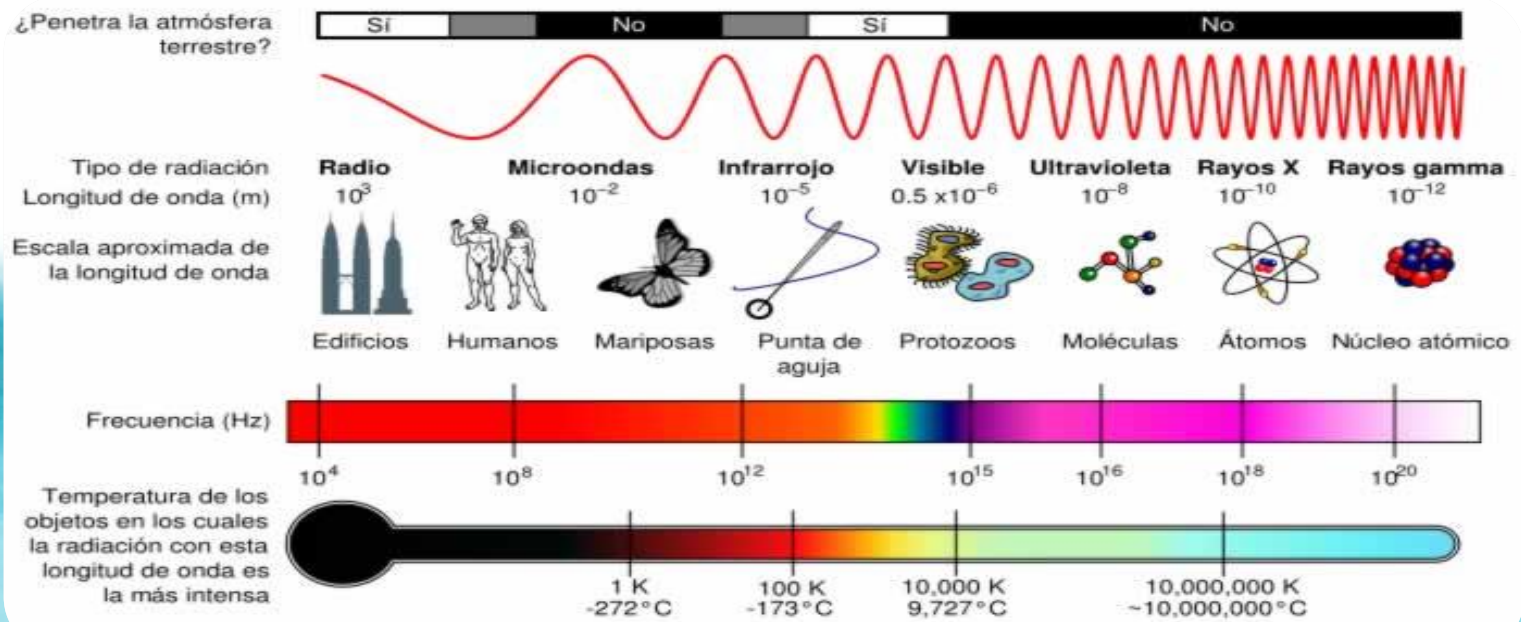
# Espectro electromagnético

Se denomina espectro electromagnético a la distribución energética del conjunto de las ondas electromagnéticas. Referido a un objeto se denomina espectro electromagnético o simplemente espectro a la radiación electromagnética que emite (espectro de emisión) o absorbe (espectro de absorción) una sustancia.

El espectro cubre la energía de ondas electromagnéticas que tienen longitudes de onda diferentes.

La energía electromagnética en una longitud de onda particular  $\lambda$  (en el vacío) tiene una frecuencia asociada  $f$  y una energía fotónica  $E$ . Así, el espectro electromagnético puede expresarse en términos de cualquiera de estas tres variables, que están relacionadas mediante ecuaciones.

## Rango del espectro



# TIPOS DE RADIACION

**Radiofrecuencia** →

Las ondas de radio suelen ser utilizadas mediante antenas del tamaño apropiado (según el principio de resonancia), con longitudes de onda en los límites de cientos de metros a aproximadamente un milímetro.

**Microondas** →

Las microondas son ondas lo suficientemente cortas como para emplear guías de ondas metálicas tubulares de diámetro razonable.

**Rayos T** →

La radiación de terahertzios (o Rayos T) es una región del espectro situada entre el infrarrojo lejano y las microondas. Hasta hace poco, este rango estaba muy poco estudiado, ya que apenas había fuentes para la energía microondas en el extremo alto de la banda

**Infrarroja** →

- Infrarrojo lejano, desde 300 GHz (1 mm) hasta 30 THz (10  $\mu$ m).
- Infrarrojo medio, desde 30 a 120 THz.
- Infrarrojo cercano desde 120 a 400THz

**Radiación visible luz** →

En el que el Sol y las estrellas similares a él emiten la mayor parte de su radiación. La radiación electromagnética con una longitud de onda entre aproximadamente 400 nm y 700 nm es detectado por el ojo humano y percibida como luz visible.

**Luz ultravioleta** →

Al ser muy energética, la radiación ultravioleta puede romper enlaces químicos, haciendo a las moléculas excepcionalmente reactivas o ionizándolas, lo que cambia su comportamiento.

**Rayos X** →

Se usan generalmente para ver a través de algunos objetos, así como para la física de alta energía y la astronomía.

**Rayos gamma** →

Son los fotones más energéticos, y no se conoce el límite más bajo de su longitud de onda.

