

# TEMA 54

***FENOMENOS, MAGNITUDES Y LEYES FUNDAMENTALES DE LOS CIRCUITOS ELECTRICOS EN CORRIENTE CONTINUA Y ALTERNA.***

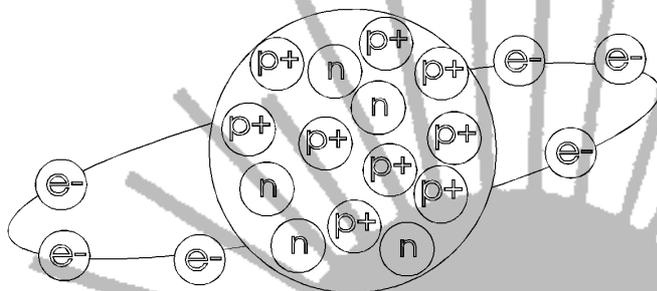
<b>Naturaleza de la electricidad:</b> .....	<b>3</b>
. <i>Teoría atómica.</i>	
. <i>Electrización de los átomos.</i>	
. <i>Corriente eléctrica.</i>	
<b>Carga eléctrica: Definición</b> .....	<b>4</b>
. <i>Ley de Coulomb.</i>	
<b>Voltaje o potencial. Unidad de voltaje</b> .....	<b>5</b>
<b>Fuerza electromotriz. Diferencia de potencial. Unidades</b> .....	<b>6</b>
<b>Resistencia eléctrica:</b> .....	<b>6</b>
. <i>Definición..</i>	
. <i>Unidad, múltiplos y submúltiplos.</i>	
. <i>Resistividad.</i>	
. <i>Conductancia.</i>	
. <i>Resistencia de un conductor.</i>	
. <i>Variación de la resistencia en función de la temperatura.</i>	
<b>Intensidad de corriente eléctrica:</b> .....	<b>9</b>
. <i>Cantidad de electricidad.</i>	
. <i>Intensidad de corriente. Definición.</i>	
. <i>Unidad, submúltiplos.</i>	
. <i>Densidad de corriente eléctrica.</i>	
<b>Ley de Ohm</b> .....	<b>10</b>
• <i>Generalidades</i>	
• <i>Experiencia de Ohm</i>	
•	
<b>Caída de Tensión en un conductor</b> .....	<b>12</b>
<b>Caída de tensión en una línea de energía eléctrica</b> .....	<b>12</b>
<b>Potencia Eléctrica</b> .....	<b>13</b>
• <i>Potencia perdida en un conductor</i>	
• <i>Energía eléctrica</i>	
• <i>Efecto Joule</i>	

<b>Corriente alterna.....</b>	<b>14</b>
• <i>Frecuencia</i>	
• <i>Período</i>	
• <i>Alternancia</i>	
• <i>Valor instantáneo de una corriente o una tensión alterna</i>	
• <i>Valor máximo de una corriente o una tensión alterna.</i>	
• <i>Valor medio de una corriente alterna senoidal.</i>	
• <i>Valor medio de una tensión alterna senoidal</i>	
• <i>Valor eficaz de una corriente alterna senoidal</i>	
• <i>Valor eficaz de una tensión alterna senoidal.</i>	
• <i>Representación gráfica de una magnitud alterna senoidal.</i>	
• <i>Desfase entre magnitudes alternas.</i>	
•	
<b>Circuito de corriente alterna con resistencia óhmica.....</b>	<b>18</b>
<b>Inductancia.....</b>	<b>18</b>
• <i>Coeficiente de autoinducción.</i>	
• <i>Efectos de la autoinducción</i>	
• <i>Circuito de corriente alterna con autoinducción</i>	
<b>Capacitancia.....</b>	<b>21</b>
• <i>Circuito de corriente alterna con capacidad</i>	

## Teoría atómica.

Con el fin de explicar los fenómenos eléctricos de manera clara y completa, se han enunciado diversas teorías. Ahora bien, solamente una permanece en vigor, ya que con ella se han podido explicar todos los fenómenos eléctricos. Es la llamada teoría atómica.

Según la teoría atómica, cualquier átomo está constituido por un núcleo central, electrizado positivamente, y varios corpúsculos, cargados de electricidad negativa, llamados electrones. Los electrones giran alrededor del núcleo, de forma similar a como lo hace la tierra alrededor del sol.



El núcleo central está constituido por dos clases de cargas diferentes, unas positivas, llamadas protones, y otras neutras, de igual naturaleza que la de

los electrones libres giratorios. Ahora bien, el número de protones es siempre mayor que el de neutrones fijos en el núcleo, por lo que éste es siempre eléctricamente positivo.

Por consiguiente, para que un átomo sea eléctricamente neutro es necesario que el número de electrones libres girando alrededor de su núcleo sea exactamente igual al número de protones.

### *Electrización de los átomos.*

De acuerdo con la teoría electrónica, (atómica), un átomo es eléctricamente neutro cuando el número de protones del núcleo es exactamente igual a los electrones libres giratorios alrededor del mismo.

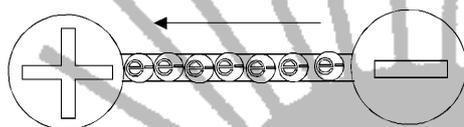
Electrizar un átomo no es otra cosa que conseguir la variación del número de electrones libres que le corresponden cuando es eléctricamente neutro. Así, para electrizar positivamente un átomo es necesario quitarle parte de sus electrones libres, sea por frotamiento, por contacto u otros procedimientos. Al quedar reducido el número de electrones libres de un átomo, en lo que queda del mismo predominarán las cargas positivas.

Así mismo, para electrizar negativamente un átomo es necesario aumentar el número de electrones libres. Entonces las cargas negativas son las que predominan en el átomo.

En resumen, un átomo es eléctricamente negativo cuando tiene un exceso de electrones, mientras que es positivo cuando está con falta de electrones respecto a su estado neutro.

### **Corriente eléctrica.**

Se da este nombre al desplazamiento de una carga eléctrica a lo largo de un conductor. La corriente eléctrica es un fenómeno resultante de la propiedad que tienen todos los cuerpos de neutralizarse eléctricamente. Así, pues, un cuerpo cuyos átomos están electrizados negativamente tiende a ceder su exceso de electrones, mientras que un cuerpo cuyos átomos se encuentran electrizados positivamente ( es decir, con falta de electrones) tiende a neutralizarse, tomando electrones de otros átomos que los tienen en exceso.



En consecuencia, si se ponen en comunicación mediante un conductor C, dos cuerpos A y B, de los cuales el B está a falta de electrones ( es decir, que es positivo), mientras que el A los tiene en exceso ( o sea negativo), se establecerá un desplazamiento desde el cuerpo A hasta el B, desplazamiento que durará hasta que se igualen los estados eléctricos de los dos cuerpos.

Este desplazamiento de electrones es el origen de la energía eléctrica o electricidad y vulgarmente es designado por corriente eléctrica.

El sentido de desplazamiento de los electrones es del cuerpo cargado negativamente al cargado positivamente. Los electrones se desplazan del cuerpo negativo al positivo. Con anterioridad a esta teoría, se tenía como sentido de la corriente eléctrica la que va del cuerpo positivo al negativo. Este sentido, denominado convencional, es el que ha prevalecido hasta ahora, por lo que se encuentra en infinidad de textos, etc. Y por esto, todavía se sigue adaptando, como sentido de la corriente, el de positivo a negativo. No obstante al tratar del sentido de la circulación de electrones, se aplica la teoría de - a +.

### **Carga eléctrica: Definición.**

Se denomina carga eléctrica la cantidad de electricidad de un cuerpo, es decir, el exceso o defecto de electrones.

Para poder determinar cual de los dos cuerpos está más cargado, es necesario definir la unidad de carga; el electrón podría parecer la mejor unidad, pero la carga que tiene es muy pequeña; en consecuencia, se tomó el Culombio como unidad de carga eléctrica (sistema Giorgi o M.K.S.).

El Culombio es una carga equivalente a  $6,3 \times 10^{18}$  electrones.

### **Ley de Coulomb.**

La fuerza con que se atraen o repelen dos cargas eléctricas es directamente proporcional al producto de sus cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa.

$$F = K \times \frac{Q \times Q'}{R^2}$$

donde:

F = La fuerza de atracción o repulsión (Dinas).

K =  $1/4 \pi \cdot x$  es la constante de proporcionalidad; x depende del medio (aire, vacío, etc.).

Q = Carga de uno de los cuerpos (U.E.S.).

Q' = Carga del otro cuerpo (U.E.S.).

R = Distancia entre ambos cuerpos (cm).

### **Voltaje o potencial.**

Todo cuerpo cargado de electricidad adquiere un " Potencia eléctrico" igual para todos los puntos del mismo, tanto interiores como exteriores y al que se llama voltaje o tensión eléctrica.

Este potencial, voltaje o tensión depende de la carga eléctrica y de las dimensiones del cuerpo.

### **Unidad de voltaje.**

Para medir el voltaje de un cuerpo cargado de electricidad se ha tomado como unidad el VOLTIO, que es el voltaje que adquiere una esfera de 1 cm de radio cuando se carga con una cantidad de electricidad igual a  $1/300$  U.E.S.

### **Fuerza Electromotriz (f.e.m.). Diferencia de potencial (d.d.p.)**

Siempre que dos cuerpos con distintas cargas están conectados, hay circulación de electrones desde el cuerpo con más carga negativa al de más carga positiva, hasta que se neutralizan eléctricamente.

Para cargar un cuerpo, es necesario producir un exceso o defecto de electrones. La energía necesaria para cargar este cuerpo se llama fuerza electromotriz (f.e.m.), con la cual se consigue que el cuerpo adquiera un potencial eléctrico.

Si este cuerpo se compara con otro cargado distintamente, se tendrán diferentes energías o potenciales eléctricos; existe entre ambos, por tanto, una diferencia de potencial (d.d.p.).

Si se unen, mediante un conductor, estos dos cuerpos, habrá una circulación de electrones desde el de menor al de mayor potencia tendiendo a igualarse, con lo que cesaría la circulación de corriente. Para mantener la circulación de electrones, hay que mantener la diferencia de potencia mediante un aparato que produzca una fuerza electromotriz al que llamamos generador.

Tanto la f.e.m.  $E$ , como d.d.p.  $V$ , se miden en voltios mediante un aparato llamado voltímetro. A la diferencia de potencial se le denomina también tensión o voltaje.

#### *Unidad. múltiplos y submúltiplos*

UNIDAD	VOLTIO (V)	
MÚLTIPLOS		
	KILOVOLTIO (KV) =	1000 V
	MEGAVOLTIO (MV) =	1.000.000 V
SUBMÚLTIPLOS		
	MILIVOLTIO (mV) =	0,001 V
	MICROVOLTIO ( $\mu$ V) =	0,000001 V

### **Resistencia eléctrica.**

#### *Definición.*

Es la dificultad que opone un material al paso de la corriente. Se representa por la letra  $R$ .

Se ha dicho que la corriente eléctrica era una circulación de electrones que se desplazaban a través de los átomos del conductor teniendo que

salvar, en su desplazamiento, la acción atractiva de los núcleos de dichos átomos.

A esta dificultad, que dependerá de la constitución atómica del conductor, se le denomina resistencia eléctrica.

Hay materiales que permiten el paso de la corriente con facilidad y por eso se llaman buenos conductores. Otros ofrecen dificultades y, en consecuencia, se denominan resistivos. Y hay materiales cuya resistencia es tan grande que no permiten el paso de la corriente. Estos materiales se llaman aislantes.

#### *Unidades, múltiplos y submúltiplos.*

La unidad de resistencia es el OHMIO y se designa con la letra griega ( $\Omega$ ).

El Ohmio se define como la resistencia que opone el paso de la corriente eléctrica, una columna de mercurio de 106,3 cm de longitud y un  $mm^2$  de sección.

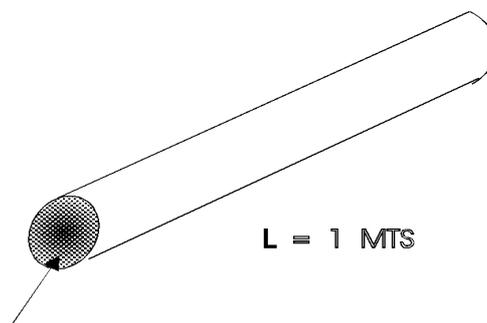
**MULTIPLoS** Megaohmio ( $M\Omega$ ) = 1.000.000  $\Omega$   
 Kiloohmio ( $K\Omega$ ) = 1.000  $\Omega$

#### **SUBMULTIPLoS**

Miliohmio ( $m\Omega$ ) = 0,001  $\Omega$   
 Microhmio ( $\mu\Omega$ ) = 0,000001  $\Omega$

#### **Resistividad.**

Recibe el nombre de Resistividad de una sustancia el valor de la resistencia de un cilindro de esa sustancia que tiene 1  $mm^2$  de sección y 1 mts de longitud. La representaremos por la letra griega  $\rho$  ( se lee ro).



A continuación se detallan los valores de las resistividades correspondientes a las sustancias más empleadas.

aluminio	0,028
cobre	0,017
hierro	0,12
plata	0,016
constatan	0,15
niquelina	0,4
nicrohms	1

Dichos valores corresponden a una temperatura de 20° C.

### **Conductancia.**

El concepto inverso de la resistencia se denomina Conductancia; indica la mayor o menor facilidad con que la corriente eléctrica atraviesa un conductor. Se representa con la letra G, se mide en mhos (v), o siemens y su expresión matemática es.

$$G = 1/R$$

### **Resistencia de un conductor.**

Según acabamos de decir, la resistencia de un conductor depende, en primer lugar, de la substancia que lo constituye.

Por otra parte, la resistencia de un conductor depende también de los dos valores siguientes:

1º de su longitud l, en metros. En efecto, es indudable que cuanto más largo sea el conductor tanto mayor será la dificultad que oponga a la circulación de los electrones. Así pues, la resistencia eléctrica de un conductor es directamente proporcional a su longitud.

2º de su sección Scu, en cm<sup>2</sup>, ya que cuanto más pequeña sea esta tanto mayor dificultad encontrarán los electrones a su circulación.

Así pues, la resistencia eléctrica de un conductor es inversamente proporcional a su sección.

En consecuencia, habiendo definido como resistividad de un material, la resistencia de un hilo de L metro de longitud y Scu mm<sup>2</sup> de sección valdrá:

$$R = \rho \times \frac{L}{S}$$

donde :  
R = Resistencia ( $\Omega$ )  
L = Longitud (mts)  
S = Sección (cm<sup>2</sup>)  
 $\rho$  = Resistividad

### ***Variación de la resistencia en función de la temperatura.***

Es importante tener presente que la resistencia no mantiene su valor si se varia la temperatura ambiente o su propia temperatura. Recuérdese que, los valores de las resistividades están confeccionadas a una temperatura de 20°C. Esta limitación puede hacer pensar que, a temperatura diferente, serán otros los valores de la resistividad.

Si bien la resistividad varía con la temperatura, lo que interesa destacar es la variación de la resistencia; la expresión o ecuación que determina la resistencia a cualquier temperatura es:

$$R_t = R_o \times ( 1 + \alpha \times \Delta t )$$

donde :  
R<sub>t</sub> = Resistencia a la temperatura t  
R<sub>o</sub> = Resistencia a 20°C  
 $\alpha$  = coeficiente de temperatura que depende del tipo de material  
 $\Delta t = ( t - 20 )$  igual a la variación de la temperatura desde 20°C hasta t°C.

### ***Intensidad de corriente eléctrica.***

#### *Cantidad de electricidad.*

Hemos visto que cuando se unen mediante un conductor dos cuerpos entre los cuales existe una tensión o diferencia de potencial, circulará a lo largo del conductor la cantidad de electrones necesaria para que quede anulado el desnivel eléctrico existente inicialmente entre los dos cuerpos.

Recibe el nombre de cantidad de electricidad el número total de electrones que recorren el conductor de unión de los dos cuerpos de distinto nivel eléctrico.

Ahora bien, siendo el electrón de un valor pequeñísimo, si se expresaran las cantidades de electricidad en electrones como unidad. sería necesario hacer uso de cantidades aritméticas compuestas de muchas cifras. Por tal motivo, se emplea el Culombio ( C ) como unidad practica de cantidad de electricidad.

### ***Intensidad de corriente. Definición.***

Es la cantidad de electricidad que recorre un circuito eléctrico en la unidad de tiempo. Se representa por la letra I, y se mide con un instrumento llamado amperímetro.

#### *Unidad. múltiplos y submúltiplos.*

La unidad de intensidad eléctrica es el AMPERIO, equivalente a un Culombio por segundo y que podríamos definir como la cantidad de electricidad que, al atravesar una disolución de nitrato de plata. deposita en el cátodo 1,118 mg de plata pura en un segundo. Se representa con la letra A.

Debido a que de por sí el amperio es una unidad bastante alta, no es necesario utilizar múltiplos, limitándose tan solo al empleo de submúltiplos.

miliamperio	(mA) = 0,001 A
microamperio	( $\mu$ A) = 0,000001 A
nanoamperio	(nA) = 0,000000001 A

### ***Densidad de corriente eléctrica.***

Se denomina densidad de corriente a la intensidad que circula por mm<sup>2</sup> de sección de un conductor.

La formula es la siguiente:

$$\delta = I / S$$

siendo  $\delta$  = Densidad de corriente ( A/mm<sup>2</sup>)  
I = Intensidad de corriente ( A )  
S = Sección del conductor ( mm<sup>2</sup>)

## **Ley de Ohm.**

### *Generalidades.*

Si tenemos dos cuerpos, entre los cuales existe una diferencia de potencial; al unirlos mediante un cuerpo conductor, éste es recorrido por una corriente eléctrica. Así pues, para que exista una corriente eléctrica, son necesarias y suficientes las dos condiciones siguientes:

- 1) Una diferencia de potencial que es la causante de dicha corriente.
- 2) Un circuito eléctrico, el cual ponga en comunicación los dos puntos entre los que existe dicha diferencia de potencial. Este circuito eléctrico no debe presentar ninguna interrupción, puesto que implicaría la consiguiente anulación de la corriente eléctrica.

Estas dos condiciones obligan a pensar, que lógicamente, el valor de la intensidad de la corriente eléctrica que recorre un circuito depende tanto de la diferencia de potencial existente en sus extremos, como de la resistencia eléctrica de dicho circuito.

### *Experiencias de Ohm.*

Este famoso físico realizó una serie de experimentos que le permitieron relacionar de manera exacta las tres magnitudes eléctricas: tensión, resistencia e intensidad de corriente, estableciendo la ley que lleva su nombre.

Para ello demostró experimentalmente las dos relaciones siguientes:

- 1) La intensidad de corriente que recorre un circuito eléctrico varía en proporción directa con la tensión existente entre sus extremos.

Por ejemplo, si a un circuito se le aplica una tensión de valor doble, triple, etc., se obtiene una intensidad de corriente también doble, triple, etc.

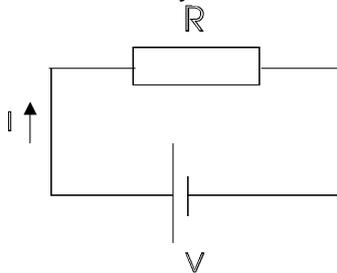
- 2) Sometiendo a una misma diferencia de potencial diversos circuitos eléctricos cuyas resistencias eléctricas son diferentes, la intensidad de corriente que recorre cada uno de ellos está en razón inversa con el valor de la resistencia del circuito correspondiente.

Por ejemplo, si la resistencia eléctrica de los circuitos es doble, triple, etc., que otro que se toma de comparación, las intensidades de corriente que recorren esos circuitos son respectivamente la mitad, la tercera parte, etc. de la intensidad de corriente que recorre el circuito elegido para su comparación.

La intensidad de corriente que recorre un circuito eléctrico es directamente proporcional a la tensión aplicada entre sus extremos e inversamente proporcional a la resistencia de dicho circuito.

Ley de Ohm (fórmula)

$$I = V / R$$



donde

I = Intensidad de corriente (A)

V = Diferencia de potencial (V)

R = Resistencia del circuito ( $\Omega$ )

En general, despejando de la fórmula anterior, podemos hallar cualquier de los tres valores (V, I, R), a partir de los otros dos.

### **Caída de tensión en un conductor.**

Es la disminución de tensión como consecuencia de la resistencia que el conductor presenta al paso de una corriente eléctrica.

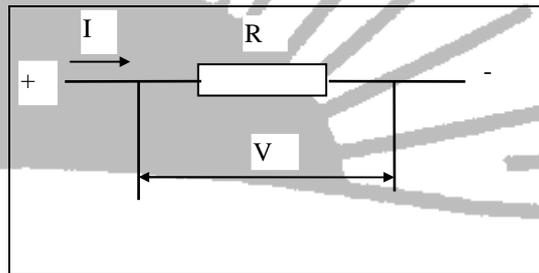
$$V = R \cdot I$$

donde:

V = caída de tensión o diferencia de potencial en extremos del conductor (V).

R = Resistencia del conductor ( $\Omega$ ).

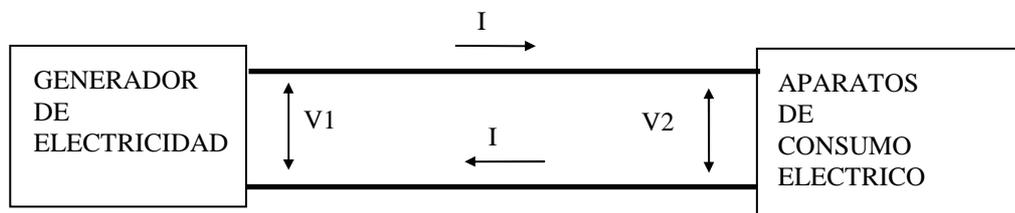
I = Intensidad de corriente que circula a través del conductor.



La caída de tensión en una resistencia es igual a la tensión o diferencia de potencial entre sus extremos.

### **Caída de tensión en una línea de transporte de energía eléctrica.**

Es la diferencia entre las tensiones al principio y al final de la línea.



Siendo la caída de tensión igual a  $u = V1 - V2$

donde:

u = caída de tensión en la línea.

V1 = Tensión entre los conductores al principio de la línea.

V2 = Tensión entre los conductores al final de la línea.

La disminución de tensión es consecuencia de la resistencia de los conductores de la línea al paso de la corriente eléctrica.

### **Potencia Eléctrica.**

Potencia es el trabajo desarrollado por unidad de tiempo.

Según la definición de tensión eléctrica tenemos que:

$$V = T \text{ (trabajo)} / Q \text{ (carga).}$$

Por lo que despejando el trabajo tenemos que:

$$T = V \cdot Q$$

Como la potencia es el trabajo desarrollado por unidad de tiempo, tenemos:

$$P = \frac{T}{t} = \frac{V \times Q}{t}$$

Por otro lado por la definición de intensidad de corriente:

$$I = \frac{Q}{t}$$

Tenemos que la potencia eléctrica es.

$$P = V \times \frac{Q}{t} = V \times I$$

La potencia eléctrica es el producto de la tensión por la intensidad de corriente.

La unidad de potencia es el vatio, que se representa por la letra W.

Se utiliza mucho un múltiplo del vatio, el kilovatio (Kw).

$$1 \text{ kw} = 1000 \text{ W}$$

En mecánica se utiliza como unidad de potencia el caballo de vapor (CV).

$$1 \text{ CV} = 736 \text{ W}$$

### **Potencia perdida en un conductor**

Al circular una corriente eléctrica por un conductor, hay una pérdida de potencia, que es el producto de la resistencia del conductor por el cuadrado de la intensidad de corriente.

$$P = R \times I^2$$

### **Energía eléctrica.**

Energía es la capacidad para producir trabajo.

La energía o trabajo es el producto de la potencia por el tiempo durante el cual actúa esa potencia.

$E$  (energía) =  $P$  (potencia) ·  $t$  (tiempo)

La unidad de energía es el watio-segundo, que se llama julio y se representa por la letra J.

La unidad práctica de energía eléctrica es el watio-hora (Wh).

Se utiliza mucho una unidad múltiplo de la anterior, el kilowatio-hora (kWh). Donde 1 kWh = 1000 Wh.

### **Efecto Joule.**

Al circular una corriente por un conductor, que presenta una resistencia, hay una pérdida de energía eléctrica, que se transforma íntegramente en energía calorífica. Este fenómeno se conoce como efecto Joule.

La energía eléctrica perdida en el conductor es:

$$E = R \times I^2 \times t$$

donde:

E = energía en julios (J).

R = Resistencia en ohmios ( $\Omega$ ).

I = Intensidad en amperios (A).

t = Tiempo en segundos (sg).

El calor producido en calorías es:

$$Q = 0,24 \times R \times I^2 \times t$$

### **Corriente alterna.**

Es una corriente eléctrica que se repite cambiando de sentido periódicamente. La corriente alterna más utilizada es la que realiza un ciclo en valores senoidales.

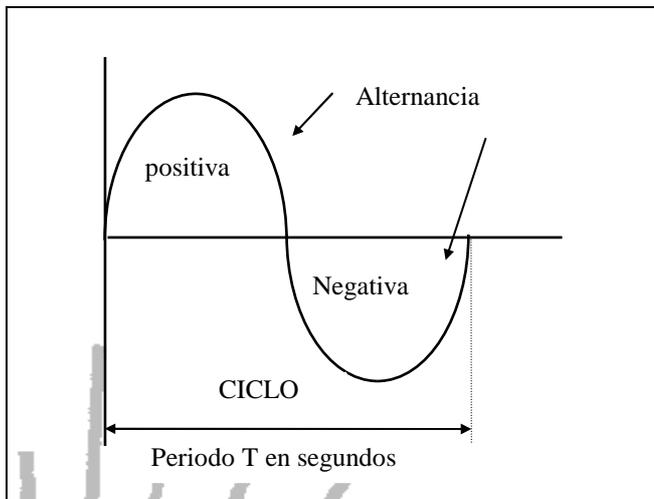
### **Período**

Es el tiempo mínimo  $T$ , que tarda la corriente en repetir sus valores. En el tiempo de un período la corriente realiza una oscilación o ciclo.

### **Frecuencia**

Es el número de ciclos  $f$ , realizados en un segundo. La frecuencia es la inversa del período  $f = 1 / T$ .

El período por segundo recibe el nombre de hercio o hertz ( Hz ).



### **Alternancia.**

Cuando la corriente alterna circula en un sentido realiza una alternancia. En cada período hay dos alternancias, una que consideramos positiva y otra negativa.

Efectos producidos por la corriente alterna.

- 1) Efectos caloríficos: La corriente alterna calienta los conductores por efecto Joule igual que la corriente continua.
- 2) Efectos magnéticos: La corriente alterna crea un campo magnético alternativo alrededor del conductor por el que circula.

### **Valor instantáneo de una corriente o una tensión alterna.**

Es el valor ( $i$  o  $v$ ), que toma la intensidad de la corriente o la tensión en un instante.

### **Valor máximo de una corriente o una tensión alterna.**

Es el mayor valor ( $I_{max}$  o  $V_{máx}$ ) que toma la intensidad de corriente o la tensión en una alternancia. Se llama amplitud.

### **Valor medio de una corriente alterna senoidal.**

Es el valor ( $I_m$ ) de una intensidad de corriente alterna que transporta la misma carga en el mismo tiempo que una corriente continua de igual intensidad.

El valor medio de la intensidad de corriente alterna senoidal en función del valor máximo es:

$$I_m \equiv \frac{2 I_{max}}{\pi} \equiv 0,636 I_{max}$$

### **Valor medio de una tensión alterna senoidal**

Es la media aritmética de los valores instantáneos de tensión en un alternancia.

El valor medio de la tensión alterna senoidal en función del valor máximo es, de forma análoga que para la intensidad:

$$V_m \equiv \frac{2 V_{max}}{\pi} \equiv 0,636 V_{max}$$

### **Valor eficaz de una corriente alterna senoidal**

Es el valor (I) de una intensidad de corriente alterna que produce en un circuito la misma cantidad de calor por efecto Joule que una corriente continua de igual intensidad.

El valor eficaz de la intensidad de corriente alterna senoidal en función del valor máximo es.

$$I \equiv \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} \equiv 0,707 I_{max}$$

Se define matemáticamente como la raíz cuadrada de la media aritmética de los cuadrados de los valores instantáneos de intensidad de corriente durante un período.

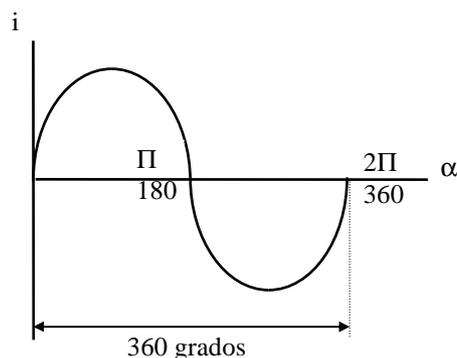
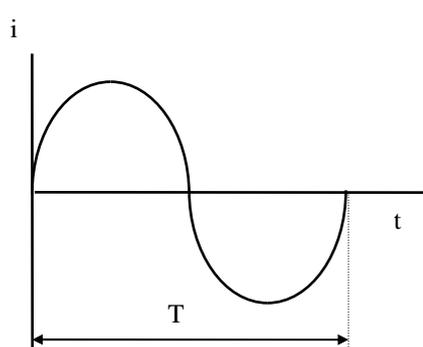
### **Valor eficaz de una tensión alterna senoidal.**

Es la raíz cuadrada de la media aritmética de los cuadrados de valores instantáneos de tensión eléctrica en un periodo.

El valor eficaz de una tensión alterna senoidal en función del valor máximo es, de forma análoga que para la intensidad:

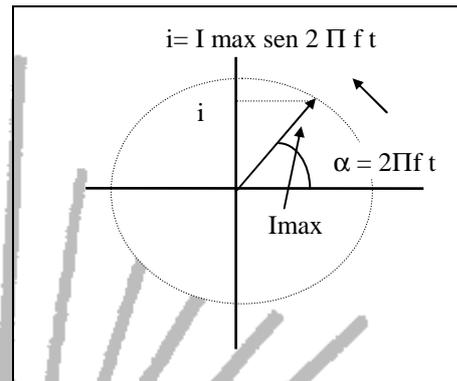
$$V \equiv \frac{V_{max}}{\sqrt{2}} \equiv 0,707 V_{max}$$

### **Representación gráfica de una magnitud alterna senoidal.**



- 1) representación cartesiana: se representa mediante senoides.
- a) En función del tiempo: se toma el valor de la magnitud en ordenadas y el del tiempo en abscisas.
- b) En función del ángulo: se toma el valor de la magnitud en ordenadas y el del ángulo en abscisas; teniendo en cuenta que al tiempo de un período le corresponde un ángulo de  $360^\circ$ .

- c) Representación vectorial: se representa por un vector giratorio o fasor, de módulo el valor máximo de la magnitud, y que gira con movimiento uniforme describiendo una rotación completa en el tiempo de un período; con velocidad angular.

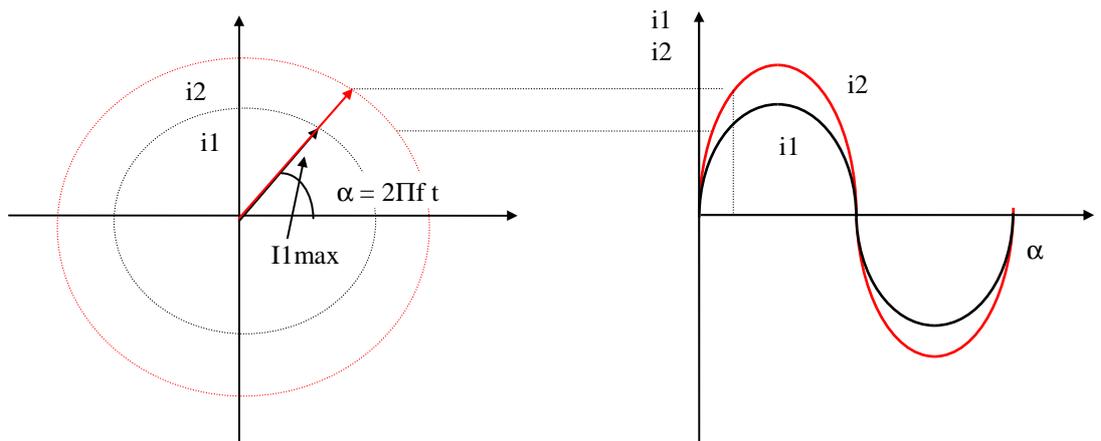


$$\omega \equiv \frac{2\pi}{T} \equiv 2 \cdot \pi \cdot f \cdot t \quad \text{radianes / s}$$

En los cálculos se suele representar el vector con el módulo del valor eficaz.

### **Desfase entre magnitudes alternas.**

- a) Se dice que dos magnitudes alternas están en fase cuando tienen en el mismo instante sus valores máximos y mínimos.

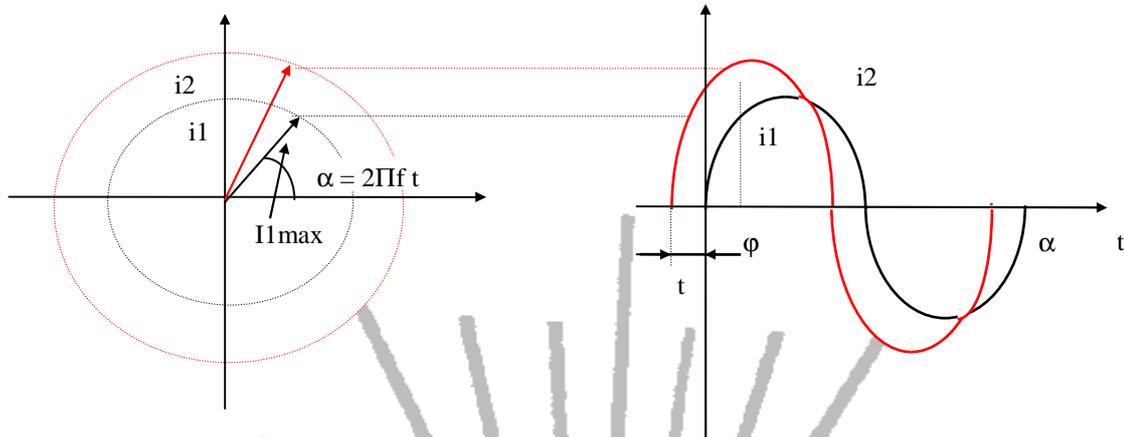


siendo:

$$i1 = I_{\max} \cdot \text{sen}(\alpha)$$

$$i2 = I_{\max} \text{sen}(\alpha)$$

- b) Se dice que dos magnitudes alternas están desfasadas un ángulo  $\alpha$  o un tiempo  $t$ , cuando  $i_1$  sus valores máximos y mínimos están desfasados ese ángulo o ese tiempo.



Siendo:

$$i_1 = I_{\max} \cdot \text{sen } \alpha$$

$$i_2 = I_{\max} \cdot \text{sen} (\alpha + \varphi)$$

### **Circuito de corriente alterna con resistencia óhmica.**

Un circuito tiene sólo resistencia óhmica cuando está desprovisto de autoinducción y capacidad.

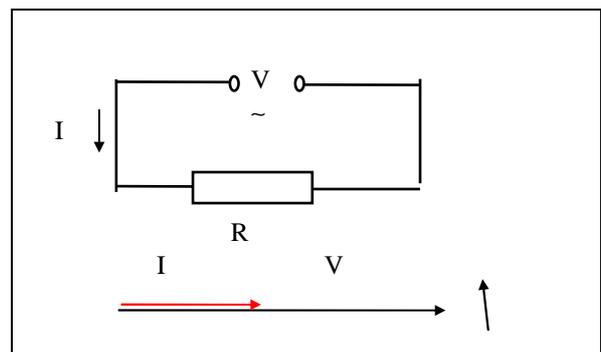
Al conectar una resistencia  $R$  a una tensión alterna senoidal de valor eficaz  $V$  y frecuencia  $f$ :

- a) Por la resistencia circula una corriente alterna senoidal de frecuencia  $f$  e intensidad eficaz

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

- B) La intensidad de corriente está en fase con la tensión aplicada.  
 C) La potencia consumida por efecto Joule en la resistencia se llama potencia activa  $P$  y se mide en vatios.

$$P = R \times I^2 = V_R \times I$$



### **Inductancia**

La inductancia o autoinducción, es la inercia eléctrica u oposición que un circuito ofrece a las variaciones de intensidad de su corriente. Su acción es similar a la de un volante que se opone a los cambio de velocidad, absorbiendo energía cuando se acelera la máquina y devolviéndola cuando se retarda.

Toda variación de intensidad produce otra en el flujo, y ésta, a su vez, engendra una f.e.m. de autoinducción que en virtud de la ley de Lenz tiende a oponerse a la causa que la produce, esto es, a la variación de intensidad de la corriente.

Los efectos de la inductancia son muy pronunciados cuando se trata de circuitos constituidos por bobinas, y más aún, si están arrolladas sobre un núcleo de hierro que al aumentar la permeabilidad aumenta también el flujo propio y la f.c.e.m. de autoinducción producida por él. Tal ocurre en la mayoría de las máquinas eléctricas: generadores, transformadores, motores, etc.

### **Coeficiente de autoinducción.**

Prescindiendo de los signos, podemos establecer que el coeficiente de autoinducción -  $L$  - de un circuito dado es la relación entre la f.e.m. media de autoinducción,  $e$ , durante un tiempo  $t$ , y la variación de corriente por segundo: o bien, la f.e.m. engendrada por la variación de un amperio por segundo.

$$L = \frac{e}{\frac{i}{t}} \quad \text{Henrios} \quad \text{donde} \quad e = L \times \frac{i}{t}$$

fórmula análoga a la de Ohm, pero que no se refiere a los valores absolutos de la intensidad sino a su variación,  $i/t$ , en la unidad de tiempo.

Así como la corriente  $I$  engendra una f.c.e.m. óhmica  $IR$  que se opone a su paso, la variación, a razón de  $i/t$  amperios por segundo, determina la creación de la f.c.e.m. inductiva  $L i/t$  que se opone al aumento o disminución de  $I$ , y que depende, no sólo de la variación de intensidad  $i$ , sino también de la rapidez con que ésta se efectúe.

Por otro lado, la f.e.m. media autoinducida en una espira por la variación del flujo creado  $\phi$ , y, por tanto, abrazado por ella es, supuesto constante el sentido del aumento o de la disminución del flujo durante un tiempo  $t$ :

$$e = \frac{\phi}{t}$$

Por consiguiente, cuando la variación de intensidad sea de cero a  $I$ :

$$L = \frac{\phi}{I}$$

siendo  $\phi$  el flujo creado por la intensidad  $I$ .

Luego, puede asimismo decirse que el coeficiente de autoinducción de un circuito constituido por una sola espira es la relación entre el flujo creado por la corriente, que circula por ella y la intensidad de esa corriente en unidades c.g.s. o a esa misma relación  $\times 10(\text{exp}-8)$ , cuando  $L$  e  $I$  están expresados en Henrios y amperios, respectivamente.

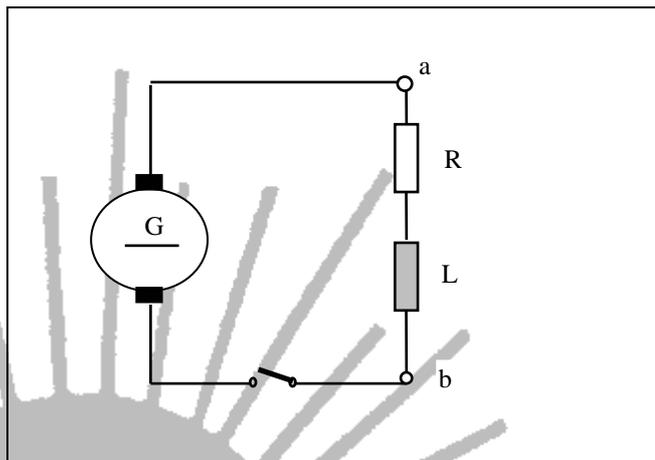
En un electroimán de  $n$  espiras se suman las acciones del flujo sobre cada una de ellas y, por tanto:

$$L = \frac{\phi}{I} \times n$$

### Efectos de la autoinducción

Consideremos una bobina ab cuyos componentes óhmico e inductivo  $R$  y  $L$ , aparecen para mayor claridad, aisladamente esquematizados.

En periodo permanente, es decir, a tensión aplicada  $V$  y a intensidad  $I$  constantes, la variación  $i$ , así como la f.c.e.m. media  $L \frac{di}{dt}$ , son nulas. Las únicas f.e.m. que entran en juego son: la aplicada  $V$ , y la contraelectromotriz óhmica  $IR$ , cumpliéndose la ley de Ohm:  $V = IR$ , siendo nulo el efecto producido por la inductancia.



Durante el período transitorio de intensidad creciente, la f.c.e.m. media  $L \frac{di}{dt}$  no es ya nula, y como ha de oponerse a un aumento de corriente, será de sentido contrario a ella. Lo inverso ocurre durante el periodo decreciente.

El efecto producido por la autoinducción es, pues, el de engendrar una f.e.m. media que, designando por  $\phi$  el flujo creado por la variación  $i$ , y no por otras causas, es en valor absoluto:

$$e = \frac{L \times di}{dt} = \frac{d\phi}{dt} \times n$$

f.e.m. que se opone a las variaciones de intensidad y que, supuesto positivo el sentido de ésta, será negativa, positiva o nula, según aumente, disminuya o permanezca fija la corriente. Al objeto de evidenciar la oposición de signo entre el incremento de corriente  $i$  y la f.e.m. de autoinducción  $e$ , puede afectarse al segundo miembro del signo menos.

Coexisten, pues, durante el período transitorio, dos resistencias en el circuito: una óhmica, productora de la f.c.e.m.  $IR$ , y otra inductiva que la lugar a la  $L \frac{di}{dt}$ .

### **Circuito de corriente alterna con autoinducción**

Un circuito tiene solo autoinducción cuando está desprovisto de resistencia óhmica y capacidad.

Al conectar una autoinducción de coeficiente  $L$  a una tensión alterna senoidal de valor eficaz y frecuencia  $f$ :

a) Por la autoinducción circula una corriente alterna senoidal de frecuencia  $f$  e intensidad eficaz

$$I = \frac{V}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot L}$$

b) La variación de la corriente alterna origina en una bobina una f.e.m. de autoinducción, que según la ley de Lenz, tiende a oponerse al paso de la corriente. Esta oposición, proporcional al número de espiras de la bobina ( y, por consiguiente, a su coeficiente de autoinducción) y a la frecuencia de variación de la corriente es la reactancia de autoinducción.

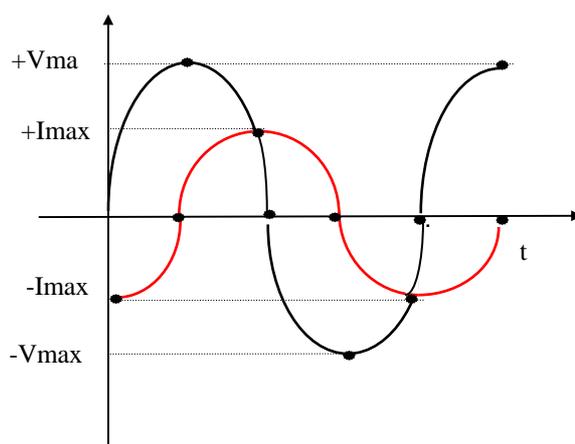
La reactancia de autoinducción o inductancia se mide en ohmios

y es igual a  $X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$

c) La intensidad de corriente está desfasada en retraso  $90^\circ$  ( un cuarto de período) respecto a la tensión aplicada.

La oposición que ofrece una bobina al paso de la corriente alterna, retarda la intensidad de corriente respecto a la tensión aplicada.

En una bobina, prácticamente desprovista de resistencia (autoinducción pura), la intensidad toma sus valores nulo y máximo, un cuarto de período más tarde que la tensión, como indica la figura.



Cuando la tensión es nula, la intensidad tiene el valor  $-I_{max}$ .

Cuando la tensión es  $+V_{m\acute{a}x}$ , la intensidad es nula.

Cuando la tensión vuelve a ser nula, la intensidad es  $I_{max}$ .

La intensidad está desfasada en retraso  $90^\circ$  respecto a la tensión.

d) La potencia consumida por la autoinducción se emplea en producir un campo magnético, se llama potencia reactiva  $Q$  y se mide en voltamperios reactivos (Var).

$$Q = X_L \times I^2 = V_L \times I$$

### **Capacitancia.**

Es la facultada que posee un conjunto de dos cuerpos conductores separados por un medio aislante para almacenar energía eléctrica.

Condensador. Es el conjunto citado, o sea, un sistema formado por dos láminas metálicas, llamadas armaduras, separadas por un medio aislante, o dielectrico, tal como el aire, el vidrio, la mica, etc. los condensadores industriales constan de un bloque de hojas de estaño separadas por láminas muy delgadas de mica, ebonita, papel impregnado de parafina, o barniz especial. Prensado el conjunto, se unen las hojas metálicas de orden impar a uno de los terminales y las de orden par al otro, con lo que si es  $2n$  el número de ellas, se habrá formado un conjunto de  $2n-1$  condensadores acoplados en paralelo.

Su funcionamiento es análogo al de un depósito regulador dilatante, de paredes elásticas, tal como un globo de goma cuyo volumen aumenta al crecer su presión interior, conectado a una tubería, y en el que la cantidad de agua almacenada, esto es, el peso de fluido admitido por el recipiente, es proporcional a la presión existente en la tubería. Cuando ésta aumenta, se establece una corriente hacia el depósito, cuya carga aumenta también. Cuando disminuye, la corriente es de sentido opuesto, saliendo el agua del depósito y disminuyendo la carga.

El nº de culombios,  $Q$ , admitido por un condensador es, análogamente, proporcional a la diferencia de potencial  $V$  o presión eléctrica aplicada a sus armaduras. Por consiguiente:

$$Q = C \cdot V$$

estando expresados:  $Q$  en culombios, y  $c$  en faradios. Al aumentar la tensión crece la carga. Al disminuir  $V$  se va descargando el condensador.

La corriente media de carga, o descarga, durante un tiempo  $t$ , en el que las variaciones de tensión aplicada y de carga son  $v$  y  $q$ , respectivamente, vendrá determinada por la relación:

$$q = i \cdot t = C \cdot v; \quad \text{de donde: } i = (v/t) \cdot C$$

La corriente media de carga no depende, pues, de la tensión aplicada,  $V$ , sino de su variación,  $v/t$ , en la unidad de tiempo, subsistiendo en tanto se mantenga la variación, pero anulándose al cesar ésta.

La Capacitancia  $C$  es constante para un condensador determinado. Crece al aumentar las dimensiones de la armadura y al disminuir la separación de las mismas o el espesor del dielectrico. Varía también con el poder inductor específico de éste, que para el aire es  $i$ , para el caucho 2,5, para el cristal 6, para la parafina 2,3, para el aceite y el papel 2.

### **Circuito de corriente alterna con capacidad**

Un circuito tiene sólo capacidad cuando está desprovisto de resistencia óhmica y de autoinducción.

Al conectar un condensador de capacidad  $C$  a una tensión alterna senoidal de valor eficaz  $V$  y frecuencia  $f$ :

a) Por el circuito pasa una corriente alterna senoidal de frecuencia  $f$  y valor eficaz.

$$I = \frac{V}{\frac{1}{2 \times \pi \times f \times C}}$$

Por el dielectrico del condensador no circula corriente eléctrica; pero la influencia eléctrica entre las dos armaduras transmite la variación de tensión y el condensador se carga y descarga alternativamente.

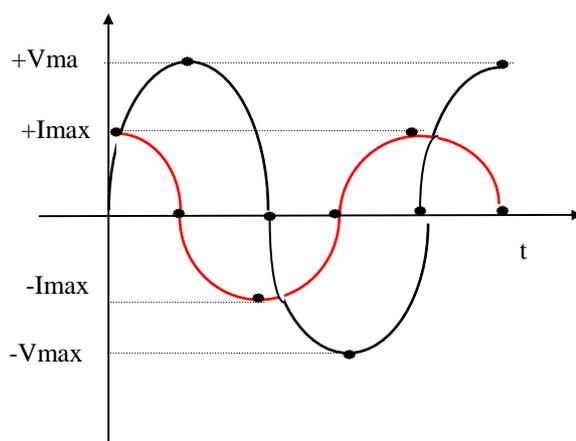
b) El valor

$$X_c = \frac{1}{2 \times \pi \times f \times C}$$

se llama reactancia de capacidad o capacitancia y se mide en ohmios.

c) La intensidad de corriente alterna está desfasada en adelante  $90^\circ$  (un cuarto de período) respecto a la tensión aplicada.

El condensador debido a sus cargas y descargas alternativas desplaza en adelante la intensidad que toma sus valores nulo y máximo antes que la tensión, como indica la figura.



d) mismo, se llama potencia reactiva  $Q_c$  y se mide en voltamperios reactivos (Var).

$$Q_c = X_c \times I^2 = V_c \times I$$

## **BIBLIOGRAFÍA**

*Electrotecnia Industrial. J. Arana.*

*Electrotecnia. José García Trasancos. Paraninfo.*

