



# MÓDULO II

## TEMA II.1

### Parámetros Eléctricos de las Instalaciones Eléctricas.

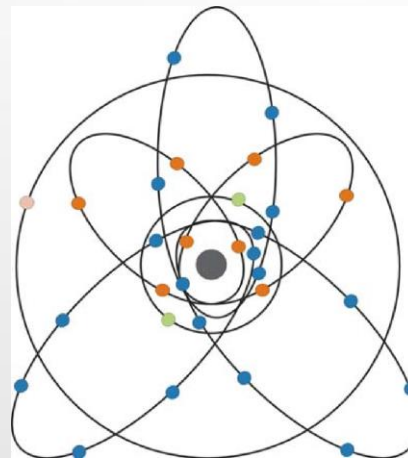
Manual del Instalador Electricista Cat.III



## 2.1. Conceptos Fundamentales

### El Átomo:

Al tomar un “trocito” de metal y dividirlo miles y miles de veces, se llega a obtener una “molécula” de este pedacito de metal, que sigue conservando las mismas propiedades físicas del “trocito” original. Se define el átomo como la parte más pequeña de un elemento químico que puede entrar en combinación.

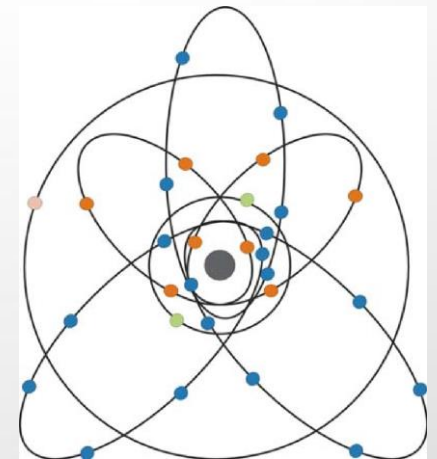


# Conceptos Fundamentales

El átomo es como “Un sistema solar”, en cuyo centro estaría el Núcleo Atómico (el Sol) y orbitando a su alrededor los electrones (los planetas). El Núcleo Atómico está formado por Protones (de carga positiva) y neutrones (de carga Neutra, y de masa 1.36 veces mayor).

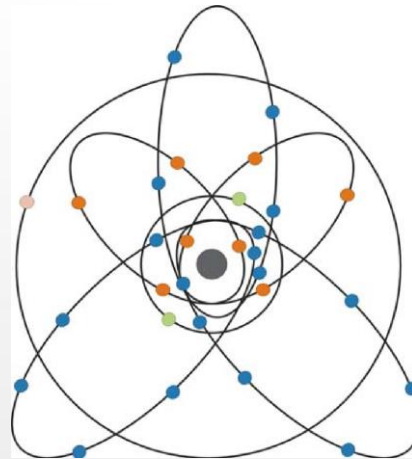
Los Neutrones, que comparten núcleo con los Protones, poseen la misma masa que estos, pero sin carga eléctrica.

Cuando el número de protones y electrones son iguales, se dice que el átomo tiene carga eléctrica nula. Si el número de protones, supera al de electrones el átomo tiene carga positiva, y por el contrario, si el número de protones es inferior al de electrones, el átomo está cargado negativamente.



# Conceptos Fundamentales

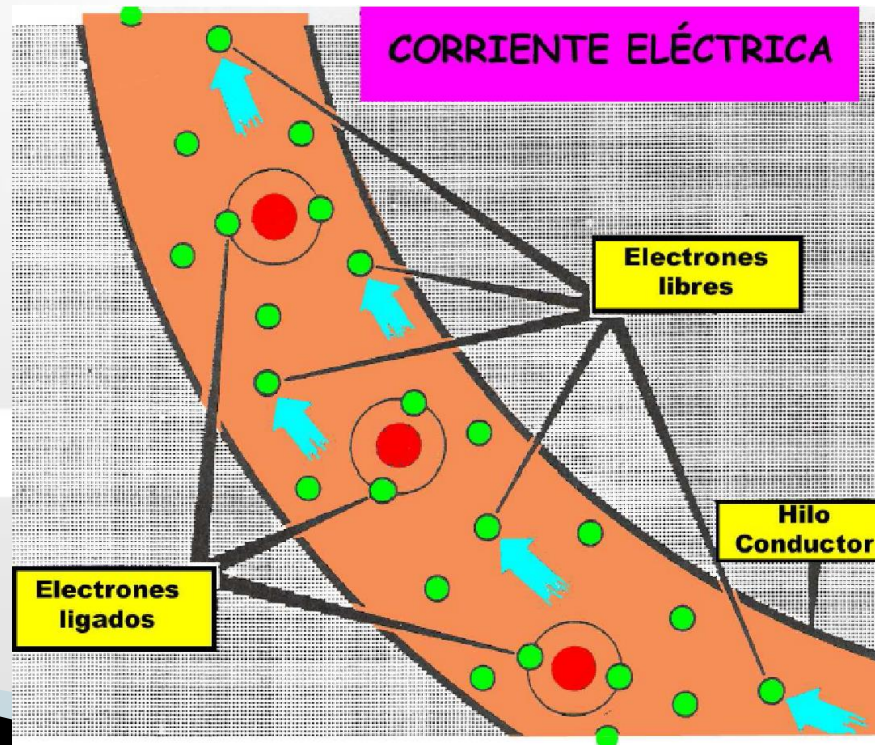
Por otro lado, un átomo con carga positiva o negativa, es susceptible de intercambiar electrones con otros átomos de su alrededor, con el fin de conseguir la estabilidad eléctrica, es decir, se iguala el número de protones y electrones, para conseguir la carga nula.



# Intensidad de Corriente

La corriente eléctrica es el movimiento de cargas eléctricas (electrones), a través de un material conductor, ésta a los fines de cálculo se representa con la letra  $I$ .

Los portadores de carga eléctrica son los electrones libres que provienen de los átomos del elemento conductor.



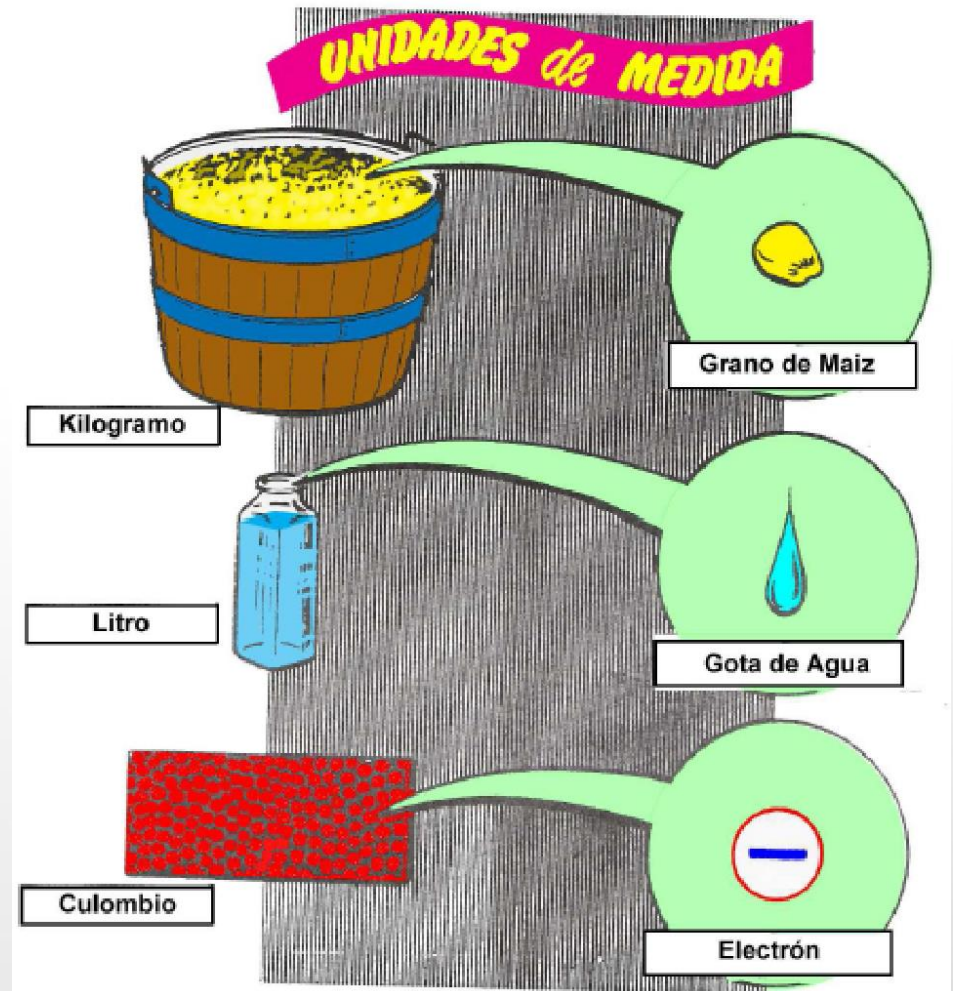
## Intensidad de Corriente

Todo cuerpo está conformado por átomos y los materiales que presentan electrones libres, capaces de moverse de un átomo a otro en su red cristalina se llaman “conductores”. Mientras mayor sea la capacidad que tienen estos elementos de permitir el movimiento de los electrones, se dice que se está en presencia de un buen conductor, mientras que si esta posibilidad de movimiento de electrones es baja, se está ante un mal elemento conductor.



# Intensidad de Corriente

La cantidad de carga eléctrica que posee un electrón es extremadamente pequeña, por ello es que se utiliza una unidad práctica para la medición de ésta, la cual se denomina COULOMB (C). La carga representada por 1 coulomb es la equivalente a la que poseen  $6,28 \times 10^{18}$  electrones.



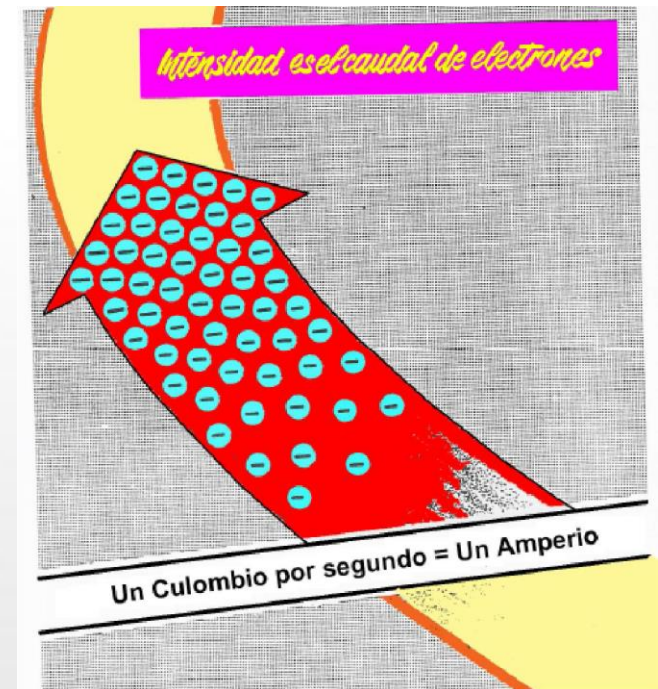
# Intensidad de Corriente

Como se dijo en un principio la corriente eléctrica es el resultado del movimiento de electrones y se define como la cantidad de cargas que atraviesan un punto del circuito eléctrico en un tiempo de 1 segundo.

Puede expresarse matemáticamente este concepto, de la siguiente manera:

$$\text{corriente} = I = \frac{\text{Carga}}{\text{Tiempo}} = \frac{Q}{t} = \left[ \frac{\text{Coulomb}}{\text{segundo}} \right] = [ A ]$$

Si la cantidad de carga que atraviesa el punto del circuito en 1 segundo, es de 1 C la corriente eléctrica será de 1 AMPERE (A).



## Intensidad de Corriente

La “Corriente eléctrica” puede tener desde valores muy elevados hasta extremadamente pequeños, para poder representarla de la mejor manera posible es que se utilizan unidades que son múltiplos o submúltiplos de la unidad básica, que es el ampere, estos son los que se dan en la tabla siguiente:

<u>Unidad</u>	<u>Símbolo</u>	<u>Equivalente en ampere</u>
microampere	uA	$1/1\ 000\ 000=0,000001\ A$
miliampere	mA	$1/1000=0,001\ A$
ampere	A	1 A
kiloampere	kA	1000 A

## Diferencia de Potencial o Tensión Eléctrica

Para obtener la circulación de una corriente por un circuito eléctrico, es necesaria la presencia de una fuerza, la cual es la encargada de realizar el trabajo para desplazar las cargas eléctricas en el circuito. Esta fuerza se denomina “Fuerza Electromotriz” (Fem.), la cual es considerada como la diferencia de potencial que existe entre dos puntos del circuito, capaz de producir dicho movimiento de cargas. Esta diferencia de potencial hará que los electrones se muevan por el conductor produciendo una circulación de electrones.



## Diferencia de Potencial o Tensión Eléctrica

La diferencia de potencial o tensión entre dos puntos, es por definición el trabajo necesario para desplazar una carga eléctrica de un punto al otro, la unidad que se utiliza para la diferencia de potencial es el VOLT (V) y se representa por la letra V. Al igual que en los casos anteriores se utilizan en algunas aplicaciones las unidades múltiplos de dicha unidad base, estas se dan en la tabla siguiente:

Unidad	Símbolo	Equivalente en Volts	V
<b>Mili Volt</b>	mV	$\frac{1}{1000} = 0,001$	<b>V</b>
<b>Volt</b>	V	1	<b>V</b>
<b>Kilo Volt</b>	kV	1.000	<b>V</b>

# Resistencia Eléctrica

Cualquier objeto, tal como una lámpara que esté sobre el circuito eléctrico, se opondrá al flujo de corriente. Este elemento, presenta una oposición a la circulación de corriente que es proporcional a lo que se denomina “Resistencia” y su valor se mide en ohm. La letra R la representa y su valor tiene como unidad al OHM ( $\Omega$ ).

Es muy común representar los valores de la resistencia en función de sus múltiplos ya que es posible que sus valores sean muy elevados y para simplificación en las anotaciones se utilizan éstos, los más usados son:

Unidad	Símbolo	Equivalente	$\Omega$
<b>Ohms</b>	$\Omega$	1	$\Omega$
<b>Kilo Ohms</b>	k $\Omega$	1.000	$\Omega$
<b>Mega Ohms</b>	M $\Omega$	1.000.000	$\Omega$

# Resistencia Eléctrica

En resumen, para que exista una corriente eléctrica en un circuito, es necesario que se presenten tres factores fundamentales, los cuales son:

1- Una fuente de fuerza electromotriz (fem), como por ejemplo una batería o un generador, capaces de poner en movimiento las cargas eléctricas negativas, cuando se cierre el circuito eléctrico.

2- Un camino que permita a los electrones fluir ininterrumpidamente, desde el polo negativo de la fuente de suministro de energía eléctrica hasta el polo positivo de la propia fuente.

3- Una “carga” conectada al circuito que ofrezca resistencia al paso de la corriente eléctrica. Se entiende como carga cualquier dispositivo que para funcionar consuma energía eléctrica.

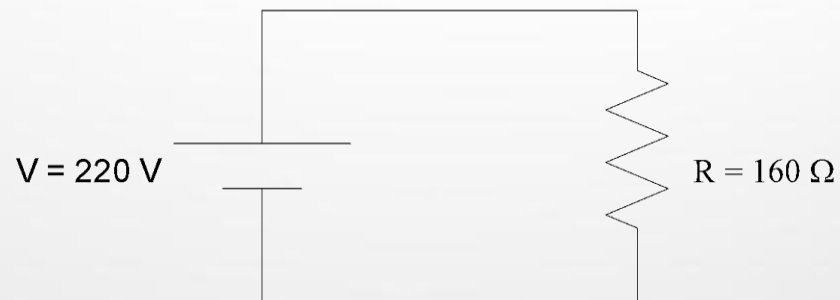


## Ley de Ohm

El circuito de la siguiente Figura está conformado por una fuente de tensión con un valor (V) y una resistencia de valor (R), al estar el circuito cerrado existirá la circulación de una corriente (I).

El valor de esta corriente se obtiene mediante la utilización de la ley de Ohm, la cual expresa que la corriente (I) por el circuito es igual al cociente entre el valor de la tensión aplicada en el circuito (V) y la resistencia (R) presente en el mismo.

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



$$I = \frac{V}{R} = \frac{220}{160} = 1,375 \left[ \frac{V}{\Omega} = A \right]$$

## Potencia Eléctrica, Energía y Calor

La energía eléctrica o trabajo (**W**) consumida para mover una carga (**Q**) a través de una diferencia de potencial (**E**) está dada por  $W = E \cdot Q$ , donde **W** está en joule, **E** está en volt y **Q** está en coulomb. Dado que la carga total (**Q**) es el producto de la corriente media entre **I** y el tiempo (**t**) de transferencia ( $Q = I \cdot t$ ) la energía puede expresarse como:

$$W = E \cdot Q = E \cdot I \cdot t$$

Sustituyendo  $E = I \cdot R$  de la ley de Ohm, obtenemos para la energía:

$$\text{(trabajo)} W = (I \cdot R) I \cdot t = I^2 \cdot R \cdot t$$

Donde **W** está en joule (también denominado watt-segundos), **I** en ampere, **R** en ohm y **t** en segundos.



## Potencia Eléctrica, Energía y Calor

La potencia eléctrica (**P**) disipada en un circuito de corriente continua es la relación de energía entregada (por segundo), o la relación de trabajo efectuado. Por lo tanto, la potencia es la energía (o trabajo) dividido por el tiempo, o sea:

$$P = \frac{W}{I} = E \cdot I = I^2 \cdot R$$

Donde **P** está en watt , **E** en volt, **I** ampere y **R** en ohm.

Sustituyendo en la ecuación por la ley de Ohm, se obtiene una tercera forma:

$$P[W] = E \cdot I = E \cdot \frac{E}{R} = \frac{E^2}{R}$$

La unidad de potencia es el watt.

# Electromagnetismo

**Campo magnético de las corrientes:** Oersted descubrió en 1820 que una corriente eléctrica (cargas en movimiento) está rodeada por un campo magnético. Una ley fundamental de Ampere permite computar la magnitud del campo magnético debido a una corriente eléctrica.

**Transformadores:** Un transformador consiste en una bobina primaria y otra secundaria devanadas sobre un mismo núcleo de hierro, y se usa para elevar o para reducir el voltaje de corriente alterna. Una corriente alterna circulando por el primario crea una variación continua de flujo en el núcleo, que induce una fem alterna en la bobina secundaria.



# Electromagnetismo

**Transformadores:** La relación de transformación es una característica fundamental en el análisis de transformadores. Si tenemos un transformador de 220V de tensión primaria y 20V de tensión secundaria obtendremos una relación de transformación de:

$$n = \frac{V_{prim}}{V_{sec}} = \frac{220V}{20V} = \mathbf{11}$$

Esta relación nos va a permitir encontrar la proporción de corrientes. Suponiendo una potencia de 500VA (500W si conectamos una carga totalmente resistiva), las corrientes primaria y secundaria serán:

$$I_{prim} = \frac{Potencia}{V_{prim}} = \frac{500VA}{220V} = \mathbf{2,27A}$$

$$I_{sec} = I_{prim} * n = 2,27A * 11 = \mathbf{25A}$$

## Corriente Continua

Es el flujo continuo de electrones a través de un conductor entre dos puntos de distinto potencial, en ella las cargas eléctricas circulan siempre en la misma dirección (es decir, los terminales de mayor y de menor potencial son siempre los mismos). Aunque comúnmente se identifica la “corriente continua” con la corriente constante (por ejemplo la suministrada por una batería), es continua toda corriente que mantenga siempre la misma polaridad.



## Corriente Alterna

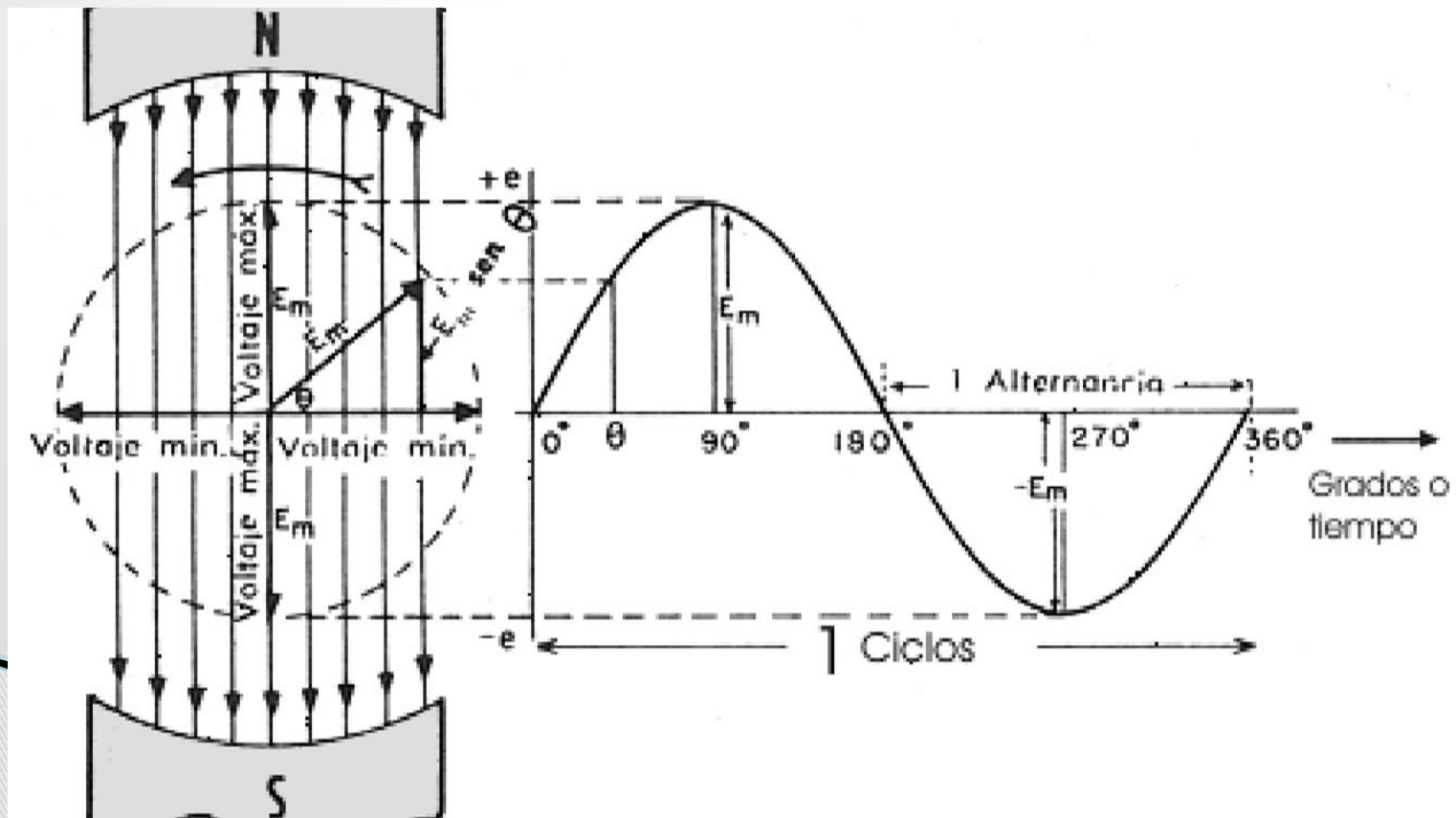
Una fuente de corriente alterna es capaz de suministrar una tensión tal que, si se conecta a la misma un artefacto eléctrico cualquiera, a modo de circuito cerrado, se observará un flujo electrónico de sentido o dirección variable. En otras palabras, es posible producir mediante generadores, una tensión eléctrica de polaridad variable, y consecuentemente dar lugar a una corriente de electrones cuyo sentido de circulación sea también variable.

Si un conductor es movido en el ámbito del campo magnético de un imán se genera en dicho conductor una f.e.m. inducida, ocurriendo exactamente lo mismo si en lugar de agitar el conductor se imprimen un movimiento de vaivén al imán cuyo campo magnético inflencie al conductor.



# Corriente Alterna

**Ciclo, período y frecuencia:** Cuando la posición de la espira va de 0 a 180 grados y la f.e.m. y la corriente tienen una dirección dada, se dice que es positiva, y cuando la espira va de 180 a 360 grados y por lo tanto cambia el sentido de la f.e.m. y la corriente, se dice que es negativa.



## Corriente Alterna

La curva que se obtiene en la figura anterior se la denomina senoide. Un movimiento completo de la espira de nuestro ejemplo, desde 0 hasta 360 grados se denomina ciclo. A la cantidad de ciclos que se cumplen en la unidad de tiempo, o sea en el segundo, se le da el nombre de frecuencia.

El tiempo requerido para completar un ciclo completo se llama período (T) , y el número de ciclos completados por segundo se denomina frecuencia (f) de la onda sinusoidal. La frecuencia es la inversa del período:

$$f = \frac{1}{T} \quad y \quad T = \frac{1}{f}$$

## Corriente Alterna

### Valor eficaz de CA, Valor Medio Cuadrático (RMS):

Una corriente alterna tiene un valor eficaz de 1 Ampere cuando produce la misma cantidad de calor en una resistencia (R), que una corriente continua de 1 Ampere sobre esa resistencia. Un voltaje de CA tiene un valor eficaz de 1 volt si da origen a una corriente efectiva de 1 ampere en una resistencia de 1 ohm. Los valores eficaces de tensiones y corrientes (E e I respectivamente) de una onda sinusoidal de CA, están relacionados con los valores máximos o valor de pico (Em e Im, respectivamente), en la siguiente forma:

$$E = 0,707 * E_m \quad e \quad I = 0,707 * I_m$$

(Nótese que los valores eficaces no tienen letras en el subíndice) .



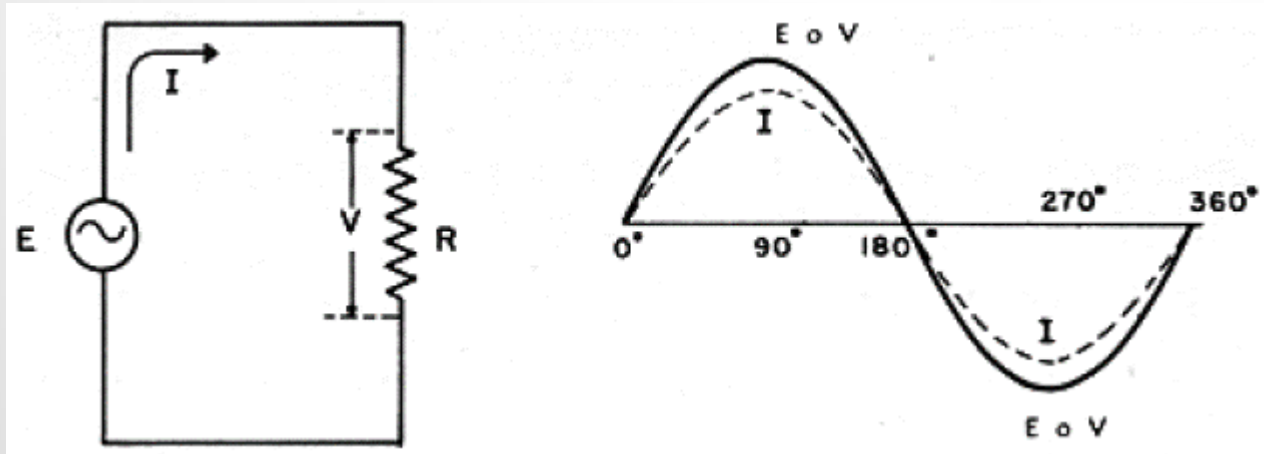
## Corriente Alterna

**Fase, ángulo de fase y diferencia de fase:** La fracción de ciclo que ha transcurrido desde que una corriente o voltaje ha pasado por un determinado punto de referencia (generalmente en el comienzo o  $0^\circ$ ) se denomina fase o ángulo de fase del voltaje o corriente. Más frecuentemente, los términos fase o diferencia de fase se usan para comparar dos o más voltajes o corrientes alternados o voltajes y corrientes de la misma frecuencia, que pasan por sus puntos cero y máximo a diferentes valores de tiempo.



## Corriente Alterna

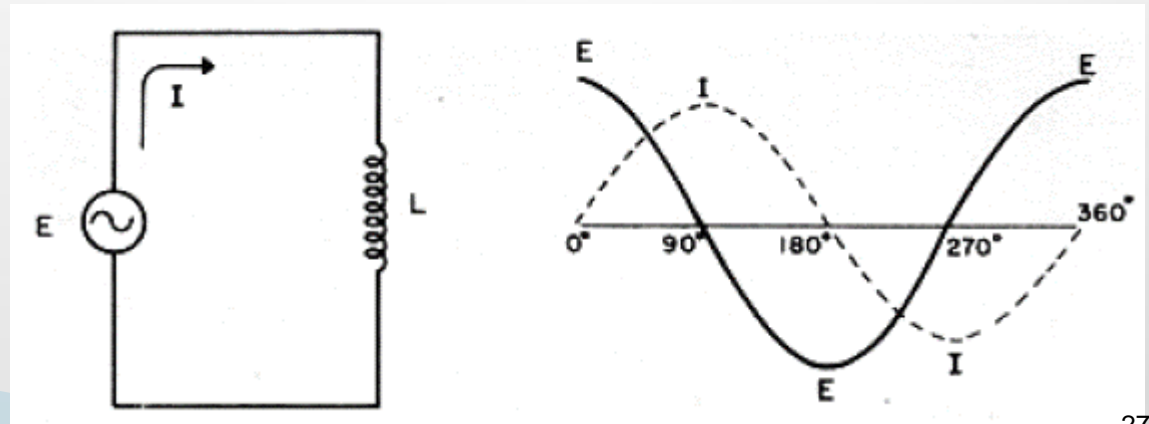
**Corriente alterna en resistencia pura:** La corriente en un circuito de CA que contiene solamente resistencia está determinada por la ley de Ohm ( $I = E/R$ ) y está en fase con la fem aplicada. Además, en cualquier parte de un circuito de CA que contenga resistencia, la caída de voltaje sobre ésta ( $V$ ) está en fase corriente ( $I$ ), y por lo tanto, con la fem aplicada ( $E$ ).



## Corriente Alterna

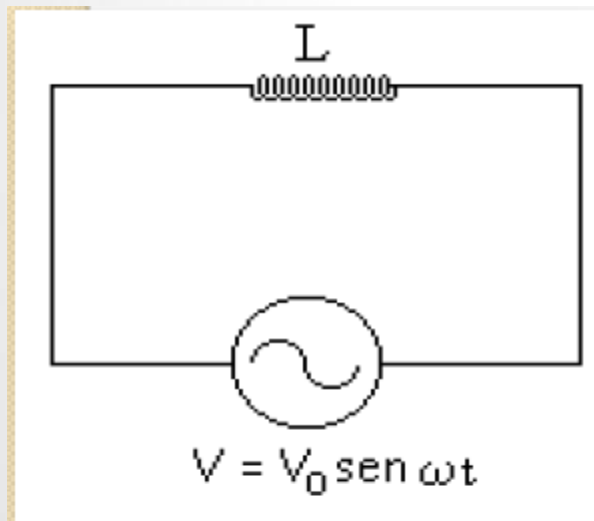
**Corriente alterna en inductancia pura:** Si bien toda inductancia práctica tiene la resistencia del bobinado, es de interés considerar una inductancia pura. Debido al hecho de que la fcm de autoinducción en una bobina se opone a cualquier cambio en la corriente, una inductancia en un circuito de CA ejerce un efecto continuo de choque sobre la corriente, que reduce su magnitud y la atrasa en  $90^\circ$  (1/4 de ciclo) respecto del voltaje aplicado. La oposición al pasaje de la corriente por una inductancia  $L$  (en henry) se llama reactancia inductiva ( $X_L$ ) y está dada (en ohm) por:

$$X_L = 2\pi f L = 6,283 f L \text{ (aprox.) ohm}$$



# Corriente Alterna

## Corriente alterna en inductancia pura: Ejemplo.



$$X_L = \omega L$$

$$X_L = \omega * L = 2 * \pi * f * L$$

$$X_L = 2 * 3,14 * 50[Hz] * 0,032[Hy]$$

$$X_L = 10[\Omega]$$

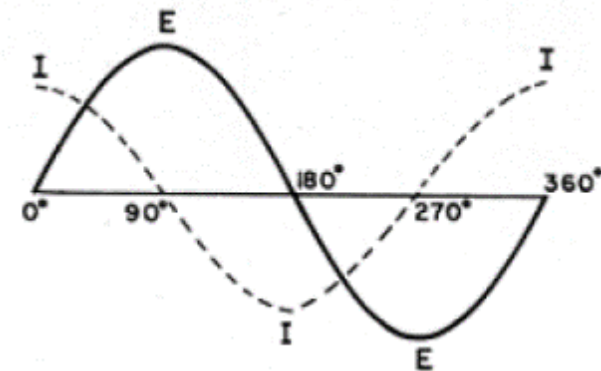
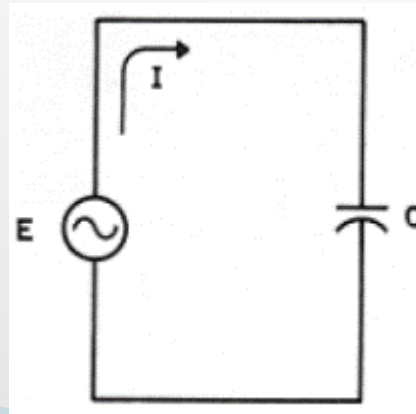
$$I = \frac{V}{X_L} = \frac{220V}{10\Omega} = 22A$$

## Corriente Alterna

**Corriente alternada en capacidad pura:** Un condensador conectado a una fuente de voltaje de CA, se carga alternativamente en direcciones opuestas, y por lo tanto permite la circulación de una cierta cantidad de corriente alterna. Con todo la magnitud de la corriente está reducida por la capacitiva ( $X_c$ ), la cual está dada (ohm) por:

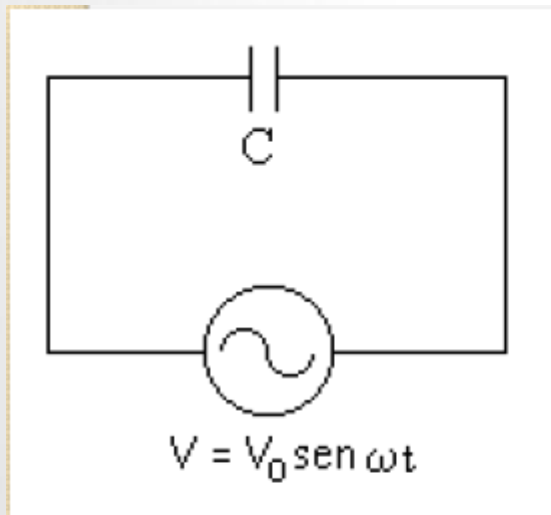
Donde  $X_c$  está en ohm, si  $C$  está en farad y  $f$  está en hertz (Hz) . En un circuito capacitivo, la corriente ( $I$ ) adelanta al voltaje aplicado ( $E$ ) en 1/4 de ciclo o  $90^\circ$ . La corriente resulta:

$$I = E/X_c = E * (2\pi f C)$$



# Corriente Alterna

## Corriente alterna en capacidad pura: Ejemplo



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

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

$$X_c = \frac{1}{2 * 3,14 * 50[\text{Hz}] * 0,00032[\text{F}]}$$

$$X_c = 10[\Omega]$$

$$I = \frac{V}{X_c} = \frac{220V}{10\Omega} = 22A$$

# Corriente Alterna

## Corriente alterna en resistencia, inductancia y capacidad:

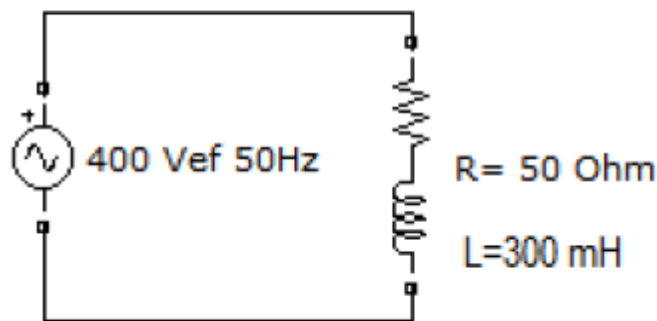
- Impedancia, fasores de tensión y corriente ( $Z, V$  e  $I$ ):
  - Se considera impedancia como la magnitud de la oposición que presentan los elementos antes mencionados, a la circulación de la corriente cuando están conectados a una fuente de tensión.

$$\left. \begin{array}{l} Z_R = R \\ Z_L = X_L = \omega L < 90^\circ \\ Z_C = X_C = \frac{1}{\omega C} < -90^\circ \end{array} \right\} \begin{array}{l} |Z| = \sqrt{(R)^2 + (X_L - X_C)^2} \\ \phi = \arctg\left(\frac{X_L - X_C}{R}\right) \end{array} \Rightarrow Z = |Z| \angle \phi$$

# Corriente Alterna

## Corriente alterna en resistencia, inductancia y capacidad: ejemplo

Determinar la impedancia del circuito:



$$X_L = \omega * L = 2 * \pi * f * L$$

$$X_L = 2 * 3,14 * 50[Hz] * 0,3[Hy]$$

$$X_L = 94,2[\Omega]$$

$$R = 50[\Omega]$$

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

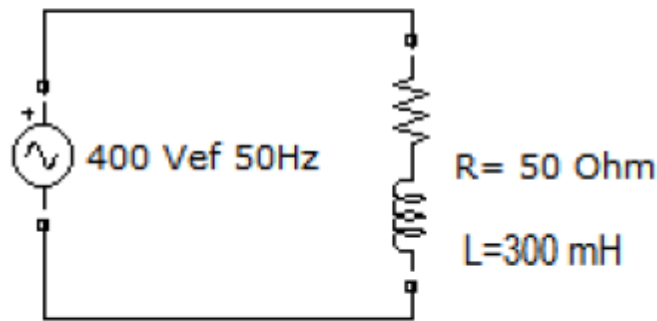
$$Z = \sqrt{(50)^2 + (94,2)^2}$$

$$\mathbf{Z = 106,65[\Omega]}$$

# Corriente Alterna

## Corriente alterna en resistencia, inductancia y capacidad: ejemplo

Determinar la impedancia del circuito:



$$R = 50[\Omega] \quad X_L = 94,2[\Omega]$$

$$Z = 106,65[\Omega]$$

$$\phi = \arctg\left(\frac{X_L}{R}\right) = \arctg\left(\frac{94,2}{50}\right)$$

$$\phi = \arctg(0,53)$$

$$\phi = 27,96^\circ$$

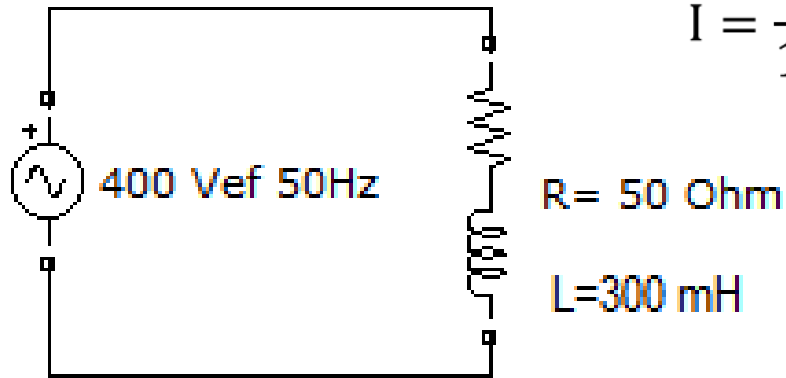
$$Z = 106,65\Omega \angle 27,96^\circ$$

# Corriente Alterna

## Corriente alterna en resistencia, inductancia y capacidad: ejemplo

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

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{V \angle 0^\circ}{Z \angle \phi} = \frac{V}{Z} \angle -\phi$$



$$I = \frac{400V \angle 0^\circ}{106,62\Omega \angle 27,96^\circ} = \frac{400V}{106,62\Omega} \angle (0^\circ - 27,96^\circ)$$

$$I = 3,75 \angle -27,96^\circ$$

## Corriente Alterna

**Potencia aparente (S):** se obtiene del producto del módulo de la tensión y de la corriente circulando por la impedancia.

**Es la potencia suministrada por la fuente.**

$$S = |V| |I| \quad \Rightarrow \quad [VA]$$

**Potencia reactiva (Q):** potencia resultado del producto del módulo de la tensión y corriente circulando por la impedancia y el seno del ángulo de desfase entre las mismas.

**Potencia No Útil para Trabajo**

$$Q = |V| |I| \operatorname{sen}(\phi) \quad \Rightarrow \quad [VA_r]$$

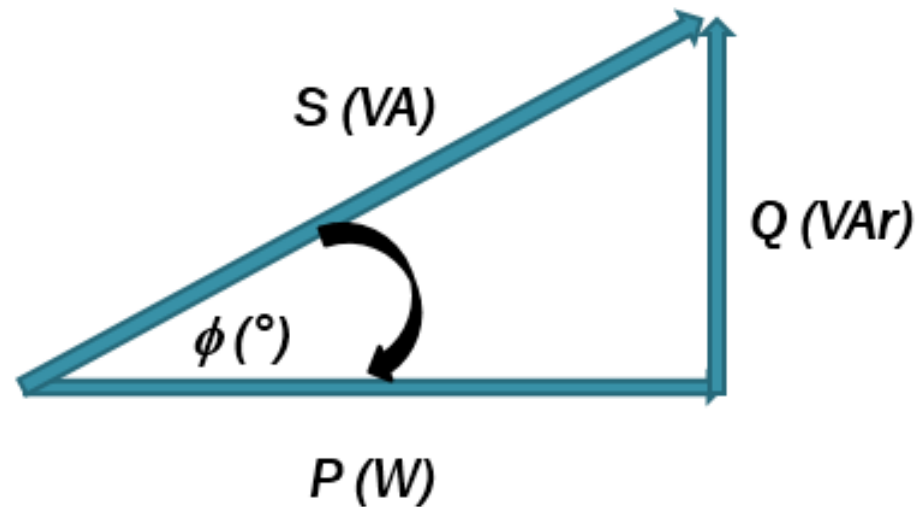
**Potencia activa (P):** esta es el resultado del producto del módulo de la tensión y corriente por el coseno de ángulo entre los mismos.

**Potencia Útil para Trabajo**

$$P = |V| |I| \cos(\phi) \quad \Rightarrow \quad [W]$$

# Corriente Alterna

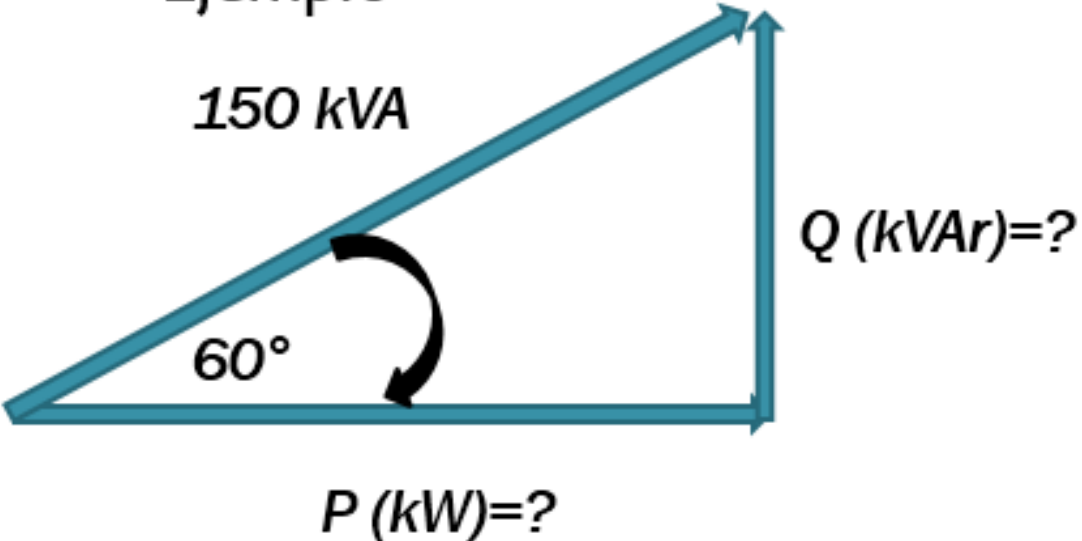
- Triángulo de Potencias.



$$\cos(\phi) = \textit{Factor de Potencia}$$

# Corriente Alterna

Ejemplo



$150 \text{ kVA}$

$60^\circ$

$Q \text{ (kVAr)}=?$

$P \text{ (kW)}=?$

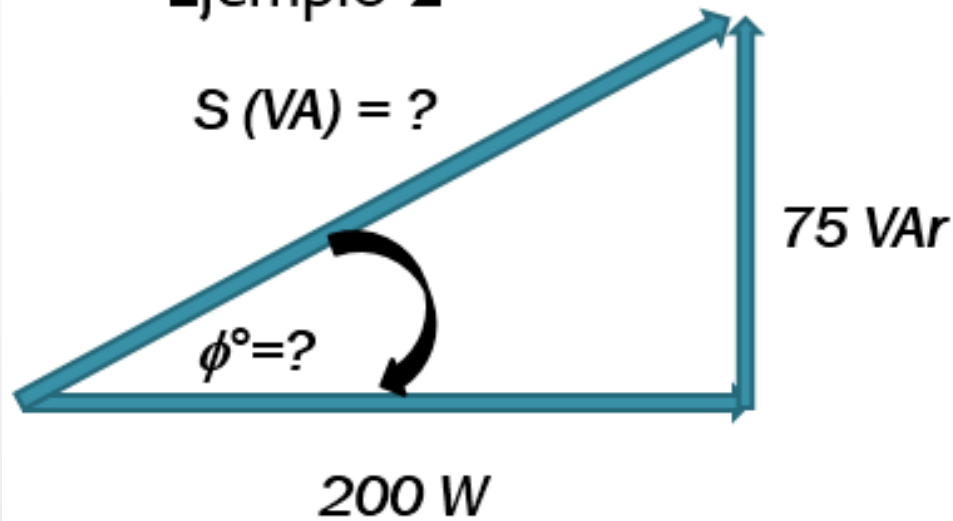
$P = S * \cos(60^\circ) = 150\text{kVA} * \cos(60^\circ) = \mathbf{75\text{kW}}$

$Q = S * \text{sen}(60^\circ) = 150\text{kVA} * \text{sen}(60^\circ) = \mathbf{129,9\text{kVAr}}$

# Corriente Alterna

Ejemplo 2

$S \text{ (VA)} = ?$



$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{200^2 + 75^2} = \mathbf{213,6VA}$$

$$\phi = \arctg\left(\frac{Q}{P}\right) = \arctg\left(\frac{75}{200}\right) = \mathbf{20,5^\circ}$$

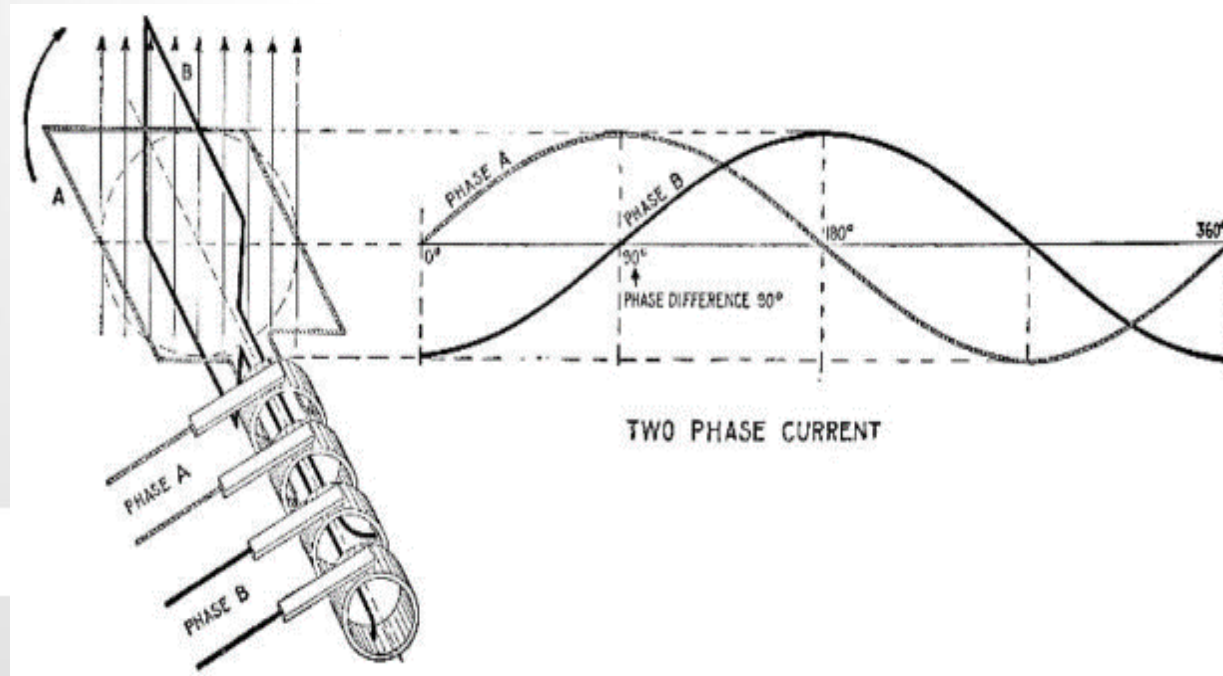
## Sistemas Monofásicos

**Sistema Monofásico:** es un sistema de producción, distribución y consumo de energía eléctrica formado por una única corriente alterna o fase y por lo tanto todo el voltaje varía de la misma forma. La distribución monofásica de la electricidad se suele usar cuando las cargas son principalmente de iluminación y de calefacción, y para pequeños motores eléctricos. Son poco usuales para potencias por encima de los 10 kW.



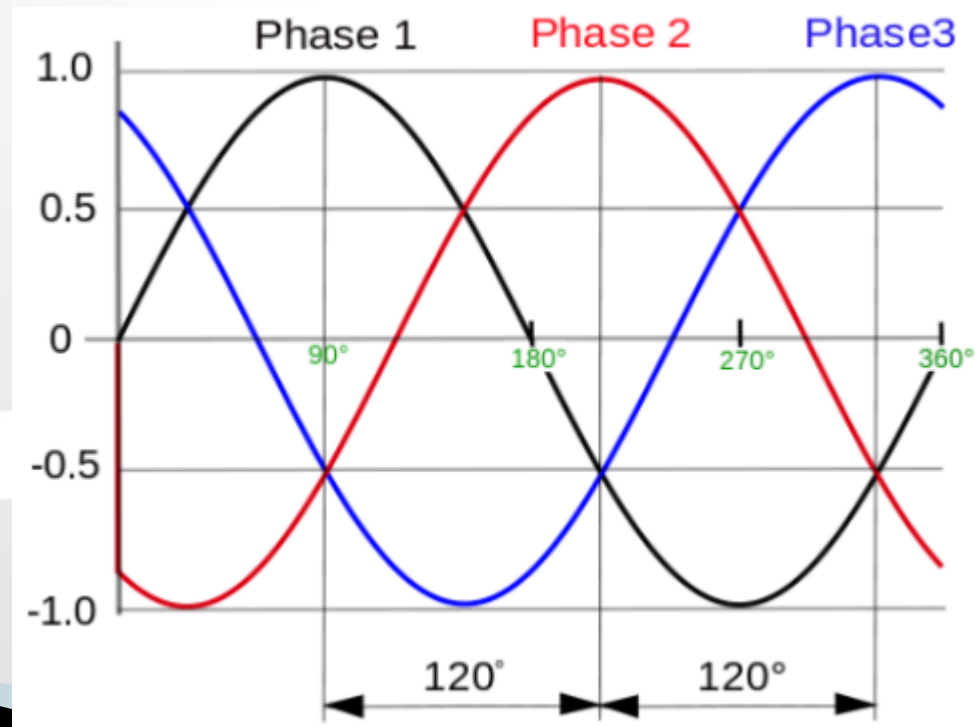
## Sistemas Bifásicos

**Sistema Bifásico:** es un sistema de dos tensiones desfasadas 90 grados, que ya no se utiliza hoy en día. El alternador está formado por dos devanados colocados 90 grados uno respecto del otro.



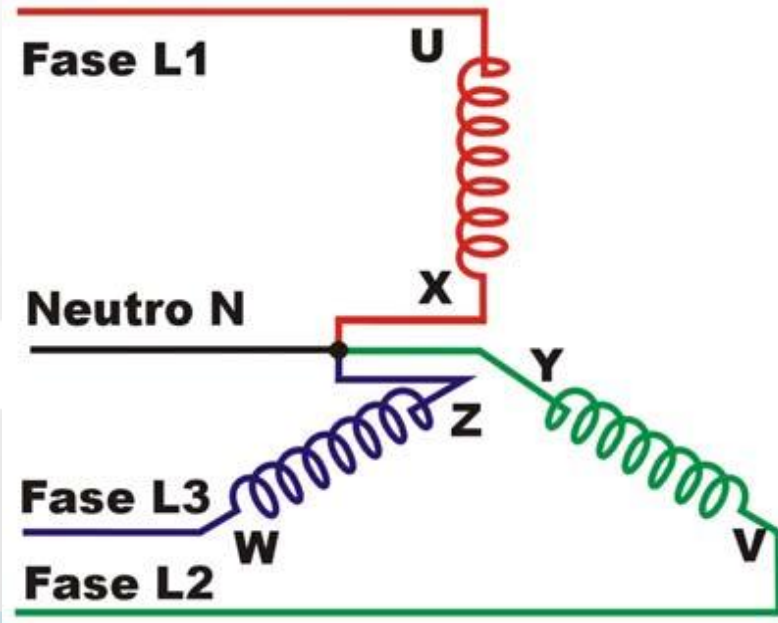
# Sistemas Trifásicos

**Sistemas Trifásicos:** sistema de 3 tensiones desfasadas 120 grados que se genera con un alternador que tiene 3 devanados a 120 grados uno respecto del anterior. Para transmitirse se utilizan líneas de 3 conductores, pero para utilización final se utilizan líneas de 4 hilos, que son las 3 fases y el neutro.



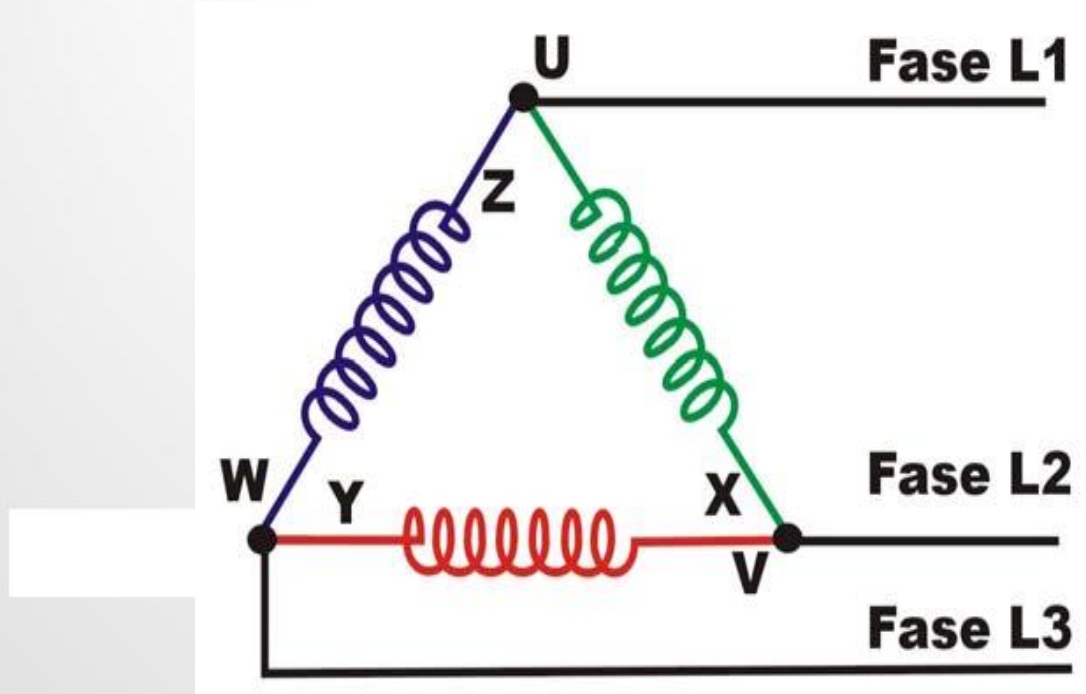
## Sistemas Trifásicos

**Conexión Estrella:** Tres bobinas que corresponden a las tres fases de un generador; los principios de los bobinados son U, V y W; y los finales X, Y y Z. En la práctica, se conectan entre sí las tres fases; con el fin de reducir el número de conductores activos de la red y, en consecuencia, disminuir el peso de la red: esto se consigue conectando en estrella o triángulo los extremos de cada fase.



## Sistemas Trifásicos

**Conexión Triángulo:** Consiste en conectar el final de cada fase con el principio de la siguiente. No existe conductor neutro. No existe en este montaje más que una tensión; la existente entre fases.



## Sistemas Trifásicos

En una línea trifásica es preciso distinguir:

- ▶ La tensión entre fases
- ▶ La tensión entre fase y neutro
- ▶ Las intensidades de corriente por fase
- ▶ La intensidad de corriente por el conductor neutro

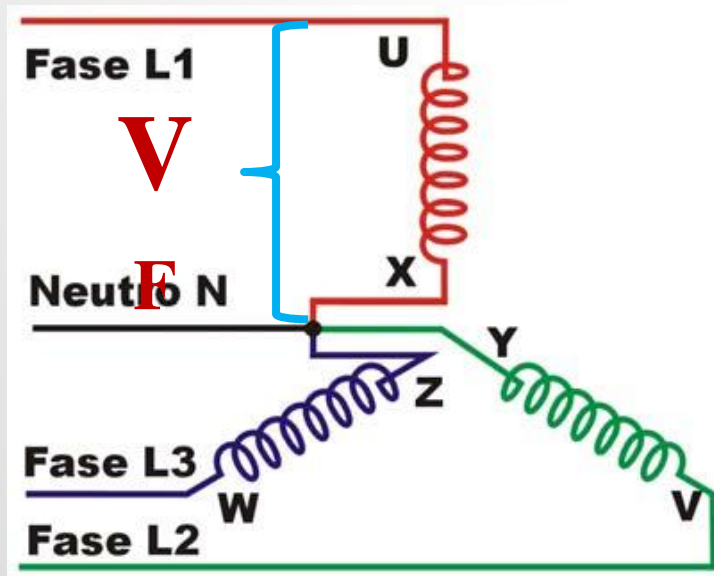
La tensión entre fase y neutro es igual a  $1/\sqrt{3}$  veces la tensión entre fases.

$$V_{fase} = \frac{V_{linea}}{\sqrt{3}}$$

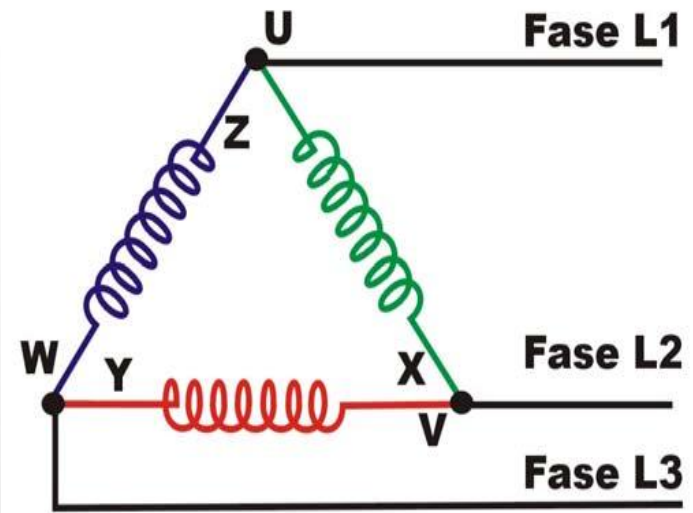
$$V_{fase} = \frac{13200 V}{\sqrt{3}} = \frac{13200 V}{1,732} = 7621 V$$

# Sistemas Trifásicos

$$V_L = \sqrt{3} * V_F$$

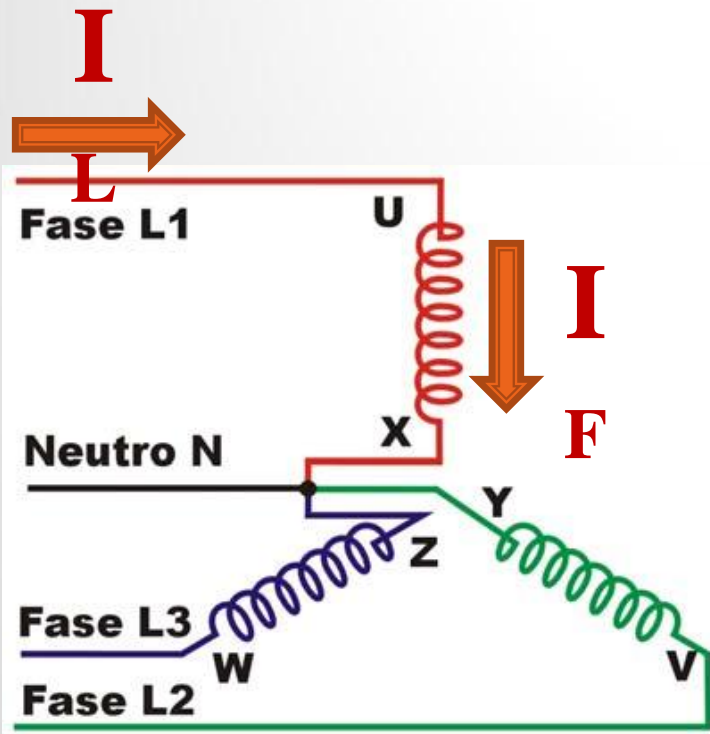


$$V_L = V_F$$



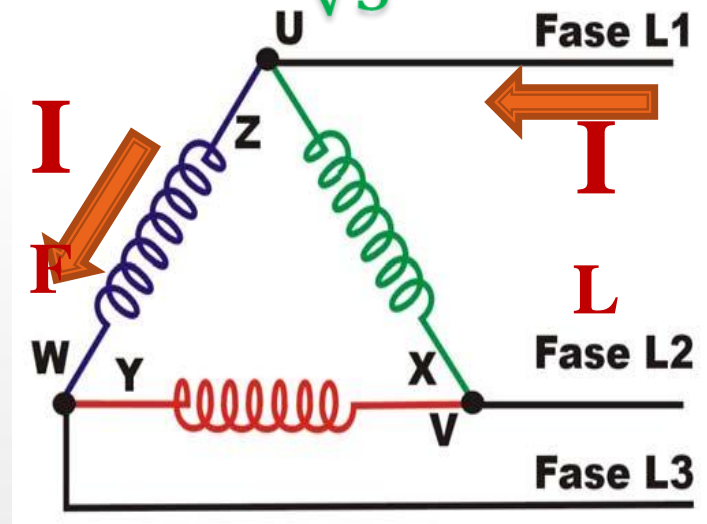
# Sistemas Trifásicos

$$I_L = I_F$$



$$I_L = \sqrt{3} * I_F$$

$$I_F = \frac{I_L}{\sqrt{3}}$$



## Sistemas Trifásicos

En un sistema trifásico la potencia activa viene expresada por la ecuación:

$$P = \sqrt{3} * V_{linea} * I_{linea} * \cos \varphi$$

La potencia en watt de una línea trifásica es igual al producto de la raíz cuadrada de 3 por el voltaje por la intensidad y por el coseno de  $\varphi$ .

$$P = \sqrt{3} * 13200 \text{ V} * 44 \text{ A} * 1$$
$$P = 1.000.000 \text{ W} = 1 \text{ MW}$$

# MÓDULO II

## TEMA II.2

Efectos Fisiológicos de la Corriente Eléctrica.

Manual del Instalador Electricista Cat.III

# EFECTOS FISIOLÓGICOS DE LA CORRIENTE

La corriente eléctrica puede provocar accidentes graves en menor o mayor medida, dependiendo de los siguientes factores:

- El valor de la diferencia de potencial aplicada
- La intensidad de la corriente que circule por el organismo
- La resistencia del cuerpo humano al paso de la corriente
- El tiempo en que esté sometido al contacto eléctrico
- El recorrido que lleve la corriente por el cuerpo
- La frecuencia
- La capacidad de reacción de la persona

- ▶ En la siguiente tabla se presenta la impedancia total del cuerpo humano  $Z_T$  para un trayecto de corriente mano a mano en CA para grandes superficies de contacto en condiciones secas.

Tension de contacto V	Valores de la impedancia total $Z_T$ ( $\Omega$ ) del cuerpo humano que no son sobrepasados por		
	5 % de la población	50 % de la población	95 % de la población
25	1750	3250	6100
50	1375	2500	4600
75	1125	2000	3600
100	990	1725	3125
125	900	1550	2675
150	850	1400	2350
175	825	1325	2175
<b>200</b>	<b>800</b>	<b>1275</b>	2050
<b>225</b>	<b>775</b>	<b>1225</b>	1900
400	700	950	1275
500	625	850	1150
700	575	775	1050
1 000	575	775	1050
Valor asintótico = impedancia interna	575	775	1050

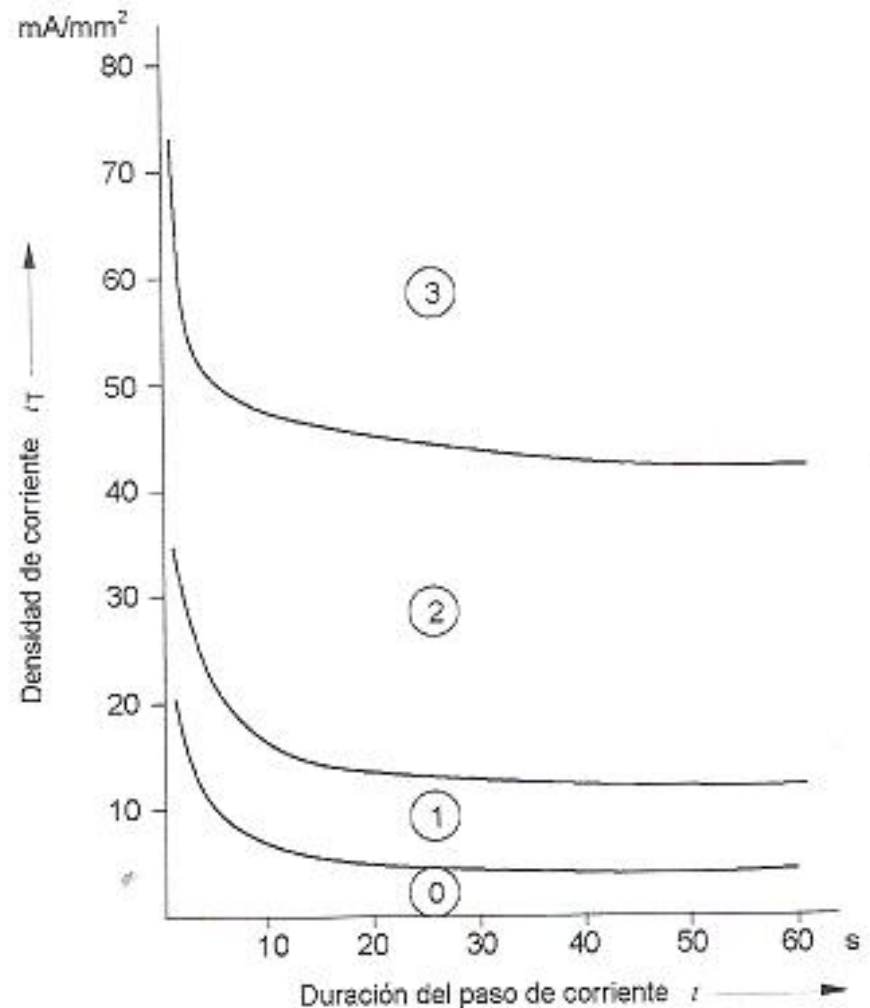
Nota 1: Algunas mediciones indican que la impedancia total del cuerpo para el trayecto de la corriente mano a pie es un poco más baja que para el trayecto mano a mano (10% a 30%).

Nota 2: Para las personas vivas los valores de  $Z_T$  corresponden a una duración de la circulación de la corriente de alrededor de 0,1 s. Para duraciones superiores los valores de  $Z_T$  pueden disminuir (alrededor del 10 % al 20 %) y después que se completa la ruptura de la piel,  $Z_T$  se aproxima a la impedancia interna  $Z_i$  del cuerpo humano.

Nota 3: Para los valores normalizados de tensión de 230 V (redes de distribución -3N ~ 230/400 V) cabe suponer que los valores de la impedancia del cuerpo son los mismos que para una tensión de contacto de 225 V..

Nota 4: Los valores de  $Z_T$  están redondeados a 25  $\Omega$ .

- ▶ Un aspecto fundamental a ser tenido en cuenta es :
- ▶ “Efectos de la Corriente Alterna Sinusoidal de Frecuencia comprendida entre 15 Hz y 100 Hz”.
- ▶ Uno de los estudios llevados a cabo estableció la dependencia de la alteración de la piel humana en función de la densidad de corriente y de la duración del paso de la misma, según muestra el siguiente gráfico:



Leyenda

Zona 3: carbonización de la piel.

Zona 2: marcas de corriente.

Zona 1: enrojecimiento de la piel.

Zona 0: ningún efecto.

*Para comprender mejor el comportamiento del cuerpo humano frente a la circulación de corriente eléctrica, se deben conocer las siguientes*

## **Definiciones**

**Umbral de percepción:** valor mínimo de la corriente que provoca alguna sensación en la persona que es recorrida por la corriente. Depende de la superficie de contacto y de las características fisiológicas del individuo

**Umbral de reacción:** valor mínimo de la corriente que provoca una contracción muscular involuntaria. Depende de la superficie de contacto, de las condiciones de contacto (seca, húmeda, presión, temperatura, así como de las características fisiológicas del individuo.

**Inmovilización:** son las condiciones tales que los efectos de la corriente eléctrica hacen que el cuerpo humano, o una parte, no se pueda mover libremente. Dependen de la corriente eléctrica que circule por los músculos afectados o sus nervios asociados.

# Definiciones

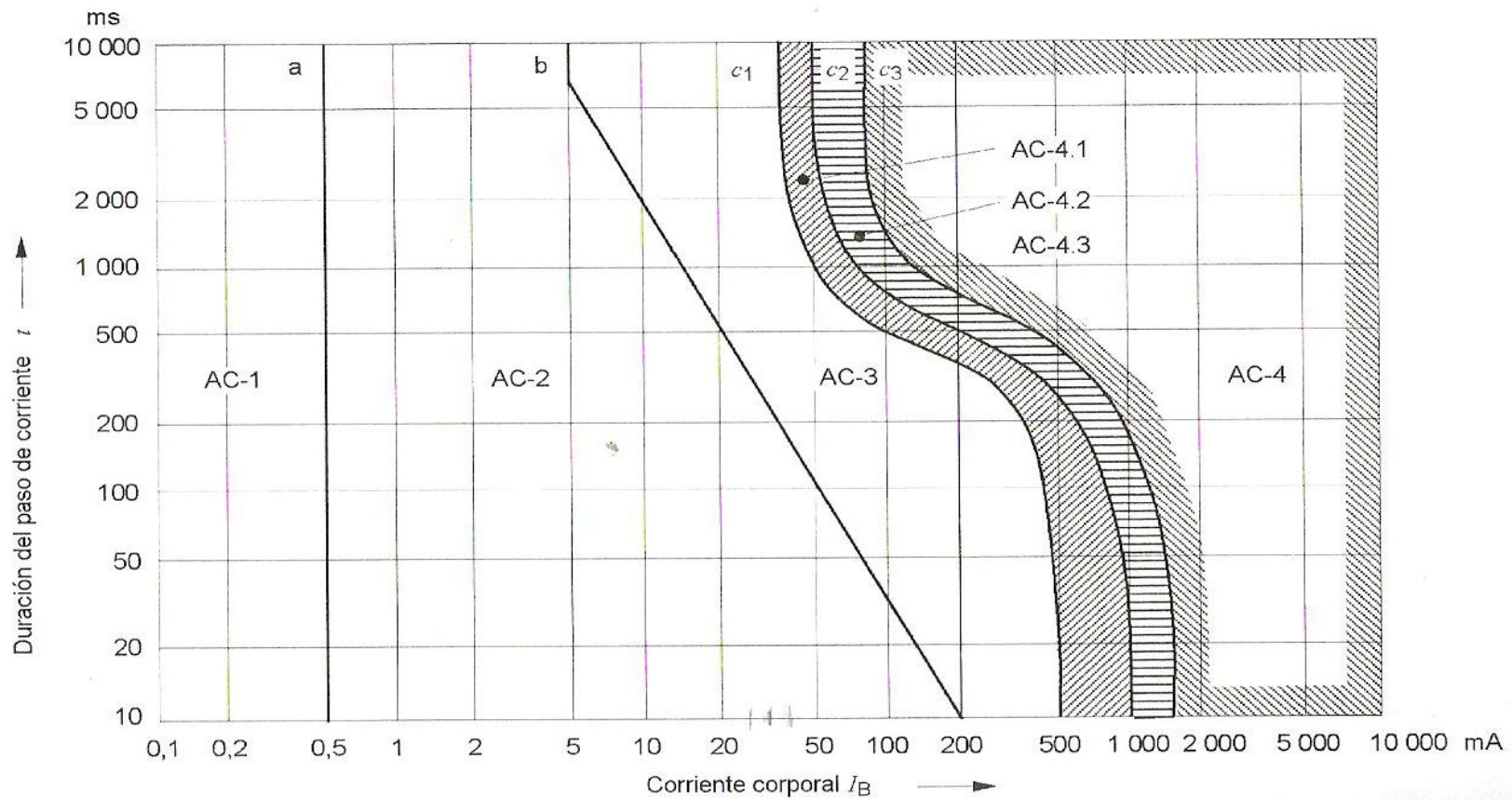
**Umbral de no soltar:** es el valor máximo de la corriente a la que una persona que sujeta los electrodos puede soltarlos. Depende de la superficie de contacto, la forma y las dimensiones de los electrodos y de las características fisiológicas de las personas. En general, este umbral es de 10 mA para los adultos masculinos, pero a los efectos de la norma IEC/TS 60479-1, se toma un valor de 5 mA que cubre el conjunto de la población.

**Umbral de fibrilación ventricular:** es el valor mínimo de la corriente que atraviesa el cuerpo y provoca una fibrilación ventricular. Depende tanto de parámetros fisiológicos (anatomía del cuerpo, estado de las funciones cardíacas) como de parámetros eléctricos (duración y recorrido de la corriente, características de la corriente, etc.).

**OBSERVACIÓN:** pueden aparecer otros efectos tales como contracción musculares, elevación de la presión sanguínea, perturbaciones en los impulsos cardíacos, afectación de la respiración

Estas definiciones se aplican para comprender el siguiente gráfico que relaciona las zonas tiempo/corriente

# Efectos de la Corriente Alterna Sinusoidal de Frecuencia Comprendida entre 15 Hz y 100 Hz.



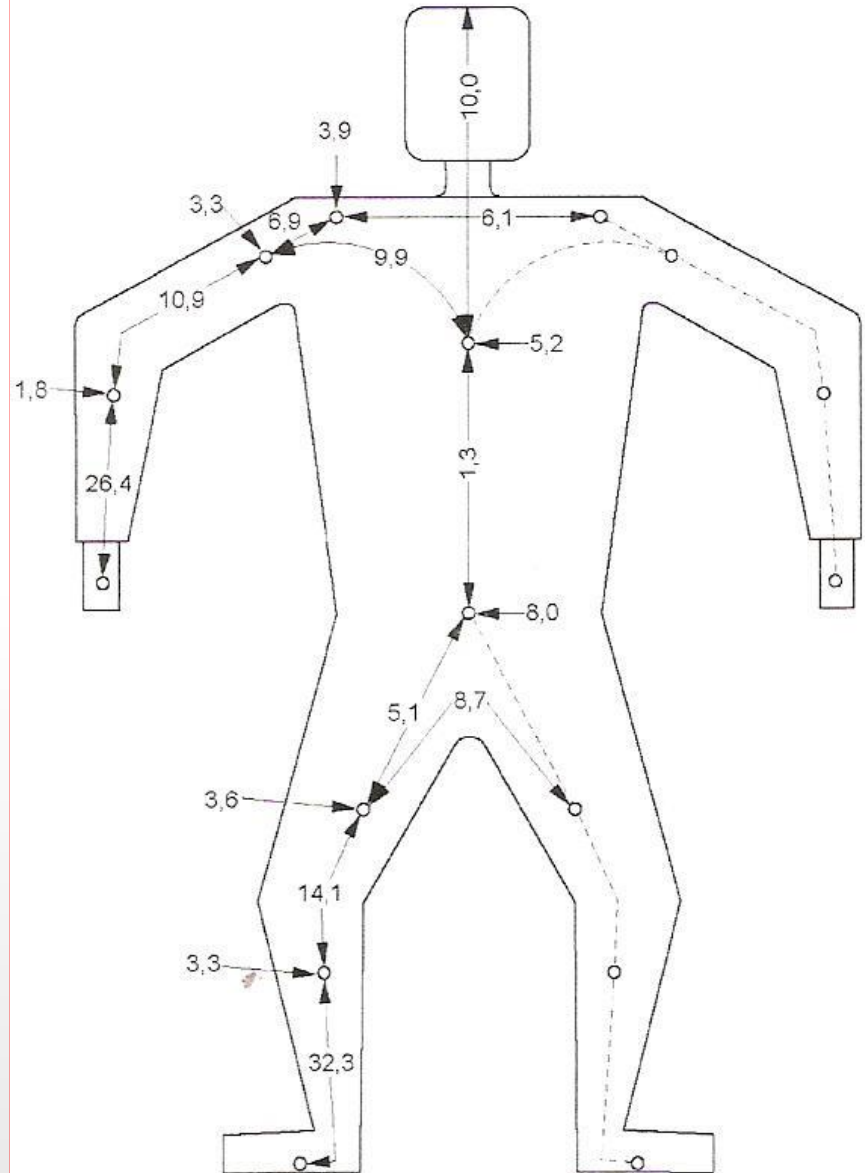
## EXPLICACIÓN DE LAS ZONAS DEL GRÁFICO ANTERIOR

ZONA	LIMITES	EFFECTOS FISIOLÓGICOS
AC-1	Hasta 0,5 mA curva a	Posible percepción pero habitualmente no hay reacción al choque.
AC-2	De 0,5 mA hasta la curva b	Percepción y eventuales contracciones musculares involuntarias pero habitualmente sin efectos fisiológicos eléctricos nocivos.
AC-3	Curva b y por encima	Fuertes contracciones musculares involuntarias. Dificultades de respiración. Perturbaciones reversibles de las funciones del corazón. Puede producirse una inmovilización. Aumento de los efectos con la magnitud de la corriente. Habitualmente sin daños orgánicos
AC-4	Por encima de la curva c1	Efectos patofisiológicos tales como parada de corazón, parada de la respiración y quemaduras graves u otros daños celulares. Probabilidad de fibrilación ventricular aumentando con la intensidad de la corriente y el tiempo.
	c1-c2	AC-4.1 Probabilidad de fibrilación ventricular aumentando hasta alrededor del 5%.
	c2-c3	AC-4.2 Probabilidad de fibrilación ventricular hasta alrededor del 50%.
	Por encima de la curva c3	AC-4.3 Probabilidad de fibrilación ventricular superior al 50%.

## Impedancias internas parciales del cuerpo humano.

En el gráfico, los números indican el porcentaje de impedancia interna de un cuerpo humano para la parte del cuerpo implicada, con una trayectoria de corriente de mano a pie.

A fin de calcular la impedancia interna de cuerpo para una trayectoria dada, deben ser sumadas las impedancias internas parciales de todas las partes del cuerpo para la trayectoria de la corriente, así como las impedancias de la piel en las superficies de contacto. Los números indicados en el exterior del cuerpo muestran las porciones internas de las impedancias a añadir al total cuando la corriente entra por ese punto



# Niveles de tensión de acuerdo con el Decreto Reglamentario N° 351/79 de la Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo N° 19587

- ▶ El Decreto Reglamentario N° 351/79 considera los siguientes niveles de tensión:
  - a) Muy baja tensión (MBT): Corresponde a las tensiones hasta 50 V en corriente continua o iguales valores eficaces entre fases en corriente alterna.
  - b) Baja tensión (BT): Corresponde a tensiones por encima de 50 V, y hasta 1000 V, en corriente continua o iguales valores eficaces entre fases en corriente alterna.
  - c) Media tensión (MT): Corresponde a tensiones por encima de 1000 V y hasta 33000 V inclusive.
  - d) Alta tensión (AT): Corresponde a tensiones por encima de 33000 V.

En los ambientes secos y húmedos se considerará como tensión de seguridad cualquier valor hasta 24 V respecto a tierra.

En razón de los valores definidos por este Decreto, la Reglamentación AEA establece como tensión de contacto de seguridad  $U_L = 24 \text{ V}$  (MBTS: Muy Baja Tensión de Seguridad)

No obstante lo mencionado, dicha Reglamentación aclara que la protección contra los choques eléctricos por MBTS se considera asegurada tanto contra los contactos directos como contra los contactos indirectos cuando la tensión nominal no sea superior a 24 V para ambientes secos, húmedos y mojados y de 12 V para lugares en donde el cuerpo este sumergido en agua.

# ¿QUÉ SE ENTIENDE POR CHOQUE ELÉCTRICO?

## **CHOQUE ELÉCTRICO (VEI 195-01-04)**

Es el

“Efecto fisiológico resultante del paso de una corriente eléctrica a través del cuerpo de un ser humano o de un animal”

**Fisiología (RAE):** Ciencia que tiene por objeto el estudio de las funciones de los seres orgánicos

# ELECTROCUCIÓN (VEI 195-03-06)

ES UN

“CHOQUE ELÉCTRICO MORTAL”

- PARA LA REAL ACADEMIA
- electrocución Acción y efecto de electrocutar
- electrocutar Matar por medio de una corriente o descarga eléctrica

El concepto de choques eléctricos es de tal importancia que se define una **Regla Fundamental de Protección Contra los Choques Eléctricos**

# REGLA FUNDAMENTAL DE PROTECCIÓN CONTRA LOS CHOQUES ELÉCTRICOS

## LAS PARTES **ACTIVAS PELIGROSAS**

- NO DEBEN SER ACCESIBLES
- NI SE DEBEN VOLVER ACCESIBLES

## Y LAS MASAS ELÉCTRICAS

- NO SERÁN **ACTIVAS PELIGROSAS**,
- NI SE VOLVERÁN **ACTIVAS PELIGROSAS**.....

➤ NI EN CONDICIONES  
NORMALES

➤ NI EN LAS CONDICIONES DE  
UNA PRIMERA FALLA (DEFECTO  
SIMPLE)

# ¿CUÁL ES LA CONDICIÓN NORMAL?,

Es la Condición de funcionamiento según la forma proyectada, y en ausencia de defecto, EN LA CUAL **TODOS LOS MEDIOS DE PROTECCIÓN** “contra los contactos directos” (AISLACIÓN BÁSICA, ENVOLTURAS, BARRERAS, OBSTÁCULOS, ALEJAMIENTO) **ESTÁN INTACTOS**

## ¿PORQUÉ RAZÓN UN CUERPO PUEDE RECIBIR UN CHOQUE ELÉCTRICO?

PORQUE DICHO CUERPO (SER HUMANO O ANIMAL) FORMA PARTE DE UN CIRCUITO CERRÁNDOLO:

- A TRAVÉS DE DOS CONDUCTORES ACTIVOS,
- A TRAVÉS DE UN CONDUCTOR ACTIVO y la TIERRA,
- A TRAVÉS DE UNA MASA PUESTA BAJO TENSIÓN (POR UN DEFECTO DE AISLACIÓN) y la TIERRA,
- O PORQUE EL CUERPO TOMA CONTACTO CON DOS MASAS SOMETIDAS A DIFERENTE POTENCIAL.

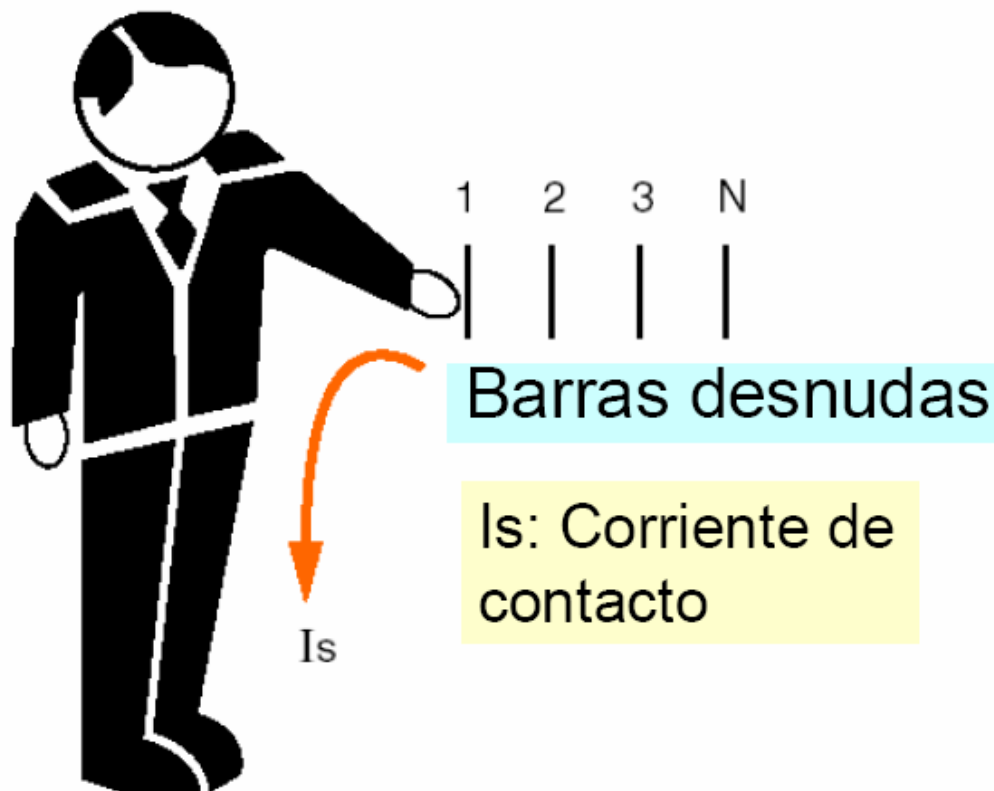
# ¿CON QUÉ PROTECCIONES CONTRA LOS CHOQUES ELÉCTRICOS DEBEN CONTAR LAS INSTALACIONES?

LA QUE CONOCEMOS COMO

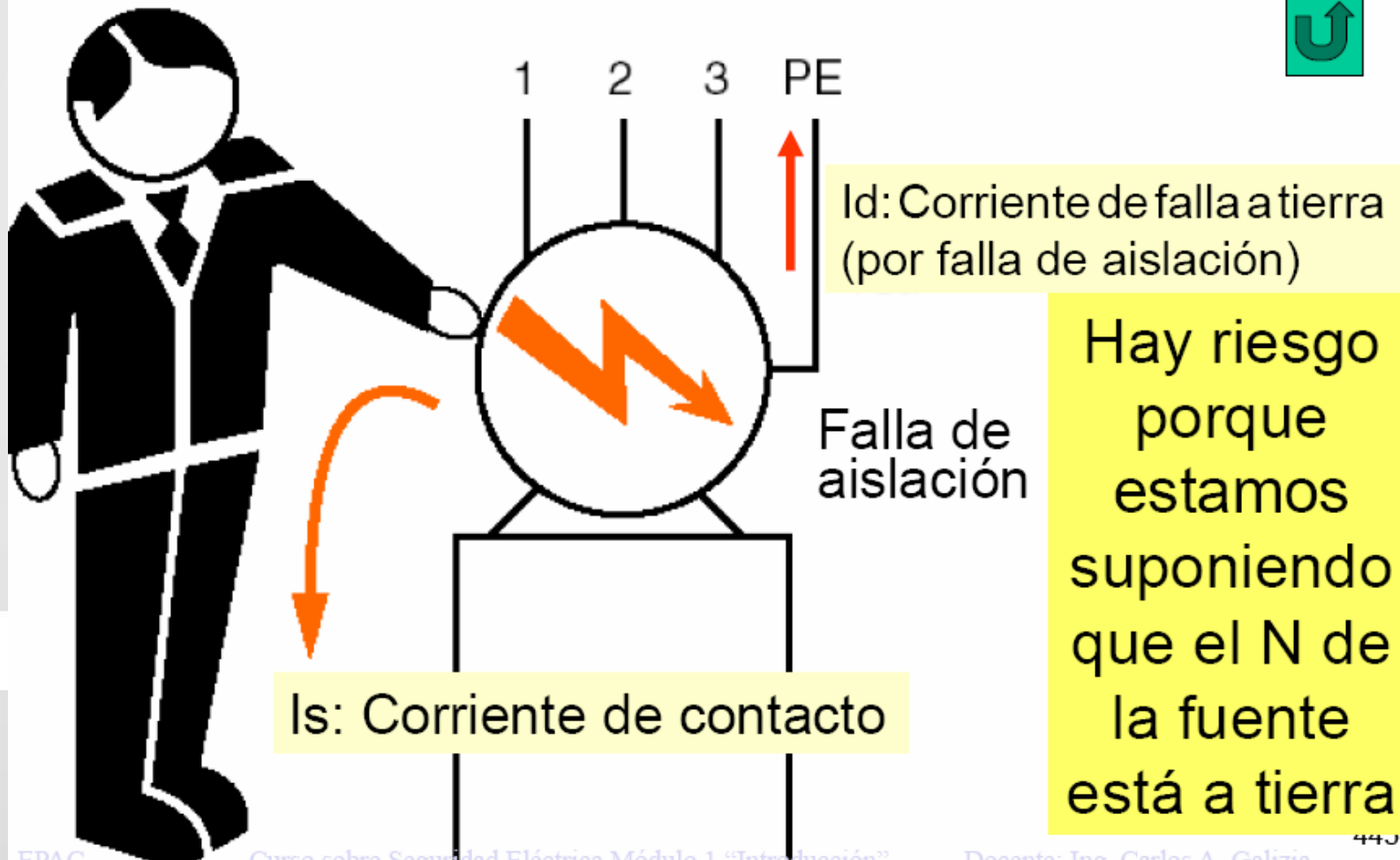
- **PROTECCIÓN CONTRA LOS CONTACTOS DIRECTOS**
- Y LA QUE CONOCEMOS COMO
- **PROTECCIÓN CONTRA LOS CONTACTOS INDIRECTOS**

# Contacto directo

Hay riesgo porque estamos suponiendo que el N de la fuente está a tierra



# Contacto indirecto



# MÓDULO II

## TEMA II.3

Medidas Eléctricas.

# Medidas Eléctricas – Conceptos Básicos

Es importante comprender las consecuencias que el **desconocimiento** de los **Instrumentos de medición**, principios de funcionamiento y métodos de medición, puede ocasionar :

**En el Ambiente**

**Salud** (personal y de terceros)

**Seguridad**

**Daños al instrumento o Instalaciones**

**En la Calidad del producto final**

**Medir** es comparar una cantidad con otra considerada como patrón



Una medición se expresa con un **NÚMERO, UNIDAD, ERROR**

Ejemplo: 12 Volt +/- 1 Volt

No se puede medir todo, solo lo que se puede definir la **igualdad y la suma**

**Podríamos medir el DOLOR o el AMOR ?**

No, pues no se pueden comparar ni sumar

**Exactitud** Si el valor medido concuerda con el verdadero valor



Se indica con un valor numérico:  $10\text{ V} \pm 0.1\text{V}$  y significa que es exacto dentro del rango de 9.9 y 10.1 Volt

**Precisión** tiene que ver con a la repetitividad de las lecturas en el instrumento (qué medidas sucesivas indique idénticos valores medidos)



- Un instrumento puede ser muy preciso en su lectura, pero si debido a una mala calibración, la lectura arroja valores falsos, entonces no es exacto.
- De nada sirve un instrumento muy preciso pero inexacto.

**Sensibilidad** De un instrumento es la MENOR señal de entrada que produce una señal de salida detectable



En los **multímetros analógicos** la sensibilidad es expresada en  $\Omega/\text{V}$

Magnitudes alternas  
En corriente continua

valor típico de sensibilidad es de  $20.000\ \Omega/\text{V}$   
sensibilidad entre  $5.000\ \Omega/\text{V}$  y  $10.000\ \Omega/\text{V}$

# Errores en las Mediciones

**Error** Es la diferencia entre el valor real y el valor medido



- ✓ Cuando medimos, **siempre**, se comete un error, no existe instrumento perfecto ni posibilidad humana de efectuar una medición sin cometer algún tipo de error
- ✓ No en todos los casos conviene tratar de alcanzar la mayor precisión posible, ya que los aparatos resultan más costosos cuanto mayor sea su calidad. Además, es necesario poner mucha atención en su manejo y al leer los valores indicados, si es que se pretende aprovecharlo realmente.
- ✓ Lo razonable es que toda medición se haga dentro del grado de aproximación que sea el requerido por la práctica.

# Errores Sistemáticos y Casuales

## Errores sistemáticos

Son de diferentes tipos y *generalmente pueden ser evitados o corregidos*. No son necesariamente regulares, ocurren con frecuencia con un valor y signo determinados.



Errores de Fabricación	Errores de influencia	Errores de montaje	Errores personales
Errores por rozamiento	Temperatura	Se producen como consecuencia del método elegido para el ensayo o la medición	Son errores de observación o de apreciación.  Se pueden eliminar con instrumentos automáticos registradores
	Humedad		
	Presión del aire		
	Posición		
Errores de ladeo	Vibraciones		
	Campos eléctricos y magnéticos		
	Tensión de la red		
Errores de escala	Frecuencia		
	calentamiento del instrumento durante la medición		

## Errores Casuales o Accidentales

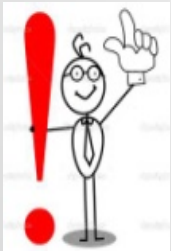
Ocurren siempre de una forma irregular y son de un sentido como de otro, en virtud de una serie de causas que obran al azar, íntimamente relacionadas con la magnitud a medir



- Las causas de los Accidentales nunca son posibles de determinar con certeza
- A mayor número de mediciones (hechas por el mismo operario), menor será el error casual

## Errores de Clase

Estos tienen que ver con la calidad del instrumento y con el fondo de escala que se utilice en la medición.



- La clase del instrumento viene dada por el fabricante, y es un número: un amperímetro “clase 2” es de menor calidad que uno de “clase 1”
- Cuanto más grande es el número, menor es su calidad (mayor el error de clase)
- El valor a medir deberá estar lo más cerca posible del fondo de escala, para disminuir el error de Clase

# Aparatos de Medida

- ❑ **Aparatos indicadores**, una aguja señala, sobre una escala, la magnitud eléctrica a medir
- ❑ **Aparatos digitales**, la magnitud eléctrica a medir se indica en una pantalla, en forma de un número decimal
- ❑ **Aparatos registradores**, en los que se anota gráficamente el curso en el tiempo de la magnitud eléctrica correspondiente
- ❑ **Aparatos totalizadores**, que indican la energía total suministrada durante un cierto tiempo. Son los también llamados contadores eléctricos



# Aparatos de Medida



Pantalla Analógica



Pantalla Digital

**Pantalla Analógica** Cuenta con una escala graduada con forma de arco, sobre la cual se mueve una fina aguja que gira alrededor de un eje, en un ángulo cuyo valor depende de la magnitud eléctrica a medir

❑ **Punto Cero Mecánico**: Es el que señala la aguja indicadora del instrumento de medida en estado de reposo. No tiene que ser necesariamente un punto de la escala.

❑ **Campo de Indicación**: Es el campo de movimiento de la aguja, sin embargo, la escala puede ocupar un ángulo menor, llamado **Campo de medida**.

❑ **Escala Lineal** : la distribución de los valores de la escala están igualmente espaciados constituyendo.

❑ **Escala No uniforme** : los valores de la escala están irregularmente espaciados

❑ **Amortiguamiento del movimiento de la aguja**: En los instrumentos de hierro móvil y en los electrodinámicos se realiza por medios neumáticos

En los instrumentos de bobina móvil y en los de inducción, el amortiguamiento es electromagnético.

Se utilizan corrientes parásitas o de Foucault generadas en una pieza metálica

# Tipos constructivos

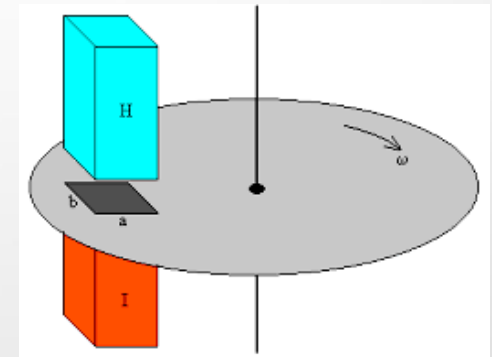
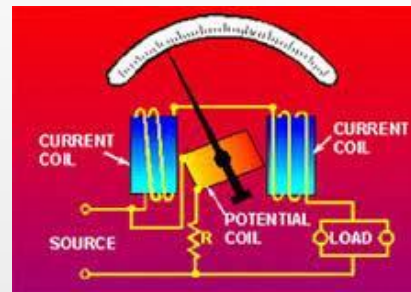
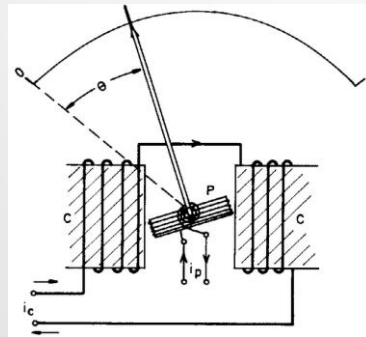
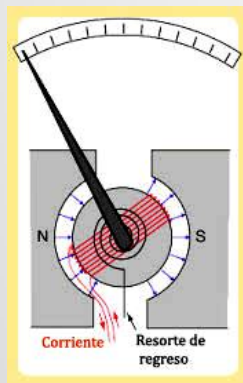
## Aparatos Indicadores (de aguja)

1. De bobina móvil e imán fijo

1. De hierro móvil y bobina fija







1. **Electrodinámicos**, usan 2 bobinas concéntricas: **Vatímetros**





1. **de inducción**, usan corrientes parásitas o de Foucault : **Medidor de Energía**






# Símbolos




Indican diversos aspectos de los instrumentos analógicos

Símbolos de sistema de funcionamiento de aparatos de medida		Mecanismo de medida de bobina móvil. Voltímetros y amperímetros de corriente continua
		Mecanismo de medida de hierro móvil. Voltímetros y amperímetros de corriente alterna
		Mecanismo de medida electrodinámico sin núcleo de hierro. Voltímetros, amperímetros y vatímetros.
		Mecanismo de medida electrodinámico con núcleo de hierro. Voltímetros, amperímetros y vatímetros
		Mecanismo de medida de bobina móvil con rectificador. Multímetros ("testers")
		Mecanismo de medida por inducción. Voltímetros, amperímetros y medidores de energía eléctrica (Contadores)

Símbolos de tipos de corriente en aparatos de medida		Corriente continua
		Corriente continua y corriente alternada
		Corriente alternada (monofásica)
		Aparato medidor de corriente alternada trifásica con lectura en una fase. Si dos o tres símbolos de ca estuvieran engrosados, la lectura es efectuada en dos o tres fases respectivamente

Símbolos de posición de utilización de aparatos de medida.		Posición de uso vertical (posición normal). Para realizar medidas, el aparato debe colocarse con la escala vertical. Instrumentos de montaje en panel.
		Posición de uso horizontal. Para realizar medidas, el aparato debe colocarse con la escala horizontal. Instrumentos portátiles.
		Posición de uso inclinada (Por ejemplo: 30°). Para realizar medidas el instrumento debe colocarse con la escala inclinada los grados indicados.

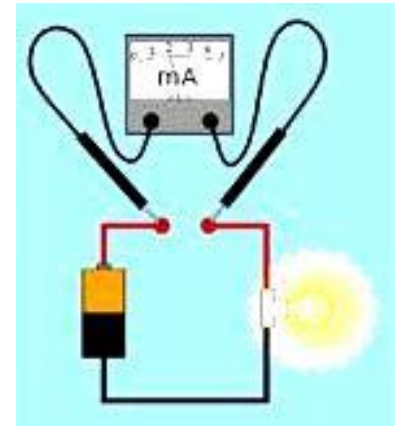
# Símbolos

Símbolos de tensión de prueba de aislamiento de aparatos de medida.		Tensión de prueba de aislamiento. El número indica la tensión en kV, por ejemplo, 1 kV.
		Si no se indica ningún número, la tensión de ensayo es de 500 V.
		Si se indica un cero, el aparato no ha sido sometido al ensayo de aislamiento

# Medición de Intensidad de Corriente

**El Amperímetro** hace una lectura directa de la intensidad de una corriente eléctrica.

la escala está graduada directamente en ampere



- se conecta en serie con el receptor de la corriente que se desea medir (**Se tiene que abrir el circuito**)
- Mide según Ley Ohm:  $I = V/R$
- En **corriente alterna** el amperímetro no tiene polaridad
- En **corriente continua** es necesario que la corriente **entre** por el borne **positivo (+)** del amperímetro y que **salga** por el **negativo (-)** .  
(*Peligro de destrucción del amperímetro*) excepto en aquellos que pueden indicar valores negativos, como los **aparatos digitales** o **analógicos con el cero en el centro de la escala**.



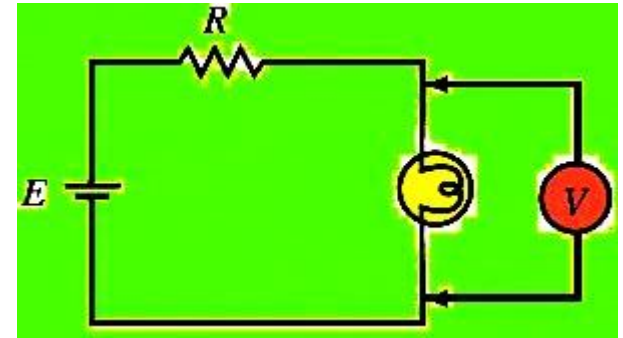
***Normalmente, la resistencia interna de los amperímetros es prácticamente nula y casi no influye en la medida.***

# Medición de Tensión

## El Voltímetro

Mide la tensión entre dos puntos de un circuito mediante lectura directa en volt.

La resistencia interna de los voltímetros es muy alta, (no afecta a la medición)



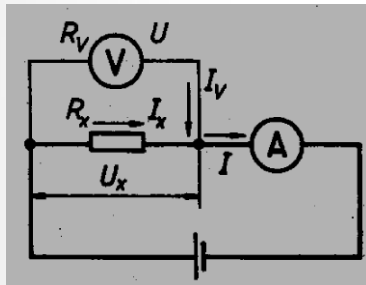
- ❑ Se conecta en paralelo a los puntos entre los que se encuentra la diferencia de potencial a medirse (**NO se tiene que abrir el circuito**)
- ❑ **Corriente alterna** el voltímetro no tiene polaridad (esto quiere decir que no importa cómo se conectan las puntas del voltímetro al circuito)
- ❑ **Corriente continua** hay que conectar el **borne positivo (+)** al punto de mayor potencial y el **borne negativo (-)** al punto de menor potencial.
- ❑ Si el aparato de medida tiene la posibilidad de indicaciones negativas, como los voltímetros digitales, no es necesario tomar ninguna precaución respecto a la polaridad.

***Las partes de un instrumento de medida sometidas a tensión tienen que aislarse entre sí y con el exterior, para evitar accidentes.***



# Medición de Resistencia

**Procedimiento Voltímetro – Amperímetro:** Se basa en la ley de Ohm por cálculo, se determina el valor de la resistencia ( $R = V / I$ )



Se necesita un voltímetro y un amperímetro para realizar las mediciones V e I, luego se **calcular** la resistencia  $R = V / I$



**Procedimiento de medición directa:** Mediante uso de un **óhmetro** A tensión constante, la escala de un miliamperímetro puede graduarse directamente en ohmios

- No deben emplearse nunca en circuitos bajo tensión
- Antes de realizar la medición, debe procederse al ajuste a cero del Óhmetro
- Al medir resistencias en un circuito, deben desconectarse del mismo.
- Comprobar que la tensión del óhmetro no daña a los materiales que constituyen la resistencia a medir
- No tocar con las manos los bornes de la resistencia a medir, pues quedaría conectada la resistencia propia de nuestro cuerpo en derivación con dicha resistencia,



# Escala del Óhmetro



No es uniforme



Se lee de derecha a izquierda, al contrario que en un voltímetro o amperímetro



Puntas Cortocircuitadas ( $R=0$  Ohm ) desviación máxima de la aguja a la derecha (máxima corriente)



Puntas separadas ( $R = \infty$  Ohm ) la aguja no se mueve, queda a la izquierda

Los óhmetros miden resistencias entre  $100 \Omega$  y  $50 \text{ k}\Omega$

Para mayores valores se usan MEGOHMETROS (utilizados para medir la resistencia de aislación)

# Multímetros o Polímetros (“Testers”)



Medidor con  
escalas  
múltiples

El multímetro analógico tiene un **selector de función rotatorio** que permite definir:

- **Tipo de variable a medir:** voltaje, corriente o resistencia (Para cada caso se leerá la medición en una escala diferente)
- **Rango en el que se desea medir** (Cuanto más próximo se seleccione el rango a la magnitud a medir, más precisa será la medición)



Si no se conoce el valor a medir, para no correr con el riesgo de dañar el tester, debemos elegir la escala máxima y realizar la medición.

Luego, si esta escala es grande y no permite obtener la precisión deseada, se elegirá otra menor y así sucesivamente.

## Para realizar la medición se debe:

- ❑ Si se está midiendo una tensión debemos tener en cuenta si es continua o alterna
- ❑ Si es continua debemos conectar la punta de color rojo en el terminal positivo y la punta de color negro en el negativo, de lo contrario en los aparatos digitales se obtendrá un valor negativo. Este valor negativo indica que los polos reales (+ y -) son opuestos a la posición de nuestras puntas.
- ❑ los testers analógicos (poseen una aguja para indicar la medición), si en estos testers se invirtieran las puntas, la aguja tiende a girar para el lado contrario a las agujas de un reloj, arruinando al instrumento.
- ❑ En el caso de la tensión alterna, es indiferente cómo se coloquen las puntas ya que medimos su valor eficaz.
- ❑ Si se está midiendo una corriente eléctrica, el instrumento debe conectarse en serie con el circuito a medir.
- ❑ Cuando se miden resistencias en un multímetro el selector de rango puede estar en distintas posiciones (Rx1, Rx10, Rx100, Rx1k, Rx10k, Rx1M) y el resultado medido será multiplicado por el factor que se muestra en el rango.

**Ejemplo** si en la pantalla de un multímetro digital o en la escala de uno analógico en función de medir una resistencia, se lee 4.7 y el rango indica: Rx1000, el valor medido será  $4.7 \times 1000 = 4700$  ó  $4.7 \text{ k}\Omega$  (kilohm)





***Antes de iniciar una medición eléctrica es muy importante escoger la función y el rango adecuados. Si se equivoca puede dañar el instrumento en forma definitiva.***

Adicionalmente un multímetro analógico tiene dos perillas que permiten ajustar la aguja a cero (posición de descanso) y la otra para ajustar la lectura de ohmios a cero (0).

## **GENERALIDADES**

- ❑ La polaridad, en general, no es importante en los multímetros digitales, y sí lo es en los analógicos.
- ❑ En los instrumentos digitales no se comete el error de lectura ni de apreciación de la posición de la aguja sobre una escala, ya que en la pantalla se muestran los números indicativos de la medición.
- ❑ Algunos instrumentos digitales funcionan bajo el criterio de “autorrango”, por lo que la perilla selectora se utiliza solamente para elegir la magnitud a medir y no los alcances de la lectura.
- ❑ Si con la magnitud medida se excede el rango seleccionado, los instrumentos de aguja pueden sufrir deterioros importantes, mientras que en los digitales, este inconveniente se ve minimizado.
  
- ❑ ***Para evitar una descarga eléctrica o un daño al multímetro, no se debe aplicar más de 600 volt entre cualquier terminal y tierra.***
  
- ❑ ***A la hora de hacer mediciones eléctricas se recomienda revisar el manual específico del Instrumento .***



# Vatímetros

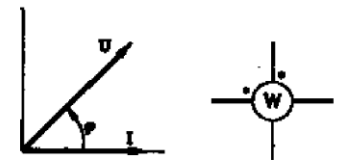
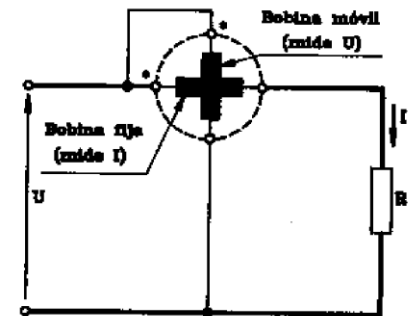
Se utilizan para la medición la potencia de una corriente eléctrica

- En corriente continua, potencia  $P = U I$  (Casi nunca se usa)
- En corriente alterna, la potencia activa Monofásica  $P = U I \cos \varphi$  (es el más usado en AC).
- Para la medición de la potencia en **corriente alterna trifásica**, se colocan en una misma caja dos o tres aparatos de medida; O se usan 3 vatímetros monofásicos.



❑ Los vatímetros Digitales pueden medir potencia activa, reactiva, aparente y factor de Potencia.

- ❑ La unidad de potencia activa es el W (watt).
- ❑ La unidad de potencia reactiva es el VAR (volt-ampere reactivo).
- ❑ La unidad de potencia Aparente es el VA (volt-ampere)



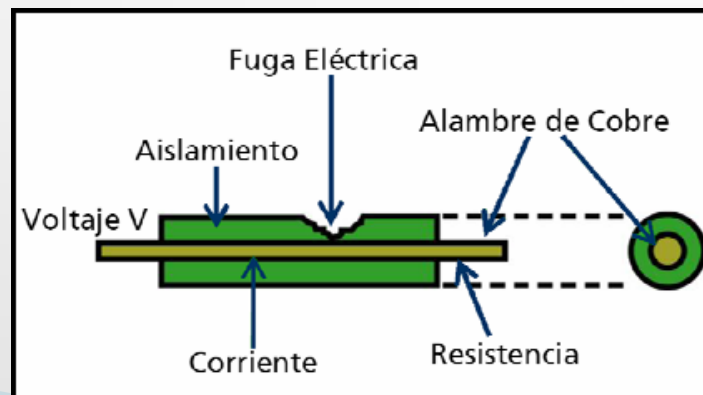
Esquema de un vatímetro, diagrama de tensión e intensidad y símbolo del instrumento.

# Medición de Aislamiento (AEA 771.23.5.1)

**El aislamiento en los cables nos sirve para evitar fugas de corriente hacia el exterior.**

Los cables están diseñados para durar varios años (entre 20 a 30 años), el aislamiento sufre un deterioro con el paso del tiempo y por sobrecargas de corriente, daños mecánicos, vibraciones, calor o frío excesivo, suciedad, aceite, vapores corrosivos, humedad en los procesos, etc.

Una de las causas más comunes de incidentes y accidentes están relacionadas con la pérdida de aislación en los conductores eléctricos. Por esta razón, es importante llevar a cabo mediciones periódicas de la condición del aislamiento.



# Medición de Aislamiento (AEA 771.23.5.1)

**Procedimiento de medición:** Para sistemas de 380/220 V debe utilizarse un instrumento de corriente continua llamado Megóhmetro o MEGGER. Con tensión igual a 500 V o 1000 V (NO se puede medir con un óhmetro común)

**La medición de la resistencia de aislación debe hacerse**

**Desconectando la línea de alimentación, los artefactos y aparatos de con sumo, debiendo quedar cerrados todos los aparatos de maniobra y protección.**



**Se efectuarán las mediciones siguientes:**

- 1) Entre conductores de fase.
- 2) Entre conductores de fase unidos entre sí y neutro.
- 3) Entre conductores de fase unidos entre sí y conductor de protección.
- 4) Entre conductor neutro y conductor de protección.

Valor mínimo de la resistencia de aislación será de 1000  $\Omega/V$  de tensión aplicada por cada tramo de la instalación de 100 m o fracción

## Valor mínimo de la resistencia de aislación (AEA 771.23.5.1.1)

La resistencia de aislación medida bajo la tensión de ensayo será considerada satisfactoria, si cada circuito con los aparatos de utilización desconectados, presenta una resistencia de aislación igual o superior al valor indicado en la tabla siguiente.

Tensión nominal del circuito [V]	Tensión de ensayo en corriente continua [V]	Resistencia de aislación [MΩ]
MBTS MBTF	250	$\geq 0,25$
<b>Inferior o igual a 500 V, con excepción del caso anterior</b>	<b>500</b>	<b><math>\geq 0,5</math></b>
Superior a 500 V	1000	$\geq 1$



# Megohmetro

El megóhmetro o Megger es un instrumento de prueba que se usa para medir la resistencia del aislamiento de los conductores.



## Se fabrican básicamente tres tipos:

- De generador de corriente continua (accionado a mano);
- De generador de corriente alterna (accionado a mano)
- De baterías.

Su uso es muy simple y la lectura dá directamente el valor de la resistencia en ohm o Megaohm sin cálculo alguno.

Se debe llevar un registro con el historial de las medidas para poder realizar un buen análisis de la variación de la resistencia de aislación.

**Peligro de descarga del aparato bajo prueba !!!!**



# Medición de la resistencia de puesta a tierra

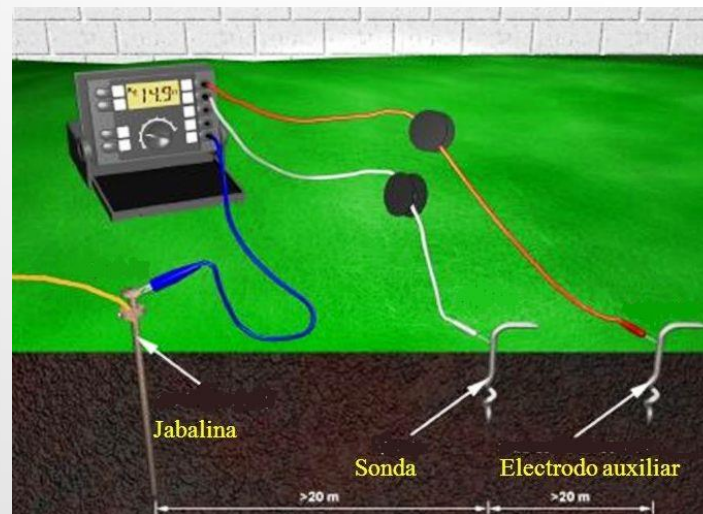
(AEA 771.23.5.2: )

## Medición con Telurímetro



Es un instrumento que sirve para medir la resistividad que tiene el suelo y, en base a esto, saber si el sistema de puesta a tierra cumple con los valores recomendados ( **$R_{pat} \leq 40 \Omega$** ).

Para llevar a cabo la prueba es necesario enterrar las varillas que vienen con el equipo y poner a cierta distancia una de otra, así, por medio de los cables, se conectan las varillas al equipo y se hace la , la lectura dá directamente el valor de la resistencia en ohm o Megaohm sin cálculo alguno.



# Medición de la resistencia de puesta a tierra

(AEA 771.23.5.2: )

## Medidor de Tierras tipo Pinza

La pinza de medida de resistencia de puesta a tierra simplifica el proceso de comprobación del bucle tierra y permite realizar medidas de corrientes de fuga no intrusivas.

El proceso de comprobación de la resistencia del bucle de tierra también se conoce como comprobación de tierra “sin picas”. Para llevar a cabo la medida no es necesario colocar jabalinas o sondas auxiliares ni desconectar el sistema de tierra de la instalación eléctrica.



# Medición de la resistencia de puesta a tierra

**ATENCIÓN !!!!**

- ❑ Nunca seccione el cable de la puesta a tierra  
(desprotección total)
- ❑ Nunca desconecte una puesta a tierra con la mano  
(riesgo de electrocución)
- ❑ No debe circular corriente por la tierra de forma permanente  
(degradación de la misma)
- ❑ Verifique previamente la ausencia de animales o insectos  
peligrosos en las cajas de Inspección de la PAT

# PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

## **Objetivo específico:**

Dimensionar, verificar y medir los parámetros eléctricos de las instalaciones eléctricas.

## **Capacidades a desarrollar:**

Identificar y valorar las magnitudes eléctricas y sus unidades y el comportamiento de circulación de corriente en los circuitos eléctricos en inmuebles.

Seleccionar, preparar y utilizar el instrumental de medición y verificación específico para cada tarea en la instalación eléctrica en inmuebles.

Integrar e interpretar mediciones de magnitudes eléctricas a controlar de acuerdo a las indicaciones de las normas y/o reglamentaciones, en lo referente a circuitos de medición y protocolos de ensayo, registrando los resultados en informes escritos.

Reconocer parámetros de riesgo eléctrico.

# PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

**Conocimientos de electricidad:** Ley de Ohm: magnitudes intervinientes, definiciones, unidades y regla nemotécnica. Resistividad y resistencia eléctrica. Materiales conductores comúnmente utilizados. Aislantes, aislaciones y dieléctricos. Resistencia de aislación. Circuitos eléctricos. Niveles de tensión. Conexiones en serie, en paralelo y mixtas. Caída de tensión, concepto y cálculo. Práctica de ejercicios combinados. Uso de Tablas.

**Magnetismo:** definición. Imanes: definición, tipos y características. Ley fundamental del magnetismo. Electroimanes.

**Corriente continua:** Definición, características y utilización.

**Corriente alterna:** Definiciones, características y utilización. Sistemas monofásicos bifásicos y trifásicos. Conexiones estrella y triángulo. Conductor neutro.

**Elementos de circuitos de corriente alterna:** Diferentes elementos conectados a la corriente alterna. Comportamiento. Concepto de “coseno de phi”.

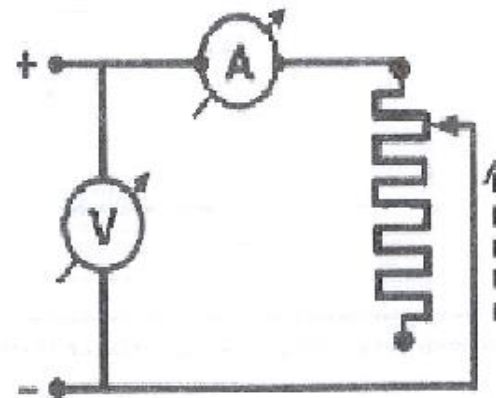
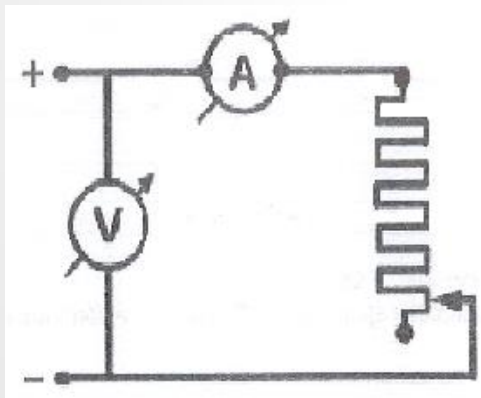
**Potencia Eléctrica:** Potencia monofásica y trifásica: generalidades. Potencia nominal, aparente y reactiva. Concepto de “coseno de phi” aplicado a las potencias.

## LEY DE OHM

Sabemos que la intensidad de corriente  $I$  que circula por un circuito depende de la Tensión aplicada  $U$  y de la Resistencia  $R$  del Receptáculo. Analicemos la variación de  $I$  en función de  $U$  y  $R$ .

Si  $R$  no varía y se aplican diferentes valores de Tensión:  $U_1, U_2, \dots$

Se nota que  $I$  varía proporcionalmente a  $U$ .



Por el contrario, si se deja fijo el valor de  $U$  y  $R$  es regulable, puede verse que  $I$  tiene variaciones inversas con ésta última.

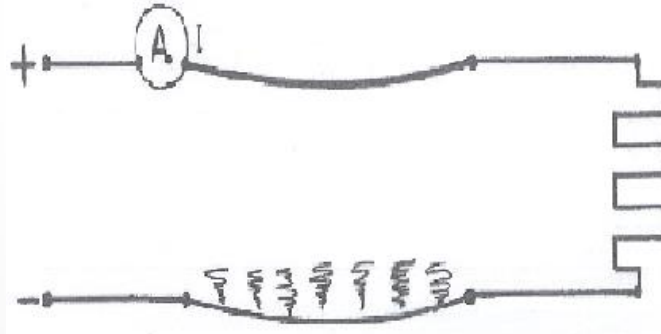
$$I = \frac{U}{R}$$

$$U = R \cdot I$$

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

## Densidad de Corriente en un Conductor (A/mm<sup>2</sup>)

Sea un circuito eléctrico, compuesto por dos conductores de distinta sección, por los cuales circula la misma intensidad de corriente.



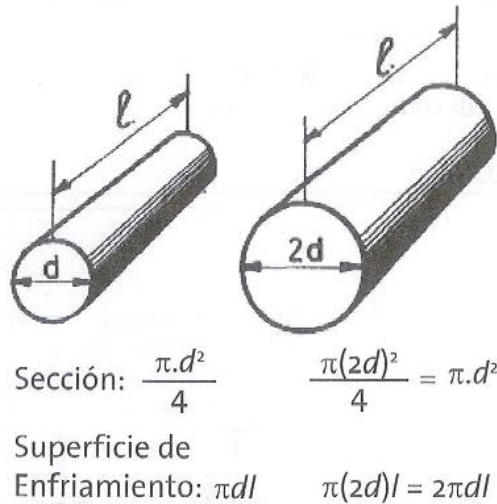
En esas circunstancias, el conductor de menor sección transversal, experimenta un calentamiento mayor que el otro. En el hilo más fino la concentración de corriente por unidad de sección es superior, o sea se concentran más electrones.

La relación entre la corriente y la sección, se llama Densidad de Corriente:

$$\delta_{[A/mm^2]} = I_{[A]} / S_{[mm^2]}$$

La densidad de corriente que un conductor puede tolerar sin calentamiento excesivo, se llama Densidad Máxima Admisible. Depende del material del conductor y de sus condiciones de enfriamiento.

Las condiciones de enfriamiento dependen del tipo de instalación (canalización), sección del conductor, su geometría (sección cuadrada, rectangular, etc.).



Al aumentar el diámetro al doble, de la sección transversal conductor, se cuadruplica, mientras que la superficie de enfriamiento (periférica), sólo se duplica.

## Caída de Tensión

La caída de tensión de un conductor es la diferencia de potencial que existe entre los extremos del mismo. Este valor se mide en Voltios y representa el gasto de fuerza que implica el paso de la corriente por el mismo.

Asimismo, la caída de tensión es medida frecuentemente en porcentaje de la tensión nominal de la fuente de la que se alimenta. Por lo tanto, si en un circuito alimentado a 400 Voltios de tensión se prescribe una caída máxima de tensión de una instalación del 5%, esto significará que en dicho tramo no podrá haber más de 20 voltios, que sería la tensión perdida con respecto a la tensión nominal.

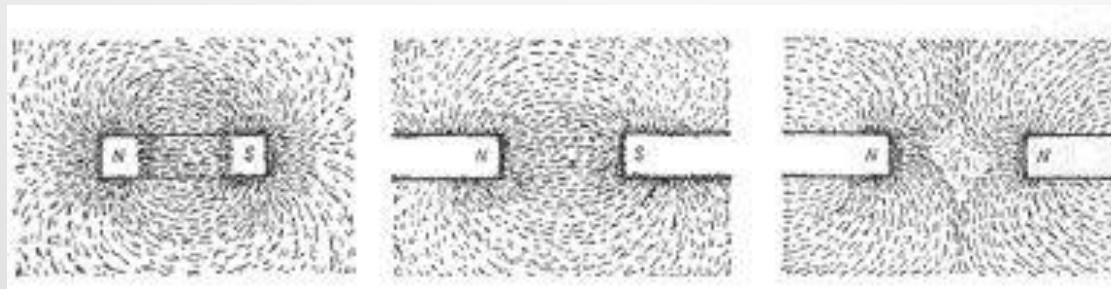
## **Magnetismo. Imanes**

Un imán es un cuerpo o dispositivo con la propiedad de atraer a otros imanes y/o metales ferromagnéticos (hierro, cobalto, níquel y aleaciones de estos). Puede ser natural o artificial, en ambos casos estos cuerpos manifiestan su acción o influencia a través de líneas de fuerza (atracción o repulsión) en una zona, la cual se llama campo magnético.

Los imanes naturales, o permanentes, mantienen su campo magnético continuo, a menos que sufran un golpe de gran magnitud o se les aplique cargas magnéticas opuestas o altas temperaturas.

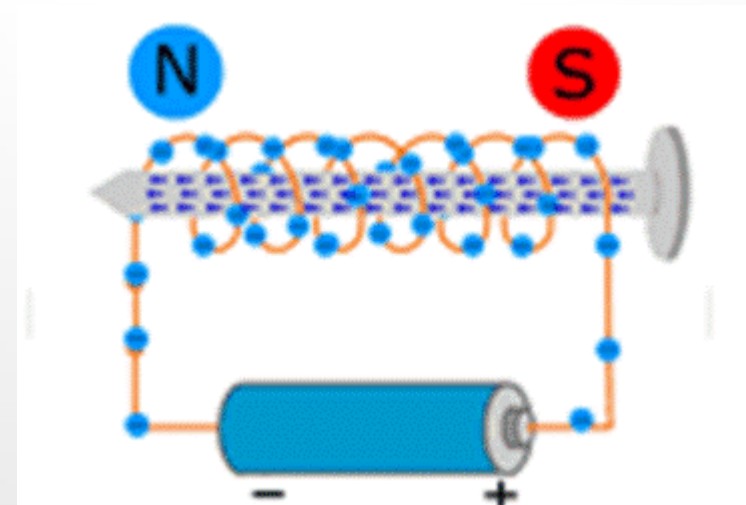
## **Magnetismo. Ley Fundamental**

Polos opuestos se atraen, polos iguales se repelen.



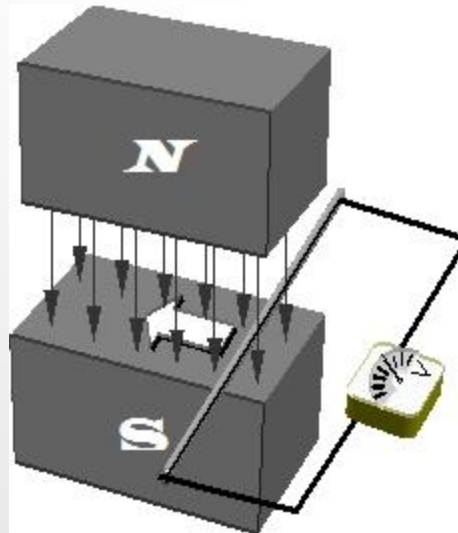
## Tipos de Imanes:

Los imanes pueden ser: naturales o artificiales, o bien, permanentes o temporales. Un imán natural es un mineral con propiedades magnéticas (magnetita). Un imán artificial es un cuerpo de material ferromagnético al que se ha comunicado la propiedad del magnetismo. Un imán permanente está fabricado en acero imantado. Un imán temporal, pierde sus propiedades una vez que cesa la causa que provoca el magnetismo. Un **electroimán** es una bobina (en el caso mínimo, una espiral) por la cual circula corriente eléctrica.

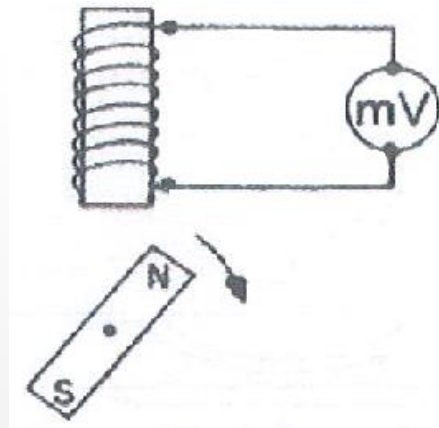


## Ley de Faraday

La inducción electromagnética es el fenómeno que origina la producción de una fuerza electromotriz (f.e.m.) o tensión eléctrica en un medio o cuerpo expuesto a un campo magnético variable, o bien en un medio móvil respecto a un campo magnético estático no uniforme. Es así que, cuando dicho cuerpo es un conductor, se produce una corriente inducida. La magnitud de la tensión inducida es proporcional a la variación del flujo magnético.



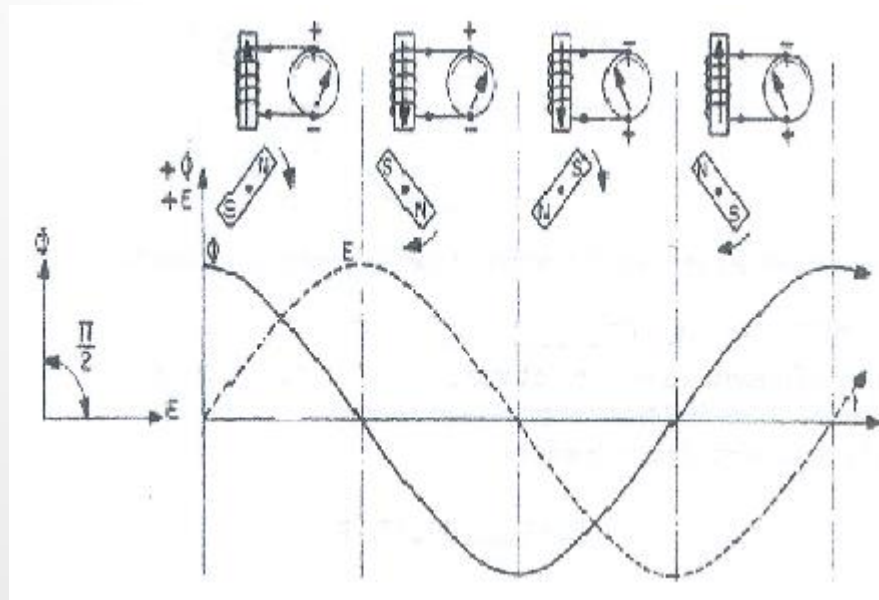
Sea un esquema constituido por una bobina de conductor de cobre, dispuesta sobre un núcleo de material ferromagnético; si se dispone un voltímetro en los extremos de la bobina y se hace girar un imán permanente en las proximidades del hierro del núcleo, se verificará la aparición de una F.E.M inducida en los extremos de la bobina, producto del campo magnético alternadamente variable.



El campo magnético variable induce una F.E.M. y la rotación del imán, alternativamente exponiendo sus polos Norte y Sur, produce una variación alternada del flujo magnético que induce, como producto, una F.E.M. también alternada.

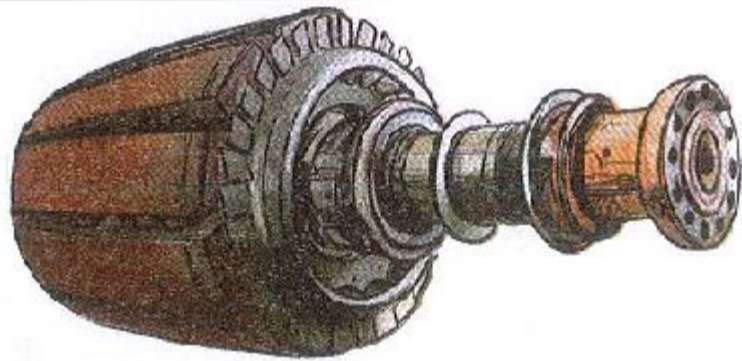
Una vuelta completa del imán corresponde a un período de la F.E.M. inducida.

La situación y fenómeno descritos corresponden al principio de funcionamiento del **Alternador Elemental**.



La bobina recibe el nombre de ***Inducido*** y el imán, ***Inductor***.

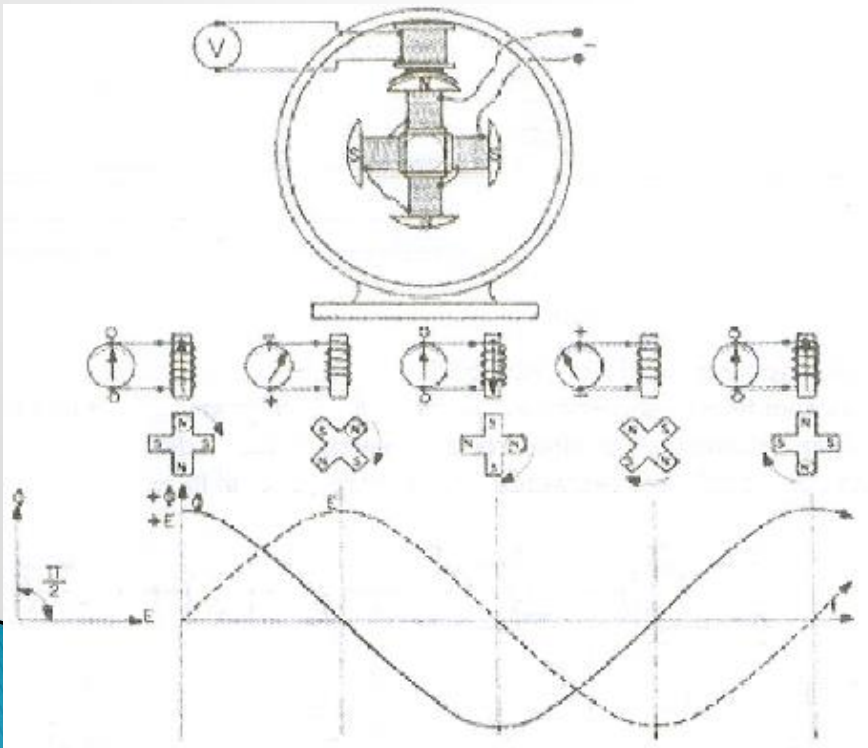
# Constitución de un Alternador



Inductor o rotor (parte giratoria)

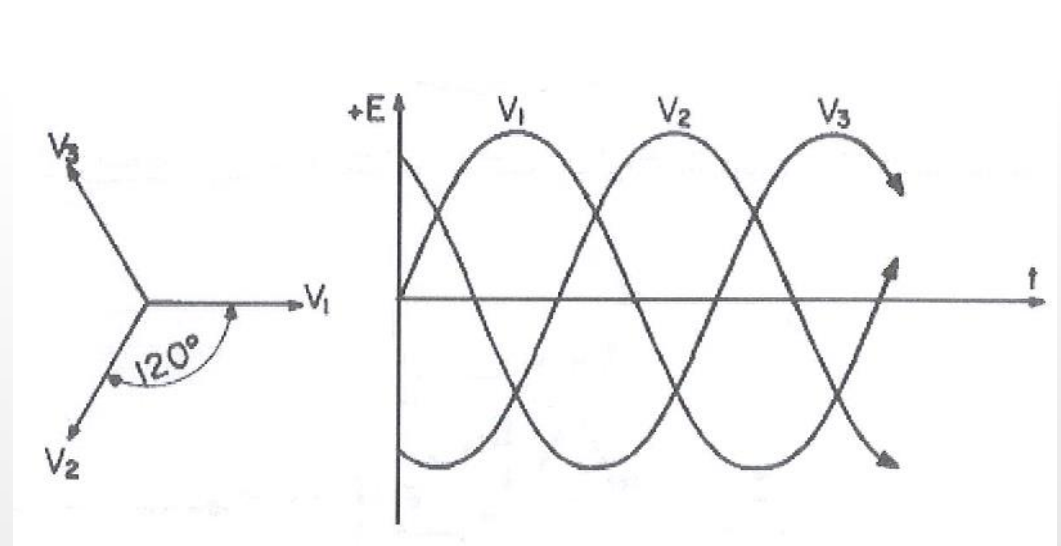
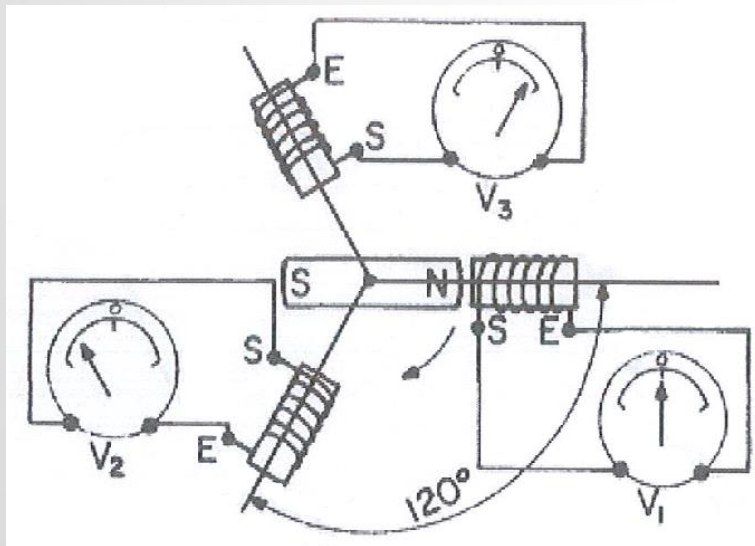


Inducido o estator (parte fija)



## Alternador Trifásico, generación de corriente trifásica

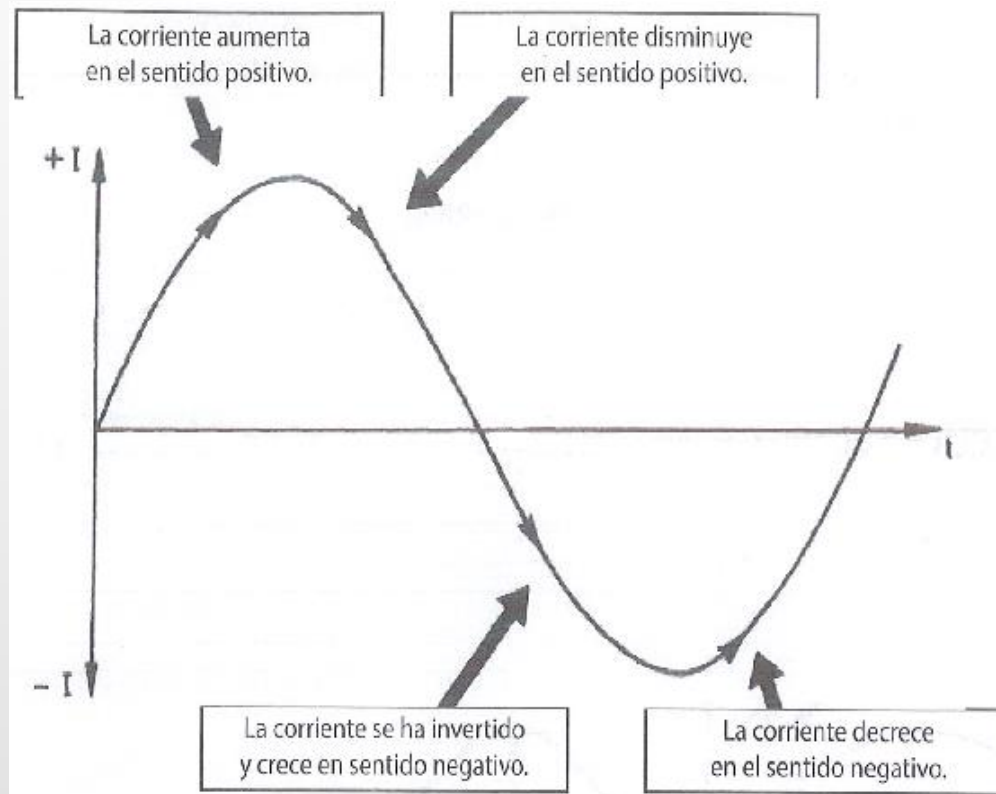
Si se disponen tres bobinas idénticas, decaladas en el espacio entre si en  $120^\circ$ , se producirán tres F.E.M. de igual valor y frecuencia pero desfasadas entre ellas  $1/3$  de período.



## Corriente Alterna (C.A.) y Corriente Contínua (C.C.)

### Corriente Alterna (C.A.)

Como se vio, la C.A. se produce con el alternador quien da a lugar a una onda alternada que podría tener formas diversas. En el caso de la C.A. industrial, la forma de onda siempre será SENOIDAL.



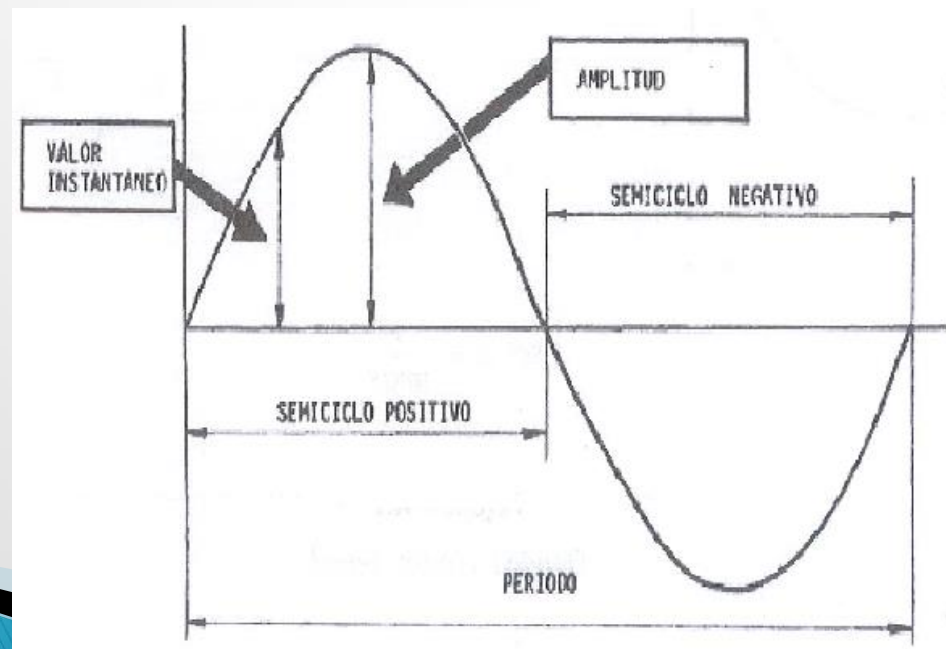
El tiempo que tarda la C.A. en retomar en el mismo sentido, el mismo valor, se llama Período (T)

Una variación completa, ya sea en un sentido o en otro, se llama Semiciclo

La amplitud es el valor máximo de la corriente alcanzada por la curva

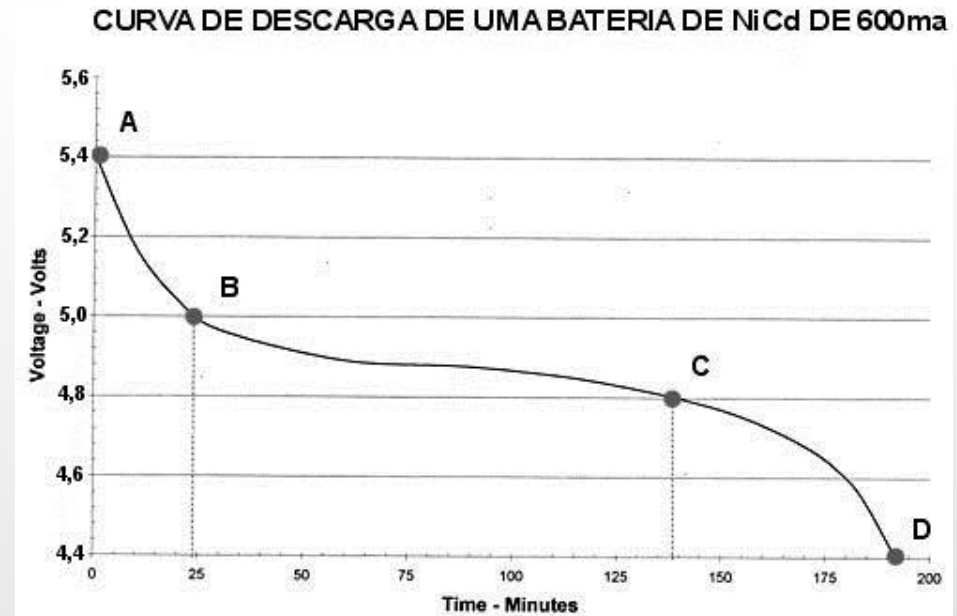
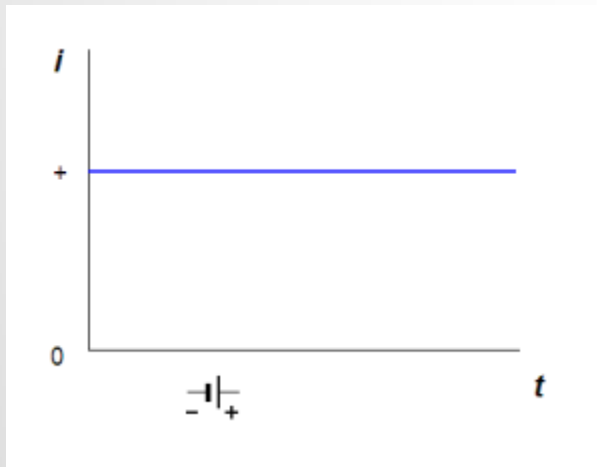
El valor instantáneo es el valor de la corriente, representado por la curva, en un instante dado

La frecuencia (f) de una onda alterna representa el número de períodos en un segundo. Se mide en Hertz (Hz)



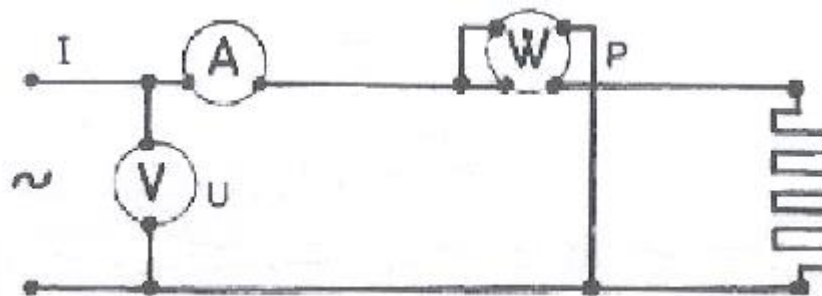
## Corriente Continua (C.C.)

Corriente de intensidad constante provista por pilas, baterías y/o dínamos, en la cual, el movimiento de cargas es siempre en un mismo sentido. Aunque comúnmente se identifica la corriente continua con una corriente constante, es continua toda corriente que mantenga siempre la misma polaridad, así disminuya su intensidad conforme se va consumiendo la carga (por ejemplo cuando se descarga una batería eléctrica).

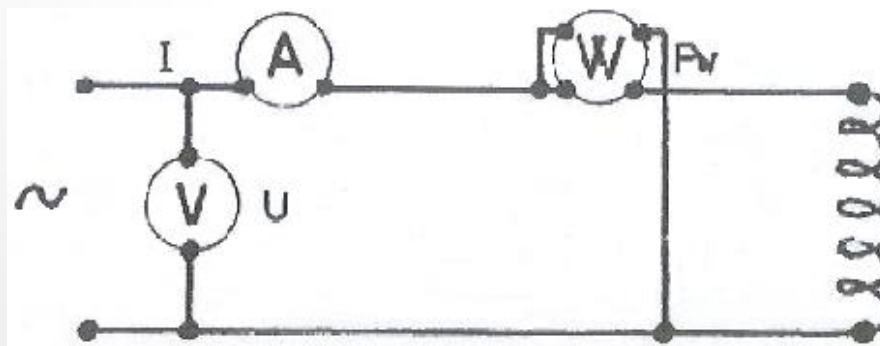


## Elementos en Circuitos de C.A.

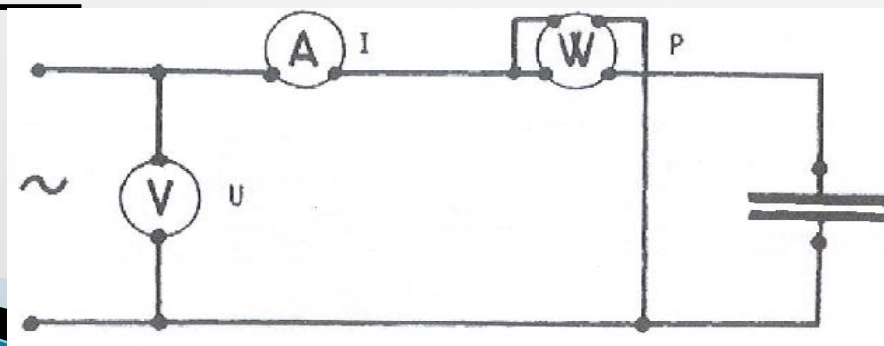
### Receptor Óhmico



### Receptor Inductivo



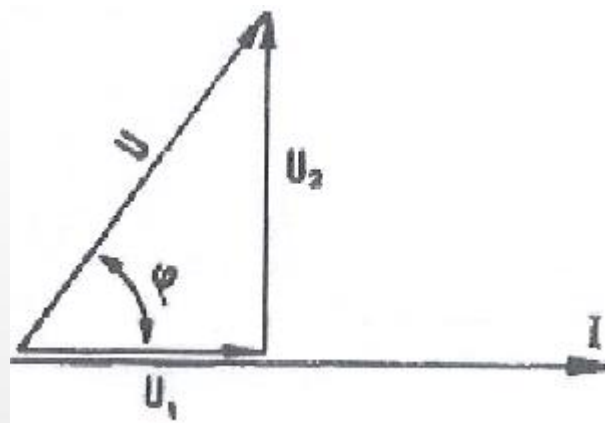
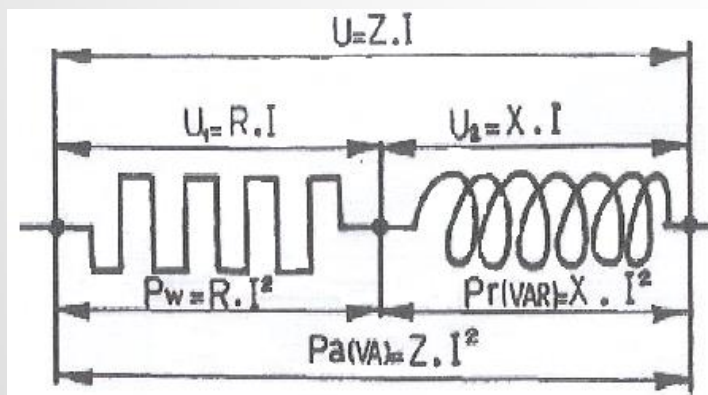
### Receptor Capacitivo



## Potencia en un circuito con elementos inductivos

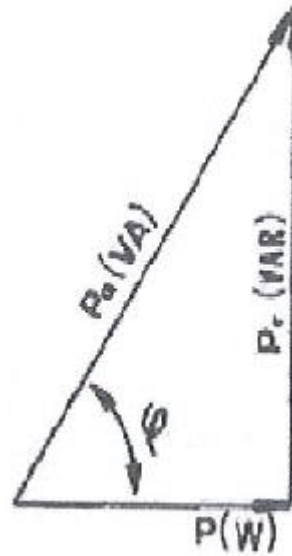
La potencia absorbida por un receptor óhmico esta dada por el producto  $U \cdot I$  y corresponde a lo que indica el vatímetro.

En el caso de un receptor inductivo, la potencia indicada por el vatímetro no tiene correspondencia con el producto  $U \cdot I$ . Esto se debe a que al ser alimentada con C.A. una carga inductiva, existe un fenómeno de reacción que retrasa a la onda de corriente respecto de la onda de tensión. Tal retraso corresponde a un ángulo  $\varphi$  (Fi).



# POTENCIA ELÉCTRICA

## TRIÁNGULO DE POTENCIA



**POTENCIA APARENTE**

$$P_{a(VA)} = U \cdot I$$

**POTENCIA ACTIVA**

$$P_{(W)} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} \cdot \cos\varphi$$

$$P_{a(W)}^2 = P_{(V)}^2 \cdot P_{r(VAR)}^2$$

**POTENCIA REACTIVA**

$$P_{r(VAR)} = U_{(V)} \cdot I_{(A)} \cdot \sen\varphi$$

**FACTOR DE POTENCIA**

$$\cos\varphi = \frac{P_{(W)}}{P_{a(VA)}}$$

## Consignas:

- 1) *Profundizar los conceptos y análisis de circuitos con diferentes tipos de impedancias. Aplicar ley de Ohm y cálculo de la caída de tensión en los elementos constitutivos de los mismos.*
- 2) *Profundizar los conceptos, leyes fundamentales y unidades relacionadas con los fenómenos de Magnetismo.*
- 3) *Analizar la potencia en el caso de circuito compuesto por receptores capacitivos.*
- 4) *Analizar las ecuaciones y el Triángulo de Potencia y energía para el caso monofásico y trifásico.*
- 5) *Diferenciar Potencia y Energía.*