

Esquema del curso

1. Introducción al WECC

2. Fundamentos de la Electricidad

3. Descripción general del sistema de energía

4. Principios de Generación

5. Descripción general de la subestación

6. Transformadores

7. Transmisión de potencia

8. Protección del sistema

9. Principios de funcionamiento del sistema

2 | Fundamentos de la Electricidad

- Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito
- Corriente alterna
- Potencia en circuitos de CA
- Circuitos Trifásicos
- Electromecánica

Carga, Fuerza y Voltaje



Teoría Eléctrica, Cantidades y elementos de circuito

- átomos, electrones, carga
- Conductores y Aislantes
- Actual
- Voltaje
- Poder
- Magnetismo y Electromagnetismo
- Componentes del circuito y resistencia
- Análisis de circuitos (Leyes de Ohm y Kirchhoff)

Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

Electricidad

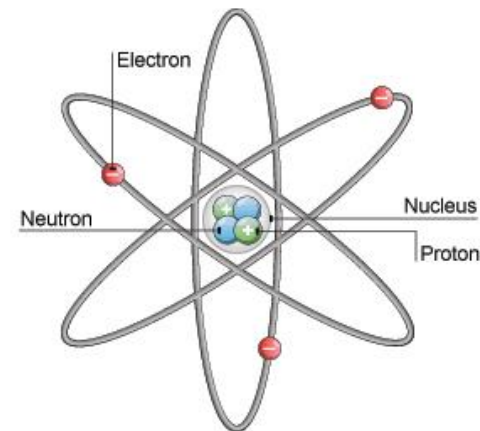
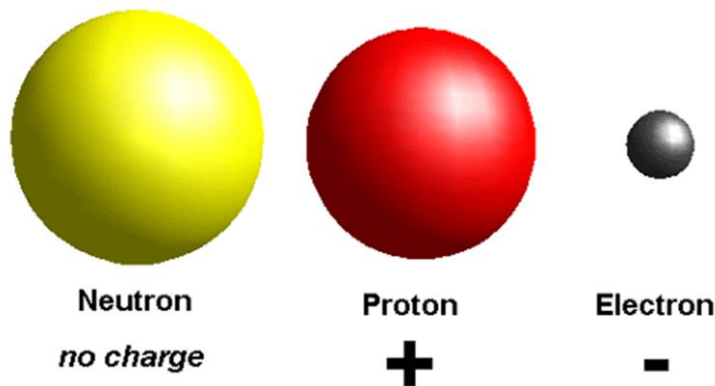
- **Electricidades** el conjunto de físico fenómenos asociados con la presencia y el flujo de carga eléctrica . Incluido:
- Iluminación y Electricidad estática
- Inducción electromagnética
- Actual
- Electro metroagnético radicion y ondas de radio

átomos, electrones, carga

Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

átomos, electrones, carga

- Materia: tiene peso y ocupa espacio.
- La materia está compuesta de átomos.

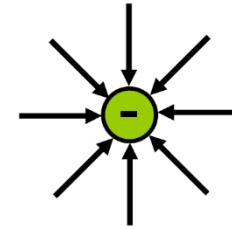


- Los átomos están compuestos por:
 - Electrones(-) orbitando alrededor de un núcleo de protones(+) y neutrones.

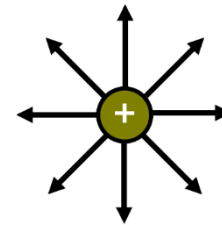
Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

átomos, electrones, carga

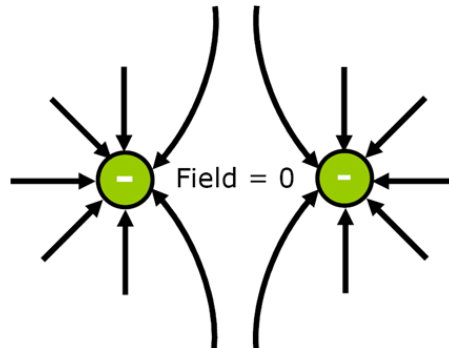
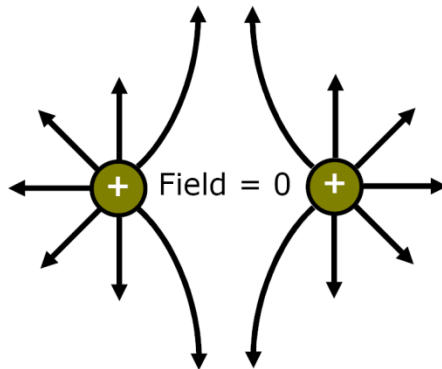
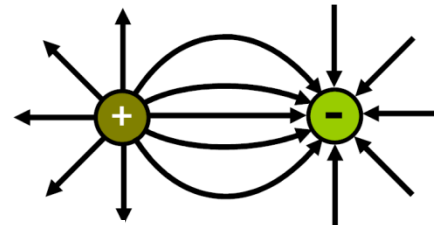
Los electrones tienen carga negativa



Los protones tienen carga positiva



Las cargas opuestas se atraen

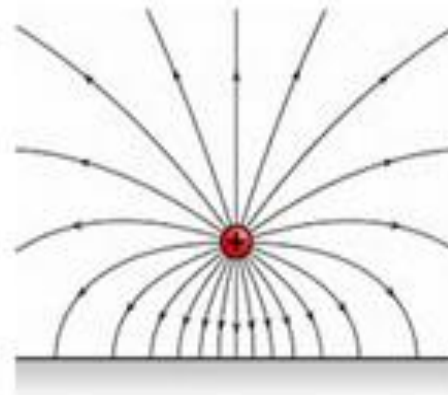
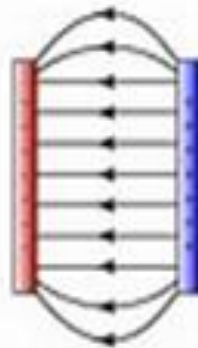


Las cargas similares se repelen

Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito átomos, electrones, carga

Un campo eléctrico (de fuerza) rodea cualquier objeto cargado, se extiende y se debilita con la distancia.

- Campo eléctrico alrededor de objetos de varias formas.



Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

átomos, electrones, carga

- La carga se mide en culombios
- 1 culombio = 1 amperio por segundo
- La carga de un electrón es -1.6×10^{-19} Culombios.

$$1 = \frac{1}{-1,6 * 10^{-19}} = 6,25 * 10^{18}$$

¡6,250,000,000,000,000,000 electrones!

Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

átomos, electrones, carga

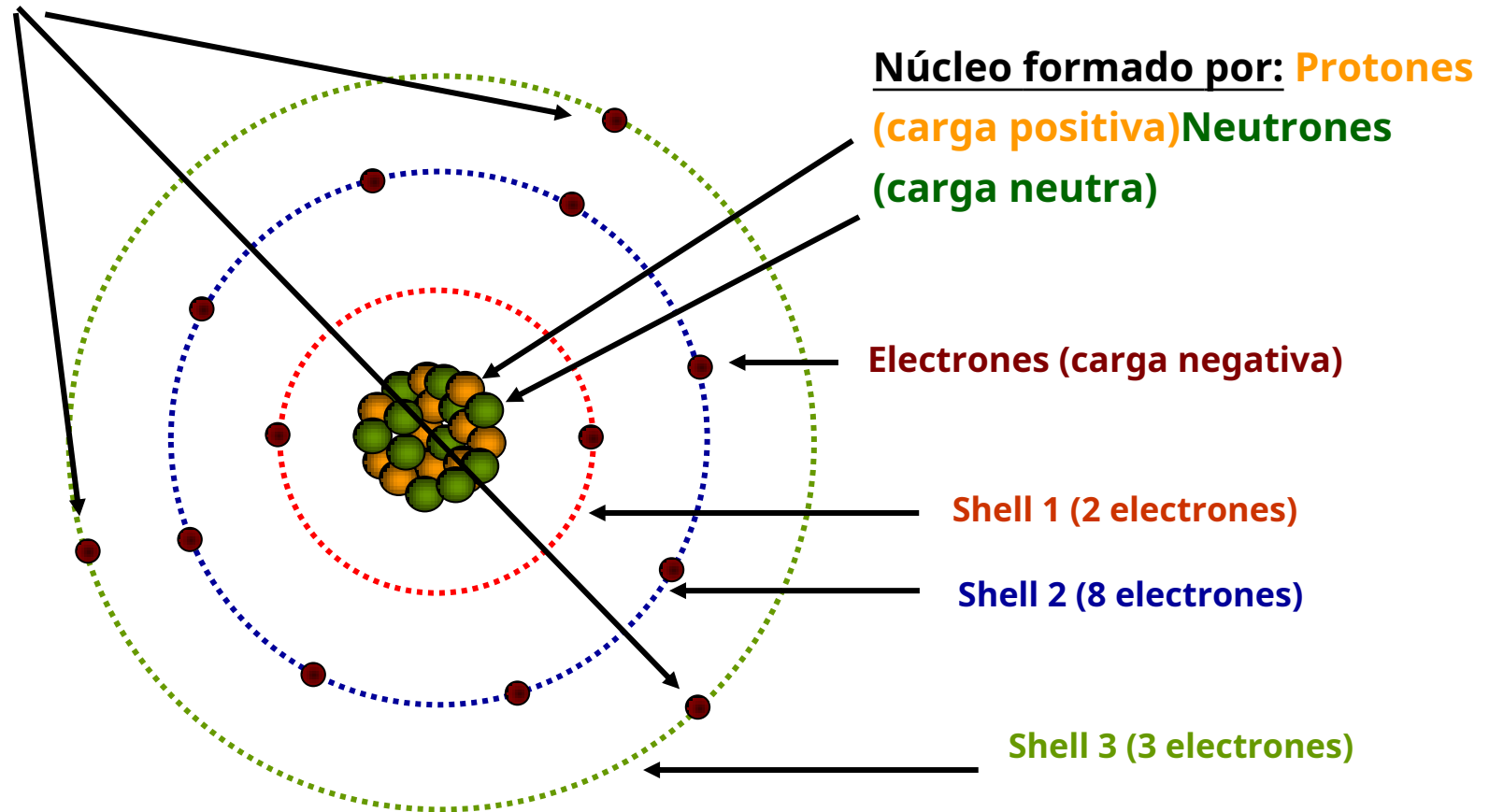
- Los electrones que orbitan alrededor del núcleo se organizan en conchas
- El número de protones en un átomo determina cuál es el elemento
- Por ejemplo:
 - Hidrógeno - 1 protón y 1 electrón
 - Aluminio - 13 protones y 13 electrones

Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

átomos, electrones, carga

3 electrones de valencia

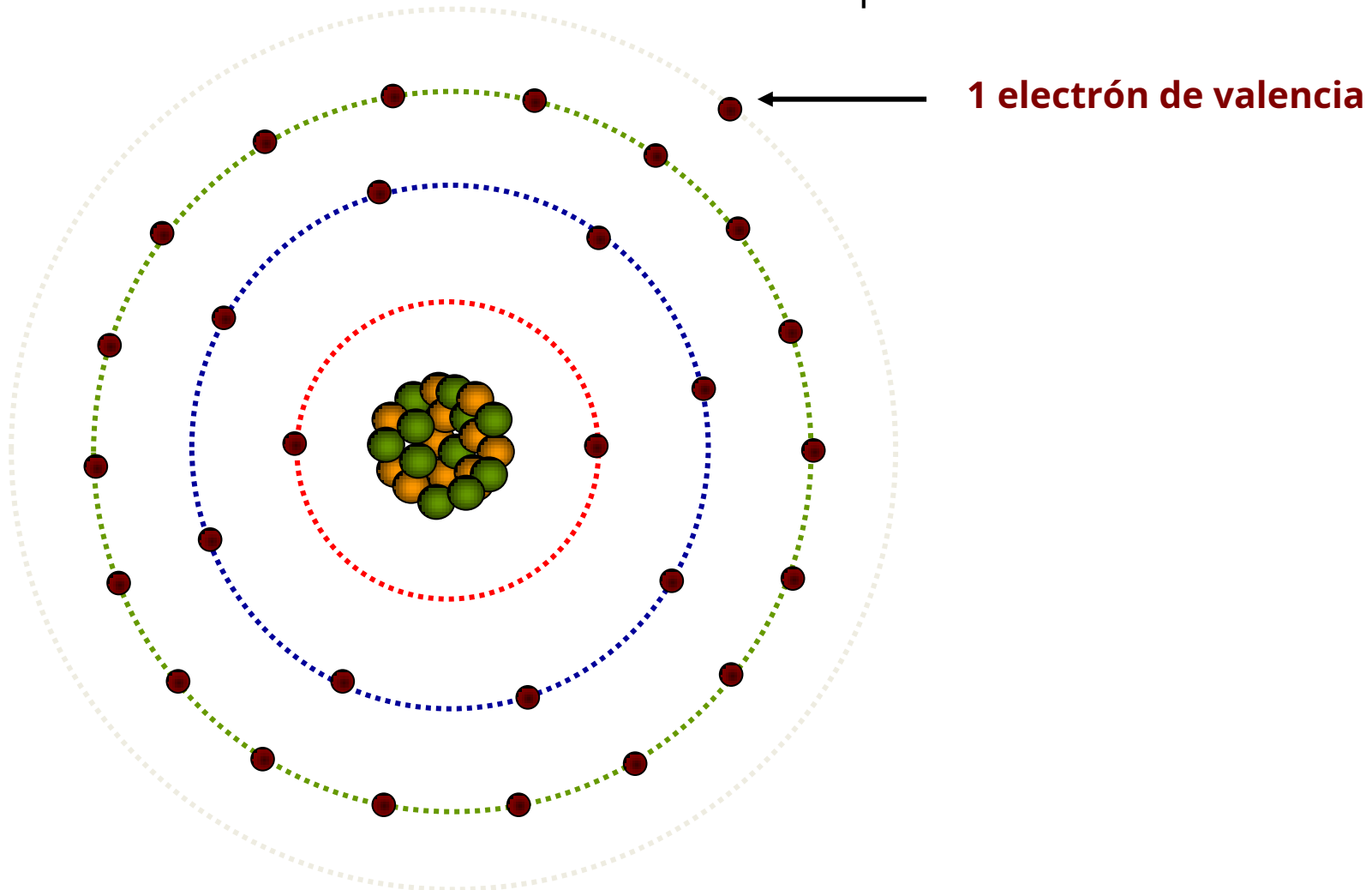
Átomo de aluminio (13 protones)



Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

átomos, electrones, carga

Átomo de cobre – 29 protones

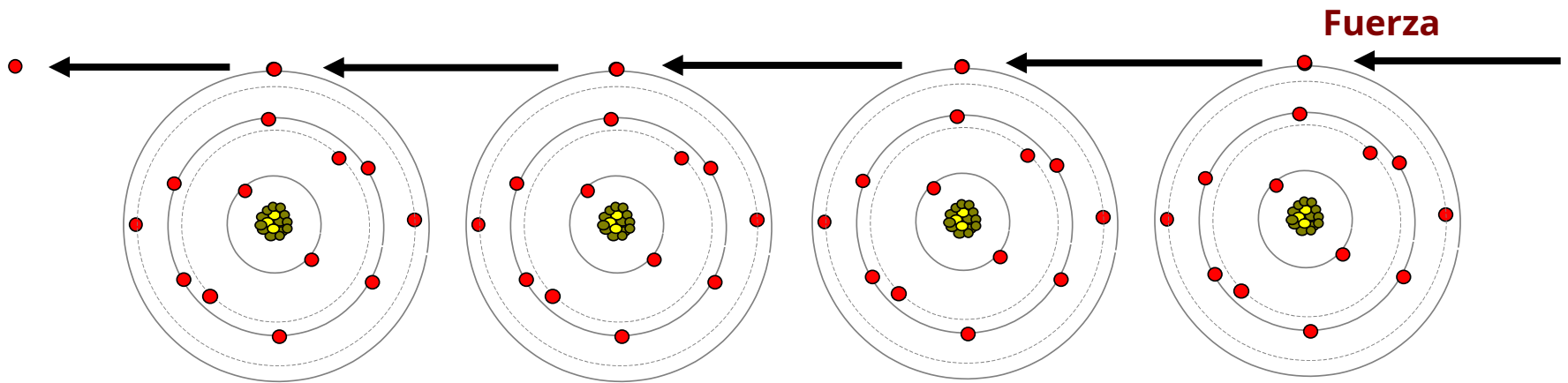


Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito átomos, electrones, carga

- **electrones libres** -saltar fácilmente de un átomo a otro
- El número de capas y los electrones en cada capa determinan cuán estrechamente están unidos al átomo.
- En un buen conductor, los electrones de valencia se pueden forzar fácilmente a pasar de un átomo al siguiente.

Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

átomos, electrones, carga



Una fuerza externa puede hacer que los electrones libres se muevan de un átomo al siguiente.

fricción (estática), térmica (termopar), luminosa (fotocélula),
química (batería) o electromagnética (generador)

Conductores y Aislantes

Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

Conductores y Aislantes

Cuando se trata de electricidad,
generalmente hay dos tipos de material:

- Conductores
- Aisladores

Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

Conductores y Aislantes



Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

Conductores y Aislantes

Aconductor Es un material que tiene una gran cantidad de **gratis** electrones que continuamente saltan a otros átomos.

- Buenos conductores eléctricos son el cobre y el aluminio. El oro, la plata y el platino también son buenos conductores, pero son muy caros.

Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

Conductores y Aislantes

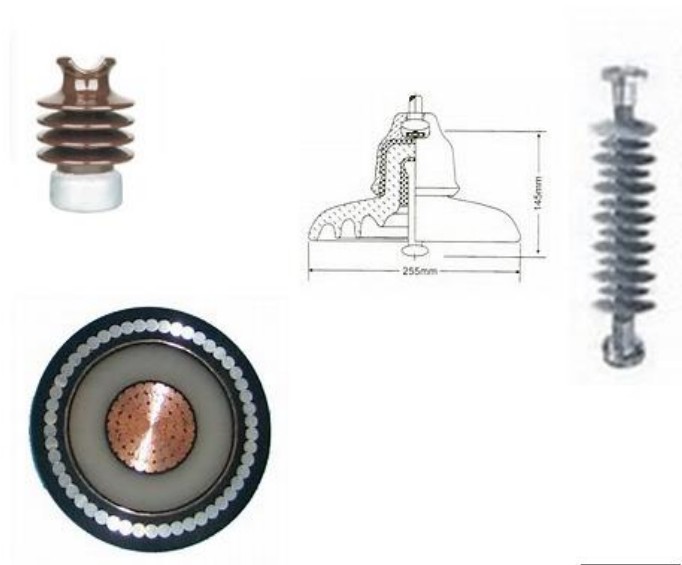
Un ***aislante*** es un material que tiene pocos electrones libres. En los aisladores, los electrones están fuertemente unidos por el núcleo.

- Los buenos aislantes eléctricos son el caucho, la porcelana, el vidrio y la madera seca.

Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

Conductores y Aislantes

- Los aisladores evitan que la corriente fluya
- Los aisladores se utilizan para aislar los componentes eléctricos y evitar el flujo de corriente.





Conductores y Aislantes

Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

Conductores y Aislantes

Características del aislador

Resistencia-La capacidad del aislador para resistir la fuga de corriente a través y sobre la superficie del material aislante.

Resistencia dieléctrica-La capacidad de soportar un voltaje máximo sin dañar el aislador.

Comprueba tu conocimiento: Fundamentos de la Electricidad

1. En general, ¿los objetos están cargados o son neutrales?
¿Porqué es eso?
2. ¿Dónde ves electricidad estática?
3. ¿Qué son buenos conductores? ¿Cuáles son buenos aislantes?
4. ¿Qué decide qué conductor debe usar?

Actual



Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

actual (yo) es el movimiento de carga a través de un conductor. Los electrones llevan la carga.

- Unidad de medida: **Amperios (A)**
- Un amperio (amp) de corriente es un culombio de carga que pasa por un punto de un conductor en un segundo
- Esta medida es análoga a "galones o litros por segundo" cuando se mide el flujo de agua

Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito Actual

Corriente continua (CC) fluye en una sola dirección.

- Muchos usos, incluidos: baterías, circuitos electrónicos, luces LED, rotores y sistemas de excitación de generadores, líneas de transmisión de CC y mucho más

Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito Actual

Corriente alterna (CA) cambia continuamente en magnitud y dirección.

- La CA es utilizada por la mayoría de las luces, electrodomésticos y motores. Se utiliza en el sistema de transmisión de alto voltaje.
- CA permite el uso de transformadores para cambiar el voltaje de alto a bajo y viceversa

Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito Actual

Niveles de corriente típicos:

Cargador de batería de teléfono celular	5/1000 Amperios = 5mA = (5 miliamperios)
Sensación	. 2 - 0,5 mA
umbral de abandono	5mA
Potencialmente letal	50mA
bombilla incandescente de 40 vatios	. 33 amperios
Tostadora	10 amperios
Motor de arranque del coche	100+ amperios
Conductor de línea de transmisión	1000 amperios
Rayo o falla a tierra	20,000+ amperios

Voltaje

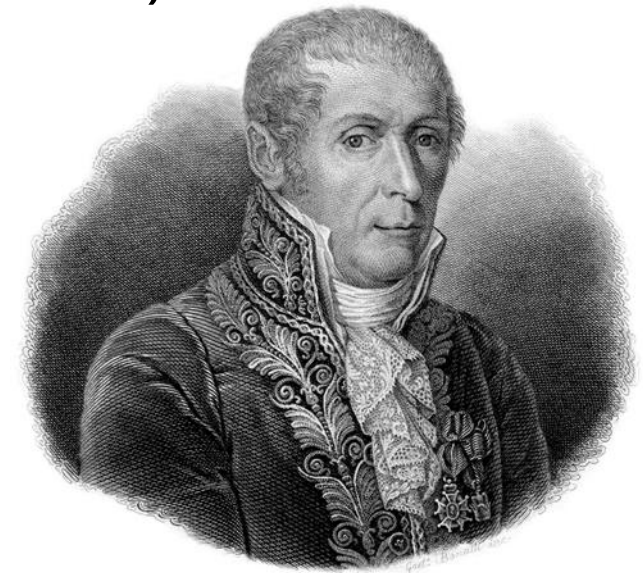


Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

Voltaje

Voltaje (V) es la fuerza que hace que los electrones se muevan.

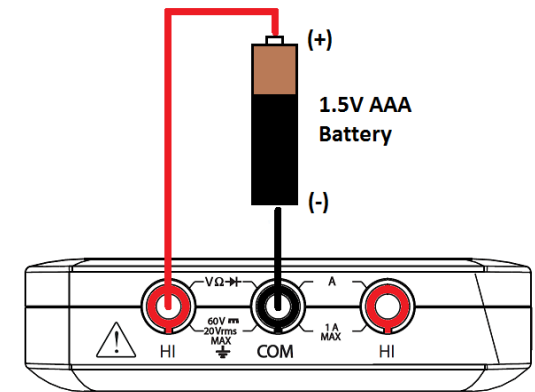
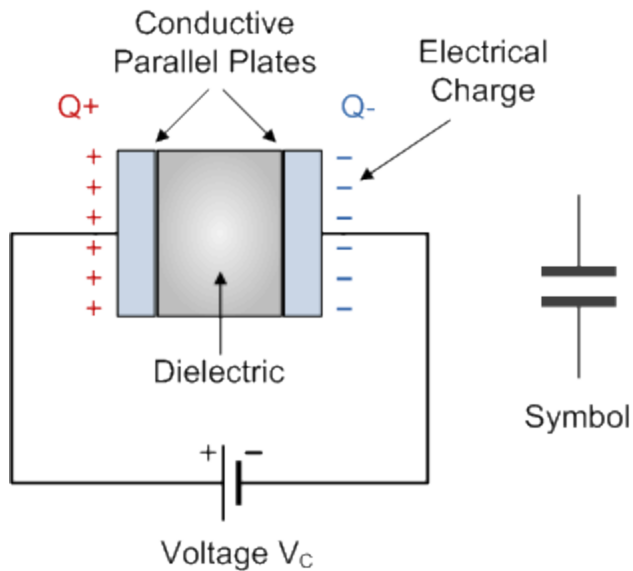
- El voltaje también se conoce como diferencia de potencial o fuerza electromotriz (emf o E)
- Unidad de medida: **Voltios (V)**
- Similar a "libras por pulgada cuadrada" al medir la presión del agua.



Alejandro Volta (1745-1827)

Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

Fuentes de voltaje



Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

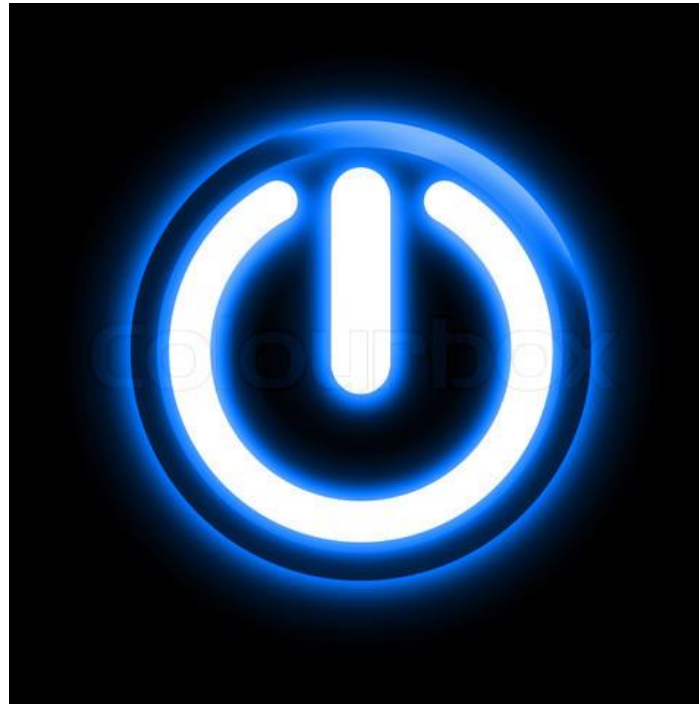
Voltaje

Niveles de voltaje de muestra

Batería AA	1.5v
Batería de coche	12v
Familiar	120v
Circuito alimentador de distribución	12,47 kV
Línea de alta tensión	47kV a 500kV
Iluminación	1,000,000+ voltios

Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

Poder



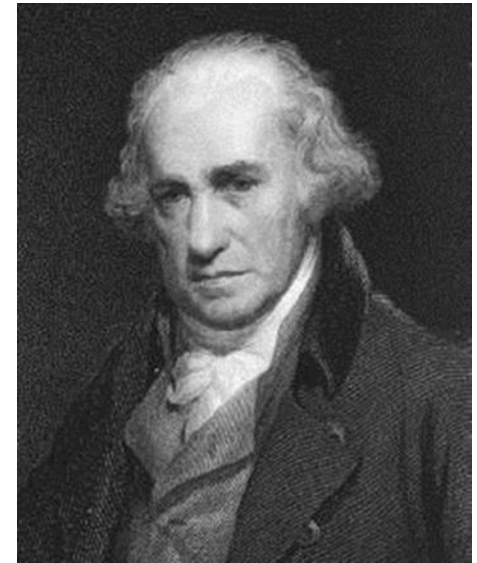
Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

Poder

Potencia (P) es el *índice* en que se está realizando el trabajo.

- Unidad de medida: **vatios (w)**
- Potencia = Voltaje x Corriente
- Esto significa que la energía eléctrica se está convirtiendo en otra forma de energía.

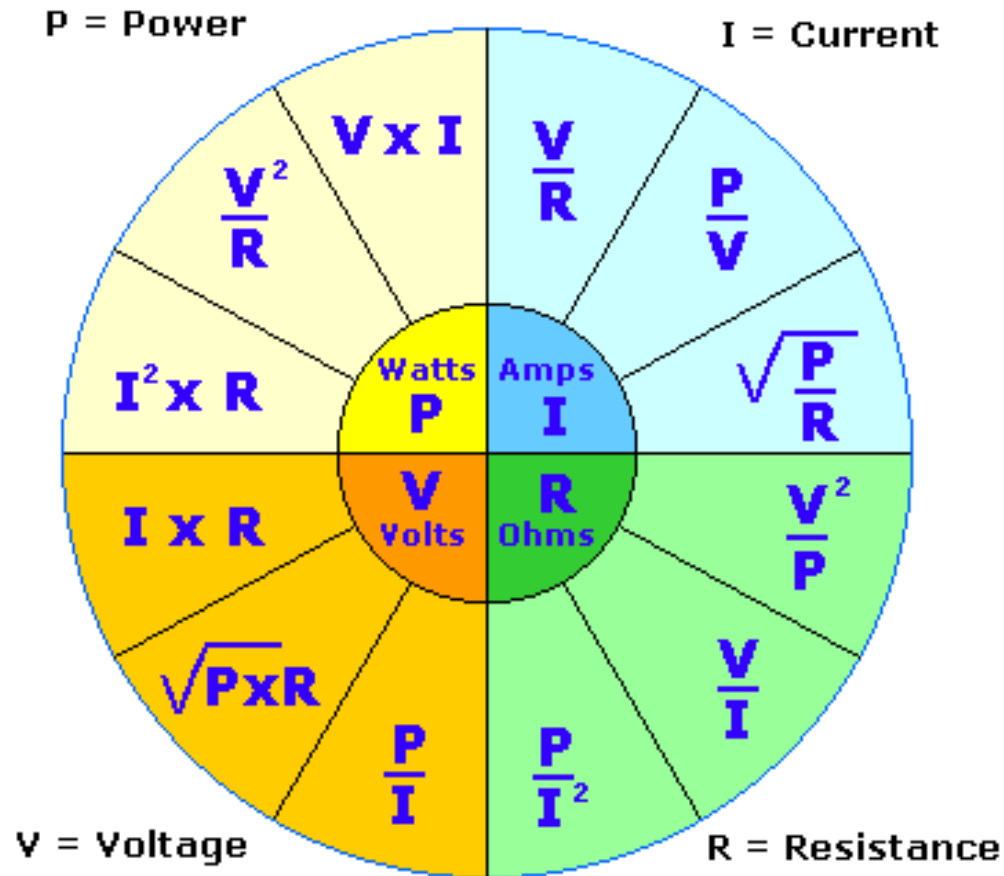
(por ejemplo, energía térmica, energía luminosa, energía mecánica, etc.)



James Vatio, 1736 -1819

Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

Poder



Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

Poder

Ejemplo de cálculo de potencia

Una tostadora usa 120 voltios y permite que fluyan 10 amperios de corriente. ¿Cuánta energía consume?

Instrucciones: Usando la fórmula de la potencia y sustituyendo los valores conocidos, tenemos:

$$\begin{aligned} &= \\ &= (\underline{\hspace{2cm}})(\underline{\hspace{2cm}}) \\ &= \underline{\hspace{4cm}} \end{aligned}$$



Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

Poder

Ejemplo de cálculo de potencia

Una tostadora usa 120 voltios y permite que fluyan 10 amperios de corriente. ¿Cuánta energía consume?

Instrucciones: Usando la fórmula de la potencia y sustituyendo los valores conocidos, tenemos:

$$\begin{aligned}
 &= \\
 &= 120(10)(\quad) \\
 &= 1200
 \end{aligned}$$



Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

Poder

- A "**vatio**" es un valor instantáneo, es la potencia que se está utilizando en un instante dado de tiempo
- A "**vatio hora**" indica cuánta energía se consume en una hora

vatio x tiempo (en horas) = vatio hora = energía

Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

Poder

El consumo de energía minorista generalmente se mide en kilovatios hora (KWh)

Kilovatios x tiempo (en horas) = Kilovatios hora

Ejemplo:

5.000 vatios utilizados durante 3 horas

5.000 = 5 kilovatios

5 kW x 3 horas = 15 kWh

El consumo de energía mayorista generalmente se mide en megavatios hora (MWh)

Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

Poder

Ejemplo de uso de energía:

- Bombilla pequeña 40 vatios
- Tostadora 1000 vatios o 1 kW
- Familiar 5–10kW
- un caballo de fuerza 746 vatios (0,746 kW)
- Turbina eólica 1000 kW o 1,0 MW
- Planta de energía 500 MW

Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

Poder

Ejemplo de uso de energía:

Bombilla pequeña	40 vatios
Tostadora	1000 vatios o 1 kilovatio (1kW)
Familiar	5 - 10kW
un caballo de fuerza	746 vatios (0,746 kilovatios)
Turbina eólica	1.000 kilovatios o 1,0 megavatios (MW)
Planta de poder de ciclo combinado	500 megavatios

Comprueba tu conocimiento: Fundamentos de la Electricidad

1. ¿Cuántos voltios usa un secador de pelo?
2. ¿Cuántos amperios?
3. ¿Cuántos vatios?
4. Cuantos watts se consumen en una ciudad a las 7:00am donde hay 50,000 personas se secan el cabello simultáneamente para prepararse para el trabajo?

Magnetismo y Electromagnetismo

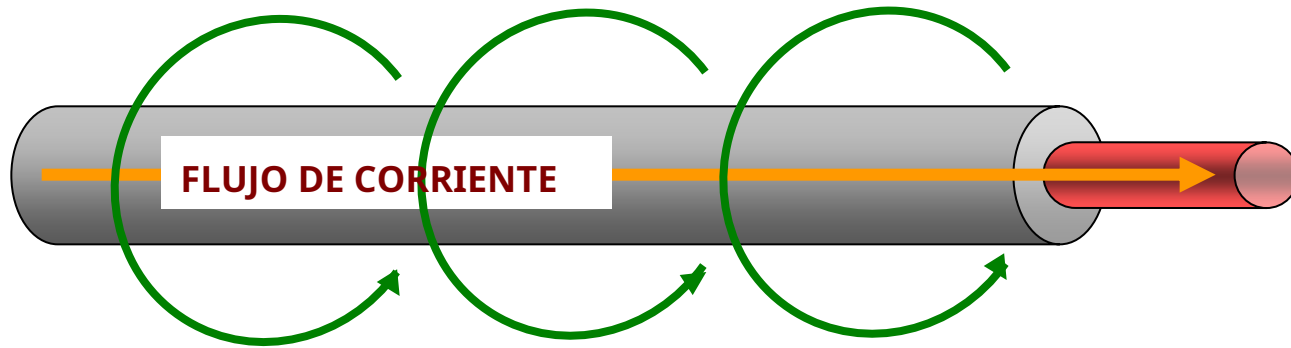
Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito Magnetismo y Electromagnetismo

Dondequiera que exista una corriente eléctrica, un *campo magnético* también existe

- El campo magnético lleva la fuerza invisible del magnetismo.
- El campo magnético rodea al conductor.

Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

Magnetismo y Electromagnetismo

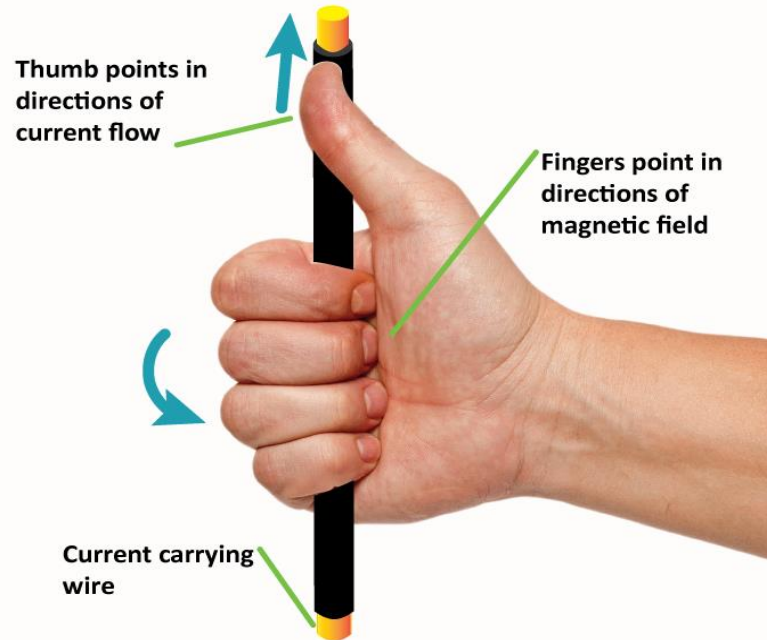


Siempre que la corriente fluye a través de un conductor, un *campo magnético* se crea alrededor del conductor.

¿Qué pasa cuando sueltas un imán en un tubo de cobre?

Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

Magnetismo y Electromagnetismo



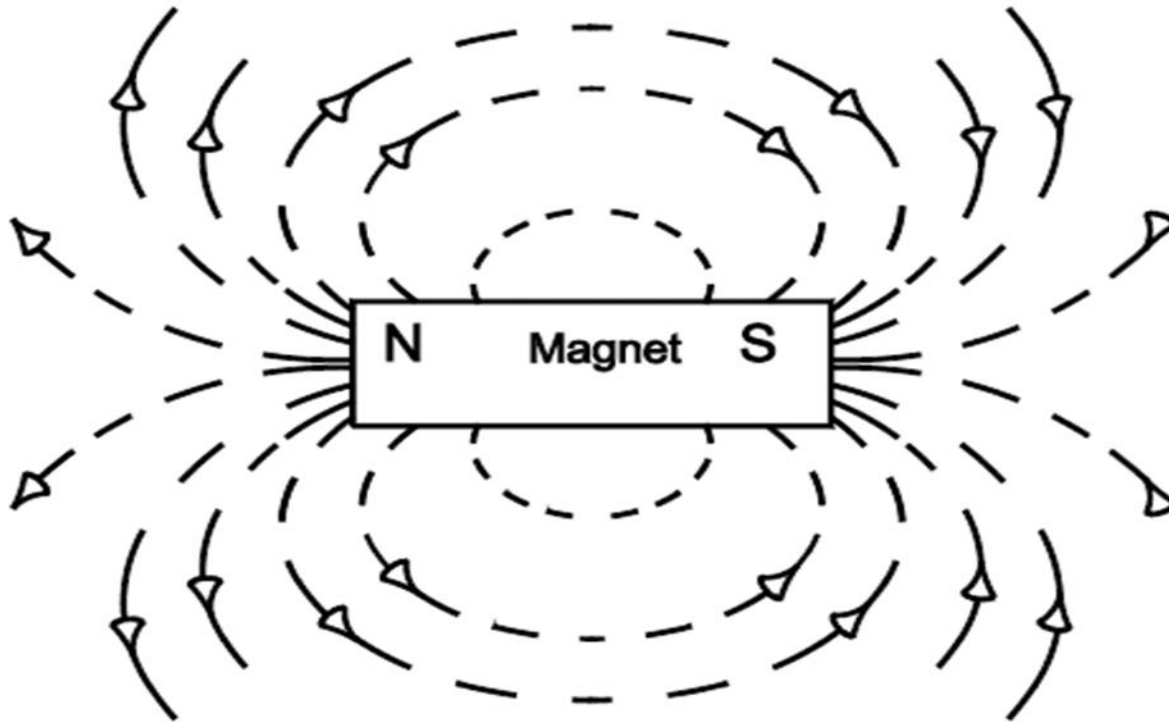
regla de la mano derecha por Campo magnético alrededor de un conductor.

Supone que la corriente fluye de positivo a negativo

Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

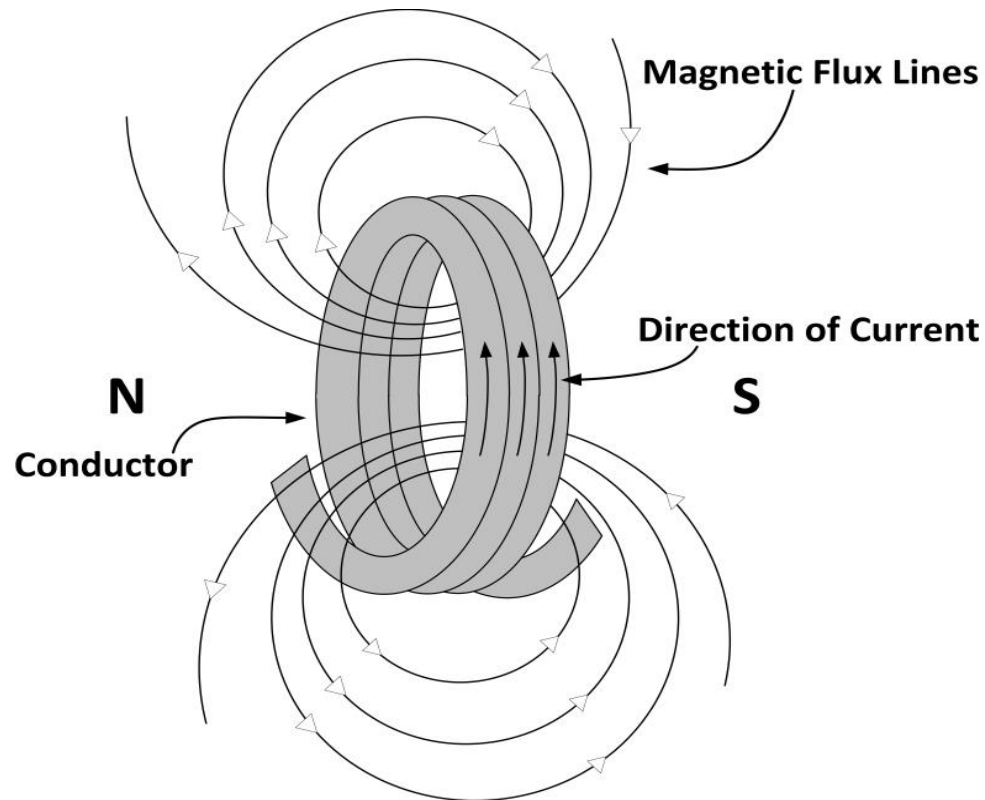
Magnetismo y Electromagnetismo

Líneas de fuerza del campo magnético



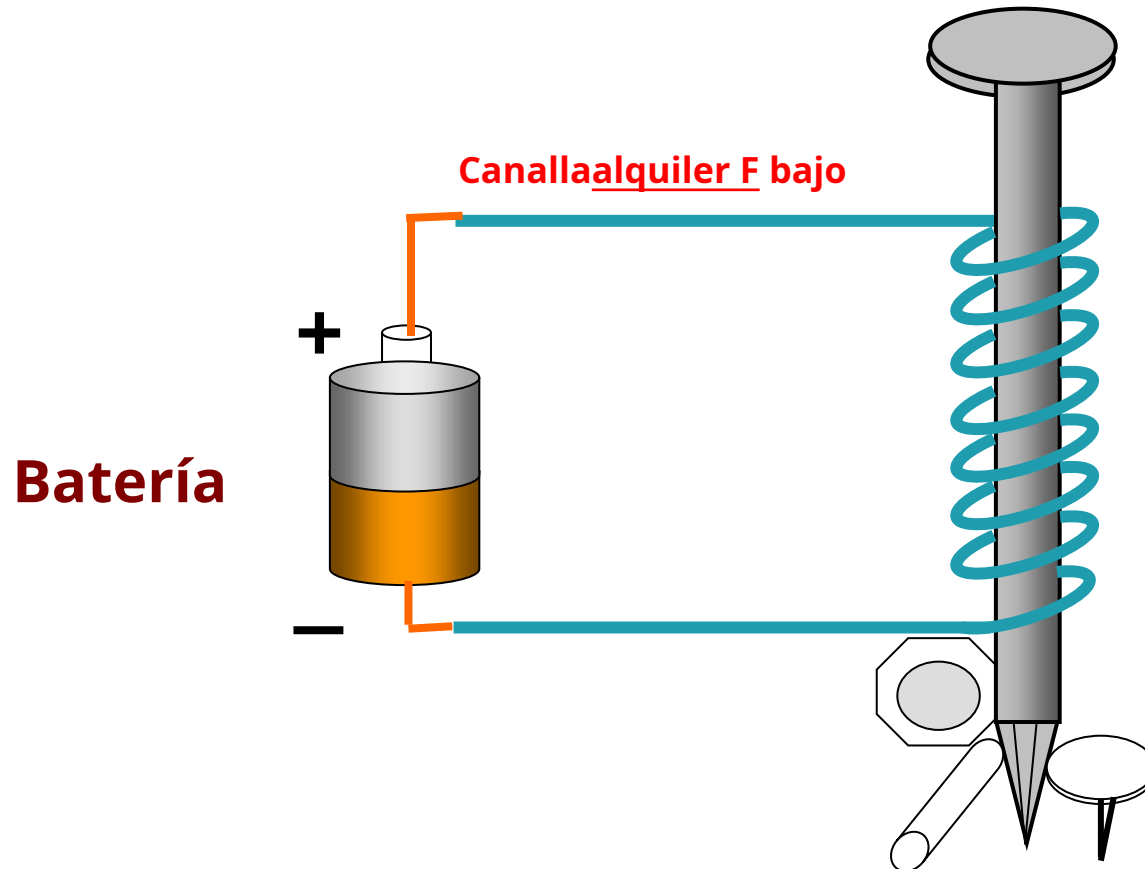
Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

Magnetismo y Electromagnetismo



Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

Electroimán



Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

Inducción electromagnética

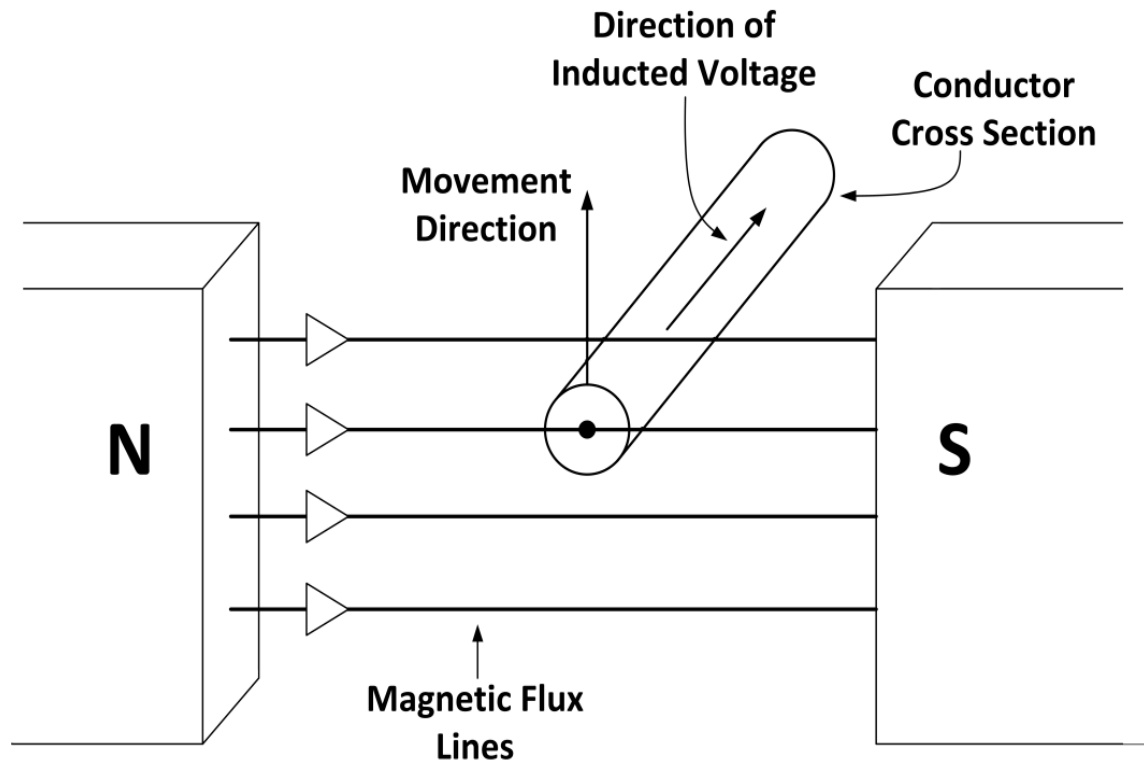
Para inducir corriente y voltaje, necesita 3 cosas:

1. Director de orquesta
2. Campo magnético
3. Movimiento relativo entre el conductor y el campo magnético.

Creación de Voltaje

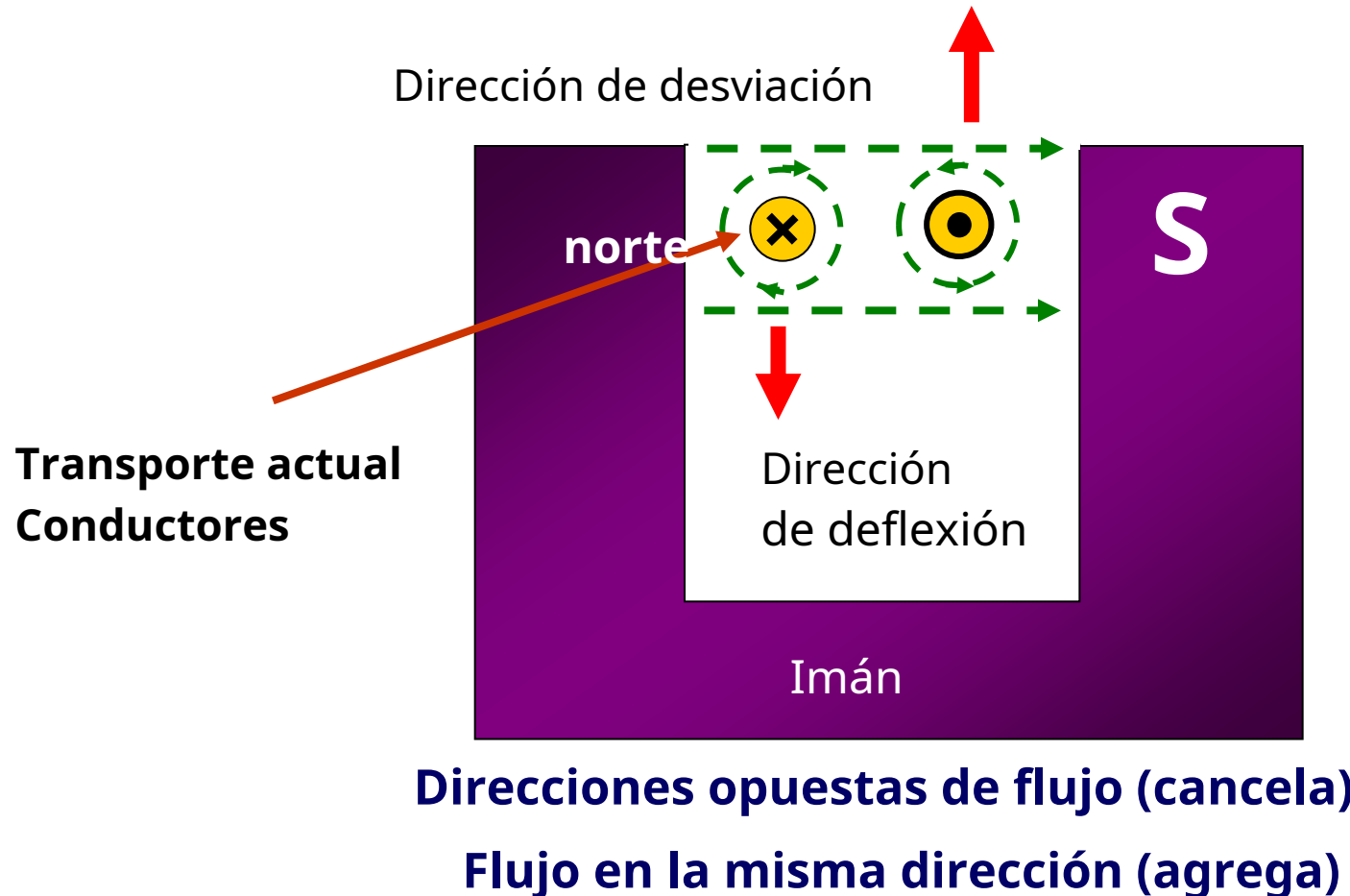
Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

Magnetismo y Electromagnetismo



Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

Magnetismo y Electromagnetismo



Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

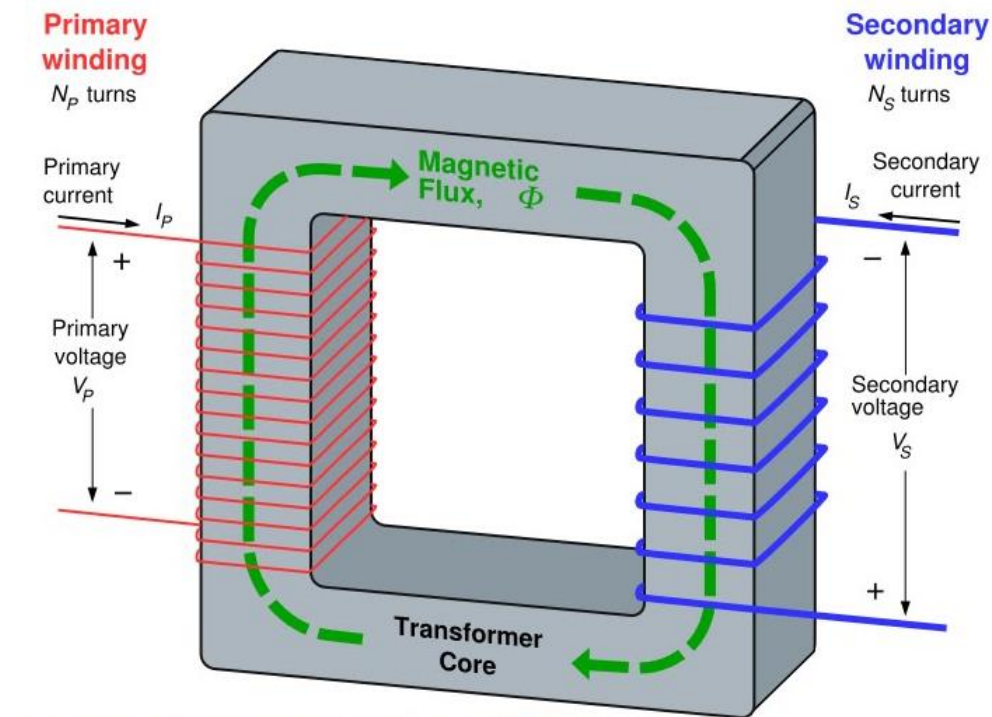
Magnetismo y Electromagnetismo

- ***Inducción electromagnética*** crea un voltaje o corriente en un conductor cuando cambia un campo magnético
- en un ***transformador***, corriente alterna en un devanado ***induce*** un campo magnético cambiante en el transformador ***núcleo***
- El campo magnético cambiante ***induce*** un voltaje y una corriente alterna en el segundo devanado

Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

Magnetismo y Electromagnetismo

Operación básica del transformador



Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

Magnetismo y Electromagnetismo

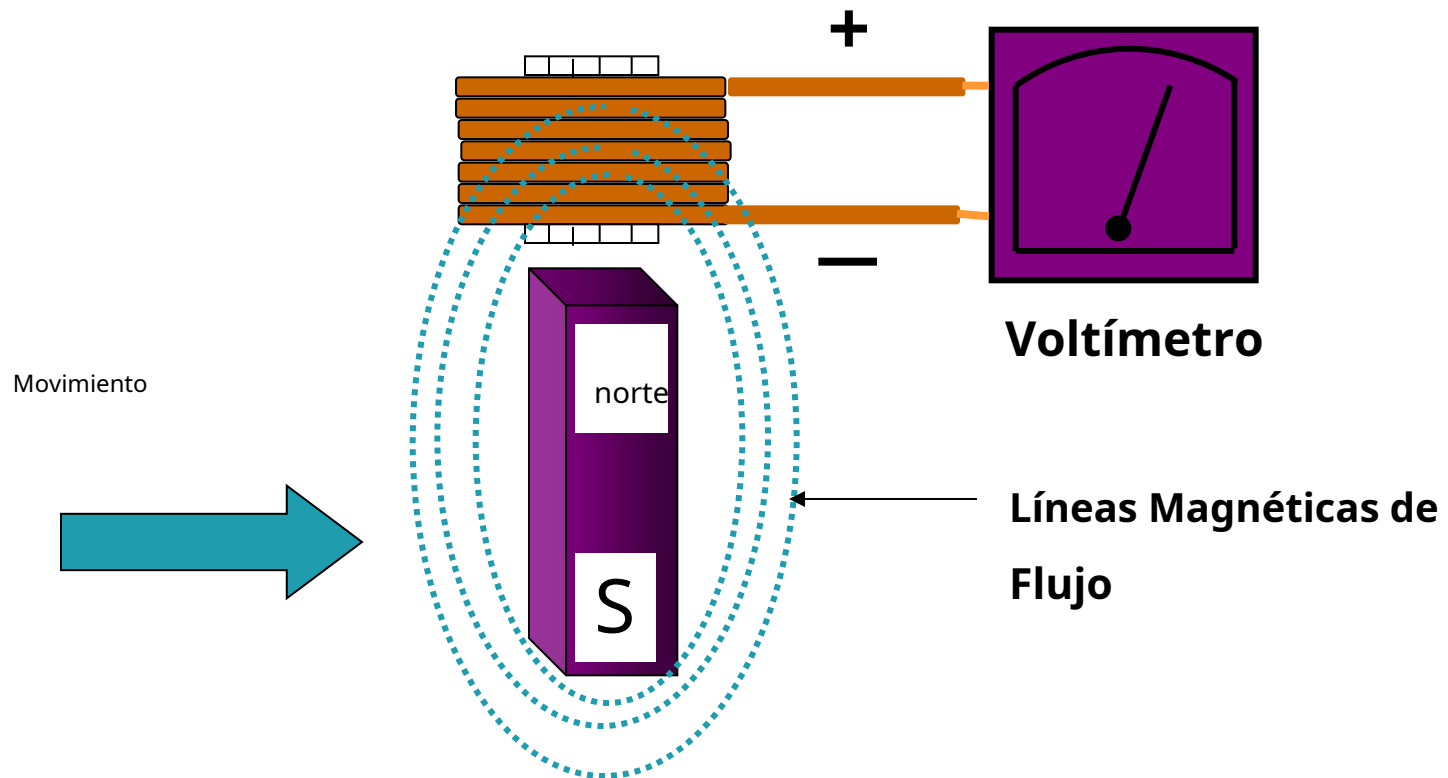
Generador -campo magnético del rotor **induce** tensión en los devanados del estator.

- El rotor puede ser un imán permanente
- En un generador grande, el **rotor** es un electroimán giratorio, creado por la corriente del excitador

Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

Inducción electromagnética

Cada vez que un campo magnético pasa por un conductor, se induce un voltaje en el conductor.



Componentes del circuito y Propiedades



Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

Componentes y propiedades del circuito

Resistencia (R) es la propiedad de los materiales que se oponen o resisten la corriente al convertir la energía eléctrica en calor.

- Unidad de medida: **ohmios (Ω)**
- A **Resistor** proporciona resistencia al circuito

Jorge Ohm, 1789 -1854



Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

Componentes y propiedades del circuito

La resistencia depende de:

Resistividad

El material conductor tiene una resistividad muy baja, los aisladores tienen una resistividad muy alta.

Largo

Disminuir la longitud del material disminuye la resistencia.

área de la sección transversal

El aumento del área de la sección transversal del material disminuye la resistencia.

La temperatura

Cuanto más caliente está el alambre, más resistencia exhibe.

Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

Componentes y propiedades del circuito

Inductancia (L) es la propiedad de un circuito eléctrico que se opone al cambio de corriente. La unidad de inductancia es el **Enrique (H)**.

- Cualquier componente que usamos por su propiedad inductiva se llama **inductor**
- En el sistema de potencia, un inductor a veces también se denomina **reactor**

Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

Componentes y propiedades del circuito

- Un **Inductor (L)** es una bobina de alambre que crea un campo magnético cuando se aplica corriente
- El campo magnético cambiante de un inductor se opone al voltaje que intenta forzar la corriente en el cable.
- Un inductor se opone a un cambio en la corriente.

$$= \quad \text{---}$$

(El voltaje es igual al tamaño del inductor multiplicado por la tasa de cambio de la corriente)

Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

Componentes y propiedades del circuito

Capacitancia (C) es la propiedad de un circuito eléctrico que se opone al cambio de voltaje.

- Unidad de medida: **Faradios (F)**

A **Condensador** almacena carga eléctrica.

- Un condensador consta de dos placas de metal separadas por una capa aislante.

$$= 1/(2 \quad)$$

(El voltaje se acumula a medida que la corriente fluye hacia el capacitor)

Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

Componentes y propiedades del circuito

- El valor de la capacitancia en un circuito se mide en unidades capacitivas llamadas faradios.
- El farad lleva el nombre de Michael Faraday, un físico británico del siglo XIX, a quien se le atribuye el desarrollo del método de medición de la capacitancia.
- Farad determinó que un capacitor tiene un valor de un faradio de capacitancia si un voltio de diferencia de potencial aplicado a través de sus placas movió un culombio de electrones de una placa a la otra.

Michael Faraday



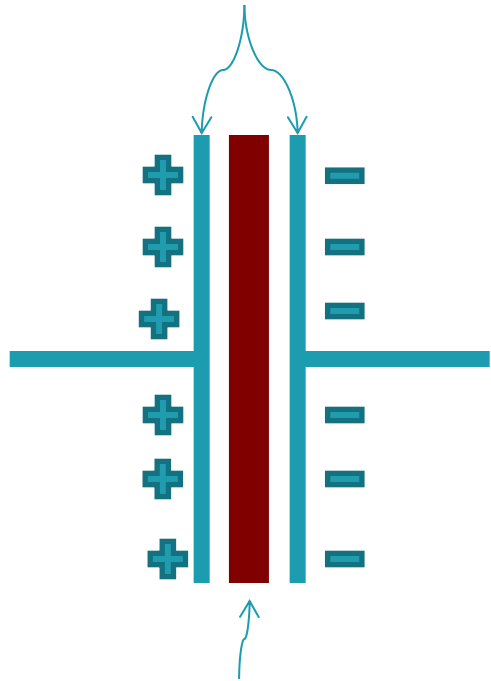
Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

Componentes y propiedades del circuito

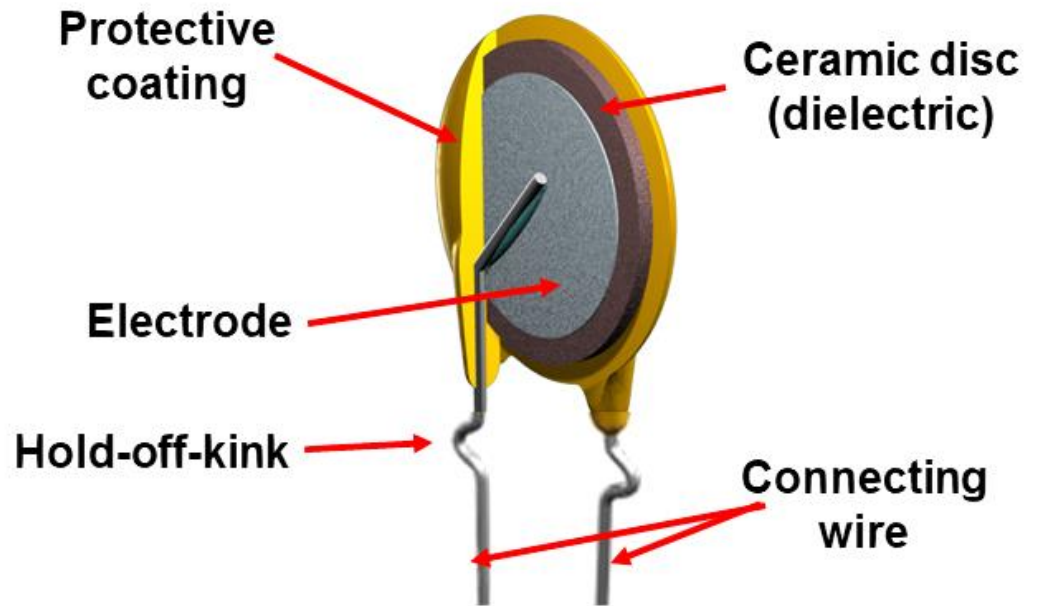
- A **Condensador** consta de dos placas de metal conductor con una lámina aislante de material en el medio.
- Cuando se aplica corriente a través de los terminales, **flujos de carga** De un lado al otro.
- Con el tiempo como **Construcciones de carga** en el capacitor, el voltaje aumenta.

Teoría eléctrica, magnitudes y elementos del circuito Componentes y propiedades del circuito: construcción de condensadores

Placas conductoras (electrodos)



dieléctrico aislante



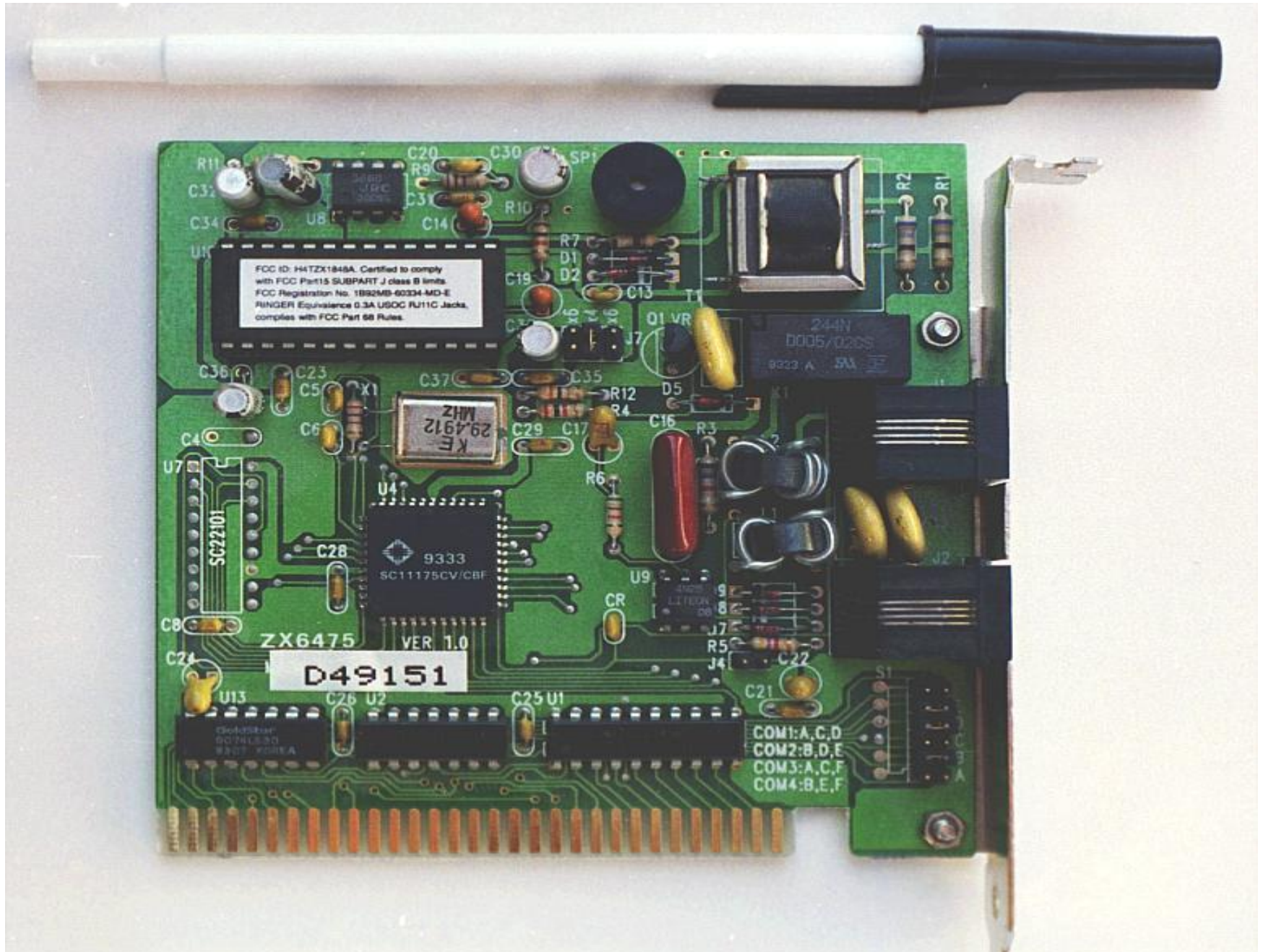
Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

Componentes y propiedades del circuito

Los condensadores vienen en todos los tamaños y formas...







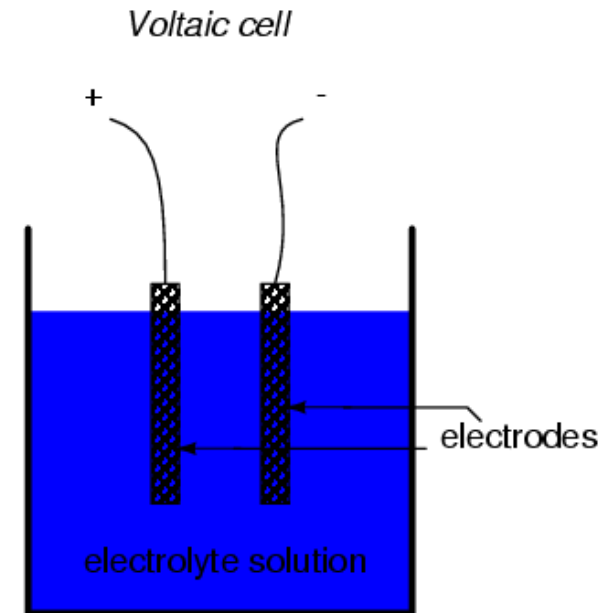
Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

Componentes y propiedades del circuito

Operación de batería química

En la batería, dos metales diferentes, llamados ***ELECTRODOS*** se colocan en una solución química llamada ***ELECTRÓLITO***.

- Los metales reaccionan de manera diferente.
- Uno pierde electrones y desarrolla una carga positiva, el otro atrae electrones y desarrolla una carga negativa.



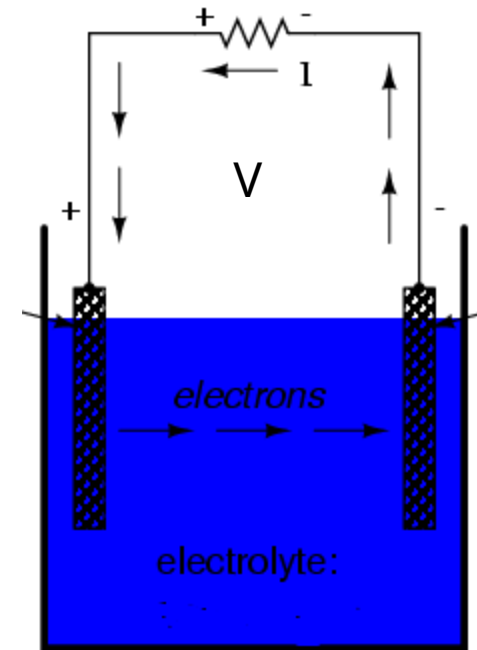
Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

Componentes y propiedades del circuito

Operación de batería química

Esto resulta en una DIFERENCIA DE POTENCIAL (Voltaje) entre los dos electrodos

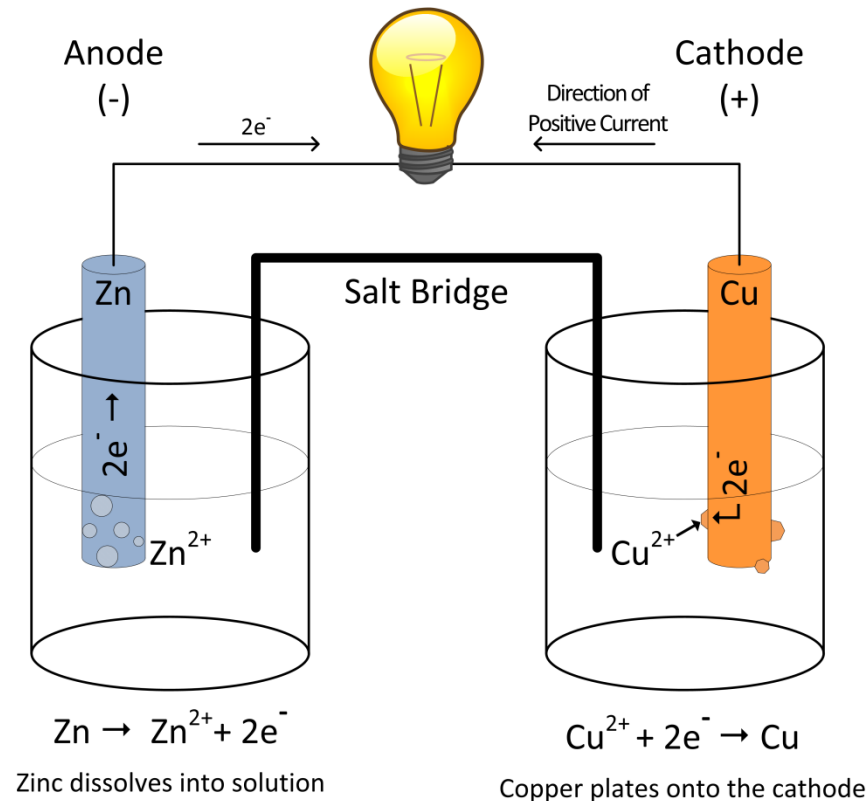
Cuando se une un conductor a los electrodos de la batería, los electrones fluyen desde el **negativo** electrodo a la **positivo** electrodo.



Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

Componentes y propiedades del circuito

Operación de batería química





Análisis de circuitos



Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

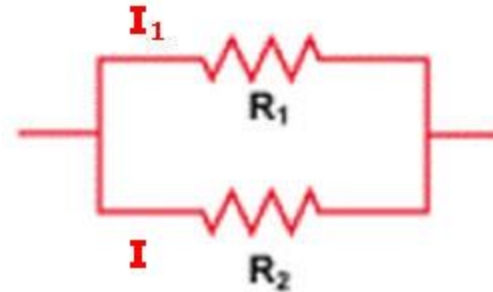
Análisis de circuitos: circuitos en serie y en paralelo



Total Resistance $R_T = R_1 + R_2$

If : $R_1 = R_2 = R$
Then : $R_T = 2R$

(a) Series Circuit



$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

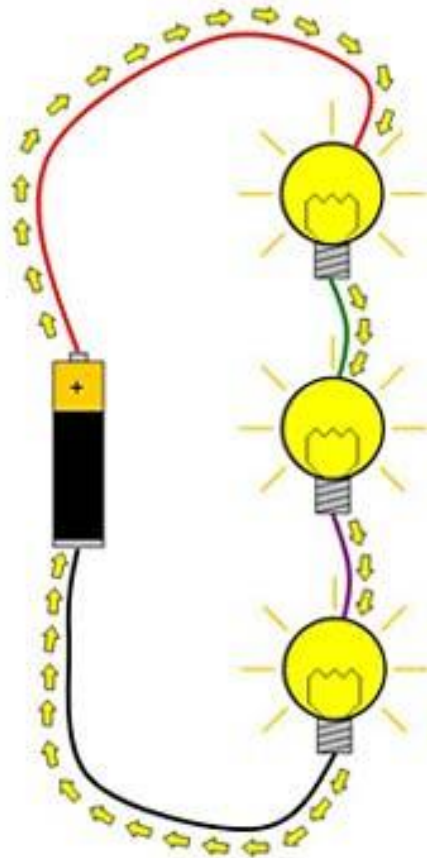
If : $R_1 = R_2 = R$
Then : $R_T = \frac{R}{2}$

(b) Parallel Circuit

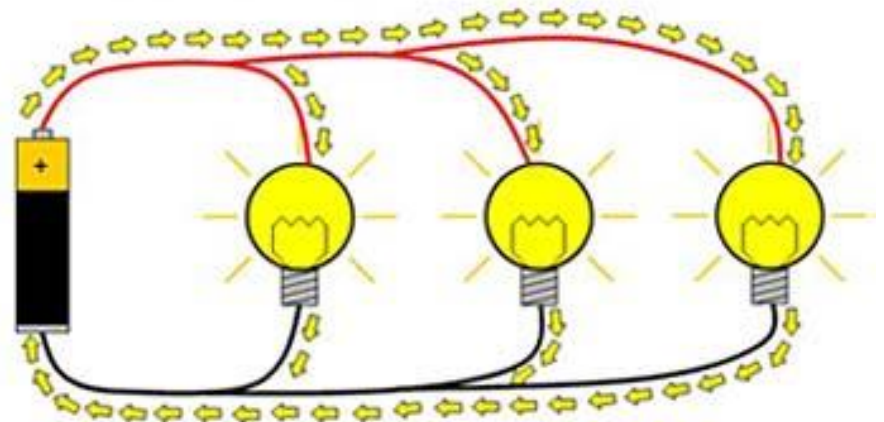
Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

Análisis de circuitos: circuitos en serie y en paralelo

Series circuit



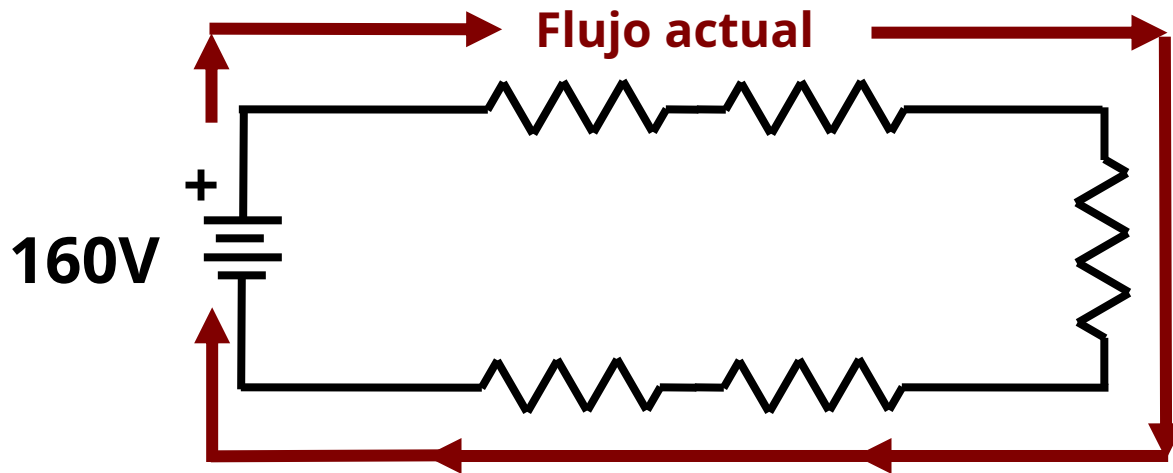
Parallel circuit



Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

Análisis de circuito: circuito en serie

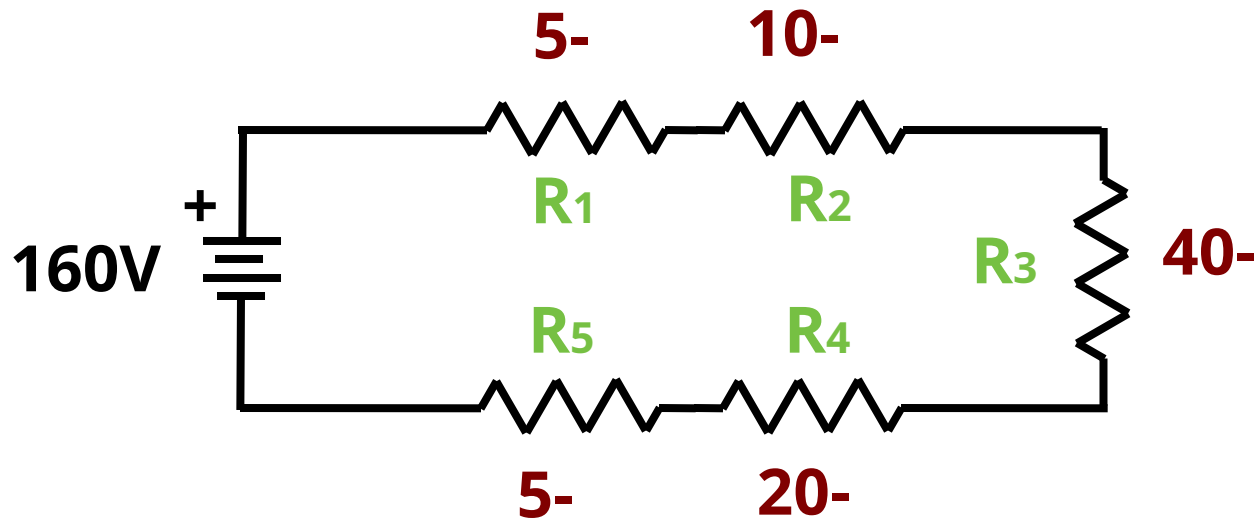
Un circuito en serie es un circuito que tiene un solo camino para que fluya la corriente.



Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

Análisis de circuito: circuito en serie

Resistencia total del circuito (R_T)?



$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5$$

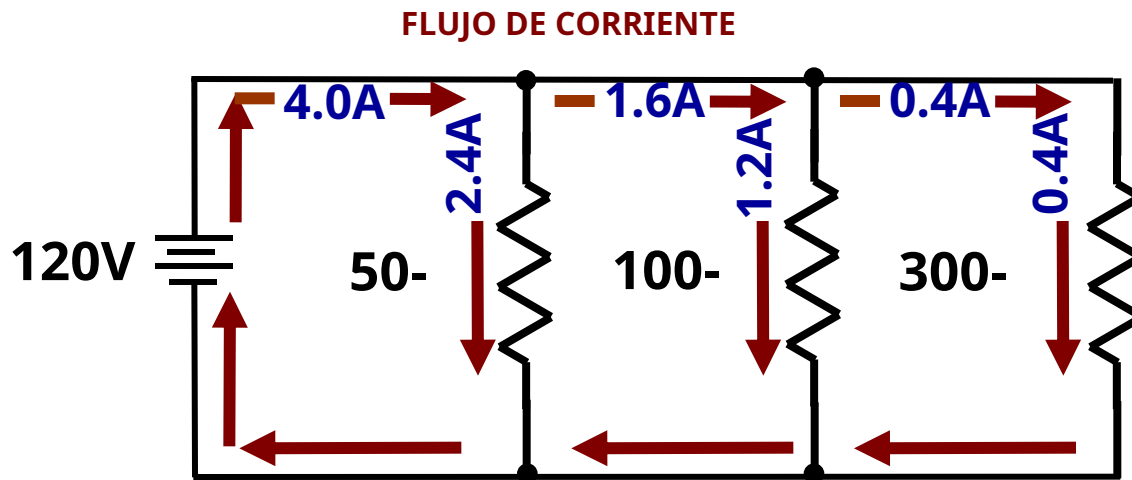
$$R_T = 5 - + 10 - + 40 - + 20 - + 5 - 80$$

$$R_T = -$$

Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

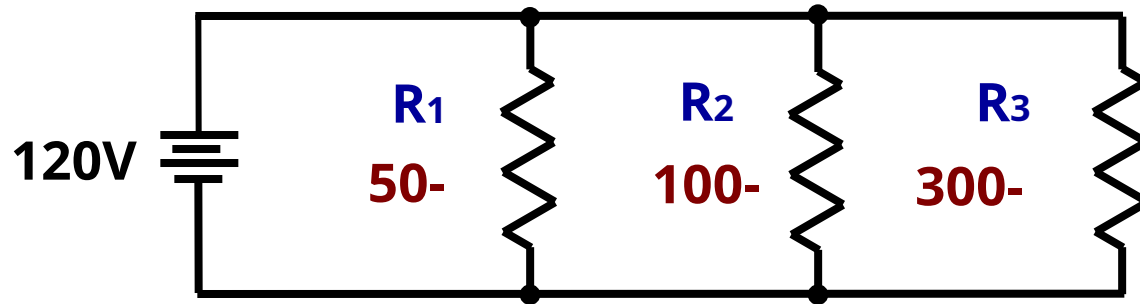
Análisis de circuito: circuito paralelo

Un circuito paralelo es un circuito que tiene más de un camino para que fluya la corriente.



Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

Análisis de circuito: circuito paralelo



$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{50-} + \frac{1}{100-} + \frac{1}{300-}$$

$$\frac{1}{R_T} = 0,02 + 0.01 + 0.0033$$

$$\frac{1}{R_T} = 0.0333 \quad R_T = \frac{1}{0.0333}$$

$$R_T = 30-$$

Ley de Ohm y Ley de Kirchhoff

Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

Ley de Ohm

Ley de Ohm:

- Caída de voltaje = Corriente * Resistencia

Leyes de Kirchhoff:

- La suma de la corriente que ingresa a una unión es igual a la suma de la corriente que sale de la unión.
- La suma de las caídas de voltaje es igual al voltaje aplicado.

Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

Ley de Ohm



Ley de Ohm, llamado así por el Sr. Georg Ohm, un matemático y físico alemán. 1789 -1854.

Definió la relación básica entre potencia, voltaje, corriente y resistencia.

Los principios se aplican a CA, CC o RF (radiofrecuencia).

Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

Ley de Ohm

$$V = IR$$

$$Y_o = V/R$$

$$R = V/I$$

Donde:

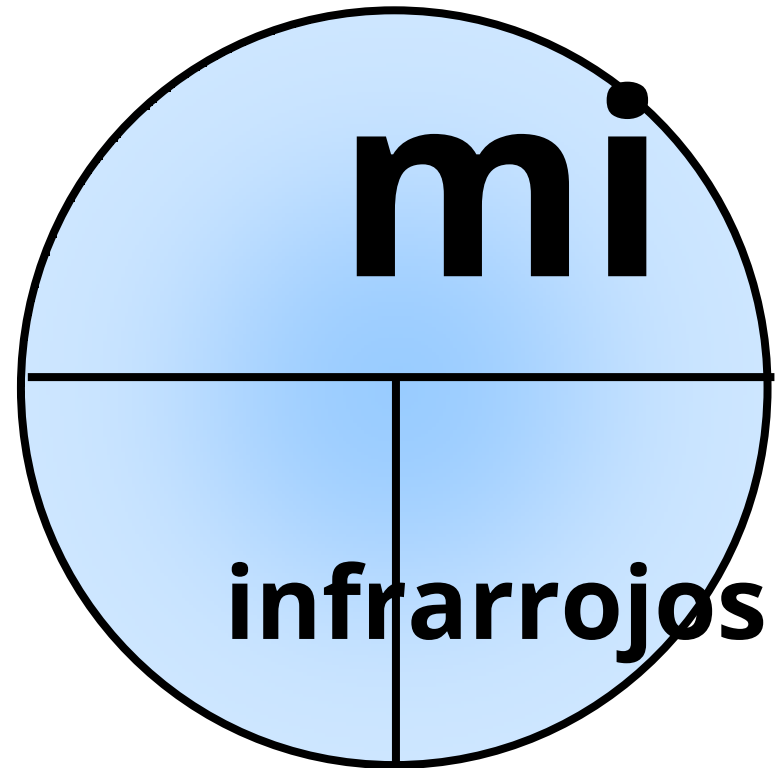
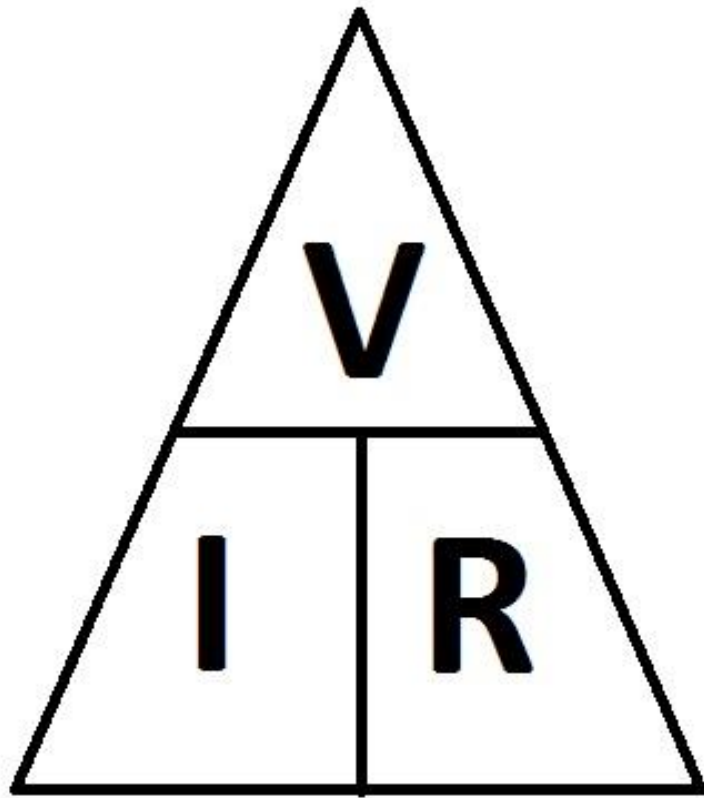
V = Voltaje *en voltios*

Yo = actual *en amperios*

R = Resistencia *en ohmios*

Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

Ley de Ohm: Pastel o Triángulo

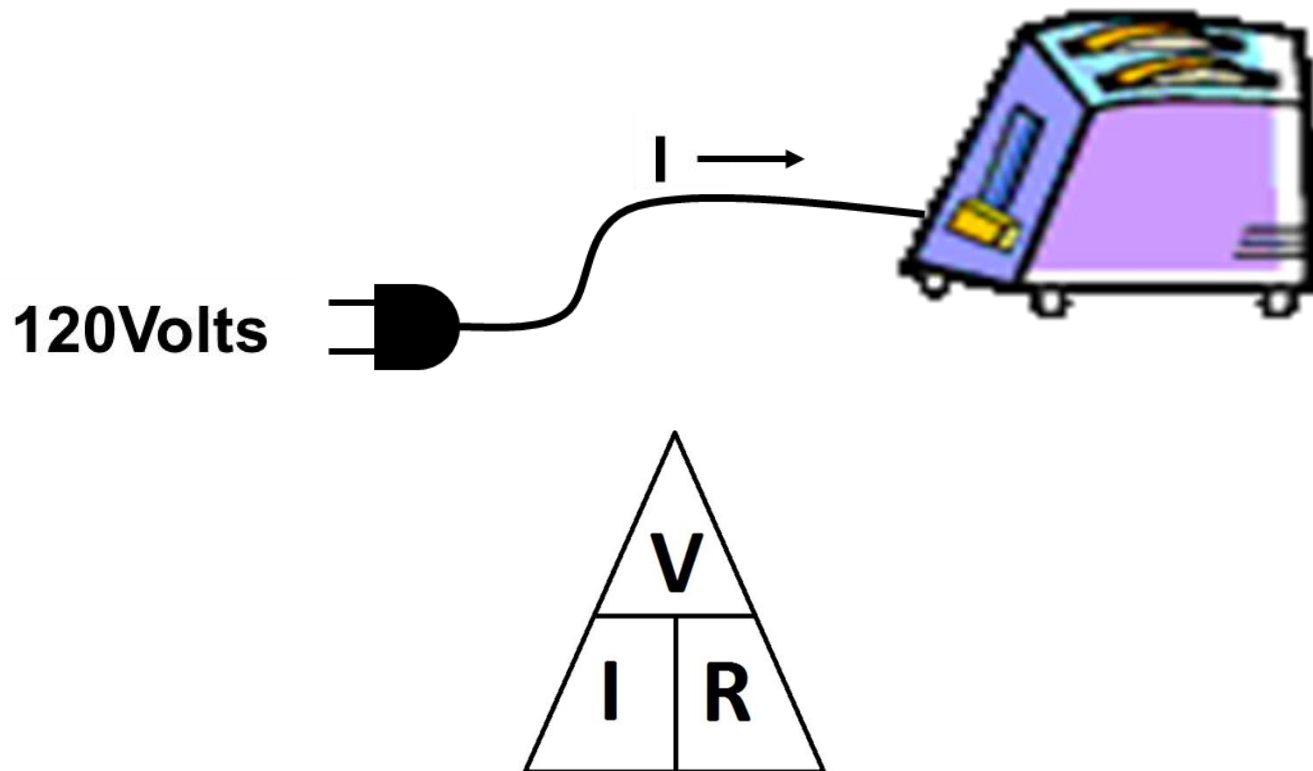


Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

Pregunta rápida

¿Cuánta corriente fluye en el circuito de la tostadora?

yo = _

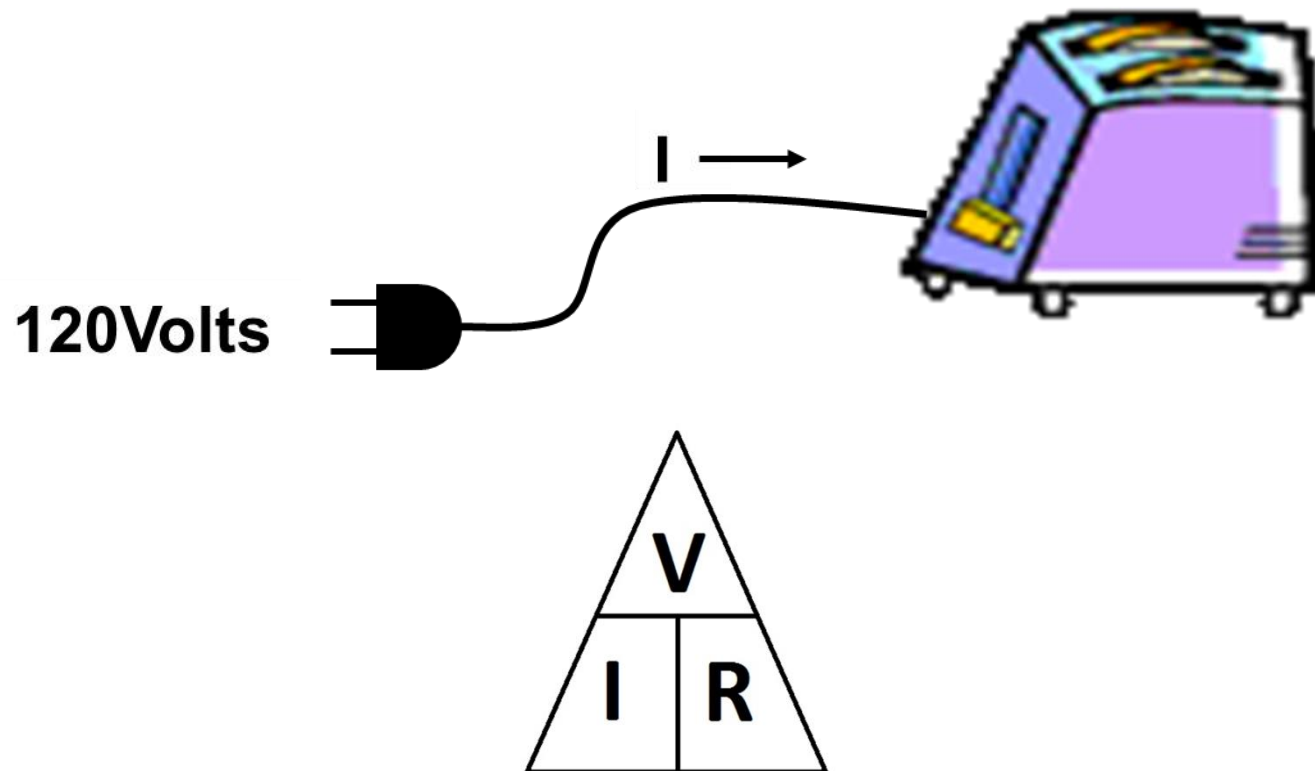


Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

Pregunta rápida

¿Cuánta corriente fluye en el circuito de la tostadora?

yo = 1



Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

Ley de Kirchhoff

Ley de corriente de Kirchhoff: la suma de las corrientes que entran en un cruce es igual a la suma de las corrientes que salen de un cruce.

- Para circuitos en serie: la corriente es la misma en todos los puntos
- Para circuitos paralelos: la corriente total en un circuito paralelo es igual a la suma de las corrientes en cada rama

Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

Ley de Kirchhoff



gustav kirchoff fue un físico alemán 1824 - 1887.

Desarrolló leyes para el análisis de circuitos, así como otras leyes para la radiación de "cuerpo negro" y termoquímica.

Teoría Eléctrica, Magnitudes y Elementos de Circuito

Ley de Kirchhoff

Ley de voltaje de Kirchhoff estados:

- La diferencia de voltaje a través de una resistencia se llama caída de voltaje.
- En los circuitos en serie, la suma de las caídas de voltaje alrededor del circuito es igual al voltaje aplicado.
- En circuitos paralelos, las caídas de voltaje en todas las ramas son las mismas

Comprueba tu conocimiento:

Fundamentos de la Electricidad

1. Un secador de cabello usa 120 voltios y consume 10 amperios. ¿Cuál es su resistencia?
2. ¿Cuánta energía usa?
3. ¿Cuánto costaría hacer funcionar el secador durante una hora?
4. Si tuviera dos secadores de pelo similares enchufados a la pared, ¿estarían en serie o en paralelo?
5. ¿Cuántos amperios en total usarían?
6. Si volvieras a cablear los secadores de pelo para poner uno en serie con el otro, ¿cuál sería la resistencia total?
7. ¿Cuánta corriente fluiría a través del circuito?
8. ¿Cuál sería el voltaje a través de cada secadora?
9. ¿Cuál sería la potencia total utilizada?

Corriente alterna

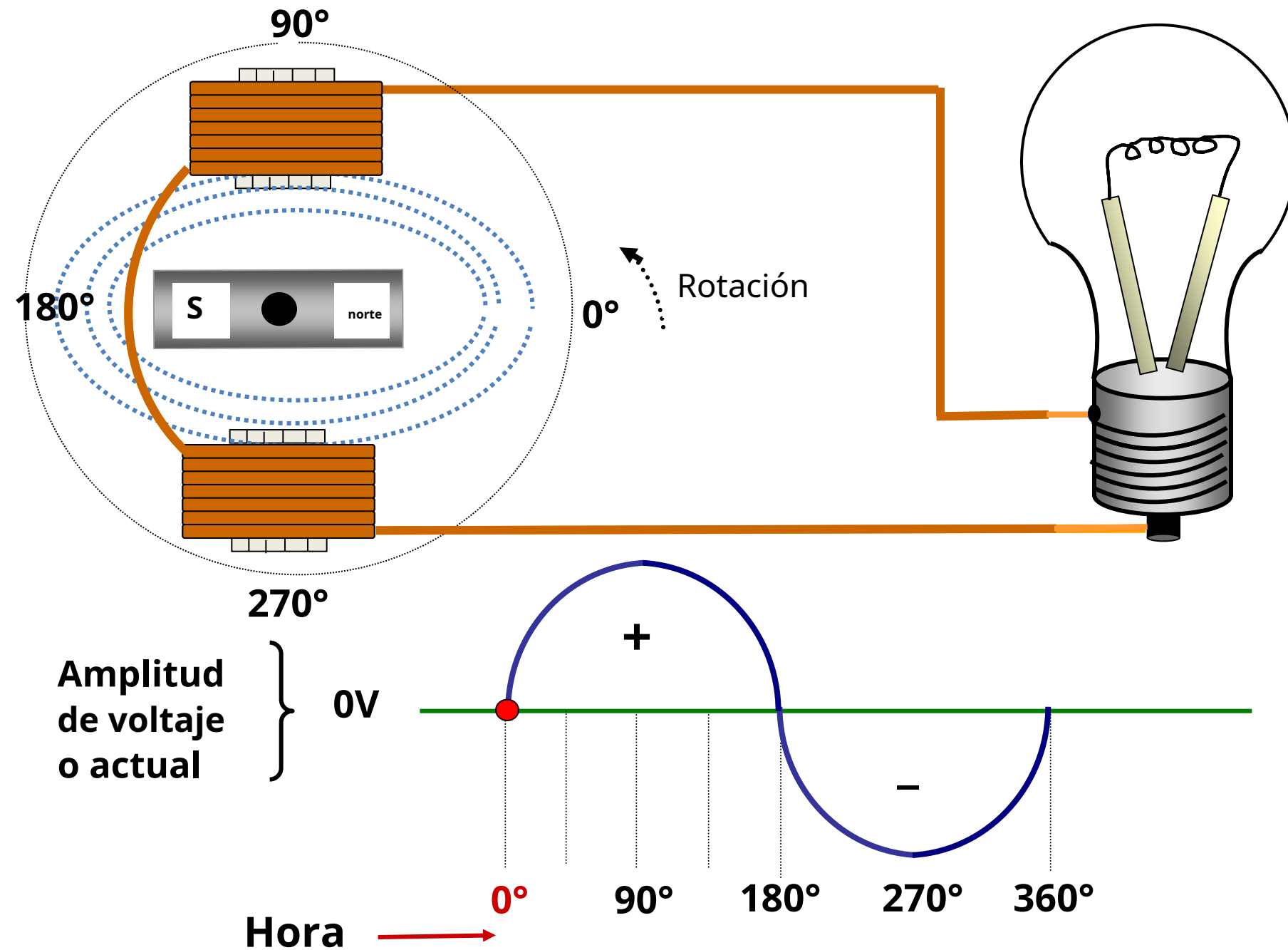
- Generación de corriente alterna
- Ondas sinusoidales
- Valores RMS
- Relación de fase
- Relaciones del triángulo rectángulo
- Impedancia: resistencia, inductancia, capacitancia

Corriente alterna (CA)

Corriente alterna(C.A)cambia periódicamente la dirección del flujo y la magnitud.

- El voltaje de CA produce una corriente alterna
- La alimentación de CA se produce mediante corriente alterna y voltaje alterno.

Generación de corriente alterna

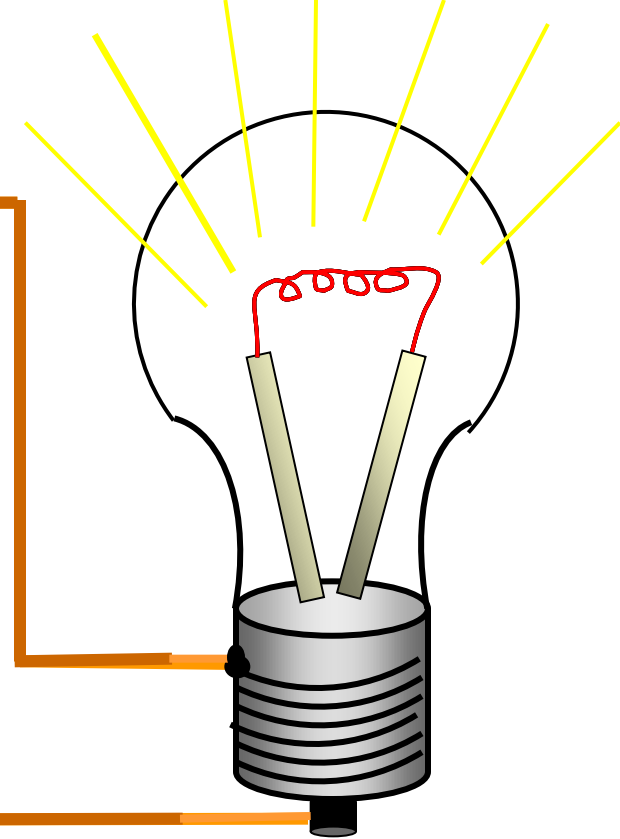


90°

+



Flujo actual



0°



-

270°

Amplitud
de voltaje
o actual

+

-

0°

90°

180°

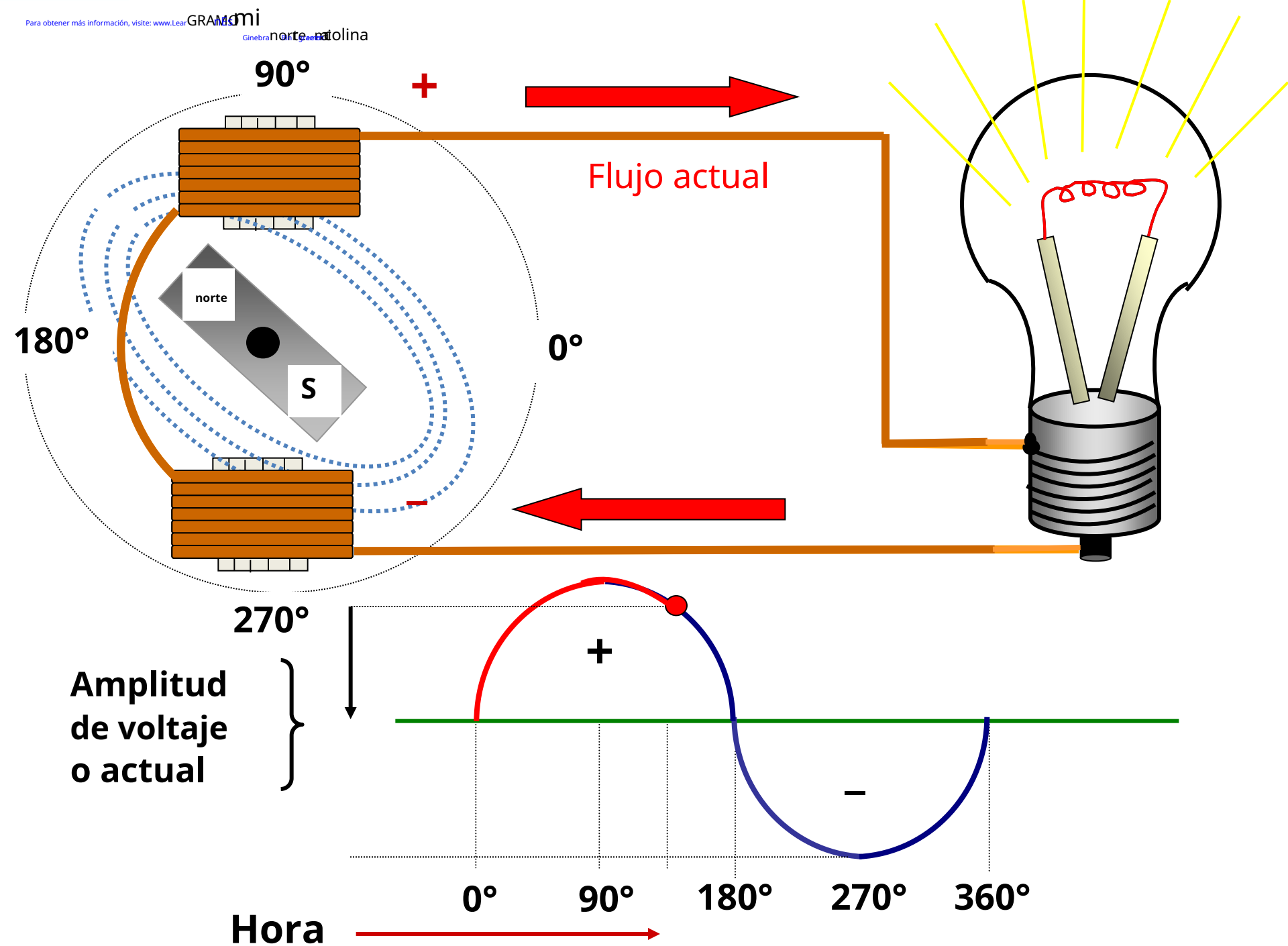
270°

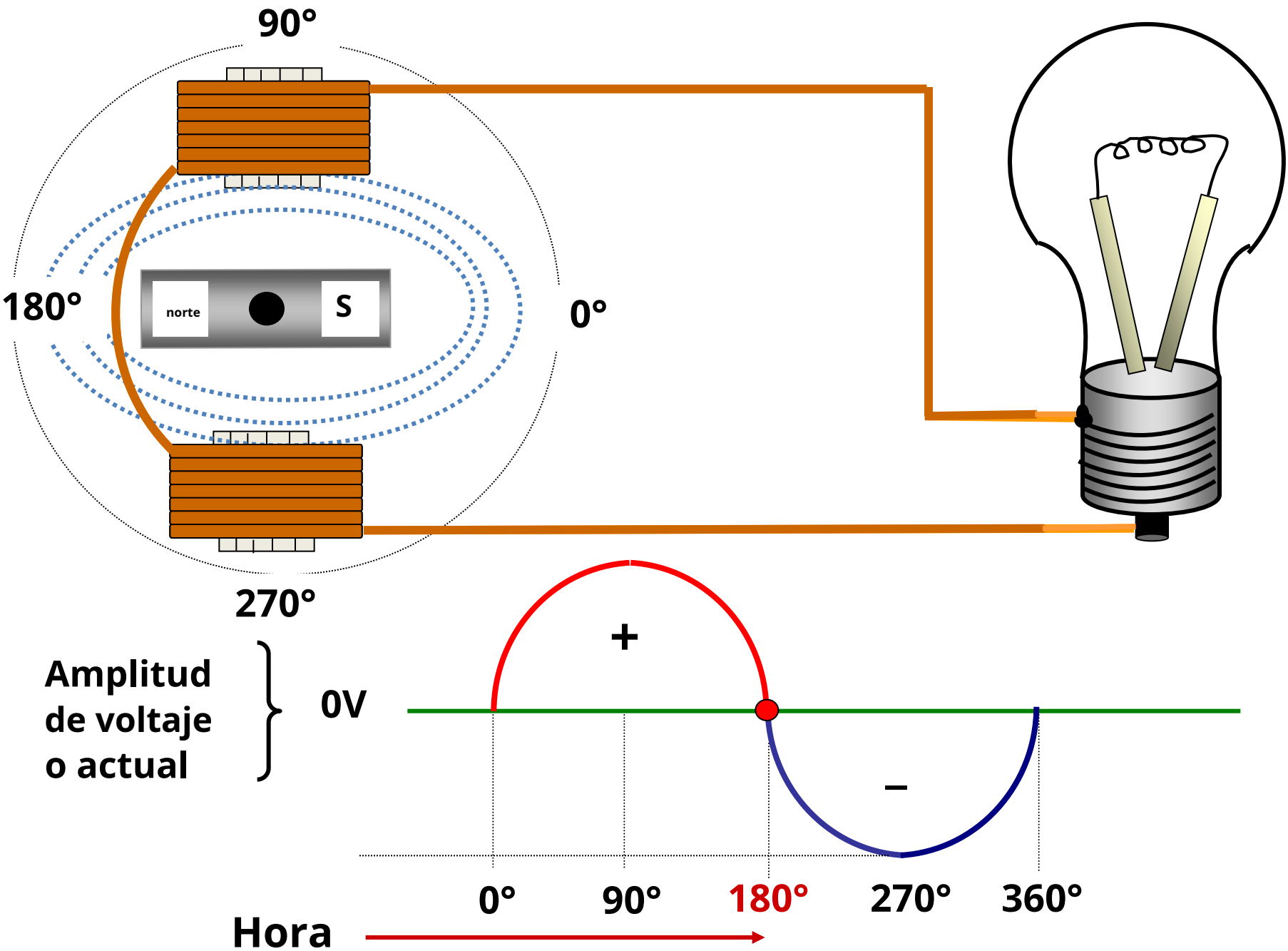
360°

Hora





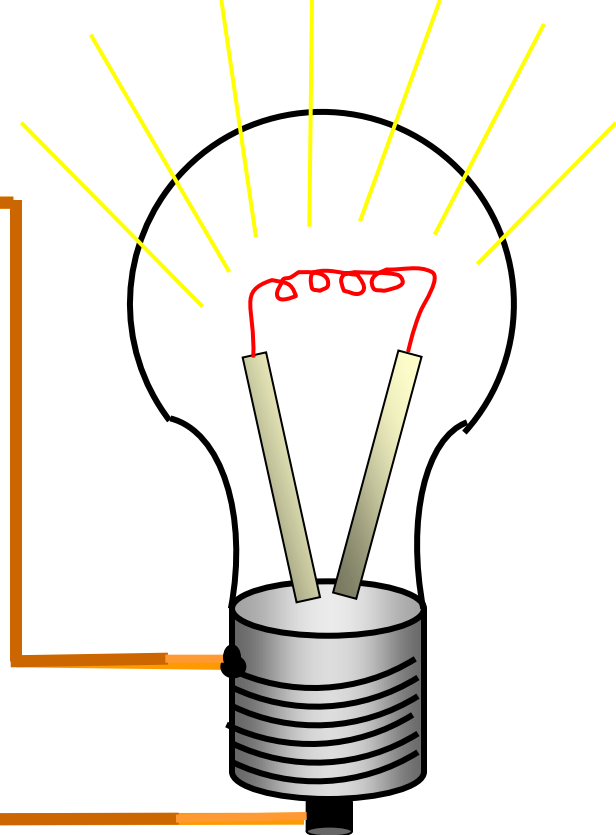




90°



Flujo actual



0°



270°

+

Amplitud
de voltaje
o actual

0°

90°

180°

270°

360°

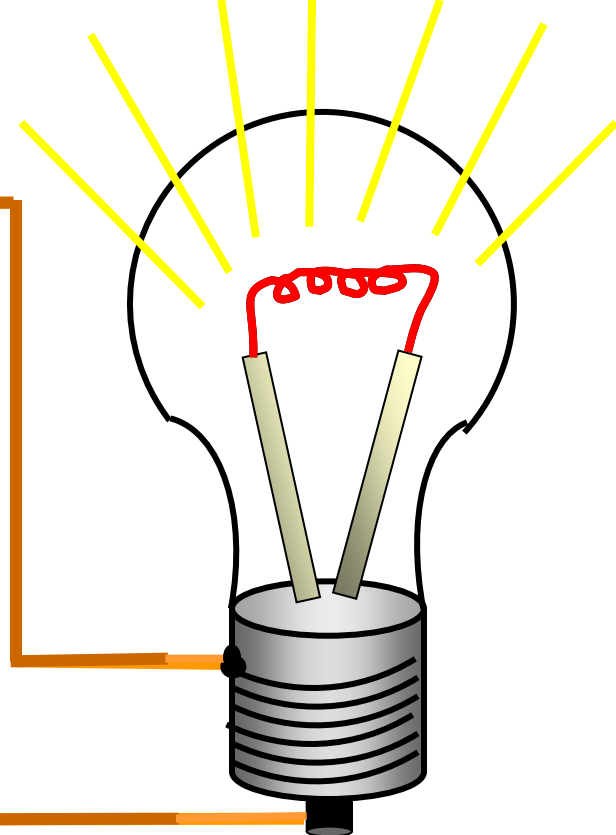
Hora



90°



Flujo actual



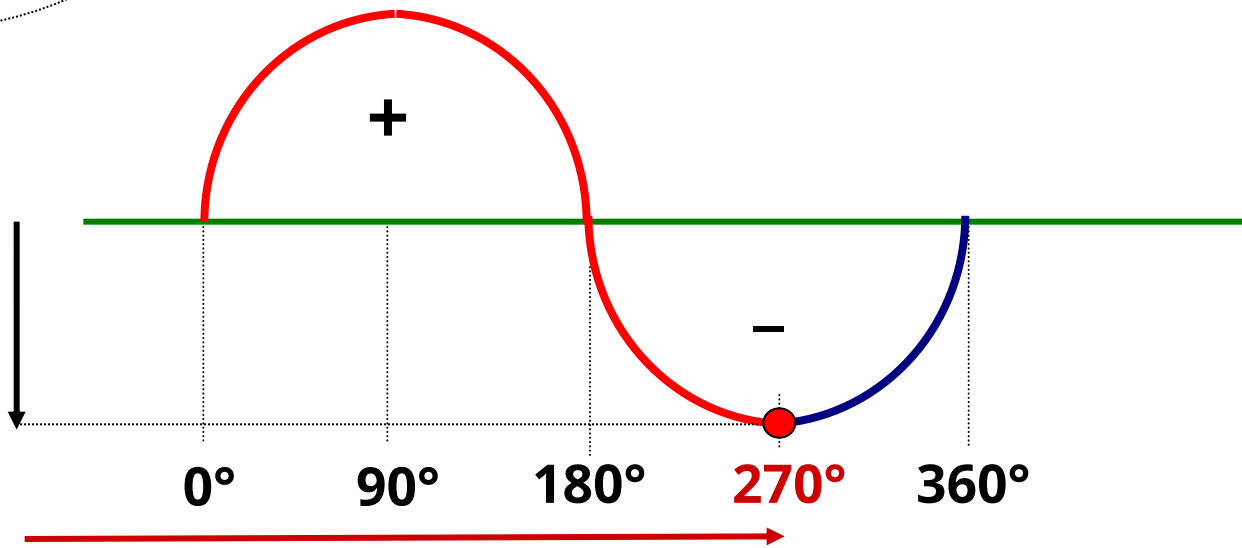
0°

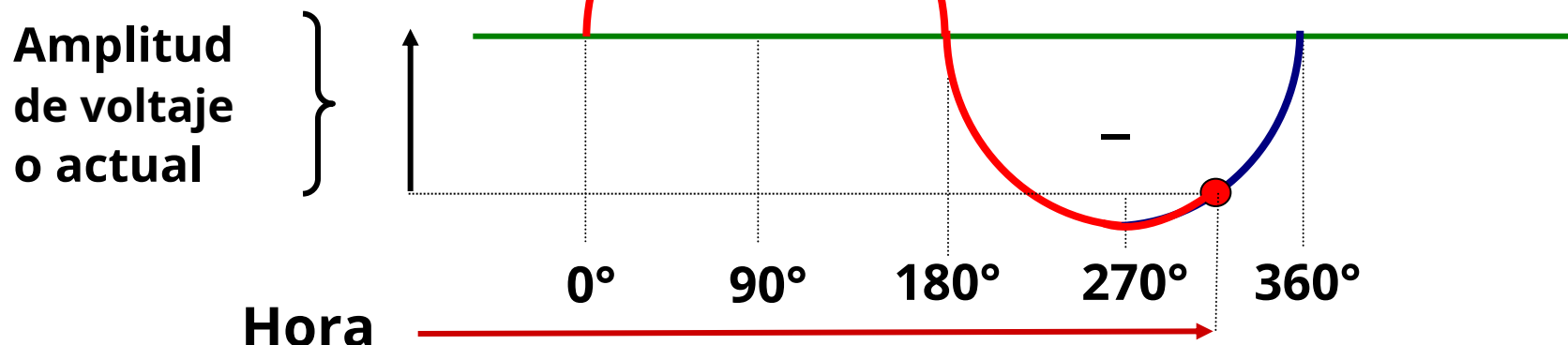
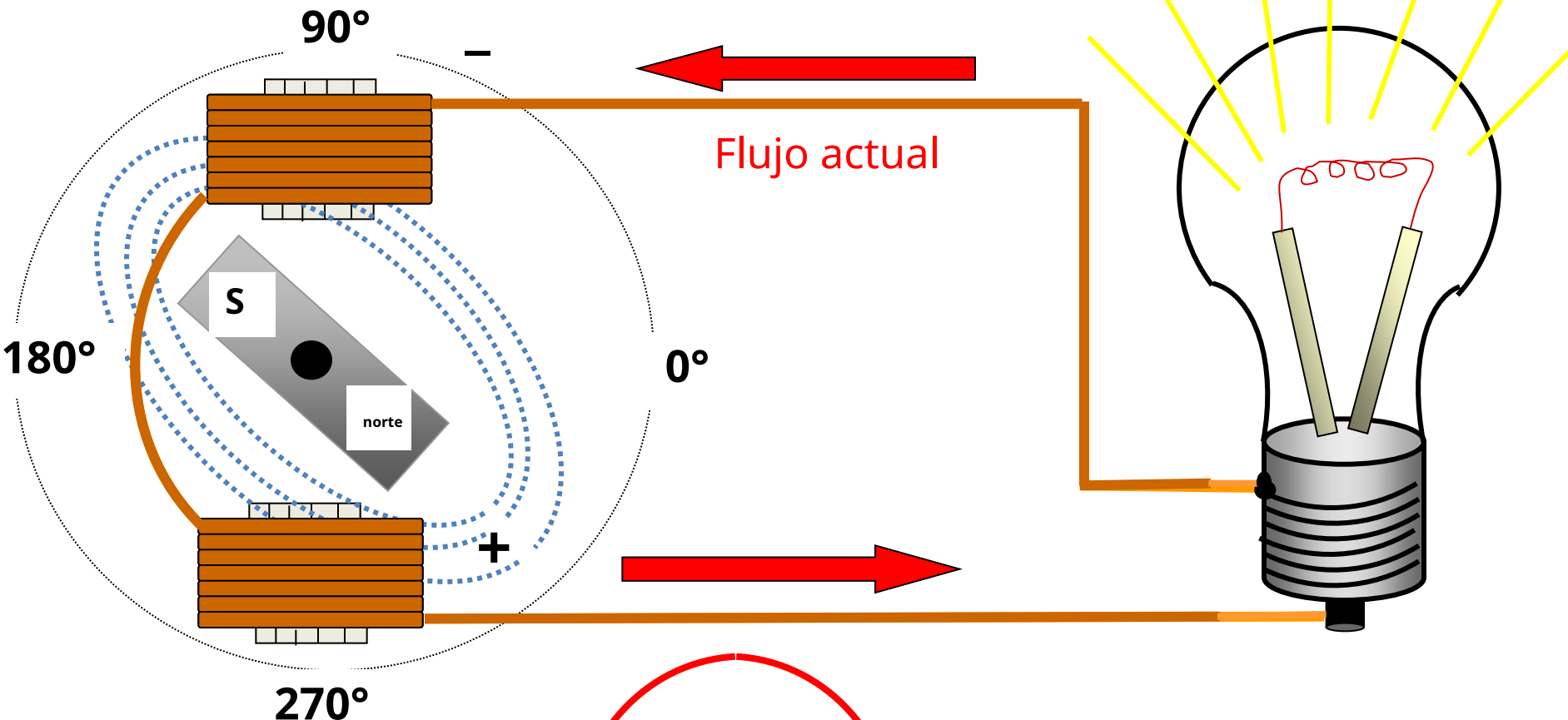


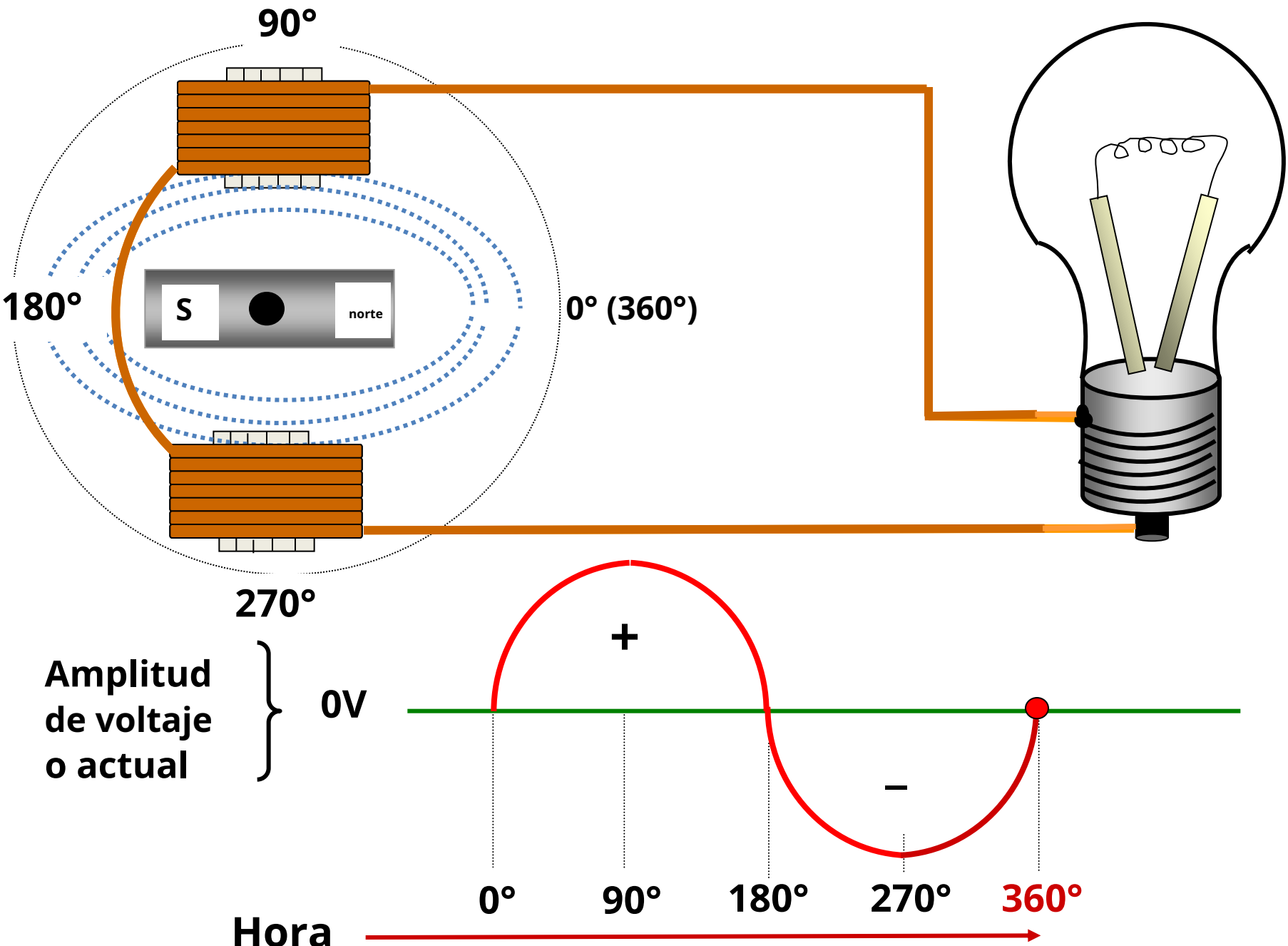
270°

+

Amplitud
de voltaje
o actual





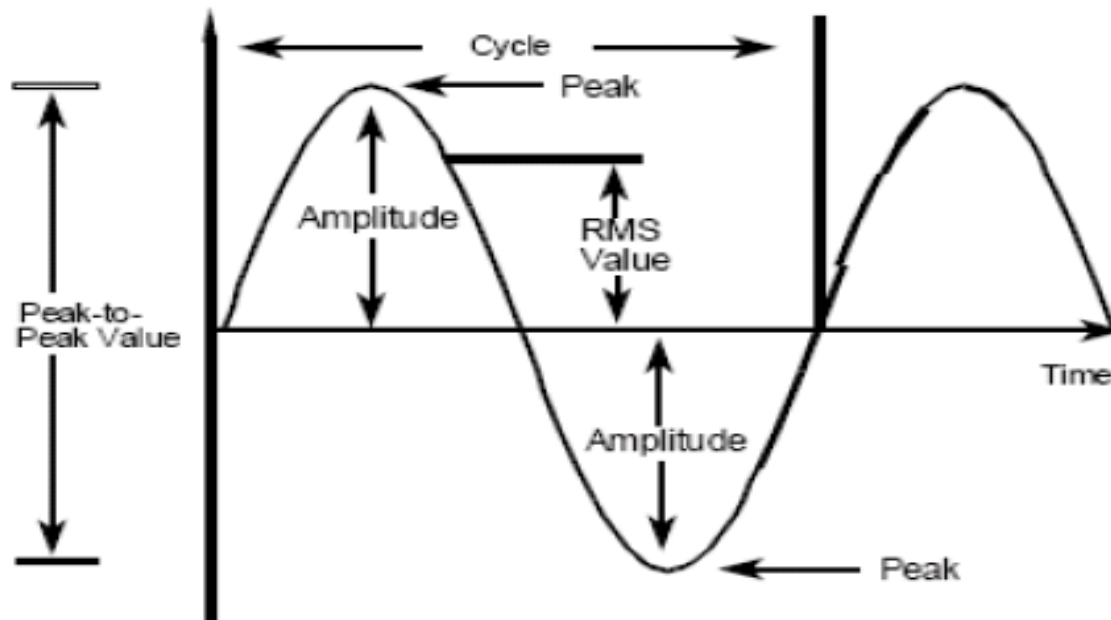


Ondas sinusoidales

Corriente alterna (CA)

Ondas sinusoidales

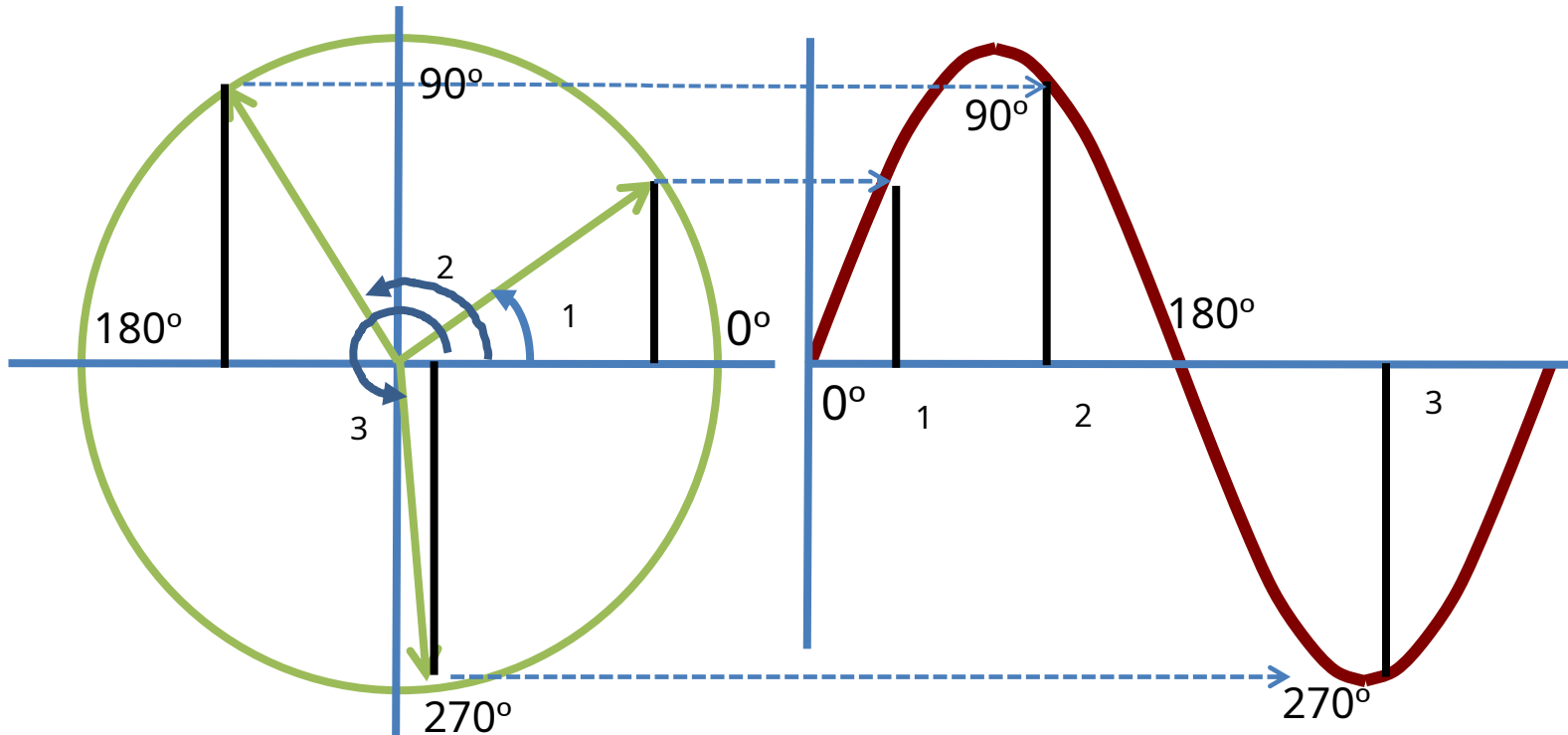
Una onda sinusoidal es una curva que describe una suave oscilación repetitiva.



Corriente alterna (CA)

Ondas sinusoidales

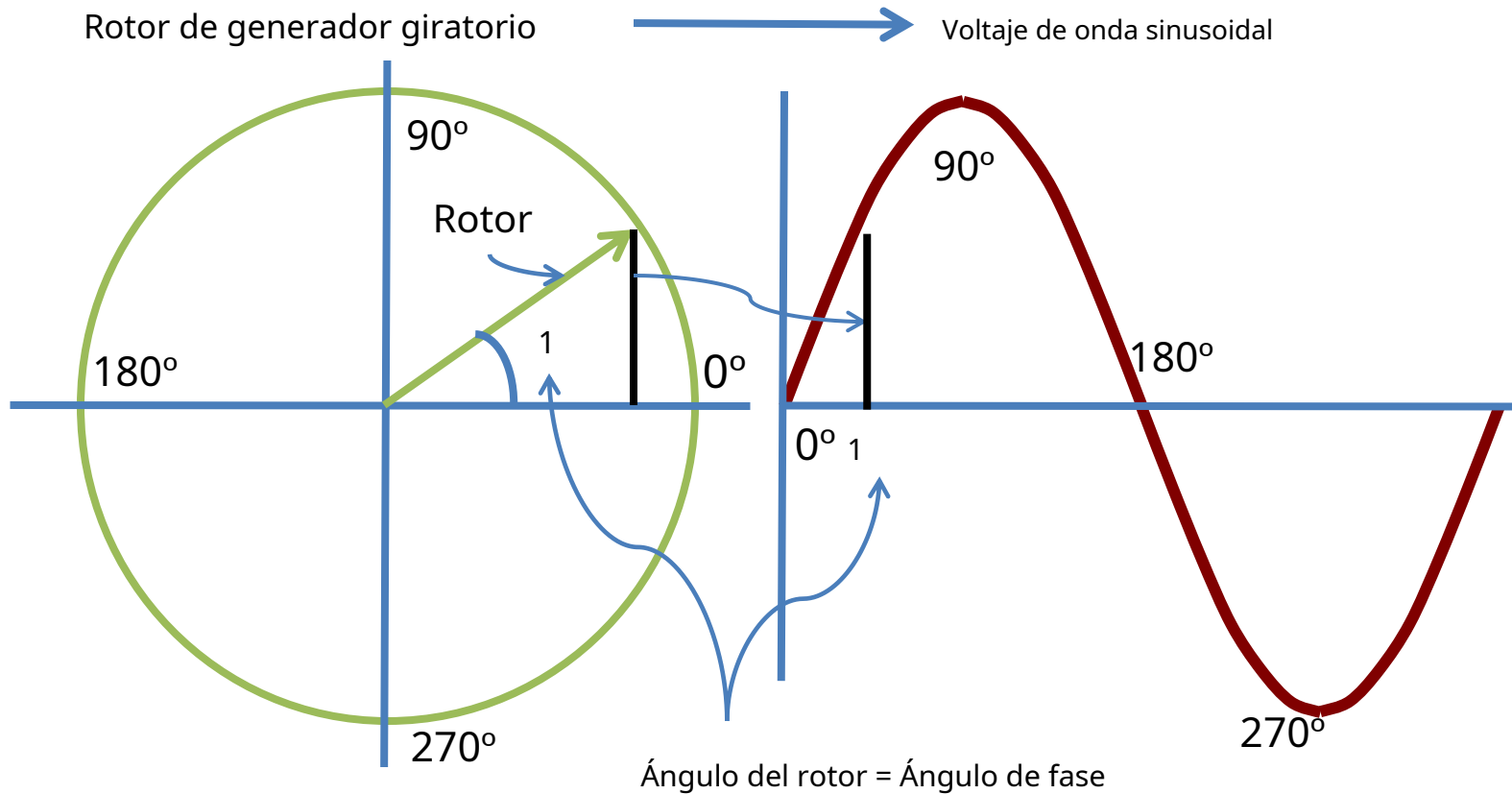
Una onda sinusoidal muestra la altura del círculo en un ángulo dado.



Corriente alterna (CA)

Ondas sinusoidales

El rotor del generador giratorio crea un voltaje de onda sinusoidal



Corriente alterna (CA)

Ondas sinusoidales

Un **Ciclo** es la parte de una forma de onda que no se repite ni se duplica. En el tiempo que tarda en completar un ciclo, la corriente:

- construye desde cero hasta la máxima amplitud en una dirección
- decae de nuevo a cero
- construye a la amplitud máxima en la dirección opuesta
- vuelve a decaer a cero

Corriente alterna (CA)

Ondas sinusoidales

- El **Período (T)** es el tiempo requerido para completar un ciclo
- **Frecuencia (f)** es la velocidad a la que se producen los ciclos
- La frecuencia se mide en **Hercios (Hz)**. Un hercio equivale a un ciclo por segundo

Corriente alterna (CA)

Ondas sinusoidales

La frecuencia (f) y el período (T) están relacionados por las siguientes ecuaciones:

$$f = 1/T$$

$$T = 1/f$$

Corriente alterna (CA)

Ondas sinusoidales

Amplitud

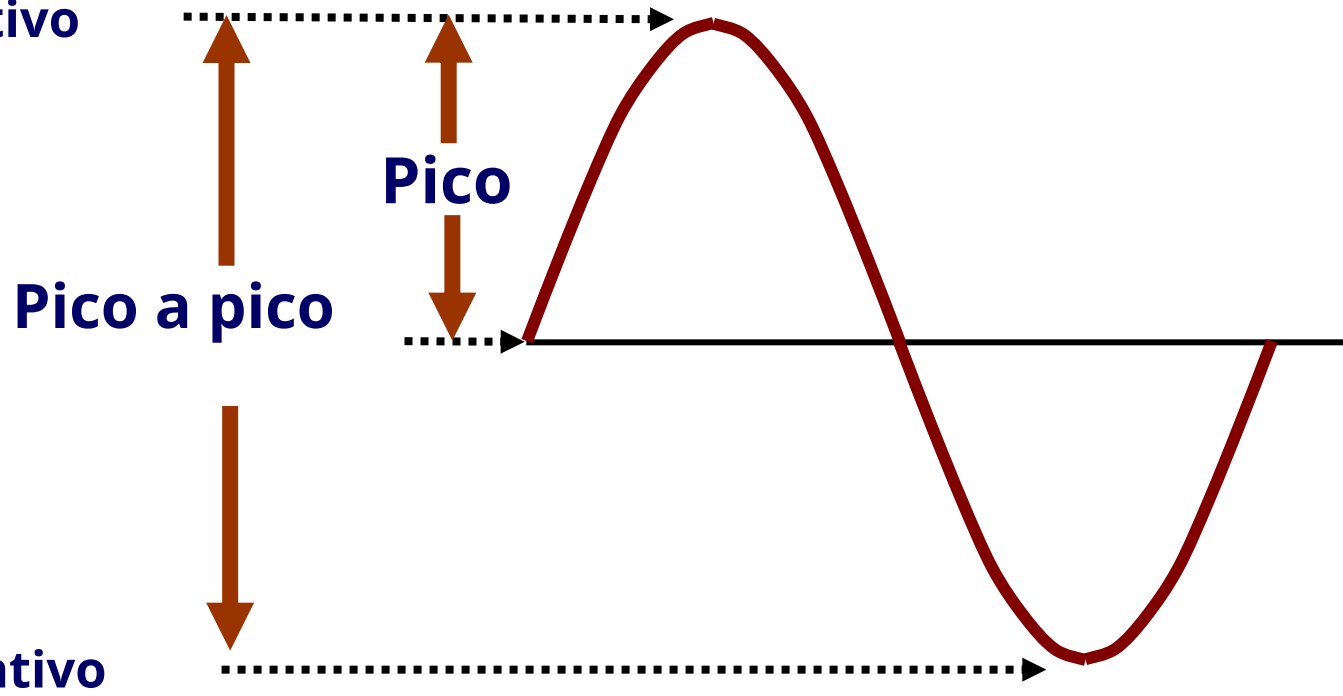
- pico
- pico a pico
- RMS (Valor Efectivo)

Corriente alterna (CA)

Onda sinusoidal de alimentación de CA

Máximo

Valor positivo



Valores RMS

Corriente alterna (CA)

Valor RMS (efectivo)

- **Él eficaz raíz cuadrada media (RMS)** es la cantidad de corriente o voltaje de CA que tiene el mismo efecto que una cantidad dada de corriente o voltaje de CC en la producción de calor en un circuito resistivo
- El valor efectivo (RMS) es la forma más común de especificar la cantidad de CA
- Un amperio de CA efectivo y un amperio de CC producen la misma potencia cuando fluyen a través de resistencias iguales

Corriente alterna (CA)

Valores RMS

- El **Valor de la raíz cuadrada media (RMS)** es el **Eficaz** valor
- Para calcular el valor RMS de una forma de onda, **Cuadrado** los valores instantáneos durante un período, promediarlos para proporcionar el **Significar**, y tomar la **plaza Raíz** de la media
- El valor RMS es el 70,7 % del valor máximo

$$= \frac{\sqrt{2}}{2} = .707$$

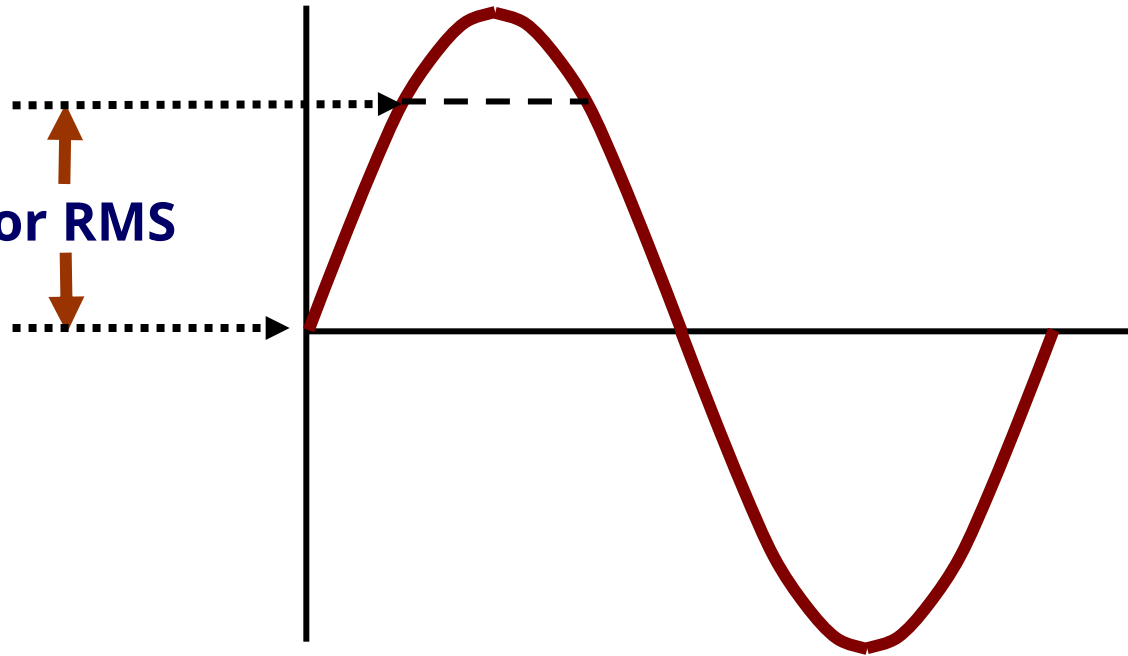
Corriente alterna

Valor RMS (efectivo)

**70,7% de
Voltaje pico**

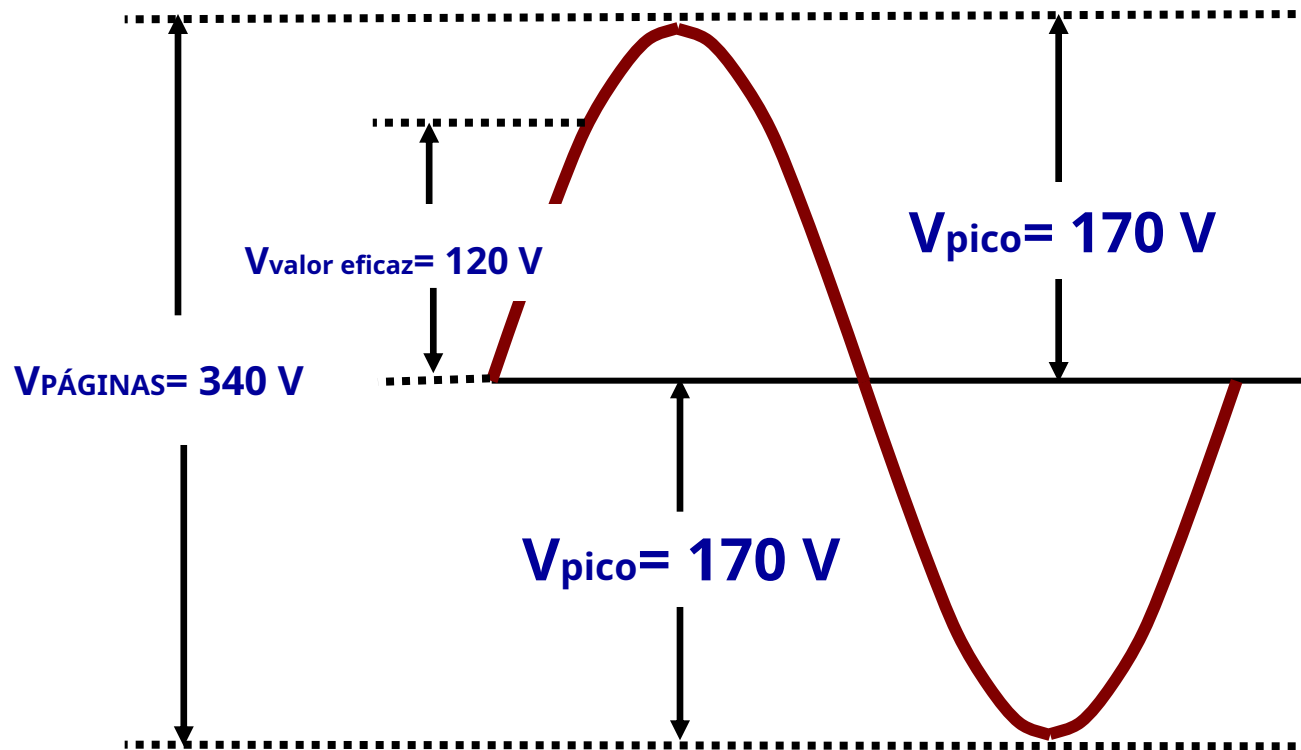
Valor RMS

Cero



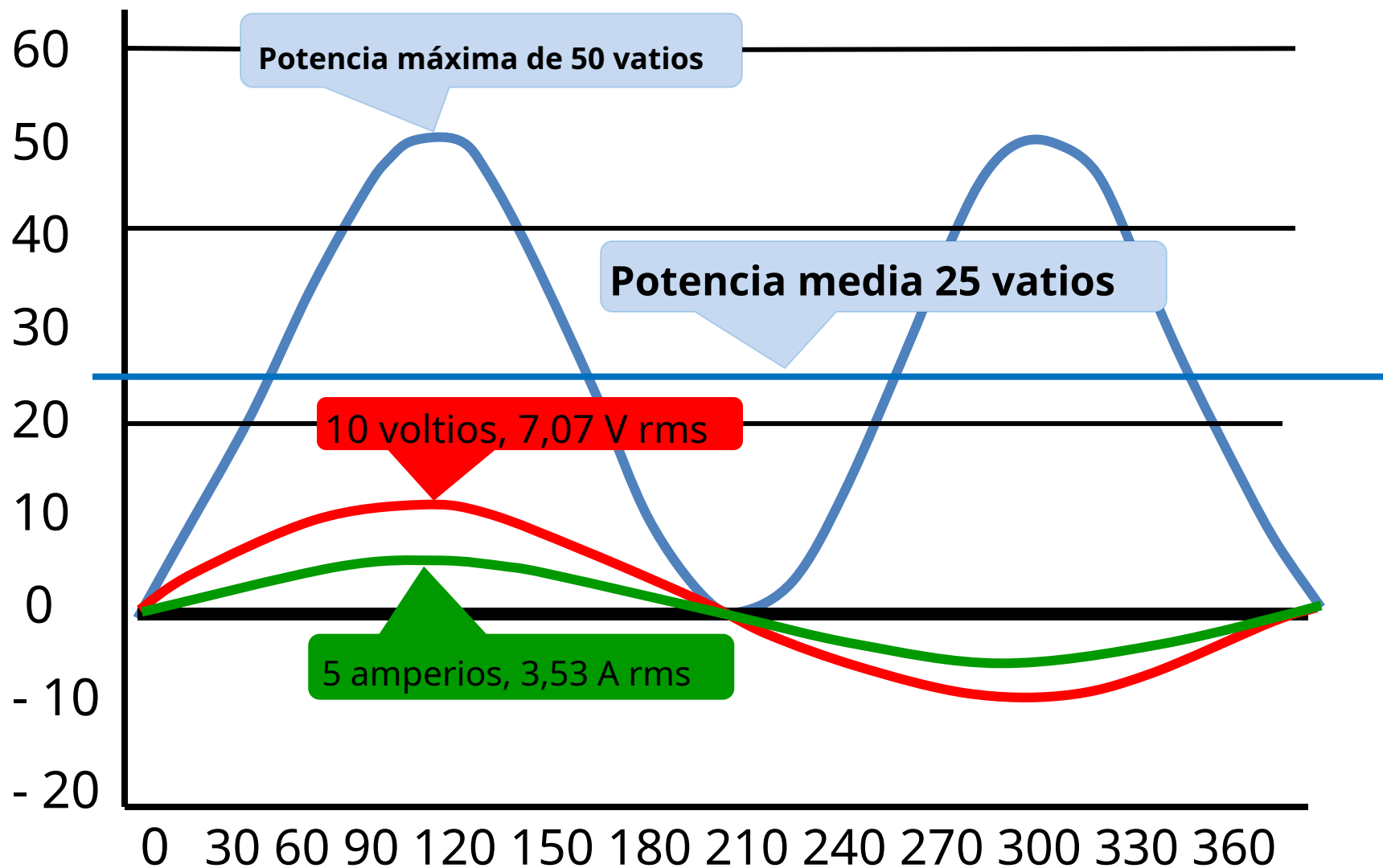
Corriente alterna

Voltaje doméstico



$$V_{\text{RMS}} = 0,707 \times 170 \text{ V} = 120,2 \text{ V}$$

$$\text{Voltaje RMS} * \text{Corriente RMS} = \text{Potencia promedio}$$



Relación de fase

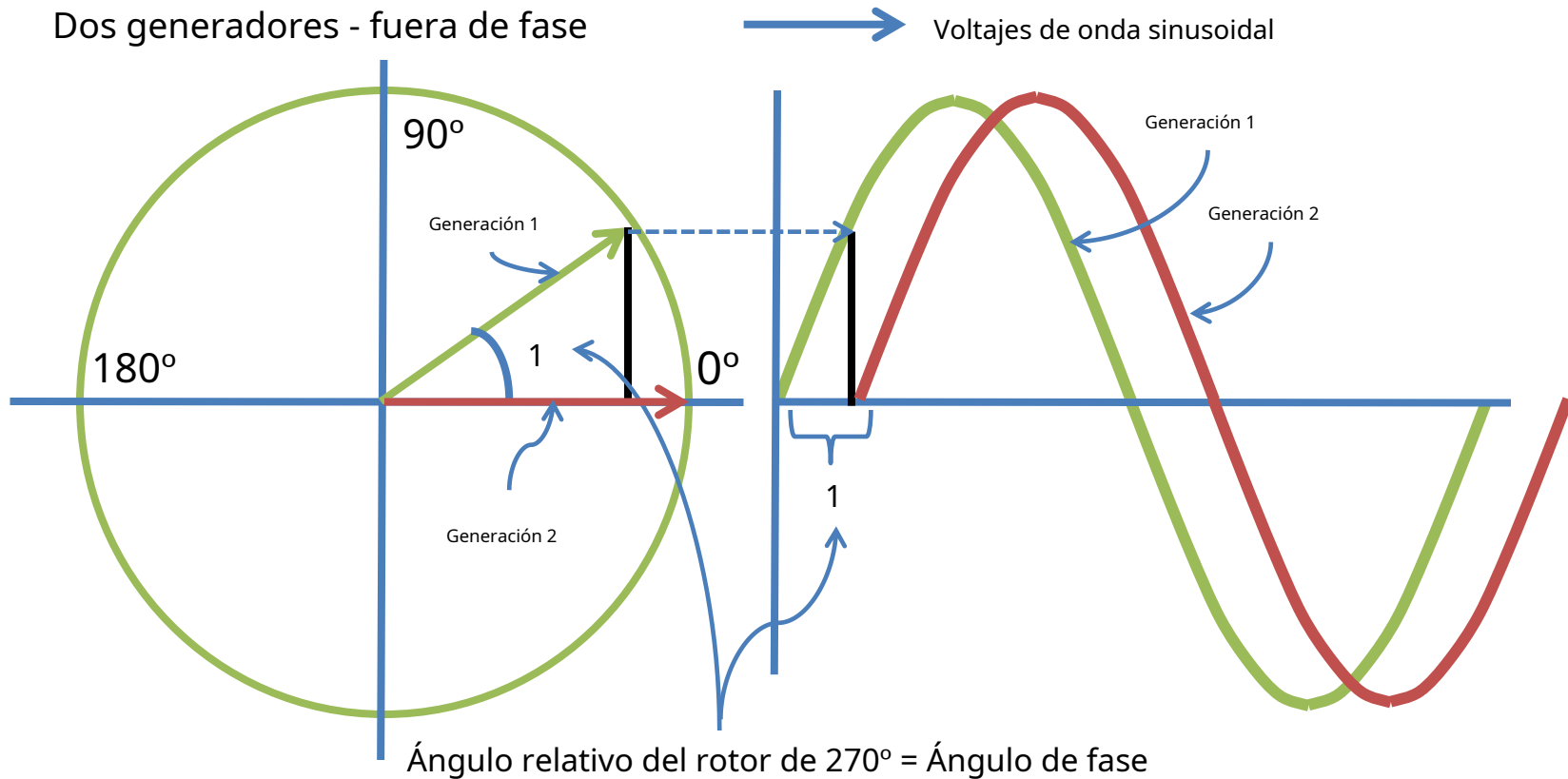
Corriente alterna (CA)

Relaciones de fase

Ángulo de fase es la diferencia de ángulo entre dos ondas sinusoidales con la misma frecuencia

- El ángulo de fase a veces se llama **relación de fase**
- **Ángulo de fase** es la porción de un ciclo que ha transcurrido desde que otra onda pasó a través de un valor dado

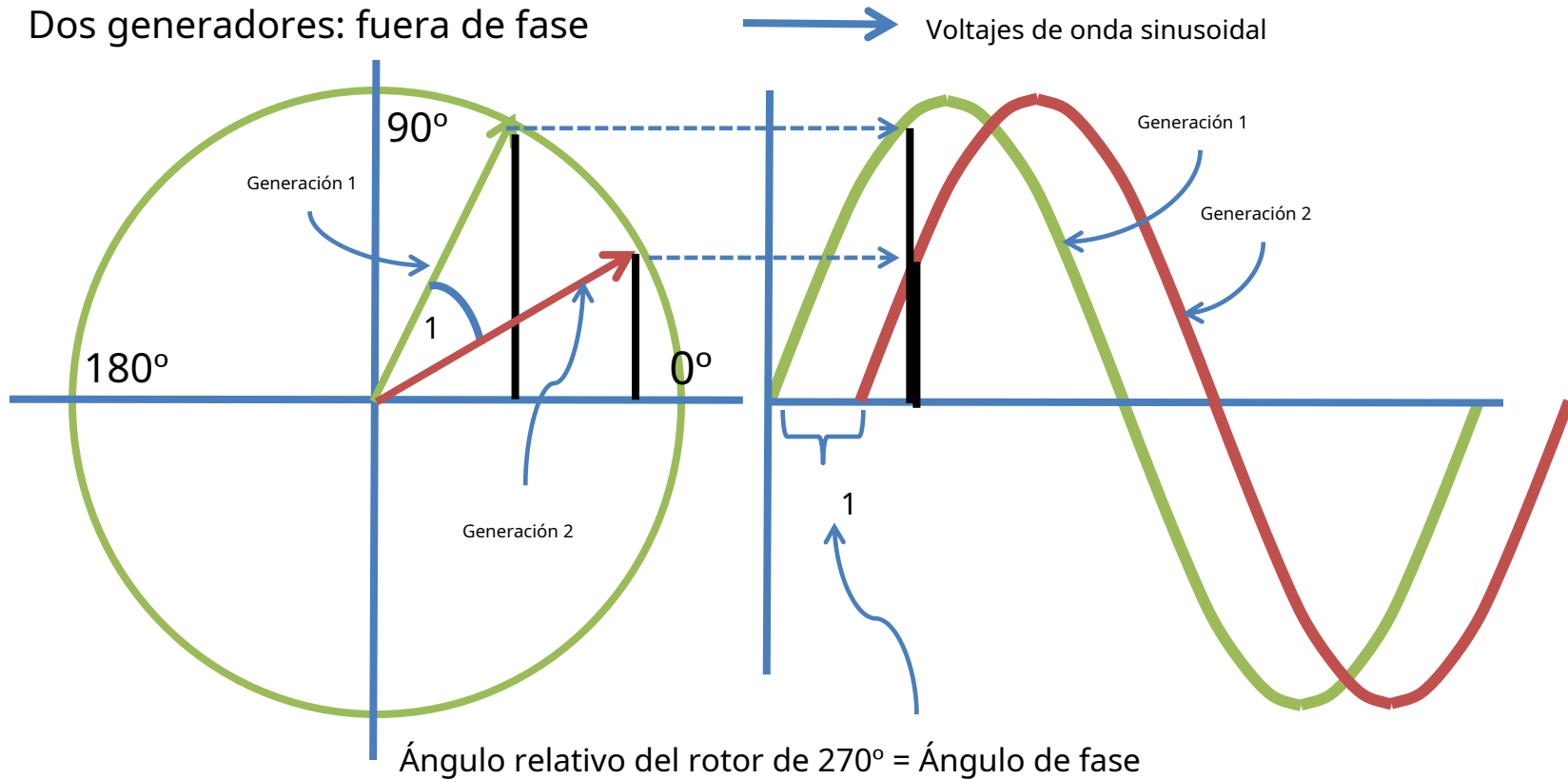
Ángulo de fase de corriente alterna (CA) entre dos generadores



Ángulo de fase de corriente alterna (CA) entre dos generadores

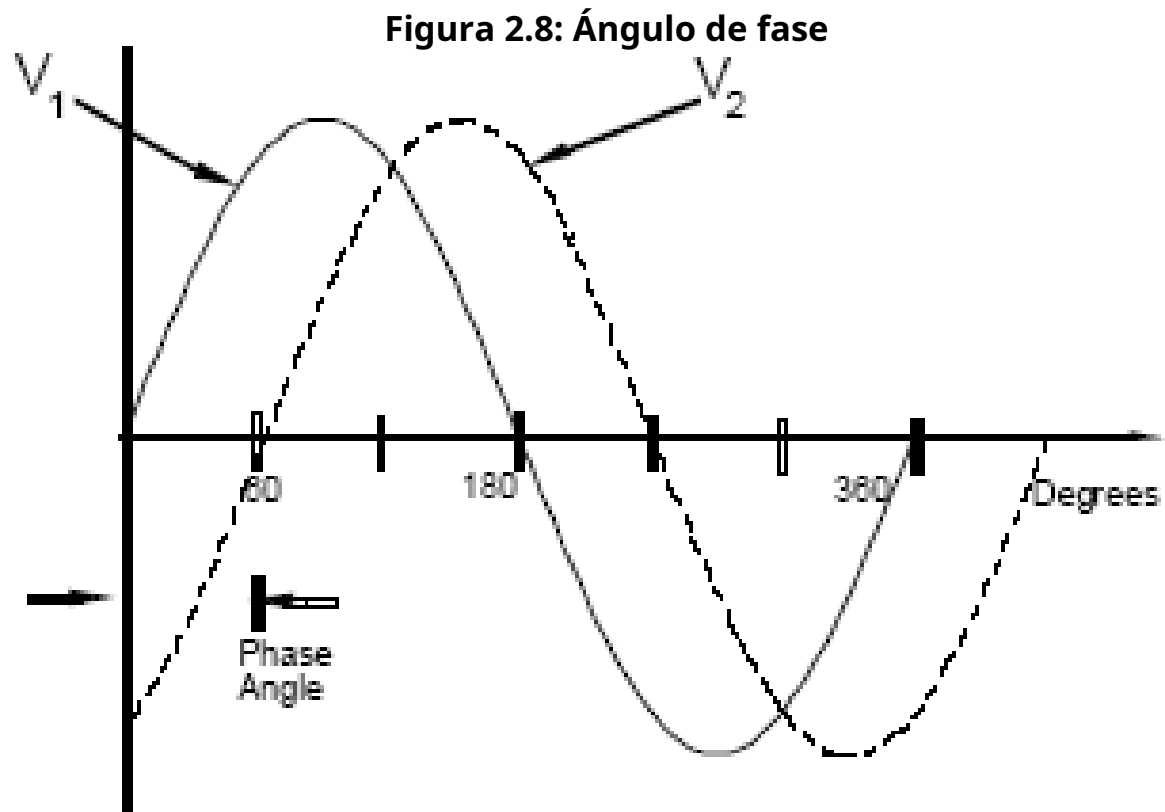
El ángulo entre los generadores permanece igual mientras ambos giran

Dos generadores: fuera de fase



Corriente alterna (CA)

Relaciones de fase



V_1 = Generador #1

V_2 = Generador #2

Ángulo de fase de corriente alterna (CA) entre dos generadores

En fase-el ángulo de fase entre dos generadores es cero grados

- Los voltajes generados cruzan cero al mismo tiempo

Ángulo de fase de corriente alterna (CA) entre dos generadores

Fuera de fase significa que el ángulo de fase entre dos generadores no es cero grados.

- Los voltajes generados cruzan cero en diferentes momentos.
- Solo se aplica si las dos formas de onda tienen la misma frecuencia

Corriente alterna (CA)

Relaciones de fase

Afasores es una línea que representa una cantidad giratoria (voltaje o corriente) para la cual:

- La longitud representa la magnitud
- La dirección representa el ángulo de fase (en grados eléctricos)
- Los cero grados eléctricos están en el lado derecho del eje horizontal
- La rotación es en sentido contrario a las agujas del reloj

Corriente alterna (CA)

Relaciones de fase

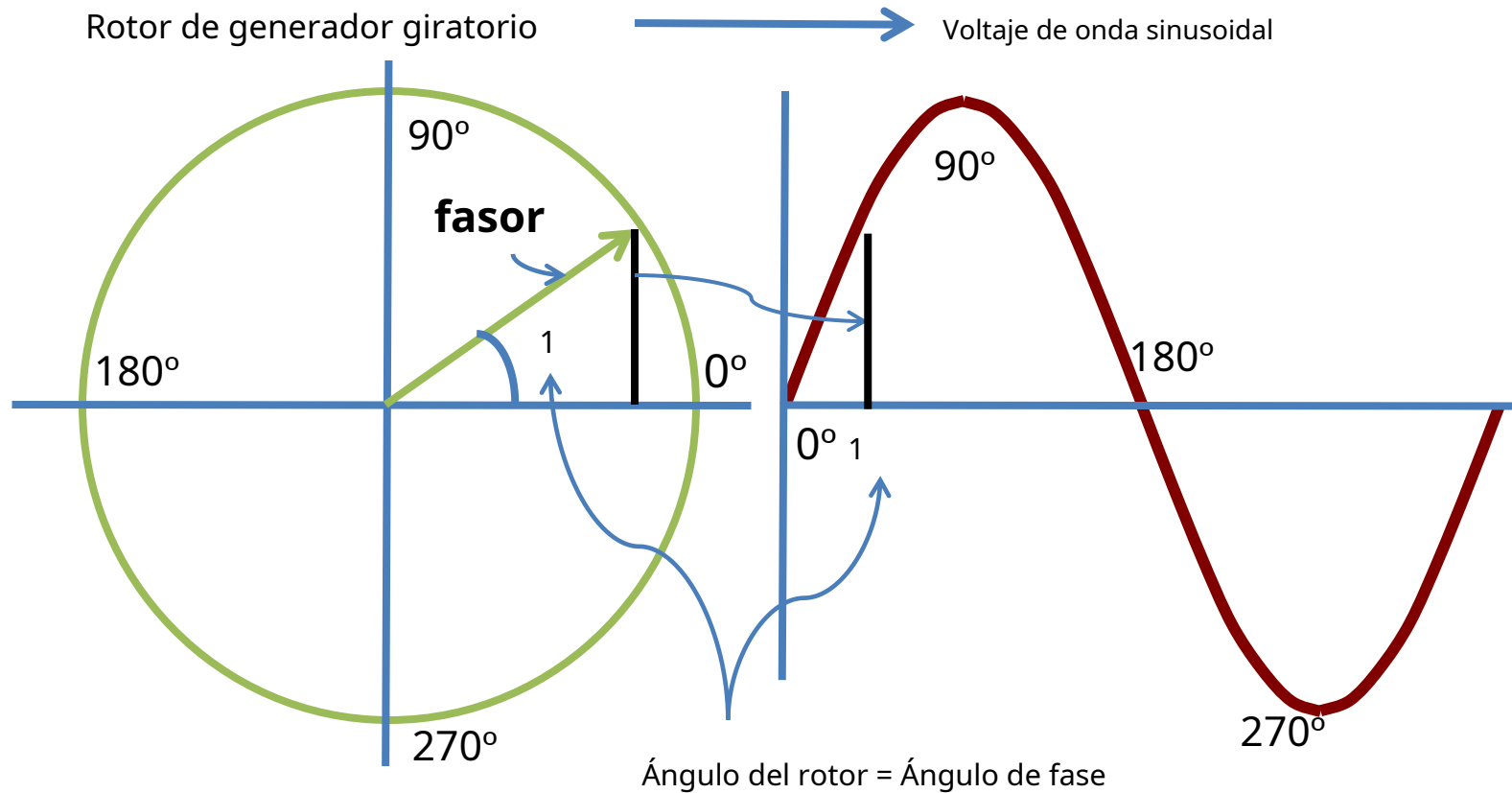
Afasores similar a una flecha dibujada en el extremo de un eje giratorio

- Una luz estroboscópica parpadea una vez cada vez que el eje realiza una revolución completa



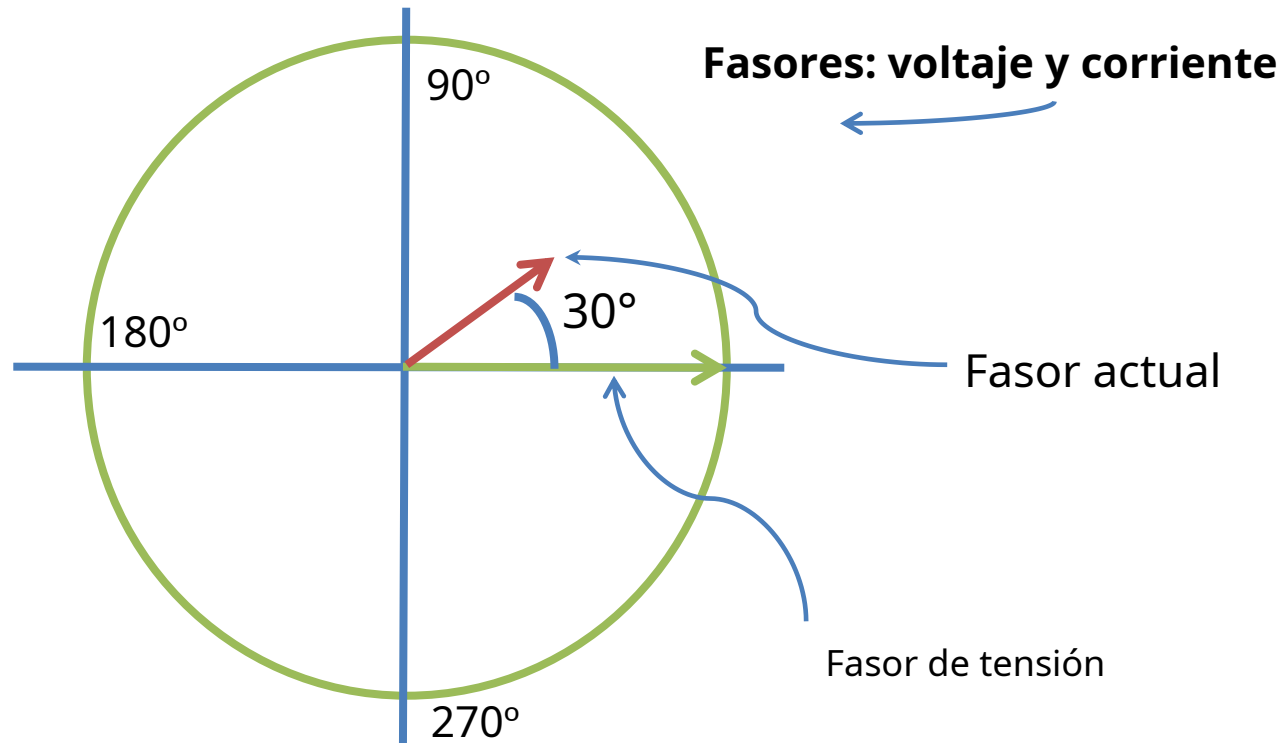
Corriente alterna (CA)

Relaciones de fase



Corriente alterna (CA)

Relaciones de fase



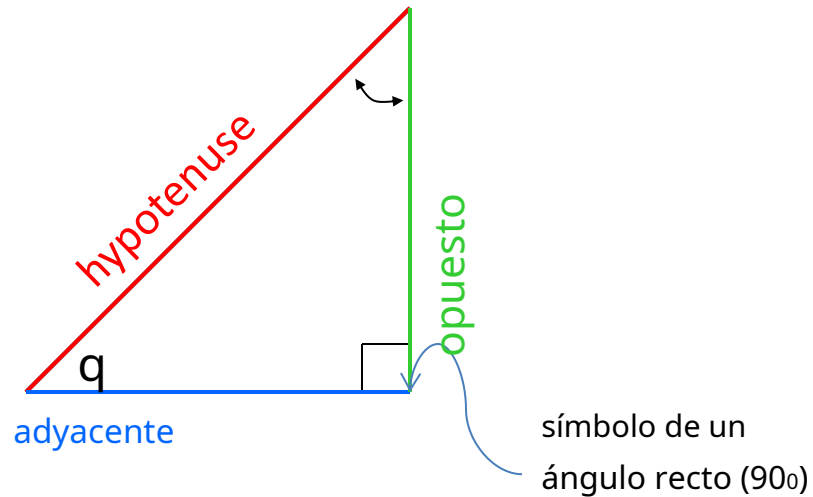
Dado que los fasores giran en sentido contrario a las agujas del reloj, el diagrama de fasores de arriba muestra la corriente que adelanta al voltaje en 30°.

Relaciones del triángulo rectángulo

Corriente alterna (CA)

triángulos rectángulos

Un triángulo rectángulo tiene una esquina con un ángulo de 90° .



Corriente alterna (CA)

triángulos rectángulos

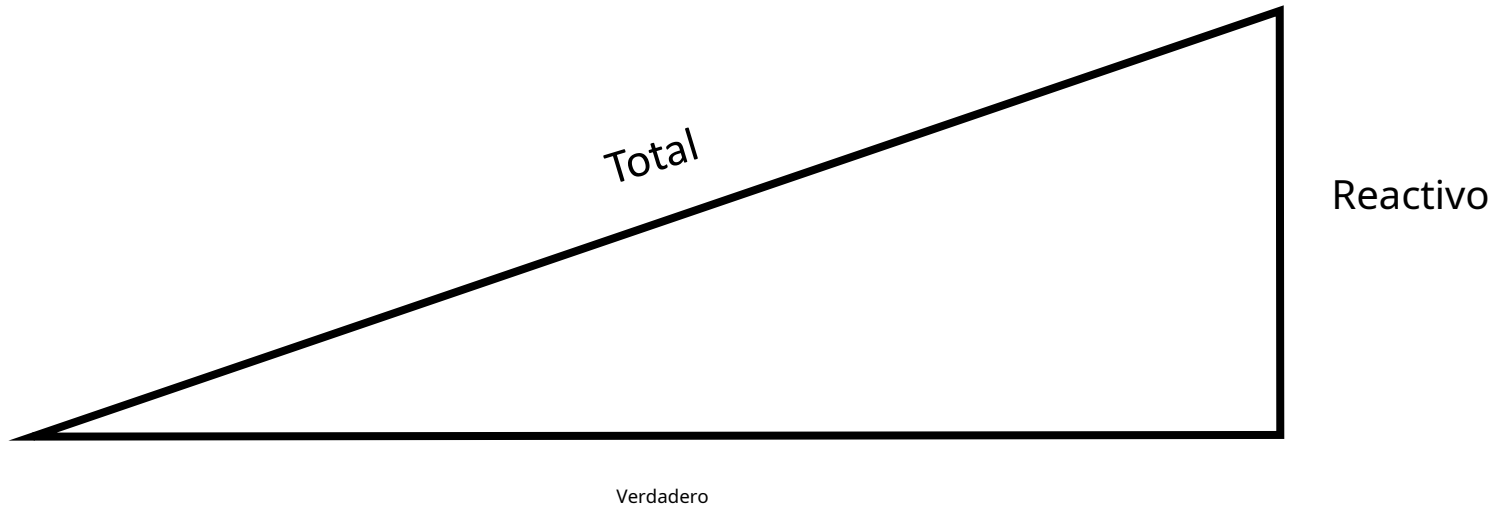
El triángulo rectángulo se puede utilizar para representar:

- Resistencia vs Reactancia
- Porción real versus reactiva de corriente y voltaje
- Potencia Real y Reactiva

Corriente alterna (CA)

triángulos rectángulos

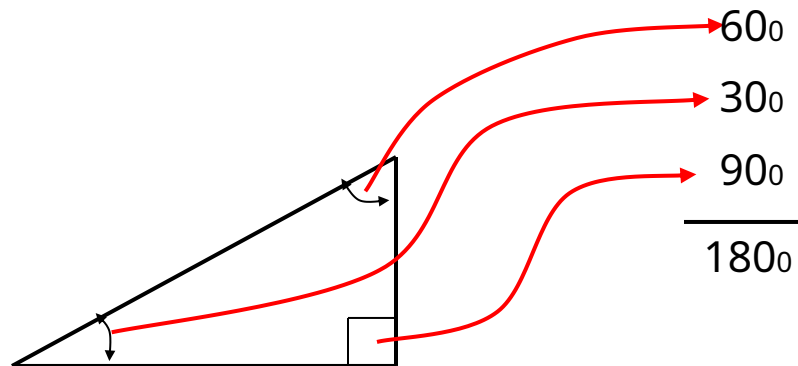
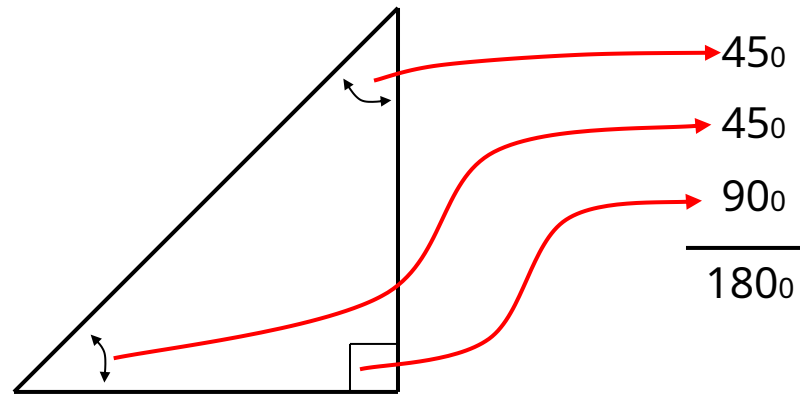
El triángulo rectángulo se puede utilizar para representar el total resistivo, reactivo y resultante.



Corriente alterna (CA)

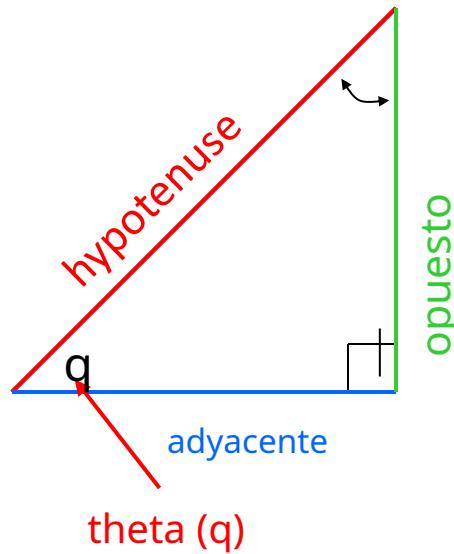
triángulos rectángulos

Ángulos totales 180°



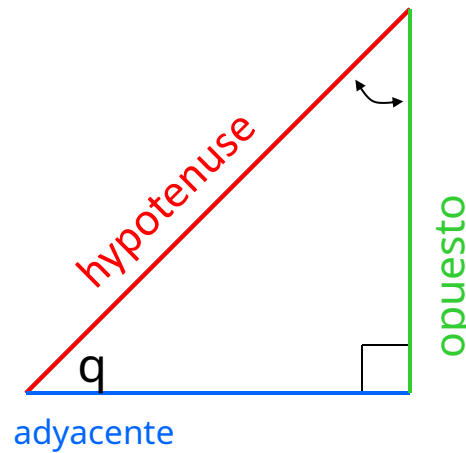
Corriente alterna (CA)

triángulos rectángulos



triángulos rectángulos

Teorema de pitágoras



El teorema de Pitágoras establece que el **cuadrado de la hipotenusa** de un triángulo rectángulo **es igual** a la **suma** de los **cuadrados de los dos lados restantes**.

triángulos rectángulos

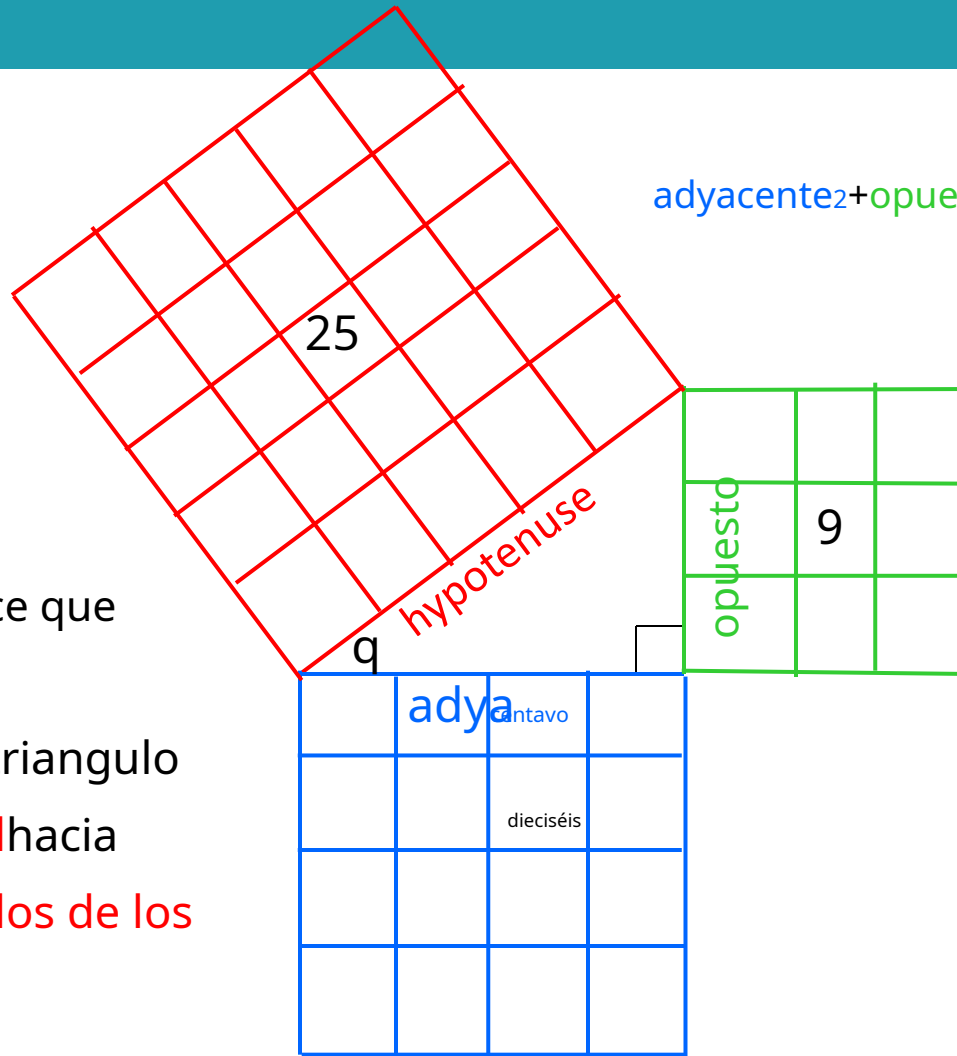
hipotenusa² =

adyacente² + opuesto²

el pitagórico

El teorema establece que

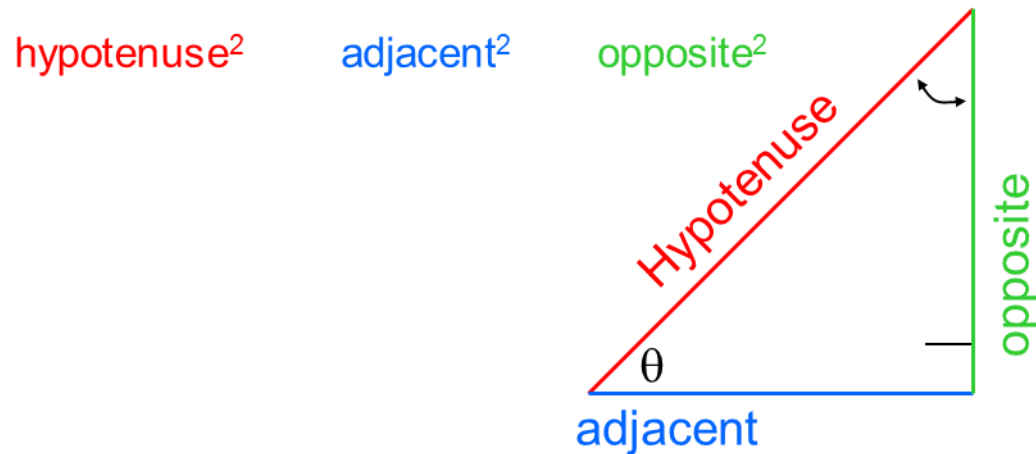
la **cuadrado de la hipotenusa** de un triángulo rectángulo **es igual** a la **suma de los cuadrados de los dos restantes lados**.



Corriente alterna (CA)

triángulos rectángulos

Teorema de pitágoras

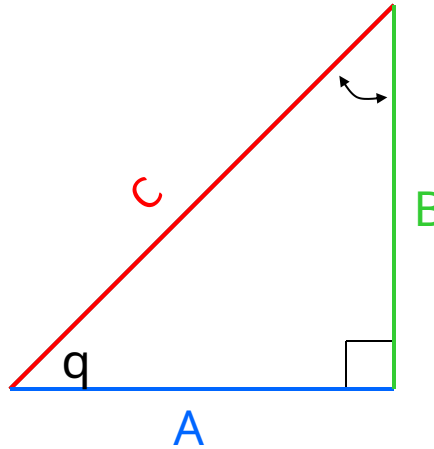


Corriente alterna (CA)

triángulos rectángulos

Teorema de pitágoras

$$C_2 = A_2 + B_2$$



$$C_2 = A_2 + B_2$$

$$A_2 = C_2 - B_2$$

$$B_2 = C_2 - A_2$$

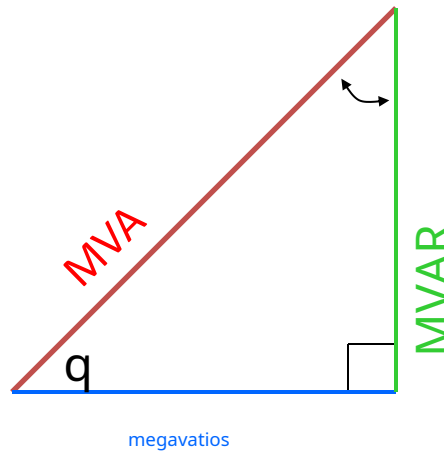
Usando nuestra fórmula, podríamos encontrar el valor de cualquier lado si conocemos el valor de los otros dos lados.

Corriente alterna (CA)

triángulos rectángulos

Teorema de pitágoras

$$MVA_2 = \text{megavattios}_2 + MVAR_2$$



$$MVA_2 = \text{megavattios}_2 + MVAR_2$$

$$\text{megavattios}_2 = MVA_2 - MVAR_2$$

$$MVAR_2 = MVA_2 - \text{megavattios}_2$$

Los generadores producen Mega-Watts y Mega-Vars. Usa el triángulo rectángulo para encontrar los valores.

Corriente alterna (CA)

triángulos rectángulos

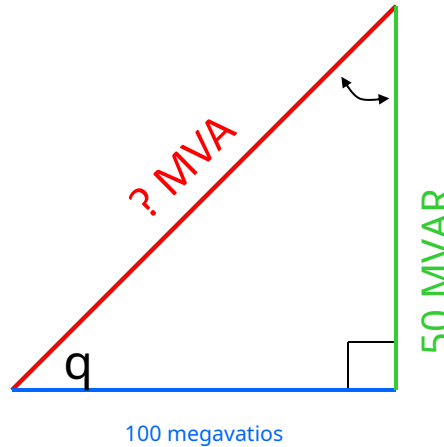
Teorema de pitágoras

$$MVA_2 = 100^2 + 50^2$$

$$MVA_2 = 10,000 + 2,500$$

$$MVA_2 = 12,500$$

$$MVA = 111.8$$



Si un generador estuviera produciendo 100 MW y 50 MVAR, podríamos calcular el MVA usando nuestra fórmula.

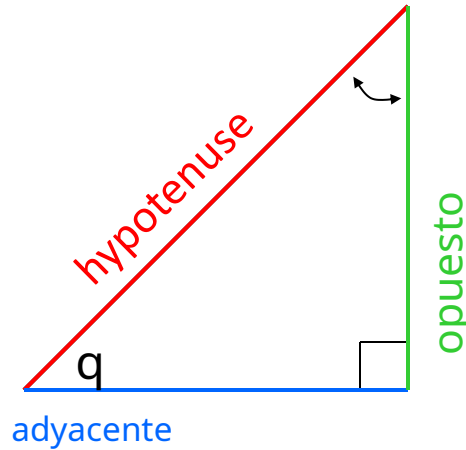
Corriente alterna (CA)

triángulos rectángulos

seno y coseno

$$\text{Sen } \theta = \frac{\text{opuesto}}{\text{hipotenusa}}$$

$$\text{Cos } \theta = \frac{\text{adyacente}}{\text{hipotenusa}}$$

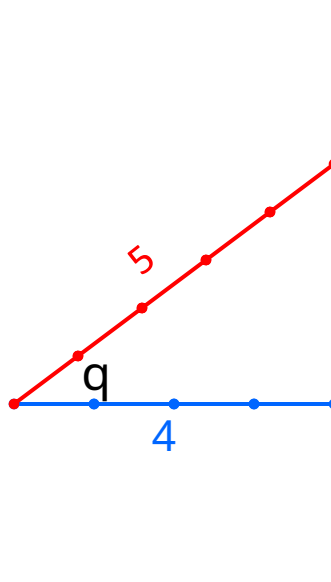


Corriente alterna (CA)

triángulos rectángulos

seno y coseno

$$\text{coseno } q = \frac{4}{5}$$

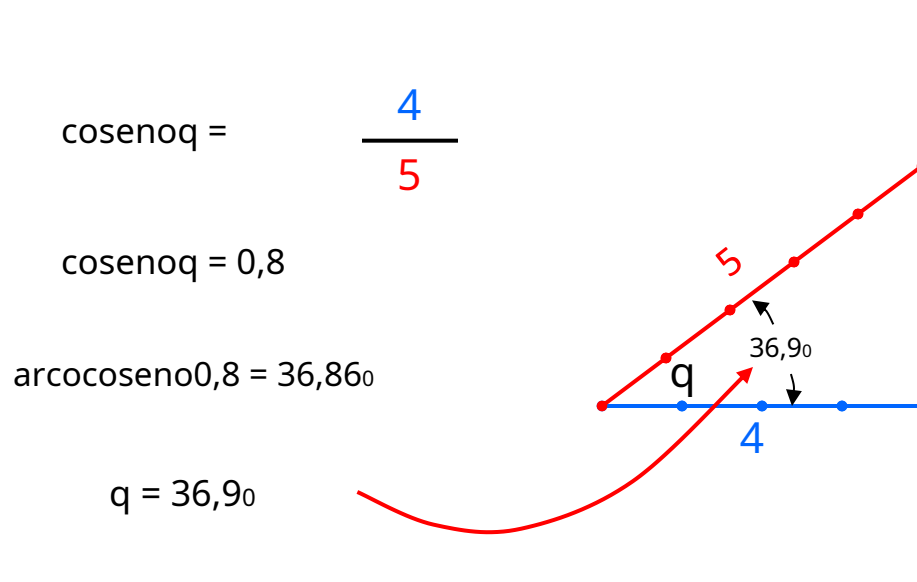


Esta **relación** del lado adyacente a la hipotenusa establece la pendiente del ángulo

Corriente alterna (CA)

triángulos rectángulos

seno y coseno

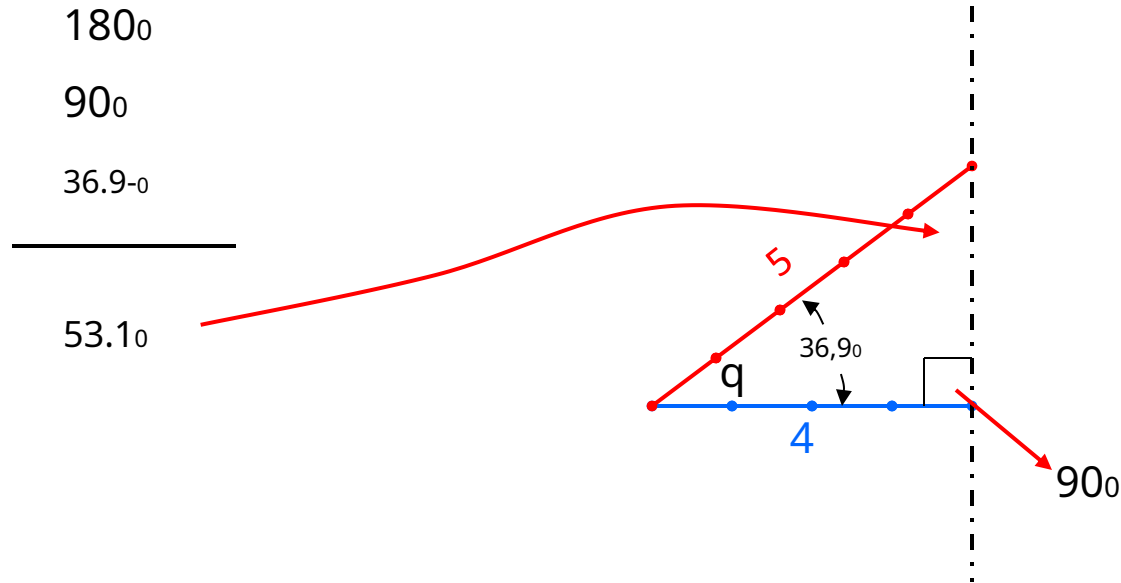


Determine el ángulo theta usando el **inverso** del coseno de theta el **arccoseno**.

Corriente alterna (CA)

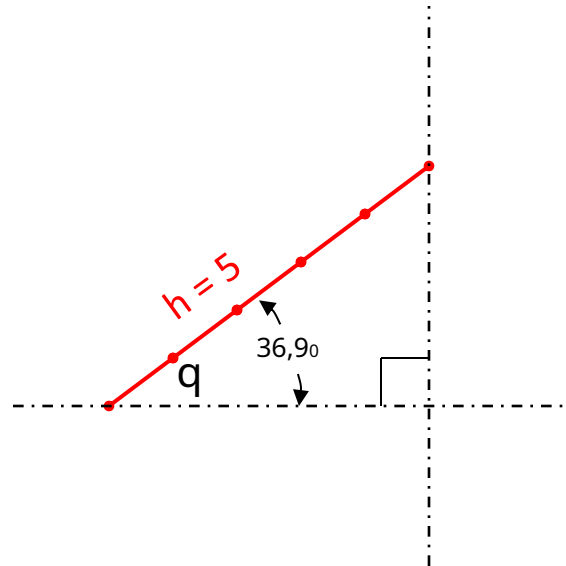
triángulos rectángulos

seno y coseno



Corriente alterna (CA)

triángulos rectángulos



Podemos resolver para todos los ángulos y lados dados solo un lado y un ángulo

Corriente alterna (CA)

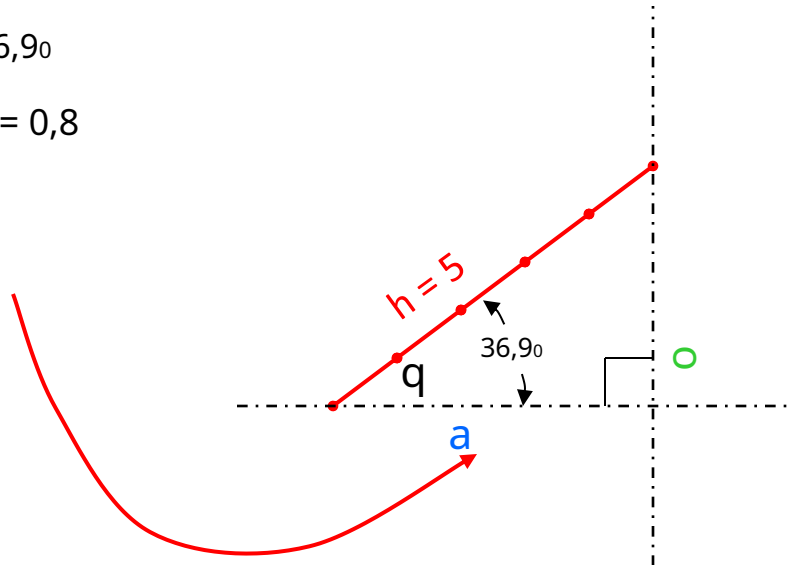
triángulos rectángulos

$$\arccos \cos \phi = 36,9^\circ$$

$$\cos \phi (36,9) = 0,8$$

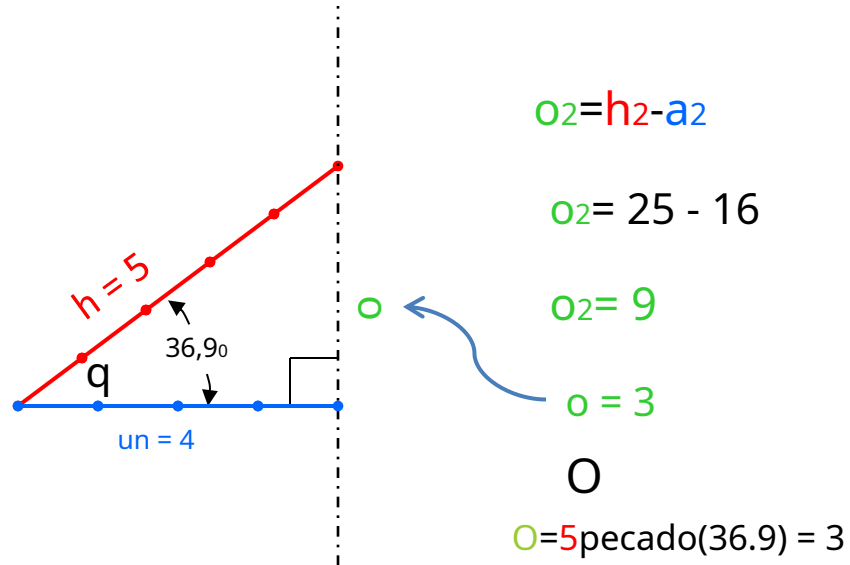
$$a = 0,8 \times 5$$

$$a = 4$$



Corriente alterna (CA)

triángulos rectángulos



Corriente alterna (CA)

triángulos rectángulos

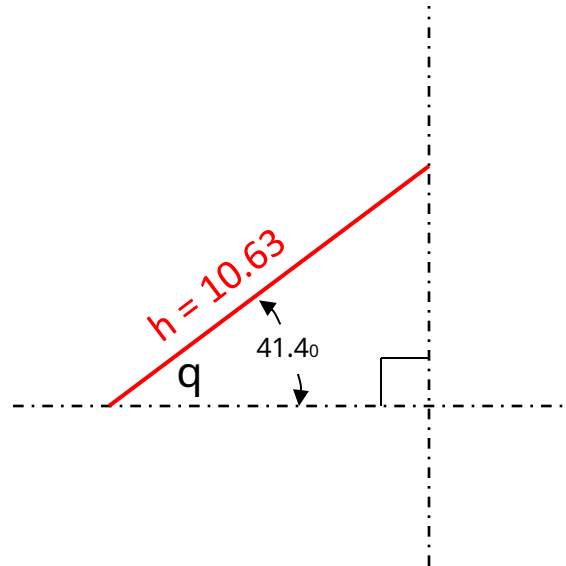
Resumen

- Un triángulo rectángulo tiene un ángulo recto (**90°**)
- La suma de los ángulos de cualquier triángulo es igual a **180°**
- Los lados de un triángulo rectángulo se denominan **hipotenusa, adyacente y opuesto** al lado.
- La hipotenusa de cualquier triángulo rectángulo siempre será el lado más largo.
- El **cuadrado de la hipotenusa** es igual a la **suma de los cuadrados de los dos lados restantes**
- El **seno** es igual a la razón del cateto opuesto a la hipotenusa
- El **coseno** es igual a la razón del cateto adyacente a la hipotenusa

Corriente alterna (CA)

triángulos rectángulos

Pregunta de práctica



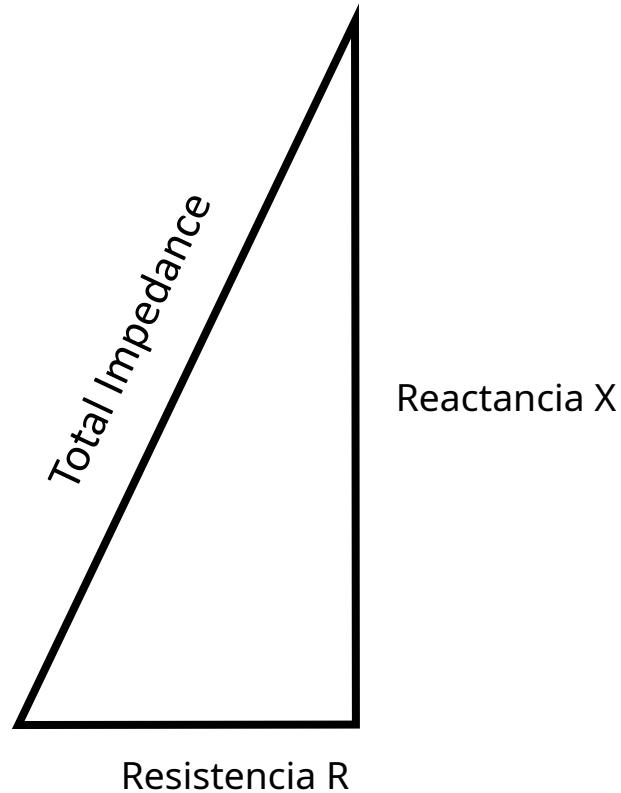
Resuelve los lados y ángulos desconocidos de este triángulo rectángulo usando los métodos que hemos aprendido en este módulo sobre triángulos rectángulos.

Corriente alterna (CA)

triángulos rectángulos

Aplicación a la Electricidad

Impedancia resistiva, reactiva y total

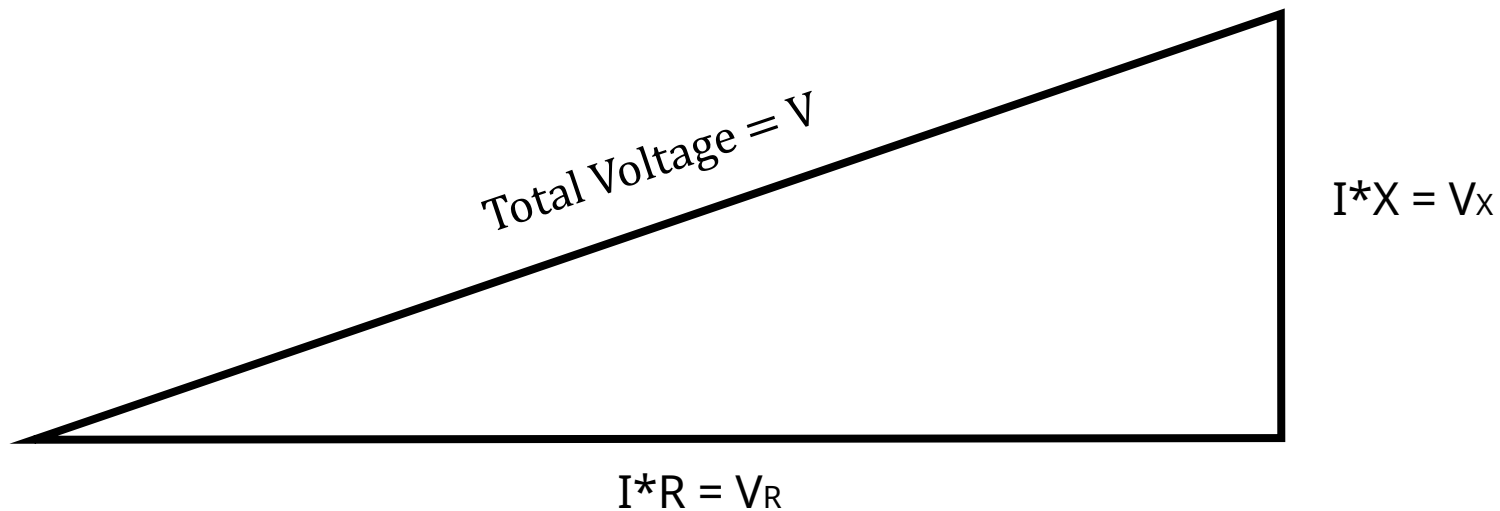


Corriente alterna (CA)

triángulos rectángulos

Aplicación a la Electricidad

La caída de voltaje total es igual a la caída de voltaje en la resistencia al cuadrado más la caída de voltaje en el reactor al cuadrado.

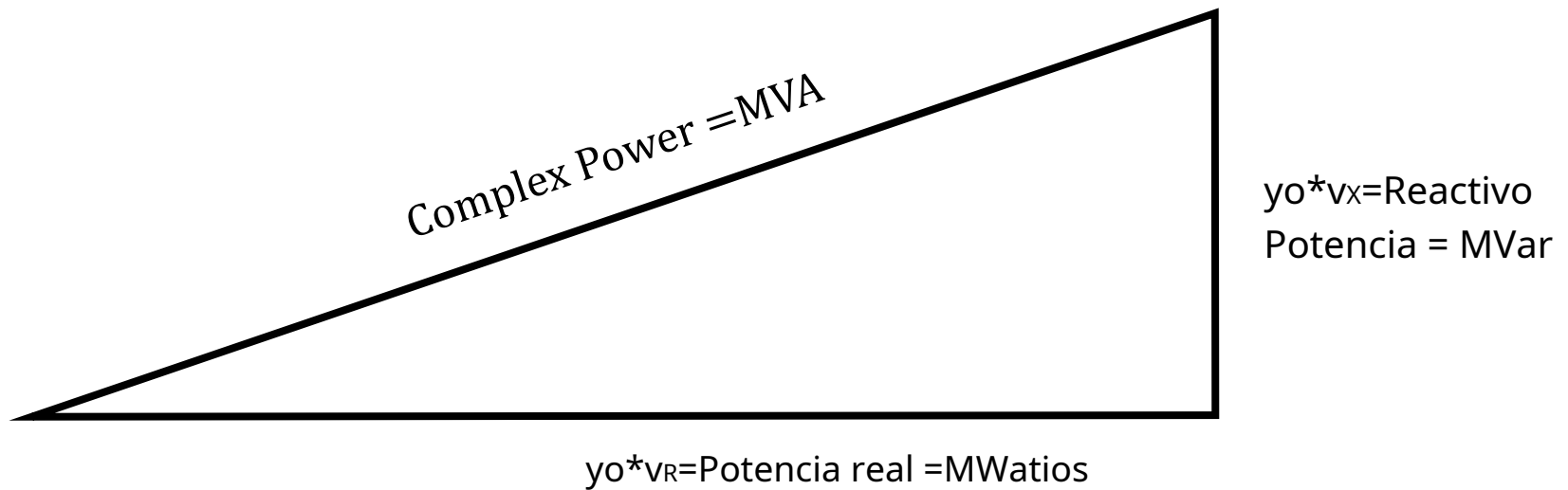


Corriente alterna (CA)

triángulos rectángulos

Aplicación a la Electricidad

Potencia Aparente = Potencia Real + Potencia Reactiva (Vars)



Comprueba tu conocimiento:

Fundamentos de la Electricidad

1. En un triángulo rectángulo con el lado adyacente igual a 5 y el lado opuesto igual a 12, ¿cuál es la longitud de la hipotenusa?
2. ¿Puedes probar gráficamente que el Teorema de Pitágoras es verdadero?
3. ¿Cuál es el seno de 45 grados?
4. Con una hipotenusa de uno y un lado adyacente de .5, ¿cuál es el ángulo? ¿El lado opuesto?

Impedancia

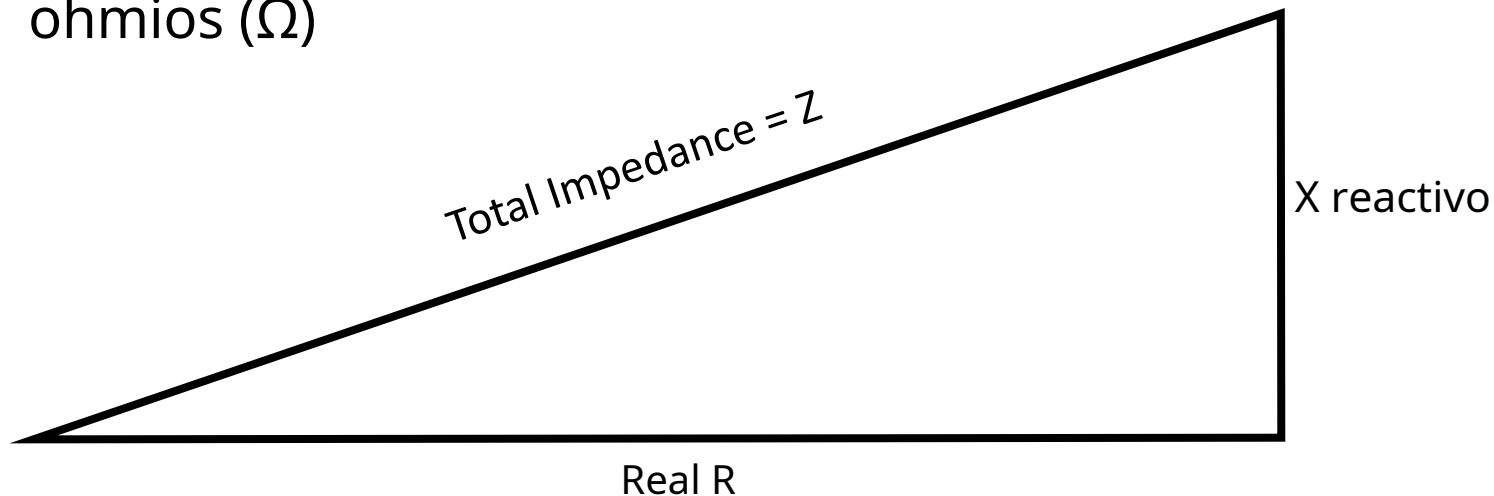
Resistencia, Inductancia, Capacitancia

Corriente alterna (CA)

Impedancia

Impedancia (Z) es la oposición total a la corriente.

- La impedancia es la suma vectorial de la resistencia y la reactancia.
- La impedancia está representada por una Z y se mide en ohmios (Ω)



Corriente alterna (CA)

Impedancia

- impedancia de ***resistencias***
independiente de si la corriente es AC o DC
- impedancia de ***inductores y condensadores***
depende de la tasa de cambio o frecuencia del voltaje

Corriente alterna (CA)

Impedancia

- **Impedancia** de condensadores e inductores también se llama reactancia
- La reactancia depende de la frecuencia.

= 2 $\frac{1}{\omega L}$ - La corriente conduce al voltaje

= 2 ωL - El voltaje conduce a la corriente

Corriente alterna (CA)

Impedancia

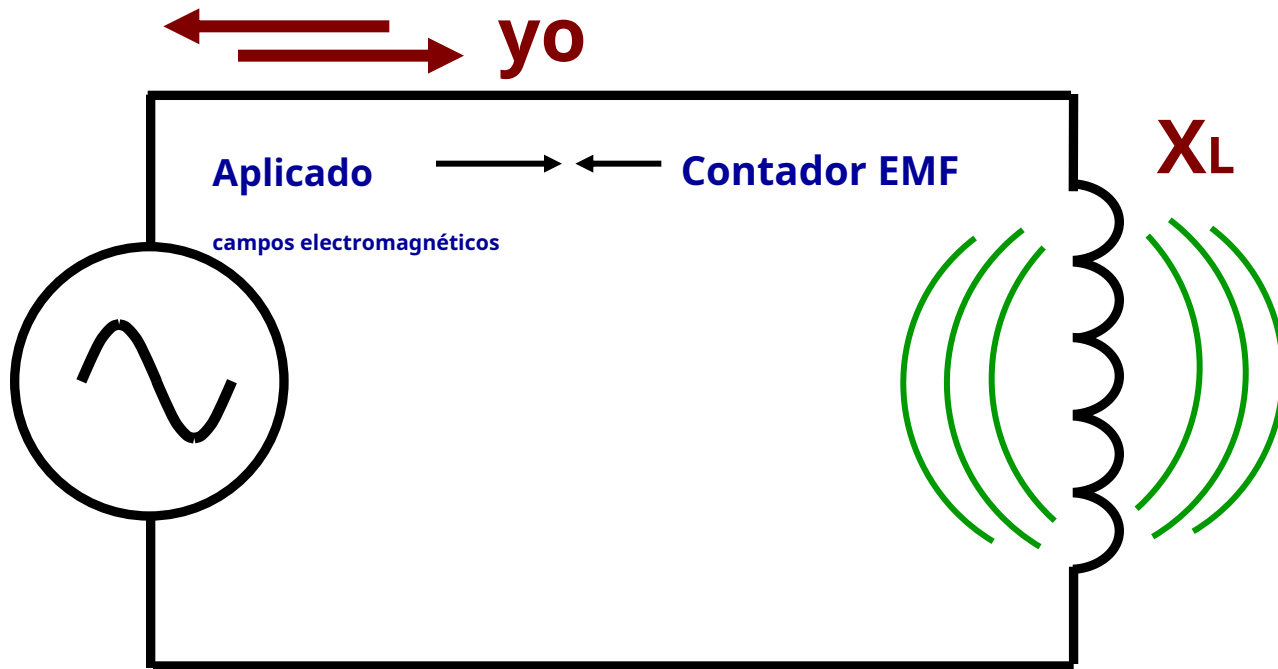
Reactancia inductiva (X_L) se opone al cambio de corriente. Se mide en ohmios (Ω).

- La reactancia no convierte la energía eléctrica en energía térmica.
- el reactor **almacena temporalmente la energía** en el campo magnético en expansión, luego lo devuelve cuando el campo colapsa

Corriente alterna (CA)

Impedancia

Los inductores son dispositivos que se oponen *cambios* en el flujo de corriente usando un campo magnético.



Corriente alterna (CA)

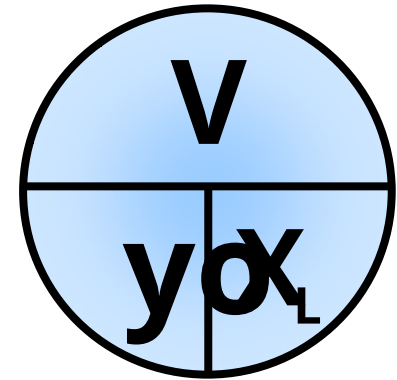
Impedancia

Esta forma de la Ley de Ohm se aplica a la reactancia inductiva:

=

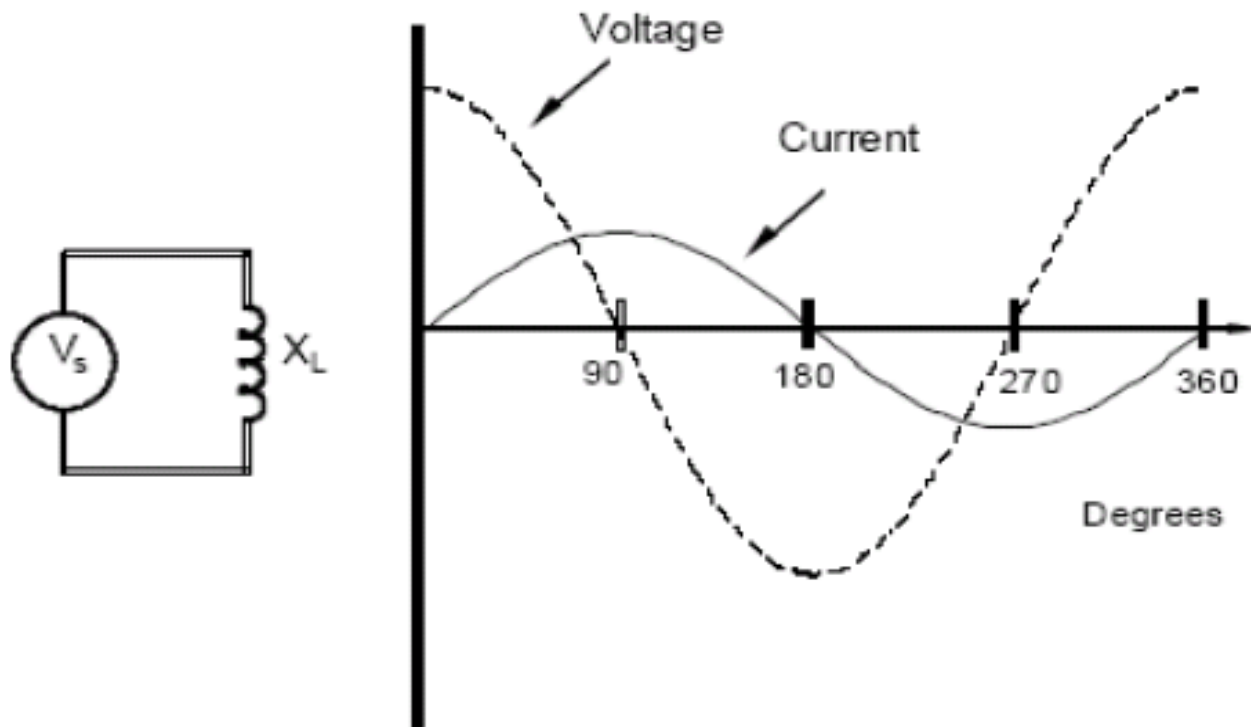
Donde:

- V e I = Voltaje y corriente, respectivamente
- X_L = Reactancia inductiva
- ω = Constante (aproximadamente 3,14)
- f = frecuencia
- L = Inductancia



La corriente tiene un retraso de 90° con respecto al voltaje.

Inductancia

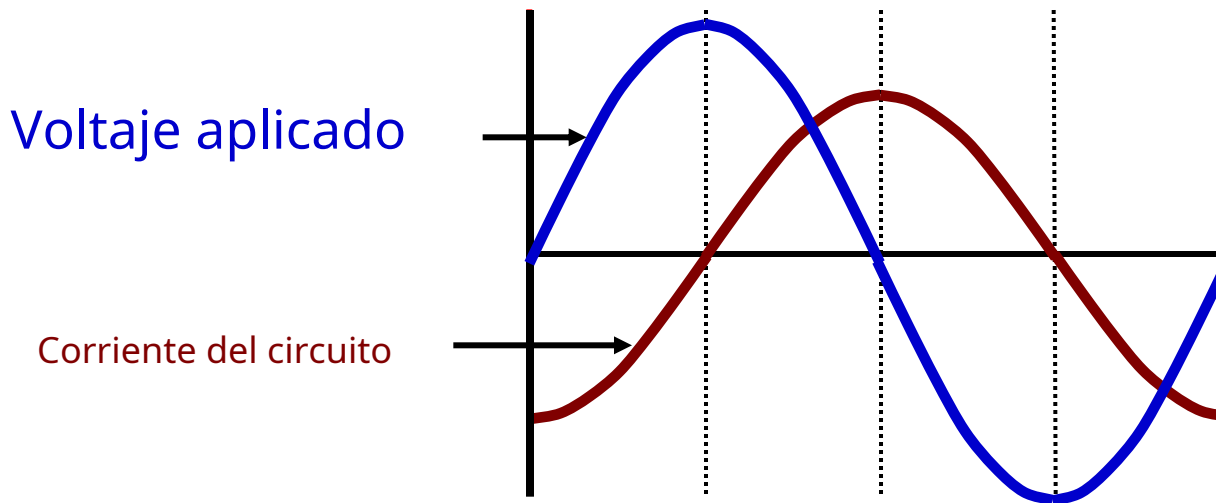


En este ejemplo, la corriente tiene un retraso de 90° con respecto al voltaje.

Corriente alterna (CA)

Inductancia

La corriente retrasa el voltaje en un máximo de 90°



La cantidad máxima que la inductancia puede hacer que la corriente se retrase con respecto al voltaje es 90°

Corriente alterna (CA)

Impedancia

ELI el hombre de ICE

(Una frase memorable pegadiza)

El voltaje conduce a la corriente en un circuito inductivo.

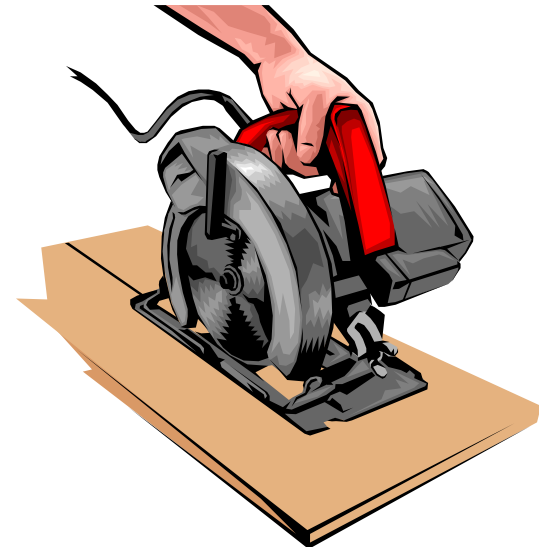
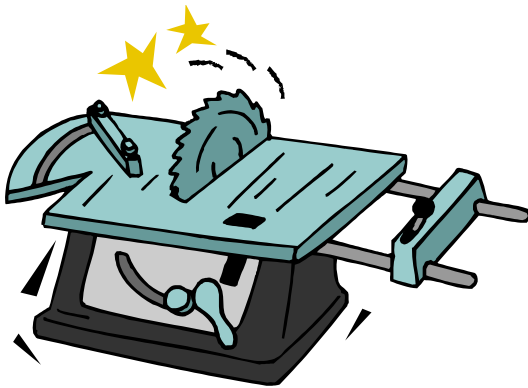
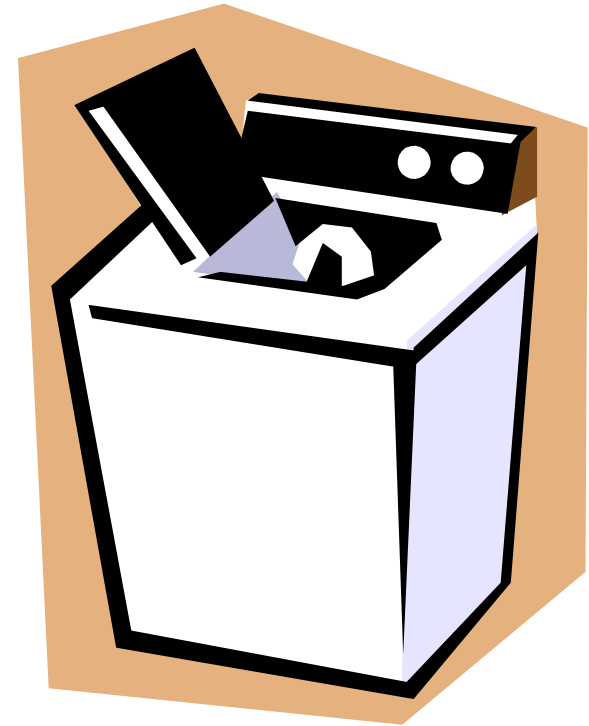
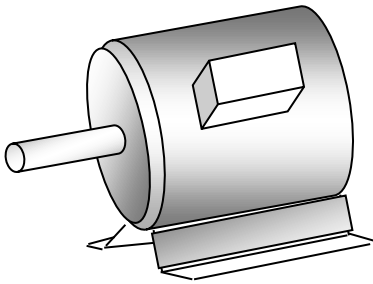


ELI

mi= Voltaje L= Inductancia yo= actual

(La parte difícil es recordar por qué **yo**= actual y **mi**=Voltaje)

Cargas inductivas

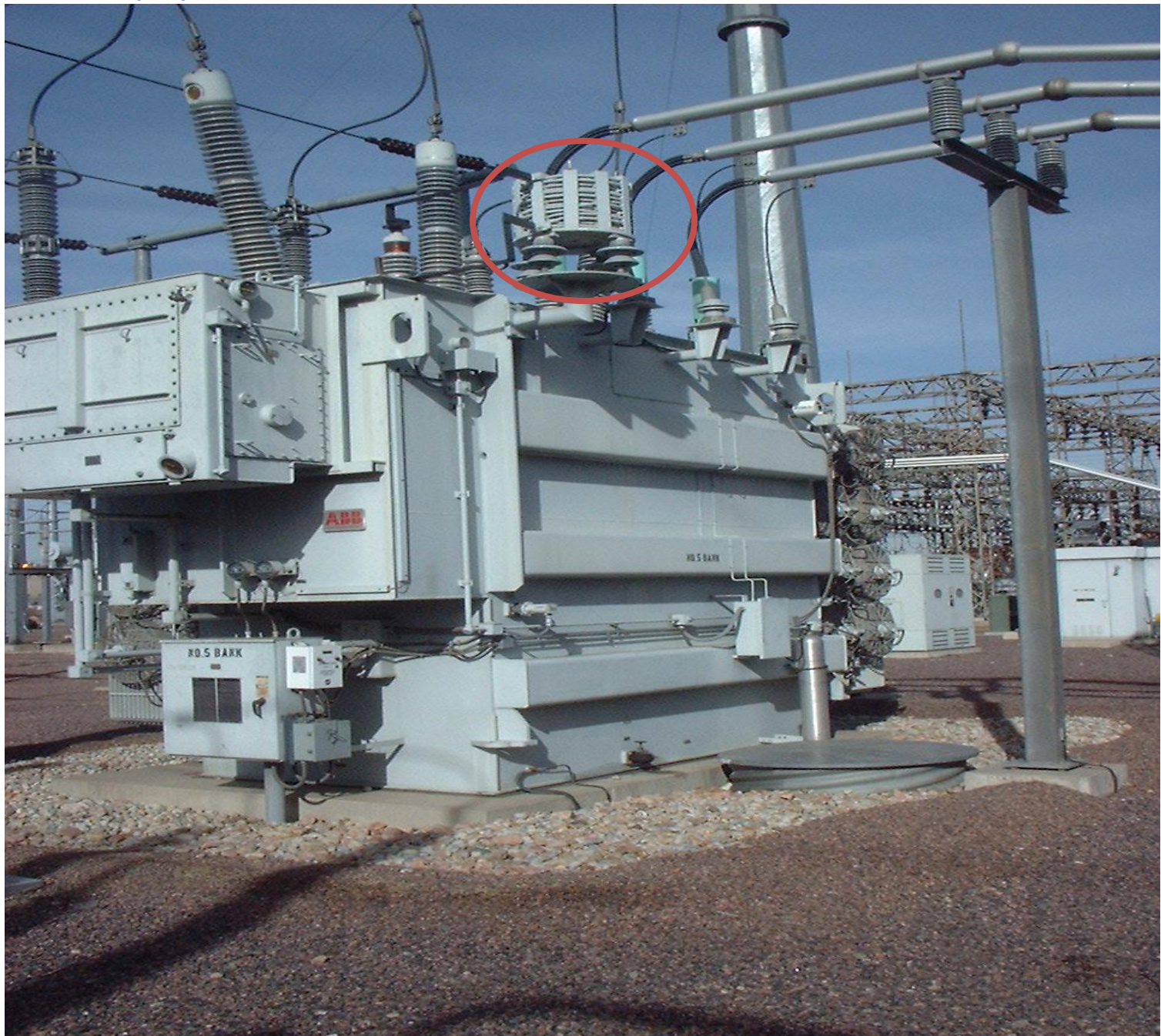












Corriente alterna (CA)

Impedancia

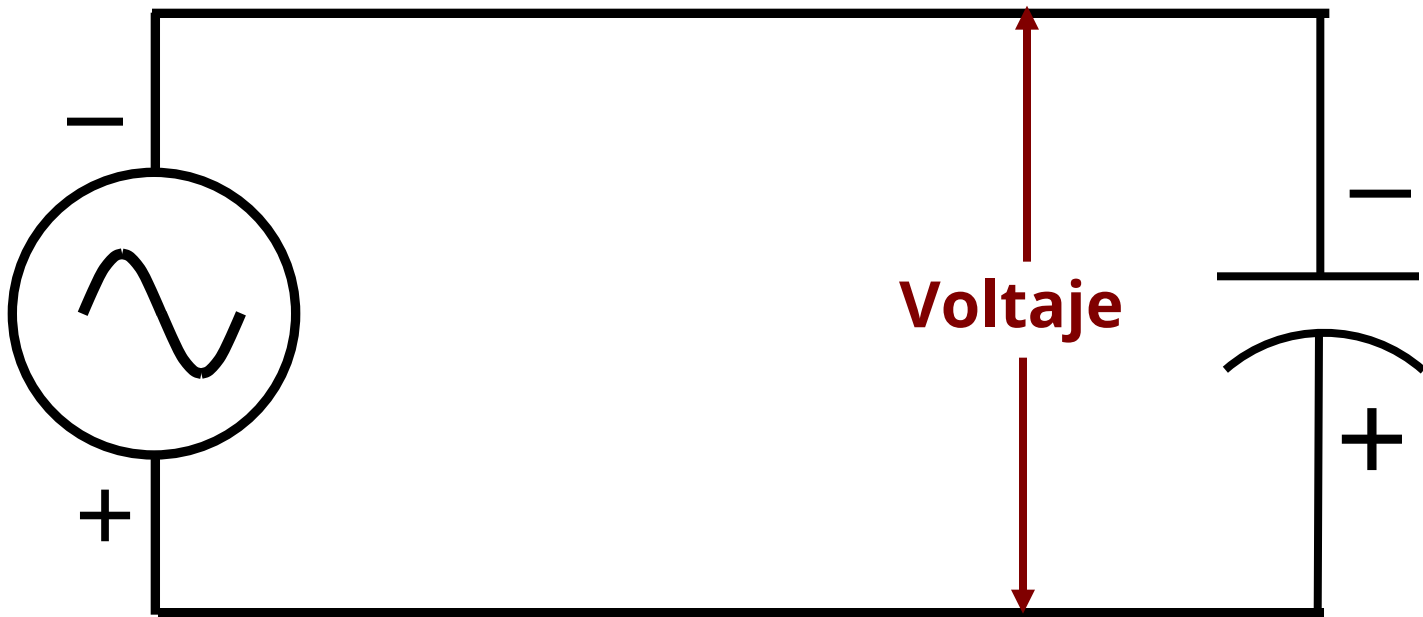
Reactancia capacitiva (X_c) se opone al cambio de voltaje. Se mide en ohmios (Ω).

- La reactancia no convierte la energía eléctrica en energía térmica.
- el condensador **almacena temporalmente la energía** en el campo eléctrico entre sus placas, luego lo devuelve cuando el campo colapsa

Corriente alterna (CA)

Impedancia

Los condensadores son dispositivos que almacenan carga eléctrica.
Ellos *oponerse a un cambio de voltaje*.

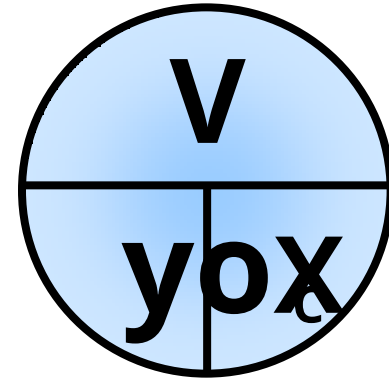


Corriente alterna (CA)

Impedancia

La siguiente forma de la Ley de Ohm se aplica a la reactancia capacitiva:

=



Donde:

- V e I = Voltaje y corriente, respectivamente.
- $X_C = 1/(2\pi fC)$ = Reactancia capacitiva
- π = Constante (aproximadamente 3,14)
- f = frecuencia
- C = Capacitancia

La corriente puede adelantar al voltaje hasta 90°.

Corriente alterna (CA)

Impedancia

Similar a la reactancia inductiva, la reactancia capacitiva depende de la frecuencia.

- Aumentando la frecuencia *disminuye* la reactancia capacitiva.

Definición: **susceptancia**

- Hay ocasiones en las que se usa el recíproco de X_c facilita los cálculos
- El recíproco de X_c es B_c y se llama ***susceptancia***

Entonces ahora: $I = VB_c$

Corriente alterna (CA)

Impedancia

ELI el hombre de ICE

(Una frase memorable pegadiza)

La corriente conduce al voltaje en un circuito capacitivo.



ELI

yo= actual

C =Capacidad

mi= Voltaje

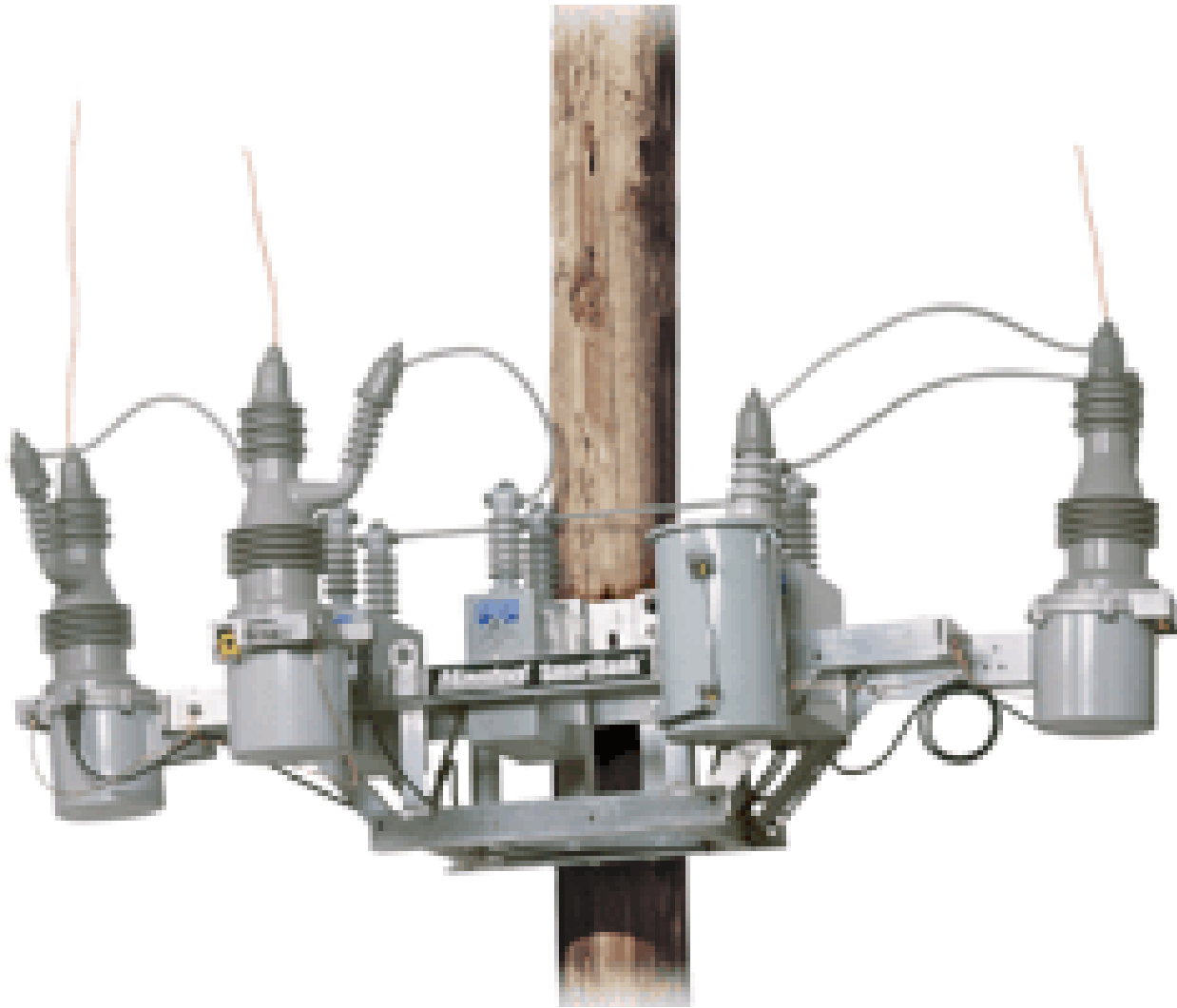
(La parte difícil es recordar por qué **yo**= actual y **mi**=Voltaje)

Comprueba tu conocimiento: Fundamentos de la Electricidad

1. Con un Voltaje de 120 voltios, Resistencia de 10Ω y Reactancia Inductiva de 5Ω . ¿Cuál es la corriente?
2. ¿La corriente adelanta o atrasa al voltaje?
3. ¿Cuál es el ángulo entre los lados de corriente y voltaje del triángulo?

Potencia en circuitos de CA

- Circuitos Resistivos - Vatios
- Circuitos Reactivos – VARS
- Poder complejo
- Triángulo de poder
- Factor de potencia
- VARs – Efecto sobre el Voltaje
- Colapso de voltaje



Condensadores de potencia







Circuitos Resistivos - Vatios

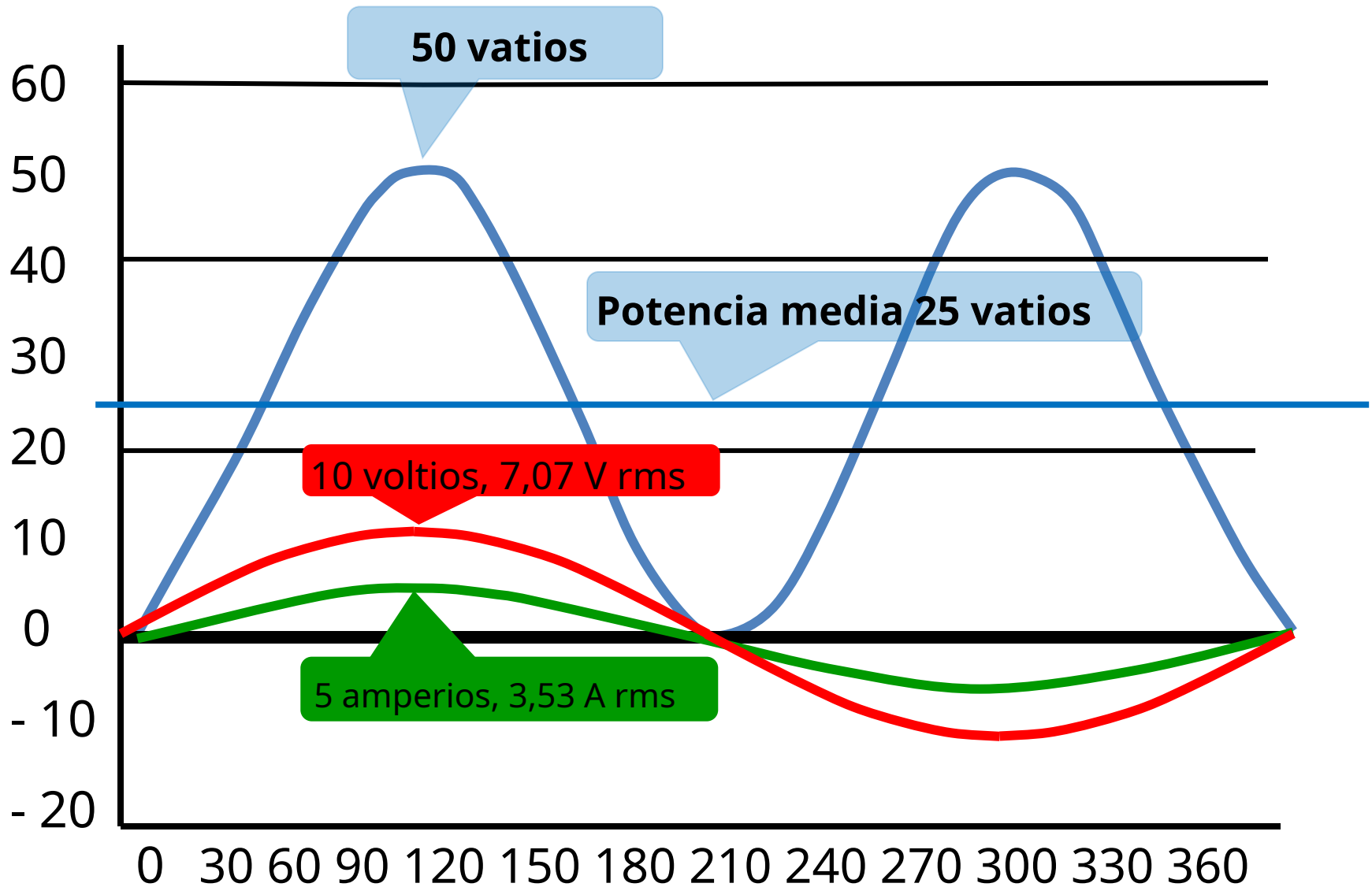
Potencia en circuitos de CA

Circuitos Resistivos

Poder es la velocidad a la que se realiza el trabajo se mide en ***vatios***.

- En un circuito resistivo, la corriente y el voltaje están en fase.
- ***Poder real*** es la potencia consumida por la resistencia en un circuito.

POTENCIA REAL EN UN CIRCUITO RESISTIVO



Potencia en circuitos de CA

Circuitos Resistivos

La potencia real se calcula utilizando las siguientes ecuaciones:

$$P = I^2 R = \frac{V^2}{R}$$

$$P = \frac{V^2}{R} = \frac{V^2}{R}$$

Potencia en circuitos de CA

Circuitos Resistivos

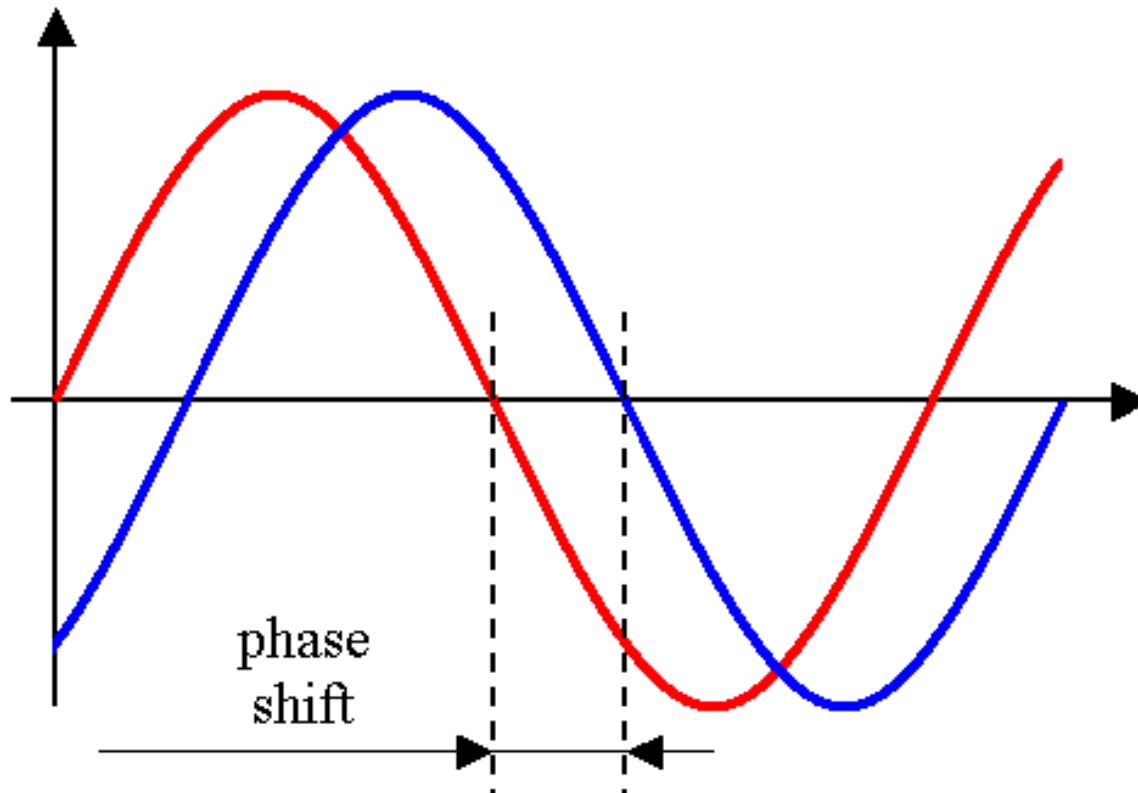
- **Pérdidas** se disipan como calor en líneas de transmisión y transformadores
- $P_{\text{ca}} = I^2 R$ = Pérdidas de calefacción
- La mayoría de los circuitos no son completamente resistivos, contienen reactancia.

Circuitos Reactivos - VARs

Potencia en circuitos de CA

Circuitos Reactivos

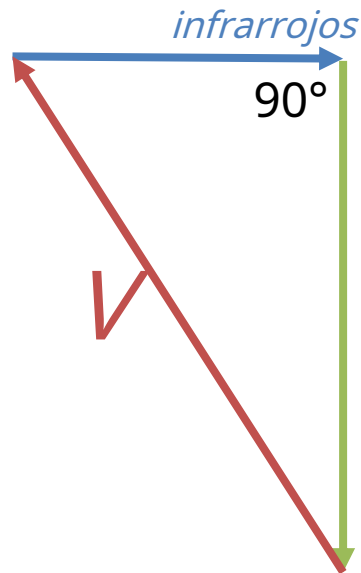
La reactancia provoca un cambio de fase entre el voltaje y la corriente.



Potencia en circuitos de CA

Circuitos Reactivos

$$= + < 90^\circ$$



IX

*Nota: Reactivo
Impedancia de un
La línea de transmisión es
mucho mayor que la
resistencia.*

Potencia en circuitos de CA

Circuitos Reactivos

Poder reactivo *es la potencia utilizada para soportar los campos magnéticos y eléctricos* encontrado en cargas inductivas y capacitivas a lo largo de un sistema de potencia.

- La potencia reactiva se mide en voltios-amperios-reactivos (Vars)

Poder complejo

Potencia en circuitos de CA

Poder complejo

Potencia Compleja = Potencia Real + Potencia Reactiva.

- A diferencia de las resistencias; Los inductores y capacitores no consumen energía, almacenan y liberan energía.
- En un circuito resistivo, la corriente y el voltaje están en fase. Pero ese no es el caso en un circuito reactivo.

Potencia en circuitos de CA

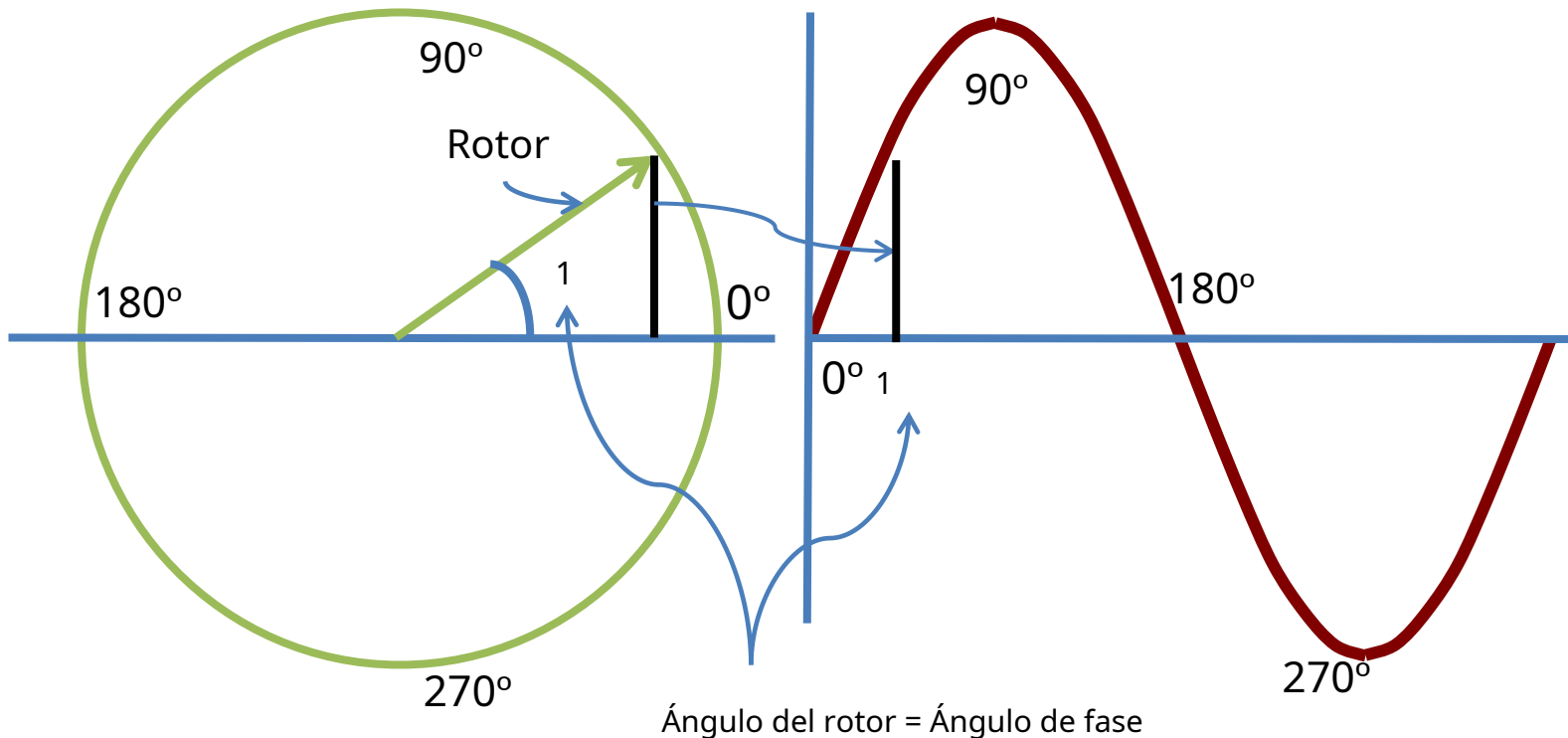
Poder complejo

- **Poder reactivo** soporta los campos magnéticos y eléctricos que se encuentran en las cargas inductivas y capacitivas
- La potencia reactiva se mide en ***voltamperios reactivos (Vars)***

Potencia en circuitos de CA

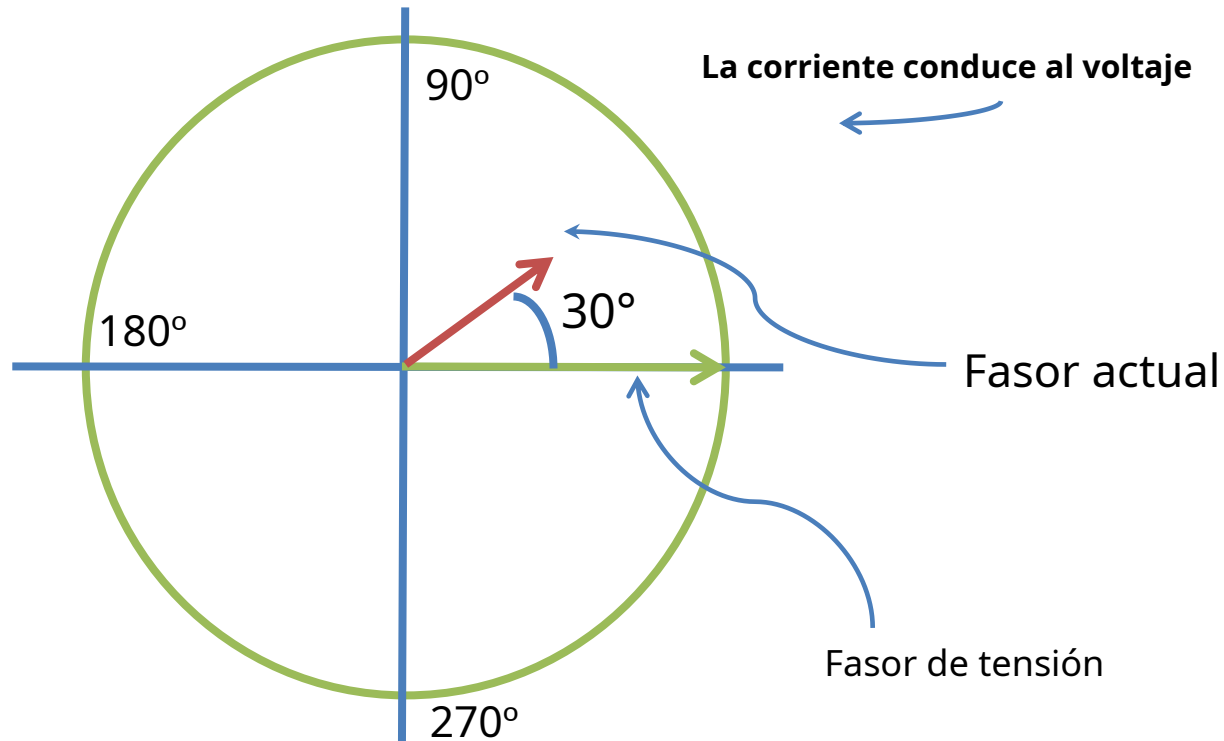
Poder complejo

Usamos fasores y **relaciones de triangulo rectangulo** para dividir la corriente y el voltaje en partes resistivas y reactivas.



Potencia en circuitos de CA

Poder complejo



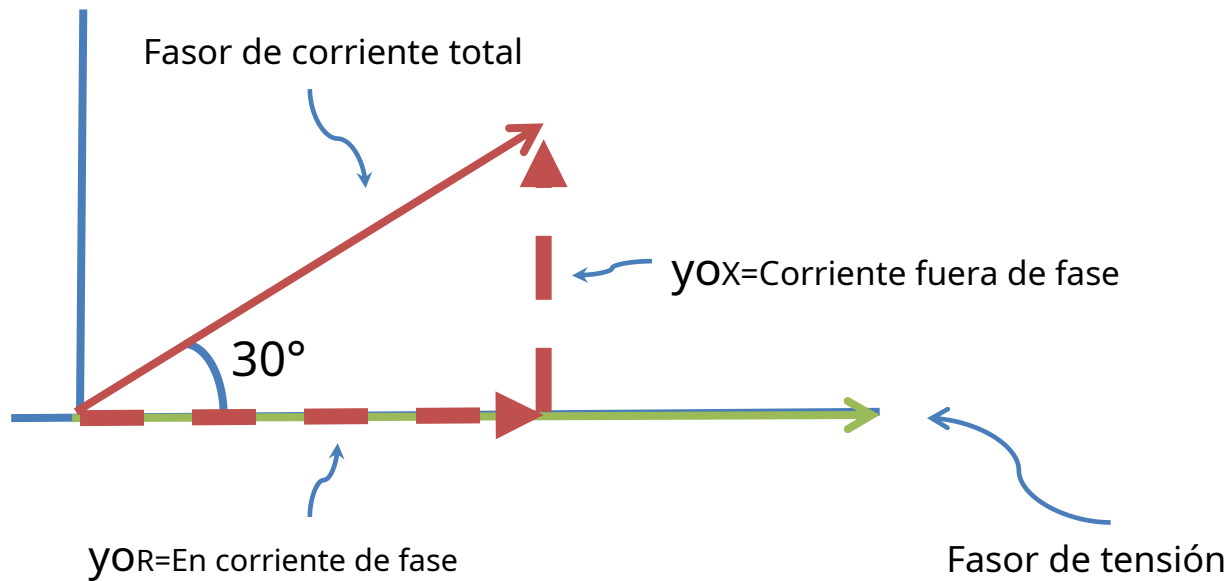
Actual **Guías** Voltaje por 30°

Circuito capacitivo

Potencia en circuitos de CA

Poder complejo

Parte de la corriente está en fase con el voltaje. Parte de la corriente está desfasada con el voltaje.

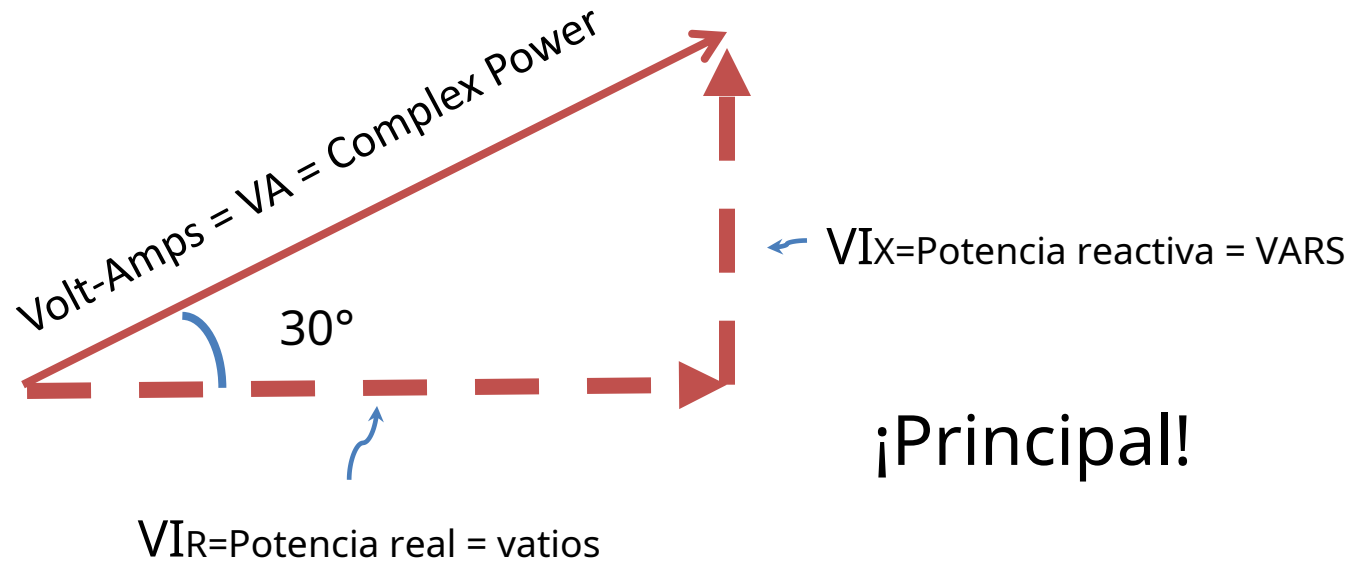


La corriente adelanta la tensión en 30°

Potencia en circuitos de CA

Poder complejo

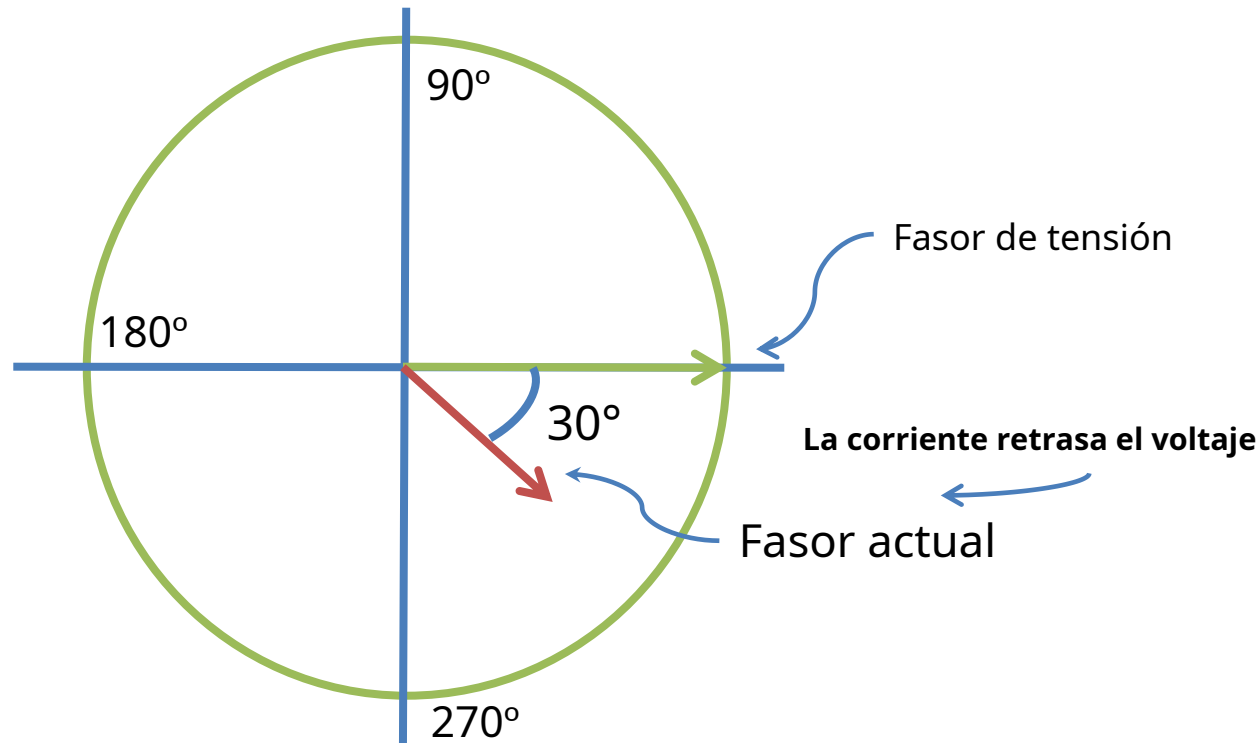
Parte de la corriente está en fase con el voltaje. Parte de la corriente está desfasada con el voltaje.



La corriente adelanta la tensión en 30°

Potencia en circuitos de CA

Poder complejo

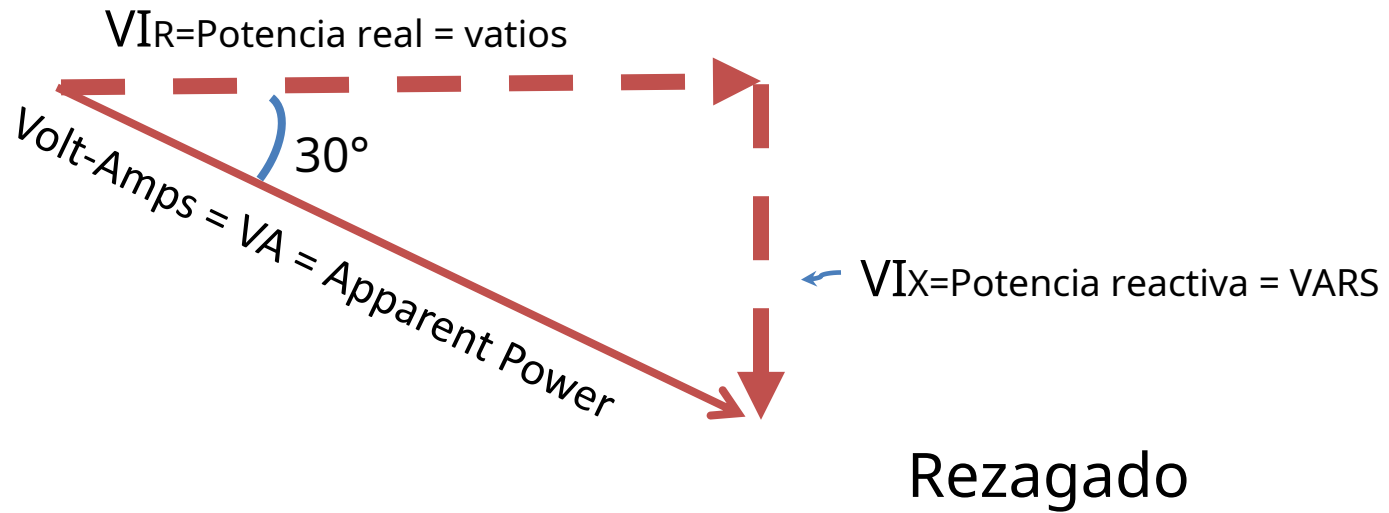


Actual **Retrasos** Voltaje por 30°

Circuito inductivo

Potencia en circuitos de CA

Poder complejo



Circuito inductivo

La corriente retrasa el voltaje en 30°

Potencia en circuitos de CA

Poder complejo

- Cuando el voltaje y la corriente no están en fase o sincronizados, hay dos componentes:
 - La potencia real o activa se mide en Watts
 - La potencia reactiva (a veces denominada imaginaria) se mide en VAR
- La combinación (producto vectorial) es Potencia Compleja o Potencia Aparente
- El término "Potencia" normalmente se refiere a la potencia activa

Potencia en circuitos de CA

Poder complejo

Poder real hace el trabajo; hace la calefacción, la iluminación y el giro de motores, etc.

se mide en **vatios**

Potencia en circuitos de CA

Poder complejo

Poder reactivo admite campos magnéticos y eléctricos necesarios para que funcionen los sistemas de CA.

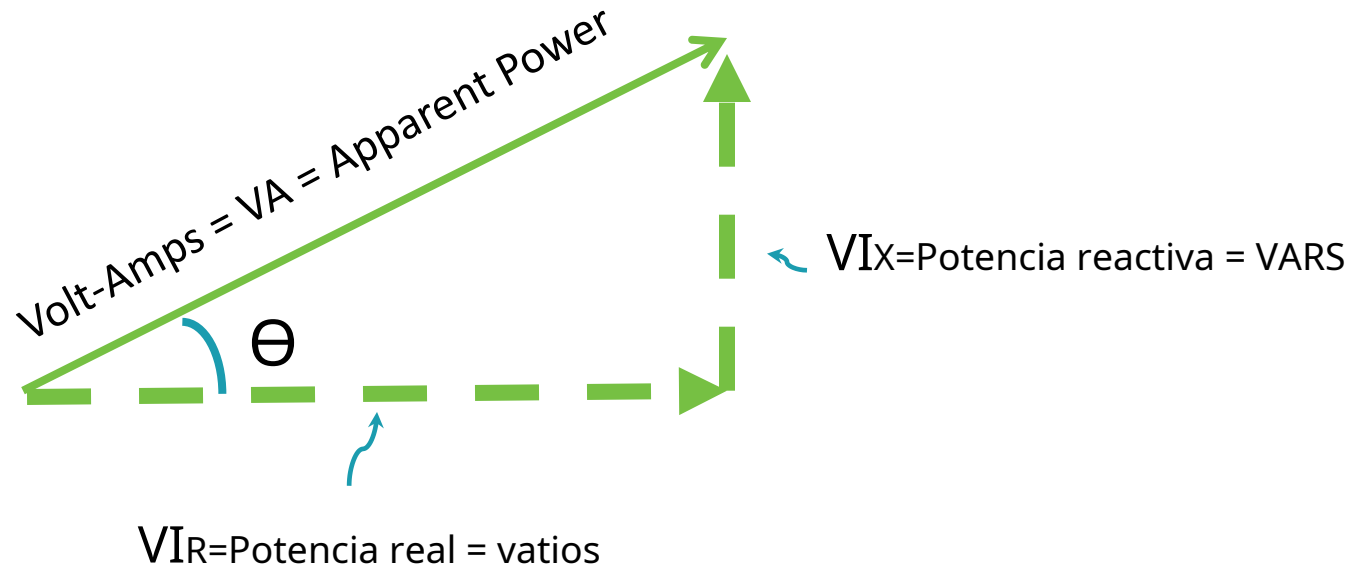
Se mide en:

Vviejo-**A**amperios-**R**reactivo (**VAR**)

Triángulo de poder

Potencia en circuitos de CA

Triángulo de poder



El ángulo entre la potencia aparente y la potencia real es Θ

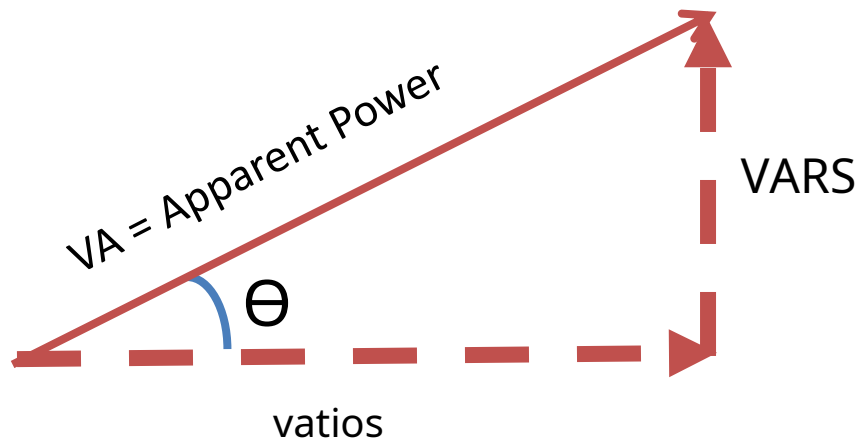
Factor de potencia

Potencia en circuitos de CA

Factor de potencia

Factor de potencia (PF) es la relación entre la potencia real y la potencia aparente.

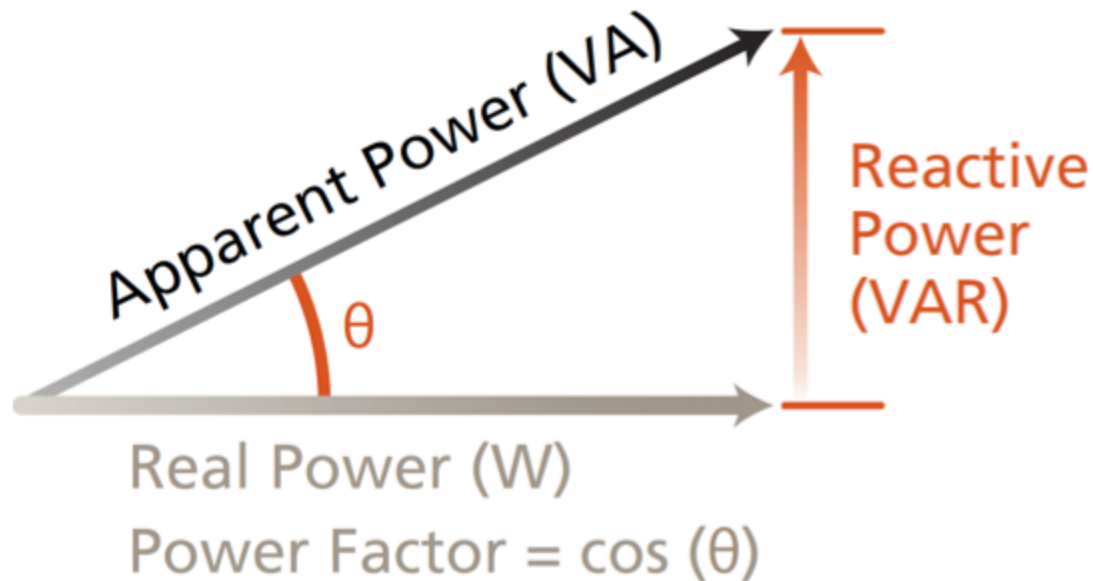
factor de potencia = _____



Potencia en circuitos de CA

Factor de potencia

El Factor de Potencia ($\cos \theta$) = Real/Aparente



Potencia en circuitos de CA

Factor de potencia

Para dar servicio al fabricante A, la empresa de servicios públicos debe proporcionar los siguientes voltios-amperios.

$$P_{app} = \frac{P}{PF}$$

$$P_{app} = \frac{2,000,000}{.6}$$

$$P_{app} = 3,333,333.3$$

$$P_{app} = 3.3\text{MVA}$$

Potencia en circuitos de CA

Factor de potencia

Para atender esta carga, los conductores de la empresa de servicios públicos deben poder transportar la siguiente corriente:

$$I = \frac{P_{app}}{V}$$

$$I = \frac{3,333,333.3 \text{ VA}}{4,700 \text{ V}}$$

$$I = 709.2 \text{ A}$$

Potencia en circuitos de CA

Factor de potencia

El fabricante B usa la misma potencia real (2 MW) que el fabricante A y, por lo tanto, paga la misma cantidad a la empresa de servicios públicos. Sin embargo, el fabricante B requiere una cantidad diferente de potencia aparente.

$$P_{app} = \frac{P}{PF}$$

$$P_{app} = \frac{2,000,000}{.97}$$

$$P_{app} = 2,061,856 \text{ VA}$$

$$P_{app} = 2.1 \text{ MVA}$$

Potencia en circuitos de CA

Factor de potencia

Y, la corriente consumida por el fabricante B es:

$$I = \frac{P_{app}}{V}$$

$$I = \frac{2,061,856 \text{ VA}}{4,700 \text{ V}}$$

$$I = 439 \text{ A}$$

Potencia en circuitos de CA

Factor de potencia

El fabricante B consume mucha menos corriente para obtener la misma potencia real.

Las empresas de servicios públicos diseñan sus sistemas de transmisión y distribución en función de la potencia aparente y la corriente que deben entregar.

Dado que las empresas de servicios públicos facturan a sus clientes por la energía real utilizada, las empresas de servicios públicos fomentan el uso de sistemas de alto factor de potencia.

VARs – Efecto sobre el Voltaje

Potencia en circuitos de CA Efecto de VAR en el control de voltaje

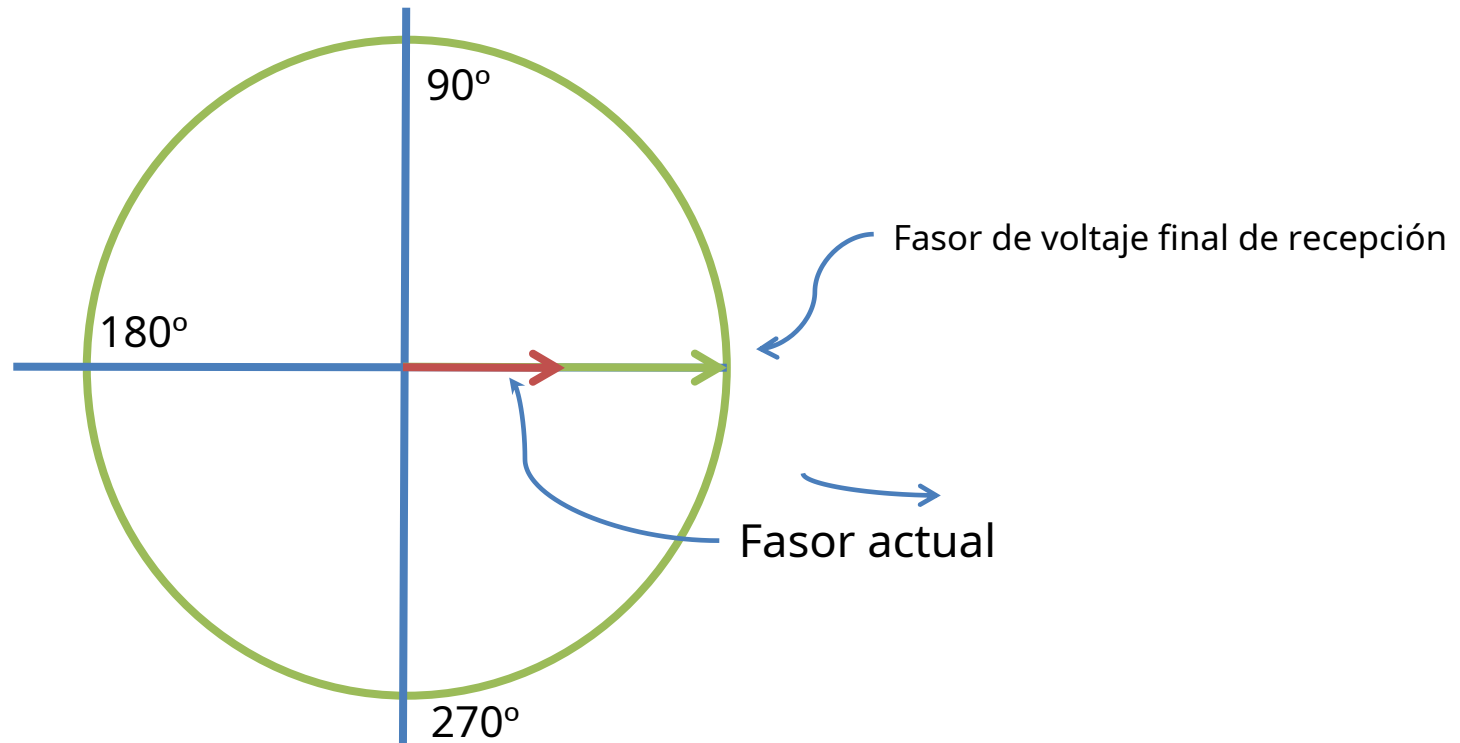
La fuente de alimentación reactiva es el elemento más importante en el control de voltaje.

¿Por qué?

Si pongo una corriente reactiva retrasada que está desfasada 90° a través de una impedancia de línea reactiva que está desfasada 90° , resulta en una caída de voltaje de 180° .

Potencia en circuitos de CA

Efecto VAR en el control de voltaje

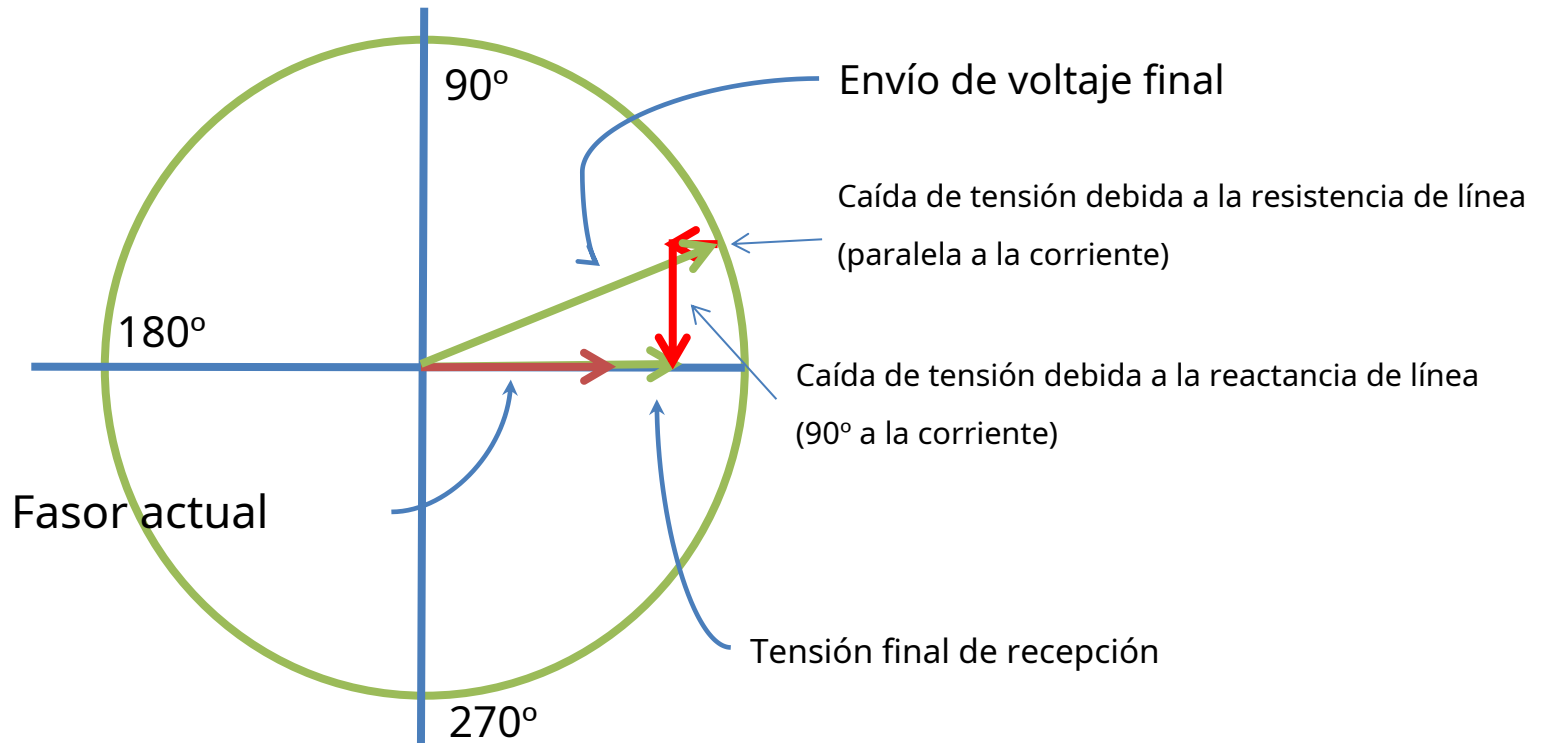


Actual En Fase con Voltaje

Carga resistente

Potencia en circuitos de CA

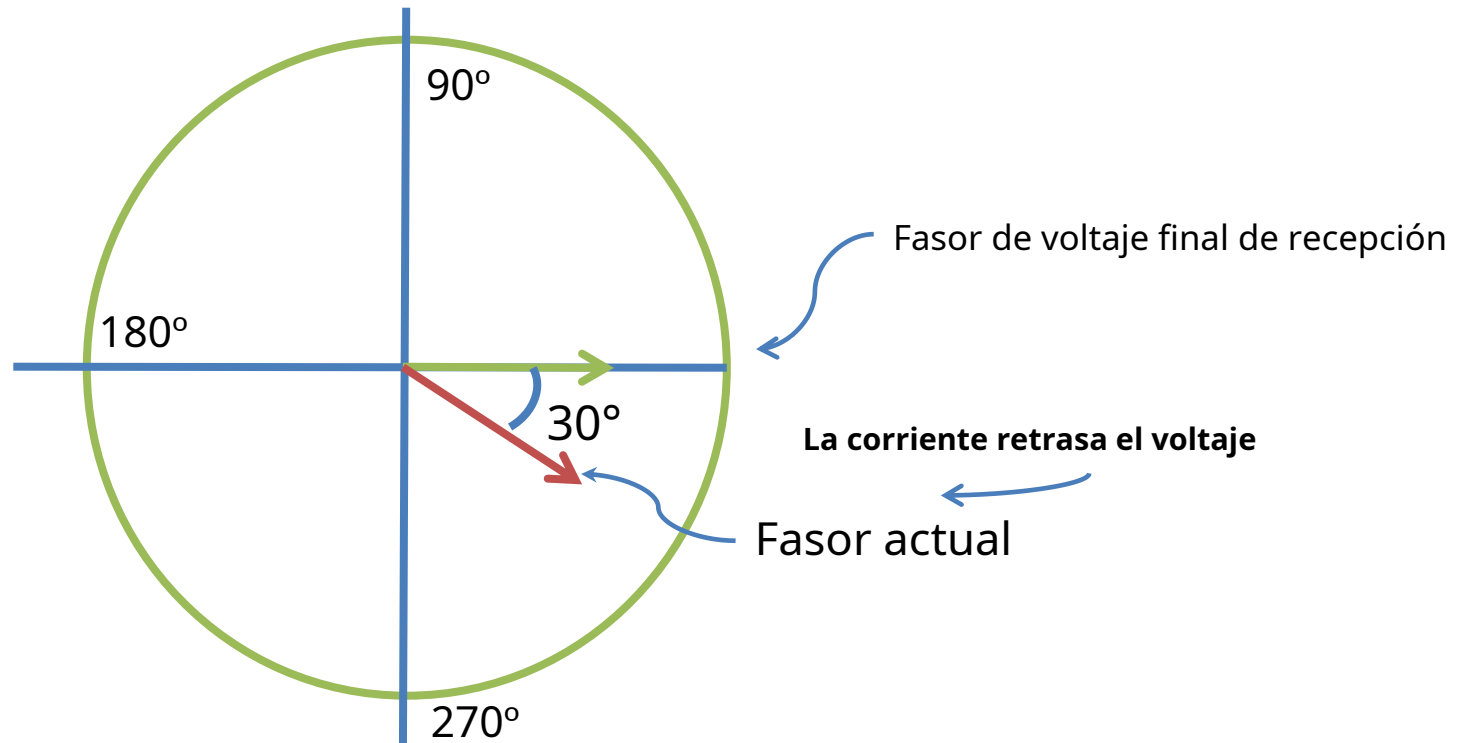
Efecto VAR en el control de voltaje



Actual En Fase con Voltaje
Carga resistente

Potencia en circuitos de CA

Efecto VAR en el control de voltaje

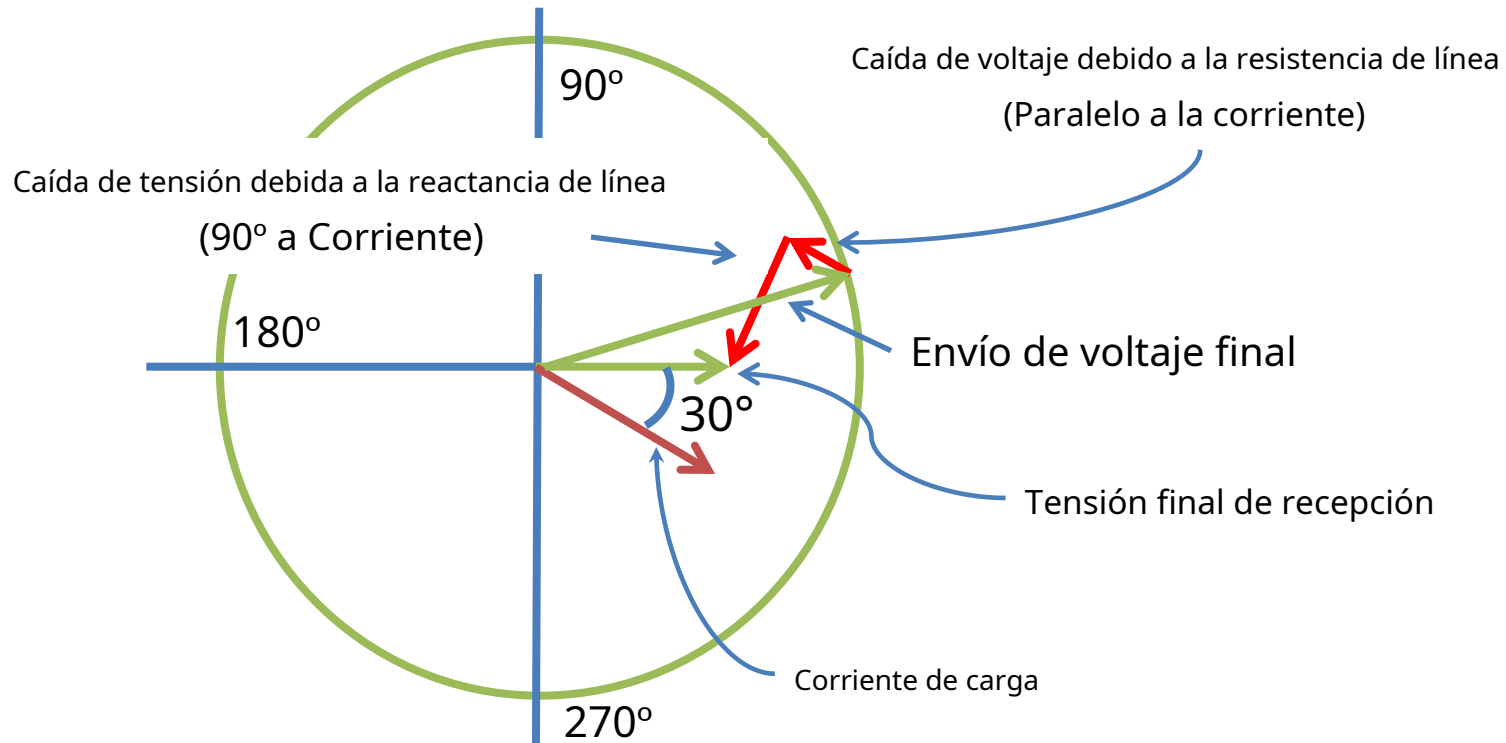


Corriente de carga **Retrasa** Voltaje por 30°

Carga inductiva

Potencia en circuitos de CA

Efecto VAR en el control de voltaje

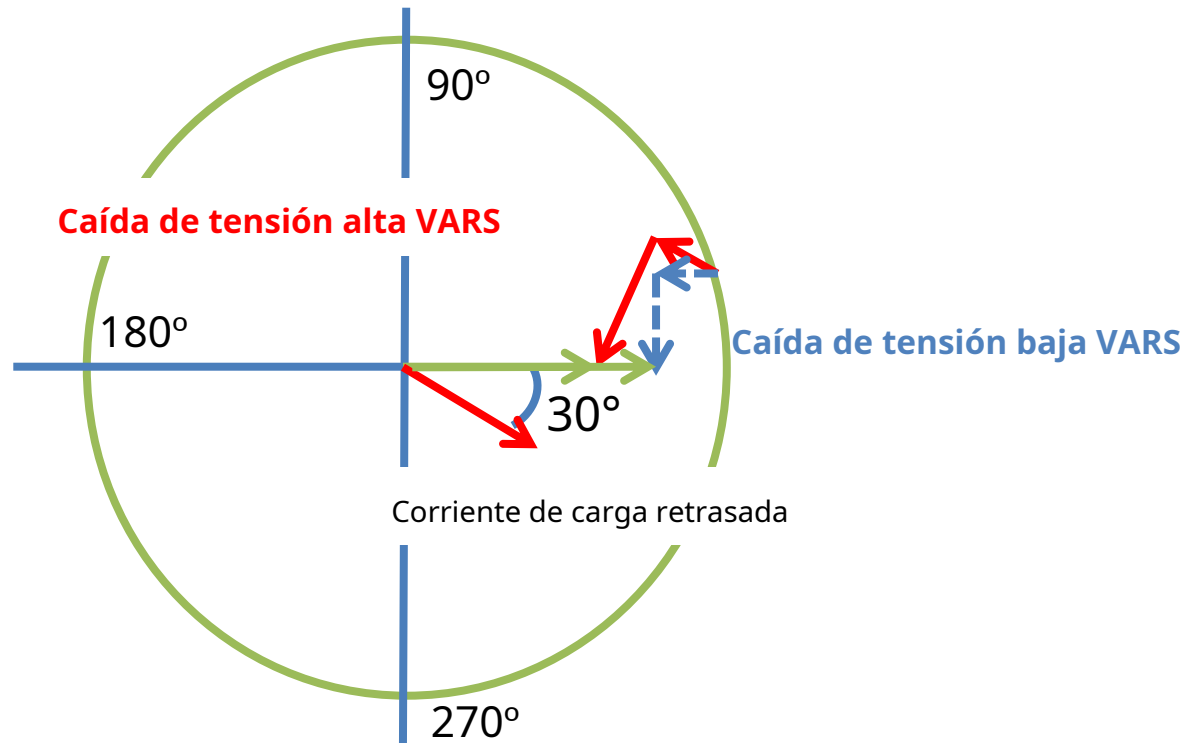


Actual **Retrasos** Voltaje por 30°

Carga inductiva

Potencia en circuitos de CA

Efecto VAR en el control de voltaje



Potencia en circuitos de CA Efecto de VAR en el control de voltaje

El voltaje fluctúa debido a:

Carga

- Consume VAR
- Más carga, más VAR usados

Líneas–impedancia inductiva

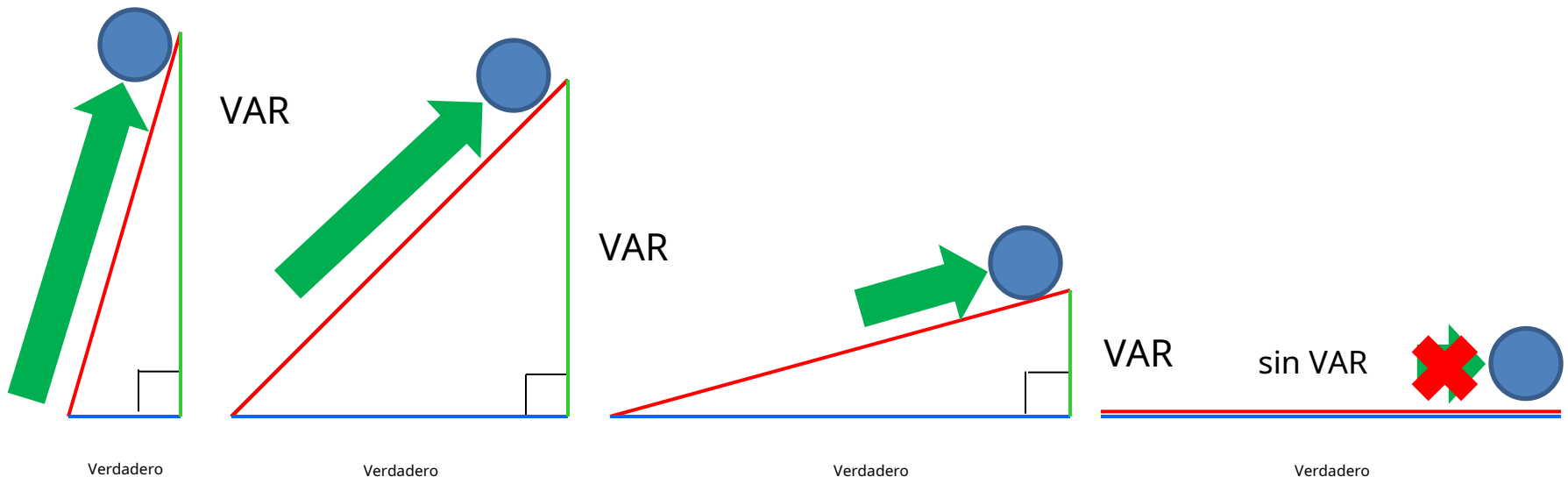
- Más carga, más pérdidas de VAR
- La pérdida de una línea de transmisión significa que otras líneas cargan más y experimentamos aún más pérdidas de VAR

Colapso de voltaje

Potencia en circuitos de CA

Colapso de voltaje

Colapso de voltaje: cuando el sistema de red experimenta una reducción incontrolable del voltaje debido a una deficiencia en la potencia reactiva (VARs).



Potencia en circuitos de CA

¿QUÉ son los VAR?

Operador del sistema y términos de ingeniería

- Voltio Amp Reactivo
- Poder reactivo
- Poder imaginario
- Parte del poder complejo
- Parte de la potencia aparente

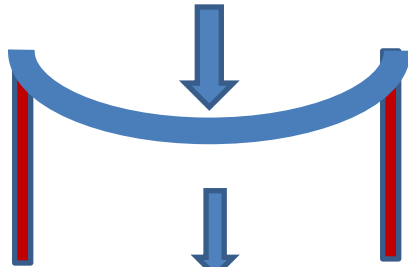
Potencia en circuitos de CA

¿QUÉ son los VAR?

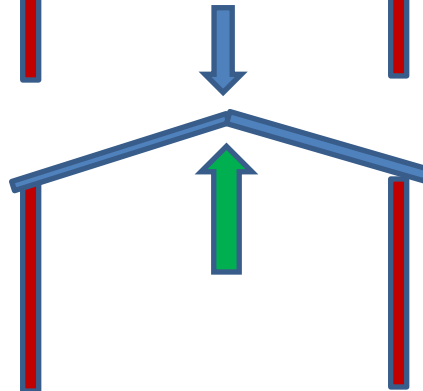
Analogía del VAR --- Construyendo un techo



El techo plano sin carga vertical está bien (el voltaje está bien)



Techo plano con carga vertical (VARs) Sags (Voltage Sags)



techo inclinado con **VARs** añadido para compensar la carga **VARs** está bien

Potencia en circuitos de CA

¿QUÉ son los VAR?

- Los VAR respaldan el sistema y bajan o elevan el voltaje
- Cuando los circuitos dan como resultado la corriente **principal** el voltaje, el voltaje aumenta a medida que aumentan los VAR
- Cuando los circuitos dan como resultado la corriente **rezagado** el voltaje, el voltaje disminuye a medida que los VAR son consumado

Potencia en circuitos de CA ¿Por qué necesitamos potencia reactiva?

"Se requiere potencia reactiva (VAR) para mantener el voltaje para entregar potencia activa (vatios) a través de las líneas de transmisión. Las cargas de motores y otras cargas requieren potencia reactiva para convertir el flujo de electrones en trabajo útil. Cuando no hay suficiente potencia reactiva, el voltaje cae y no es posible empujar la potencia demandada por las cargas a través de las líneas".

("Firmas del apagón de 2003", Roger C. Dugan et. al.)

Potencia en circuitos de CA

Importancia de la potencia reactiva

- Se refiere a la potencia circulante en la red que no realiza ningún trabajo útil.
- Resultados de los elementos de almacenamiento de energía en la red eléctrica (principalmente bobinas y condensadores)
- Debe ser controlado para evitar problemas de voltaje.
- Los niveles de potencia reactiva tienen un efecto sobre el colapso del voltaje
- El flujo de potencia reactiva debe minimizarse para reducir las pérdidas. Esto asegura que el sistema funcione de manera eficiente.

Potencia en circuitos de CA

La potencia reactiva es un subproducto de los sistemas de CA

- Los transformadores, las líneas de transmisión y los motores requieren potencia reactiva.
- Los transformadores y las líneas de transmisión introducen tanto inductancia como resistencia.
 - Ambos se oponen al flujo de corriente.
- Debe elevar el voltaje más alto para empujar la energía a través de la inductancia de las líneas.
 - A menos que se introduzca capacitancia para compensar la inductancia
- Cuanto más lejos esté la transmisión de potencia, mayor será la necesidad de aumentar el voltaje.

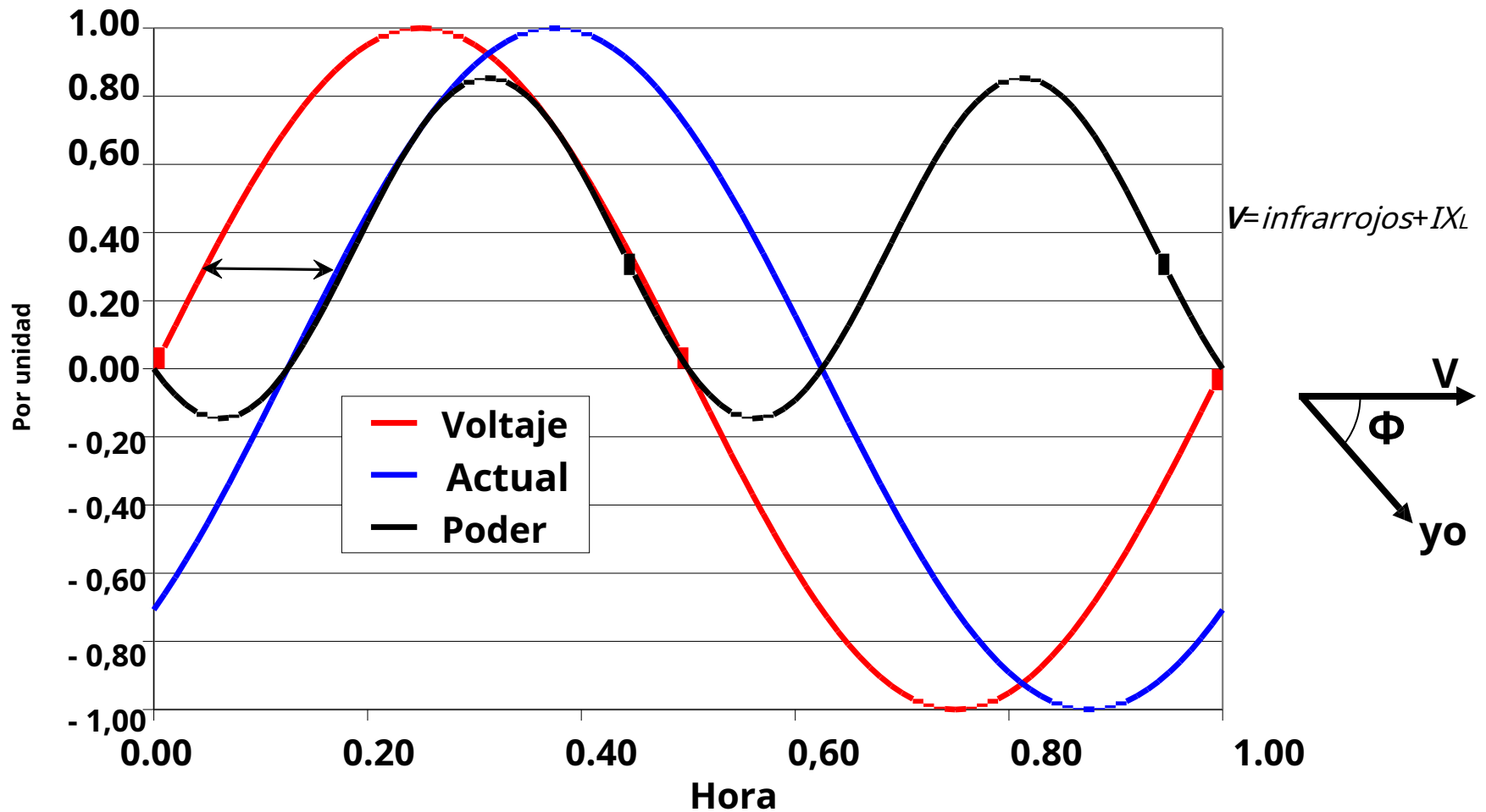
Potencia en circuitos de CA

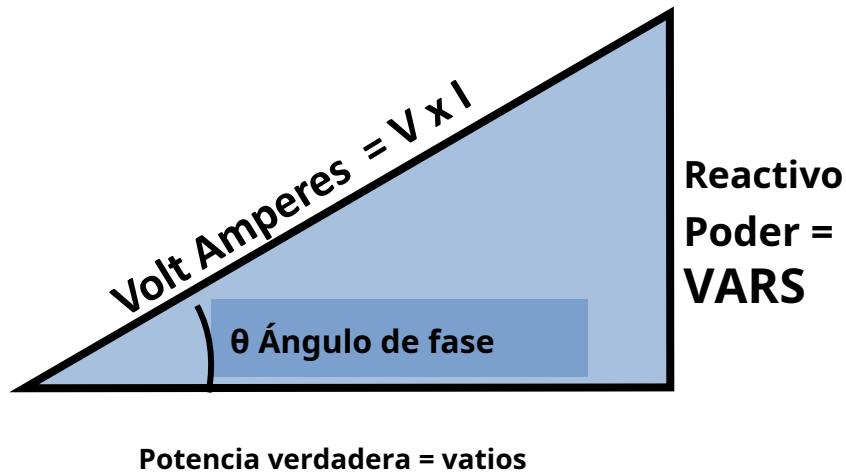
Potencia reactiva y factor de potencia

- La potencia reactiva está presente cuando el voltaje y la corriente no están en fase
 - Una forma de onda conduce a la otra
 - Ángulo de fase no igual a cero grados
 - Factor de potencia menor que la unidad
- Medido en voltios-amperios reactivos (VAR)
- Producido cuando la forma de onda de corriente se adelanta a la forma de onda de voltaje (factor de potencia de adelanto)
- Viceversa, consumido cuando la forma de onda actual se atrasa del voltaje (factor de potencia atrasado)

Desplazamiento de fase de voltaje y corriente CA debido a la inductancia

Tensión de retardo de corriente





Poder Triángulo

Voltios-Amperios = (**Virginia**) = Vatios de potencia

aparente = (**W**) = Potencia verdadera

Vars = (**VARS**) = Factor de potencia reactiva de

voltios-amperios = (**FP**) = Vatios/(Voltios Amperios)

Ángulo de fase = $\theta = \text{COS}^{-1}(\text{PF})$ = Desplazamiento angular entre voltaje y corriente

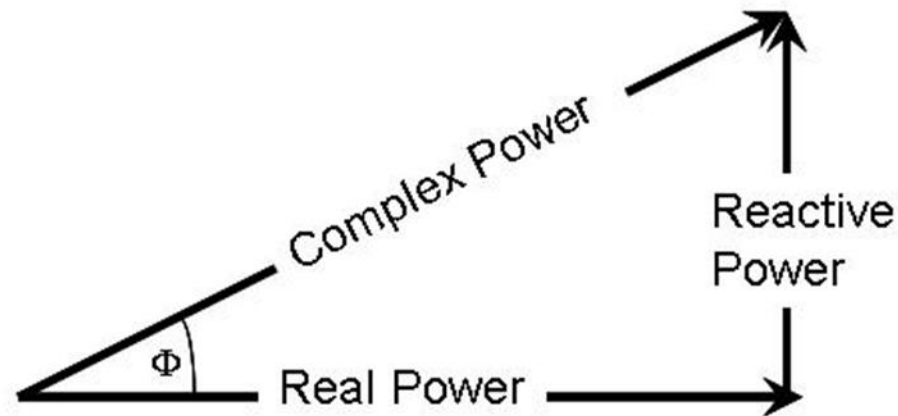
Potencia en circuitos de CA

Triángulo de poder

$$\text{Complex Power} = \sqrt{(\text{Real Power})^2 + (\text{Reactive Power})^2}$$

$$\text{Real Power} = \text{Complex Power} \times \cos(\Phi)$$

$$\text{Power Factor} = \cos(\Phi) = \frac{\text{Real Power}}{\text{Complex Power}}$$



Potencia en circuitos de CA

Limitaciones de potencia reactiva

- La potencia reactiva no viaja muy lejos.
- Por lo general, es necesario producirlo cerca del lugar donde se necesita
- Un proveedor/fuente cerca de la ubicación de la necesidad está en una posición mucho mejor para proporcionar energía reactiva
 - versus uno que está ubicado lejos de la ubicación de la necesidad
- Las fuentes de alimentación reactiva están estrechamente vinculadas a la capacidad de entregar energía real o activa

Comprueba tu conocimiento:

Fundamentos de la Electricidad

1. En una Carga Resistiva la corriente A) Adelanta, B) Atrasa, C) está en fase con el voltaje. T/F?
2. Una carga consta de una resistencia de 4 ohmios en paralelo con un reactor de 3 ohmios con un voltaje de 10 voltios.
 - una. ¿Cuál es la impedancia total?
 - b. ¿Actual?
 - C. ¿Poder real?
 - d. ¿Poder reactivo?
 - mi. ¿Factor de potencia?

Circuitos Trifásicos

- Definición y ventajas
- Conexiones trifásicas

WYE contra Delta

Definición y ventajas

Circuitos Trifásicos

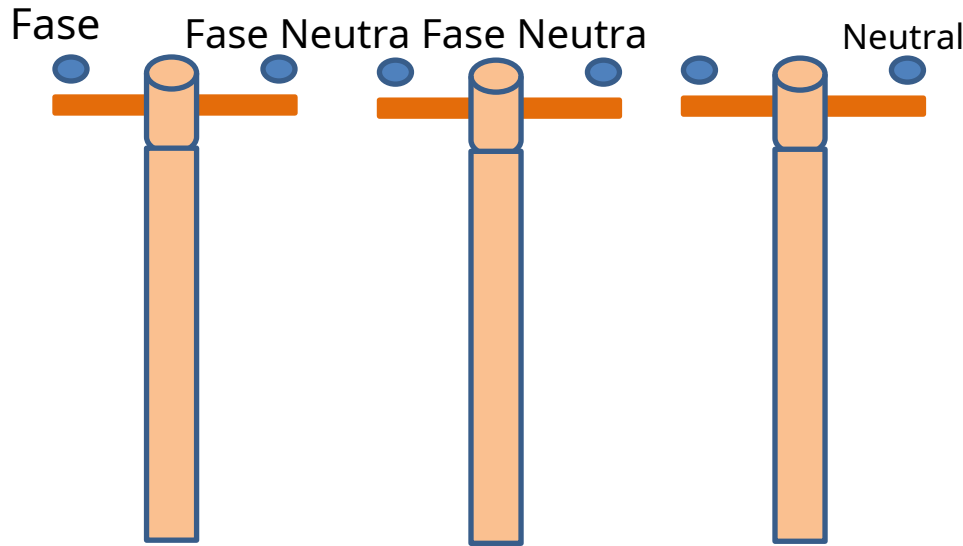
Definición y ventajas

- Casi toda la electricidad se genera y distribuye como *tres fases* en lugar de monofásico
- El costo de la trifásica es menor que la monofásica
- Utiliza menos conductores
- Reduce las pérdidas

Circuitos Trifásicos

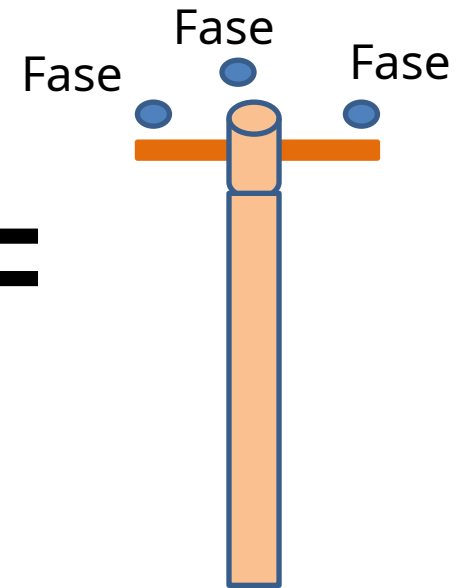
Definición y ventajas

3 – Líneas Monofásicas



seis conductores

Línea 1 – Trifásica

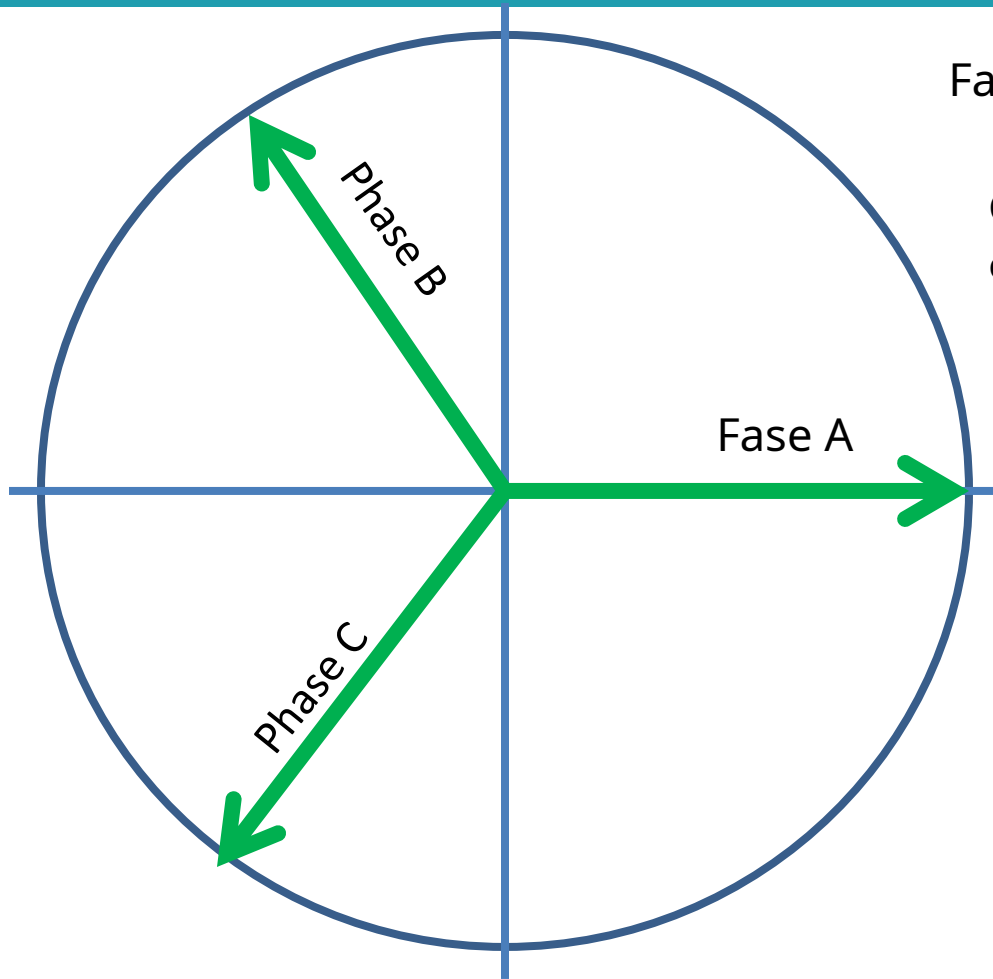


tres conductores

Corriente neutra: retornos en otras dos fases

Circuitos Trifásicos

Definición y ventajas



$$\text{Fase A} = -(\text{Fase B} + \text{Fase C})$$

Corriente neutra: retornos en otras dos fases

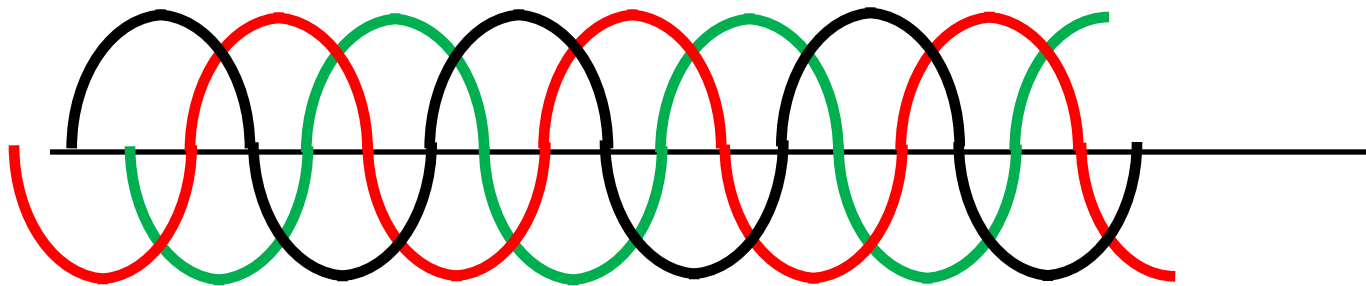
Circuitos Trifásicos

Definición y ventajas

- Carga más constante en el eje del generador.
- La carga monofásica en el eje del generador va de cero a la potencia máxima y vuelve a cero con cada ciclo.
- Con corriente trifásica, al menos dos de las fases proporcionan corriente (y por lo tanto potencia) en cualquier instante.
- La carga en un generador trifásico nunca se reduce a cero. Esta carga uniforme permite un funcionamiento más suave del generador...

Circuitos Trifásicos

Definición y ventajas



Una fase

Fase B

Fase C

Circuitos Trifásicos

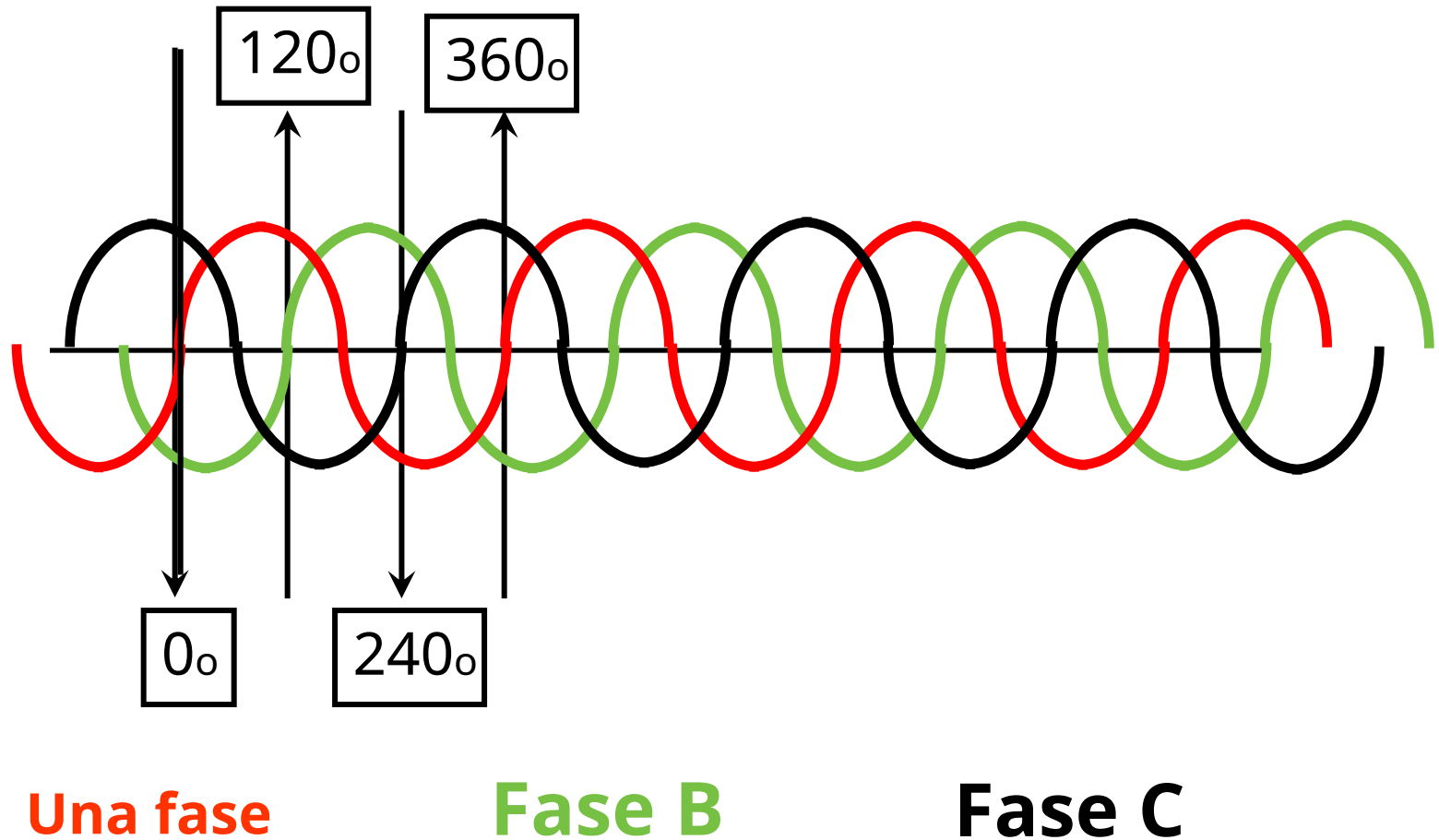
Definición y ventajas

En un circuito trifásico:

- Un generador de voltaje CA produce tres voltajes sinusoidales espaciados uniformemente, idénticos excepto por una diferencia de ángulo de fase de 120°
- Tres conductores transmiten la energía eléctrica. Los conductores se denominan fases y comúnmente se denominan Fase A, Fase B y Fase C.
- Cada conductor de fase lleva su propia corriente de fase.

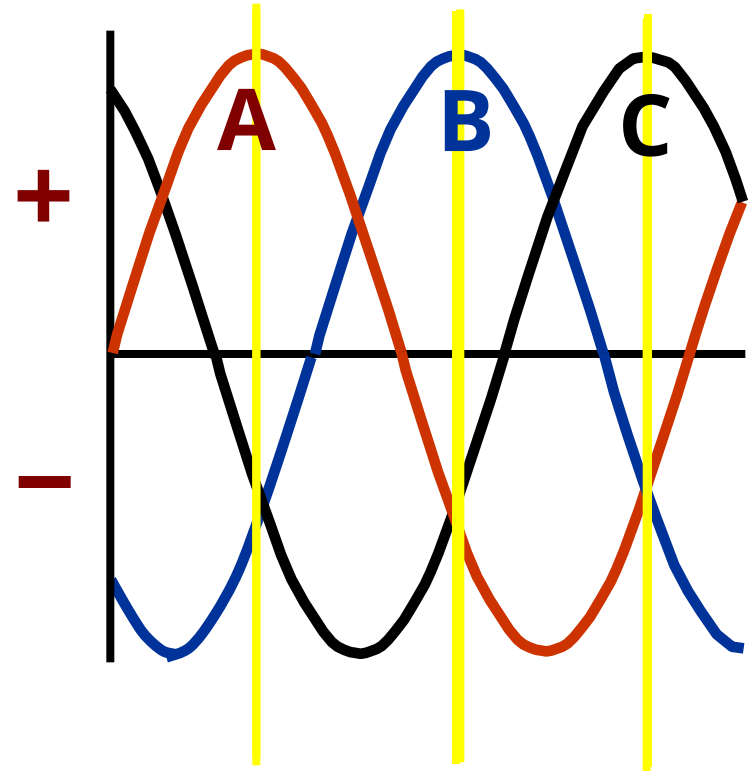
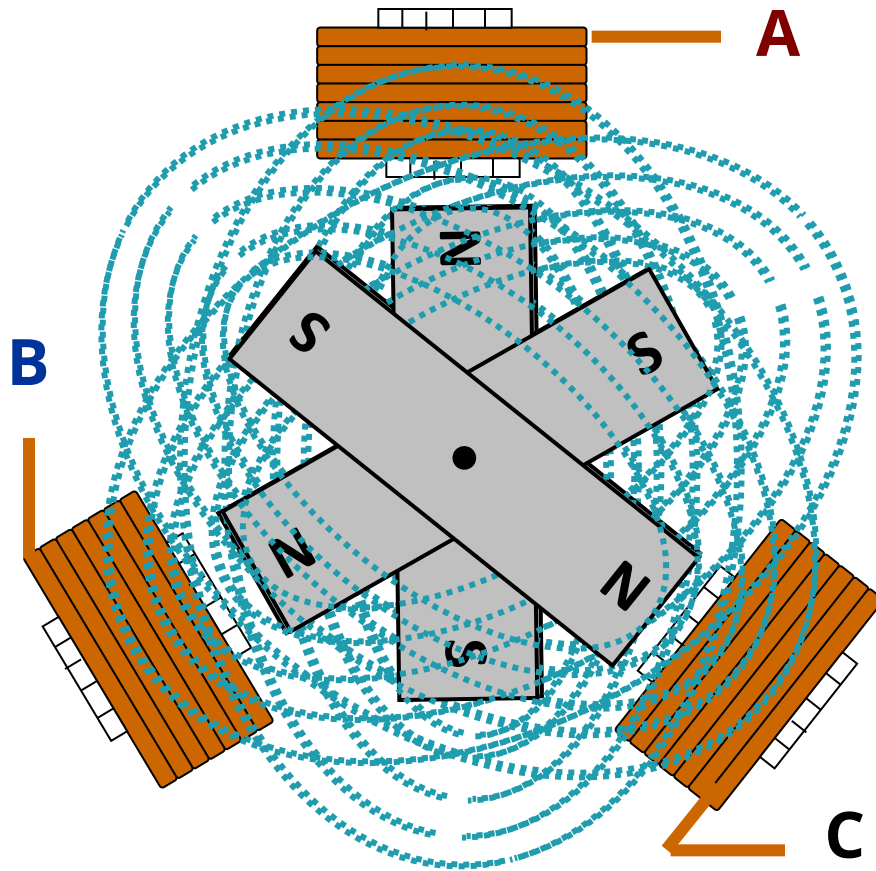
Circuitos Trifásicos

Energía trifásica



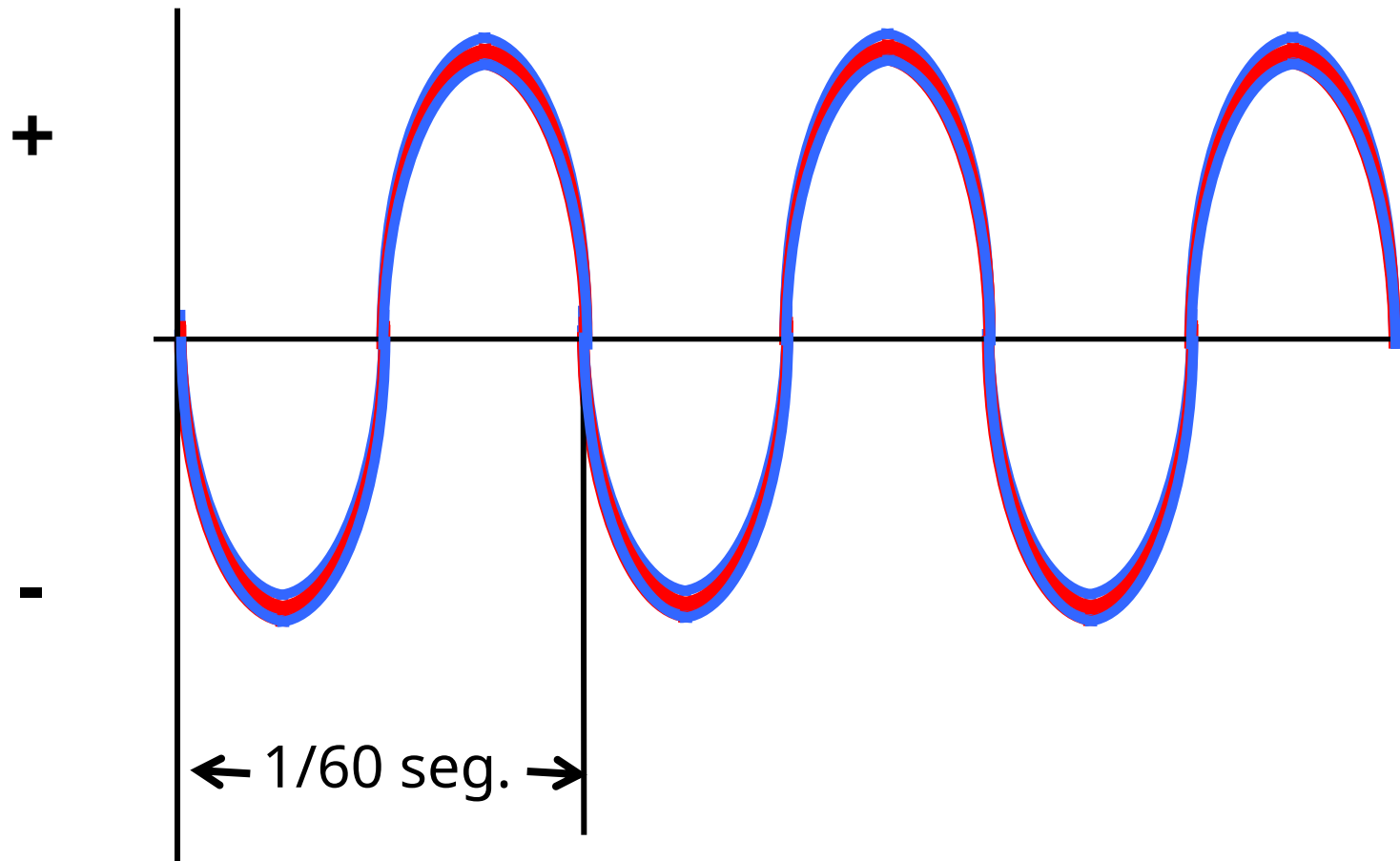
Circuitos Trifásicos

Generación de ondas de potencia trifásicas



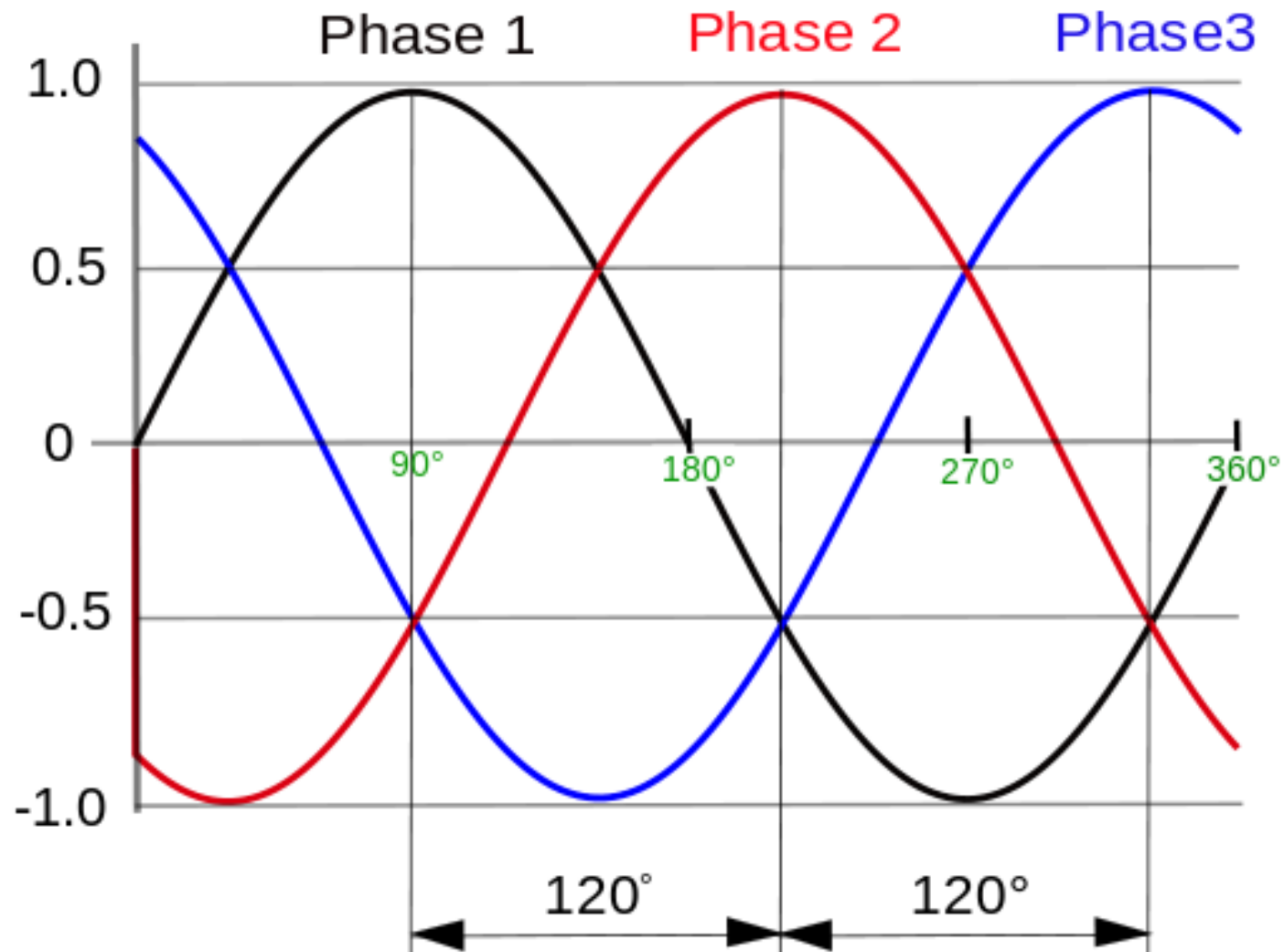
Circuitos Trifásicos

frente a potencia monofásica



Circuitos Trifásicos

Energía trifásica



Circuitos Trifásicos

Energía trifásica interconectada

En una interconexión de CA, todos los servicios públicos conectados ven la misma frecuencia eléctrica y todos los generadores funcionan en sincronismo entre sí.



Circuitos Trifásicos

Definición y ventajas

- **Definición:** **Voltajes fase a fase y de línea**
- Los voltajes entre las salidas del generador se llaman ***voltajes de línea (a veces llamados voltajes de fase a fase)***.
- Los voltajes de línea son iguales a los voltajes de fase.
- Cuando se carga un generador conectado en Delta, la corriente fluye en las cargas, las líneas y los devanados de fase.

Circuitos Trifásicos

Circuitos Trifásicos

Conexiones trifásicas

Las corrientes de línea no son iguales a las corrientes de fase, porque cada línea transporta corriente de dos fases. Las corrientes de cualquiera de las dos fases están desfasadas 120° .

$$y_{\text{línea}} = \sqrt{3} y_{\text{fase}}$$

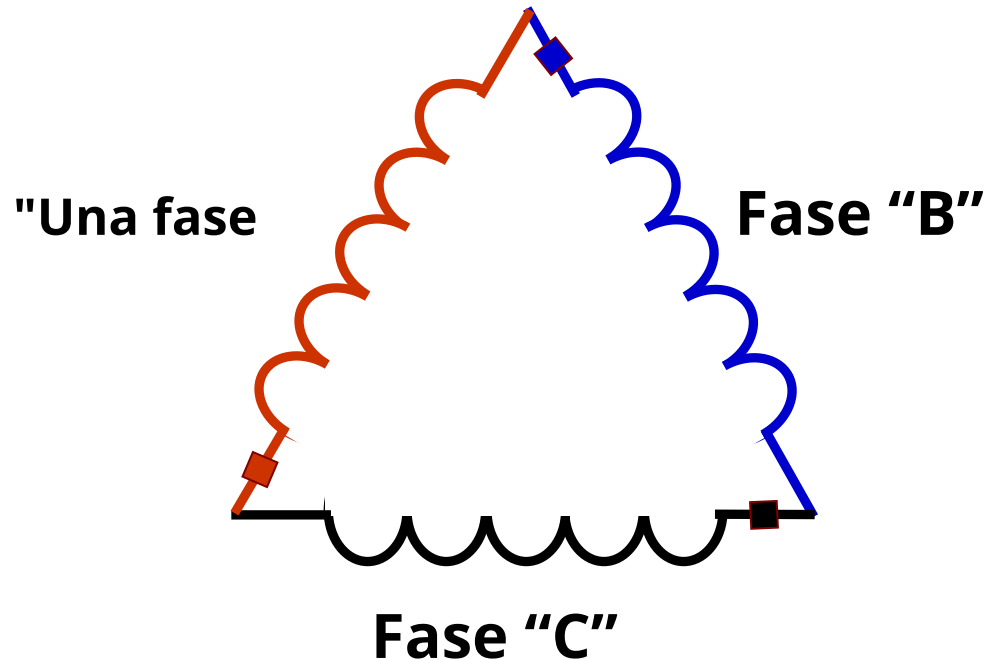
$$y_{\text{línea}} = 1.732 y_{\text{fase}}$$

($\sqrt{3}$ es aproximadamente 1.732)

Circuitos Trifásicos

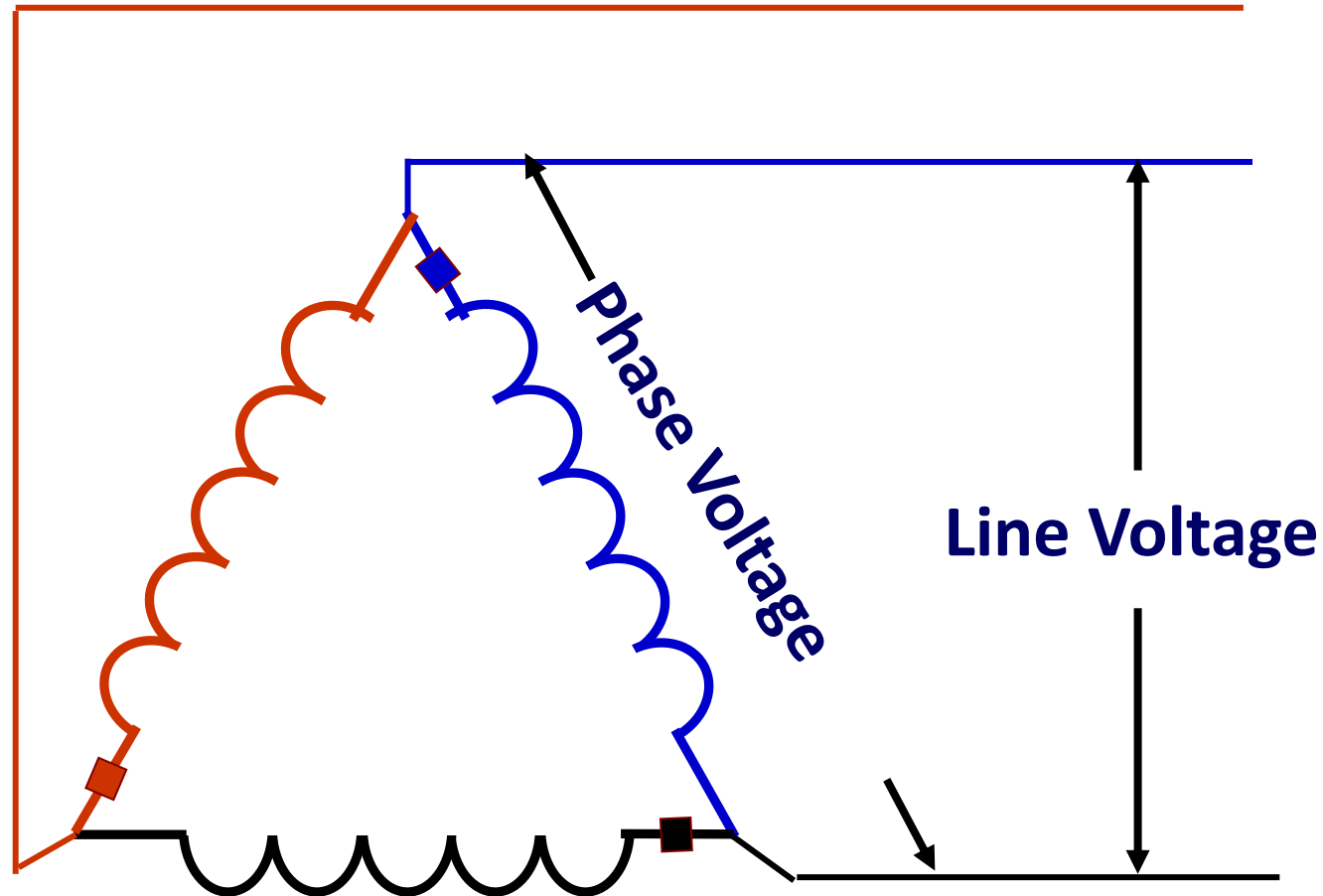
Conexiones trifásicas

"Conexión Delta"



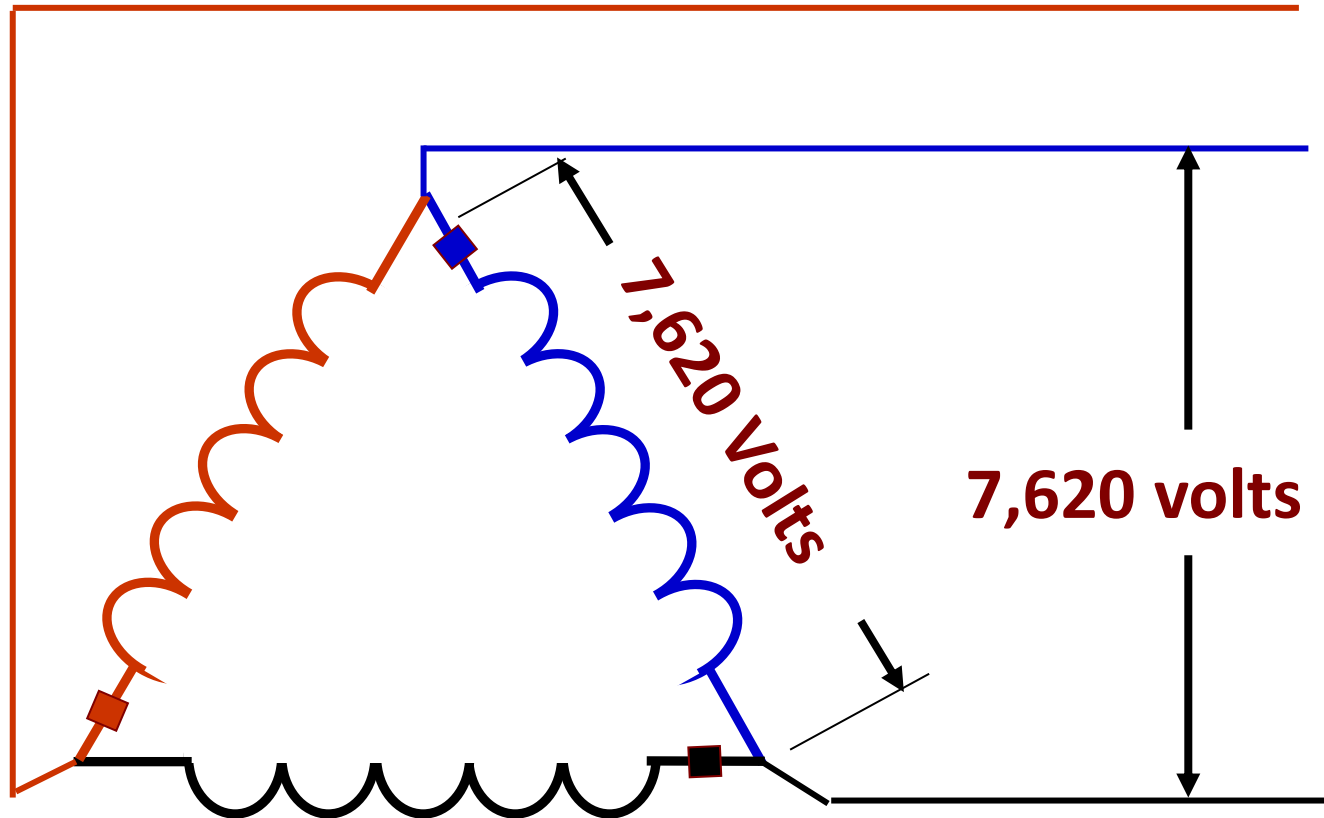
Circuitos Trifásicos

Conexiones trifásicas



Circuitos Trifásicos

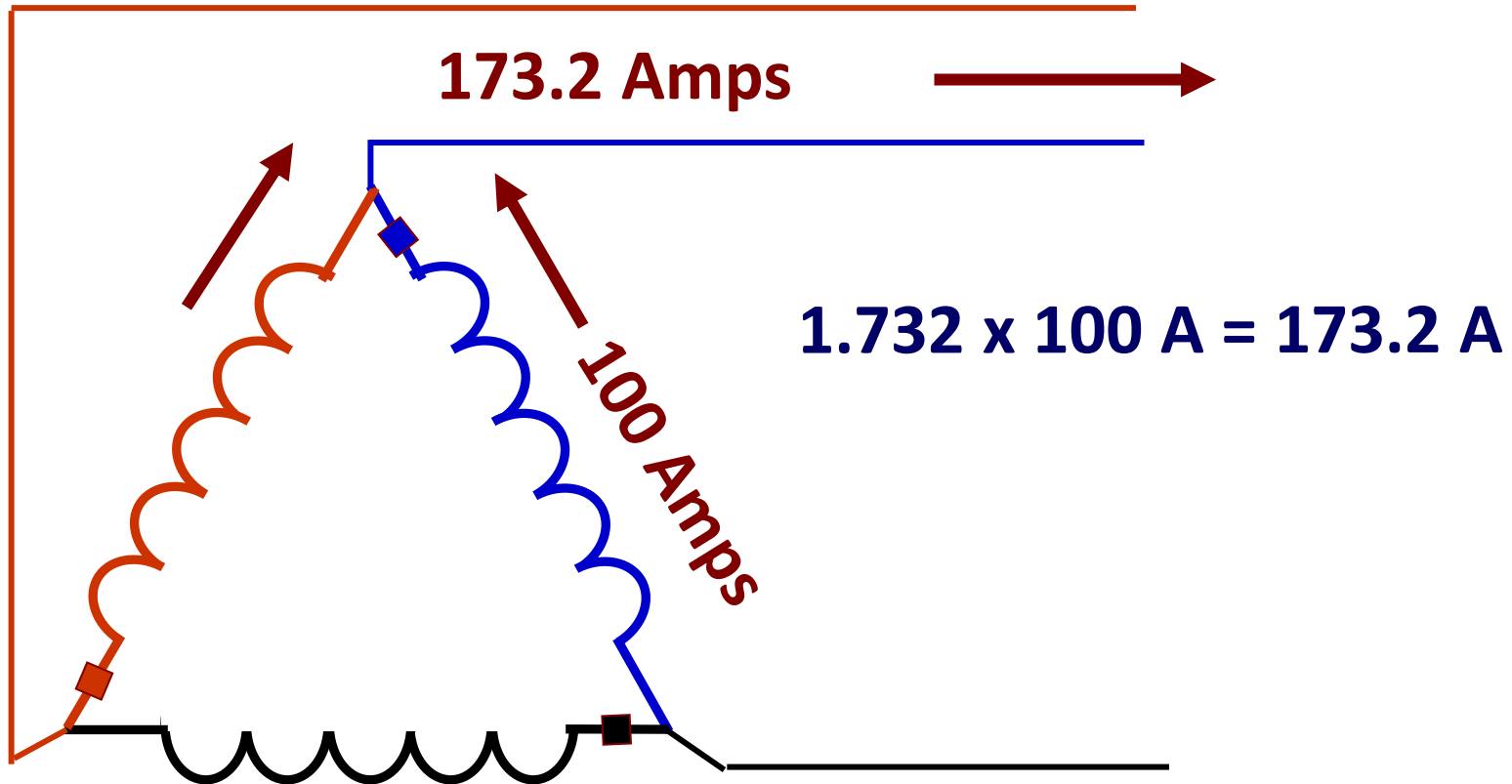
Conexiones trifásicas



Phase Voltage = Line Voltage

Circuitos Trifásicos

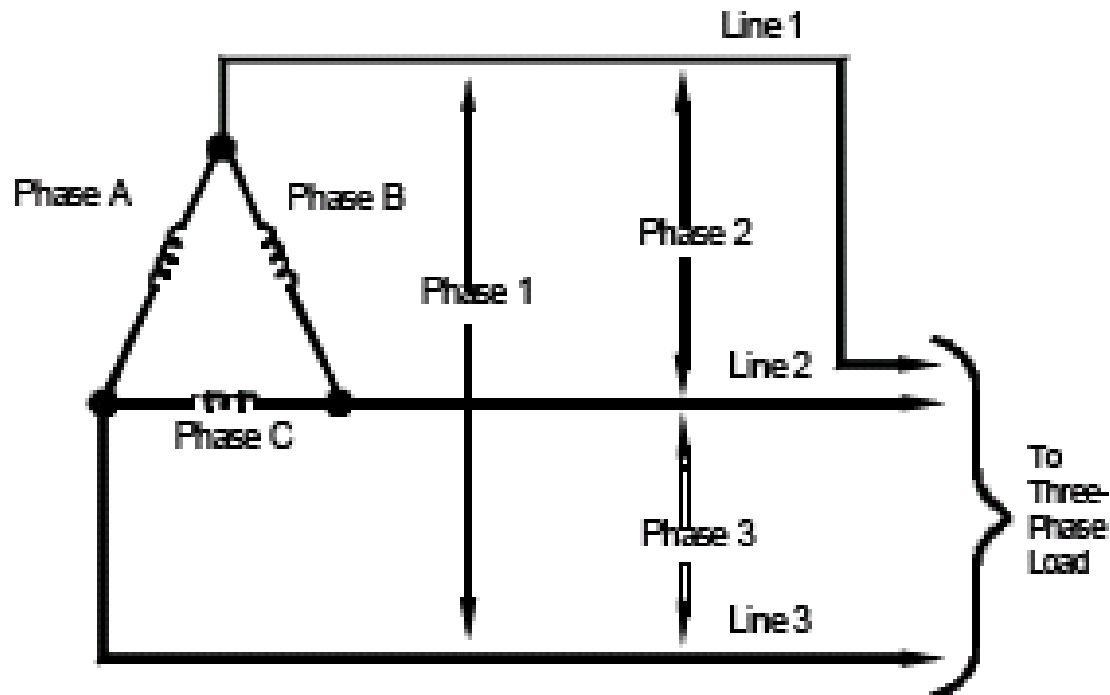
Conexiones trifásicas



$$\text{Line Current} = \text{Phase Current} \times \sqrt{3} = \text{PC} \times 1.732$$

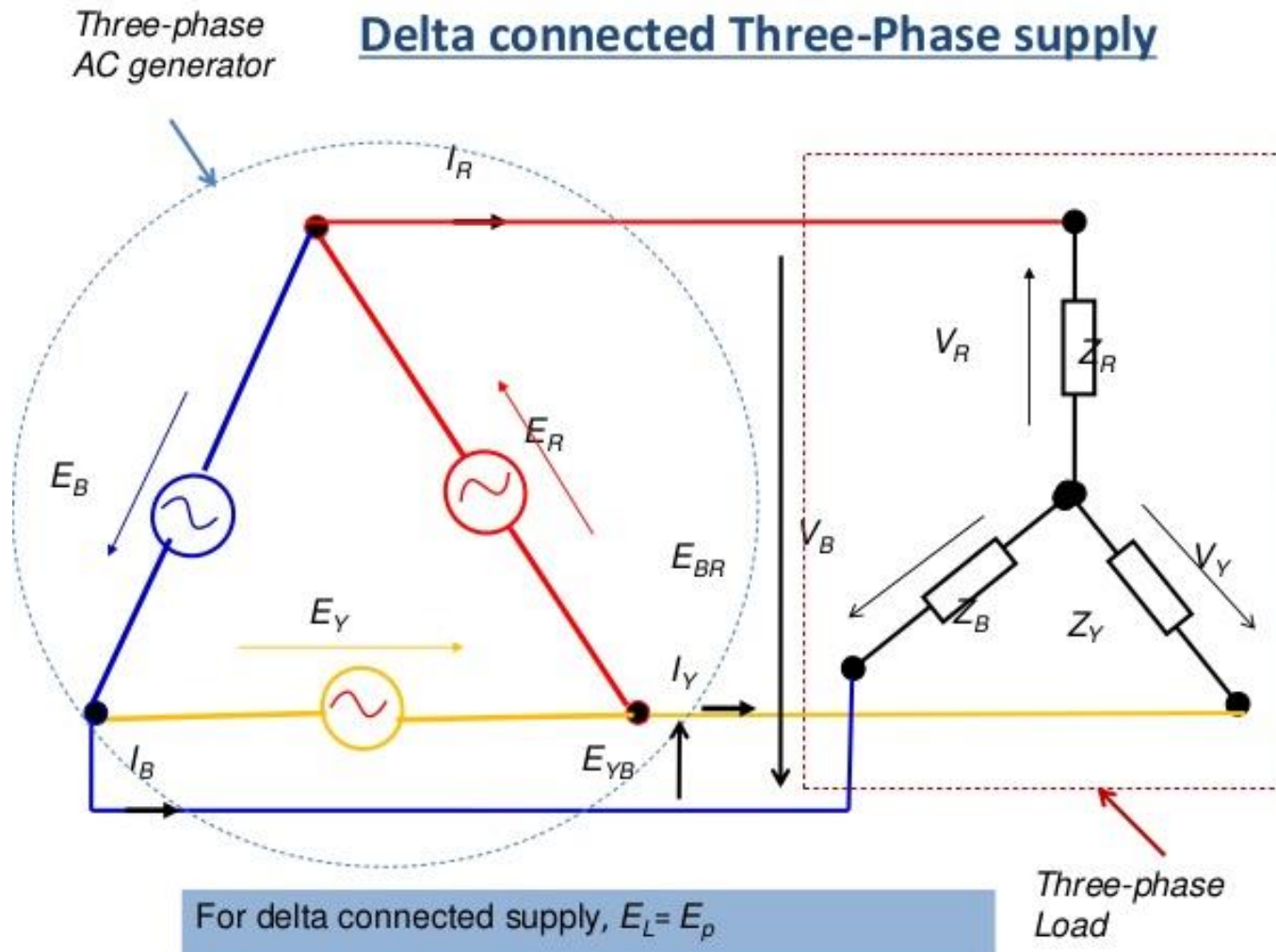
Circuitos Trifásicos

Conexiones trifásicas



Circuitos Trifásicos

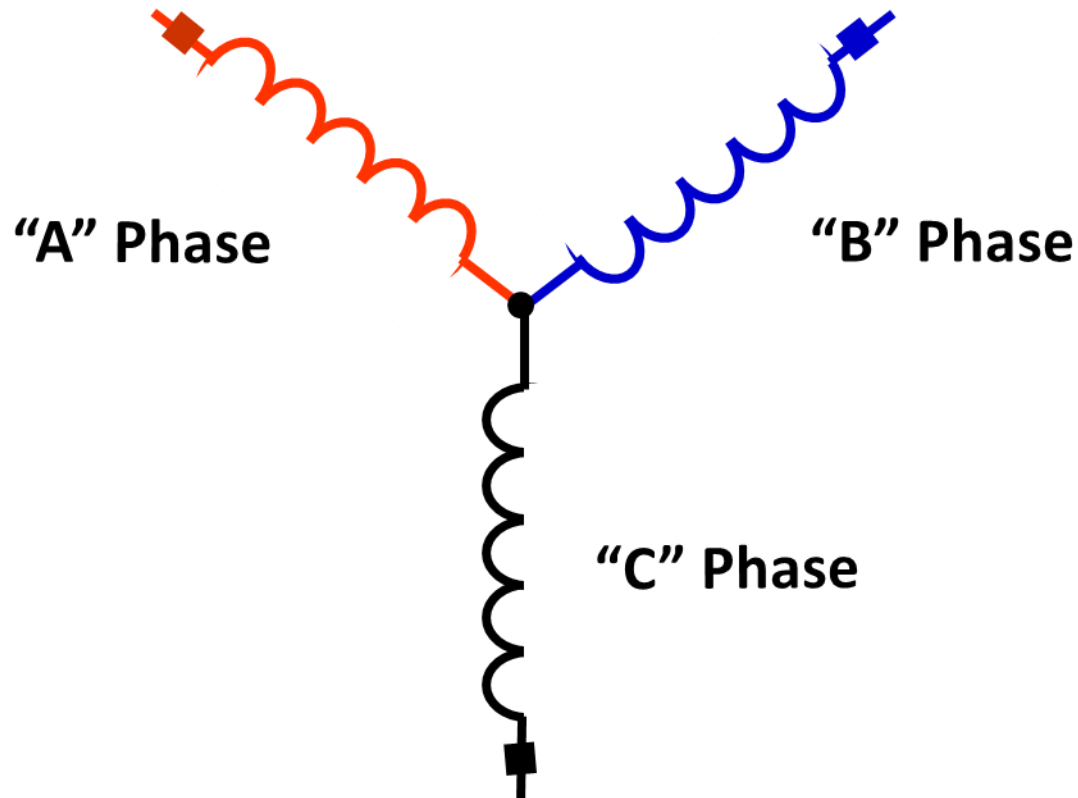
Conexiones trifásicas



Circuitos Trifásicos

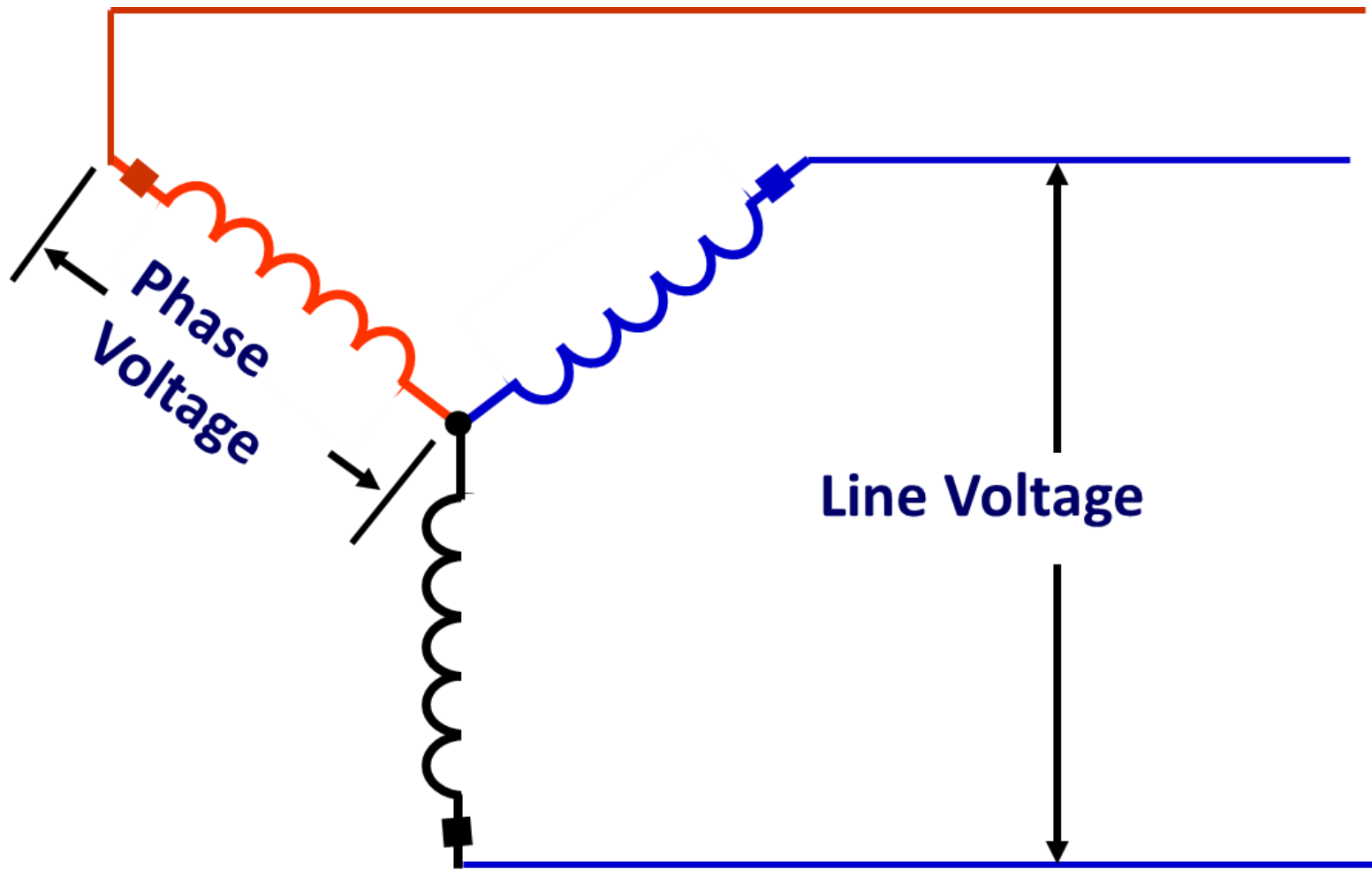
Conexiones trifásicas

“Conexión WYE”



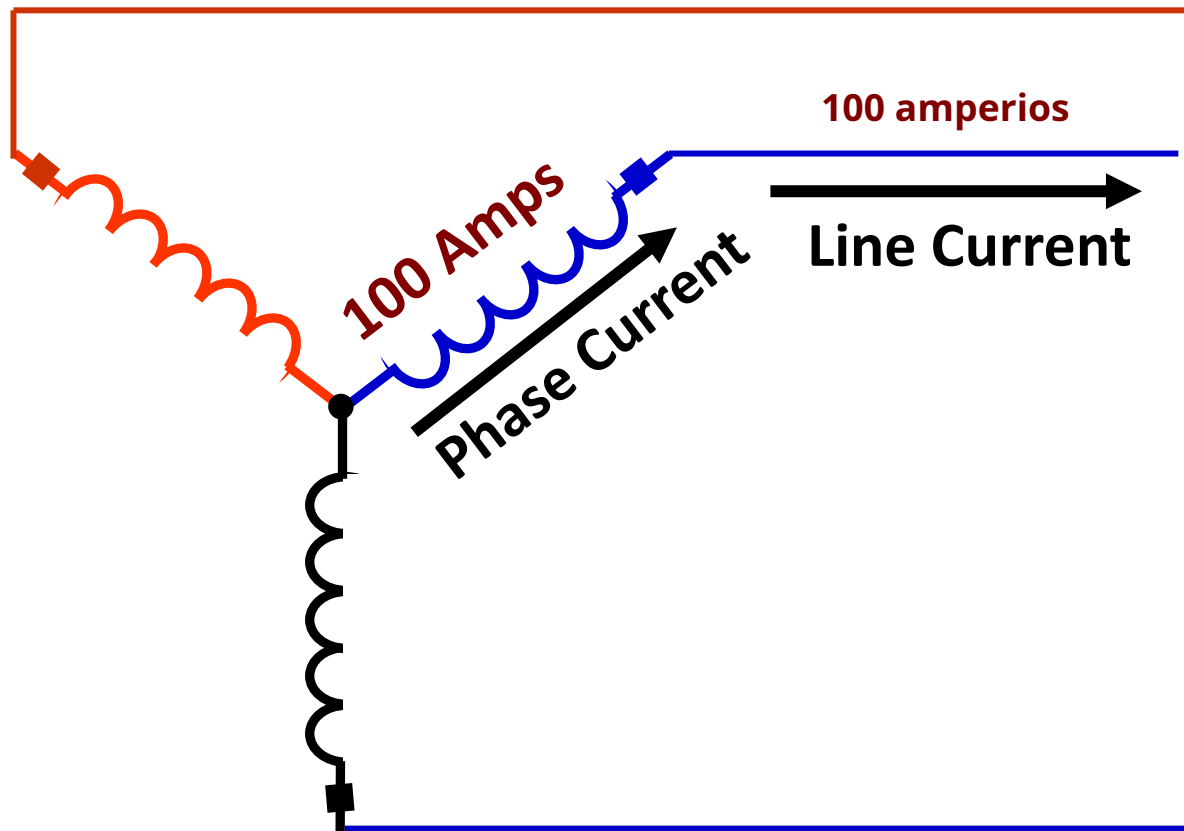
Circuitos Trifásicos

Conexiones trifásicas



Circuitos Trifásicos

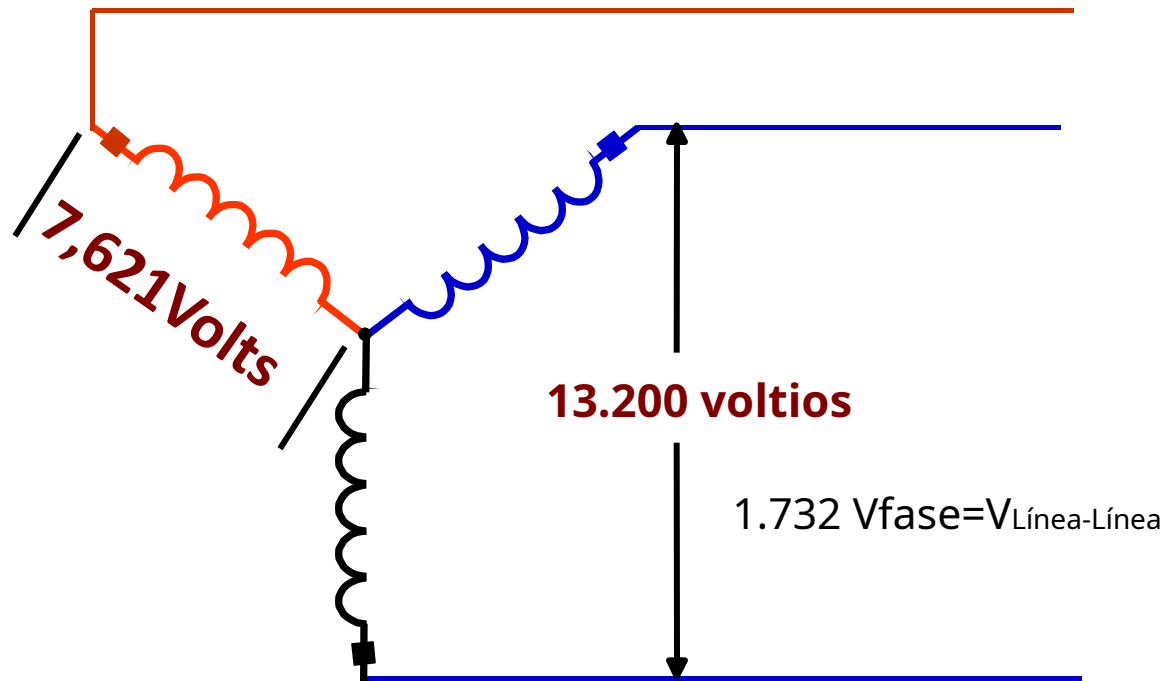
Conexiones trifásicas



Corriente de fase = Corriente de línea

Circuitos Trifásicos

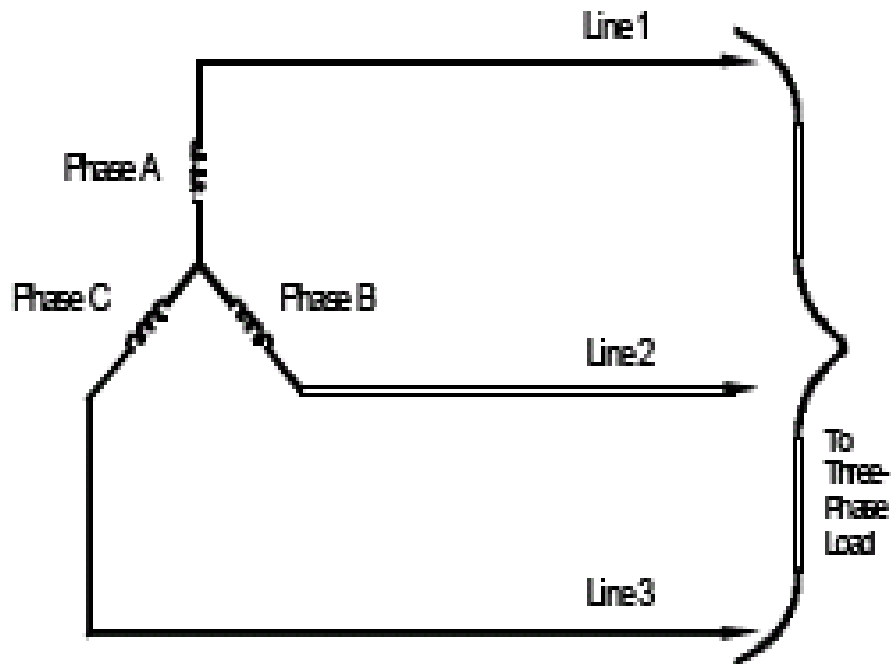
Conexiones trifásicas



$$\text{Voltaje de línea} = \text{Voltaje de fase} \times \sqrt{3} = PV \times 1.732$$

Circuitos Trifásicos

Conexiones trifásicas



Electromecánica

- Definición
- Generadores
- motores
- Condensador síncrono

Electromecánica

Definición

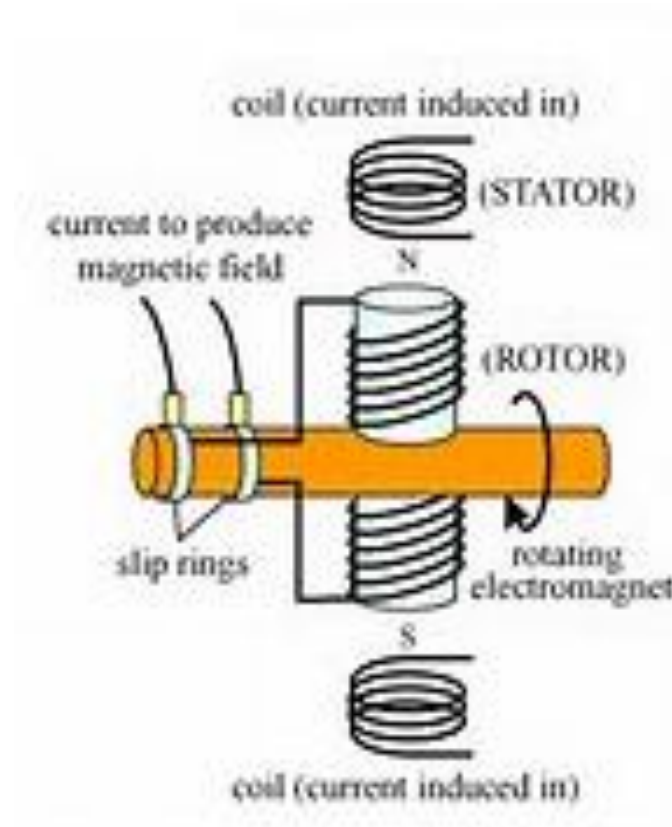
Conversión de energía electromecánica es utilizado por generadores y motores.

- Este proceso transforma la energía mecánica en energía eléctrica y viceversa.

Electromecánica

Generadores

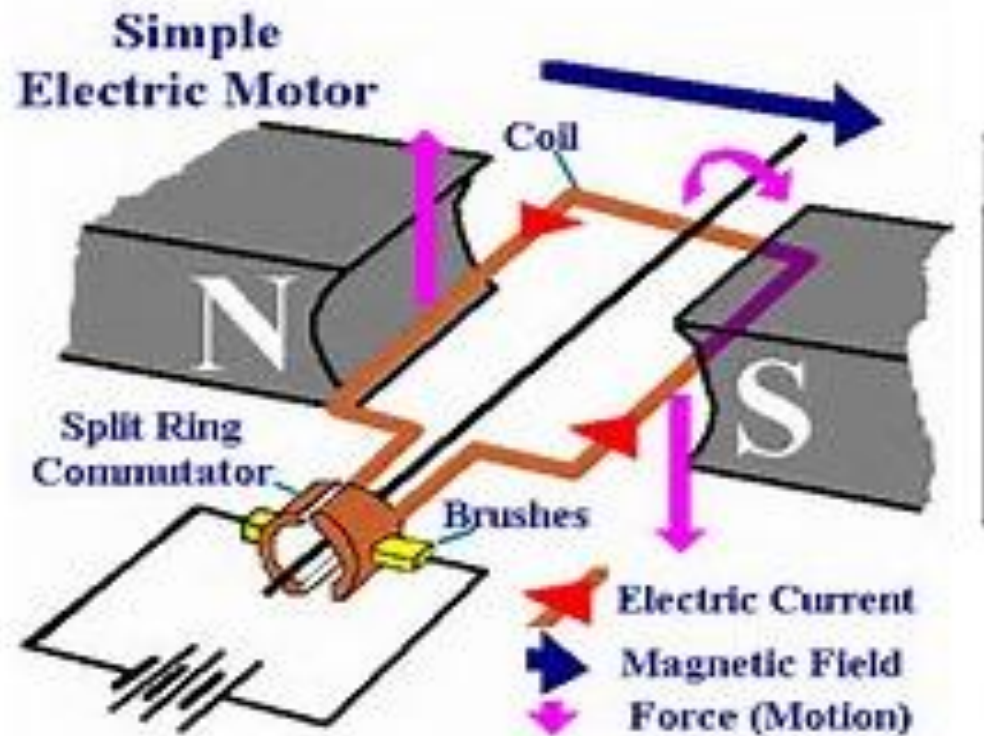
Un generador simple



Electromecánica

motores

un motor sencillo



Generadores y Motores

Electromecánica

Generadores y Motores

A **generador** convierte la energía mecánica en energía eléctrica.

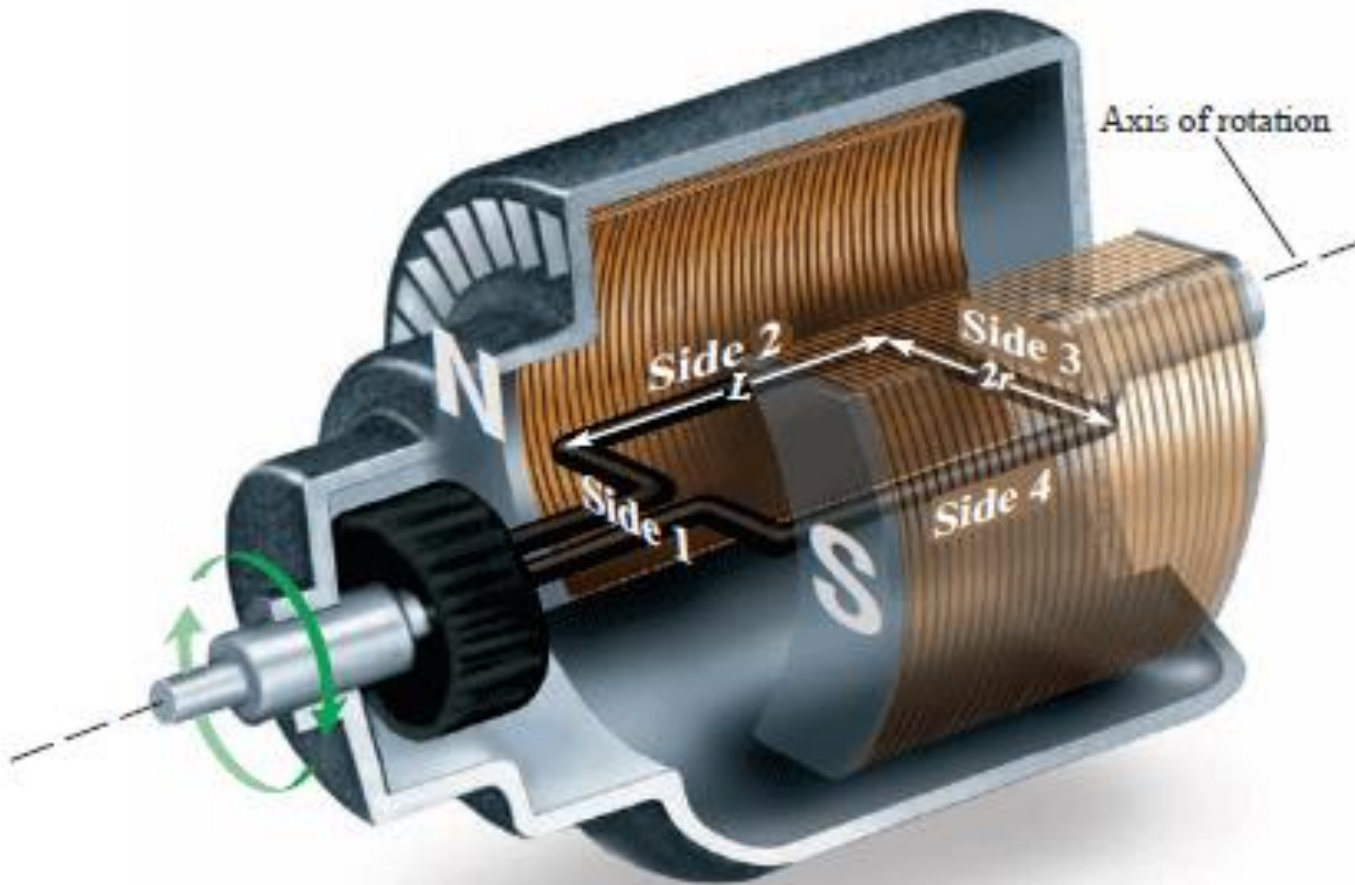
- Se induce un voltaje en los conductores del estator a medida que el flujo magnético del rotor pasa por ellos.

A **motor** convierte la energía eléctrica en movimiento rotatorio.

- Los conductores que transportan corriente en el rotor experimentan una fuerza en ángulo recto con el campo magnético del motor.

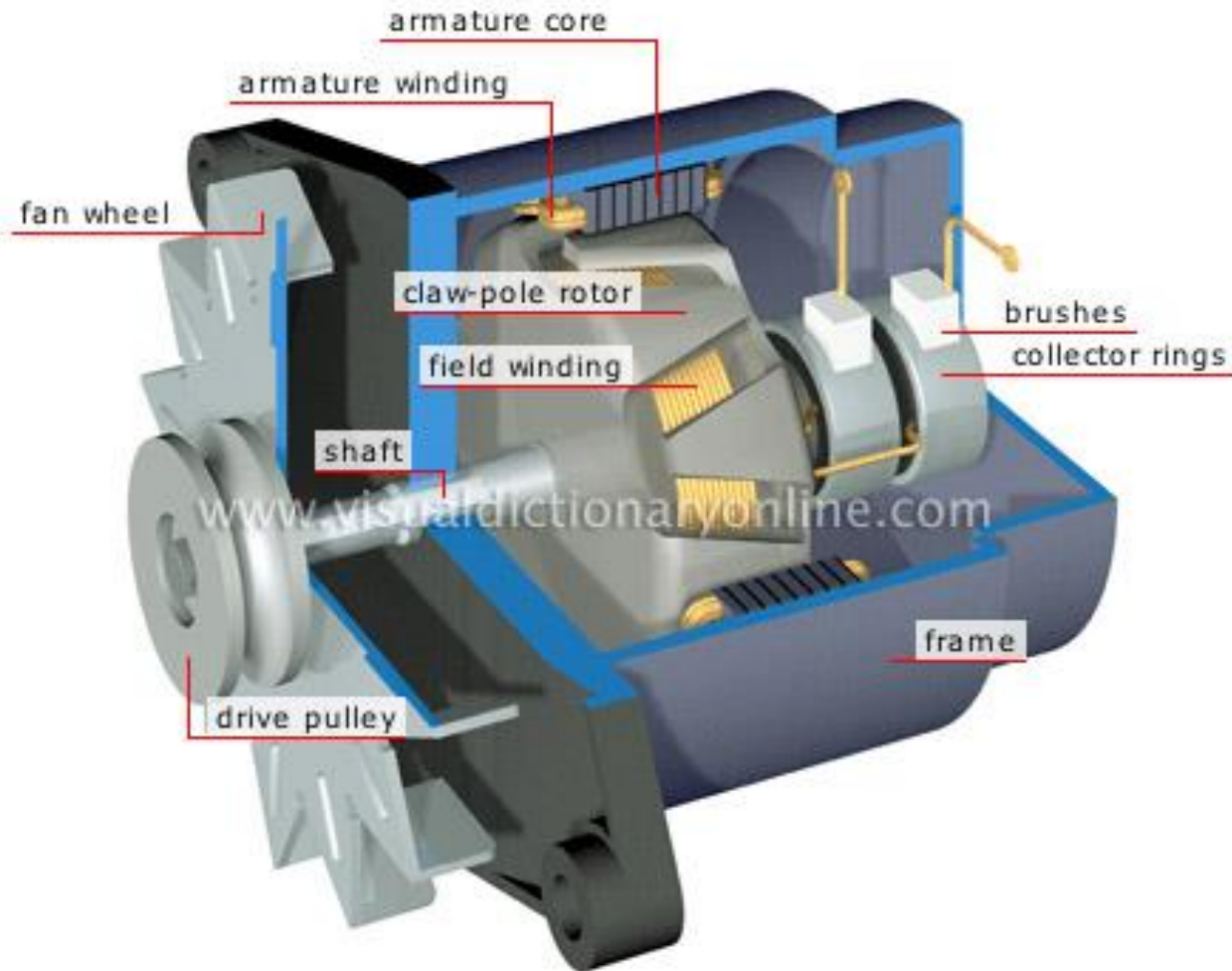
Electromecánica

Generadores



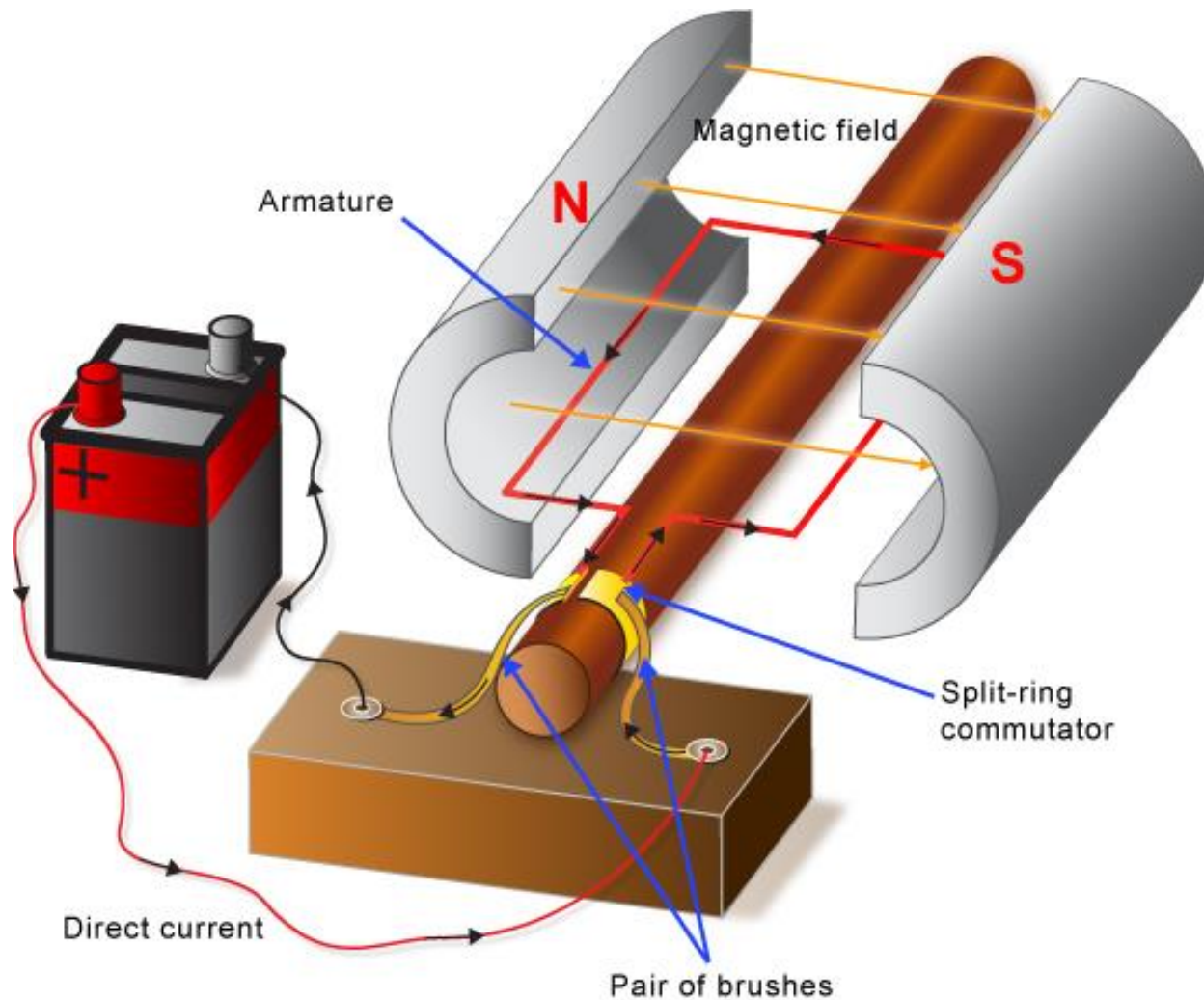
Electromecánica

Generadores



Electromecánica

motores



Condensador síncrono

Electromecánica

Condensador síncrono

A ***condensador síncrono*** es un gran motor síncrono.

- Se utiliza un condensador síncrono para generar o absorber VAR
- Los operadores pueden controlar si produce o consume VAR

Comprueba tu conocimiento:

Fundamentos de la Electricidad

1. Un conductor es un material que tiene solo unos pocos electrones de valencia libre que continuamente saltan a otros átomos. T/F?
2. ¿Cuáles son dos materiales que son buenos conductores eléctricos?
3. Un aislante es un material que tiene una gran cantidad de electrones de valencia libre que saltan continuamente a otros átomos. T/F?
4. ¿Cuáles son dos materiales que son buenos aislantes eléctricos?
5. Siempre que la corriente fluye en un conductor, ¿qué fuerza invisible rodea al conductor?
6. En un circuito inductivo, ¿la corriente *adelanto o retraso* el voltaje?
7. ¿Qué es la impedancia?