

Refrigeración y Aire Acondicionado Tropical.

Electricidad básica.

Voltaje: Simplemente, voltaje es la diferencia de potencial que hay entre dos cargas eléctricas, llamado también fuerza electromotriz o presión eléctrica. Se utiliza la letra **E** para identificarlo y se expresa en voltios.

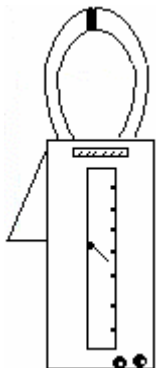
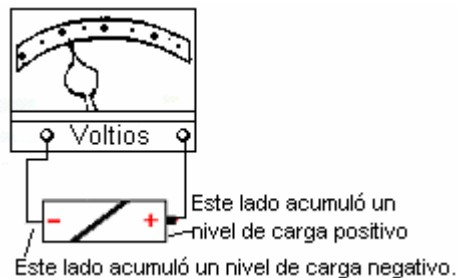
Repasemos este concepto:

Para describir las propiedades del campo eléctrico en el interior de un conductor se recurre a la noción de diferencia de potencial, también denominada presión eléctrica o fuerza electromotriz, porque de ella depende el movimiento de las cargas libres de un punto a otro. El sentido de la corriente eléctrica depende no sólo del signo de la diferencia de potencial, sino también del signo de los elementos portadores de carga presentes en el conductor.

En un conductor de cobre, los portadores de carga son los electrones negativos por lo que su desplazamiento se producirá, en términos de signos, desde el polo negativo hacia el positivo.

El potencial eléctrico que acumula una sustancia dependerá del movimiento de los electrones en esa sustancia. La cantidad de electrones que gana o pierde la sustancia es lo que determina su nivel de energía.

Si colocamos juntas dos materias que contengan niveles diferentes de energía, el resultado será una fuente de voltaje.



Instrumento típico del técnico de refrigeración para medir corriente, voltaje y resistencia. Un voltímetro calcula la diferencia de potencial entre los dos terminales y lo expresa como voltaje, fuerza electromotriz, presión eléctrica o diferencia de potencial, en cualquier caso hablamos de lo mismo.

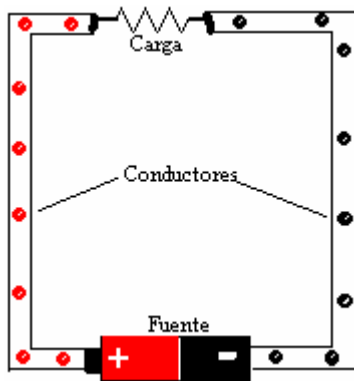
Refrigeración y Aire Acondicionado Tropical.

Corriente eléctrica.

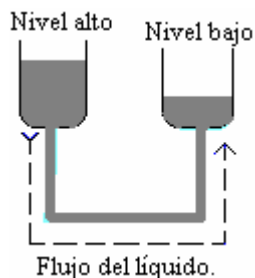
Corriente eléctrica es el flujo de electrones en una sola dirección. Fíjese que hay un requisito, debe fluir en una sola dirección, de negativo a positivo, esta es la dirección lógica de la corriente en un circuito. Se usa la letra I para identificarla y se expresa en amperes.

Para que la corriente pueda fluir, se requiere de un circuito básico. Un circuito básico es el camino que recorren los electrones desde que salen de la parte negativa de la fuente de voltaje a través de los conductores, pasando por la carga y regresando a la fuente por el lado positivo.

Veamos como se comportan, la ley de las polaridades eléctricas de Benjamín Franklin y el flujo de la corriente en un circuito.



El lado negativo de la fuente, repele los electrones negativos y los impulsa hacia la carga, al pasar por la carga los electrones le dejan la energía que transportan y son atraídos fuertemente por el lado positivo de la fuente. En este proceso el lado negativo de la fuente pierde electrones y acumula carga positiva (Ausencia de electrones). Por el otro lado la parte positiva de la fuente gana electrones y acumula carga negativa (exceso de electrones). Cuando los dos potenciales estén al mismo nivel, dejará de fluir la corriente, la fuente se descarga y no hay voltaje



Semejante al circuito eléctrico, en este arreglo el agua fluirá mientras los tanques tengan una diferencia en sus niveles. Cuando los dos niveles sean iguales, cesará el flujo del líquido.

Existen dos teorías que tratan sobre el flujo de la corriente eléctrica en un circuito.

- La teoría del flujo de electrones, la cual nos indica que la corriente fluye de negativo a positivo.
- La teoría convencional acerca del flujo de la corriente, esta nos dice que la corriente fluye desde positivo hasta negativo.

En este libro utilizaremos la Teoría del Flujo de Electrones.

Refrigeración y Aire Acondicionado Tropical.

Resistencia

Simplemente, resistencia es la oposición que ofrece un material, al paso de los electrones a través de su estructura física. Se utiliza la letra **R** para identificar la resistencia y se expresa su valor en ohmios. Su símbolo es la letra griega omega, Ω



La resistencia es un efecto que está presente en todo el circuito eléctrico y en sus componentes. Hasta el presente, todo lo que podemos hacer para reducir los efectos de la resistencia es seleccionar materiales con buena conductancia. Esto quiere decir que permiten el flujo de la corriente eléctrica con facilidad. La conductancia es igual al recíproco de la resistencia y se usa la letra **G** para identificarla.

$$G = \frac{1}{R\Omega}$$

Requisitos para los conductores de corriente.

Los metales y no metales se encuentran separados en el sistema periódico por una línea diagonal de elementos. Los elementos a la izquierda de la diagonal son los metales y los elementos a la derecha son los no metales. Los elementos metálicos se pueden combinar unos con otros y también con otros elementos formando compuestos, disoluciones y mezclas. Una mezcla de dos o más metales o de un metal con algunos no metales como el carbono, se denomina aleación. Las aleaciones de mercurio con otros elementos metálicos son conocidas como amalgamas.

No todos los metales son conductores eléctricos apropiados para su uso en la construcción de sistemas de energía. Para que esto sea de esa manera los conductores deben cumplir con algunos requisitos de física, de costos y de volumen para su explotación comercial.

Para que un material sea escogido como conductor eléctrico:

- Su estructura atómica debe estar formada por átomos que contengan uno o dos electrones en la órbita exterior.
- Debe encontrarse en grandes cantidades.
- Debe ser un material manejable fácilmente.
- De buena conductancia.
- De baja resistencia.
- Fácil para explotar industrialmente a un costo razonable.

Los conductores más usados en trabajos de electricidad son, el cobre y el aluminio. En el pasado se usó el hierro como conductor de electricidad, pero ya está desapareciendo como tal. La plata se usa en aplicaciones industriales, especialmente en la electrónica.

Refrigeración y Aire Acondicionado Tropical.

Buenos conductores de electricidad.

Se puede definir un buen conductor como: Un material que su estructura atómica esta formada, por átomos que su órbita exterior contienen 1 ó 2 electrones. Ejemplos de estos son: La plata y el cobre. Si se fijan en el listado anterior, la plata no cumple con el siguiente requisito: Fácil para explotar a un precio razonable, por esta razón el cobre ocupa el primer lugar en el mercado.

Otro factor importante de los conductores es su resistencia específica (**RS**) para esta prueba se cortaron metales diferentes a la misma medida y se hicieron las pruebas a la misma temperatura, de modo que todo sucediera bajo las mismas condiciones de laboratorio. Esta tabla contiene los resultados de las pruebas de resistencia específica con los materiales que más comúnmente se utilizan en el trabajo de electricidad. Hay también otros elementos que aunque no son de uso común vale la pena mencionarlos.

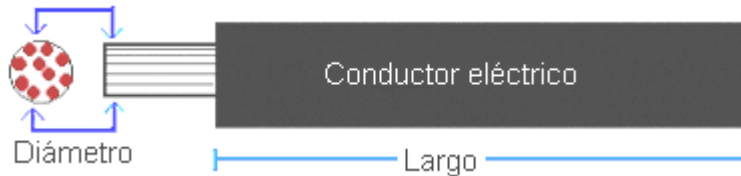
Los metales más usados	
Material	Resistencia (Rs)
Plata	9.65Ω
Cobre	10.37Ω
Aluminio	17.01Ω
Hierro	60.09Ω

Otros elementos	
Oro	14.70Ω
Tungsteno	35.60Ω
Bronce	42.20Ω
Plomo	132.30Ω
Mercurio	576.00Ω
Nicromio	612.00Ω

Factores influyentes en la resistencia.

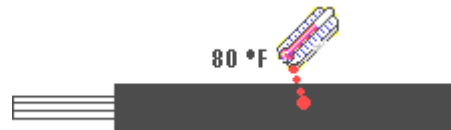
Los factores que más influyen en la resistencia de los conductores de corriente eléctrica son:

1. **El largo del conductor**, se expresa en pies y pulgadas.



2. **El diámetro del conductor**, se expresa en milésimas circulares.

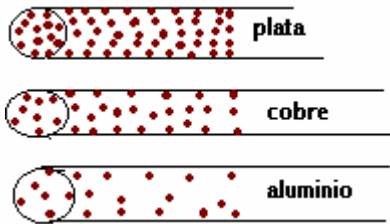
3. **La temperatura**, se mide en °F o °C.



4. **La cantidad de electrones por área cuadrada disponibles.** Esto nos puede dar una idea de porque unos materiales conducen la electricidad mejor que otros, a pesar de tener las mismas características requeridas en la ciencia física.

Refrigeración y Aire Acondicionado Tropical.

Materiales del mismo tamaño.



Cuando la carga conectada al circuito le pide electrones al conductor para realizar su tarea, solamente puede dar más el que mayor volumen de electrones contenga en su estructura física. Fíjese que para el cobre mover la misma cantidad de electrones que la plata, su diámetro tendría que ser mayor en milésimas circulares. Igualmente le pasaría al aluminio, para alcanzar el mismo volumen que el cobre, su diámetro debe aumentarse considerablemente.

Resistencia total de los conductores.

¿Cómo se calcula la resistencia total de un conductor eléctrico?

La resistencia total de 75 pies de conductor AWG #6 en cobre será...

Solución: $\frac{\text{Largo del conductor} \times \text{la resistencia de 1,000 pies}}{1,000}$

Ya sabemos que son 75 pies de conductor.

Busquemos en el Capítulo 9 del NEC, Tabla 8 (Propiedades de los conductores) la resistencia de 1,000 pies de conductor AWG #6 = (0.3962)

$$R_t = \frac{75 \times 0.3962}{1,000} = \frac{29.715}{1,000} = .029715 \Omega$$

Puede usar esta ecuación matemática para llegar a un valor parecido al de la tabla 8 del NEC. $R_t = \frac{L \times R_s}{CM}$ **L** = Largo del conductor (Ida y vuelta) **Rs** = Resistencia específica del material. **CM** = Milésimas circulares.

Un conductor eléctrico en cobre AWG #6 mide 500' desde el fusible a la carga, ¿Cuánto es la resistencia total?

Observe:

Son 500' del fusible a la carga y 500' de la carga retornando a la fuente de voltaje. Esto suma 1,000' en total.

$$R_t = \frac{L \times R_s}{CM} = \frac{1,000 \times 10.37}{26,240} = \frac{10,370}{26,240} = 0.395 \Omega$$

Mire la tabla 8 del código en la siguiente página y busque conductor AWG #6.

En la columna de la derecha, mire y compare la resistencia de 1,000' de este conductor, con el resultado obtenido en la ecuación.

Refrigeración y Aire Acondicionado Tropical.

Resistencia total de los conductores.

La tabla siguiente muestra los calibres de conductores más usados y su resistencia por 1,000 pies del conductor. Puede ver también el diámetro del conductor y las milésimas circulares.

La tabla 8 del capítulo 9 del NEC

Medida AWG	Diámetro	Milésimas circulares	Ohmios x 1,000 FT.
14	064.1	4,110	2.52
12	080.8	6,530	1.59
10	101.9	10,380	1.00
8	128.5	16,510	.6281
6	162.0	26,240	.3962
4	204.3	41,740	.2485
2	257.6	66,360	.1563
0	324.9	105,600	.09825
00	364.8	133,100	.0871
000	409.6	167,800	.0618
0000	460.0	211,600	.0490

Cuando no sepa las milésimas circulares, use este método: **CM = D²**
El diámetro de un conductor #12 es 080.8, las milésimas circulares serán:

$$CM = D^2 = 080.8 \times 080.8 = 6,528.64 \text{ CM}$$

Nota: Para conductores en cobre y aluminio el código utiliza las letras (AWG) American Wire Gage, lo mismo que Brown and Sharp Gage (BS). Los conductores mayores de 4/0 se miden en milésimas circulares, comenzando en 250,000 milésimas circulares. Hasta el 1989 se les marcaba "250 MCM" en el 1990 el código lo cambia a "**250 kcmil**" El termino MCM se define como 1,000 milésimas circulares. ("M" en el sistema numérico Romano significa 1,000) La notación fue cambiada para reconocer la designación de "K" como el significado de 1,000.

("ANSI/IEEE Standard 100-1992, The IEEE Standard Dictionary of Electrical and Electronic Terms; recent UL standards; and IEEE standards now use the notation "kcmil" rather than "MCM.")

Refrigeración y Aire Acondicionado Tropical.

Caída de voltaje.

¿Porque si el voltaje nominal es 120/240, algunas medidas reflejan 110, 115 de línea a neutral y 220, 230 de línea a línea?

Esto es un efecto causado por el largo del conductor, el grueso del conductor, la corriente del circuito y otros factores como la temperatura. A este efecto se le conoce como **caída de voltaje en el conductor**. "Voltage drop"

Ecuación matemática para calcular $VD = \frac{2xLxRxI}{1,000}$

Esta es la fórmula para calcular "Voltage drop" El **(2)** es porque la corriente viaja a la carga por un conductor y regresa a la fuente por el otro, **(L)** es el largo del conductor en pies, **(R)** es la resistencia del conductor en Ω , **(I)** es la corriente en el circuito, expresada en amperes.

Una residencia que tiene una carga continúa de 45 amperes, esta alimentada con conductor #8 en cobre, y la trenza mide 150' de la acometida al transformador más cercano. ¿Cuánto es la caída de voltaje en las líneas?

Busquemos la resistencia de 1,000' de conductor #8 en la tabla 8, capítulo 9 del NEC. Esta nos da .6281 Ω por 1000' del conductor.

Apliquemos la ecuación:

$$VD = \frac{2xLxRxI}{1,000} = \frac{2x150x.6281x45}{1,000} = \frac{8479.35}{1,000} = 8.479$$

La caída o perdida total de voltaje es 8.47 voltios.

Como el voltaje nominal es 240 voltios, la restamos 8.47 y tendremos el voltaje real, que será medido por el voltímetro.

$$240 - 8.47 = 231.53 \text{ medidos entre L1 y L2.}$$
$$115.76 \text{ medidos de cualquier línea a neutral.}$$

$$\text{Por ciento} = \frac{240 - 231.53}{240} \times 100 = \frac{8.47}{240} \times 100 = 3.52\%$$

La caída de voltaje debe mantenerse entre el (3) y el (5) % máximo.

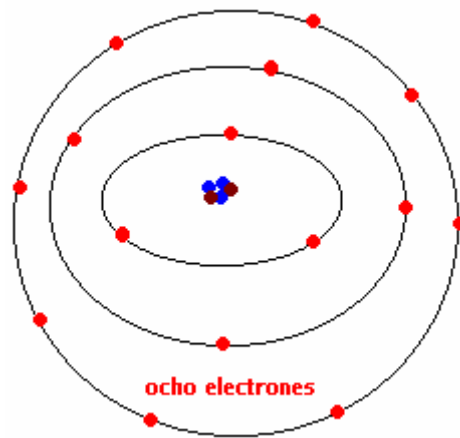
Refrigeración y Aire Acondicionado Tropical.

Aisladores

Todos los cuerpos son capaces en alguna medida de permitir el paso de los electrones a través de su estructura física. Los materiales que ofrecen oposición mayor al flujo de la corriente, son llamados aisladores.

Se puede definir un aislador como: Un material que se opone al paso de la corriente a través de su estructura. Están formados por átomos que contienen de siete a ocho electrones en su órbita exterior. Un átomo que contiene en su orbita exterior ocho electrones, trata de mantenerlos en su sitio y se niega a desprenderse de ellos.

Claro esta, que si a esta estructura se le aplica suficiente energía externa, los electrones comenzaran a moverse.



Algunos aisladores conocidos son:

El plástico, la cerámica, la goma, el vidrio y la baquelita, entre otros. El tipo de aislador que debe tener un conductor de electricidad será determinado de acuerdo **al sitio donde se usará.**

NEC Table 310-13 "Conductor Application and Insulations"



El fabricante imprime a todo lo largo del conductor el voltaje al cual el material aislador es seguro. En este caso este tipo de aislador fue listado hasta 600 voltios, si le aplicamos un voltaje mayor, el material aislador conducirá dejando de ser seguro.

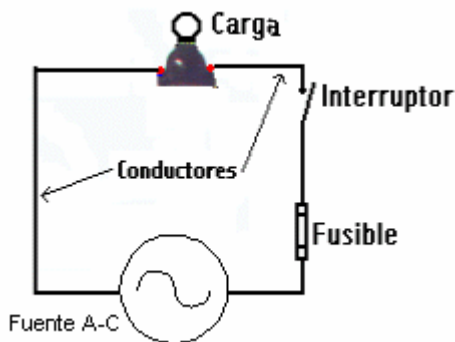
Refrigeración y Aire Acondicionado Tropical.

El circuito eléctrico.

En un circuito se parte de un punto y se regresa a este mismo punto por algún medio disponible. En un circuito eléctrico se dice que todo electrón que parte del lado negativo de la fuente tiene que regresar por el lado positivo usando como medio los conductores de electricidad.

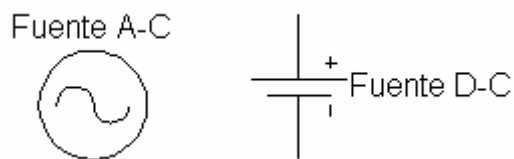
Todo electrón que sale de la fuente de voltaje tiene que retornar a ella luego de pasar por la carga.

Las partes básicas que componen un circuito eléctrico son:



1. La fuente de energía.
2. Los conductores.
3. La carga.
4. El medio de control.
5. El medio de protección.

1. **La fuente de energía:** Esta produce la diferencia de potencial, voltaje o presión para impulsar los electrones a través de los conductores hacia la carga.



2. **Los conductores de electricidad:** Son el medio por donde los electrones viajan en el circuito.



Refrigeración y Aire Acondicionado Tropical.

3. **La carga:** Es cualquier dispositivo que se conecte al sistema con el propósito de utilizar y convertir la energía eléctrica.



(a) Motor eléctrico: Convierte energía eléctrica en mecánica

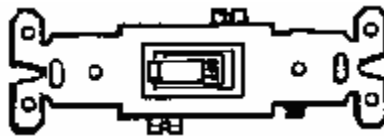


(b) Bombilla: Convierte energía eléctrica en lumínica.

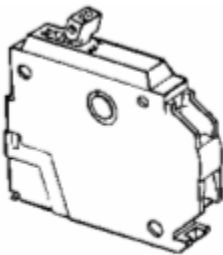


(c) Plancha: Convierte energía eléctrica en calor.

4. **Un medio de control:** Este es un interruptor que permite detener el flujo de electrones, cuando deseamos apagar el dispositivo que funciona como carga.



5. **Un medio de protección:** Este es un fusible, "Breaker", "Overload" o cualquiera otro que pueda detener el flujo de corriente si las condiciones no son seguras.



(a) "Breaker" de un polo



(b) Fusible



(C) "Overload"

Refrigeración y Aire Acondicionado Tropical.

Georg Simon Ohm.

Cuando entre los extremos de un conductor se establece una diferencia de potencial (E), aparece en él una corriente eléctrica que lo atraviesa (I) Dado que I es consecuencia de E, debe existir una relación entre sus valores respectivos. En los conductores dicha relación es lineal y constituye la ley de Ohm.

GEORG SIMON OHM: Físico Alemán por el cual la unidad de resistencia eléctrica el Ohm, fue nombrado en su honor. Nació en marzo 16, 1789 murió el 6 de julio 1854.



En 1826 estableció la ley de Ohm la cual expresa la relación existente entre el flujo de la corriente, el voltaje y la resistencia, en un circuito completo. Toda su vida, Ohm obtuvo trabajos poco remunerados, pero en 1852 se le dio un gran reconocimiento en física, en la Universidad de Munich.

Ohm analizó y determino, que había una relación matemática entre el voltaje, la corriente y la resistencia del circuito eléctrico cuando se alimenta con corriente directa.

Esta relación matemática hoy la conocemos como la ley de Ohm y se expresa de la siguiente manera:

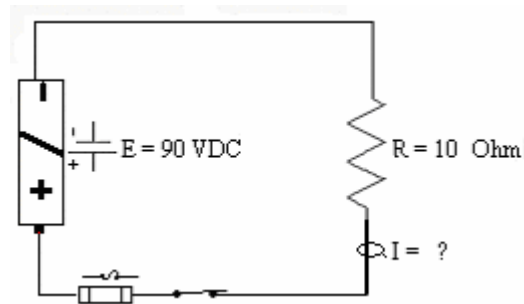
E	
I	R

E =	$I \times R$	E = Voltaje I = Corriente R = Resistencia
I =	$E \div R$	
R =	$E \div I$	

Algunos datos simples de matemática.	
X Puede sustituirlo así *	\div Puede sustituirlo por /
% Por ciento	$\sqrt{\quad}$ Raíz cuadrada
ϕ Fase	+/- Más o menos

Refrigeración y Aire Acondicionado Tropical.

Resolviendo el problema.



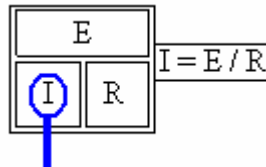
Busque en el plano que valores son conocidos y anótelos:

$$R = 10 \Omega$$

$$E = 90 \text{ VDC}$$

$I = (?)$ Este es el valor desconocido.

Pregúntele la solución a la ley de Ohm tapando la I .



Le contestará que $I = E \div R$.

En el siguiente paso, sustituya las letras por los valores conocidos,

$$I = 90\text{v} \div 10\Omega.$$

Luego termine, dividiendo 90 VDC entre 10Ω .

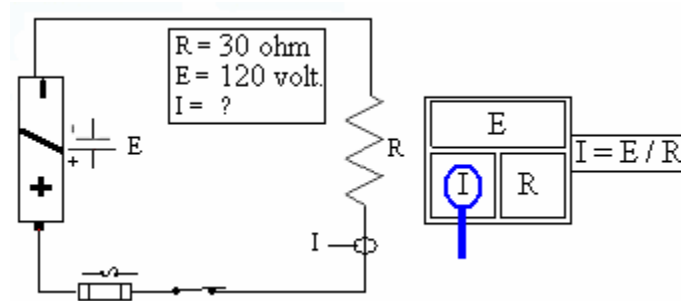
Este será el resultado $I = E \div R = 90\text{VDC} \div 10\Omega = 9 \text{ amperes}$.

Ohm puede sustituirlo por Ω en el resultado de la ecuación.

Resistor: Es un dispositivo utilizado con el propósito de introducirle resistencia a un circuito. Resistor es el nombre del dispositivo, resistencia es el efecto que produce en el circuito.

Refrigeración y Aire Acondicionado Tropical.

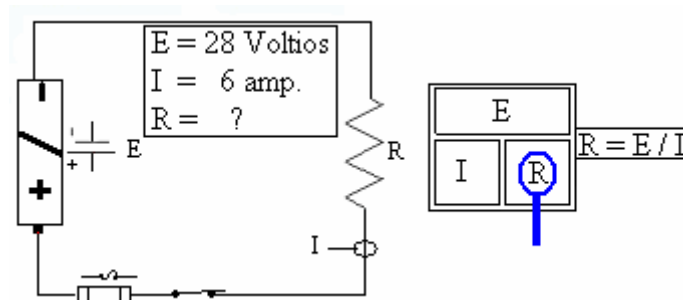
Calculando la corriente. (I)



Valores: $R = 30 \Omega$
 $E = 120 \text{ volt.}$
 $I = (?)$

Solución: $I = E \div R$
 $I = 120 \div 30$
 $I = 4 \text{ amp.}$

Calculando la resistencia. (R)

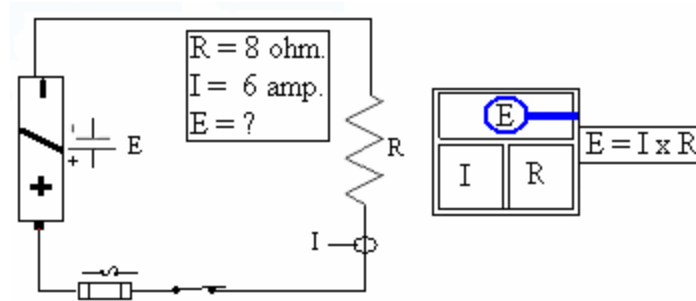


Valores: $E = 28 \text{ volt}$
 $I = 6 \text{ amp.}$
 $R = (?)$

Solución: $R = E \div I.$
 $R = 28 \div 6$
 $R = 4.666\Omega$

Refrigeración y Aire Acondicionado Tropical.

Calculando el voltaje.



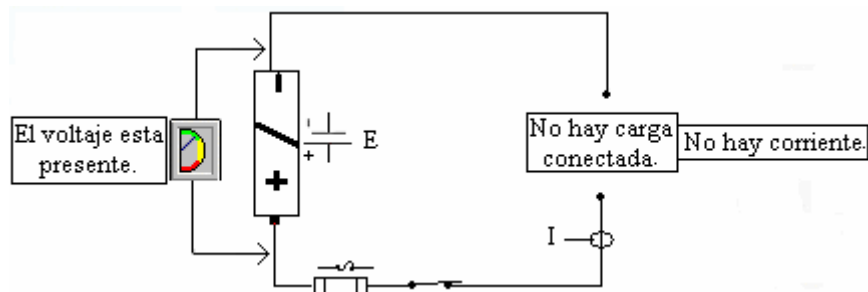
Valores: $R = 8\Omega$
 $I = 6 \text{ amp.}$
 $E = (?)$

Solución: $E = I \times R$
 $E = 6 \times 8$
 $E = 48 \text{ volt.}$

Watts

En un circuito eléctrico, el voltaje estará presente mientras exista una fuente que proporcione la diferencia de potencial, pero la corriente no estará fluyendo, hasta el momento que se conecte una carga al sistema.

La capacidad de la carga para realizar trabajo, se mide en **Watts, Kilo Watts y Mega Watts** se usa la letra **W** para identificar Watts.



La carga es cualquier dispositivo que se conecte al sistema eléctrico con el propósito de utilizar y convertir la energía eléctrica. La carga determina la cantidad de corriente en el circuito.

Refrigeración y Aire Acondicionado Tropical.

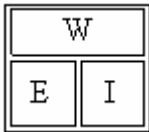
James Watt.



Nació en enero 19, 1736 murió en agosto 25, 1819. Escocés, ingeniero e inventor. Watt tuvo un papel clave en el desarrollo de la máquina de vapor como una fuente de fuerza práctica.

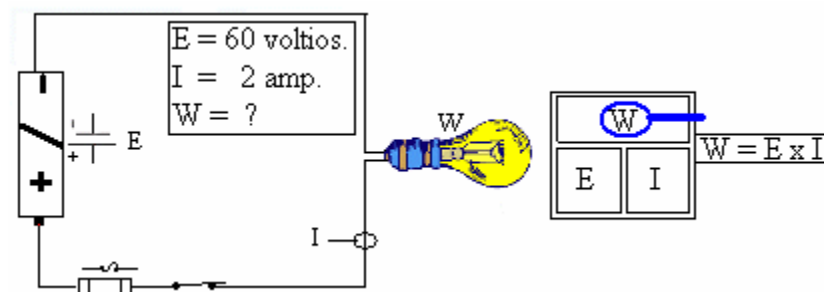
También estableció la relación que existía entre el voltaje, la corriente y la capacidad de la carga para realizar un trabajo. A la ecuación resultante se le conoce como la ley de Watt y se expresa de la manera siguiente:

Sus tres formas básicas son:



$$\begin{aligned}W &= E \times I \\E &= W / I \\I &= W / E\end{aligned}$$

Calculando los Watts.



Estos son los valores conocidos: **E = 60 volt.**

I = 2 amp.

Este es el valor desconocido: **W = (?)**

Cubra la W en la ley de watts y le contestara que $W = E \times I$.

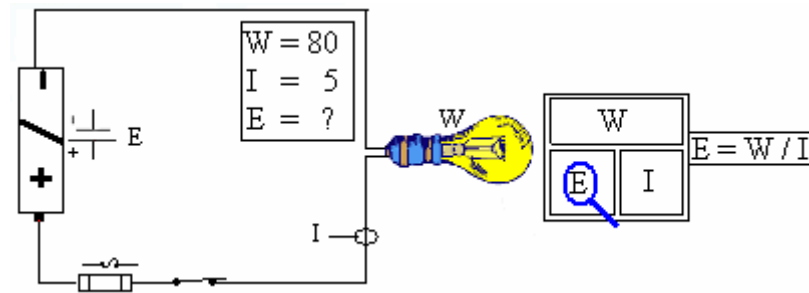
Resolviendo el problema: **$W = E \times I$**

$$W = 60 \times 2$$

$$W = 120$$

Refrigeración y Aire Acondicionado Tropical.

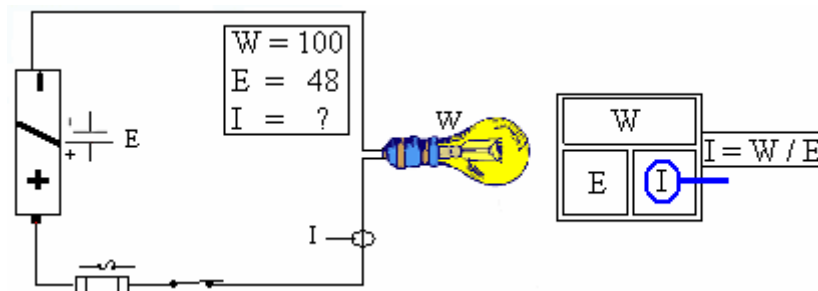
Calcule el voltaje.



Valores: $W = 80$
 $I = 5 \text{ amp.}$
 $E = (?)$

Solución: $E = W / I$
 $E = 80 / 5$
 $E = 16 \text{ voltios.}$

Calculando la corriente.



Valores: $W = 100$
 $E = 48$
 $I = (?)$

Solución: $I = W / E$
 $I = 100 / 48$
 $I = 2.083 \text{ amp.}$

Ley de Ohm y Watts

$E = I \times R$	W / I	\sqrt{WR}
$I = E / R$	W / E	$\sqrt{W / R}$
$R = E / I$	E^2 / w	W / I^2
$W = E \times I$	$I^2 \times R$	E^2 / R

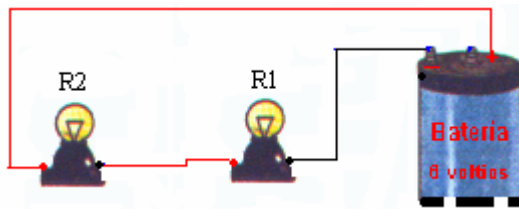
Estudia las formas derivadas de la ley de Ohm y de Watt.

Refrigeración y Aire Acondicionado Tropical.

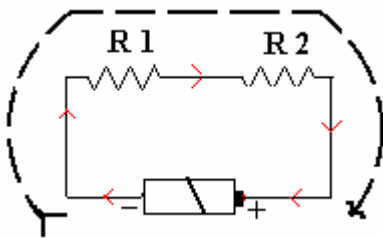
Circuitos en serie y paralelo.

Circuito serie.

Las cargas en un circuito eléctrico estarán siempre conectadas en serie o en paralelo o en combinación de ambas, serie paralelo o paralelo serie.



Una carga está conectada en serie cuando la corriente total tiene que pasar a través de todas ellas para retornar a la fuente de voltaje.



Hay un sólo camino en un circuito serie para que la corriente circule. Fíjese que la corriente sale del lado negativo de la fuente, pasa por R1, luego por R2 y retorna a la fuente de voltaje por el lado positivo.

En un circuito serie la resistencia total (R_t) será siempre la suma de todas las resistencias conectadas en el circuito. La ecuación matemática sería...

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 \dots$$

En el diagrama anterior $R_1 = 10 \Omega$ y $R_2 = 5 \Omega$ ¿Cuánto es R_t ?

Solución: $R_t = R_1 + R_2$

$R_t = 10 + 5 = 15 \Omega$

Un circuito eléctrico tiene conectadas en serie resistencias de 23, 34, 12, y 77 Ohmios. ¿Cuánto será la resistencia total?

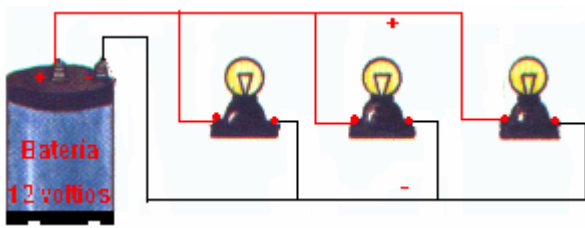
Solución: $R_t = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$

$R_t = 23 + 34 + 12 + 77$

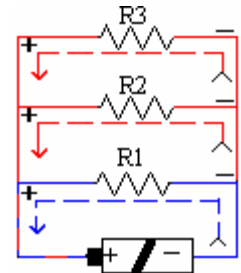
$R_t = 146 \Omega$

Refrigeración y Aire Acondicionado Tropical.

Circuito paralelo.



En un circuito eléctrico donde las cargas están conectadas en paralelo, hay más de un camino para que la corriente retorne a la fuente.



Si mira con atención el diagrama, podrá notar que cada una de las cargas está conectada al punto negativo en un extremo y al punto positivo en el otro extremo, esto es típico en un circuito conectado en paralelo.

En un circuito paralelo la resistencia se divide y la resistencia total será menor que la resistencia más pequeña conectada en el circuito.

Hay varios arreglos para considerar:

1. Los valores de las resistencias son todos iguales.

$$R1 = 10\Omega \quad R2 = 10\Omega \quad R3 = 10\Omega$$

Solución: Se divide el valor de una de ellas, entre la suma de todas las resistencias conectadas en el circuito.

$$Rt = 10\Omega / 3 \quad Rt = 3.333\Omega$$

2. Hay **dos** resistencias conectadas con valores diferentes.
- 3.

$$R1 = 4\Omega \quad R2 = 8\Omega$$

Solución: Use ésta ecuación $\frac{R1 \times R2}{R1 + R2}$

$$\frac{R1 \times R2}{R1 + R2} = \frac{4 \times 8}{4 + 8} = \frac{32}{12} = 2.666\Omega \text{ (Tome siempre tres lugares decimales después del punto)}$$

Refrigeración y Aire Acondicionado Tropical.

3. Cuando hay **más de dos** resistencias conectadas en paralelo con valores diferentes.

$$R1 = 75\Omega \quad R2 = 25\Omega \quad R3 = 5\Omega \quad R4 = 20\Omega$$

En este caso es más útil la ecuación del recíproco.

Paso 1. Escriba la ecuación matemática.

$$R_t = \frac{1}{1/R1 + 1/R2 + 1/R3 + 1/R4}$$

Paso 2. Escriba los valores de R1, R2, R3, R4.

$$R_t = \frac{1}{1/75 + 1/25 + 1/5 + 1/20}$$

Paso 3. Divida 1 entre el valor de R. Ejemplo: 1/75, 1/25...

$$R_t = \frac{1}{.013 + .04 + .2 + .05}$$

Paso 4. Sume todos los valores decimales anteriores.

$$R_t = \frac{1}{.303}$$

Paso 5. Divida 1 entre la suma de los decimales.

$$\text{Este es el valor: } R_t = \mathbf{3.300\Omega}$$

El recíproco de un número es **1** dividido entre el número dado.

Ejemplo: el recíproco de 25 se busca así $\frac{1}{25} = \mathbf{.04}$

En un circuito paralelo, la resistencia total es igual al recíproco, de la suma de los recíprocos, de las resistencias individuales en el circuito y el resultado será siempre menor que la resistencia más pequeña conectada.

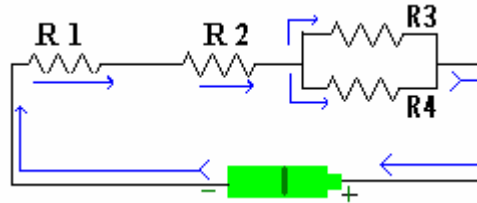
En el caso anterior, la resistencia menor tenía 5 Ω y el resultado de la ecuación fue 3.3 Ω , menor que la más pequeña conectada.

Refrigeración y Aire Acondicionado Tropical.

Circuito serie paralelo.

Este circuito tiene componentes conectados en serie, con algunos componentes también conectados en paralelo.

$$\begin{aligned} R1 &= 12\Omega \\ R2 &= 22\Omega \\ R3 &= 50\Omega \\ R4 &= 10\Omega \end{aligned}$$

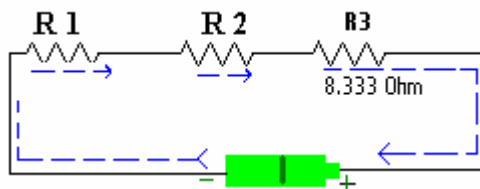


Si observa el diagrama notará que la corriente pasa primero por R1 y luego por R2 en un sólo camino, ambas están conectadas en serie. Cuando la corriente alcanza R3 y R4 se divide en dos caminos diferentes, estas dos están conectadas en paralelo.

Después de pasar ambos arreglos, serie y paralelo, la corriente retorna a la fuente de voltaje por el lado positivo completando el circuito.

En un arreglo serie paralelo se calculan primero los componentes conectados en paralelo. Como hay sólo dos resistencias, usamos esta ecuación:

$$\text{Ecuación: } \frac{R3 \times R4}{R3 + R4} = \frac{50 \times 10}{50 + 10} = \frac{500}{60} = 8.333\Omega$$



Ahora después de resolver los componentes conectados en paralelo el circuito anterior luce así:

Como ahora tenemos simplemente un circuito serie, sumamos todos los valores y el resultado será la resistencia total, (Rt.)

$$\text{Solución: } R_t = R1 + R2 + R3$$

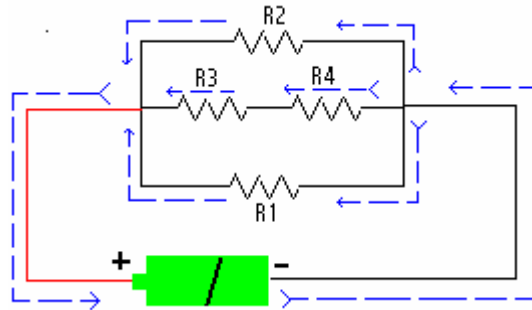
$$R_t = 12 + 22 + 8.333$$

$$R_t = 42.333 \Omega$$

Refrigeración y Aire Acondicionado Tropical.

Circuito paralelo serie.

Este arreglo tiene sus componentes conectados en paralelo, más una que otra carga conectada en serie dentro del mismo circuito.



$$R1 = 9\Omega \quad R2 = 30\Omega \quad R3 = 22\Omega \quad R4 = 28\Omega$$

Si observa el diagrama notará que la corriente sale del lado negativo de la fuente y en la entrada de las cargas se divide en tres caminos diferentes, uno a través de R1, otro a través de R2, y otro a través de R4, esto sin duda es un circuito paralelo, más de un camino para retornar a la fuente de voltaje.

Mire con atención la parte del centro en el diagrama, la corriente tiene un solo camino a través de R4 y R3 para retornar a la fuente.

Sin duda estos dos dispositivos están conectados en serie, dentro de un circuito paralelo.

En un circuito paralelo se resuelven primero los componentes conectados en serie.

$$\text{Solución: } R_t = R3 + R4$$

$$R_t = 22 + 28$$

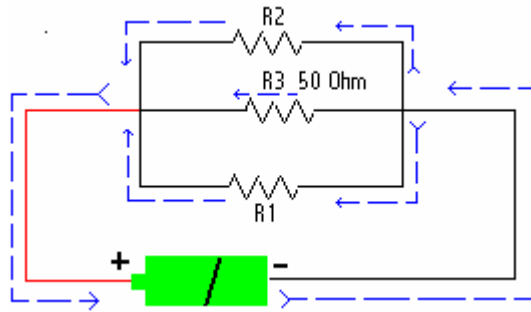
$$R_t = 50\Omega$$

Para continuar solucionando esta ecuación, tomemos en cuenta que R3 y R4 se convirtieron en un solo valor al sumarlas. (50Ω)

Refrigeración y Aire Acondicionado Tropical.

Circuito paralelo serie.

Ahora $R3 = 50\Omega$.



Ya calculamos las resistencias conectadas en serie sumándolas y ahora nos resta calcular el valor total de las que aún están conectadas en paralelo. Para esto usamos la siguiente ecuación:

$$R_t = \frac{1}{1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3}$$

$$R_t = \frac{1}{1/9 + 1/30 + 1/50}$$

$$R_t = \frac{1}{.111 + .033 + .02}$$

$$R_t = \frac{1}{.164}$$

$$R_t = 6.097\Omega$$

Practique esta ecuación matemática es muy útil cuando hay muchas resistencias en un circuito conectadas en paralelo, especialmente si sus valores son diferentes y no hay un denominador común.

Refrigeración y Aire Acondicionado Tropical.

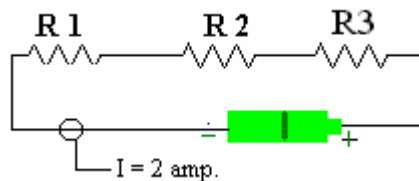
Voltaje, corriente y watts en circuitos serie.

En un circuito eléctrico la resistencia tiene tres efectos básicos:

1. Produce calor
2. Controla el flujo de los electrones.
3. Ocasiona una caída de voltaje. (Voltage drop)

En un circuito serie la corriente es la misma en cualquier punto, pero el voltaje total es la suma de la caída de voltaje en cada resistencia individualmente.

$$\begin{aligned}R1 &= 04\Omega \\R2 &= 10\Omega \\R3 &= 20\Omega\end{aligned}$$



Se calcula así: $VD = I \times R$

$$VD = I \times R1 = 2 \times 04\Omega = 08$$

$$I \times R2 = 2 \times 10\Omega = 20$$

$$I \times R3 = 2 \times 20\Omega = \underline{40}$$

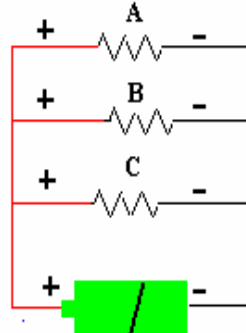
$$Et = 68 \text{ voltios.}$$

Circuit o	Corriente	Voltaje	Watts
Serie	Es la misma en cualquier punto del circuito	Es la suma de las caídas de voltajes en todas las resistencias	Es la suma de todas las Cargas conectadas.

Refrigeración y Aire Acondicionado Tropical.

Voltaje, Corriente y Watts en circuitos paralelo.

$$\begin{aligned} A &= 15\Omega \\ B &= 20\Omega \\ C &= 08\Omega \\ E &= 90\text{Volts} \end{aligned}$$



El voltaje en las cargas A, B, y C será el mismo en cualquiera de ellas, pero la corriente total, será la suma de las corrientes en cada ramal individual.

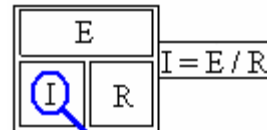
Tendremos que calcularla por la ley de Ohm.

$$I_t = (E / R_A) + (E / R_B) + (E / R_C)$$

$$I_{R1} = 90 / 15 = 06 \text{ amp.}$$

$$I_{R2} = 90 / 20 = 4.5 \quad I_{R3} = 90 / 08 = 11.25$$

$$I_t = (06 + 4.5 + 11.25) = 21.75 \text{ amp.}$$

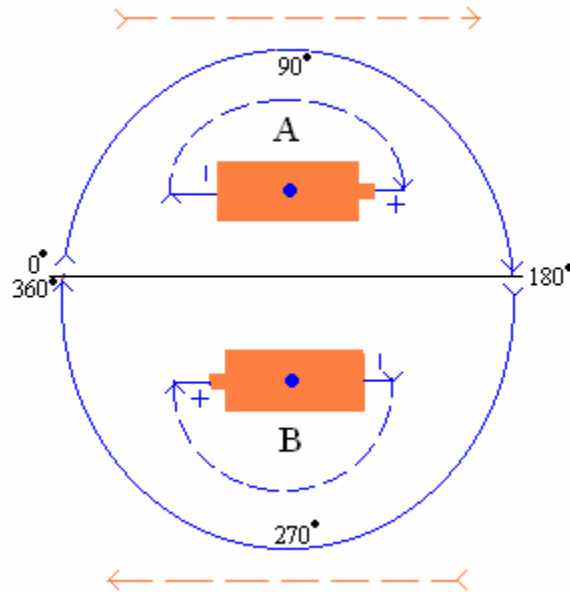


Circuito	Corriente	Voltaje	Watts
Paralelo	Es la suma de las corrientes en los diferentes ramales.	Es el mismo en todas las cargas conectadas.	Es la suma de todas las Cargas conectadas.

Refrigeración y Aire Acondicionado Tropical.

Corriente Alterna.

Cuando hacemos oscilar un conductor dentro de un campo magnético, el flujo de corriente en el conductor cambia de sentido tantas veces como lo hace el movimiento físico del conductor. Varios sistemas de generación de electricidad se basan en este principio y producen una forma de corriente oscilante llamada corriente alterna. Este tipo de corriente no es difícil de entender, ni de explicar, lo que sucede es que la fuente está en constante movimiento giratorio. Cuando observamos un objeto circular moverse, tenemos la impresión de que la vuelta tiene una sola dirección, **pero observemos con cuidado el siguiente diagrama:**



Inmediatamente en 0° comienza el medio ciclo **A**, alcanza su valor máximo positivo en los 90° y termina al alcanzar los 180°. (La fuente está girando y cambia de dirección aquí.)

El medio ciclo **B** comienza después de los 180° alcanza su valor máximo negativo en los 270° y termina en los 360°. (Se completa una vuelta y la fuente cambia nuevamente de dirección.)

La rotación se divide en dos medias vueltas, ambas con direcciones diferentes. Una se mueve de cero hacia los 180° en una dirección y la otra de 180° hacia los 360° en dirección contraria.

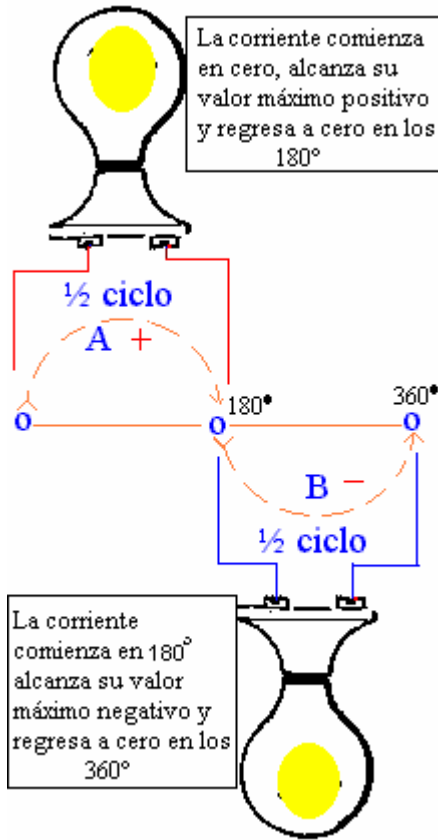
El sistema eléctrico en Puerto Rico y los Estados Unidos es de 60 ciclos por segundo. Esto quiere decir que los generadores tienen que rotar a 3,600 vueltas por minutos para suplir esta frecuencia.

Si divide 3,600 vueltas por minutos entre 60 segundos que hay en un minuto le dará 60 vueltas o ciclos por segundos. $3,600 / 60 = 60$ ciclos / segundo.

Frecuencia: Es la cantidad de ciclos que ocurren en un segundo.

Refrigeración y Aire Acondicionado Tropical.

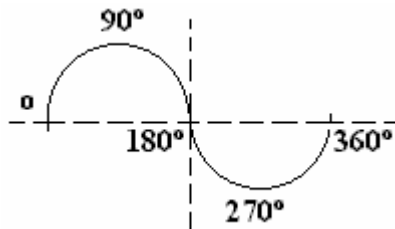
Una carga eléctrica alimentada con corriente alterna, recibe corriente en una dirección durante medio ciclo y en dirección contraria durante el otro medio ciclo.



Notaremos que en una frecuencia de 60 ciclos por segundos hay 120 ocasiones que la carga no tiene corriente alguna circulando.

En los 180° y en los 360° el valor de la corriente es cero. Si esto ocurre dos veces en un ciclo, en 60 ciclos ocurrirá 120 veces. La onda de corriente en el área residencial es de una sola curva senoidal o **de una fase**.

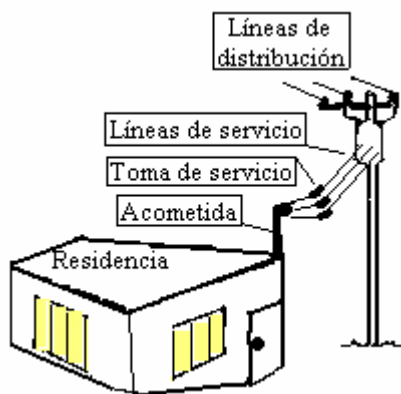
Este es el símbolo de la corriente alterna de una fase.



La cresta superior representa el valor positivo y la inferior el valor negativo.

Los números por arriba del cero son positivos y por debajo del cero son negativos (Tabla cartesiana.)

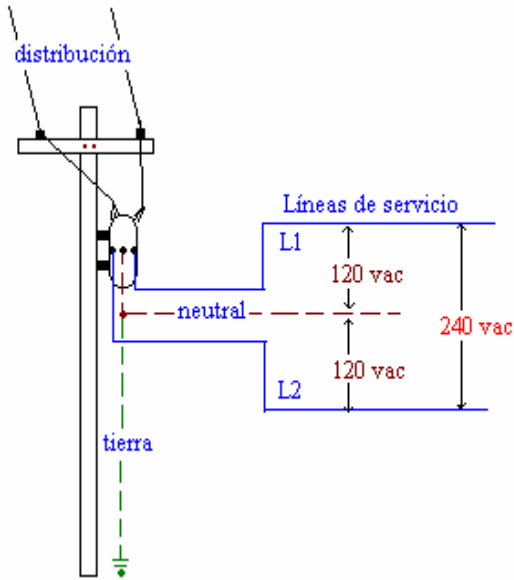
Distribución Residencial.



Como vimos en el arreglo anterior, el sistema de generación, transmisión y distribución termina en el poste más cercano a nuestras viviendas donde un transformador recibe el voltaje alterno y lo baja a uno capaz de suplir las necesidades de los enseres eléctricos que tenemos en nuestras casas. Las líneas eléctricas que llegan desde el transformador a nuestras casas se llaman: **líneas de servicio** y el punto donde estas se juntan con las líneas salientes de la estructura se llama: **toma de servicio**. El tubo que baja por la pared de la estructura con los conductores de electricidad hasta la base del contador se llama: **acometida**.

Más adelante en el capítulo de transformadores, estudiaremos las capacidades, cálculos y funcionamiento de estos dispositivos eléctricos. Lo importante aquí es entender que todo servicio eléctrico residencial comienza en un transformador diseñado para suplir 120 ó 240 voltios de corriente alterna. Este es el voltaje secundario nominal que esta disponible en Puerto Rico y los Estados Unidos para uso residencial y comercios pequeños.

Refrigeración y Aire Acondicionado Tropical.

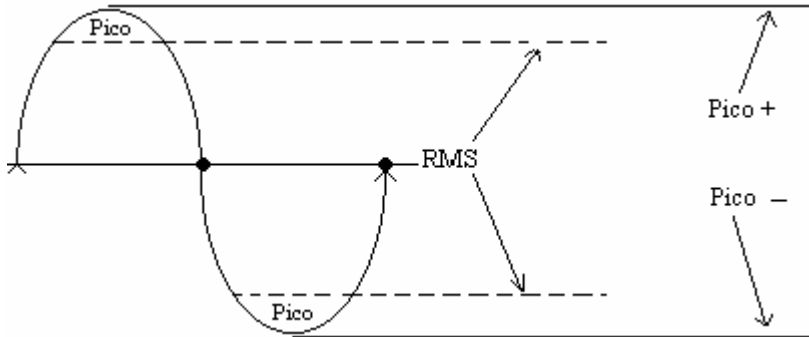


Del transformador salen tres líneas de servicio L1, L2 y el neutral. L1 y L2 están conectadas en los extremos del transformador por lo que representan el voltaje mayor **240 voltios a-c.**

Fíjese que el neutral esta conectado a tierra con el propósito de establecer un punto de cero potencial. Como el neutral es cero, el valor de este punto a cualquier línea, debe ser la mitad del voltaje total **120v a-c.**

Voltajes rms y de pico.

Los voltajes en el sistema alterno están cambiando constantemente de dirección y de intensidad. El voltaje que se puede leer con el instrumento típico del electricista se llama RMS "Root Means Square" Esto significa en nuestro idioma la raíz cuadrada de algo.



El voltaje de pico es la relación matemática que hay entre la raíz cuadrada de los dos tiempos o alternaciones $\sqrt{2}$ (1.41) y el voltaje rms registrado por el instrumento. Tomemos en este caso, 120 vac medidos entre L1 y el neutral.

$$\begin{aligned} E \text{ pico} &= E \text{ rms} \times 1.41 \\ 120 \times 1.41 & \\ 169.2 & \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E \text{ rms} &= E \text{ pico} \div 1.41 \\ 169.2 \div 1.41 & \\ 120 & \end{aligned}$$

El instrumento registra 240 voltios rms medidos de L1 A L2, el voltaje de pico será:

$$\begin{aligned} E \text{ p} &= E \text{ rms} \times \sqrt{2} \\ 240 \times 1.41 & \\ 338.4 & \end{aligned}$$

El voltaje de pico está presente en el sistema y cuando se diseñan equipos de consumo, es importante tomarlo en cuenta. En nuestro trabajo diario estaremos tratando con el voltaje rms que es el voltaje que leen los instrumentos.