A digital multimeter with a black and yellow body is shown on a green circuit board. The multimeter has several orange buttons at the top, a large black rotary dial, and two red input jacks. Test leads with red and black probes are plugged into the jacks. The circuit board below has various components labeled with values like R40 330, C48 2p, and VT20 3356.

Energía eléctrica: conceptos y principios básicos

Potencia real, aparente y reactiva



Tecnológico
de Monterrey

Potencia aparente

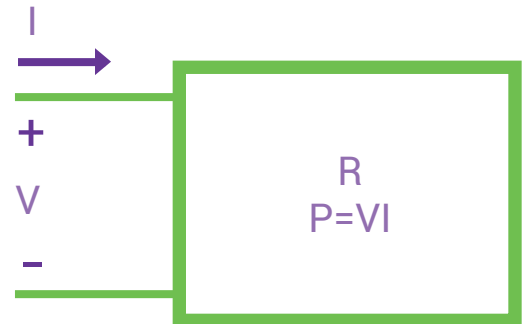
Potencia aparente y factor de potencia

En un circuito de alterna, la **potencia aparente** puede llegar tener el mismo valor que la **potencia real** o activa, pero normalmente su valor es **diferente** como se verá a continuación.



[606202916]. bloberry/iStock

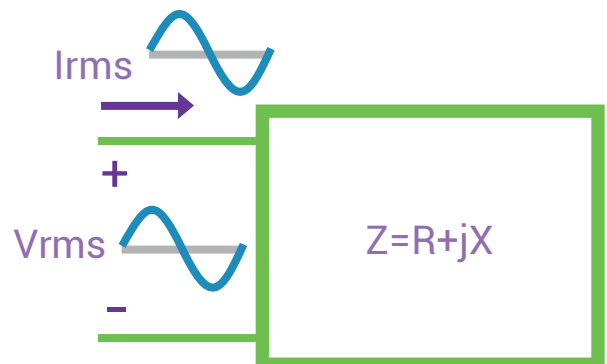
En ocasiones se trata de analizar un **circuito de alterna** como si fuera uno **circuito de directa**, donde la **potencia promedio** es el producto del voltaje por la corriente ($P=VI$).



Como en alterna se trabaja con **valores efectivos**, al analizar una carga con cualquier valor de **impedancia** (Z) se puede medir fácilmente el voltaje efectivo (**V_{rms}**) que la alimenta y la corriente efectiva (**I_{rms}**) que le llega.

Es muy común que por el parecido con un circuito

de directa, se piense que la potencia que consume la carga en alterna sea simplemente el producto del voltaje efectivo por la corriente efectiva ($V_{rms} \cdot I_{rms}$) **olvidando** que debido al **desfasamiento** que puede existir entre el **voltaje** y la **corriente**, el valor realmente es $P=V_{rms} \cdot I_{rms} \cdot \cos(\theta_v - \theta_i)$, y este se utiliza para la **potencia real**.





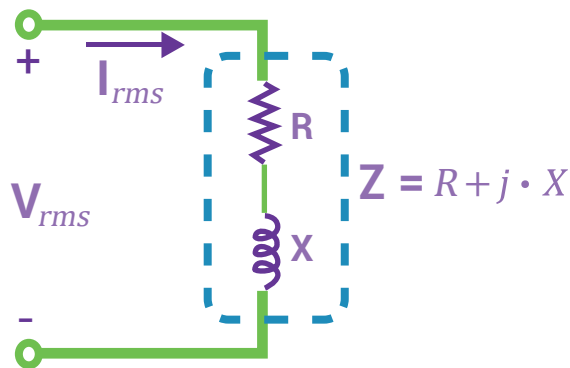
Por esta razón, al producto de $V_{rms} \cdot I_{rms}$ se le llamó **potencia aparente** (S) y la unidad de medida que se le asignó fue el **volt-amper** (VA)

$$S = V_{rms} \cdot I_{rms}$$

Como la potencia aparente (S) es igual a $V_{rms} \cdot I_{rms}$, se pueden sustituir estos valores en la fórmula de la **potencia real** $P = V_{rms} \cdot I_{rms} \cdot \cos(\theta_v - \theta_i)$, para que quede de la siguiente manera **$P = S \cdot \cos(\theta_v - \theta_i)$** .

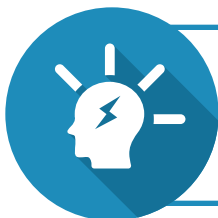
Ejemplo de cálculo de potencia real y aparente en una impedancia

Se va a obtener el valor de la **potencia real** y **potencia aparente**, en un circuito que al conectarse a una fuente de voltaje alterna de 127 Vrms aparece una corriente de 5 Arms la cual va 30° atrás del voltaje.



Solución

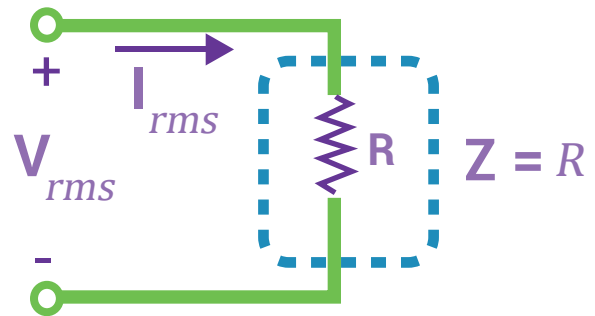
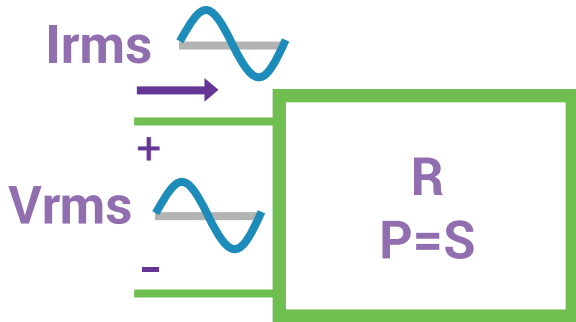
- 1 La **potencia aparente** es la multiplicación del voltaje efectivo por la corriente efectiva $S = V_{rms} \cdot I_{rms} = 127(5) = 635 \text{VA}$.
- 2 Para calcular la **potencia real**, supondremos que el ángulo del **voltaje** es de cero grados ($\theta_v = 0^\circ$), como el ángulo de **corriente** va 30° atrás, su valor sería ($\theta_i = -30^\circ$) y al sustituir esos valores en la fórmula de potencia real, el resultado sería $P = 635 \cdot \cos(0^\circ - (-30^\circ)) = 550 \text{W}$.



El circuito que se analizó era de una **impedancia inductiva** (RL) por lo que la potencia real era diferente que la potencia aparente a causa del inductor que atrasa la corriente.

Potencia aparente en una impedancia puramente resistiva

La potencia real y la potencia aparente solo pueden ser **iguales** cuando pertenezcan a una **carga puramente resistiva**, ya que en estas el desfase entre el voltaje y la corriente es de **cero grados** ($\cos(0^\circ)=1$) y su valor sería $P=S$.



Factor de potencia (fp)

Para identificar lo que es el **factor de potencia**, debes retomar la ecuación de la potencia real:

La parte de la fórmula indicada en la imagen, es conocida como **factor de potencia (fb)** y no tiene una unidad de medida.

$$P = S \cdot \underbrace{\cos(\theta_v - \theta_i)}_{fp}$$



El **fp** es la fracción de la potencia aparente (S) que es real (P) y depende del desfase que existe entre el voltaje y la corriente.

0°

Si el desfase es cero grados, el fp vale 1, por lo que potencia real es igual a potencia aparente $P=S$.

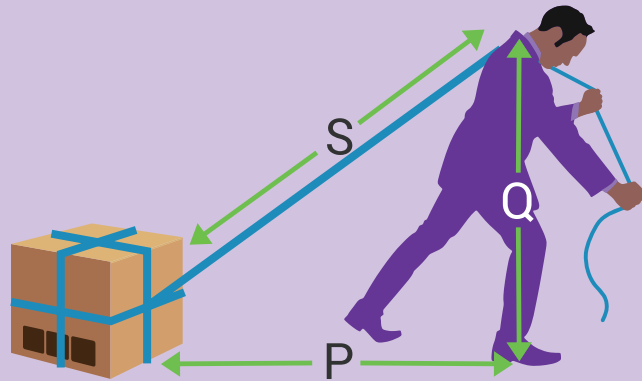
90°

Si el desfase es 90° , el fp tendrá un valor de cero y corresponderá a un caso totalmente inductivo o capacitivo ($P=0$).

En el ejemplo anterior, la potencia real se obtuvo con la ecuación $P=635 \cdot \cos(0^\circ - (-30^\circ))=550\text{W}$. En este caso el **factor de potencia** vale $f_p=\cos(0^\circ - (-30^\circ))=0.866$, es decir, la potencia real es el **86.6%** del valor de la potencia aparente.

Analogía para P, S y fp

Una analogía a lo anterior, es cuando una persona arrastra un objeto con una cuerda atada al hombro. La fuerza realmente requerida para arrastrar al objeto hacia adelante es la **fuerza horizontal al plano (P)**, pero debido a que no se puede arrastrar con esa dirección, sino desde la altura del hombro, se requiere del uso de una **fuerza mayor (S)**.



La fuerza con que se jala (**S**) se puede descomponer en 2 fuerzas:

- **P**. La fuerza horizontal al piso.
- **Q**. La fuerza vertical al piso.

La **fuerza Q** es una fuerza desperdiciada, pero requerida para poder arrastrar el objeto y entre más alta sea la persona, más fuerza se va a desperdiciar. El **factor de potencia**, en este ejemplo, daría la relación entre la fuerza horizontal y la fuerza con que se jala ($f_p = \frac{P}{S}$).

Algo semejante pasa con las potencias eléctricas en alterna, entre más desfase exista entre el voltaje y la corriente se requerirá mayor potencia aparente y el factor de potencia será menor.

Lo ideal sería que no hubiera desfase entre el voltaje y la corriente y en este caso la potencia aparente y la real serían iguales y se diría que el factor de potencia es uno ($\cos(0^\circ)=1$), pero esto no es posible ya que muchos aparatos requieren del **efecto inductivo** o **capacitivo** para trabajar.

Factor de potencia atrasado o adelantado

Debido a que matemáticamente el **coseno** de un **ángulo positivo** y el **coseno** de un **ángulo negativo** dan el mismo valor ($\cos(+\theta) = \cos(-\theta)$), no se puede distinguir con el valor del factor de potencia si la **corriente va atrás o adelante** del voltaje.

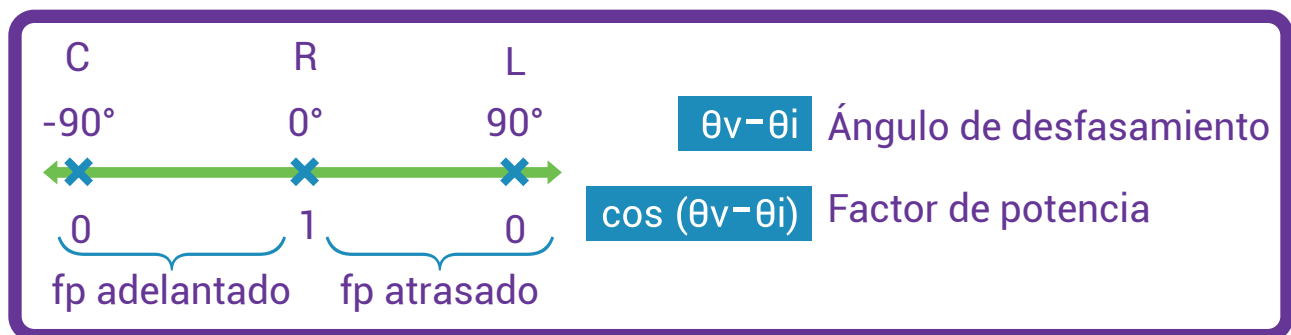
Por esto, el valor del factor de potencia siempre se da acompañado de las palabras **adelantado** o **atrasado** dependiendo de si la corriente va adelante o atrás del voltaje.

Note que el **voltaje** es el que se toma como **referencia** ya que es el que existe en los contactos eléctricos, y la corriente aparece hasta que una carga es conectada.

Ejemplos de valores de factor de potencia:

- $fp=0.8$ atrasado (la corriente va atrás 37° del voltaje);
- $fp=0.9$ adelantado (la corriente va adelante 26° del voltaje).

La siguiente gráfica representa el ángulo de desfase entre voltaje y corriente con el factor de potencia.

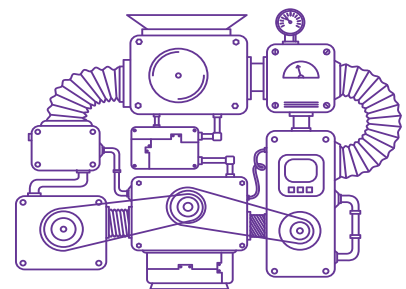


El **ángulo de desfase** puede ir de -90° cuando la carga es puramente capacitiva, 0° cuando la carga es puramente resistiva, y hasta 90° para una carga puramente inductiva.

El **factor de potencia**, varía entre cero (carga puramente capacitiva o inductiva) y uno (carga puramente resistiva).

En el ejemplo anterior, se calculó un factor de potencia de 0.866 y debido a que la corriente va atrás del voltaje, se califica que el factor de potencia es **0.866 atrasado**.

Es importante resaltar que los principales **causantes** de que el **factor de potencia** sea menor a uno en una industria, son los **motores** existentes en ella, ya que debido a los bobinados con que están hechos generan un gran efecto inductivo causando que la señal de corriente se atrase de la señal de voltaje.



[490273234]. mustafahacalaki/iStock

Con esto, se ha explicado la diferencia entre la **potencia real** o activa (P) y la **potencia aparente** (S) en el manejo de cargas eléctricas en circuitos que trabajan con señales alternas senoidales. Es importante entender su diferencia ya que en la vida real es común calcular $V_{rms} \cdot I_{rms}$ como la potencia real, lo cual solo es válido si la carga es puramente resistiva.

Trabajo realizado en el marco del Proyecto 266632 "Laboratorio Binacional para la Gestión Inteligente de la Sustentabilidad Energética y la Formación Tecnológica", con financiamiento del Fondo de Sustentabilidad Energética CONACYT-SENER (Convocatoria: S001920101).

El trabajo intelectual contenido en este material, se comparte por medio de una licencia de Creative Commons (CC BY-NC-ND 2.5 MX) del tipo "Atribución-No Comercial Sin Derivadas", para conocer a detalle los usos permitidos consulte el sitio web en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/mx>



Se permite copiar, distribuir, reproducir y comunicar públicamente la obra sin costo económico bajo la condición de no modificar o alterar el material y reconociendo la autoría intelectual del trabajo en los términos específicos por el propio autor. No se puede utilizar esta obra para fines comerciales, y si se desea alterar, transformar o crear una obra derivada de la original, se deberá solicitar autorización por escrito al Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.

SENER
SECRETARÍA DE ENERGÍA

ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

SEP
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

CFE
Comisión Federal de Electricidad

CONACYT
45 años

Tecnológico de Monterrey

FONDO DE SUSTENTABILIDAD ENERGÉTICA

INSTITUTO NACIONAL DE ELECTRICIDAD Y ENERGÍAS LIMPIAS

Colaboran:

Berkeley
UNIVERSITY OF CALIFORNIA

ASU ARIZONA STATE UNIVERSITY