

Unidad Didáctica
Medidas de Potencia

FONDO  FORMACION

Programa de Formación Abierta y Flexible

Obra colectiva de FONDO FORMACION

Coordinación *Servicio de Producción Didáctica de FONDO FORMACION
(Dirección de Recursos)*

Diseño y maquetación *Servicio de Publicaciones de FONDO FORMACION*

© **FONDO FORMACION - FPE**

No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro u otro método, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del Copyright.

Depósito Legal *AS -742-2001*

Unidad Didáctica Medidas de Potencia

A la hora de conocer las prestaciones de las máquinas eléctricas te interesará conocer la potencia consumida por ellas. Como sabes, para la medición de potencia se utiliza el vatímetro, en esta unidad profundizaremos en el conocimiento de este instrumento de medida y en las mediciones de potencia.

En corriente alterna aparecen tres tipos de potencia que te interesa conocer puesto que sus valores y relación establecen el comportamiento de las máquinas y el mayor o menor consumo de energía de las mismas.

A lo largo de esta unidad, se desarrollarán los siguientes contenidos:

- Introducción.
- Medida de potencia en corriente continua:
 1. Procedimiento voltiamperimétrico.
 2. Mediante vatímetro.
- Medida de potencia en corriente alterna:
 1. Circuitos monofásicos.
 2. Circuitos trifásicos.

Tus objetivos

Al final de esta unidad deberías ser capaz de:

- Reconocer los tres tipos de potencia.
- Realizar mediciones de potencia en corriente continua mediante voltímetro y amperímetro.
- Efectuar mediciones de potencia en corriente continua mediante vatímetro.
- Elaborar mediciones de potencia activa, reactiva y aparente en circuitos monofásicos de corriente alterna.
- Realizar mediciones de potencia activa, reactiva y aparente en circuitos trifásicos simétricos, equilibrados, con neutro.

Consejos de estudio

Ayudarte a adquirir un método de trabajo es otro de los objetivos de este curso. Definir objetivos, planificar tareas, tener una actitud positiva ante el trabajo, superar dificultades, etc., es bueno no sólo para el estudio, sino también para tu actividad profesional como trabajador.

Introducción

Recuerda que la magnitud eléctrica de potencia es igual al producto de la tensión por la intensidad:

$$P = V \cdot I$$

Sin embargo, esta expresión es válida sólo para calcular la potencia de los circuitos de corriente continua. Esto se debe a que en los circuitos de corriente continua no existe desfase entre la tensión y la intensidad.

En los circuitos de corriente alterna, debido al tipo de receptores instalados, puede existir un desfase entre la tensión y la intensidad. Esto da lugar a tres tipos de potencia (fig.1):

- Potencia activa, expresada en vatios.
- Potencia reactiva, expresada en voltiamperios reactivos.
- Potencia aparente, expresada en voltiamperios.

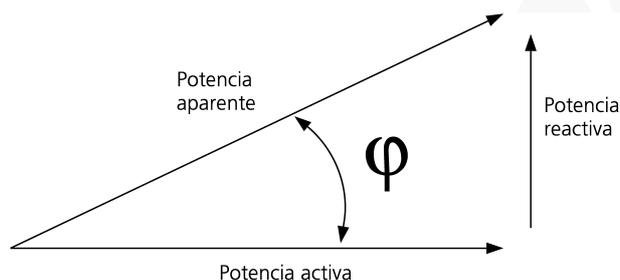


Fig. 1: Triángulo de potencias.

Es interesante que tengas en cuenta los siguientes puntos:

- La potencia que realiza el trabajo es la activa.
- La potencia reactiva no realiza trabajo, aunque, en mayor o menor medida, es necesaria para la creación de la potencia activa.
- La potencia aparente es la que verdaderamente se consume de la red eléctrica, y por tanto, la que marcará el coste energético.

Teniendo en cuenta los puntos anteriores, interesa reducir al máximo el ángulo ϕ del triángulo de potencias representado en la figura 1. De esta forma, la potencia aparente será igual a la potencia activa, y la potencia reactiva será nula.

En las instalaciones industriales se utilizan equipos destinados a la reducción del ángulo ϕ , denominados **correctores del factor de potencia**.

Ejemplo:

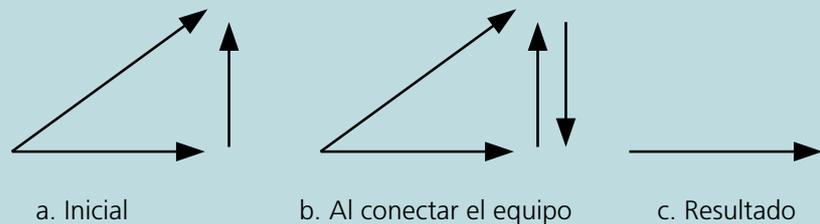
Un motor puede consumir una potencia aparente de 1.000 voltiamperios; sin embargo, entregar en su eje una potencia activa de 600 vatios.

En este caso para realizar trabajos con el motor sólo se pueden aprovechar los 600 vatios que entrega en su eje.

No obstante, el funcionamiento del motor requiere de la red eléctrica 1.000 voltiamperios. La potencia reactiva, en este caso 800 voltiamperios reactivos, se requiere para el funcionamiento del motor.

Si en estas condiciones instalamos un equipo corrector del factor de potencia, capaz de generar 800 voltiamperios reactivos pero de sentido opuesto a los que genera el motor, la potencia reactiva total se anula haciendo que la potencia aparente y activa tengan el mismo valor. De esta forma, la potencia que la máquina puede entregar en su eje es de 1.000 vatios.

La figura te muestra el triángulo de potencias en cada caso:



Medición de potencia en corriente continua

La potencia en corriente continua se puede medir mediante un voltímetro y un amperímetro. Este procedimiento se denomina **voltiamperimétrico**. También se puede medir mediante un vatímetro. Veamos ambos casos:

Procedimiento voltiamperimétrico

Las figuras 2 y 3 te muestran las dos posibles conexiones que puedes utilizar para medir la potencia en una carga R_c .

En el caso de la figura 2, se comete un error al medir con el voltímetro la tensión en la carga más la del amperímetro.

La potencia real absorbida por la carga será:

$$P(R_c) = V_{rc} \cdot I$$

Como $V_{rc} = R_c \cdot I$, tenemos que:

$$P(R_c) = R_c \cdot I \cdot I = R_c \cdot I^2$$

Aunque el producto de la tensión en el voltímetro por la corriente en el amperímetro es:

$$V = V_a + V_{rc}$$

$$V = R_a \cdot I + R_c \cdot I$$

$$V = (R_a + R_c) \cdot I$$

$$P = V \cdot I = (R_a + R_c) \cdot I \cdot I = (R_a + R_c) \cdot I^2$$

Siendo:

P (R_c) : potencia en la carga.

V_{rc} : tensión en la carga.

I : intensidad a través del circuito (medida por el amperímetro).

R_c : resistencia de la carga.

V : tensión medida por el voltímetro.

V_a : tensión en extremos del amperímetro.

R_a : resistencia interna del amperímetro.

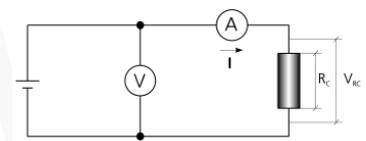


Fig. 2
Conexión para medir potencia.

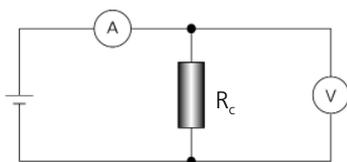


Fig. 3
Conexión para medir potencia.

Para que ambas fórmulas de potencia den el mismo valor, se debe cumplir que R_a sea cero o lo más próxima a cero posible.

Este tipo de conexión se emplea cuando la resistencia de carga en la que se desea medir la potencia es muy elevada.

En el caso de la figura 3, se comete un error al medir con el amperímetro la corriente de la carga y la del voltímetro.

La potencia real absorbida por la carga será:

$$P(R_c) = I_{rc} \cdot V$$

Como $I_{rc} = V / R_c$, tenemos que:

$$P(R_c) = V / R_c \cdot V = V^2 / R_c$$

Aunque el producto de la tensión en el voltímetro por la corriente en el amperímetro es:

$$I = I_v + I_{rc}$$

$$I = V / R_v + V / R_c$$

$$P = V \cdot I = V \cdot (V / R_v + V / R_c) = V^2 / R_v + V^2 / R_c$$

Donde:

P (R_c) : potencia en la carga.

I_{rc} : corriente a través de la carga.

V : tensión en la carga (medida por el voltímetro).

R_c : resistencia de la carga.

I : intensidad total por el circuito.

I_v : intensidad a través del voltímetro.

R_v : resistencia interna del voltímetro.

Para que ambas fórmulas de potencia den el mismo valor, se debe cumplir que R_v sea lo mayor posible. De esta forma, el cociente V^2 / R_v será próximo a cero. Este tipo de conexión se emplea cuando la resistencia de carga es muy pequeña.

Mediante vatímetro

El vatímetro, cuyo símbolo se muestra en la figura 4, realiza directamente la medición de potencia.

El vatímetro electrodinámico consta de un circuito amperimétrico y otro voltimétrico. El resultado se indica como producto de ambas magnitudes.

La bobina amperimétrica es fija y la voltimétrica móvil, como se muestra en la figura 5.

La bobina amperimétrica se conecta en serie con la carga y la voltimétrica en paralelo, tal como te mostramos en la figura 6.

Algunos vatímetros tienen varios rangos de tensión e intensidad, para lo cual disponen de distintos bornes de conexión. En este tipo de vatímetro puede figurar una única escala, en cuyo caso, se debe tener en cuenta la constante del vatímetro (K) para conocer el valor real de la potencia.

$$K = (\text{alcance de } I \times \text{alcance de } V) / \text{Potencia máxima en la escala.}$$

Veamos un ejemplo:

Se trata de medir la potencia de una carga en dos casos: cuando está conectada a 200 V y cuando está a 100 V. Las características del vatímetro son:

- Rango de intensidad, 10 A.
- Dos rangos de tensión, 150 y 300 V.
- Escala graduada, de 0 a 1.000 W.

En la figura 7 puedes ver el conexionado* para la alimentación de 200 V.

El rango de tensión debe ser el de 300 V. La aguja se desvía marcando en la escala graduada 320 W.

$$K = (\text{alcance de } I \times \text{alcance de } V) / \text{Potencia máxima en la escala.}$$

$$K = (10 \times 300) / 1.000 = 3$$

La potencia real medida por el vatímetro es la marcada en la escala multiplicada por la constante del vatímetro. En este caso:

$$P = 320 \times 3 = 960 \text{ W}$$



Fig. 4 : Símbolo del vatímetro.

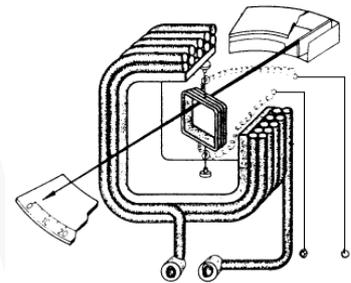


Fig. 5
Vatímetro electrodinámico.

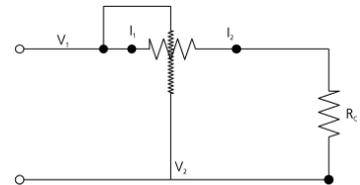


Fig. 6
Conexionado del vatímetro.

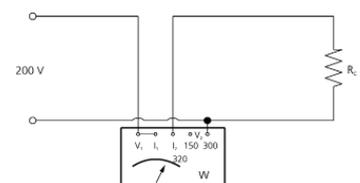


Fig. 7
Conexionado del vatímetro.

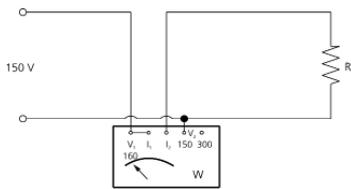


Fig. 8
Conexión del vatímetro.

En la figura 8 puedes ver el conexionado para la alimentación de 100 V. En este caso, el rango de tensión es el de 150 V. Fíjate como se ha cambiado el borne de conexión.

La aguja se desvía marcando en la escala graduada 160.

$K = (\text{alcance de } I \times \text{alcance de } V) / \text{Potencia máxima en la escala.}$

$$K = (10 \times 150) / 1.000 = 1,5$$

La potencia real medida por el vatímetro es la marcada en la escala multiplicada por la constante del vatímetro. En este caso:

$$P = 160 \times 1,5 = 240 \text{ W}$$

Ten en cuenta que, al realizar medidas con el vatímetro, no debes superar los valores máximos de intensidad y tensión de cada rango.

Medición de potencia en corriente alterna

Recuerda que los receptores conectados a corriente alterna utilizan tres tipos de potencia: activa, reactiva y aparente.

La **potencia activa** es el producto de la tensión, la corriente y el factor de potencia. La unidad de potencia activa (P) es el **vatio**.

El **factor de potencia** es el cociente de la potencia activa entre la aparente. Este factor se puede medir mediante un instrumento denominado **fasímetro**.

La **potencia reactiva** es el producto de la tensión por la corriente reactiva. Esta corriente fluctúa* por el circuito de un lado a otro.

La potencia reactiva se mide mediante un instrumento denominado **varímetro**. Las unidades de la potencia reactiva (Q) son los **voltiamperios reactivos**.

La **potencia aparente** es el producto de la tensión por la corriente y se puede medir mediante un **amperímetro** y un **voltímetro**. Las unidades de la potencia aparente (S) son los **voltiamperios**.

Magnitudes de corriente alterna (SISTEMA INTERNACIONAL)

- S:** potencia aparente (VA).
- P:** potencia activa (W).
- Q:** potencia reactiva (var)

Circuitos monofásicos

Medida de la potencia activa

Como en el caso de corriente continua, se mide mediante un vatímetro, tal como te mostramos en la figura 9.

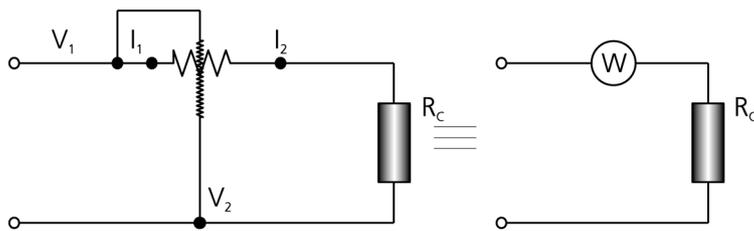


Fig. 9
Medida de la potencia activa mediante vatímetro en un circuito monofásico.

Medida de la potencia reactiva

Se utiliza un varímetro; este aparato de medida es similar al vatímetro en forma y conexión, aunque internamente se realiza un desfase de 90 grados entre la tensión y la intensidad. El conexionado, similar al del vatímetro, se muestra en la figura 10.

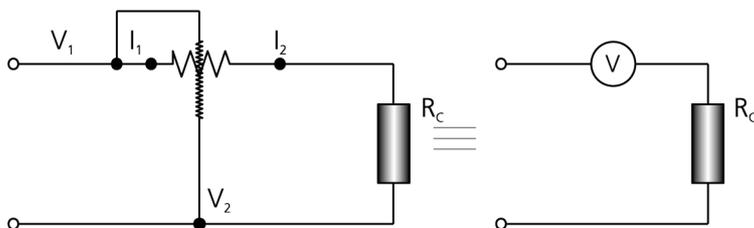


Fig. 10
Medida de la potencia reactiva mediante varímetro en un circuito monofásico.

Medida de la potencia aparente

Se utiliza un voltímetro conectado en paralelo y un amperímetro conectado en serie con el circuito, como te mostramos en la figura 11. La potencia aparente es el producto de los valores obtenidos en ambos aparatos.

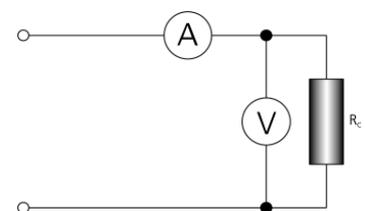


Fig. 11
Medida de la potencia aparente mediante voltímetro y amperímetro en un circuito monofásico.

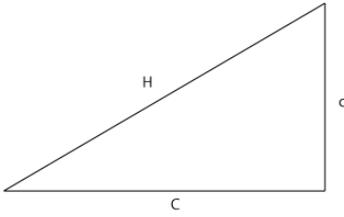


Fig. 12
Teorema de Pitágoras aplicado al triángulo de potencias en corriente alterna.

Conociendo una de las dos potencias, se puede calcular la tercera mediante el Teorema de Pitágoras: “En un triángulo rectángulo, (tal como el triángulo de potencias) el cuadrado de la hipotenusa es igual a la suma de los cuadrados de los catetos”.

En la figura 12, se cumplen las relaciones siguientes:

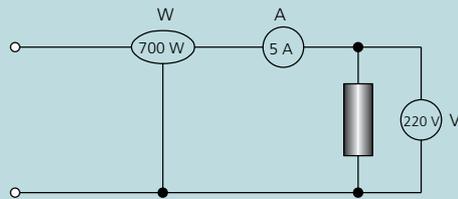
$$H^2 = C^2 + c^2$$

$$C^2 = H^2 - c^2$$

$$c^2 = H^2 - C^2$$

Ejemplo:

Vamos a determinar el valor de las potencias del circuito de la figura.



La potencia activa la muestra el vatímetro; en este caso, 700 vatios.

$$P = 700 \text{ W (vatios)}$$

La potencia aparente es el producto de la tensión medida en el voltímetro por la corriente medida en el amperímetro. Así:

$$S = V \cdot I = 220 \times 5 = 1.100 \text{ VA (voltiamperios)}$$

En la figura ninguno de los instrumentos mide la potencia reactiva, por lo que, aplicamos el Teorema de Pitágoras:

$$c^2 = H^2 - C^2$$

En nuestro caso $Q^2 = S^2 - P^2$, despejando Q , tenemos:

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

$$Q = \sqrt{1.100^2 - 700^2} = 848,5 \text{ VAr (voltiamperios reactivos)}$$

Circuitos trifásicos

En los circuitos trifásicos puede darse la combinación de varios casos:

- Que las tensiones sean simétricas (iguales en magnitud y desfasadas 120 grados) o no.
- Que las cargas sean equilibradas (iguales en magnitud y fase) o no.
- Que tenga neutro o no.

Veamos la medición de potencias en uno de estos casos, en concreto, en un sistema trifásico simétrico, equilibrado y con neutro.

Medida de la potencia activa

La potencia activa de cada fase se mide mediante un vatímetro, según el esquema de la figura 13. Se conecta la bobina amperimétrica en una línea y la voltimétrica entre dicha línea y neutro.

La potencia activa total es tres veces la indicada por el vatímetro.

Medida de la potencia reactiva

La potencia reactiva de cada fase se mide mediante un varímetro, según el esquema de la figura 14. Se conecta la bobina amperimétrica en una línea y la voltimétrica entre dicha línea y neutro.

La potencia reactiva total es tres veces la indicada por el varímetro.

Medida de la potencia aparente

Se utiliza un voltímetro que mide la tensión de una fase y un amperímetro que mide la corriente de línea de la misma fase, como te mostramos en la figura 15. La potencia aparente total es tres veces el producto de los valores obtenidos en ambos aparatos.

En este tipo de sistema también se cumple la relación de potencias indicada en los sistemas monofásicos.

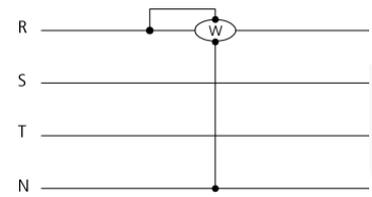


Fig 13

Medida de la potencia activa mediante vatímetro en un circuito trifásico simétrico, equilibrado y con neutro.

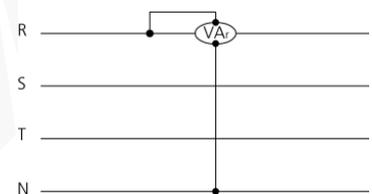


Fig 14

Medida de la potencia reactiva mediante varímetro en un circuito trifásico simétrico, equilibrado y con neutro.

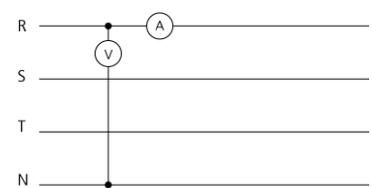


Fig 15

Medida de la potencia aparente mediante voltímetro y amperímetro en un circuito trifásico simétrico, equilibrado y con neutro.

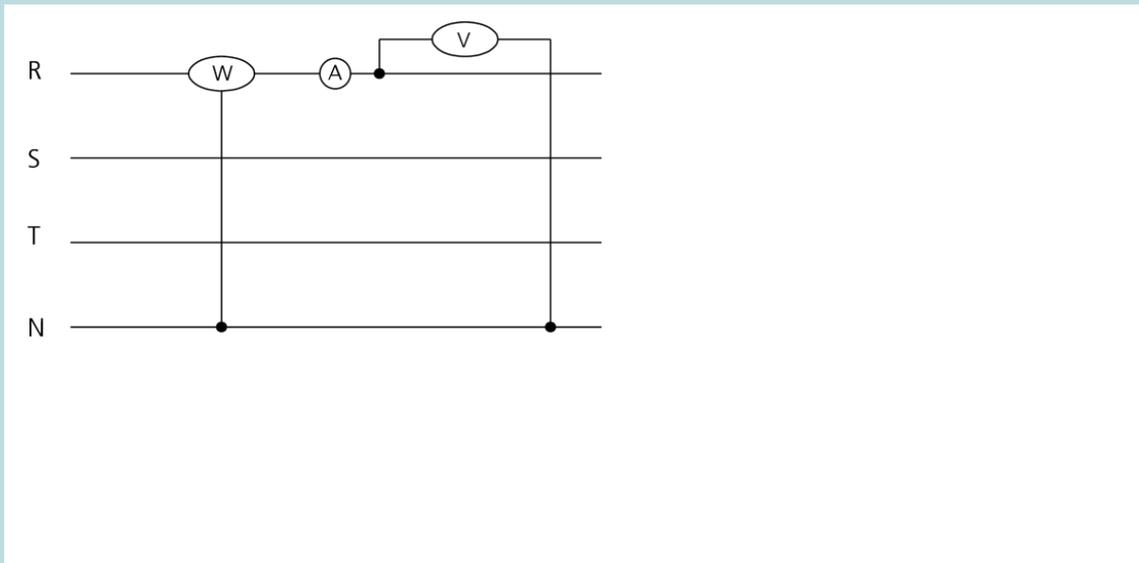
ACTIVIDAD 1

Determina el valor de las potencias del circuito de la figura.

$W = 1.500$ vatios

$V = 220$ voltios

$A = 25$ amperios



Si consideras que has concluido el estudio de esta unidad, intenta responder a las siguientes cuestiones de autoevaluación.

Cuestiones de autoevaluación

1

Completa el texto con las palabras siguientes:

corriente, vatios, varímetro, voltiamperio reactivo, vatímetro, aparente, voltiamperios, tensión.

La unidad de potencia reactiva es el y se mide mediante un

La potencia en corriente continua se puede medir con un que indica el valor medido en

El producto de la medida por un amperímetro conectado en serie con la carga por la en la carga, indica la potencia en

2

Indica si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:

V F

a. La medición de potencia en corriente alterna y continua es similar.

b. En las instalaciones eléctricas interesa tener un factor de potencia alto.

c. El factor de potencia es el cociente entre la potencia activa y la aparente.

d. La potencia reactiva es beneficiosa y conviene elevarla al máximo.

R

ACTIVIDAD 1

La potencia activa total es tres veces la mostrada por el vatímetro, en este caso vatios.

$$P_T = 3 \cdot P_a = 3 \times 1.500 = 4500 \text{ W (vatios)}$$

La potencia aparente total es tres veces el producto de la tensión medida en el voltímetro por la corriente medida en el amperímetro, en este caso:

$$S_T = 3 \cdot S = 3 \cdot V \cdot I = 3 \times 220 \times 25 = 16.500 \text{ VA (voltiamperios)}$$

En la figura ninguno de los instrumentos mide la potencia reactiva, por lo que, aplicamos el teorema de Pitágoras:

$$c^2 = H^2 - C^2$$

En nuestro caso $Q^2 = S^2 - P^2$, despejando Q, tenemos:

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

$$Q = \sqrt{16.500^2 - 4.500^2} = 15.874,5 \text{ VAr (voltiamperios reactivos)}$$

Respuestas a las cuestiones de autoevaluación

1

La unidad de potencia reactiva es el **voltiamperio reactivo** y se mide mediante un **varímetro**.

La potencia en corriente continua se puede medir con un **vatímetro** que indica el valor medido en **vatios**.

El producto de la **corriente** medida por un amperímetro conectado en serie con la carga por la **tensión** en la carga, indica la potencia **aparente** en **voltiamperios**.

2

- a. **Falsa**: la medición de potencia en corriente alterna y continua es distinta debido al posible desfase entre intensidad y tensión en corriente alterna.
- b. **Verdadera**.
- c. **Verdadera**.
- d. **Falsa**: la potencia reactiva no genera potencia útil, por lo que interesa reducirla.

Resumen de Unidad

Potencia La magnitud eléctrica de potencia es igual al producto de la tensión por la intensidad.

En los circuitos de corriente alterna, debido al tipo de receptores instalados, puede existir un desfase entre la tensión y la intensidad. Esto da lugar a tres tipos de potencia:

- Potencia activa, expresada en vatios.
- Potencia reactiva, expresada en voltiamperios reactivos.
- Potencia aparente, expresada en voltiamperios.

Medición de potencia en corriente continua La potencia en corriente continua se puede medir mediante un voltímetro y un amperímetro. Este procedimiento se denomina, voltiamperimétrico. También se puede medir mediante un vatímetro.

Medición de potencia en corriente alterna Los receptores conectados a corriente alterna utilizan tres tipos de potencia: activa, reactiva y aparente.

La **potencia activa** es el producto de la tensión, la corriente y el factor de potencia. La unidad de potencia activa (P) es el vatio.

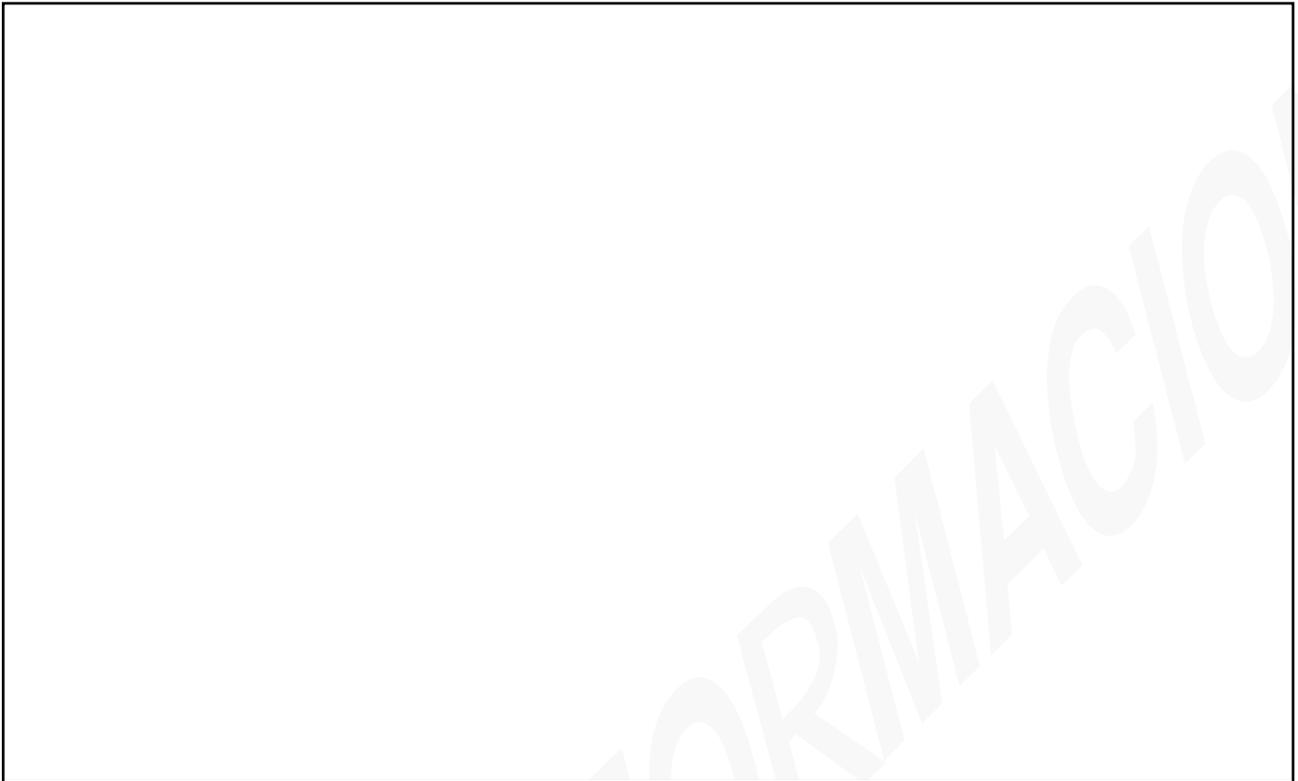
El factor de potencia es el cociente de la potencia activa entre la aparente. Este factor se puede medir mediante un instrumento denominado fasímetro.

La **potencia reactiva** es el producto de la tensión por la corriente reactiva. Esta corriente fluctúa por el circuito de un lado a otro.

La potencia reactiva se mide mediante un instrumento denominado varímetro. Las unidades de la potencia reactiva (Q) son los voltiamperios reactivos.

La **potencia aparente** es el producto de la tensión por la corriente y se puede medir mediante un amperímetro y un voltímetro. Las unidades de la potencia aparente (S) son los voltiamperios.

Notas

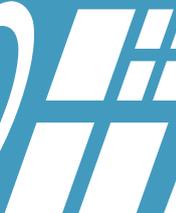


Vocabulario

Conexionado: forma de unir los cables conductores al aparato de medida.

Fluctúa: se mueve de un lado a otro.



FONDO  FORMACION