

# Energía y potencia eléctrica

Cuando una corriente eléctrica circula por un circuito, éste opone una resistencia al paso de la misma. Los electrones, en su camino, se ven frenados, experimentando diversos choques con los átomos. En estos choques se desprende calor, y este efecto se utiliza para construir estufas y bombillas eléctricas.

Por otra parte, es bien sabido que existen máquinas eléctricas capaces de transformar la corriente en trabajo mecánico (**motores**). ¿Cuánto trabajo puede producir una corriente? Para responder es preciso saber las siguientes definiciones:

- **Trabajo:** se denomina trabajo al desplazamiento de una fuerza en la propia dirección de la fuerza, y su valor es, precisamente, el producto de la fuerza por el desplazamiento.

$$W = F \times d$$

Si se empuja una pared, existe una fuerza, pero no hay desplazamiento, con lo que el trabajo resulta ser nulo.

Si para arrastrar un carro es preciso comunicar una fuerza de  $F = 100\text{N}$  ( $\text{N} = \text{newton}$ ) y se desplaza una distancia  $d = 20$  metros, el trabajo resulta ser:

$$W = F \times d = 100 \times 20 = 2.000 \text{ J. (J = julio)}$$

La fuerza se mide en newtons y el trabajo en julios. Siempre que multipliquemos newtons por metros ( $\text{N} \times \text{m}$ ), obtendremos julios.

- **Energía:** es todo lo susceptible de transformarse en trabajo. Existen muchos tipos de energía: potencial, gravitacional, cinética, química, eléctrica, nuclear, calorífica, luz, radiaciones, etc.  
Puesto que la energía puede transformarse en trabajo, se expresará en las mismas unidades que éste.
- **Potencia:** un mismo trabajo puede desarrollarse en más o menos tiempo: los 2.000 J de trabajo realizado en el ejemplo anterior, pueden realizarse en un segundo o en una hora. El trabajo realizado es el mismo, pero no así la velocidad con la que se realiza. A esta velocidad con que se realiza dicho trabajo se le denomina potencia.

## Inyección electrónica

En el primer caso, realizar un trabajo de 2.000 julios en un segundo, supone realizar una potencia de:

$$P = W / t = 2.000 / 1 = 2.000 \text{ J / s, es decir, } 2.000 \text{ vatios.}$$

El cociente entre julios y segundos son los vatios.

La potencia en este primer caso será de 2.000 vatios.

En el segundo caso, si se realiza un trabajo de 2.000 julios en una hora, es decir, en  $60 \times 60 = 3.600$  segundos, la potencia será:

$$P = W / t = 2.000 / 3.600 = 0,55 \text{ J / s, es decir } 0,55 \text{ vatios.}$$

Obsérvese que la potencia desarrollada en el primer caso es mucho mayor que en el segundo, aunque se haya realizado el mismo trabajo, se ha hecho en menos tiempo.

De la misma manera: el trabajo es igual a la potencia por el tiempo.

$$W = P \times t$$

Con esto se puede decir que, para una misma potencia se realiza más trabajo cuanto más tiempo se esté empleando.

Según el sistema internacional de unidades:

El trabajo y la energía se expresan en julios o joules.

$$1 \text{ julio} = 1 \text{ newton} \times 1 \text{ metro} \quad (1 \text{ J} = 1 \text{ N} \times 1 \text{ m})$$

La potencia se expresa en vatios.

$$1 \text{ watio} = 1 \text{ julio} / 1 \text{ segundo} \quad (1 \text{ W} = 1 \text{ J} / 1 \text{ s})$$

$$1 \text{ kilowatio} = 1.000 \text{ vatios} \geq 1 \text{ Kw} = 1.000 \text{ W.}$$

Como estas unidades resultan relativamente pequeñas, existen otras de tipo práctico:

- **Trabajo o energía** kilowatio / hora (Kwh). Es el trabajo realizado por un kilowatio durante una hora:

$$1 \text{ Kwh} = 1.000 \text{ vatios} \times 3.600 \text{ segundos} \\ = 3.600.000 \text{ julios}$$

- **Potencia** caballo de vapor (C.V.) o *Horse Power* (HP).

$$1 \text{ C.V} = 736 \text{ vatios} = 0,736 \text{ Kw}$$

$$1 \text{ Kw} = 1 / 0,736 = 1,36 \text{ C.V}$$

Algunas veces se necesitan unidades más pequeñas:

$$1 \text{ milivatio (mW)} = 0,001 \text{ W} = 10^{-3} \text{ W}$$

$$1 \text{ microvatio } (\mu\text{W}) = 0,000001 \text{ W} = 10^{-6} \text{ W}$$

$$1 \text{ picovatio (pW)} = 0,000000000001 \text{ W} = 10^{-3} \text{ W}$$

## Potencia calorífica y calor (Ley de Joule)

En la lección anterior se dijo que la corriente eléctrica puede producir calor o trabajo.

Si se quiere desplazar una determinada carga eléctrica  $Q$  desde un potencial a otro, cuya diferencia sea de  $V$ , voltios, el trabajo que se desarrollará será tanto mayor cuanto más carga  $Q$  se desee desplazar y también cuanto mayor diferencia de potencial haya entre los puntos que se quiera desplazar dicha carga  $Q$ .

Trabajo será igual al producto de la carga  $Q$  por la diferencia de potencial  $V$  entre los dos puntos:

$$W = V \times Q$$

Por otro lado, se sabe que:

$$Q = I \times t, \quad W = V \times I \times t$$

Potencia es igual al trabajo dividido por el tiempo:

$$P = W / t, \text{ tendremos que:}$$

$$P = V \times I \times t / t \quad P = V \times I$$

Se sabe por la Ley de Ohm que:

$$V = R \times I \geq$$

luego:

$$P = R \times I \times I = R \times I^2$$

o también:

$$I = V / R \geq$$

luego también:

$$P = V \times V / R = V^2 / R$$

Hay tres formas de calcular la potencia eléctrica:

$$P = V \times I$$

$$P = R \times I^2$$

$$P = V^2 / R$$

## ■ El trabajo: W

$$W = V \times I \times t$$

$$W = R \times I^2 \times t$$

$$W = (V^2 / R) \times t$$

Cuando el trabajo eléctrico se manifiesta en forma de calor, suele expresarse en calorías. El número de calorías es fácil de calcular sabiendo que:

1 julio = 0,24 calorías  
(llamado equivalente calorífico del trabajo)

o bien:

1 caloría = 4,18 julios  
(llamado equivalente mecánico del calor).

Estos valores fueron demostrados por el físico inglés **James Joule** (en 1845), quien encontró por primera vez la equivalencia entre calor y trabajo. Su experiencia estaba proyectada para comprobar que cuando una cierta energía mecánica se consume en un sistema, la energía desaparecida es exactamente igual a la cantidad de calor producido.

En su célebre experimento, un agitador de paletas se ponía en movimiento en el agua, y el calor desarrollado en ésta era comparado con el trabajo mecánico realizado sobre el agitador. Entonces se dice que, Ley de Joule:  $C(\text{calor}) = 0,24 \times R \times I^2 \times t$ .

## Generadores y receptores

Se ha visto que hay dispositivos capaces de consumir energía eléctrica y transformarla (bombillas, motores, estufas.). Estos dispositivos se llaman, en general, **receptores**.

Existen otros que, por el contrario, son capaces de producir energía. A éstos se les agrupa bajo el

nombre genérico de generadores (pilas, dínamos, alternadores).

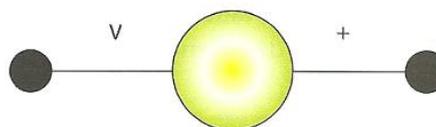
Los receptores de energía se conocen más usualmente con el nombre de cargas.

Un cierto generador, o un cierto circuito “se carga” cuando se le conecta un receptor, es decir, un dispositivo que consume corriente. Una carga es muy grande, o que un circuito está fuertemente cargado, cuando el consumo producido por esa carga sea alto. En caso contrario, se trata de una carga pequeña, o el circuito está cargado débilmente.

A la resistencia de carga se le suele representar con el subíndice L (RL). Así mismo, a la corriente que circula por dicha carga se le denomina IL y a la tensión en extremos de la carga se le denomina VL. La letra L proviene de la palabra inglesa *load*, que significa carga.

Se distinguen dos tipos de generadores:

### N: Generador de tensión ideal



Símbolo de un generador de tensión ideal

Es un dispositivo capaz de suministrar una tensión constante, independientemente de la carga que se le conecte. Será, por tanto, capaz de suministrar altísimas intensidades de corriente.

### Ejemplo

Un generador ideal de tensión de 10 V proporcionará 10 voltios, y como es ideal, los 10 voltios los proporcionará no importando la carga que se le conecte.

Entonces, si se le conecta una resistencia de carga de 10 W, el generador de tensión proporcionará una corriente de valor:

$$I = V / R$$

## Inyección electrónica

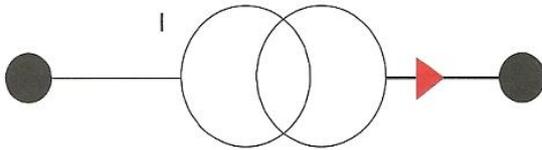
(Ley de Ohm) y en nuestro caso valdrá:

$$I = 10 / 10 = 1 \text{ amperio}$$

Si en vez de una carga de 10 W se le coloca una de 0,001 W, la corriente será de  $I = 10 / 0,001 \text{ W}$ , que da un valor de corriente de 10.000 amperios.

La realidad no es así, ya que para que un generador de tensión sea ideal es necesario que su resistencia interna sea cero.

### Generador de corriente ideal



Símbolo de un generador de corriente ideal

Es un dispositivo capaz de suministrar una corriente constante, independientemente de la carga que se le conecte. Será, por lo tanto, capaz de suministrar enormes diferencias de potencial.

### Ejemplo

Un generador de corriente ideal de 10 amperios, proporcionará 10 A, sin importar la carga que se le conecte.

Entonces, si se le conecta una resistencia de carga de 10 W, producirá una diferencia de potencial de valor:

$$V = R \times I$$

(Ley de Ohm), en nuestro caso

$$= 10 \times 10 = 100 \text{ voltios}$$

Si ahora en vez de una carga de 10 W se le coloca una de 0,0001 W, la tensión que producirá es de (otra vez la Ley de Ohm):

$$V = R \times I = 0,001 \times 10 = 0,01 \text{ voltio}$$

En este caso, la condición para que un generador de corriente sea ideal es que su resistencia interna sea infinita.

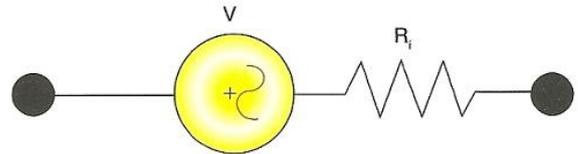
### Generadores reales

Obviamente, no existe en la práctica ningún dispositivo capaz de proporcionar tensiones o corrientes infinitas.

Dicho de otro modo, no existe la resistencia cero (no existe el conductor perfecto) ni la resistencia infinita (no existe el aislante perfecto).

Se considera que un **generador de tensión** es mejor cuanto más pequeña sea su resistencia interna, es decir, cuando sea capaz de mantener una diferencia casi constante de tensión en un cierto margen de cargas.

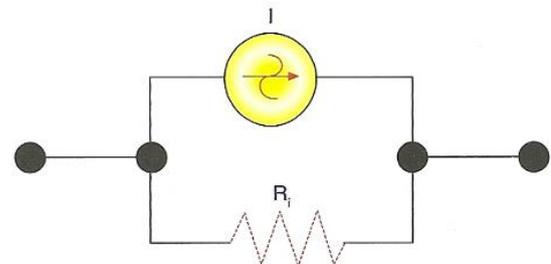
Un **generador real de tensión** puede considerarse, para su estudio, como un generador ideal en serie con una resistencia interna y su circuito equivalente será:



Generador de tensión ideal V en serie con una resistencia interna  $R_i$  = generador real de tensión

Del mismo modo, se considerará que un generador de corriente es ideal cuando su resistencia interna sea muy grande o, de otro modo, cuando sea capaz de mantener una corriente casi constante en un cierto margen de cargas.

Un generador real de corriente puede considerarse, para su estudio, como un generador ideal en paralelo con una resistencia interna, y su circuito equivalente será:



Generador de corriente ideal I en paralelo con una resistencia interna  $R_i$  = generador real de corriente

En la práctica, se construyen generadores que, para muchos efectos y en un cierto margen, pueden considerarse como ideales:

- De **tensión**: una batería, un transistor en colector común, ciertos circuitos realimentados, etc.
- De **corriente**: una batería en serie con una resistencia muy grande, un transistor en base común, ciertos circuitos realimentados, etc.
- **Alimentación y señal**: cuando se aplica tensión a un circuito para ponerlo en funcionamiento, se dice que se alimenta dicho circuito. A la tensión aplicada se le llama **tensión de alimentación** y a la corriente que el circuito consume, **corriente de alimentación**.

Es importante no confundir la alimentación, que es lo que hace funcionar al circuito, con la señal, que es la corriente o tensión que se quiere tratar de amplificar, conformar, etc.

## Fuerza electromotriz, contra electromotriz y diferencia de potencial

**Diferencia de potencial** (d.d.p.) es la diferencia entre los potenciales de dos puntos de un circuito, y se expresa en voltios. Se le puede denominar voltaje o tensión.

Ahora bien, una diferencia de potencial puede ser producida por dos causas bien distintas:

- Una **corriente I**, proveniente de algún dispositivo exterior, circula por una resistencia  $R$ , produce en ella una d.d.p. de valor  $V = R \times I$ .

Esto se conoce como caída de potencial. Por ejemplo, que:

Una corriente de 2 A, a través de una resistencia de 10  $\Omega$ , produce una caída en sus extremos de 20 V ( $V = R \times I = 10 \times 2 = 20$  V).

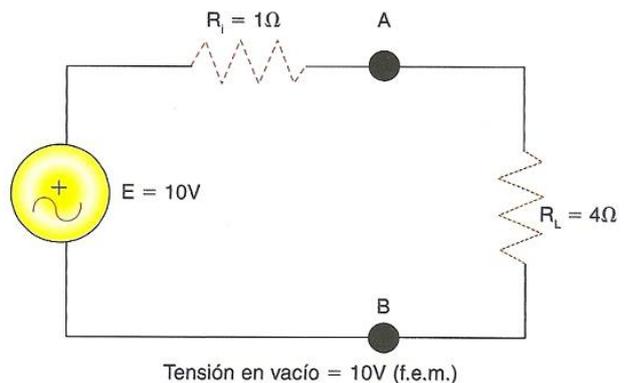
- Un **generador** produce una d.d.p., y es capaz de entregar corriente a otros dispositivos.

Esto es, al contrario que en el caso anterior, una **subida de potencial**.

Los generadores crean subidas de potencial que contrarrestan las caídas que se producen en las cargas (obsérvese que esto es la Primera Ley de Kirchoff).

Esta diferencia de potencial producida por los generadores, capaz de elevar las cargas eléctricas de un potencial a otro más alto, es lo que se conoce como fuerza electromotriz. La fuerza electromotriz (f.e.m.) de un generador es la diferencia de potencial que se mide en sus bornes (sus extremos) cuando está en circuito abierto, es decir, sin suministrar corriente.

En efecto, cuando se carga un generador (porque conectamos, por ejemplo, una resistencia o cualquier otro tipo de receptor), circula una corriente. Esta corriente produce una caída de potencial en la propia resistencia interna del generador, que se resta de su f.e.m., dando como resultado que la tensión presente en bornes del generador cargado sea menor que su f.e.m.



Es la tensión entre los puntos A y B cuando  $R_L$  no está conectada y por tanto no circula corriente.

Entre los puntos A y B, y hacia la izquierda, se ha colocado el circuito equivalente a un generador real, que se compone de un generador ideal de  $E = 10$  V en serie con una resistencia (resistencia interna del generador) de valor  $R_i = 1$   $\Omega$ .

Al conectar la resistencia de carga  $R_L = 4$   $\Omega$  (ver figura anterior) circulará una corriente desde el punto A hacia el B a través de la resistencia de carga  $R_L$  de valor:

$$I = E / (R_i + R_L) = 10 / (1 + 4) = 10 / 5 = 2 \text{ A}$$

La diferencia de potencial entre los puntos A y B, extremos de la carga  $R_L = 4$   $\Omega$ , se le denomina tensión de carga  $V_L$ .

¿Qué diferencia de potencial se tiene entre los puntos A y B, que son los extremos por un lado de la carga y por el otro del generador real?

## Inyección electrónica

Se puede calcular de dos maneras:

- La tensión  $V_L$  es igual a la f.e.m.  $E = 10\text{ V}$ , menos la caída de tensión en los extremos de su resistencia interna  $R_i$ .

La caída de tensión o voltaje en  $R_i$  es igual al producto de dicho valor por la corriente  $I$ .

$$VR_i = R_i \times I = 1 \times 2 = 2\text{ V}$$

Por lo que:

$$V_L = E - VR_i = 10 - 2 = 8\text{ V}$$

- Aplicando directamente la Ley de Ohm en los extremos de  $R_L$ , tenemos que:

$$V_L = R_L \times I = 4 \times 2 = 8\text{ V}$$

Existen otros tipos de cargas distintas a las puramente resistivas, como son, por ejemplo, los motores.

En éstos, parte de la energía eléctrica consumida se disipa en forma de calor (**pérdida de energía**) y otra fracción de dicha energía se emplea en producir un trabajo mecánico (**trabajo útil**).

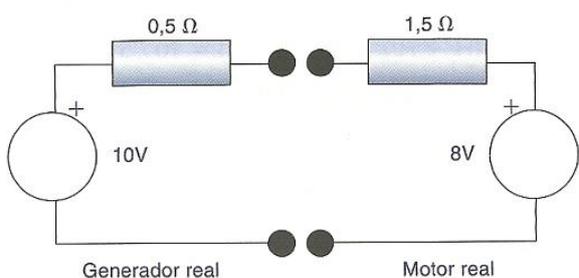
Para el estudio de los motores, se pueden suponer éstos como un generador, cuya fuerza electromotriz se opone al paso de la corriente, por lo que se le llama fuerza contraelectromotriz, en serie con una resistencia interna.

La potencia disipada en dicha resistencia interna será precisamente la potencia perdida en forma de calor, y la potencia disipada en el generador en forma de fuerza contraelectromotriz, será la potencia útil transformada en trabajo mecánico.

### Ejemplo

Un generador de  $E = 10\text{ V}$  de f.e.m. y  $0,5$  de resistencia interna está conectado a un motor de  $E' = 8\text{ V}$  de f.c.e.m. y  $1,5$  de resistencia interna.

Aquí tenemos el circuito equivalente, donde se observa que todos sus elementos están en serie. Por



lo que la corriente  $I$  que circula, es la misma para todos, y será igual al cociente entre: la suma de las tensiones de los generadores del circuito y la suma de las resistencias (Ley de Ohm).

Como la f.c.e.m. del motor se opone a la f.e.m. del generador, se tiene que la primera es negativa respecto a la segunda, con lo que dicha suma de tensiones es igual a  $10 - 8 = 2\text{ V}$ .

La suma de todas las resistencias es igual:

$$0,5 + 1,5 = 2\ \Omega$$

Por lo que:

$$I = (10 - 8) / (0,5 + 1,5) = 2 / 2 = 1\text{ A}$$

La potencia suministrada por el generador:

$$(P = V \times I)$$

$$P_G = E \times I = 10 \times 1 = 10\text{ W}$$

Potencia disipada en calor en el interior del generador:

$$(P = R \times I^2)$$

$$P_1 = 0,5 \times 1^2 = 0,5\text{ W}$$

Potencia disipada en calor al interior del motor:

$$P_2 = 1,5 \times 1^2 = 1,5\text{ W}$$

Potencia transformada en trabajo mecánico del motor:

$$P_w = E' \times I = 8 \times 1 = 8\text{ W}$$

En efecto, obsérvese que la potencia suministrada por el generador es igual a la suma de los otros tres términos de potencia: "La energía ni se pierde ni se destruye, se transforma".

$$P_G = P_1 + P_2 + P_w$$

$$10 = 0,5 + 1,5 + 8$$

Un motor ideal será aquel que no tenga resistencia interna, es decir, que no disipe calor y, por tanto, toda la energía eléctrica recibida la transforme en trabajo mecánico.

La f.c.e.m. debe ser siempre menor que la f.e.m. del generador, ya que, en caso contrario, funcionarían al revés:

Sería el motor el que entregaría energía al generador (eso no es posible).



# Capacidad

Cuando un conductor se carga, es decir, se le comunica una carga eléctrica, adquiere un cierto potencial, que depende de consideraciones geométricas (**forma**). Pues bien, a la relación entre carga y potencial se le denomina capacidad de ese conductor.

$$C = Q / V$$

Un conductor que, con la misma carga que otro, adquiera menor potencial, tendrá más capacidad que el segundo, y viceversa.

La unidad de capacidad es el faradio. El faradio es una unidad tan sumamente grande que no resulta en absoluto práctica.

Los submúltiplos del faradio son:

- El microfaradio ( $\mu\text{F}$ ) = 0,000001 F. ( $10^{-6}$  F)
- El nanofaradio (nF) = 0,000000001 F. ( $10^{-9}$  F)
- El picofaradio (pF) = 0,000000000001 F. ( $10^{-12}$  F)

Cuando se da la capacidad en K, no quiere decir Kilofaradio, sino Kilopicofaradio (1.000 picofaradios); y como 1.000 picofaradios es igual a 1 nanofaradio, cuando alguien dice que un condensador tiene 4K7, está diciendo que tiene 4,7 Kilopicofaradio, que es lo mismo que decir 4,7 nanofaradio.

En algunos textos antiguos se representa el picofaradio (pF) como  $\mu\mu\text{F}$  (micromicrofaradio).

## Condensadores

Se sabe que cargas del mismo signo se repelen, y de signo contrario se atraen. Debido a ello, un conductor puede cargarse por influencia de otro, como indica la figura 1.

Aproximando al conductor A (previamente cargado con carga positiva), el conductor B (descargado, es decir que sus cargas negativas son las mismas que las positivas), las cargas negativas de éste se ven atraídas por el potencial positivo del A, concentrándose éstas en el extremo izquierdo. Esta “fuga” de cargas negativas hacia el lado izquierdo deja el extremo derecho cargado positivamente.

Si el conductor B, en vez de estar aislado estuviera conectado a tierra, como en la figura 2, la carga positiva del extremo derecho se descargaría a tierra (es decir, fluirían electrones de tierra al conductor B, neutralizando su carga positiva), con lo que dicho conductor B quedaría cargado negativamente.

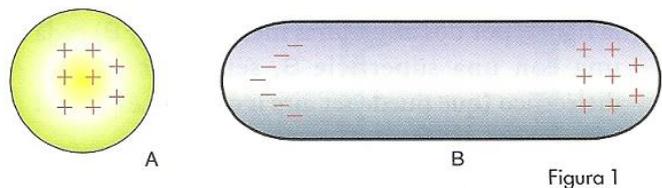


Figura 1

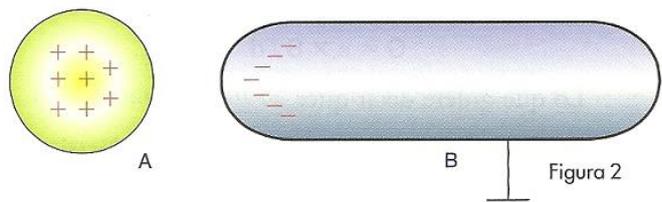


Figura 2

## Inyección electrónica

Este es el principio del condensador: dos conductores próximos, llamados armaduras, separados por un dieléctrico (aislante).

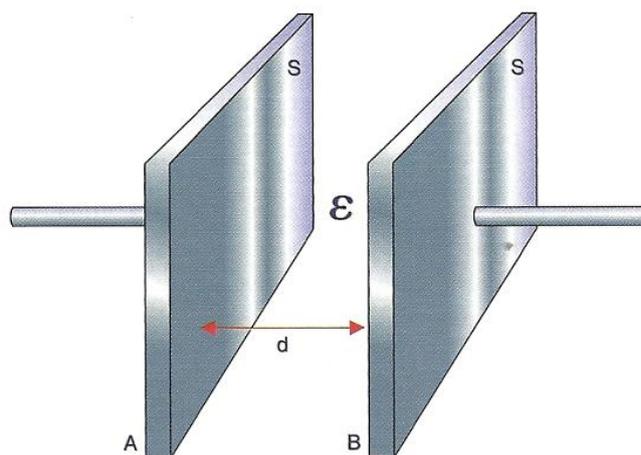
Este conjunto, sometido a una diferencia de potencial  $V$ , adquiere en cada armadura una carga  $Q$ , lo que supone la existencia de una capacidad:

$$C = Q / V$$

Esta capacidad se denomina capacidad del condensador, que es mayor que la que posee un solo conductor.

Los condensadores se utilizan para almacenar carga eléctrica.

### Capacidad de un condensador plano



El condensador plano está formado, como se ve en la figura, por dos armaduras metálicas (A y B) cada una con una superficie  $S$ , separadas por un dieléctrico (que puede ser aire u otro) de espesor  $d$  y constante dieléctrica  $\epsilon$ .

Cuando se trata del aire, la constante dieléctrica es  $\epsilon_0$ .

La capacidad resulta ser:

$$C = \epsilon \times S / d$$

Lo que quiere decir que:

- Cuanto más alta sea la constante dieléctrica  $\epsilon$  (también llamada permitividad dieléctrica), mayor será la capacidad.

- Cuanto más superficie  $S$  tengan las armaduras, mayor capacidad.
- Cuanto más separadas estén las armaduras ( $d$  más grande), menor capacidad.

### Tipos de condensadores

Se diferencian unos condensadores de otros por el dieléctrico. Así, hay condensadores de aire, papel, mica, *styroflex*, electrolíticos, de tantalio, de policarburo, cerámicos.

Por la forma exterior: tubulares, cilíndricos, planos, de lenteja, de perla, *pin up*, pasachasis.

Hay, además, otra clasificación: fijos, variables y ajustables.

- **Condensadores fijos** son aquellos cuya capacidad se fija en la fábrica. Hay ocasiones en que se precisan condensadores cuya capacidad pueda ser regulada. Cuando disponen de un mando mecánico fácilmente accesible para tal fin, se llaman variables.

- **Condensadores ajustables** son un tipo especial de condensadores variables, generalmente de pequeña capacidad, cuyo mando mecánico es menos manejable, ya que, una vez ajustados, no suelen volverse a retocar. Incluso se fija el ajuste por medio de una gota de lacre o cera. Se les llama generalmente *padders* y *trimmers*.

Para conseguir que un condensador sea de capacidad variable, se puede hacer que varíe cualquiera de las tres magnitudes de las que depende la capacidad, como son: la superficie enfrentada de sus armaduras, la separación entre ellas o el dieléctrico (permisividad). Generalmente se varía la superficie, enfrentando más o menos las armaduras, por medio de un mando giratorio, aunque algunos *padders* varían la distancia.

### Limitaciones

En un condensador, las armaduras están separadas por un aislante, lo que imposibilita el paso de la corriente eléctrica (excepto en casos particulares). No obstante, no existe el aislante perfecto; por tanto, todo condensador llevará asociada una resistencia de

fugas, que dará idea de su mayor o menor calidad. Será tanto mejor cuanto menos fugas o pérdidas tenga (cuanto mayor sea su resistencia de fugas). Esta orientación se suele dar por medio de la tangente del ángulo de pérdidas.

Por otro lado, el grosor del dieléctrico condicionará la máxima tensión que puede soportar el condensador entre sus armaduras antes de que se perfora el mismo (la perforación se produce cuando salta una chispa entre las armaduras); una característica de cada aislante en particular es su campo de ruptura, expresado en tensión/ distancia; por ejemplo, el campo de ruptura del aire seco es de unos 30.000 V/ cm. Es decir, para que salte una chispa a 1 cm de distancia se necesita una diferencia de potencial de 30.000 voltios. Por lo tanto, el espesor y tipo de dieléctrico determinarán la máxima tensión admisible. Esta orientación, para cada condensador en particular, la proporciona el fabricante, indicando cuál es su tensión de trabajo.

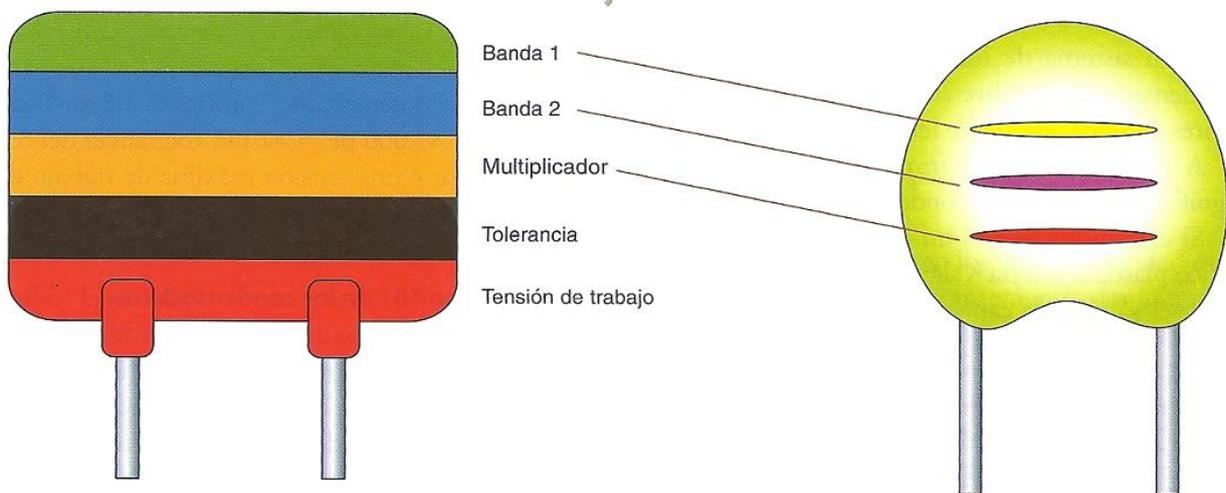
Las variaciones de temperatura alteran el comportamiento del dieléctrico, de tal manera que la

capacidad varía, aunque poco, con la temperatura. En aplicaciones en las que se requiera alta precisión habrá que tener esto en consideración. Así pues, otra característica de un condensador es el coeficiente de temperatura, que expresa la variación relativa de la capacidad sobre su valor nominal a temperatura ambiente, por cada grado de temperatura.

En los condensadores electrolíticos, debido al proceso químico de formación del dieléctrico, habrá que considerar, además, que tienen polaridad: el polo positivo del condensador debe ir conectado al positivo del circuito y, el negativo, al negativo del circuito.

### Código de colores en los condensadores

Algunos tipos de condensadores llevan sus datos impresos codificados con unas bandas de color. Esta forma de codificación es muy similar a la empleada en las resistencias, en este caso sabiendo que el valor queda expresado en picofaradios (pF).



En el condensador de la izquierda vemos:

- Verde, azul, naranja = 56.000 = pF = 56 nF, el color negro indica una tolerancia del 20% y el rojo una tensión máxima de trabajo de 250V.

En el condensador de la derecha vemos:

- Amarillo, violeta, rojo = 4.700 = pF = 47 nF, en este tipo de condensador no suele aparecer la tolerancia ni la tensión de trabajo.

## Inyección electrónica

Colores	Banda 1	Banda 2	Multiplicador	Tensión
Negro	-	0	x1	.
Marrón	1	1	x10	100V
Rojo	2	2	x100	250V
Naranja	3	3	x1.000	.
Amarillo	4	4	x10 <sup>4</sup>	400V
Verde	5	5	x10 <sup>5</sup>	.
Azul	6	6	x10 <sup>6</sup>	630V
Violeta	7	7	.	.
Gris	8	8	.	.
Blanco	9	9	.	.

Colores	Tolerancia (C > 10 pF)	Tolerancia (C > 10 pF)
Negro	+/- 20%	+/- 1 pF
Blanco	+/- 10%	+/- 1 pF
Verde	+/- 5%	+/- 0,5 pF
Rojo	+/- 2%	+/- 0,25 pF
Marrón	+/- 1%	+/- 0,1 pF

Otro sistema de inscripción del valor de los condensadores es sobre éstos, por medio de diferentes códigos, mediante letras impresas.

A menudo aparece impresa la letra K, que significa cerámico, en un condensador de tubo o disco.

Si el componente es un condensador de dieléctrico plástico, la letra K significa tolerancia del 10% sobre el valor de la capacidad.

Letra	
M	± 20%
K	± 10%
J	± 5%

Detrás de las letras figura la tensión de trabajo y delante de las mismas, el valor de la capacidad indicada en cifras.

### Ejemplo

Un condensador marcado con 0,047 J 630, tiene un valor de 47.000 pF = 47 nF, tolerancia del 5% sobre el valor y una tensión máxima de trabajo de 630V. También puede estar marcado por 4,7n J 630 ó 4n7 J 630.

- **Código 101 de los condensadores:** el código 101 es utilizado en los condensadores cerámicos como alternativa al código de colores. De acuerdo con este sistema se imprimen tres cifras, dos de ellas son las significativas y la última indica el número de ceros que deben añadirse a las precedentes, el resultado siempre se expresa en pF.

### Ejemplo

$$561 = 560 \text{ pF}$$

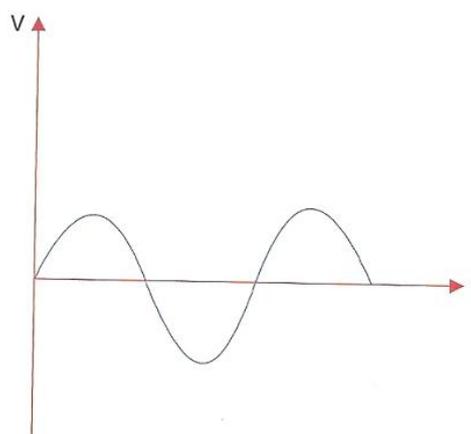
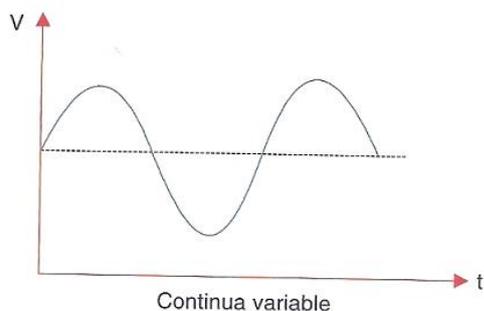
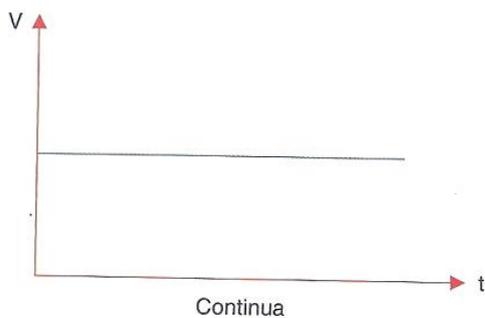
$$564 = 560.000 \text{ pF} = 560 \text{ nF}$$

$$403 = 40.000 \text{ pF} = 40 \text{ nF}$$

# Corriente alterna

Hasta ahora se ha considerado que la corriente eléctrica se desplaza desde el polo positivo al negativo del generador (la corriente electrónica o real lo hace al revés: los electrones se ven repelidos por el polo negativo y atraídos por el polo positivo).

En una gráfica en la que en el eje horizontal se expresa el tiempo y en el vertical la tensión en cada instante, la representación de este tipo de corriente será **continua** si el valor de la tensión es constante durante todo el tiempo como se muestra en la primera figura; y **corriente continua variable**, si el valor cambia a largo tiempo pero nunca se hace negativa como se muestra en la figura de abajo.



Corriente alterna

Existen generadores en los que la polaridad está cambiando de signo constantemente, por lo que el sentido de la corriente es uno durante un intervalo de tiempo, y de sentido contrario en el intervalo siguiente. En la figura de arriba, obsérvese que siempre existe paso de corriente; lo que cambia constantemente es el signo (el sentido) de ésta.

Naturalmente, para cambiar de un sentido a otro, es preciso que pase por cero, por lo que el valor de la tensión no será el mismo en todos los instantes. A este tipo de corriente se le denomina corriente alterna, y, por el mismo motivo, se habla de tensión alterna.

La corriente continua se abrevia con las letras C.C. (**corriente continua**) o D.C. (*Direct Current*), y

## Inyección electrónica

la alterna, por C.A. (**corriente alterna**) o A.C. (*Alternated Current*).

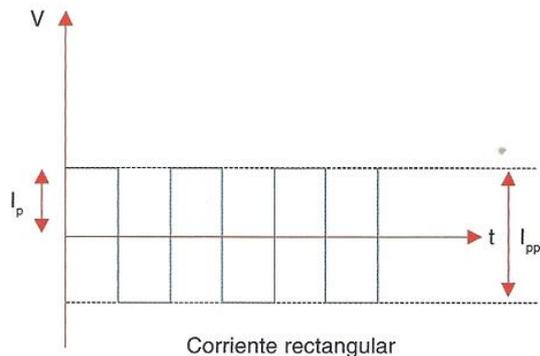
### Funciones periódicas

El caso más importante de corrientes alternas son las llamadas corrientes alternas periódicas, que son aquellas en las que los valores se repiten cada cierto tiempo.

El tiempo que tarda en repetirse un valor se llama **periodo** de la corriente, se expresa en unidades de tiempo y se representa por la letra  $t$ .

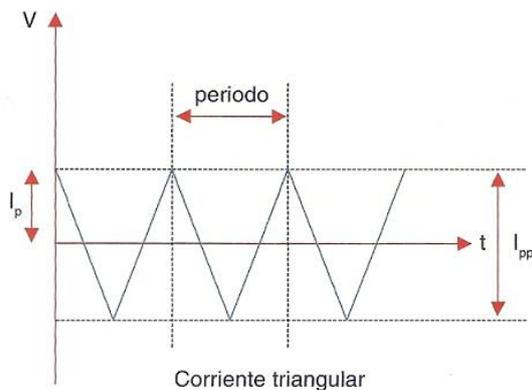
En las figuras se muestran varios tipos de corrientes alternas periódicas. Si en el eje horizontal se ha representado el tiempo, el **periodo** es el intervalo que hay entre dos puntos consecutivos del mismo valor.

Al máximo valor se le llama, precisamente, **valor máximo** o **valor de pico** o **valor de cresta**, o **amplitud**.



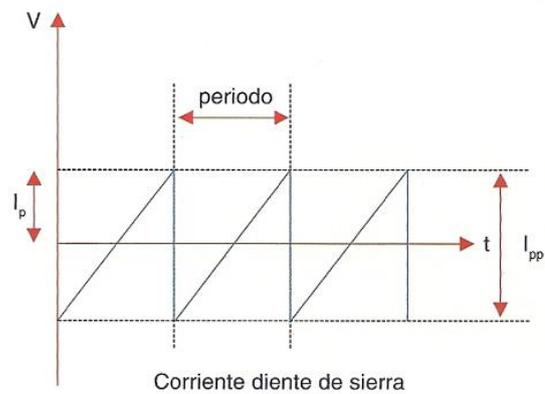
El punto en que toma el valor máximo se llama cresta o pico.

El punto en que toma el valor mínimo es el vientre o valle.

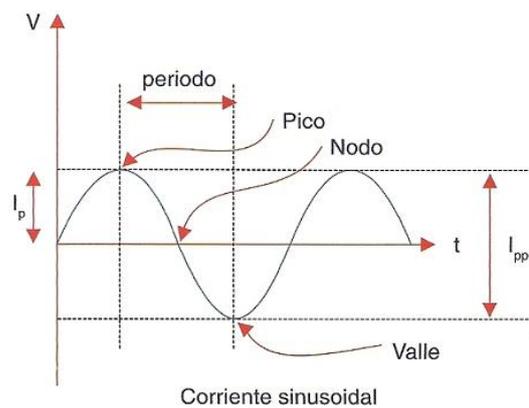


Los puntos en los que toma el valor cero se les llama nodos o ceros.

La forma más cómoda de medir el periodo es entre picos o valles o nodos.



La diferencia entre un pico y un valle da el valor de pico a pico que, naturalmente, será el doble del valor de pico.



El valor de la corriente en cada instante es el valor instantáneo. El número de alternancias o ciclos que describe la corriente en un segundo se le llama frecuencia y se expresa en  $c/s$  (ciclos por segundo) o Hertzios (Hz).

Los múltiplos más usuales del hertzio son:

- Kiloherzio (Khz) =  $10^3$  Hz (1.000 Hz)
- Megahertzio (Khz) =  $10^6$  Hz (1.000.000 Hz)
- Gigahertzio (Khz) =  $10^9$  Hz (1.000.000.000 Hz)

La frecuencia resulta ser la inversa del periodo:

$$f = 1 / T$$

$$T = 1 / f$$

### Corriente sinusoidal

La más importante de las corrientes alternas periódicas es la llamada corriente sinusoidal o senoidal, porque es la única capaz de pasar a través de resistencias, bobinas y condensadores sin deformarse.

Puede demostrarse que cualquier otra forma de onda se puede construir a partir de una suma de ondas sinusoidales de determinadas frecuencias.

Se llama sinusoidal porque sigue la forma de la función matemática seno.

Esta función es (si se trata de tensiones):

$$V_i = V_p \text{ sen } kt$$

O bien (si se trata de corrientes):

$$i_i = I_p \text{ sen } kt$$

Donde:

- $V_i$  es el valor instantáneo de la tensión, es decir, el valor en un determinado instante  $t$ .
- $i_i$  es el valor instantáneo de la corriente, es decir, el valor en un determinado instante  $t$ .
- $V_p$  es el valor de pico de la tensión, también llamado **amplitud de la tensión**.
- $I_p$  es el valor de pico de la corriente, también llamado **amplitud de la corriente**.
- $k$  es una constante propia de la corriente de que se trate, relacionada con la frecuencia, y cuya explicación se verá más adelante.
- $t$  es el tiempo expresado en segundos (para cada instante  $t$ , la tensión tendrá un valor).

