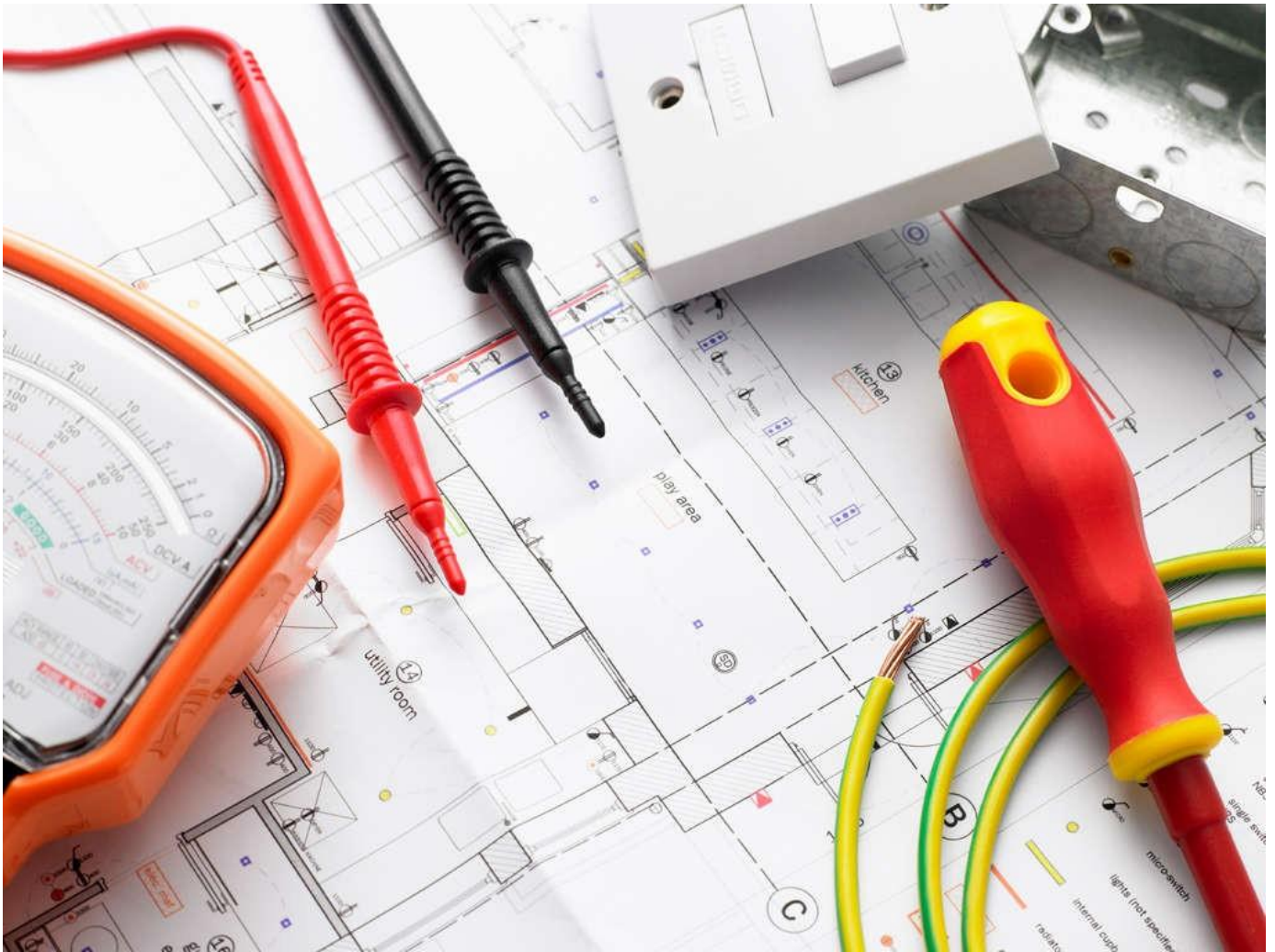


Apuntes de la Materia

# ELECTROTECNIA I



Profesor Ernesto Tolocka

Esta guía pertenece a:

## Relés y contactores

Una aplicación práctica directa del principio del electroimán es un dispositivo electromecánico muy utilizado llamado **relé** o **relay** en inglés, cuya estructura interna puede verse en la Fig. 4.22.

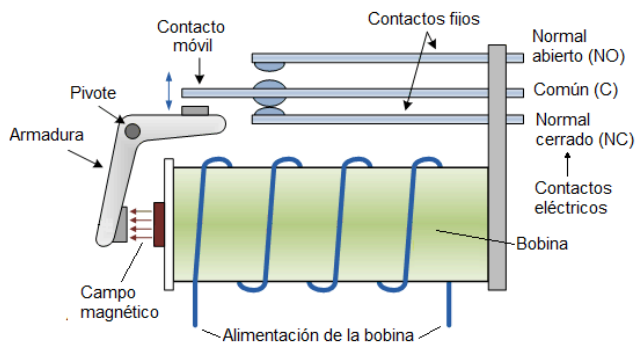


Fig. 4.22. Estructura de un relé

El relé está compuesto de una bobina de alambre arrollada sobre un núcleo magnético formando un electroimán, un grupo de contactos eléctricos llamados Común—C (Common), Normal Cerrado—NC (Normally Closed) y Normal Abierto—NA (Normally Open o NO). Entre ambos se ubica una pieza metálica llamada **Armadura** que se mueve alrededor de un punto fijo o **Pivote**. El funcionamiento es por demás simple: En estado de reposo, cuando no circula corriente por la bobina, los contactos están en su posición “Normal” respecto del común (Cerrado el NC y abierto el NA). Cuando circula corriente por la bobina, se activa el electroimán que atrae a la armadura. Cuanto esta gira alrededor del pivote, mueve los contactos cambiando su posición, abriendo el que estaba cerrado y cerrando el que estaba abierto. Si se quita la corriente, desaparece el campo magnético, la armadura vuelve a su posición y los contactos de nuevo a su posición “normal”.



Fig. 4.23. Distintos tipos de relés

El relé entonces no es otra cosa que un interruptor, que puede estar abierto o cerrado para permitir o no el paso de la corriente. La diferencia con un interruptor manual como los que usamos para prender las luces de nuestro hogar es que el relé se controla con la corriente que circula por la bobina. Esto permite controlar cargas que requieren mucha tensión o corriente (por ejemplo 220V y varios amperes) conectadas a los contactos, con un circuito que maneja tensiones y corrientes muy pequeñas (como 5 Voltios y algunos miliampe-

res) conectado a la bobina. Además, no hay ninguna conexión eléctrica entre el circuito de los contactos y el de la bobina, lo que brinda una aislación segura para manejar potencias elevadas desde circuitos más delicados.

En la Fig. 4.24 puede verse el símbolo empleado para representar un relé en un circuito. A la izquierda está la bobina con sus dos terminales y a la derecha los tres contactos: Común (C), Normal Abierto (NA) y Normal Cerrado (NC). La línea de puntos indica que es la bobina la que controla o “mueve” a los contactos.

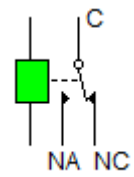


Fig. 4.24.

Existe una enorme variedad de relés, desde unos pequeños, que funcionan con 5 o hasta 3 voltios y son capaces de manejar un par de amperes, hasta los que admiten 220 Voltios y una decena de amperes. Los más pequeños se pueden soldar directamente en una plaqueta y los más grandes generalmente se “enchufan” en unos zócalos, lo que permite removerlos con facilidad ante algún desperfecto.



Fig. 4.25. Valores de tensión y corriente de un relé

En aplicaciones industriales se emplean los contactores, que son los “hermanos mayores” de los relés, adaptados para controlar tensiones trifásicas de 380 Voltios y corrientes que pueden llegar hasta los centenares de amperes.

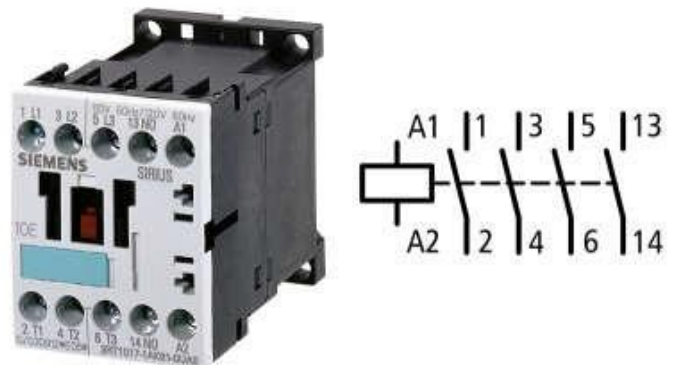


Fig. 4.26. Un contactor y su símbolo

En la Fig. 4.26 puede apreciarse un contactor y su símbolo. A1 y A2 son los terminales de la bobina, 1, 2, 3, 4, 5 y 6 los contactos principales o de potencia y 13 y 14 es un contacto auxiliar.

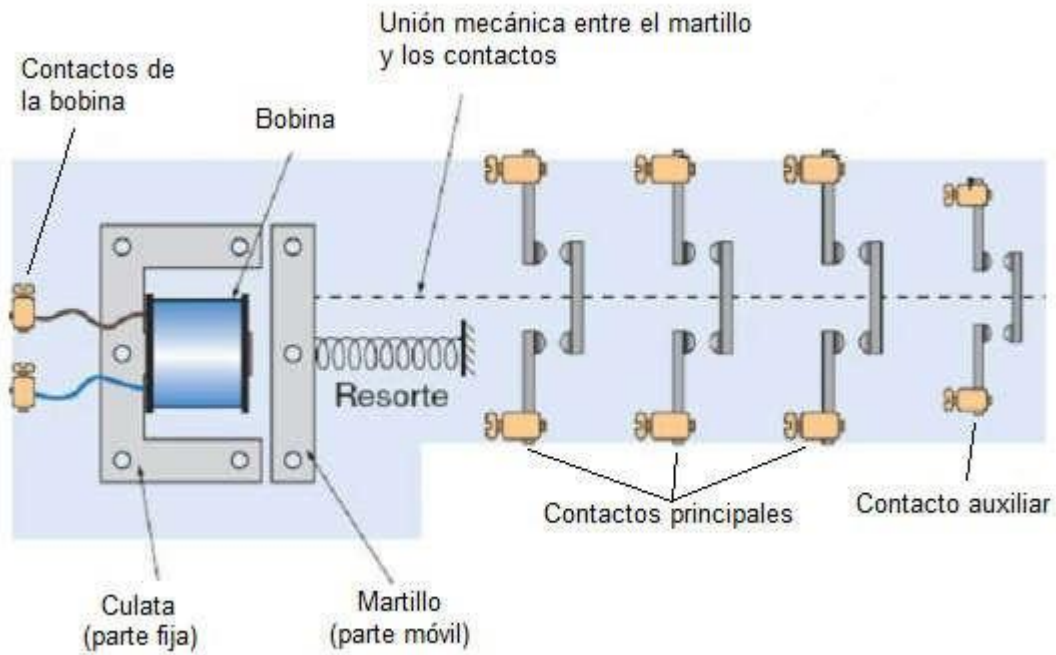


Fig. 4.27. Estructura interna de un contactor

En la Fig. 4.27. puede verse la estructura típica de un contactor. Consiste en un electroimán de dos partes, una fija o culata y una móvil o martillo. Cuando se hace pasar corriente por la bobina, el martillo se pega a la culata arrastrando a los contactos, que se cierran. Cuando se interrumpe la corriente, el resorte lleva el martillo a su posición de reposo y los contactos se abren.

### Electroválvulas

Una electroválvula es la combinación de una válvula para el control de un fluido tal como aire o agua con un mecanismo electromagnético que permite su cierre o apertura. Son muy utilizadas en una gran variedad de aplicaciones, desde el control del agua en un lavarropas hasta complejos sistemas de control neumáticos en la industria.



Fig. 4.28. Una electroválvula para el control de líquidos y su símbolo

### Sensor de efecto Hall

Existen ocasiones en las que es necesario medir la intensidad de un campo magnético, o al menos detectar su presencia, no tanto porque nos interese el campo magnético en si mismo sino porque nos ayuda, indirectamente, a medir o detectar otra magnitud. Tal es el caso por ejemplo de los automóviles, en los que un sensor de este tipo se emplea para medir velocidades de rotación o de posición o en la industria, donde se pueden medir corrientes elevadas sin tener ningún contacto con los conductores que la transportan.



Fig. 4.29. Sensor de efecto Hall usado en automóviles

Estos sensores basan su funcionamiento en materiales semiconductores como los que veremos en la unidad 6, que son capaces de detectar la presencia de un campo magnético. Cuando se usan para medir rotaciones, por ejemplo, se adosa a la pieza que gira un pequeño imán que pasa frente al sensor en cada vuelta. La electrónica del auto detecta la señal del sensor en cada vuelta del imán y así puede medir las RPM.

## 4.1. Inducción electromagnética

Comenzamos esta unidad mencionando el experimento que permitió a Oersted concluir que una corriente eléctrica producía un campo magnético. Años más tarde del logro de Oersted, en 1832, Michael Faraday descubrió el fenómeno inverso, que el magnetismo podía producir una corriente. Gracias a sus experimentos, Faraday descubrió que si movía un conductor en el interior de un campo magnético, circulaba por el mismo una corriente eléctrica. Lo mismo ocurriría si el conductor estaba quieto y quien se movía era la fuente del campo magnético, concluyendo que lo que importaba era el movimiento relativo entre el conductor y el campo magnético. A este fenómeno se le dio el nombre de **inducción electromagnética**.

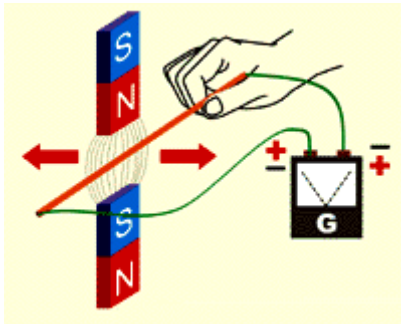


Fig. 4.30. Corriente inducida al moverse un conductor dentro de un campo magnético. Lo mismo ocurre si el que se mueve es el imán.

En la Fig. 4.30. puede verse un montaje similar al que empleó Faraday. Si se mueve el conductor de forma perpendicular a las líneas de fuerza del campo magnético, el instrumento indica la circulación de corriente. Si el conductor se mueve en sentido opuesto, el instrumento indica que la corriente tiene sentido de circulación opuesto. Si el conductor se mueve paralelo a las líneas de fuerza de manera que no la "corta" en su desplazamiento, la corriente se mantiene en cero. Si en vez de un conductor único se utiliza un arrollamiento con varias vueltas, la corriente es mayor y proporcional a la cantidad de vueltas.

### El alternador

La inducción electromagnética tiene numerosas aplicaciones prácticas, pero sin lugar a dudas la más importante es el alternador, un dispositivo empleado para la producción de energía eléctrica en grandes cantidades.

El principio de funcionamiento es muy simple y es una aplicación directa del principio de inducción que vimos en el punto anterior. Para explicarlo, veamos la Fig. 4.31. En ella, una espira se hace girar en el interior del campo magnético generado por un imán fijo. A medida que el arrollamiento gira, va cortando las líneas del campo magnético y produciendo corriente inducida, la que se extrae del dispositivo para su uso gracias a un par de escobillas.

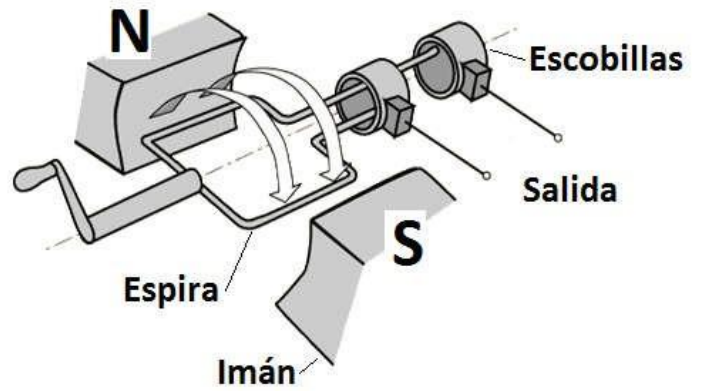


Fig. 4.31. Principio de funcionamiento del alternador

Veamos ahora que pasa a medida que la espira va girando en el interior del campo magnético, ayudándonos con la imagen de la Fig. 4.32.

Cuando el arrollamiento está en posición vertical (1), no corta líneas del campo y por lo tanto la corriente es cero. A medida que gira, la cantidad de líneas que corta va en aumento, alcanzando el máximo cuando se pone en posición horizontal (2). A partir de allí, la corriente decrece para hacerse otra vez cero (3) y luego se repite todo el ciclo pero cortando el campo en la dirección opuesta (4). Esta variación durante el giro hace la corriente de salida no sea constante sino que varíe según el ángulo entre el arrollamiento y las líneas de fuerza, produciendo de esta manera una corriente alterna senoidal.

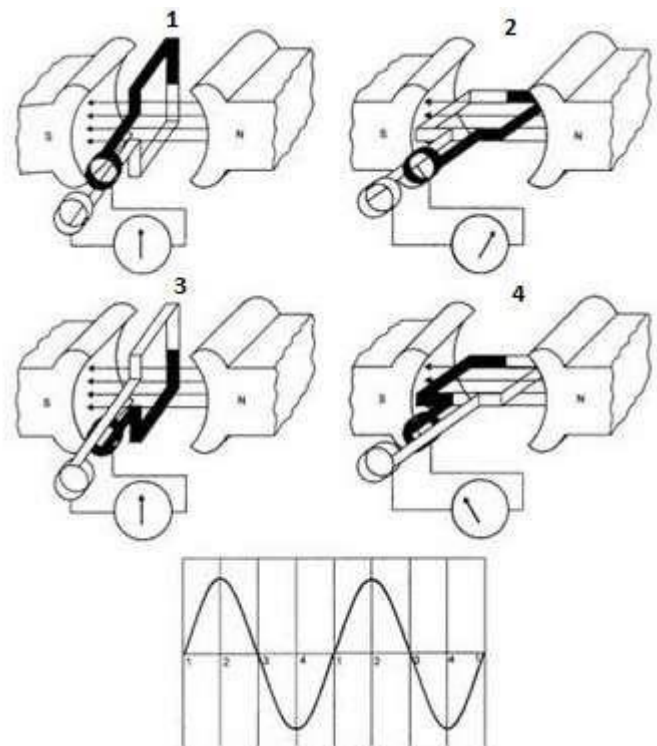


Fig. 4.32. Producción de una corriente alterna senoidal

Un alternador real tiene la forma que se muestra en la Fig. 4.33. Consta de una parte fija llamada inducido, donde se ubican los arrollamiento (espiras) y otra móvil denominada inductor que genera el campo magnético. El campo magnético no se produce con un imán sino con un electroimán, alimentado por una corriente continua de excitación por medio de escobillas. La ventaja de esta disposición es que las escobillas se emplean para alimentar el inductor con una corriente pequeña y no para extraer la energía generada que puede ser de miles de voltios y cientos de amperes.

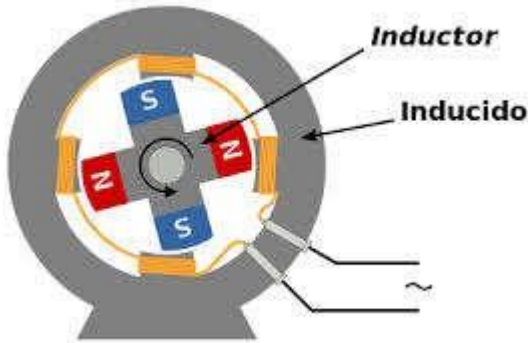


Fig. 4.33. Alternador de inducido fijo

### El transformador

Otra aplicación práctica de la inducción electromagnética es el transformador, que consiste en dos bobinados, uno llamado primario y otro secundario, arrollados sobre un núcleo común formado por chapas apiladas.

Si el bobinado primario, con  $N_p$  espiras o vueltas se conecta a una tensión alterna  $V_p$ , se generará un campo magnético variable que será "conducido" por el material ferromagnético del núcleo hasta el bobinado secundario, en donde se inducirá una tensión que podemos llamar  $V_s$ .

Si la cantidad de espiras o vueltas del secundario es  $N_s$ , en todo transformador se cumple la llamada "relación de transformación":

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} = m$$

Ejemplo:

Un transformador tiene 1500 vueltas en el primario y 150 vueltas en el secundario. Calcular la relación de transformación  $m$  y la tensión de secundario si el primario se conecta a 220V.

Solución:

$$m = N_p/N_s = 1500/150 = 10$$

$$V_s = V_p/m = 220V/10 = 22 \text{ Volts}$$

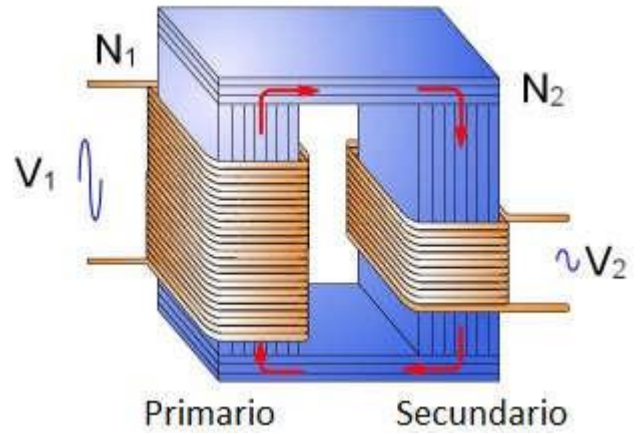


Fig. 4.34. Funcionamiento de un transformador

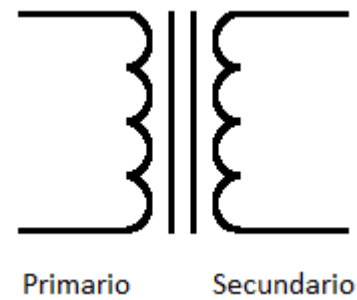


Fig. 4.35. Símbolo de un transformador

Si en el secundario del transformador se conecta una carga que produzca una circulación de corriente  $I_s$ , también aparecerá una corriente en el primario, que llamaremos  $I_p$ . Eso significa que se está entregando una potencia  $P_p$  al primario, y como en el transformador no se pierde ni se genera energía, esta potencia deberá ser la misma que sale por el secundario,  $P_s$ . (En realidad hay una pequeña pérdida, que se manifiesta por el calentamiento del transformador, pero para este análisis consideraremos un transformador ideal, sin pérdidas).

Esta propiedad del transformador lo hace particularmente útil en el transporte de energía eléctrica. En la Unidad 3 veremos que debido al Efecto Joule, cuando circula corriente por

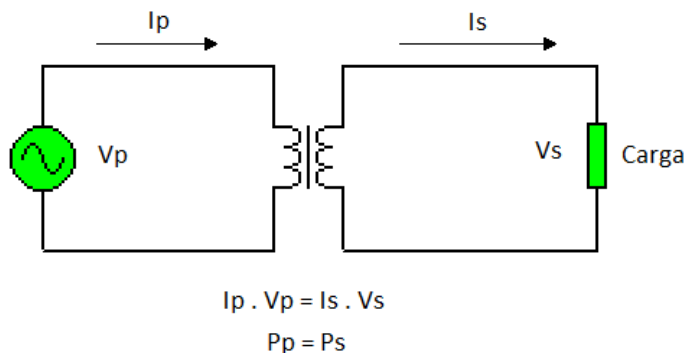


Fig. 4.36. En un transformador, la potencia de entrada (primario) es igual a la de salida (secundario)

un cable, se produce un aumento de la temperatura que puede llegar a ser peligroso y que para evitarlo debemos elegir cuidadosamente la sección del cable. Si una central eléctrica enviara a los centros de consumo (por ejemplo, una ciudad) la energía eléctrica en 220V, como la ciudad consume millones de watts (mega watts), la corriente sería de miles de amperes. Semejante corriente requeriría el uso de cables exageradamente gruesos y sumamente caros. Para evitar esto, en la central eléctrica se usa un transformador para elevar la tensión a un valor muy alto, por ejemplo 500.000 Volts. Como la potencia en el primario es igual que la del secundario, al aumentar la tensión disminuye la corriente, con lo que se puede usar cables de sección razonables. Luego, cuando la energía llega a la ciudad, se baja de 500.000 V a valores más pequeños con otro transformador.

Esta es la razón fundamental por la cual la energía eléctrica se genera y se transporta como Corriente Alterna en vez de Corriente Continua, ya que los transformadores funcionan con CC.

Ejemplo:

Si queremos transportar una potencia de 1 MW entre una central y una ciudad en forma directa, con una tensión de 220V, la corriente sería de:

$$P = V \cdot I, I = P / V$$

$$I = 1.000.000 \text{ (W)} / 220 \text{ (V)} = 4.545 \text{ A}$$

Un cable para transportar semejante corriente sería carísimo, pesado y totalmente impráctico.

En cambio, si elevamos la tensión a 500.000V con un transformador para transportarla y luego volverla a bajar, la corriente sería:

$$I = P / V = 1.000.000 \text{ (W)} / 500.000 \text{ (V)} = 2 \text{ A}$$

Un valor de corriente fácilmente manejable!



Fig. 4.37. Transformador usado en el transporte de energía eléctrica



Fig. 4.38. Transformadores de baja potencia

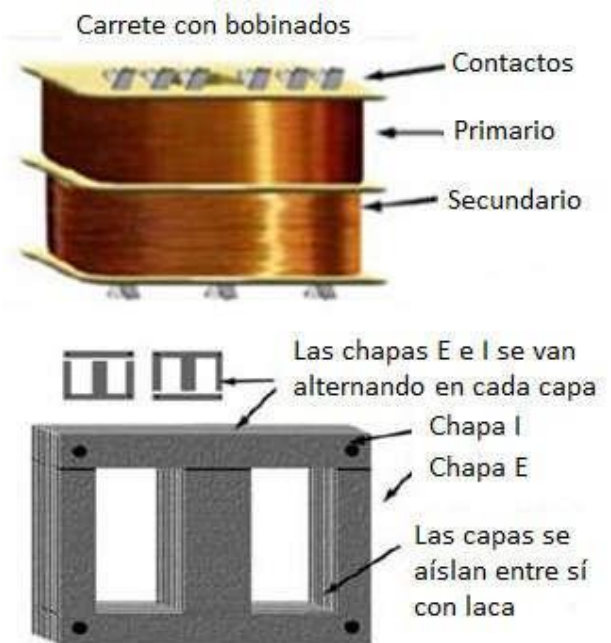


Fig. 4.39. Detalles del armado del núcleo de un transformador de baja potencia

## Motores eléctricos

Los motores eléctricos son otro excelente ejemplo de las aplicaciones prácticas de los fenómenos electromagnéticos, como la inducción. Básicamente tienen la función de convertir la energía eléctrica que se les suministra en energía mecánica, en la forma de un movimiento de rotación.

Existe una gran variedad de motores, para distintas aplicaciones. Puede hacerse una clasificación general a partir de la corriente que utilicen para trabajar, por lo que tenemos dos grandes grupos:

- Motores de corriente continua
- Motores de corriente alterna

## Motores de corriente continua

Para comprender el funcionamiento de un motor de CC veamos la imagen de la Fig. 4.40. Seguramente les recordará a la Fig. 4.23, que ilustra el funcionamiento del alternador, que produce una tensión al mover las espiras dentro del campo magnético. En el caso del motor se produce el fenómeno inverso: al hacer circular una corriente en las espiras a través de una pieza llamada Conmutador, se produce un campo magnético alrededor de las mismas que interactúa con el campo magnético fijo, generando una fuerza que produce un movimiento de rotación.

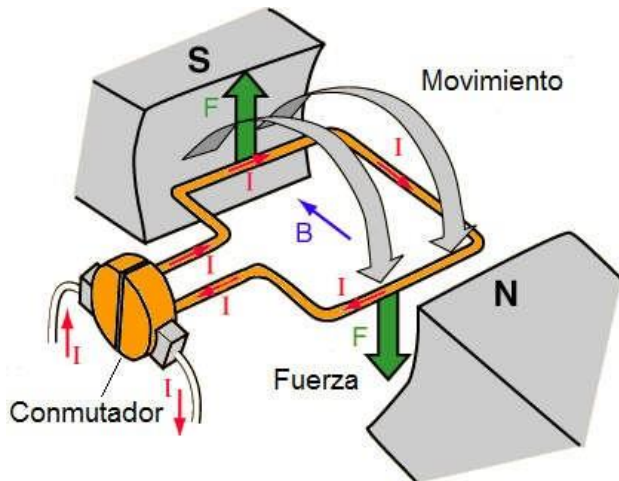


Fig. 4.40. Funcionamiento de un motor de CC

Los motores de CC se emplean generalmente en equipos portátiles alimentados por baterías, como en los levantavidrios de los autos, autos de juguetes, electrodomésticos, impresoras, etc. En un auto, el motor de arranque o "burro de arranque" es un motor de CC, alimentado por la tensión de la batería. En general en aplicaciones de mayor potencia, como las que requiere la industria, se hace uso de motores de corriente alterna.



Fig. 4.41. Dos motores de CC

Independientemente del tipo de motor que se trate, la parte que permanece fija se llama estator y la que se mueve, rotor.

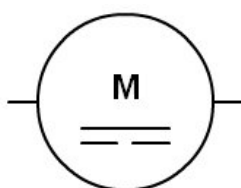


Fig. 4.42. Símbolo de un motor de CC

## Motores de corriente alterna

Como su nombre lo indica, son los motores que funcionan conectados a una tensión alterna. Los hay del tipo monofásicos, que se conectan a 220 Voltios, como los que están en las lavarropas, secarropas, cortadoras de césped, etc y los trifásicos que funcionan con 380 Voltios y se usan sobre todo en la industria.

Un tipo de motor trifásico muy común es el denominado "motor asíncrono con rotor en cortocircuito", también llamado "jaula de ardilla". Estos motores son relativamente baratos, fáciles de construir y también de mantener. Fueron diseñados por Nikola Tesla cerca de 1888.

Un motor asíncrono trifásico funciona gracias al fenómeno de inducción. Tiene un estator donde se alojan los bobinados y un rotor formado por barras conductoras de cobre o aluminio unidas en los dos extremos por discos conductores que las ponen en cortocircuito (de allí su nombre).

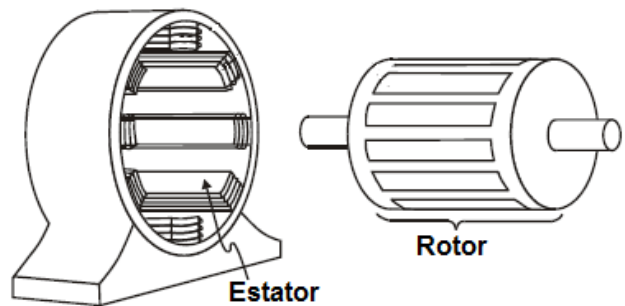


Fig. 4.43. Estructura de un motor asíncrono trifásico

Cuando los bobinados del estator se alimentan con corriente alterna trifásica, se produce un campo magnético giratorio, que arrastra al rotor y lo mantiene en movimiento.



Fig. 4.44. Aspecto de un motor asíncrono

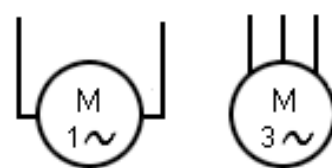


Fig. 4.45. Símbolos de un motor monofásico (izq) y trifásico (der)

## Autoinducción

Como ya vimos antes, Faraday descubrió que si se movía un conductor eléctrico en el interior de un campo magnético, aparecía en el conductor una tensión que denominó **tensión inducida**. El fenómeno también se producía si el conductor estaba quieto y era el imán productor del campo magnético el que se movía. El mismo efecto se logra si se mantiene fijo el conductor y se genera un campo magnético variable, por ejemplo, como resultado de una corriente también variable. Este es el principio de funcionamiento del **transformador**, que también vimos antes.

Ahora pensemos en un arrollamiento único que es atravesado por una corriente variable en el tiempo. Esta corriente producirá un campo magnético también variable. Pero, las líneas de fuerza de ese campo atraviesan al mismo arrollamiento, ¿existe una tensión inducida?

La respuesta es si, en una bobina por la que circula una corriente variable se induce una tensión. Esto se llama autoinducción y la tensión que se induce en la bobina tiene la importante propiedad de que se opone a los cambios de la corriente que la produce.

## Inductancia

La tensión autoinducida depende de dos factores: la velocidad con que cambia el campo magnético (mientras más rápido cambie, mayor será la tensión) y de las características físicas y geométricas de la bobina, que se resumen en un valor llamado **inductancia**, que se simboliza con la letra  $L$  y se mide en Henrys (H) (también se usa la versión castellanizada de Henrys).

Todo conductor tiene inductancia, la que crece si la longitud es importante o si está arrollado en forma de un bobinado. La inductancia puede ser inconveniente, por su oposición a las variaciones de la corriente, por ejemplo en los motores eléctricos, donde los bobinados pueden alcanzar una inductancia importante.

## Inductores

La inductancia puede ser un problema, pero también puede ser aprovechada en los circuitos eléctricos y electrónicos. Para ello, se construyen los llamados inductores, que materializan la propiedad de la inductancia (como los resistores la resistencia y los condensadores la capacidad).

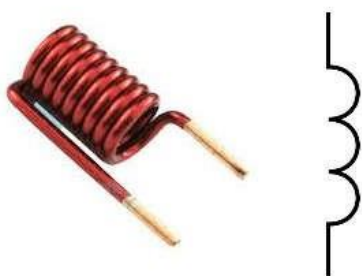


Fig. 4.46. Inductor con núcleo de aire y su símbolo

El inductor más sencillo es una simple bobina de alambre con núcleo de aire, pero para lograr mayores valores de inductancia se suelen fabricar inductores con núcleo de material ferromagnético, como ferrita o hierro.



Fig. 4.47. Inductores con núcleo de hierro y su símbolo

También se emplean núcleos con forma toroidal, que tienen la ventaja de concentrar el flujo en el núcleo, ya que está cerrado, lo que aumenta aún más la inductancia.



Fig. 4.48. Inductor toroidal

# UNIDAD 5. CORRIENTE ALTERNA

## 5.1. Corriente alterna

La corriente eléctrica consiste en el movimiento de cargas eléctricas dentro de un conductor. Si las cargas se mueven siempre en el mismo sentido, se dice que la corriente es **continua**. Si en cambio las cargas se mueven alternativamente en un sentido y luego en el opuesto, decimos que la corriente es **alterna**.

<b>Corriente eléctrica</b>	<b>Continua (CC)</b>	<b>Circula siempre en el mismo sentido</b>
	<b>Alterna (CA)</b>	<b>Cambia constantemente de sentido</b>

Fig. 5.1 Corriente alterna y continua

Las **pilas de una linterna o la batería del celular** son ejemplos de fuentes de **corriente continua**. Los **tomas** donde enchufamos un televisor o una heladera en nuestra casa proveen **corriente alterna** que es suministrada por la empresa de electricidad.

### Símbolos y denominación

La corriente continua se designa por las letras CC o DC (del inglés Direct Current).

La corriente alterna se designa por las letras CA o AC (del inglés Altern Current).

Los símbolos para representar cada una son los siguientes:

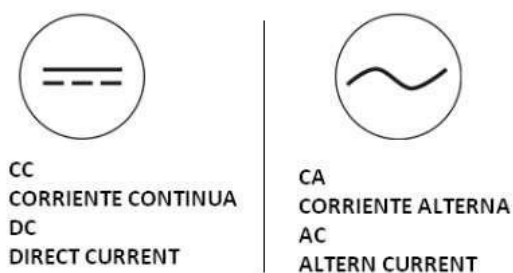
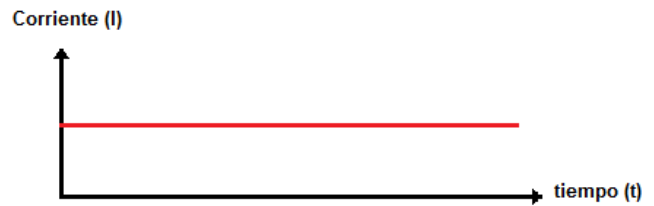


Fig. 5.2. Símbolos usados para representar CC y CA

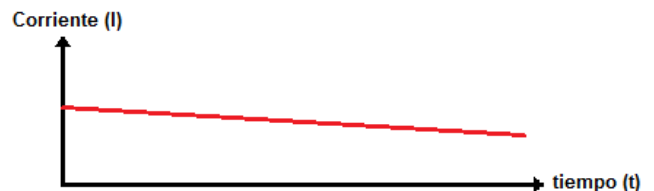
### Formas de onda

Si representamos gráficamente la variación de la corriente a lo largo del tiempo, la **Corriente Continua** se verá como una línea recta o no (según sea constante o no) pero que siempre está por **sobre la línea del eje horizontal** porque siempre circula en la misma dirección.

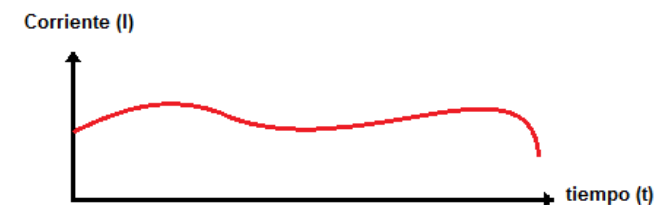
La gráfica de la **Corriente alterna**, en cambio, **cruza el eje horizontal, porque cambia su sentido de circulación**. Por arriba del eje tiene valores positivos (+) y por debajo valores negativos (-).



Corriente continua ideal, su valor nunca cambia con el tiempo



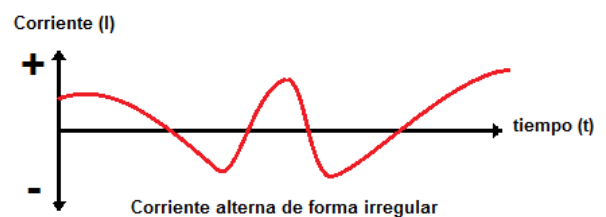
Corriente continua que decrece con el tiempo (por ej. descarga de una pila)



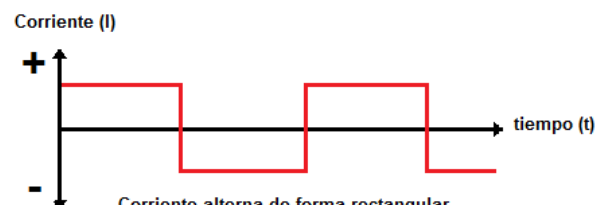
Corriente continua cuyo valor cambia con el tiempo

Fig. 5.3. Formas de onda de CC

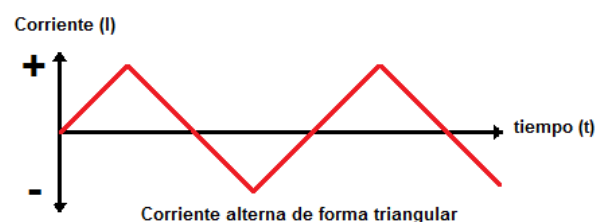
La **forma en la que la corriente varía con el tiempo se llama forma de onda**. En la imagen 5.4. hay tres formas de onda diferentes: de una alterna irregular, de una rectangular y la última triangular.



Corriente alterna de forma irregular



Corriente alterna de forma rectangular



Corriente alterna de forma triangular

Fig. 5.4. Formas de onda de CA

Estas gráficas de las formas de onda no son sólo representaciones teóricas. Con la ayuda de un instrumento especial llamado osciloscopio podemos ver en la realidad de que forma varía la corriente.



Fig. 5.5. Un osciloscopio mostrando formas de onda en su pantalla

## 5.2. La corriente alterna senoidal

De entre las infinitas formas que puede tener una corriente alterna, la mas importante es la llamada **senoidal**. Su nombre se debe a que coincide con la representación gráfica de la función matemática seno.

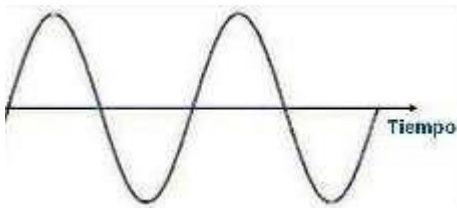


Fig. 5.6. Corriente alterna senoidal.

### Valores característicos

Como ya vimos, la forma de onda mas común de la corriente alterna es la senoidal. Veamos ahora algunos valores característicos de una onda de este tipo.

#### Valor máximo

Es el valor mas alto que puede alcanzar la tensión o la corriente. Se lo representa como  $V_{m\acute{a}x}$ . Como es el punto mas alto de la curva, también se lo suele denominar Valor pico.

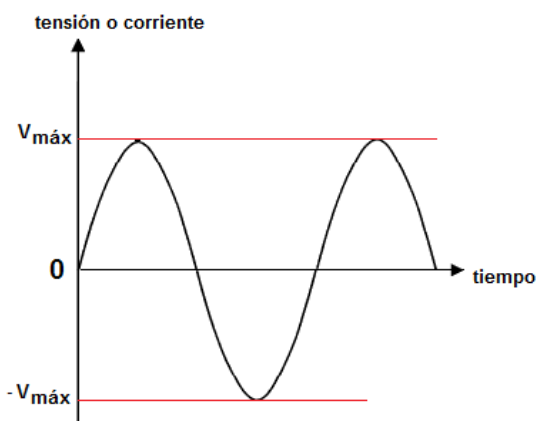


Fig. 5.7. Valor máximo o pico

Al ser la forma de onda alterna y cambiar constantemente de sentido, alcanza un valor máximo positivo ( $V_{m\acute{a}x}$ ) para luego invertir su valor y alcanzar un valor máximo negativo ( $-V_{m\acute{a}x}$ ).

#### Valor eficaz

El valor eficaz de una corriente alterna es **aquel valor que produce el mismo efecto térmico sobre una resistencia que una corriente continua de igual valor.**

La relación entre el valor máximo ( $V_{m\acute{a}x}$ ) y el Valor eficaz es la siguiente:

$$V_{eficaz} = \frac{V_{m\acute{a}x}}{\sqrt{2}}$$

Gráficamente, el valor eficaz se sitúa por debajo del valor máximo o pico:

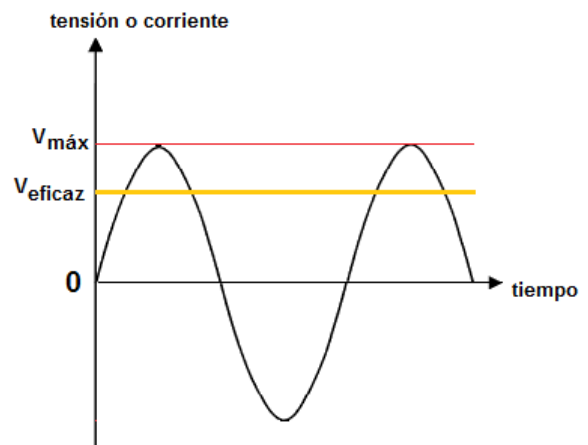


Fig. 5.8. Valor eficaz

#### Ejemplo:

Calcular el valor eficaz de una tensión alterna con un valor máximo de 100 Voltios

$$V_{eficaz} = \frac{V_{m\acute{a}x}}{\sqrt{2}} = \frac{100\text{ V}}{1,41} = 70,9\text{ Volts}$$

Esto significa que la tensión alterna de 100 Voltios máx produce el mismo efecto térmico (calor) en una resistencia que una corriente continua de 70,9 Voltios.

El valor eficaz es muy utilizado en corriente alterna. De hecho, **si no especificamos nada**, cuando damos un valor de tensión o de corriente, se asume que **estamos hablando del valor eficaz**. Por ejemplo, cuando decimos que un aparato eléctrico funciona con 220 Voltios, estamos hablando de 220 Voltios eficaces. En inglés, el valor eficaz se denomina **RMS**.

## Ciclos y semiciclos

La corriente alterna cambia constantemente su valor. Comienza en cero, crece hasta un máximo positivo, luego decrece y llega a cero, alcanza un máximo negativo y luego otra vez cero, repitiéndose esto indefinidamente. Cada repetición, desde el inicio en cero hasta que vuelve al punto de partida se llama ciclo. La mitad de un ciclo se denomina semiciclo.

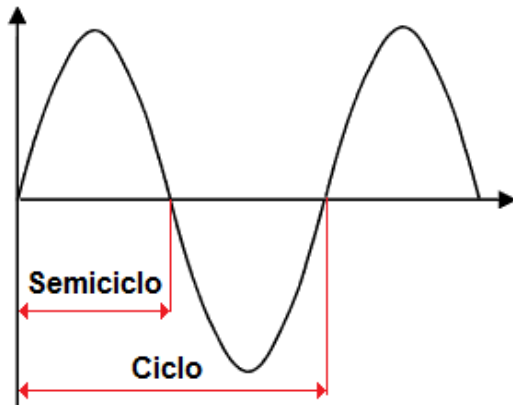


Fig. 5.9. Ciclo y semiciclo de una onda senoidal

Los semiciclos por sobre la línea horizontal se llaman **semiciclos positivos** y los que están por debajo, **semiciclos negativos**.

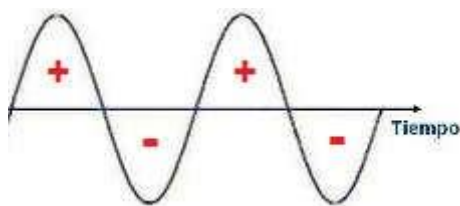


Fig. 5.10. Semiciclos positivos y negativos

## Período y frecuencia

El tiempo que dura un ciclo completo se llama **período** y se mide en segundos o sus submúltiplos (milisegundos, microsegundos, etc). Se representa con la letra T.

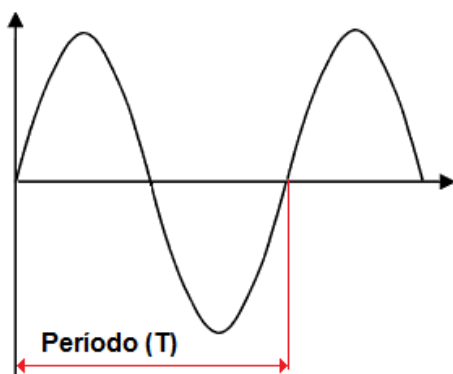


Fig. 5.11. Período de una onda senoidal

La cantidad de ciclos que entran en un segundo se denomina **frecuencia**. Se la representa con la letra *f* y se mide en Hertz (Hz).

La frecuencia es la inversa del período:

$$f = \frac{1}{T}$$

Para aclarar esta idea, veamos las imágenes de la Fig. 5.12. En la primera, en un tiempo de 1 segundo entra un solo período. En la segunda entran dos y en la tercera 4.

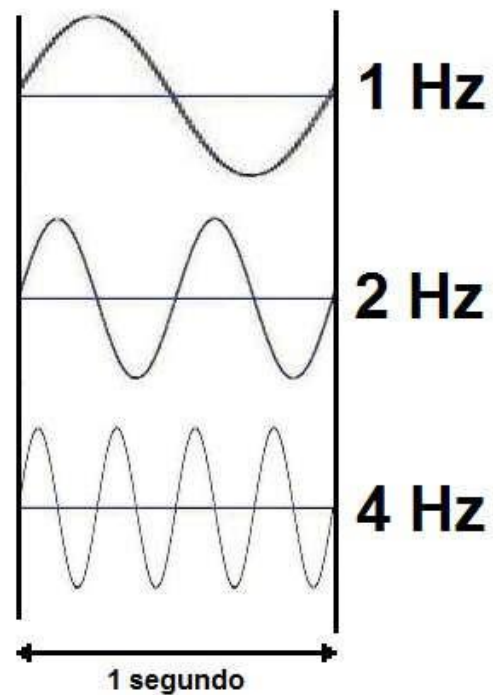


Fig. 5.12. Ondas senoidales de distintas frecuencias

En el primer caso la frecuencia es de 1 Hz (Hertz), en el segundo 2 Hz y en el tercero 4 Hz.

La corriente alterna que se utiliza en la República Argentina tiene 50 Hz, es decir, 50 ciclos por segundo. Como el período es la inversa de la frecuencia,  $T = 1/f = 1/50 = 0,02$  segundos o 20 milisegundos.

Ejemplo:

Calcula el período de una onda senoidal con una frecuencia de 100 Hertz.

Solución:

$$T = 1/f = 1/100 = 0,01 \text{ segundos}$$

## 5.1. Alterna trifásica

La tensión alterna que vimos hasta aquí, se genera en alternadores como los que estudiamos en la Unidad 4, en los que un bobinado gira en el interior de un campo magnético. Esta tensión se llama **monofásica** y es la que se encuentra habitualmente en las instalaciones eléctricas hogareñas.

Sin embargo, la tensión alterna monofásica no es la mas apropiada para aplicaciones industriales, donde hace falta mucha potencia. En esos casos se emplea la tensión alterna trifásica, que se produce de manera similar, pero con un alternador que tiene tres bobinados en vez de uno sólo, desplazados  $120^\circ$  entre ellos, por lo que produce no una onda senoidal sino tres, “corridas” o desfasadas entre ellas.

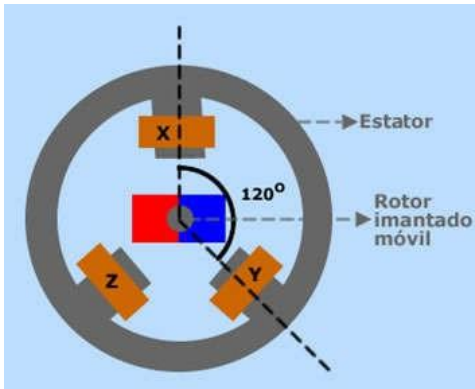


Fig. 5.13. Esquema de un alternador trifásico

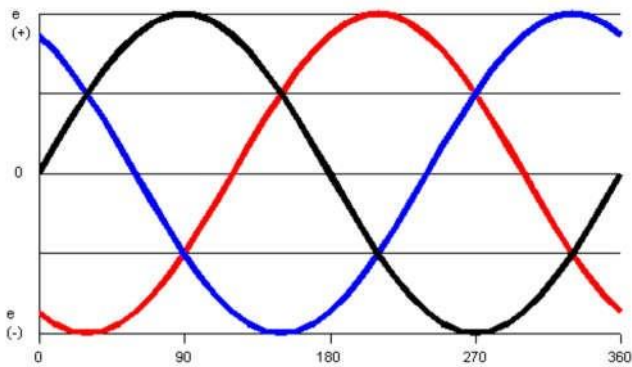


Fig. 5.14. Tensiones en un sistema trifásico

Eléctricamente podemos pensar en que la tensión trifásica es producida por tres generadores interconectados y con un punto en común. Cada generador tiene una salida denominada “fase” e identificada con alguna de las letras “R”, “S” o “T” y el punto común se denomina “neutro”.

Según la norma IRAM 2183, las distintas conexiones de un sistema trifásico deben ser hechas con los siguientes colores:

Fase R: Marrón

Fase S: Negro

Fase T: Rojo

Neutro: Celeste

Conductor de protección o “tierra”: Verde y amarillo

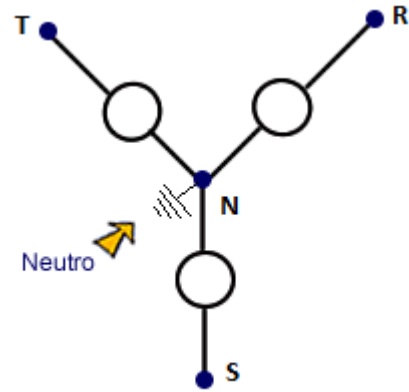


Fig. 5.15. Un sistema trifásico como tres generadores independientes

Para las fases se admiten otros colores, pero nunca pueden ser verde, amarillo o celeste. En instalaciones monofásicas se pueden usar cualquiera de los tres colores de las fases, pero se prefiere el Marrón.

Para recordar los colores y su orden se puede emplear la siguiente regla nemotécnica: MA-NE-RO (Marrón, Negro, Rojo).

En todo sistema trifásico aparecen dos valores de tensión diferentes, la tensión de línea y la tensión de fase.

Tensión de fase: Medida entre cualquier fase y el Neutro.

Tensión de línea: Medida entre dos fases cualquiera.

En nuestro país la tensión de fase es de 220V y la tensión de línea de 380V.

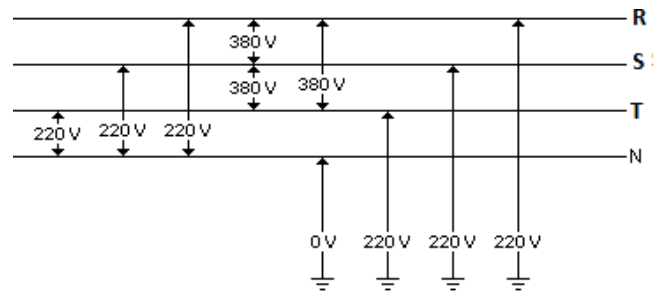


Fig. 5.16. Tensiones de fase y línea

Las empresas que distribuyen energía eléctrica lo hace utilizando un sistema trifásico, porque es mas eficiente. En el caso de una vivienda, la “bajada” o acometida de la red se hace empleando una sola fase de las tres y el neutro, teniendo entonces la tensión de fase en la instalación interna, o sea, 220V.

# UNIDAD 6. INTRODUCCIÓN A LA ELECTRÓNICA

## 6.1. Electrónica

La **electrónica** es el campo de la física que estudia el diseño y aplicación de dispositivos cuyo funcionamiento depende del flujo de electrones para la generación, transmisión, recepción o almacenamiento de información. Esta información puede consistir en **voz** o **música** como ocurre en un receptor de radio, en **imágenes**, como en la televisión, o en **datos** como los que maneja una computadora.

Para controlar los electrones que representan a la información, los circuitos electrónicos utilizan una serie de componentes sumamente simples, pero que se pueden combinar de muchas formas diferentes para resolver distintas situaciones. Esto permite que la electrónica esté hoy presente en prácticamente todos los ámbitos de nuestra vida, desde los teléfonos a los autos, de la computadora a los equipos médicos, etc.

Los componentes electrónicos se pueden dividir en dos tipos:

**Componentes activos:** Son aquellos que proveen algún tipo de tensión o corriente o sirven para controlarla. Son componentes de este tipo las fuentes de alimentación y los distintos dispositivos semiconductores que veremos más adelante.

**Componentes pasivos:** Son los que interconectan a los componentes activos, transmitiendo tensión y corriente o modificando su nivel. Dentro de esta categoría veremos los resistores y los condensadores.

## 6.2. Resistores

En la Unidad I, cuando estudiamos la resistencia eléctrica de los materiales, vimos que existían unos componentes denominados resistores o más comúnmente resistencias, cuya principal función era limitar los valores de corriente en un circuito. Veamos ahora un poco más en detalle este componente.

### Unidad de medida

La resistencia eléctrica se mide en OHM, por lo tanto el valor de los resistores se mide en la misma unidad y se simboliza también con la letra griega OMEGA ( $\Omega$ ).

Los resistores tienen valores comprendidos entre menos de 1 ohm y varios millones de ohms y no es fácil mostrar en un diagrama todos los ceros que tiene una resistencia de alto valor. Escribir 220.000 ohms o 10.000.000 ohms puede ser difícil. Para resolver el problema, se utilizan los términos Kilo y Mega con sus respectivas letras K y M para indicar los múltiplos de miles y millones. La letra K significa mil unidades y equivale a tres ceros (000) después del primer número. La letra M significa un millón de unidades y equivale a seis ceros (000000) después del primer número.

Así, en cambio de escribir 22.000 ohms escribimos 22 Kohm o simplemente 22K $\Omega$ . Este valor se puede leer como 22 Kilo ohms o simplemente como 22K. Para escribir 5.600.000 ohms se puede indicar como 5.6 M  $\Omega$  y se lee como 5 punto 6 Megas.

Ejemplos: 47K serían 47.000 o 47 Kilo ohms, 10M  $\Omega$  serían 10.000.000 $\Omega$  o 10 Megaohms.

¿Cómo se leería una resistencia de 4.7K? Es sencillo, corremos el punto decimal tres lugares, quedando 4.700 $\Omega$

### Otros parámetros de las resistencias

En la unidad 3 vimos el Efecto Joule y que al circular la corriente por un elemento eléctrico, como una resistencia, parte de la energía eléctrica se transforma en calor alrededor de la misma. Para que la resistencia no se dañe, debe estar construida de manera de poder soportar esa cantidad de calor.

Las resistencias comerciales, además de su tipo, y su valor en ohms, se diferencian por su capacidad para soportar el calor que desarrollan sin deteriorarse. Este parámetro se denomina potencia de la resistencia y se mide en vatios. En los circuitos electrónicos se utilizan resistencias de baja potencia, como las de 1/8, 1/4, 1/2, 1 y 2 vatios. En otras aplicaciones es común encontrar resistencias de potencia más elevada, como 5, 10, 15, 20 y 50 vatios. El tamaño físico de las resistencias depende de la potencia que son capaces de soportar, siendo las más grandes las de mayor valor.

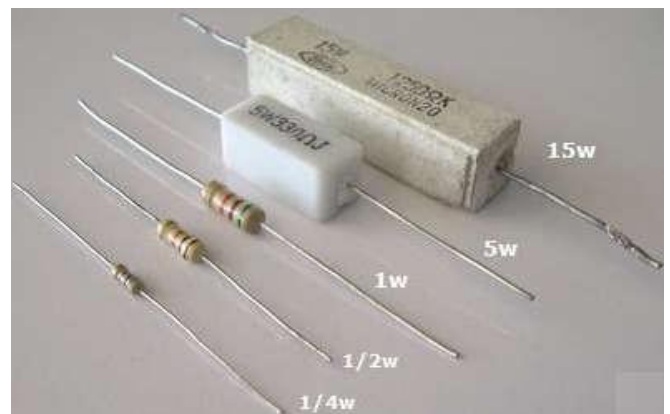


Fig. 6.1. Resistencias de distintas potencias

## Tipos de resistencias

Las resistencias están construidas con diferentes materiales resistivos, en diversos tipos, formas y tamaños dependiendo de su aplicación y se clasifican en dos grandes grupos, resistencias fijas y resistencias variables.

### Resistencias fijas

A este grupo pertenecen todas las resistencias que presentan un mismo valor sin que exista la posibilidad de modificarlo a voluntad.

De acuerdo con su material de construcción las resistencias fijas se clasifican en dos grandes grupos principales:

- De carbón
- De alambre

### Resistencias de carbón

Hay dos tipos de resistencias fijas de carbón, las aglomeradas y las de capa o película. En las aglomeradas, el elemento resistivo es una masa homogénea de carbón, mezclada con un elemento aglutinante y fuertemente prensada en forma cilíndrica. Los terminales se insertan en la masa resistiva y el conjunto se recubre con una resina aislante de alta disipación térmica.

En el caso de las resistencias de capa o película, el método de fabricación consiste en recubrir un tubo o cilindro de porcelana con una capa o película de carbón, o haciendo una ranura en espiral sobre la porcelana y recubriéndola luego con la película de carbón, quedando parecida a una bobina. Estas son las resistencias de baja potencia como las de 1/8, 1/4, 1/3, 1/2, 1 y 2 vatios.



Fig. 6.2. Resistencia de Carbón

### Resistencias de alambre

Se construyen con un alambre de aleación de níquel y cromo u otro material con características eléctricas similares. El alambre se enrolla sobre un soporte aislante de cerámica y luego se recubre con una capa de esmalte vítreo, con el fin de proteger el alambre y la resistencia contra golpes y corrosión.

Son resistencias hechas para soportar altas temperaturas sin que se altere su valor. Por tanto, corresponden a las potencias altas como 5, 10, 20, 50 y más vatios.



Fig. 6.3. Resistencia de alambre

## Resistencias variables

Son aquellas resistencias cuyo valor en ohmios puede ser variado dentro de un rango ya sea de forma manual o mediante algún estímulo externo tal como la luz, el calor, el sonido, el voltaje, etc.

### Los potenciómetros

Los potenciómetros son resistencias variables ampliamente utilizadas cuyo valor se puede ajustar a voluntad por medio de un eje o tomillo. En la figura 6.4. podemos observar los principales tipos de potenciómetros empleados en estos circuitos..

La aplicación más conocida de los potenciómetros la tenemos en los controles de volumen y tonos (altos y bajos) en los aparatos de sonido, en los ecualizadores o en el control de brillo y contraste en los televisores.

Los potenciómetros se fabrican depositando una capa de carbón sobre una sección circular o rectangular de fibra o material compacto y aislante. Un eje en el centro permite que un contacto móvil se deslice a través de la sección resistiva.



Fig. 6.4. Potenciómetros

### Presets y Trimpots

Los presets y trimpots son una variedad de resistencias variables que se diferencian de los potenciómetros en que no tienen un eje que permita cambiar su valor. Por el contrario, tienen una pequeña muesca o la cabeza de un tornillo para poder variarlo con un destornillador. A diferencia de los potenciómetros, que se emplean para cambiar algún valor por parte del usuario de un aparato, los presets y trimpots se usan para calibrar un parámetro de forma interna en aparatos o equipos electrónicos.

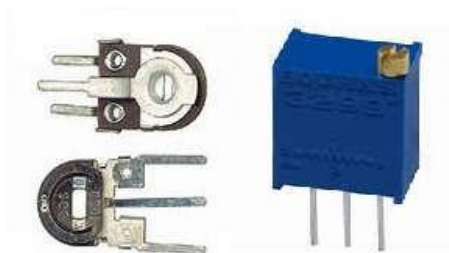


Fig. 6.5. Presets a la izquierda, trimpot a la derecha

## El código de colores

En las resistencias de alambre o de carbón de 1 vatio en adelante es fácil escribir el valor en su cuerpo, ya que tienen gran tamaño, pero para las resistencias de menor potencia esto es imposible, debido a su reducido tamaño.

Para las resistencias pequeñas de carbón y película de carbón, existe un método de identificación muy versátil llamado el código de colores. Este método, que utiliza cuatro o cinco líneas de colores pintadas alrededor del cuerpo de la resistencia, sirve para indicar su valor en Ohms y su precisión.

En este código, cada color corresponde a un número en particular. Si bien hay sistemas de 4 y 5 bandas, nosotros estudiaremos en esta guía sólo el de 4 bandas.

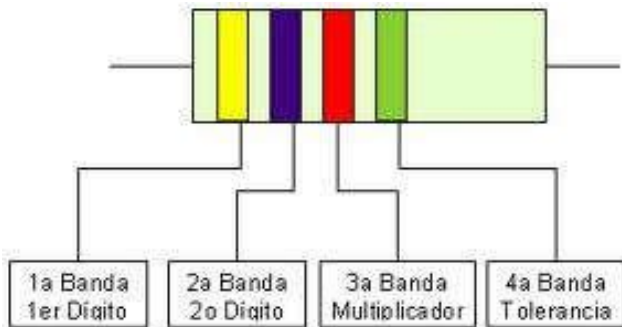


Fig. 6.6. Bandas de colores en una resistencia

Para leer el código de colores de una resistencia, ésta se debe tomar en la mano y colocar de la siguiente forma: la línea o banda de color que está más cerca del borde se coloca a la izquierda, quedando generalmente a la derecha una banda de color dorado o plateado.

Leyendo desde la izquierda, el color de la primera banda es el primer dígito del valor, el segundo color es el segundo dígito, el tercer color es el número de ceros o multiplicador, y la cuarta línea o banda es la tolerancia o precisión. El concepto de tolerancia lo explicaremos más adelante.

Cuando leemos el código de colores debemos recordar:

- La primera banda representa el primer dígito.
- La segunda banda representa el segundo dígito.
- La tercera banda representa el número de ceros que siguen a los dos primeros dígitos. (Si la tercera banda es negra no hay ceros en el número, si esta banda es dorada se divide por 10 y si esta banda es plateada se divide por 100).
- La cuarta banda representa la tolerancia. Esta es usualmente dorada que representa un 5%, plateada que es del 10%, marrón indica el 1%, el rojo indica un 2%, verde un 0,5% y si no tiene banda es del 20%.

## Ejemplos:

Marrón, Negro, Rojo, Plata = 10 00 ohms. 10% Tolerancia

Naranja, Gris, Negro, Oro = 39 ohms. 5% Tolerancia

Verde, Azul, Amarillo, Plata = 560.000 ohms. 10% Tolerancia

Marrón, Verde, Rojo (sin banda) = 1500 ohms. 20% Tolerancia

COLORES	Banda 1	Banda 2	Banda 3	Multiplicador	Tolerancia
Plata				x 0.01	10%
Oro				x 0.1	5%
Negro	0	0	0	x 1	
Marrón	1	1	1	x 10	1%
Rojo	2	2	2	x 100	2%
Naranja	3	3	3	x 1000	
Amarillo	4	4	4	x 10000	
Verde	5	5	5	x 100000	0.5%
Azul	6	6	6	x 1000000	
Violeta	7	7	7		
Gris	8	8	8		
Blanco	9	9	9		
--Ninguno--	-	-	-		20%

Fig. 6.7. Código de colores de las resistencias

## Tolerancia

Se ha mencionado que la cuarta banda indica la tolerancia de la resistencia. Esta tolerancia o precisión significa que el valor real no es necesariamente el mismo que indica el código de colores. Un 10% de tolerancia significa que el valor real puede ser un 10% mayor o menor que el valor que indica el código.

Por ejemplo, para una resistencia de 10.000 ohmios con una tolerancia del 5% se puede tener en la práctica, cualquier valor entre 9.500 y 10.500 ohmios. El 5% de 10.000 es 500. Esta tolerancia se debe a la precisión del proceso de fabricación de esas resistencias ya que las máquinas depositan una capa ligeramente mayor o menor del compuesto resistivo.

Se fabrican resistencias con tolerancias del 20%, 10%, 5% (que son las más comunes), 2%, 1%, 0.5%, 0.1% y más.

El costo de las resistencias sube considerablemente a medida que su precisión aumenta. Debemos utilizar por lo tanto las resistencias más económicas posibles pero que no alteren la operación del circuito. Por lo general, para los circuitos y proyectos básicos se utilizan resistencias con una tolerancia del 5%.

## Valores normalizados para las resistencias

Las resistencias de carbón se fabrican en ciertos valores llamados preferidos o normalizados. Esto se debe a que sería imposible tener resistencias en todos los valores posibles y no se justifica en la mayoría de los circuitos electrónicos tenerlos.

Los valores normalizados son 1, 1.1, 1.2, 1.3, 1.5, 1.6, 1.8, 2, 2.2, 2.4, 2.7, 3, 3.3, 3.6, 3.9, 4.3, 4.7, 5.1, 5.6, 6.2, 6.8, 7.5, 8.2 y 9.1 y en todos sus múltiplos.

Estos valores son los que tienen las resistencias o resistores que se encuentran en el mercado en los almacenes o distribuidores especializados y que se utilizan para toda clase de circuitos electrónicos. Así tenemos resistencias de 1 $\Omega$ , 10K $\Omega$ , 430K $\Omega$ , 82K $\Omega$ , 33 $\Omega$ , etc.

## Resistores especiales

Hasta aquí hemos visto dos tipos de resistores: los fijos, fabricados para tener un valor constante y los variables como los potenciómetros o trimpots para cuando necesitamos que el valor de la resistencia sea ajustable.

Existe otra categoría de resistores, que llamaremos "especiales" que tienen la propiedad de cambiar su valor cuando cambia una magnitud física como la luz o la temperatura.

## LDR

El LDR, Light Depending Resistor, o Resistor dependiente de la luz, cambia su valor de resistencia en función de la luz que incide sobre él. Mas precisamente, la resistencia **disminuye** cuando la luz **aumenta**. La curva característica, que muestra

la relación entre la resistencia y la luz incidente en un LDR típico, se puede ver en la Fig. 6.8. Como se puede ver en la gráfica, la resistencia es de unos 30 ohms cuando el LDR está bajo luz solar brillante y de unos 900 ohms en una habitación bien iluminada. En cambio la resistencia sube a varios mega ohms en la oscuridad. (no se vé en la gráfica).

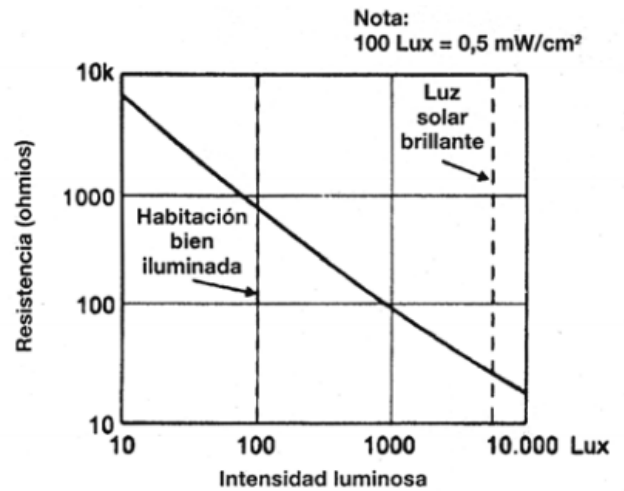


Fig. 6.8. Curva característica de un LDR

Los LDR están disponibles comercialmente en una variedad de formatos, pero el más común es el de un cilindro chato, que puede tener distintos diámetros, siendo 10 mm un valor muy común.



Fig. 6.9. Un LDR y el símbolo que lo representa

Las aplicaciones del LDR son muy variadas y en general están relacionadas con la medición del nivel de luz o la detección de su presencia o ausencia. Un ejemplo típico es el de una fotocélula para prender una lámpara cuando oscurece.

## Termistores

Los termistores son resistores cuyo valor cambia con la temperatura. Existen dos tipos de termistores: los NTC (Negative Temperature Coefficient) en los que la resistencia disminuye cuando la temperatura aumenta y los PTC (Positive Temperature Coefficient) cuya resistencia aumenta cuando la temperatura aumenta. Esto puede verse en la Fig. 6.10, que muestra de manera aproximada como cambia la resistencia de los dos tipos de termistores.

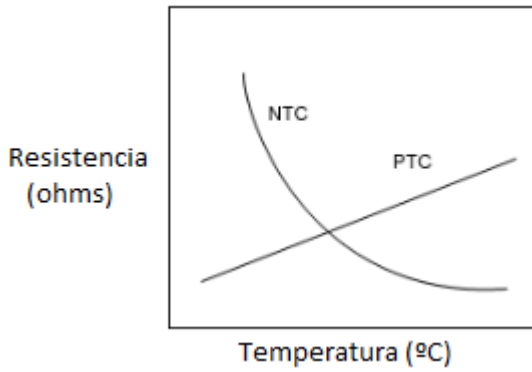


Fig. 6.10. Variación de la resistencia de los termistores con la temperatura

El aspecto físico de los termistores puede variar según la aplicación a la que estén destinados, siendo el más común el de un disco con los dos terminales de un lado. La resistencia nominal del termistor es la que posee a una temperatura de 25 grados y se marca en el cuerpo del mismo serigrafiando directamente el valor en ohms o usando el mismo sistema de código de colores de los resistores fijos. Habitualmente los valores de resistencia se encuentran entre los 100 ohms y los 100 Kilo ohms.

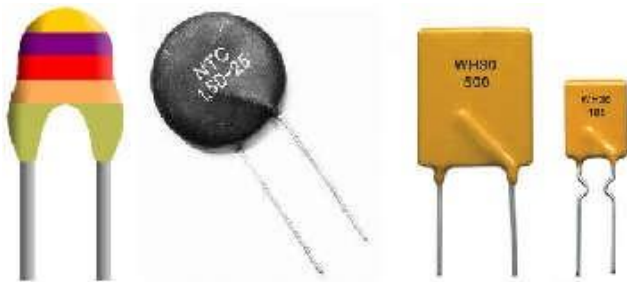


Fig. 6.11. A la izquierda dos NTC, a la derecha dos PTC

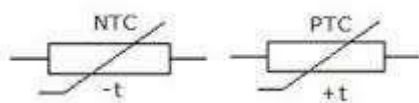


Fig. 6.12. Símbolos de los termistores

Los termistores se utilizan para medir la temperatura del aire o de fluidos, en aplicaciones industriales o en automóviles, para proteger los circuitos electrónicos del sobrecalentamiento y una gran variedad de aplicaciones relacionadas con la medición de la temperatura.

Son baratos, sencillos de usar y generalmente se los emplea en aplicaciones entre los  $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### Detector de temperatura resistivo

Un detector de temperatura resistivo, también llamado RTD por su nombre en inglés (Resistive Temperature Detector) basa su funcionamiento en la variación de la resistencia de un conductor cuando cambia la temperatura.

Para la construcción de RTDs se usan materiales conductores como el Cobre, Níquel o Platino, siendo este último el más utilizado por ofrecer varias ventajas, como respuesta más rápida, mayor linealidad y rango de funcionamiento más amplio.

Un RTD muy común es el Pt100, construido de platino (Pt) que presenta una resistencia de 100 ohms a  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . También se fabrican Pt500 y Pt1000, ambos de platino, con resistencias de 500 y 1000 ohms respectivamente a  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



Fig. 6.13. Pt100 de distintos tipos

Los RTD, como el Pt100, tienen ventajas por sobre los termistores para medir temperaturas, como una mayor estabilidad, linealidad y precisión, pero son considerablemente más caros.

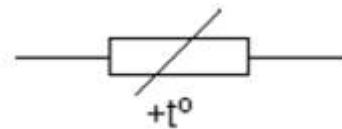


Fig. 6.14. Símbolo de un RTD

### 6.3. Condensadores

Los condensadores (también llamados popularmente capacitores) son muy utilizados en electricidad y electrónica ya que son elementos capaces de almacenar o guardar pequeñas cantidades de energía eléctrica para devolverla cuando sea necesaria.

#### Principio de funcionamiento

Un capacitor puede ser construido a partir de dos láminas o placas metálicas conductoras separadas por un material aislante denominado **dieléctrico**, tal como aire, papel, cerámica, mica, plástico, etc.

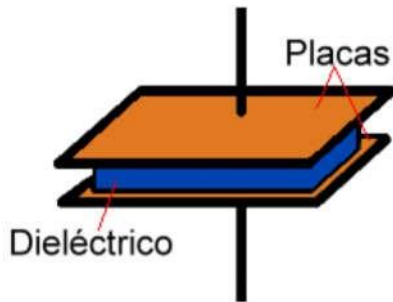


Fig. 6.15. Estructura interna de un condensador o capacitor

Normalmente el dieléctrico se dispone en forma de lámina muy fina para que las placas metálicas se encuentren lo más próximas unas de otras.

Si conectamos las placas de un capacitor a una fuente de tensión como una pila, veremos que hay un movimiento de cargas eléctricas desde los bornes de la pila a las placas.

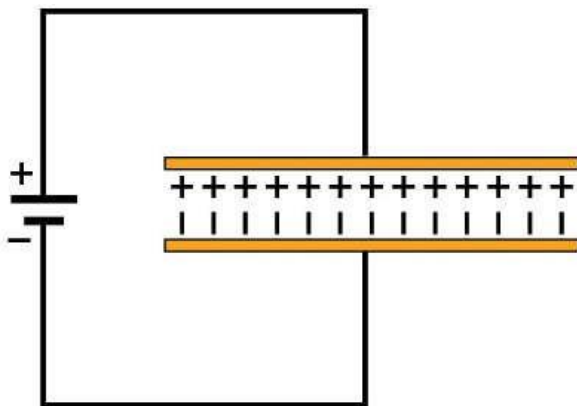


Fig. 6.16. Carga de un capacitor

Los electrones del borne negativo de la pila se irán acumulando en la placa inferior, y los que existían en la placa superior serán atraídos por el borne positivo de la pila, dejando una carga positiva. Este proceso durará un tiempo hasta que las mismas cargas de las placas impidan el movimiento de cargas desde la pila. Cuando se detiene el movimiento de cargas decimos que **el capacitor está cargado**.

#### Capacidad de un capacitor

Se llama **capacidad** a la propiedad de un capacitor de almacenar carga eléctrica. Mientras mas carga pueda almacenar, mayor será su **capacidad**.

La unidad de medida de la capacidad es el Faradio

Se puede decir que un capacitor tiene una capacidad de 1 Faradio cuando, al aplicarle una tensión de 1 Voltio almacena entre sus placas una carga de 1 Coulomb.

La relación entre tensión y carga puede expresarse de la siguiente forma:

$$Q = C * V$$

Donde:

Q: Carga en el capacitor (Coulombs)

C: Capacidad (Faradios)

V: Tensión (Voltios)

El Faradio es una unidad relativamente grande, por lo que habitualmente se utilizan sus submúltiplos:

1 mF = mili Faradio =  $10^{-3}$  Faradios

1  $\mu$ F = micro Faradio =  $10^{-6}$  Faradios

1 nF = nano Faradio =  $10^{-9}$  Faradios

1 pF = pico Faradio =  $10^{-12}$  Faradios

#### Características de los capacitores

Las características mas importantes de los capacitores, que debemos conocer a la hora de elegir o reemplazar uno, son dos:

**Capacidad nominal:** Es el valor de capacidad del capacitor. Se expresa en Faradios o sus submúltiplos.

**Tensión de trabajo:** Es la tensión a la que puede trabajar el capacitor sin sufrir daños. Se expresa en Voltios.

Por ejemplo, un capacitor usado para el arranque del motor de un ventilador de techo tiene una capacidad de 3  $\mu$ F y una tensión de trabajo de 400 Volts.



Fig. 6.17. Capacidad nominal y tensión de trabajo.

## Tipos de capacitores

Según sus características, existe una gran variedad de capacitores, adecuados a las distintas aplicaciones a las que van destinados.

### Capacitor cerámico

Son muy empleados en electrónica. Usan compuestos cerámicos como dieléctrico. Con ellos se consiguen valores entre unos pocos pico faradios hasta los 100 nF. Soportan poca tensión.



Fig. 6.18

### Capacitor de plástico

Actualmente son muy utilizados. Utilizan como dieléctrico el poliéster, policarbonato, estiroflex, etc. Pueden conseguir capacidades relativamente elevadas (hasta algunos microfaradios) soportando tensiones que llegan a los 1000 Voltios.



Fig. 6.19

### Capacitores electrolíticos de aluminio

Estos capacitores se diferencian bastante del resto por sus características constructivas. Están constituidos por una fina lámina de aluminio y otra de plomo enrolladas y sumergidas en una solución de cloruro de amonio.

Se consiguen capacidades elevadas en un volumen reducido (desde 1  $\mu\text{F}$  hasta miles de  $\mu\text{F}$ ). Una de las características que diferencia a los capacitores electrolíticos de los demás es que tienen polaridad, es decir, no pueden invertirse las conexiones indicadas en el mismo, a riesgo de que el capacitor se dañe.

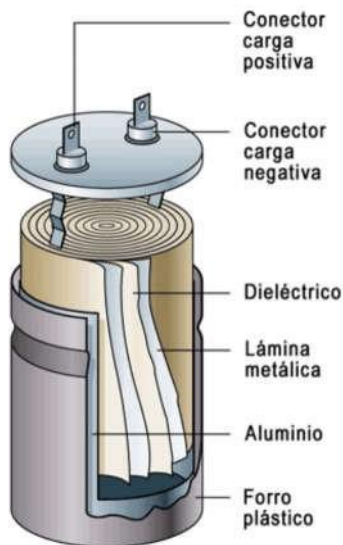


Fig. 6.20. Interior de un capacitor electrolítico.



Fig. 6.21. Capacitores electrolíticos de distintos tamaños

## Simbología

Capacitores no polarizados:

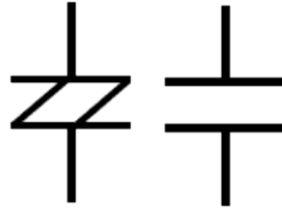


Fig. 6.22.

Capacitores polarizados:

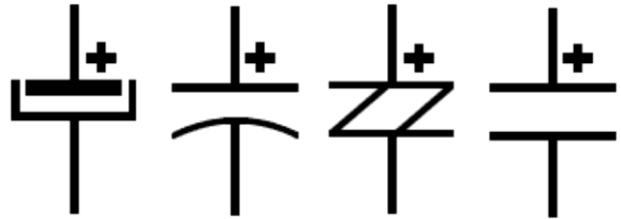


Fig. 6.23.

Capacitores variables:

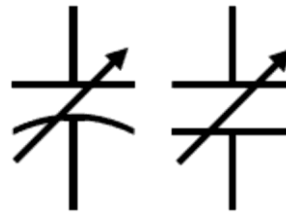


Fig. 6.24

## 8.6. Asociación de capacitores

Los capacitores, como cualquier otro componente eléctrico, se puede conectar con otros en serie o paralelo.

### Capacitores en paralelo

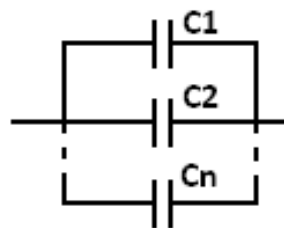


Fig. 6.25.

La capacidad equivalente a dos o mas capacitores conectados en paralelo puede hallarse aplicando la siguiente fórmula:

$$C_{\text{equivalente}} = C1 + C2 + \dots + Cn$$

### Capacitores en serie

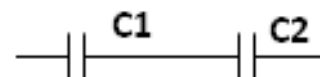


Fig. 6.26

Cuando se trata de **dos capacitores en serie** se puede usar esta fórmula simplificada:

$$C_{\text{equivalente}} = \frac{C1 * C2}{C1 + C2}$$

Cuando la cantidad de capacitores **es mayor a dos**, se debe utilizar la fórmula general:

$$C_{\text{equivalente}} = \frac{1}{\frac{1}{C1} + \frac{1}{C2} + \dots + \frac{1}{Cn}}$$

### Circuito RC

Se denomina circuito RC a la asociación en serie de un capacitor y una resistencia. Este sencillo circuito, conectado a una fuente de tensión y un interruptor, nos servirá para estudiar con mas detalle el proceso de carga y descarga de un capacitor.

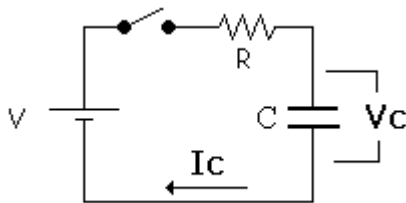


Fig. 6.27. Circuito R-C

El objetivo es analizar cómo varía en el tiempo la tensión en el capacitor ( $V_c$ ) y la corriente a través del mismo ( $I_c$ ).

Inicialmente, cuando el interruptor está abierto, no hay tensión aplicada, el capacitor está descargado ( $V_c=0$ ) y tampoco hay corriente ( $I_c=0$ ).

Al cerrar el interruptor, se aplica la tensión al capacitor a través de la resistencia R. Como sabemos, se inicia un movimiento de cargas hacia las placas, lo que constituye una corriente eléctrica. Al principio, como las placas están descargadas, este movimiento es rápido, pero al irse acumulando las mismas, la velocidad va disminuyendo hasta que el capacitor se carga y el movimiento cesa.

La tensión depende de la acumulación de cargas, así que inicialmente es cero y luego va aumentando con el tiempo.

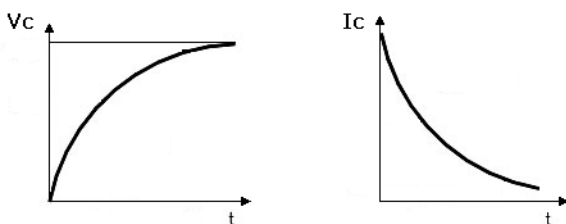


Fig. 6.28. Tensión y corriente en el capacitor durante la carga

El capacitor se carga hasta la tensión de la fuente de alimentación ( $V$ ).

La corriente tiene al inicio su valor máximo, limitado sólo por la resistencia ( $I = V/R$ ) pero va disminuyendo hasta llegar a cero.

El tiempo que tarda el capacitor en cargarse dependerá de la cantidad de cargas que puede almacenar el capacitor (su capacidad en Faradios) y la velocidad a la que se pueden mover las cargas en el circuito (que está limitada por la Resistencia R).

Se define la **constante de tiempo** como el tiempo que tarda el capacitor en llegar al 63% de su carga total. Se identifica con la letra griega  $\tau$  (tau) y se expresa de la siguiente forma:

$$\tau = R * C$$

Donde:

$\tau$  (tau): Constante de tiempo (segundos)

R: Resistencia en serie (Ohms)

C: Capacidad (Faradios)

Se puede estimar que el proceso de carga ha finalizado (el capacitor está cargado al 100%) luego de un tiempo equivalente a **cinco constantes de tiempo**.

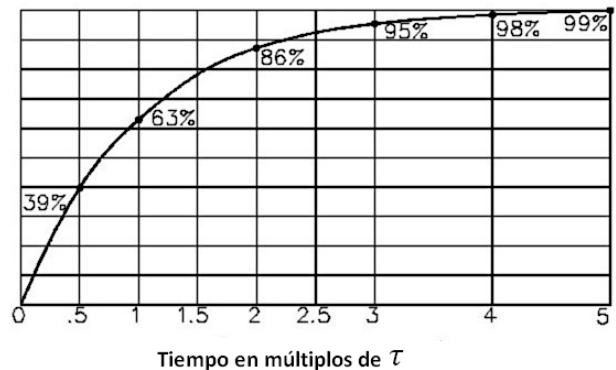


Fig. 6.29. Carga de un capacitor y la constante de tiempo

Una vez que el capacitor está cargado, si no proporcionamos un camino de descarga el mismo podría quedar en esas condiciones indefinidamente. Sin embargo, en la realidad los capacitores tienen pérdidas internas que hacen que se vayan descargando lentamente.

Si permitimos que el capacitor se descargue a través del mismo circuito RC, veremos un movimiento de cargas importante al inicio (que se traduce en una corriente elevada) y una disminución de la tensión en sus bornes.

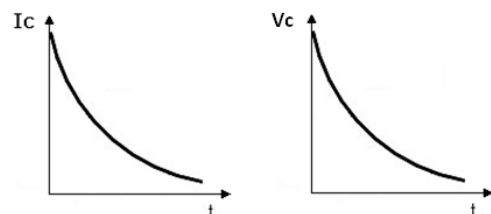


Fig. 6.30. Tensión y corriente en el capacitor en la descarga

## 6.4. Dispositivos semiconductores

Al iniciar el capítulo clasificamos los componentes en pasivos y activos. Dentro de los componentes activos, los más comunes son los que basan su funcionamiento en unos materiales de características especiales, los llamados materiales semiconductores.

En unidades anteriores vimos que existían dos tipos de materiales: los conductores y los aislantes. Los primeros tienen una resistencia baja, lo que permite la circulación de corriente, los segundos no.

Introduciremos aquí una nueva categoría: los semiconductores, materiales que siendo inicialmente aislantes se modifican o contaminan para que permitan la circulación de corriente. Los semiconductores más comunes están hechos a base de **Silicio**, aunque también se pueden usar el **Germanio** o el **Arseniuro de Galio**. Estos elementos son aislantes, pero si se contaminan con otros como el Arsenio o el Indio, se vuelven parcialmente conductores. Cuando la contaminación se realiza con Arsenio, se da lugar a un **semiconductor tipo "N"**, mientras que si se realiza con Indio, se genera un **semiconductor tipo "P"**.



Fig. 6.31. Distintos dispositivos semiconductores

## 6.5. El diodo

El diodo es el componente electrónico más simple. Se construye a partir de una barra o pastilla semiconductor que se transforma en tipo "P" en un extremo y tipo "N" en el otro. El

K). Esto se puede ver en la siguiente imagen, junto con el símbolo que se usa para representar un diodo en un esque-

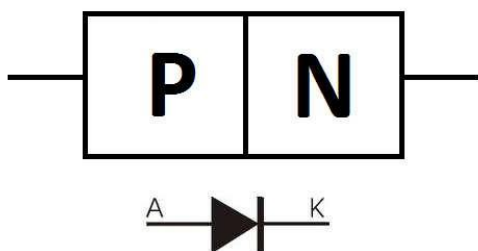


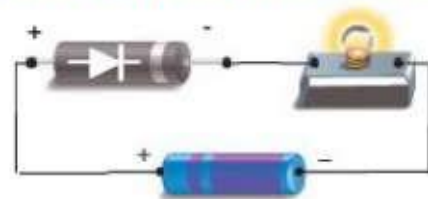
Fig. 6.32. Constitución de un diodo y su símbolo

Realicemos ahora un experimento con un diodo, conectándolo a una pila y una lamparita que se encenderá cuando circule corriente.

Veremos que, si el positivo de la pila se conecta al ánodo y el negativo al cátodo a través de la lamparita, ésta se enciende, indicando que circula corriente a través del diodo. En cambio, si invertimos la pila quedando el negativo al ánodo y el positivo al cátodo la lamparita no prende, lo que demuestra que la corriente no circula.

En el primer caso, cuando hay circulación de corriente, decimos que el diodo está **polarizado en forma directa**. En el segundo, cuando la corriente no circula, se dice que el diodo está **polarizado en forma inversa**.

### Diodo en polarización directa



### Diodo en polarización inversa

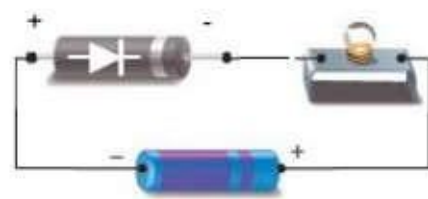


Fig. 6.33. Polarización de un diodo

Esto demuestra la característica más importante de este dispositivo:

***El diodo permite la circulación de corriente sólo en una dirección.***

Cuando el diodo está polarizado en forma directa y pasa corriente a través de él, se produce una caída de tensión entre sus bornes que se mantiene más o menos constante de la corriente que circula. Si el diodo es de Silicio, esta caída de tensión es de unos 0,7 Voltios, y si es de Germanio, de 0,2 V.

## Tipos de diodos

Existen distintos tipos de diodos, que se emplean para distintas aplicaciones.

### Diodos de baja señal

Se los utiliza en circuitos que emplean bajos valores de tensión y corriente, en aplicaciones como receptores de radio, televisión, circuitos con relés, etc. Los más comunes son los de Silicio, pero también existen algunos de Germanio. Generalmente están encapsulados en cristal transparente con una línea que marca el cátodo. Un diodo de baja señal muy utilizado es el que se denomina comercialmente como "1N4148".

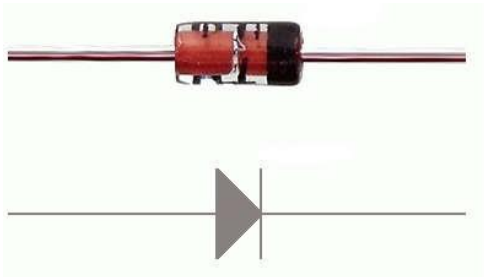


Fig. 6.34. Un diodo 1N4148 y su símbolo

### Diodos rectificadores

Son diodos capaces de manejar mayores valores de tensión y corriente que los anteriores. Su empleo más frecuente es en fuentes de alimentación, para convertir la Corriente Alterna (CA) en Corriente Continua (CC), proceso denominado "rectificación". Todos los diodos rectificadores están hechos de Silicio y su encapsulado varía según la cantidad de tensión y corriente que deban soportar. Dos diodos rectificadores muy populares son el 1N4007, con una corriente máxima de 1 Amper y el 1N5408, que soporta hasta 3 Amperes.

Fig. 6.35. Un diodo rectificador 1N4007 y su símbolo

Para mayores valores de corriente y tensión existen diodos rectificadores de potencia, que pueden soportar centenares de amperes y más de 1.000 voltios.



Fig. 6.36. Diodos rectificadores de potencia

## Diodos LED

Los LED (del inglés Light Emitting Diode o Diodo Emisor de Luz) son un tipo especial de diodos que se caracterizan por emitir luz cuando son atravesados por la corriente eléctrica. En sus comienzos, existían sólo leds de color rojo y baja potencia, que se empleaban en general como indicadores en equipos electrónicos, pero en la actualidad hay una enorme variedad de tipos y colores (incluyendo infrarrojo y ultravioletas) y con una potencia de hasta unos watts, lo que ha ampliado su espectro de aplicación incluyendo pantallas de TV, semáforos, iluminación ornamental y hasta alumbrado público.



Fig. 6.37. Distintos tipos de LEDs

En aplicaciones de alumbrado, los leds presentan grandes ventajas frente a las lámparas incandescentes, tales como mayor duración, menor consumo, mayor resistencia mecánica, disponibilidad en distintos colores, etc.



Fig. 6.38. Una "lámpara" de leds

Aunque en la actualidad hay leds disponibles en muchos formatos distintos, el más común consiste en un domo o cúpula de material plástico dentro del que se aloja el diodo propiamente dicho, conectado al exterior para su montaje a través de dos terminales de alambre o "patas". El material semiconductor del que está fabricado el diodo define su color, que coincide con el del plástico del "domo".



Fig. 6.39. Partes de un LED

Para que un LED encienda debe estar polarizado en forma directa, que como ya vimos, significa conectar el ánodo al positivo y el cátodo al negativo de la alimentación. El ánodo es el terminal o "pata" mas larga y el cátodo el terminal mas corto y que también coincide con el lado achaflanado del domo.

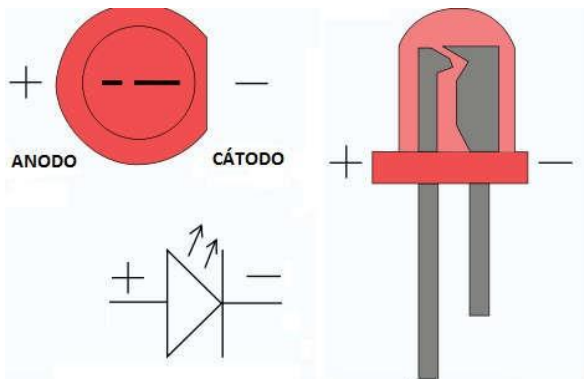


Fig. 6.40. Identificación de los terminales de un LED

### Diodos Zener

Los diodos zener se caracterizan por mantener un voltaje constante entre sus terminales cuando están polarizados en forma inversa, voltaje que se puede elegir durante la fabricación del diodo. Esto los hace sumamente útiles por ejemplo en fuentes de alimentación, para obtener un valor constante de tensión de salida o como protector, para evitar que la tensión alcance un valor demasiado elevado, por ejemplo en líneas telefónicas.

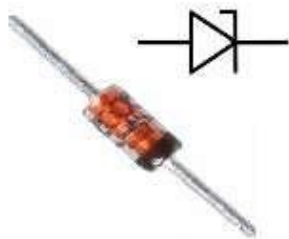


Fig. 6.41. Un diodo zener y su símbolo

### Otros diodos

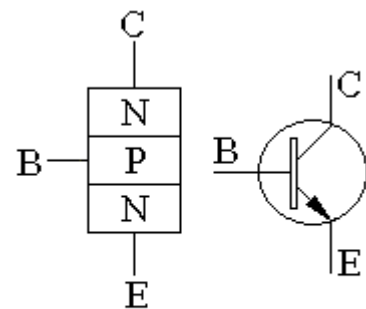
Existen mas tipos de diodos que no describiremos en detalle, tales como los láser, empleados en lectoras y grabadoras de CDs y DVDs; fotodiodos, que son sensibles a la luz, tanto visible como infrarroja y que se emplean en controles remotos; el diodo varactor o varicap, que funciona en forma similar a un capacitor y se emplea en circuitos de sintonía de radios y TVs para elegir la frecuencia o el canal; diodos Schottky, fabricados en Silicio pero que presentan una caída de tensión de sólo 0,2V y son aptos para circuitos que operan a frecuencias elevadas, por lo que son muy utilizados en las fuentes de alimentación de las PCs, que son del tipo conmutadas o "switching".

## 6.6. El Transistor

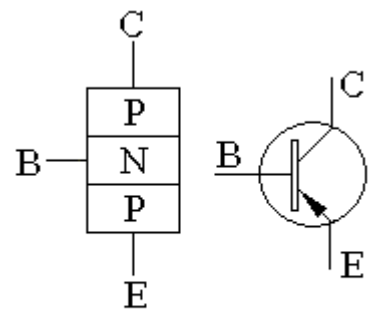
El transistor es otro dispositivo semiconductor sumamente utilizado en circuitos electrónicos para variadas aplicaciones.

Básicamente es un amplificador de corriente, pero según como se lo conecte, es útil para muchas otras funciones.

Un transistor se fabrica a partir de un material semiconductor en el que se forman tres zonas distintas, lo que da lugar a dos posibilidades: dos zonas P y una N o dos zonas N y una P. Esto da lugar a dos tipos de transistores distintos, los llamados PNP y NPN. Cada una de estas zonas se conecta al exterior a través de un terminal, por lo que los transistores tienen 3 "patas", denominadas "COLECTOR" (C), "BASE" (B) y "EMISOR" (E).



Transistor NPN



Transistor PNP

Fig. 6.42. Transistores NPN y PNP y los símbolos empleados en los circuitos.

La amplificación de corriente se da cuando se polariza en forma directa el diodo que se forma entre Base y Emisor. Cuando eso ocurre, una pequeña variación de la corriente en el circuito Base-Emisor, da lugar a una variación de corriente mucho mayor en el circuito Colector-Emisor. La relación entre estas dos corrientes y por tanto el factor de amplificación, es una característica de cada transistor y se representa con la letra  $\beta$  (beta).

Según el valor de la corriente de Base-Emisor (entrada), el transistor puede estar operando en tres condiciones distintas: en el corte, en forma lineal o en saturación. Veamos que significa cada una de ellas.

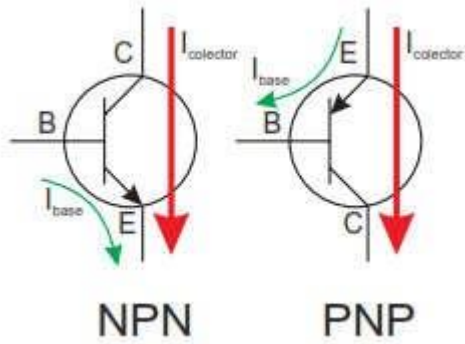


Fig. 6.43. Amplificación de corriente en un transistor NPN y otro PNP: una pequeña corriente entre Base y Emisor produce una corriente mayor entre Colector y Emisor.

**Condición de corte:** El transistor trabaja en esta condición cuando la corriente Base-Emisor es cero, por lo que la corriente entre Colector y Emisor también es cero.

**Condición lineal:** En esta condición, hay una corriente Base-Emisor y sus variaciones son amplificadas por el transistor según el valor de su ganancia ( $\beta$ ), por lo que se cumple que:

$$I_c = \beta \times I_b$$

Es decir, la corriente de Colector ( $I_c$ ) es "beta" veces mayor que la corriente de Base ( $I_b$ ).

**Condición de saturación:** El transistor llega a trabajar en esta condición si la corriente de Base-Emisor es muy grande y ya no puede ser amplificada. Es una condición no deseada si el transistor se utiliza para amplificar audio (porque se producen distorsiones) pero si se aprovecha cuando se emplea al transistor como un "interruptor" para controlar una carga.

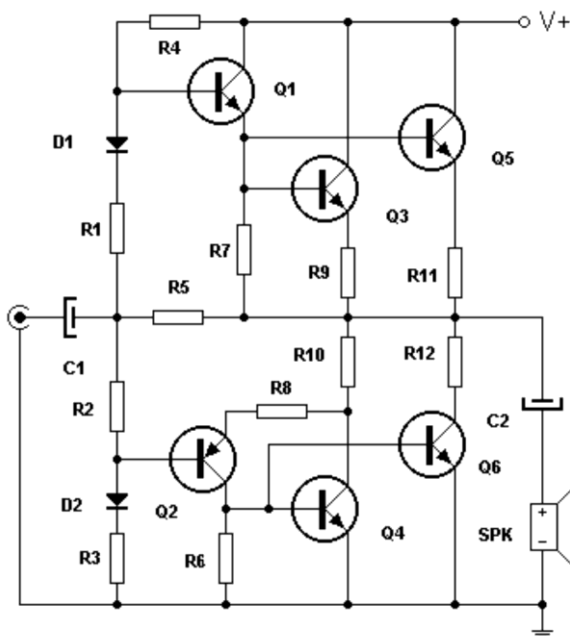


Fig. 6.44. Amplificador de audio a transistores

### Forma física y encapsulados

El transistor es una pequeña pieza de silicio, pero según la potencia que deba manejar (tensión y corriente) se lo monta en el interior de distintas "cápsulas" o contenedores capaces de disipar mas o menos calor durante el funcionamiento. Cada encapsulado tiene propiedades térmicas y mecánicas propias, según el material del que esté construido, y un código que lo identifica. Así, tenemos encapsulados como el pequeño TO-92 de unos 5 mm de plástico, ampliamente usado para transistores de baja potencia o el TO-3, para transistores que deben soportar una potencia mas grande, de un par de centímetros y cuerpo metálico.

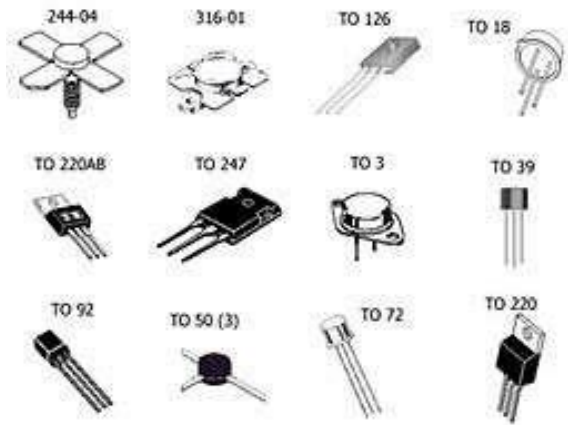


Fig. 6.45. Encapsulados de transistores

La distribución de terminales o "patas" del transistor (Colector, Base y Emisor) depende también del encapsulado, pero suele ocurrir que el mismo encapsulado tiene distintos "estilos" de distribución. Por ejemplo, dos transistores con capsula TO-92 pueden tener el Colector, Base y Emisor en posiciones diferentes. Es muy importante asegurarse cuál es la distribución correcta de los terminales cuando montamos un transistor, ya que si nos equivocamos, puede que el circuito funcione incorrectamente o que provoquemos la destrucción del transistor. Esta información, como así todas las características de cada transistor, se pueden encontrar en las hojas de especificaciones u hojas de datos (en inglés datasheet) del mismo.



Fig. 6.46. Distribución de los terminales del transistor BC337

## Los transistores y el calor

Como todos los semiconductores, los transistores son susceptibles al calor, y si alcanzan una temperatura demasiado elevada se pueden destruir. Es por eso que los transistores de potencias elevadas, generalmente emplean un **disipador**, una pieza realizada generalmente en aluminio, que lo ayuda a sacar al medio ambiente el calor que se genera en su interior.



Fig. 6.47. Transistor montado sobre un disipador

## El transistor como conmutador

Como ya se dijo antes, el transistor tiene una enorme cantidad de aplicaciones. Por ejemplo, en la fig. 6.44 puede verse un amplificador de audio hecho con seis transistores. Otra aplicación muy común es la de usar un transistor como conmutador, es decir, como una llave para controlar el encendido o apagado de distintos elementos, tales como un led, una lámpara o un relé que a su vez controla un elemento de mayor potencia. De esta forma y aprovechando la capacidad de amplificación del transistor, con una pequeña corriente en la base se puede controlar un elemento que requiere una corriente mayor, el que se conecta en el circuito de Colector-Emisor.

Un conmutador o interruptor tiene sólo dos posiciones o estados: "OFF" o apagado y "ON" o prendido. Cuando se usa un transistor para esta función, se lo hace trabajar en dos condiciones que ya vimos antes: al corte (no circula corriente, estado "OFF") o a la saturación (circula la máxima corriente, estado "ON").

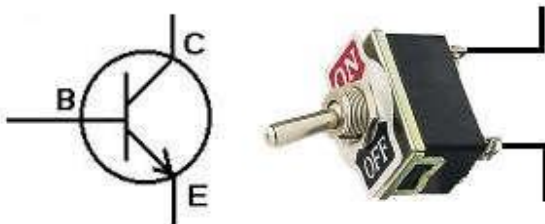


Fig. 6.48. Similitudes entre un transistor y un interruptor: El Colector y Emisor son los contactos del interruptor y la Base hace las veces de la "palanca" que lo abre y cierra.

En la siguiente figura se puede ver un circuito típico de conmutación de un relé con un transistor. La bobina se conecta en el colector del mismo con un diodo en paralelo que tiene la misión de proteger al transistor contra sobretensiones producidas por la bobina cuando es conmutada. El circuito se controla aplicando una tensión entre la Base y el Colector.

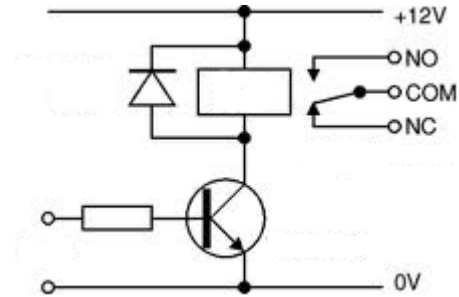


Fig. 6.49. Control de un relé con un transistor

## 6.7. Circuitos integrados

Hacia mediados del Siglo XX, los circuitos electrónicos estaban compuestos por distintos tipos de componentes como los que hemos visto en esta guía: diodos, transistores, resistencias, capacitores y otros que no hemos estudiado, generalmente armados sobre placas de circuito impreso o "plaquetas" que ocupaban un espacio considerable, sobre todo en circuitos complejos. Con la finalidad de reducir el tamaño de estas placas, se realizaron esfuerzos de investigación tendientes a crear lo que se denominó "circuito integrado", un dispositivo electrónico capaz de albergar en su interior una gran cantidad de componentes de dimensiones reducidas, que permitió una drástica reducción del tamaño de los dispositivos electrónicos.

El primer Circuito Integrado (CI o IC en inglés) fue diseñado por Jack Kilby en 1959 para la empresa Texas Instruments y contenía 6 transistores en su interior. En 2013, el procesador principal de una consola X-Box contiene 5.000 millones de transistores.

Esta extraordinaria reducción de tamaño es lo que ha permitido los grandes avances que se han realizado en campos como el de las computadoras, gracias a los cada vez más poderosos microprocesadores, los circuitos integrados que hacen las veces de "cerebros" de las PC y el desarrollo de los dispositivos portátiles, como teléfonos, tablets, reproductores MP3, etc.



Fig. 6.50. Un circuito integrado moderno conteniendo miles de transistores en un reducido tamaño.

## Encapsulados

Los circuitos integrados se fabrican sobre una pequeña pastilla de silicio llamada "chip" sobre la que se crean los distintos componentes que lo forman. Para poder ser utilizado, los fabricantes lo montan en un receptáculo o encapsulado que lo contiene y el mismo tiempo permite conectarlo al exterior mediante terminales metálicos, llamados comúnmente "pines" o "patas".

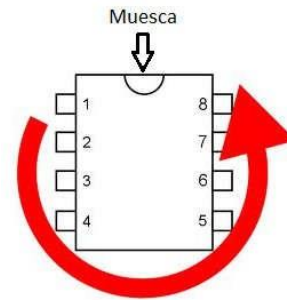


Fig. 6.53. Numeración de pines en un encapsulado DIP8.

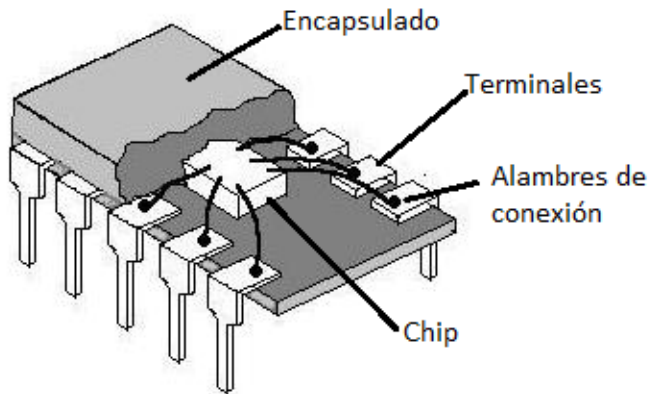


Fig. 6.51. Detalle de un chip montado en un encapsulado

Existe una enorme variedad de encapsulados para circuitos integrados, dependiendo fundamentalmente de la cantidad y distribución de los pines o terminales.

En encapsulado mas simple y sencillo para manipular, soldar y desoldar es el denominado DIP, del inglés Dual In-line Package, o encapsulado de doble línea, que tiene la forma de un rectángulo (o cuadrado) con pines a ambos lados.

Los integrados con este encapsulado generalmente tienen entre 6 y 40 pines, los que están espaciados uniformemente a 0,1" (2,54mm).



Fig. 6.52. Encapsulado tipo DIP

Cada pin tiene una función específica en un circuito integrado y está identificado con un número. En los DIP, los pines se numeran ubicando al número 1 en la parte superior izquierda y luego avanzando en sentido antihorario. Para identificar la parte superior, el encapsulado tiene una pequeña muesca o un punto.

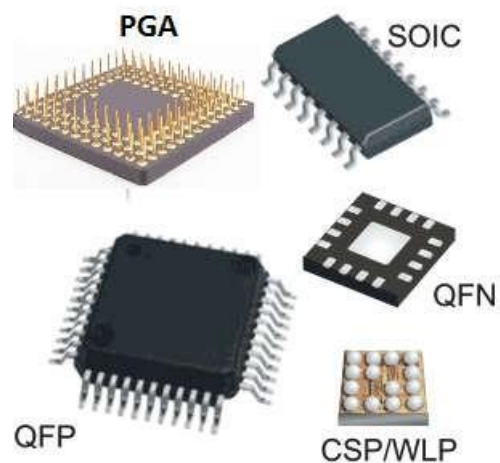


Fig. 6.54. Algunos encapsulados de circuitos integrados

En los esquemas electrónicos, los integrados generalmente se representan por rectángulos y sus pines por líneas a los lados, identificados con su número y a veces también con su función. Los pines pueden estar en orden (del 1 al último) o desordenados si esto contribuye a simplificar el resto del esquema. El código del integrado se escribe dentro o sobre el rectángulo que lo representa y si hay mas de uno se los designa con un número luego de la letra "U" (U1, U2, etc).

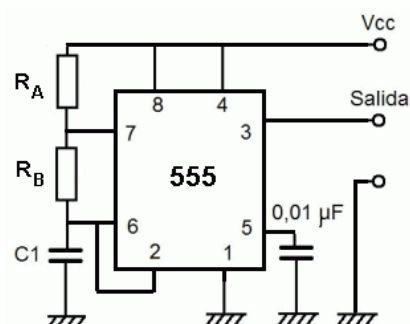


Fig. 6.55. Esquema con el circuito integrado "555".