

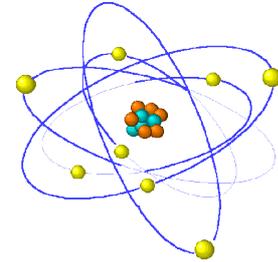
Tecnología Industrial: Circuitos eléctricos.

1. Origen de los fenómenos eléctricos

Los átomos están formados por un núcleo central donde se encuentran los protones (+) y los neutrones (sin carga) y unas órbitas alrededor de éste donde se sitúan los electrones (-).

Como la materia es neutra, debe haber el mismo número de protones que de electrones en un átomo pero como los protones están muy ligados al núcleo es muy difícil que lo abandonen. Sin embargo, los electrones necesitan solo un pequeño “empujón” (aporte de energía) para escapar del átomo.

Al escapar un electrón, conseguimos una carga negativa (el electrón e^-) y una carga positiva (el resto del átomo).

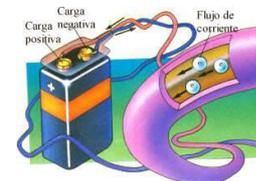


2. Cantidad de carga y corriente eléctrica.

Cantidad de carga de un cuerpo es el número de e^- que tiene en exceso o en defecto. Pero la carga del e^- es muy pequeña, por eso se usa una unidad mayor que definió el francés Charles de Coulomb.

$$1 \text{ Culombio} = 6,3 \cdot 10^{18} e^-$$

El concepto de corriente eléctrica se refiere al movimiento de las cargas eléctricas en el espacio en una dirección determinada. Se pretende con él describir el movimiento de la carga eléctrica en una dirección del espacio y medir la rapidez del flujo de carga.



La intensidad de corriente eléctrica se define como:

$$I = Q/t$$

Siendo Q la magnitud de la carga, t el tiempo e I la magnitud de la corriente. La corriente eléctrica se mide en Amperios en honor al Físico francés Ampere. Un Amperio equivale al flujo de un Coulombio de carga eléctrica por segundo. Existen diferentes múltiplos y submúltiplos de esta unidad, pero quizás los más usados son:

$$1 \text{ miliamperio} = 10^{-3} \text{ Amperios.}$$

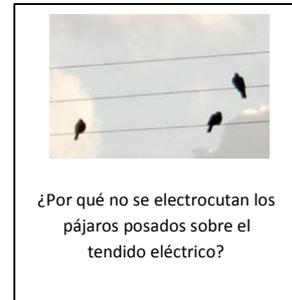
$$1 \text{ microamperio} = 10^{-6} \text{ Amperios.}$$

Tecnología Industrial: Circuitos eléctricos.

3. Diferencia de potencial.

Para que en por un conductor circule una corriente eléctrica, es necesario que entre sus extremos haya una diferencia de carga eléctrica, de manera que los electrones circularán desde donde hay más cantidad hasta donde hay menos.

A esta diferencia de carga eléctrica se le llama diferencia de potencial o diferencia de voltaje y es la fuerza que provoca la corriente eléctrica o movimiento de electrones en un conductor.



La unidad de medida del voltaje es el voltio(V) es definido como: la diferencia de potencial capaz de provocar una corriente de un amperio en un conductor cuya resistencia sea de un ohmio.

4. Concepto de resistencia eléctrica.

Es una característica de cada material y es la mayor o menor oposición que presenta un material a dejarse atravesar por la corriente eléctrica. Se representa por la letra **R** y se mide en (ohmios).

La resistencia de un material depende de: **el material, la longitud y la sección** (superficie transversal).

$$R = \rho \cdot l / S$$

ρ : Resistividad (depende del material) y se mide en **$\Omega \cdot m, \Omega \cdot cm$** .

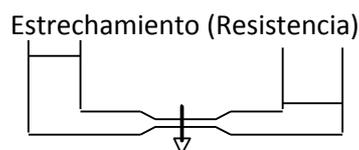
l : longitud (se mide en **m, cm o mm.**).

S : sección (se mide en **m², cm² o mm²**).

Las resistencias se representan así:



Volviendo a la analogía hidráulica es como si hubiera un estrechamiento (oposición al paso de la corriente) en las tuberías que unen los depósitos dejando circular menos corriente que si hubiese un tubo diáfano.



Distinguimos entre:

Tecnología Industrial: Circuitos eléctricos.

Conductores: Materiales que permiten que la corriente eléctrica pase muy fácilmente a través de ellos. Es como si el tubo que comunica los depósitos fuese muy ancho. Todos los metales son muy buenos conductores.

Aislantes: Materiales que impiden o dificultan el paso de la corriente eléctrica. Por ejemplo se encuentran en este grupo el plástico, la madera o el cristal.

Semiconductores: Materiales que dependiendo de la diferencia de potencial se comportan como aislantes o como conductores. Pertenecen a este grupo elementos como el silicio o el germanio.

5. Elementos de un circuito eléctrico.

Es el trayecto que recorre la corriente eléctrica. Para que esto se produzca debe haber una diferencia de potencial. Debe ser un circuito CERRADO.

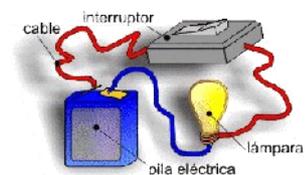
Consta de los siguientes elementos:

Pilas o baterías: elemento que proporciona la diferencia de potencial (ddp) necesaria. Hay otro tipo de generador que son los generadores de intensidad que veremos más adelante.

Receptores: elementos que usan la corriente eléctrica. Son elementos resistivos (bombillas, resistencias, timbres, motores, etc.,).

Conductores: cables que comunican las pilas con los receptores.

Elementos de maniobra: interruptores, pulsadores, etc que permiten cortar a voluntad el paso de la corriente eléctrica.



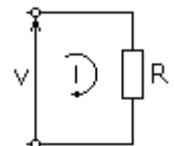
6. Ley de Ohm.

Postulada por el físico y matemático alemán Georg Simon Ohm, es una de las leyes fundamentales de la electrodinámica, estrechamente vinculada a los valores de las unidades básicas presentes en cualquier circuito eléctrico como son:

Tensión o voltaje (E), en volt (V).

Intensidad de la corriente (I), en amperios (A).

Resistencia (R) de la carga o consumidor conectado al circuito en ohm (Ω).



Según el enunciado de la Ley de Ohm, el flujo de corriente que circula por un circuito eléctrico cerrado, es directamente proporcional a la tensión o voltaje aplicado, e inversamente proporcional a la resistencia en ohm de la carga que tiene conectada. Desde el punto de vista matemático, este postulado se puede representar por medio de la siguiente fórmula:

$$V=R \cdot I$$

Tecnología Industrial: Circuitos eléctricos.

7. Potencia eléctrica.

La energía es la capacidad de producir trabajo. La energía eléctrica es :

$$E = V \cdot I \cdot t$$

La potencia es la energía por la unidad de tiempo. Por tanto la fórmula de la potencia eléctrica es:

$$P = V \cdot I$$

Las resistencias disipan energía en forma de calor. Es lo que se conoce como efecto Joule. La potencia disipada por una resistencia puede hallarse fácilmente o bien por la fórmula general, o bien sustituyendo en la fórmula general el voltaje o la intensidad a partir de la ley de Ohm de modo que llegamos a tres expresiones equivalentes:

$$P = V \cdot I$$

$$P = I^2 R$$

$$P = V^2 / R$$

8. Efecto Joule.

Si en un conductor circula corriente eléctrica, parte de la energía cinética de los electrones se transforma en calor debido a los choques que sufren con los átomos del material conductor por el que circulan, elevando la temperatura del mismo. Este efecto es conocido como Efecto Joule en honor a su descubridor el físico británico James Prescott Joule, que lo estudió en la década de 1860.

Este efecto fue definido de la siguiente manera: "La cantidad de energía calorífica producida por una corriente eléctrica, depende directamente del cuadrado de la intensidad de la corriente, del tiempo que ésta circula por el conductor y de la resistencia que opone el mismo al paso de la corriente". Matemáticamente se expresa como:

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

Q = energía calorífica producida por la corriente.

I = intensidad de la corriente que circula en amperios.

R = resistencia eléctrica del conductor en ohms.

t = tiempo en segundos.

Tecnología Industrial: Circuitos eléctricos.

9. Asociación de resistencias.

Serie.

Dos o más resistencias se encuentran conectadas en serie cuando al aplicar al conjunto una diferencia de potencial, todas ellas son recorridas por la misma corriente.

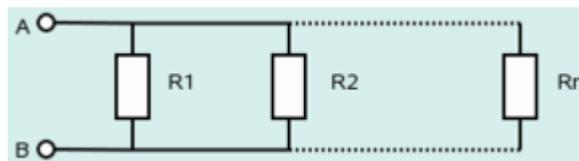


La resistencia equivalente a n resistencias montadas en serie es igual a la suma de dichas resistencias:

$$R_{AB} = R_1 + R_2 + \dots + R_n = \sum_{k=1}^n R_k$$

Paralelo.

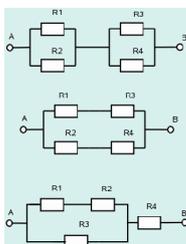
Dos o más resistencias se encuentran en paralelo cuando tienen dos terminales comunes de modo que al aplicar al conjunto una diferencia de potencial, V_{AB} , todas las resistencias tienen la misma caída de tensión, V_{AB} .



Por lo que la resistencia equivalente de una asociación en paralelo es igual a la inversa de la suma de las inversas de cada una de las resistencias:

$$\frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Circuitos mixtos serie-paralelo



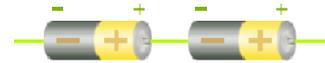
En una asociación mixta podemos encontrarnos conjuntos de resistencias en serie con conjuntos de resistencias en paralelo. En la figura pueden observarse tres ejemplos de asociaciones mixtas con cuatro resistencias.

Tecnología Industrial: Circuitos eléctricos.

10. Asociación de generadores.

Serie

Las pilas pueden conectarse en serie cualesquiera que sean las fuerzas electromotrices y la máxima corriente que cada una de ellas pueda suministrar.



Evidentemente, al conectarlas en serie, las fuerzas electromotrices se suman, así como sus resistencias internas.

EJEMPLO:

Una pila de 1,5 V con una R_i de 2 Ω .

Otra pila de 3,5 V con una R_i de 3,5 Ω .

Otra pila de 9 V con una R_i de 7 Ω .

Al conectarlas en serie, se puede considerar que el conjunto es equivalente a una sola pila de f.e.m. = 1,5 + 3 + 9 = 13,5 V.

Con una resistencia interna $R_i = 2 + 3,5 + 7 = 12,5 \Omega$

Observaremos la pila equivalente al conjunto de las tres proporciona una f.e.m. mayor, pero, con una resistencia interna mayor.

Se debe considerar, además, la corriente máxima que puede suministrar cada una de ellas. Supongamos que:

La primera de 1,5 V suministra 0,4 A.

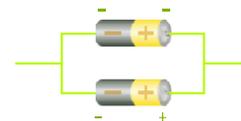
La segunda de 3 V suministra 0,2 A.

La tercera de 9 V suministra 0,1 A.

La asociación serie sólo podrá suministrar 0,1 A. Es decir, la corriente de la pila que menos puede suministrar.

Paralelo.

Al conectar pilas en paralelo debe tenerse en cuenta que sean todas de la misma f.e.m., ya que, en caso contrario, fluiría corriente de la de más f.e.m. a la de menos, disipándose potencia en forma de calor en las resistencias internas, agotándolas rápidamente.



Si todas ellas son del mismo voltaje el conjunto equivale a una sola pila de la misma tensión, pero con menor resistencia interna. Además, la corriente total que puede suministrar el conjunto es la suma de las corrientes de cada una de ellas. La asociación en paralelo por tanto, podrá dar más corriente que una sola pila, o, dando la misma corriente, tardará más en descargarse. (Recordar que la corriente entregada dependerá de la carga que le conectemos).

Tecnología Industrial: Circuitos eléctricos.

11. Leyes de Kirchhoff.

Para resolver circuitos complicados, en los que resulta imposible la aplicación de la ley de Ohm, se recurre a dos leyes deducidas por el físico alemán Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887), que simplifican enormemente el cálculo.

Nudo: Se llama nudo a la unión de dos o más conductores en un circuito

Malla: Se llama malla a cada uno de los posibles caminos cerrados posibles en un circuito

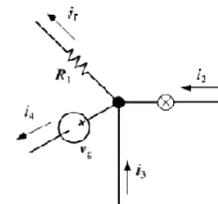
a) Ley de los nudos : “ La suma algebraica de las intensidades que concurren en un nudo de una red es igual a 0”

$$\sum I_i = 0 \rightarrow I_1 + I_2 + \dots + I_n = 0$$

Adoptaremos el siguiente criterio de signos:

Intensidades **entrantes** al nudo: **Signo +**

Intensidades **salientes** del nudo: **Signo -**

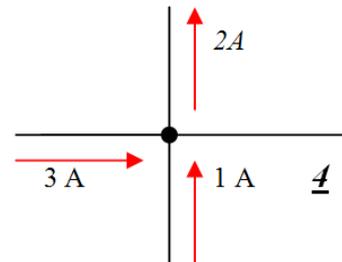


Ejemplo: Dado el siguiente nudo de una red, halla la intensidad que circula por el cable 4

Asignando los signos como hemos dicho anteriormente y aplicando la ecuación anterior:

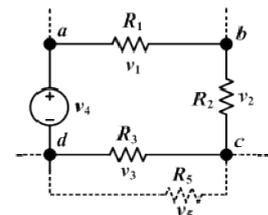
$$+3 \text{ A} - 2 \text{ A} + 1 \text{ A} + I_4 = 0 \Rightarrow I_4 = -2 \text{ A}$$

Luego el valor absoluto de I_4 es de 2 A y su sentido es saliente.



b) Ley de las mallas: “ La suma algebraica de las tensiones proporcionadas por las fuentes de una malla es igual a la suma algebraica de los productos $R \cdot I$ en la misma malla”.

$$\sum V_i = \sum (R \cdot I)$$



Tecnología Industrial: Circuitos eléctricos.

Aplicación de las leyes en la resolución de circuitos.

1. Asignamos arbitrariamente el sentido de la corriente eléctrica en todas las ramas de la red.

2. Asignamos arbitrariamente un único criterio de circulación para todas las mallas de la red (horario o antihorario).

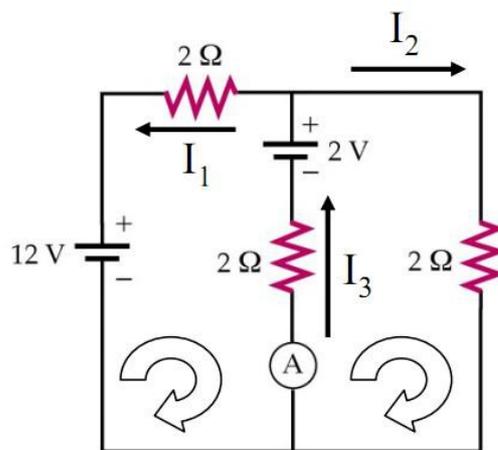
3. Aplicamos la 1ª Ley de Kirchoff en los nudos:

$$\sum I_i = 0 \rightarrow I_1 + I_2 + \dots + I_n = 0$$

4. Aplicamos la 2ª Ley de Kirchoff en las mallas de la red:

$$\sum V_i = \sum (R \cdot I)$$

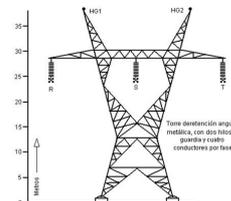
5. Resolvemos el sistema de ecuaciones resultante.



$$\begin{array}{ll} I_3 = I_1 + I_2 & I_1 = -11/3 \text{ A} \\ 12 - 2 = -2I_1 - 2I_3 & I_2 = +7/3 \text{ A} \\ 2 = 2I_2 + 2I_3 & I_3 = -4/3 \text{ A} \end{array}$$

12. Transporte y distribución de energía eléctrica.

En los circuitos eléctricos, los elementos de transporte son los encargados de llevar las cargas eléctricas desde el generador hasta el punto de consumo; se les llama también cables, y se representan simbólicamente mediante una línea. Un cable está constituido físicamente por un conductor eléctrico alargado y de sección circular, recubierto por un aislante ignífugo que evita su contacto con otros cables o elementos conductores y lo protege del agua y demás fenómenos atmosféricos. El elemento de transporte ofrece al paso de la corriente eléctrica una resistencia R , que depende de tres factores, como sabemos, principalmente:



$$R = \rho \cdot l / S$$

Es directamente proporcional a la longitud del elemento de transporte; es decir, cuanto más largo sea el elemento, mayor oposición presentará al paso de la corriente y, por lo tanto, mayor será su resistencia.

Es inversamente proporcional a su sección; es decir, cuanto mayor sea la sección (cuanto más grueso sea el cable), su resistencia será menor.

Y para una misma longitud y sección depende del material.

Este paso de corriente trae como consecuencia una pérdida de energía eléctrica, que se disipa en forma de calor en los elementos de transporte, y que no se puede recuperar. Como esta energía consumida viene dada por $W = I^2 R t$, interesa que la resistencia de los



cables sea la menor posible. Los cables suelen ser de cobre, aunque en ocasiones se utilizan de aluminio, platino o aleaciones especiales cuya resistividad apenas varía con la temperatura.

Por otra parte, los cables pueden constar de un solo hilo (cables unifilares) o de más de uno, entrelazados entre sí (cables multifilares).

También pueden existir uno o más conductores dentro de un mismo cable, dando lugar así a los cables unipolares, bipolares, tripolares, etc.

Tecnología Industrial: Circuitos eléctricos.

Distribución de la energía eléctrica.

La energía eléctrica se produce en las centrales eléctricas, alejadas por lo general de los puntos de consumo.

Imaginemos desde la central se quisiera alimentar un receptor de 5000W y 220V situado a una distancia de 100 km y unida a la central por un conductor de cobre de 10 mm² de sección.

En ese caso, la resistencia del cable sería:

$$R_{\text{cable}} = \rho \frac{L}{S} = 1,72 \cdot 10^{-8} \Omega m \cdot \frac{100 \cdot 10^3 m}{10^{-5} m^2} = 172 \Omega$$

La intensidad que circula sería por el receptor debería de ser:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{5500}{220} = 25 A$$

y la potencia perdida en el cable sería:

$$P_{\text{cable}} = I^2 \cdot R_{\text{cable}} = (25)^2 \cdot 172 = 107.500W$$

Vemos que la potencia eléctrica perdida es mayor que la aprovechada. Supongamos ahora que nuestro receptor de 5000W funcionase a un voltaje de 220.000V:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{5500}{220000} = 0,025 A$$

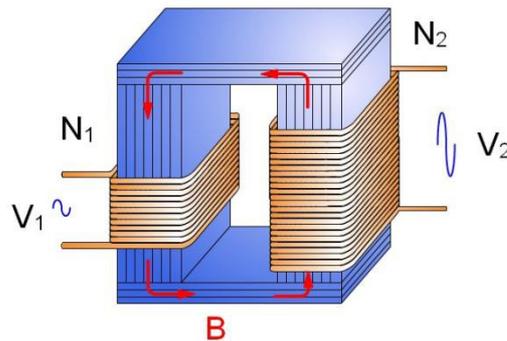
y la potencia perdida en el cable sería:

$$P_{\text{cable}} = I^2 \cdot R_{\text{cable}} = (0,025)^2 \cdot 172 = 0,107W$$

Por esta razón, se realiza empleando voltajes elevados: para que la intensidad de corriente que circula por el conductor sea lo menor posible y por tanto minimizar las pérdidas de energía por efecto Joule. Para elevar los valores de voltaje se emplean transformadores, que sólo funcionan con corriente alterna.

Tecnología Industrial: Circuitos eléctricos.

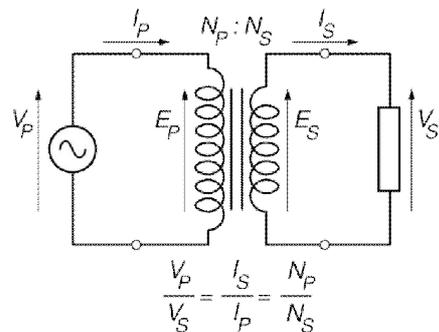
Un transformador no es más que un núcleo magnético con dos (o más) arrollamientos, que reciben los nombres de devanado primario (el conectado en la parte generadora de energía) y secundario (el conectado en la parte donde se consume la energía). Las tensiones en los bornes de los devanados primario y secundario, V_1 y V_2 , guardan entre sí la misma relación que sus números de espiras respectivos, N_1 y N_2 :



La relación entre la tensión en los bornes del devanado primario y tensión inducida en el secundario, es directamente proporcional al número de espiras de los devanados primario (N_1) y secundario (N_2).

La razón de transformación (m) del voltaje entre el bobinado primario y el secundario depende de los números de vueltas que tenga cada uno. Si el número de vueltas del secundario es el triple del primario, en el secundario habrá el triple de tensión.

Esta particularidad se utiliza en la red de transporte de energía eléctrica: al poder efectuar el transporte a altas tensiones y pequeñas intensidades, se disminuyen las pérdidas por el efecto Joule y se minimiza el costo de los conductores.



Así, si el número de espiras (vueltas) del secundario es 100 veces mayor que el del primario, al aplicar una tensión alterna de 230 voltios en el primario, se obtienen 23.000 voltios en el secundario (una relación 100 veces superior, como lo es la relación de espiras). A la relación entre el número de vueltas o espiras del primario y las del secundario se le llama relación de vueltas del transformador o relación de transformación. Ahora bien, como la potencia aplicada en el primario, en caso de un transformador ideal, debe ser igual a la obtenida en el secundario, el producto de la fuerza electromotriz por la intensidad (potencia) debe ser constante, con lo que en el caso del ejemplo, si la intensidad circulante por el primario es de 10 amperios, la del secundario será de solo 0,1 amperios (una centésima parte).

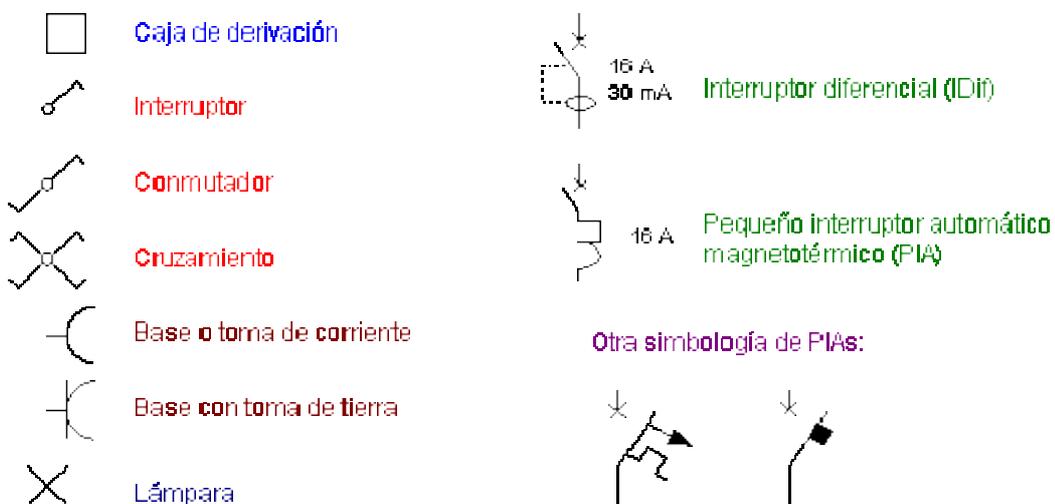
Tecnología Industrial: Circuitos eléctricos.

13. Circuitos eléctricos domésticos.

Elementos de maniobra.

Se denominan elementos de maniobra de una instalación eléctrica a los dispositivos que tienen la función de manipular a voluntad los circuitos. Los más comunes son:

a) **Pulsadores.** Tiene la función de activar el circuito mientras se mantenga la presión sobre el pulsador según sea un pulsador NA o NC.. Se utilizan sobre todo en timbres, puntos de luz, alumbrados de escalera, etc.



b) **Interruptores.** Son aparatos diseñados para abrir o cerrar un circuito. Se activan manualmente.

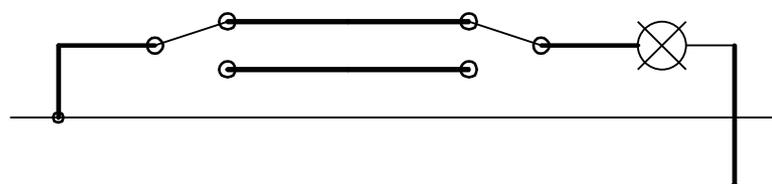
Pueden ser de dos tipos:

Unipolares : Cortan o cierran uno sólo de los hilos del circuito. Se emplean en circuitos con receptores que consumen poca potencia, como por ejemplo en el alumbrado doméstico.

Bipolares : Cortan o cierran los dos hilos del circuito. Se usan en circuitos con altos consumos de potencia como en el circuito que alimenta al horno doméstico, lavadora, etc.

c) **Conmutadores.** Tiene dos posiciones distintas que se activan manualmente.

Uno de sus usos más comunes es el apagado de un punto de luz desde dos lugares distintos.



Tecnología Industrial: Circuitos eléctricos.

Elementos de protección

En toda instalación eléctrica habrá que tener en cuenta sobre todo los posibles contactos directos e indirectos diseñando la misma con los sistemas de protección adecuados para evitar riesgos de accidentes eléctricos. Otros aspectos fundamentales que hay que considerar de cara a la protección son:

- Sobrecargas.
- Cuando se superan las intensidades de diseño.
- Cortocircuitos.

Cuando se juntan dos fases o fase y neutro se produce un incremento excesivo de la corriente que puede llegar a fundir los conductores y provocar incendios.

Para protegernos de estos hechos podemos utilizar los siguientes elementos:

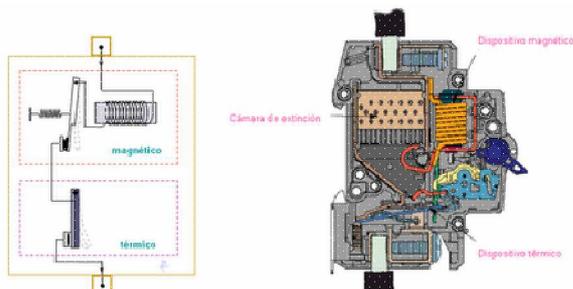
Fusibles : Son elementos de protección que actúan abriendo el circuito, por mediación de un conductor intercalado en el mismo, diseñado para fundirse al ser atravesado por una corriente. Pueden ser de hilo o de cartucho.



Interruptores automáticos o disyuntores: Son elementos de corte y protección que producen la apertura de los mismos automáticamente, al producirse la causa que los altera. Pueden ser magnéticos, térmicos o diferenciales, pero todos ellos disponen de un gatillo mecánico que finalmente abre el circuito:

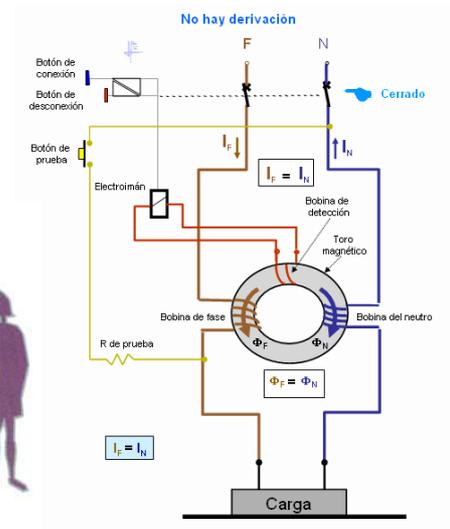
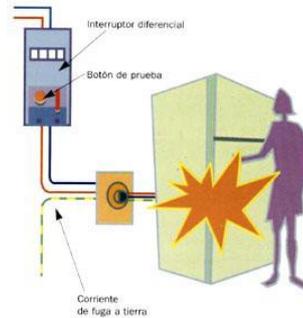
Interruptor automático magnético: Estos interruptores llevan una bobina en cuyo interior se dispone un núcleo magnético. La intensidad que circula por la bobina crea un campo magnético, que tiende a desplazar el núcleo. El núcleo se desplazará solamente al producirse un aumento de corriente sobre la normal. El desplazamiento se transmite mecánicamente al gatillo y se produce la apertura del circuito. La respuesta del interruptor es más rápida cuanto mayor es el aumento de corriente.

Interruptor automático térmico: En este caso la intensidad que circula por el circuito se hace pasar por un fleje bimetálico. Al aumentar la corriente, este fleje bimetálico se calienta y se deforma. Esta deformación se transmite al gatillo, produciéndose la apertura del circuito.



Tecnología Industrial: Circuitos eléctricos.

Interruptor automático diferencial: Cuando la intensidad que circula por los conductores del circuito no es igual, debido a la existencia de una derivación, el campo magnético inducido en el núcleo toroidal no es nulo. Este campo induce una corriente en el devanado B, que activa el relé y éste a su vez el gatillo abriendo el circuito.



Interruptor automático magneto-térmico diferencial: incorpora los tres tipos de protección anteriores. En caso de cortocircuito actuará la protección magnética, la térmica en caso de sobrecarga, y el relé diferencial si existe una derivación.

