

# TALLER (3<sup>ro</sup> – B)

## Sección Materiales e Insumos



### PRINCIPIOS ELÉCTRICOS:

Estructura de la materia

Electricidad estática

Ley de Coulomb

Campo eléctrico

Potencial eléctrico

Corriente eléctrica

Resistencia eléctrica

Tensión o voltaje

Ley de Ohm

Leyes de Kirchhoff

Potencia eléctrica en C.C

3° B – ELECTRÓNICA

V1.0-2020



que el proyecto se llevara a cabo en secreto porque temía las consecuencias de este nuevo invento.

En 1945, vuelve a la Universidad de Copenhague donde inmediatamente comenzó a desarrollar usos pacifistas para la energía atómica. Organizó la primera conferencia “Átomos para la paz” en Ginebra, celebrada en 1955, y dos años más tarde recibió el primer premio “Átomos para la paz”.

Falleció el 18 de diciembre de 1962 de una insuficiencia cardíaca en Copenhague.

**N**iels Bohr nació el 7 de octubre de 1885 en Copenhague, Dinamarca. Hijo de Ellen Adler y Christian Bohr, catedrático de fisiología. Cursó estudios en la universidad de su ciudad natal, doctorándose en 1911. En ese mismo año ingresó en la Universidad de Cambridge (Inglaterra) con la intención de estudiar Física Nuclear con Joseph John Thomson, aunque pronto se trasladó a la Universidad de Manchester para trabajar con Ernest Rutherford.

Su teoría de la estructura atómica, que le valió el Premio Nobel de Física en 1922, se publicó en una memoria entre 1913 y 1915.

Su trabajo giró sobre el modelo nuclear del átomo de Rutherford, en el que el átomo se ve como un núcleo compacto rodeado por un enjambre de electrones más ligeros. Su modelo establece que un átomo emite radiación electromagnética sólo cuando un electrón del átomo salta de un nivel cuántico a otro.

En el año 1916, regresa a la Universidad de Copenhague para impartir clases de física, y en 1920 es nombrado director del Instituto de Física Teórica de esa universidad. Allí, elaboró una teoría que relaciona los números cuánticos de los átomos con los grandes sistemas que siguen las leyes clásicas.

Hizo muchas otras importantes contribuciones a la física nuclear teórica, incluyendo el desarrollo del modelo de la gota líquida del núcleo y trabajo en fisión nuclear. Demostró que el uranio 235 es el isótopo del uranio que experimenta la fisión nuclear.

Regresó a Dinamarca, donde fue obligado a permanecer después de la ocupación alemana del país en 1940. Sin embargo, consiguió escapar a Suecia con gran peligro. Desde allí, viajó a Inglaterra y por último a los Estados Unidos, donde se incorporó al equipo que trabajaba en la construcción de la primera bomba atómica en Los Álamos (Nuevo México), hasta su explosión en 1945. Se opuso a

## 1. ESTRUCTURA DE LA MATERIA

Para entender cómo funciona la electricidad será necesario introducir algunos conceptos derivados de la propia estructura de la materia, los cuales serán esenciales para comprender cómo se producen los fenómenos eléctricos. Entendemos por materia a toda sustancia que tiene peso (masa) y ocupa un espacio.

Si dividimos la materia en partes lo más pequeñas posibles, manteniendo para cada una de ellas su naturaleza original, obtenemos pequeñas partículas denominadas moléculas. Si dividimos aún más las moléculas observamos que están compuestas por átomos (del griego *sin división*). Si la molécula está formada por átomos iguales, la combinación es un elemento; mientras que, si son átomos desiguales los que la forma, la combinación es un compuesto. Los átomos que conforman un elemento químico son todos iguales, pero diferentes de los átomos de los demás elementos químicos.

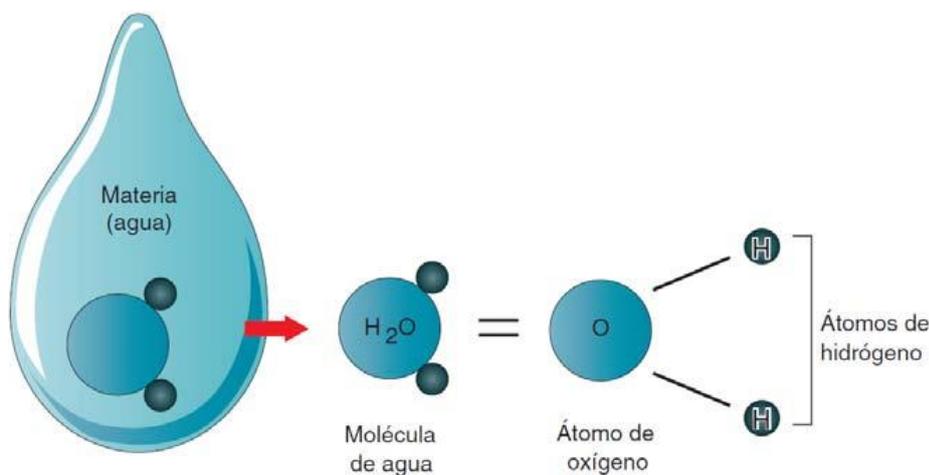


Figura 1.1.- Estructura de la materia.

Los átomos están formados por un conjunto de partículas, que son los electrones, los protones y los neutrones. Comparando el átomo con un sistema planetario, los protones y neutrones se encontrarían en el centro formando el núcleo, como si fueran el Sol, y los electrones estarían orbitando alrededor de éste, tal y como lo harían los planetas. El electrón posee una carga eléctrica negativa, mientras que el protón tiene la misma carga eléctrica, pero con signo positivo. El neutrón no tiene carga eléctrica. Esta concepción planetaria del átomo fue enunciada por **Niels Bohr**.

Decimos que un material es eléctricamente neutro cuando el número de electrones que giran alrededor del núcleo es igual al número de protones contenidos en él. Por ejemplo, el cobre (Cu) posee 29 protones ( $p^+$ ) en el núcleo y 29 electrones ( $e^-$ ) orbitando alrededor de él; en consecuencia, al no presentar descompensación de cargas, es un material eléctricamente neutro (figura 1.2).

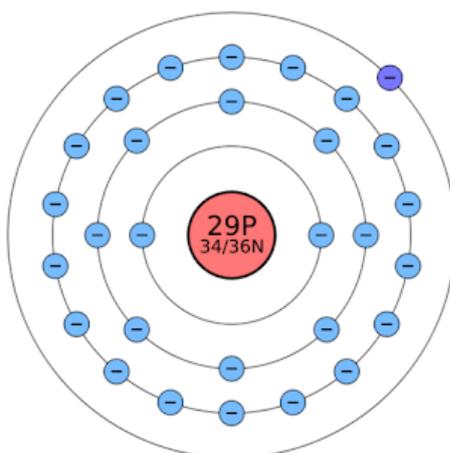


Figura 1.2.- Distribución simplificada de electrones en un átomo de cobre (Cu).

Los electrones se distribuyen alrededor del núcleo en diferentes niveles u orbitas. En el caso del cobre, sus 29 electrones se reparten de la siguiente manera: dos en la primer orbita, ocho en la segunda, dieciocho en la tercera, y un solo electrón en la última. Esta última orbita, que además es el más alejado del núcleo, recibe el nombre de nivel o capa de valencia, y en el caso del cobre, al tener un solo electrón, es muy fácil que éste rompa su enlace, pasando de un átomo a otro. Esta particularidad es la que hace al cobre un excelente material conductor de la corriente eléctrica.

Los estudios realizados sobre la distribución de electrones confirman que cualquier material cuyos átomos tengan el nivel de valencia incompleto tiende a ceder electrones o bien a aceptarlos, hasta completarlo, en este último caso con, a lo sumo, 8 electrones. Hay que señalar que cuando los átomos aceptan o ceden electrones dejan de ser eléctricamente neutros, ya que se descompensa el número de electrones respecto del número de protones presentes en su núcleo. Así pues:

- Si los átomos de un cuerpo ganan electrones, el cuerpo se carga negativamente (mayor número de electrones que de protones).
- Si los átomos de un cuerpo ceden electrones, el cuerpo se carga positivamente (mayor número de protones que de electrones).

**La carga eléctrica (Q), o la cantidad de electricidad que posee un cuerpo, no es más que el efecto producido por el exceso o la falta de electrones en un material.**

## 1.1 MATERIALES AISLANTES, CONDUCTORES Y SEMICONDUCTORES

Los materiales aislantes se caracterizan por disponer de un número de electrones de valencia comprendido entre cinco y ocho. En esta situación, el coste energético para completar el nivel de valencia con ocho electrones es menor que el que supone desprenderse de ellos.

Un material aislante presenta una importante oposición a la circulación de electrones, debido a que cualquier electrón libre existente en el entorno próximo de un átomo es "atrapado" por éste, lo que impide su circulación por el material. Son aislantes naturales el aire seco, el aceite mineral, el vidrio, la porcelana, la mica, el amianto, etc., y artificiales la baquelita, el policloruro de vinilo (PVC), el poliéster, etc.

Todo material formado por átomos que en su nivel de valencia posea entre uno y tres electrones tiende a desprenderse de ellos, puesto que el coste energético necesario para liberarlos es mucho menor que el necesario para completar el nivel de valencia. Por ejemplo, el cobre solamente posee un electrón en el nivel de valencia y, por lo tanto, necesita muy poca energía para desprenderse de él. La tendencia natural a ceder este electrón hace que el cobre sea un buen conductor de la electricidad.

Los metales, en general, son buenos conductores de la electricidad porque se requiere muy poca energía externa para hacer que los electrones de valencia abandonen esta órbita y queden en libertad para poder circular por el material. Ejemplos de metales conductores son el oro (Au), la plata (Ag), el cobre (Cu), el aluminio (Al) y el hierro (Fe). También son conductores de la electricidad los ácidos y las soluciones salinas.

Los materiales semiconductores tienen como característica principal la de conducir la corriente eléctrica en determinadas circunstancias, y evitar el paso de la misma en otras (conduce y no conduce). La estructura atómica de estos materiales está formada por cuatro electrones de valencia, por lo que le es fácil ganar, o perder estos cuatro electrones, para de esta manera cumplir con la "regla del octeto" y llegar a un estado estable. El silicio y el germanio (debidamente modificados) son los materiales semiconductores por excelencia, siendo la base para el desarrollo de la electrónica de estado sólido.

## 2. ELECTRICIDAD ESTÁTICA

Se denomina electricidad estática a aquella que no se mueve respecto a la sustancia determinada. La electricidad estática se produce cuando ciertos materiales se frotan unos con otros, como lana contra plástico, o la suela de los zapatos contra la alfombra. El proceso de frotamiento produce que se retiren los electrones de la superficie de un material y se reubiquen en la superficie de otro material que ofrece niveles energéticos más favorables.

La electricidad estática es un fenómeno que se debe a una acumulación de cargas eléctricas en un objeto. Dicha acumulación puede dar lugar a una descarga eléctrica cuando el objeto en cuestión se pone en contacto con otro.

En una descarga se genera una corriente de baja intensidad pero de alta tensión (o diferencia de potencial). En la figura 5 se puede observar un ejemplo de electricidad estática. Si frotamos una varilla de vidrio (material no conductor) con un paño de seda, tanto el paño como la varilla quedan cargados eléctricamente (el paño con carga negativa y la varilla con carga positiva). La electricidad acumulada en ambos materiales permanecerá sin moverse a menos que los pongamos en contacto, o se conecten por medio de un conductor.

Desde el punto de vista de los electrones libres, la electricidad estática se refiere al estado en el que los electrones libres están separados de sus átomos y no se mueven en la superficie de los materiales. A la cantidad de electricidad con que se carga una sustancia se la llama carga eléctrica, se representa por la letra (Q) y se mide en el Sistema Internacional (S.I.), en Coulombs (C).



Figura 2.1.- Electricidad estática.

## 2.1 INDUCCIÓN ELECTROESTÁTICA

Cuando un cuerpo cargado (A) se mueve hacia un conductor (B) aislado, aparece en la zona del conductor (B) más cercana al cuerpo cargado (A) una carga eléctrica que es opuesta a la carga del cuerpo cargado inicialmente (A). A este fenómeno se denomina inducción electrostática.

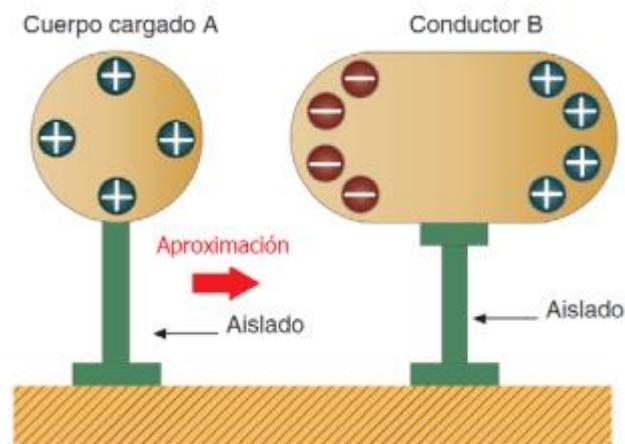


Figura 2.1.- Inducción electrostática.

Naturalmente, este fenómeno se pone de manifiesto cuando sucede la caída de un rayo, durante una tormenta eléctrica. Las corrientes ascendentes y descendentes que se originan en el interior de las nubes provocan, por fricción con los cristales de hielo y las gotas de agua, una acumulación de cargas positivas en la parte superior de la nube y negativas en la parte inferior de la misma. Esta separación de cargas a su vez induce en la tierra cargas positivas, las cuales se sitúan en zonas de menor superficie o agudas, como ser árboles y antenas. La separación de cargas y la acumulación continúa hasta que el potencial eléctrico se vuelve suficiente para iniciar una descarga eléctrica, que ocurre cuando la distribución de las cargas positivas y negativas forman un campo eléctrico lo suficientemente fuerte, generando una violenta descarga a través del aire, hacia la tierra, y sin la necesidad de que exista una conexión entre los cuerpos.

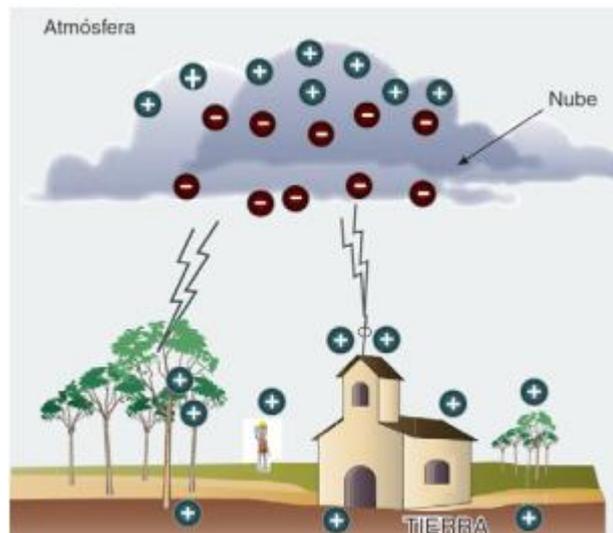


Figura 2.2.- Generación de una descarga eléctrica.

### 3. LEY DE COULOMB

Si se cuelgan dos barras de vidrio con hilos y se frota ambas con un paño de seda, al acercarse una a la otra se repelerán. Por el contrario, si se acerca una de las varillas al paño de seda, ambos se atraerán. Este fenómeno demuestra que actúa una fuerza de repulsión entre cargas eléctricas del mismo signo, y de atracción entre cargas de signo opuesto. La fuerza que actúa entre cargas eléctricas se denomina fuerza electrostática.

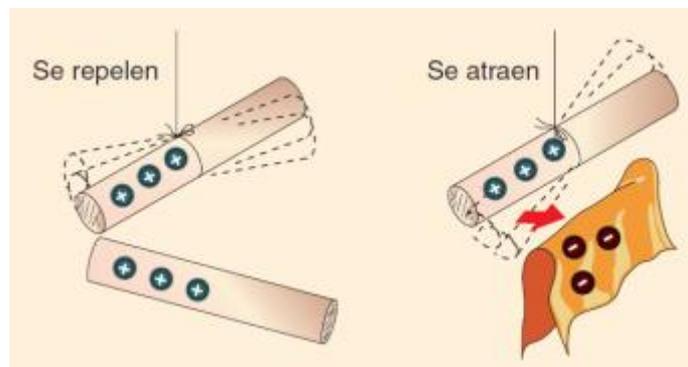


Figura 3.1.- Ejemplo de fuerza electrostática.

Un aspecto que se desprende del experimento anterior es que podemos llegar a generar una fuerza electrostática capaz de producir un trabajo por cualquier método que provoque un desequilibrio de cargas eléctricas en un cuerpo. Charles Coulomb enunció la que se conoce como ley de Coulomb, al demostrar experimentalmente que el valor de la fuerza ( $F$ ) con la que se atraen o repelen dos partículas cargadas eléctricamente situadas a una distancia fija es directamente proporcional al producto de sus cargas e inversamente proporcional al cuadrado de dicha distancia (figura 3.2).

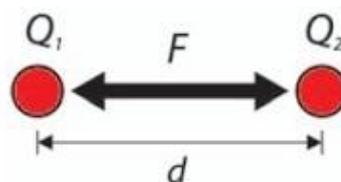


Figura 3.2.- Fuerza ejercida entre cargas eléctricas.

La expresión que proporciona el valor de esta fuerza viene dada por:

$$F = K \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{d^2}$$

Donde:

- **F** es la fuerza de atracción o repulsión expresada en Newtons (N).
- **Q<sub>1</sub>** y **Q<sub>2</sub>** son las cargas eléctricas de cada partícula expresada en Coulombs (C).
- **d** es la distancia entre las partículas expresada en metros (m).
- **K** es una constante que, en el sistema internacional (SI) y para el vacío, es igual a:

$$K = 8,9875 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$$

Esta constante también puede ser escrita de la siguiente forma:

$$K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

La constante  $\epsilon_0$  (epsilon) es la permitividad del vacío y su valor es:

$$\epsilon_0 = 8,8542 \cdot 10^{-12} \frac{C^2}{N \cdot m^2}$$

El Coulomb (C), es una unidad derivada del SI para la medición de la cantidad de electricidad (carga eléctrica) y se define como la cantidad de carga transportada en un segundo por una corriente de un Amper de intensidad de corriente eléctrica. Es decir:

$$1C = 1A \cdot s$$

La menor unidad de carga conocida en la naturaleza es la carga de un electrón o protón, cuyo valor absoluto es:

$$|e| = 1,602176 \cdot 10^{-19}C$$

Una carga de 1 Coulomb es aproximadamente igual a la carga de  $6,24 \cdot 10^{18}$  electrones o protones juntos. Este número es muy pequeño cuando lo comparamos con el número de electrones libres en  $1 \text{ cm}^3$  de cobre, que está en el orden de  $10^{23}$ .

## 4. CAMPO ELÉCTRICO

El campo eléctrico es aquella región del espacio donde se ponen de manifiesto las fuerzas de atracción o repulsión sobre las cargas eléctricas.

Si ubicamos una pequeña carga de referencia **q<sub>0</sub>**, con carga positiva, a una distancia **d** de un cuerpo **Q** cargado más positivamente, la carga de referencia experimentará un campo eléctrico **E**, en la dirección que se observa en la figura 4.1.

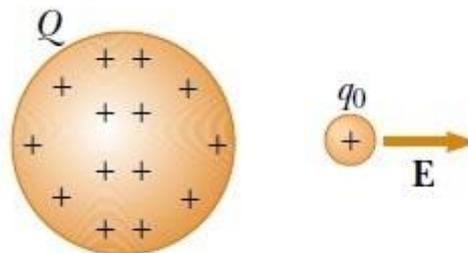


Figura 4.1.- Campo eléctrico generado por una carga Q.

La expresión que permite evaluar la intensidad de campo eléctrico es la siguiente:

$$E = \frac{F}{q_0} = K \cdot \frac{Q}{d^2}$$

Donde:

- **E** es una magnitud vectorial que representa la intensidad del campo eléctrico y su unidad en el SI es Newton/Coulomb (N/C) o voltios/metro (V/m).
- **F** es la fuerza ejercida por la carga  $Q$  sobre la carga de referencia  $q_0$  y se expresa en Newtons (N).
- **$q_0$**  es la carga de referencia y se expresa en Coulombs (C).
- **Q** es la carga que genera el campo eléctrico y se expresa en Coulombs (C).
- **d** es la distancia entre la carga que genera el campo eléctrico y la carga de referencia y se expresa en metros (m).
- **K** es la misma constante utilizada en la ley de Coulomb.

#### 4.1 LÍNEAS DE FUERZA

Una forma de representar el campo eléctrico es a través de las llamadas líneas de fuerza o líneas de campo eléctrico (introducidas por el físico y químico inglés Michael Faraday), que son líneas continuas que se trazan de tal forma que el campo eléctrico sea tangente a ellas en todo punto del espacio. Estas líneas salen de las cargas positivas y entran en las cargas negativas. La magnitud del campo es mayor donde las líneas de fuerza están más juntas y es menor donde están más separadas.

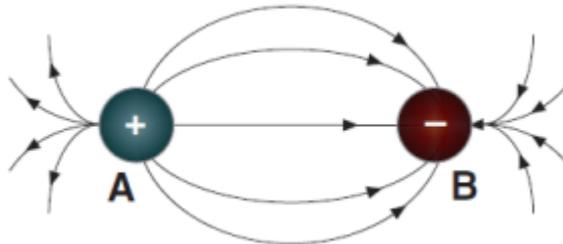


Figura 4.2.- Líneas de fuerza o líneas de campo eléctrico.

### 5. POTENCIAL ELECTRICICO

Si quisiera trasladar una carga eléctrica de un sitio a otro, y ésta se encontrará muy alejada de cualquier otra carga que pudiera atraerla o rechazarla, no debería realizar ningún trabajo. Ahora, si esta misma carga se encontrará dentro de un campo eléctrico, es decir que sobre ella actuarán fuerzas de atracción o repulsión, será necesario realizar trabajo (o recibirlo) para poder trasladar esta carga de un punto a otro.

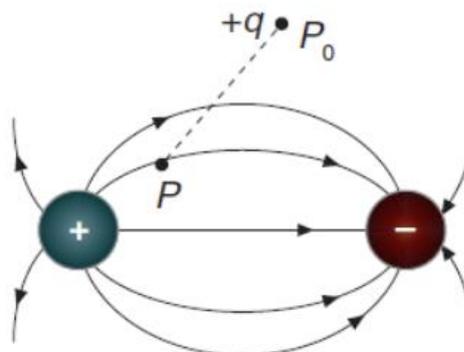


Figura 5.1.- Trabajo realizado para desplazar una carga del punto  $P_0$  a P.

Si se desea trasladar una carga (+q) del punto  $P_0$  al punto P (figura 5.1) se deberá realizar un trabajo para vencer las fuerzas de repulsión, quedando este trabajo almacenado como una energía potencial en dicho punto

P. Al ser la fuerza electrostática una fuerza conservativa, el trabajo es independiente de la trayectoria, es decir que únicamente depende de las posiciones inicial y final.

Ahora bien, en electricidad, es más conveniente utilizar el potencial eléctrico, que se define como la energía potencial eléctrica por unidad de carga. El potencial eléctrico es una magnitud escalar y se lo define con la letra  $V$ , siendo su unidad en el SI el Volt o Voltio.

El potencial eléctrico creado por una carga  $q$  en un punto a una distancia  $r$  se define como:

$$V = K \cdot \frac{q}{r}$$

Por lo que una carga de prueba  $q$  situada en ese punto tendrá una energía potencial  $U$  dada por:

$$U_p = q \cdot V$$

Bajo la única acción de la fuerza electrostática, todas las cargas tienden a moverse de modo que el trabajo de la fuerza sea positivo, disminuyendo así su energía potencial. Esto significa que las cargas de prueba positivas se mueven hacia donde el potencial eléctrico disminuye (en sentido de las líneas de fuerza) y las cargas de prueba negativas se mueven hacia donde el potencial aumenta (en sentido contrario al que indican las líneas de fuerza).

El trabajo realizado por la fuerza electrostática para llevar una carga  $q$  desde un punto  $P_a$  al punto  $P_b$  (figura 5.2) se puede expresar entonces en función de la diferencia de potencial entre  $P_a$  y  $P_b$ .

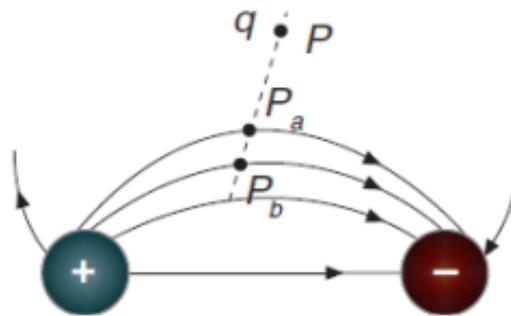


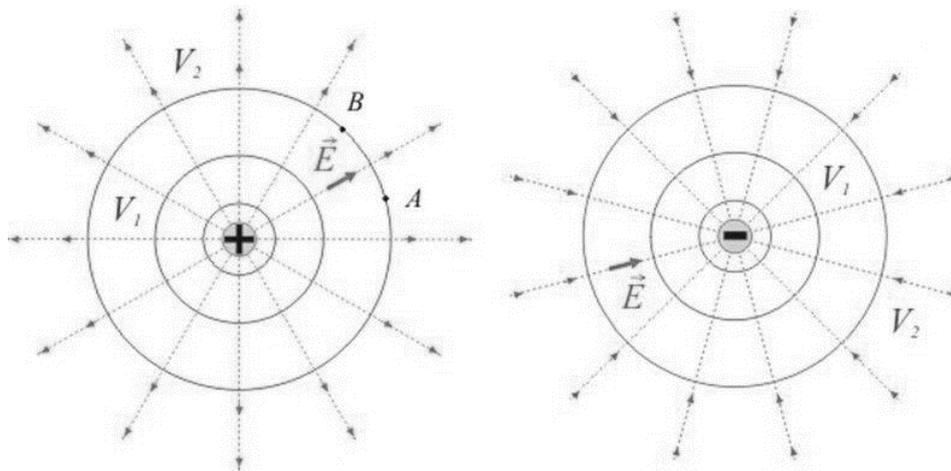
Figura 5.2.- Diferencia de potencial.

$$W_{ab} = U_a - U_b = qV_a - qV_b = -q\Delta V$$

## 5.1 SUPERFICIES EQUIPOTENCIALES

Las superficies equipotenciales son aquellas en las que el potencial toma un valor constante. Por ejemplo, las superficies equipotenciales creadas por cargas puntuales son esferas concéntricas centradas en la carga. Cuando una carga se mueve sobre una superficie equipotencial la fuerza electrostática no realiza trabajo, puesto que la  $\Delta V$  es nula.

Por otra parte, para que el trabajo realizado por una fuerza sea nulo, ésta debe ser perpendicular al desplazamiento, por lo que el campo eléctrico (paralelo a la fuerza) es siempre perpendicular a las superficies equipotenciales. En la figura 5.3 se observa que en el desplazamiento sobre la superficie equipotencial desde el punto A hasta el B el campo eléctrico es perpendicular al desplazamiento.



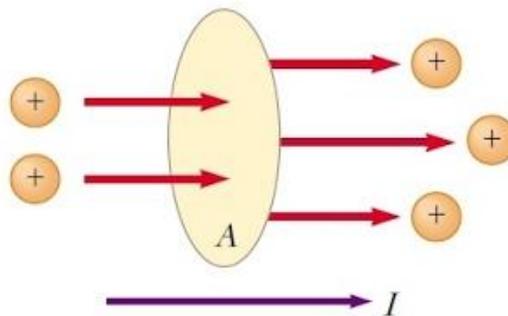
**Figura 5.3.-** Superficies equipotenciales creadas por una carga puntual positiva y otra negativa.

Las propiedades de las superficies equipotenciales se pueden resumir en:

- Las líneas de campo eléctrico son, en cada punto, perpendiculares a las superficies equipotenciales y se dirigen hacia donde el potencial disminuye.
- El trabajo para desplazar una carga entre dos puntos de una misma superficie equipotencial es nulo.
- Dos superficies equipotenciales no se pueden cortar.

## 6. CORRIENTE ELÉCTRICA

Cuando sobre un conductor se aplica un campo eléctrico, las cargas experimentan una fuerza y por tanto están en movimiento. La corriente eléctrica es el flujo de estas cargas en movimiento a través de un conductor. La intensidad de corriente eléctrica  $I$  se define como la cantidad de carga eléctrica  $Q$  que atraviesa una sección de un conductor en cada unidad de tiempo. Se trata de una magnitud escalar.



**Figura 6.1.-** El tiempo que demoran una cierta cantidad de cargas en atravesar un área  $A$  es definido como corriente.

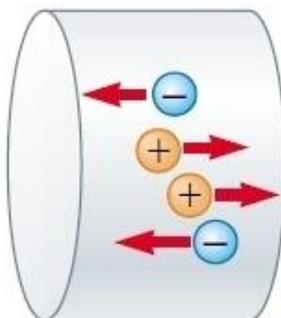
$$I = \frac{Q}{\Delta t}$$

En el SI de unidades la unidad de corriente es el Amper (C/s). La carga eléctrica que está en movimiento en el conductor, bajo la acción de un campo eléctrico, son los electrones libres. Estos electrones, experimentan una fuerza dada por la ecuación:

$$F = q \cdot E$$

El vector fuerza, que actúa sobre los electrones, tiene sentido contrario al del vector campo eléctrico. Sin embargo, históricamente se creía que la corriente eléctrica estaba producida por el movimiento de las cargas

positivas, y por ello se adoptó como sentido de la corriente eléctrica el contrario al que en realidad llevan los electrones. Esta convención sigue manteniéndose en nuestros días.



**Figura 6.2.-** Una corriente electrónica de un punto negativo a otro positivo equivale a una corriente eléctrica del punto positivo al negativo.

Los electrones (portadores de carga), tienen en la red cristalina un movimiento aleatorio. Sin embargo, debido al campo eléctrico externo, su movimiento no es completamente aleatorio, sino que se desplazan también en la dirección del campo eléctrico y sentido contrario. La velocidad a la que lo hacen se denomina velocidad de desplazamiento o velocidad de arrastre. Esta velocidad es muy pequeña, y se encuentra en el orden de 1 mm/s.

## 6.1 DENSIDAD DE CORRIENTE

Denominamos densidad de corriente a la relación existente entre la cantidad de corriente eléctrica que atraviesa un cuerpo y la sección geométrica de éste. La densidad viene dada por la expresión:

$$J = \frac{I}{S}$$

Donde:

- $J$  es la densidad de corriente eléctrica expresada en amperes/mm<sup>2</sup> (A/mm<sup>2</sup>).
- $I$  es la intensidad de corriente en amperes (A).
- $s$  es la sección del conductor en mm<sup>2</sup>.

## 7. RESISTENCIA ELÉCTRICA

Por resistencia eléctrica entendemos la mayor o menor oposición que presenta un cuerpo al paso de la corriente eléctrica. La unidad de resistencia es el Ohm ( $\Omega$ )

La oposición que presenta un material al paso de la corriente eléctrica se explica por la dificultad que representa para los electrones tener que sortear los átomos que encuentran a su paso cuando circulan por un material. La aplicación de una tensión entre los extremos de un material conductor provoca que los átomos cedan los electrones de valencia, lo que facilita la circulación de éstos a través del material (corriente electrónica).

La resistencia que presenta un material al paso de la corriente eléctrica viene dada por la expresión siguiente:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S}$$

Donde:

- $R$  es la resistencia expresada en Ohms ( $\Omega$ ).
- $\rho$  es el coeficiente de resistividad del material expresado en ( $\Omega \times m$ ).
- $l$  es la longitud del conductor expresada en metros (m).
- $s$  es la sección del conductor, expresada en m<sup>2</sup>.

De la expresión anterior se desprende que la resistencia de un conductor depende de su naturaleza, su longitud y su sección.

**La resistencia eléctrica de un conductor es directamente proporcional a su longitud e inversamente proporcional a su sección.**

## 7.1 RESISTIVIDAD

El coeficiente de resistividad ( $\rho$ ), o resistencia específica de un material, es la resistencia característica que presenta un conductor de 1 m<sup>2</sup> cuadrado de sección y 1 metro de longitud a una temperatura dada. El valor de la resistividad es muy pequeño en materiales conductores y muy elevado en los aislantes.

Material	Resistividad ( $\rho$ ) a 20°C ( $\Omega \cdot m$ )	Coefficiente de temperatura $\alpha$ (°C <sup>-1</sup> )
Plata (Ag)	1,59.10 <sup>-8</sup>	3,8.10 <sup>-3</sup>
Cobre (Cu)	1,7.10 <sup>-8</sup>	3,9.10 <sup>-3</sup>
Aluminio (Al)	2,82.10 <sup>-8</sup>	3,9.10 <sup>-3</sup>
Oro (Au)	2,44.10 <sup>-8</sup>	3,4.10 <sup>-3</sup>
Wolframio (W)	5,6.10 <sup>-8</sup>	4,5.10 <sup>-3</sup>
Plomo (Pb)	22.10 <sup>-8</sup>	3,9.10 <sup>-3</sup>
Hierro (Fe)	10.10 <sup>-8</sup>	5.10 <sup>-3</sup>
Platino (Pt)	11.10 <sup>-8</sup>	3,92.10 <sup>-3</sup>
Silicio (Si)	640	-75.10 <sup>-3</sup>
Germanio (Ge)	0,46	-48.10 <sup>-3</sup>
Vidrio	10 <sup>10</sup> a 10 <sup>14</sup>	-

## 7.2 EL COEFICIENTE DE TEMPERATURA

**El coeficiente de temperatura ( $\alpha$ ) de un conductor es un parámetro que indica el aumento o la disminución que sufre su resistividad específica por efecto de la temperatura.**

En los metales este parámetro tiene un valor positivo, lo que indica que al elevar la temperatura del material aumenta su resistividad específica.

Para calcular la resistividad que presenta cualquier conductor a una temperatura T, diferente de 20 °C, se emplea esta fórmula:

$$\rho = \rho_0 \cdot [1 + \alpha(T - T_0)]$$

Donde:

- $\rho$  es la resistividad a la temperatura deseada.
- $\rho_0$  es la resistividad del conductor a una temperatura de referencia, normalmente 20°C.
- $\alpha$  es el coeficiente de temperatura del material (ver tabla anterior).
- T es la temperatura a la que se desea calcular la nueva resistividad.
- $T_0$  es la temperatura de referencia, normalmente 20°C.

Como consecuencia del cambio de la resistividad con la temperatura, se producirá un cambio en el valor de la resistencia. Conocido el valor de resistencia a una determinada temperatura (inicial) y el valor del coeficiente de temperatura  $\alpha$ , podemos calcular, aproximadamente, el valor de resistencia a otra temperatura (final):

$$R = R_0 \cdot [1 + \alpha(T - T_0)]$$

Donde:

- R es la resistencia a la temperatura deseada.

- $R_0$  es la resistencia del conductor a una temperatura de referencia, normalmente 20°C.
- $\alpha$  es el coeficiente de temperatura del material (ver tabla anterior).
- $T$  es la temperatura a la que se desea calcular la nueva resistencia.
- $T_0$  es la temperatura de referencia, normalmente 20°C.

Debemos indicar que se fabrican componentes en los que deliberadamente se busca que tengan una resistencia eléctrica superior a la de los metales conductores y mucho menor que la que poseen los aislantes. Tales componentes reciben el nombre de resistores o resistencias, y tal como veremos más adelante, dependiendo de su valor podremos limitar de manera conveniente el valor de la corriente eléctrica en un circuito.

### 7.3 CONDUCTANCIA

**La conductancia expresa la mayor o menor facilidad ofrecida por un material al paso de la corriente eléctrica.**

Conceptualmente, es la inversa de la resistencia eléctrica y su unidad es el siemens (S) en honor al científico alemán Werner von Siemens. La expresión que la define es la siguiente:

$$G = \frac{1}{R}$$

Donde:

- $G$  es la conductancia eléctrica expresada en siemens (S).
- $R$  es la resistencia eléctrica expresada en ohms ( $\Omega$ ).

Las resistencias conectadas en serie pueden ser reemplazadas por una sola resistencia cuyo valor es igual a la suma de cada una de las resistencias individuales. En cambio, cuando éstas se conectan en paralelo, podemos reemplazarlas por una conductancia equivalente cuyo valor es igual a la suma de cada una de las conductancias individuales.

En base a esto, podemos establecer la conveniencia de analizar los circuitos serie con resistencias y los circuitos paralelos con conductancias.

## 8. TENSIÓN O VOLTAJE

De manera aplicada, la diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito no es nada más que la tensión eléctrica o voltaje existente entre esos dos puntos.

Así pues, podemos definir la tensión eléctrica o voltaje entre dos puntos de un circuito como la energía con la que un generador ha de impulsar una carga eléctrica de 1 coulomb entre los dos puntos del circuito. La tensión eléctrica se mide en voltios (V).

### 8.1 TENSIÓN CONTINUA Y TENSIÓN ALTERNA

Debemos señalar que la tensión entre dos puntos puede presentar un valor y una polaridad constante o no. Cuando el valor y la polaridad son constantes nos referimos a la denominada tensión continua, y la representamos con letras mayúsculas (V). Como se observa en la figura 6, una tensión continua mantiene un valor constante en el tiempo. Ejemplo de este tipo de fuentes son las pilas, acumuladores y baterías (figura 7).



Figura 7.1.- Tensión continua (mantiene su valor en el tiempo).



Figura 7.2.- Acumulador de plomo-ácido del tipo utilizado en los automóviles, son fuentes de tensión continua.

Sin embargo, es muy habitual tratar con tensiones que cambian su valor y polaridad en el transcurso del tiempo. Ésta es la denominada tensión alterna, que normalmente se representa con letras minúsculas ( $v$ ). En este caso se trata de una tensión cuyo valor instantáneo y polaridad varía con el tiempo. Sería el caso, por ejemplo, de una tensión sinusoidal como la que se observa en la figura 7.3. Un generador de tensión alterna es el alternador de un automóvil.

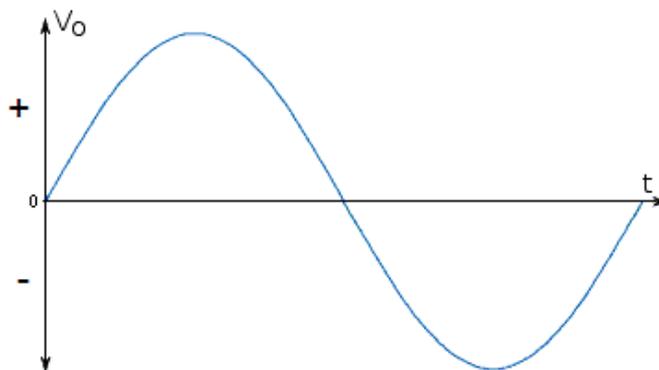


Figura 7.3.- Tensión alterna del tipo sinusoidal.

## 8.2 FRECUENCIA

Llamamos frecuencia ( $f$ ) a las veces por segundo (ciclos) que una onda de tensión o corriente alterna se repite. La unidad de frecuencia es el hercio o hertz (Hz). Por ejemplo, la frecuencia de la tensión que se tiene en la red eléctrica domiciliaria es de 50Hz; esto significa que en un segundo la tensión cambia 50 veces de polaridad.

Por otro lado, la inversa de la frecuencia se conoce como período ( $T$ ) y su unidad es el segundo. El período de una señal es el tiempo que demora en completarse un ciclo completo.

$$f = \frac{1}{T} = \text{Hz} = \frac{1}{\text{s}}$$

## 9. LEY DE OHM

*Georg Simon Ohm*, de forma experimental, llegó a encontrar la relación existente entre las tres magnitudes anteriores (tensión, corriente y resistencia) para un conductor metálico. Esta relación se conoce como ley de Ohm y determina lo siguiente:

**La corriente por un conductor metálico (I) es proporcional a la tensión en sus extremos (V). La constante de proporcionalidad entre tensión y corriente es la resistencia que presenta el conductor (R).**

$$I = \frac{V}{R}$$

La ley de Ohm es básica en el análisis de cualquier circuito eléctrico, puede aplicarse a un circuito completo o a cualquiera de sus partes, y se cumple para todos los componentes.

Como las tres magnitudes están relacionadas entre sí, conocidos dos de estos valores, el tercero se determinará aplicando dicha ley. Así pues:

- Conociendo la tensión en los bornes y el valor de la resistencia, podremos determinar el valor de la corriente que circula.
- Conociendo la corriente que circula y el valor de la resistencia, podremos determinar el valor de la tensión en los bornes.
- Conociendo la tensión y la corriente, podremos determinar el valor de la resistencia.

## 10. LEYES DE KIRCHHOFF

Las leyes de Kirchhoff, llamadas así en honor al científico prusiano Gustav Kirchhoff (1824-1887), son de aplicación generalizada en el análisis de circuitos eléctricos.

En cualquier circuito eléctrico de cierta complejidad podemos diferenciar entre nudos y mallas.

- *Nudo*: se denomina nudo a todo punto donde convergen dos o más de dos conductores.
- *Malla*: constituye una malla todo circuito cerrado que puede ser recorrido volviendo al punto de partida sin pasar dos veces por un mismo elemento.

### 10.1 PRIMERA LEY DE KIRCHHOFF (LKI)

**La primera ley de Kirchhoff (también denominada ley de los nudos o ley de las corrientes) establece que la suma aritmética de todas las corrientes que confluyen en un nudo es cero. O, lo que es lo mismo, la suma de todas las corrientes que llegan a un nudo es igual a la suma de todas las corrientes que salen de éste.**

$$\sum_{i=1}^{i=n} I_i = 0$$

$$I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n = 0$$

De forma genérica consideramos que todas las corrientes llegan al nudo. Las corrientes que verdaderamente lleguen al nudo tendrán signo positivo, mientras que las corrientes que salgan del nudo tendrán signo negativo.

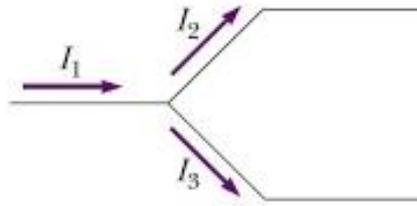


Figura 10.1.- Primera ley de Kirchhoff.

Físicamente, la primera ley de Kirchhoff nos dice que en ningún punto del circuito puede existir acumulación de carga eléctrica.

## 10.2 SEGUNDA LEY DE KIRCHHOFF (LKV)

La segunda ley de Kirchhoff (también llamada ley de las mallas) dice que la suma aritmética de los voltajes a lo largo de una malla (camino cerrado) es cero. También puede expresarse afirmando que la suma de todas las fuerzas electromotrices en una malla es igual a la suma de las caídas de tensión en la malla.

$$\sum_{i=1}^{i=n} V_i = 0$$

$$V - V_1 - V_2 - V_3 = 0$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

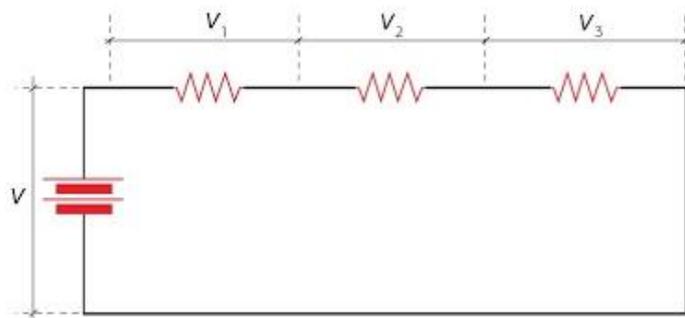


Figura 10.2.- Segunda ley de Kirchhoff.

El signo de cada voltaje de la malla tiene signo positivo si se comporta como generador y negativo si se comporta como carga. Las caídas de tensión (tensión en los bornes de las resistencias) tienen signo negativo.

## 11. POTENCIA ELÉCTRICA EN C.C

De la mecánica, seguramente recordamos el concepto de potencia, que quedaba definido como el trabajo realizado por unidad de tiempo.

$$P = \frac{W}{t}$$

Recordando que la diferencia de potencial (V) era el trabajo necesario para desplazar una unidad de carga entre dos puntos, y que la intensidad de corriente (I) representaba la cantidad de carga (Q) desplazada en un segundo, la potencia eléctrica se puede expresar de la siguiente manera:

$$P = V \cdot I$$

Donde:

- $P$  es la potencia eléctrica expresada en vatios (W).
- $V$  es la tensión o diferencia de potencial expresada en voltios (V).
- $I$  es la intensidad de corriente expresada en amperes (A).

Ahora bien, si reemplazamos en la fórmula anterior a  $I$  por su equivalente, según la ley de Ohm, obtenemos otra expresión que nos permite calcular la potencia:

$$P = V \cdot \frac{V}{R} = \frac{V^2}{R}$$

Repetiendo el procedimiento anterior, pero reemplazando ahora a  $V$ , obtenemos la siguiente expresión:

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

La unidad de potencia es el vatio (W), en inglés watt, en honor de James Watt. El vatio puede definirse como la cantidad de trabajo realizado por un circuito eléctrico que tiene aplicada una tensión de 1 voltio en sus extremos y es recorrido por 1 ampere durante 1 segundo.

Los múltiplos del vatio más utilizados son el kilovatio (kW), que equivale a 1000W, y el megavatio (MW), que equivale a 1000000 W.

## 11.1 LEY DE JOULE

Hemos expuesto anteriormente que la oposición que presenta un material al paso de la corriente eléctrica se explica por la dificultad que representa para los electrones el hecho de tener que sortear los átomos que encuentran a su paso cuando circulan por un material. Cuando la corriente eléctrica es muy elevada se produce un aumento notable de la temperatura del material.

En cualquier circuito eléctrico se produce un desprendimiento de calor provocado por la circulación de la corriente eléctrica, y las consecuencias de estos efectos pueden ser:

- La transformación de energía en calor que consideramos "energía perdida". Se trata de un efecto no deseado. La energía se disipa entre los distintos componentes y no se aprovecha. Por ejemplo, si tocamos la parte trasera de un televisor cuando está funcionando, se podrá comprobar que está caliente.
- La transformación de energía en calor que consideramos "energía útil". En este caso el efecto calorífico sí es buscado. Son un ejemplo de ello las estufas eléctricas, en las que el elemento resistivo llega a alcanzar una temperatura útil para su uso en calefacción.

Estos fenómenos se producen como consecuencia de la ley de Joule, enunciada por James Joule entre 1840 y 1843 en su Teoría mecánica del calor, en la cual afirmaba lo siguiente:

**El trabajo eléctrico o energía calorífica originada en un conductor por el que circula corriente es proporcional al producto de la resistencia del conductor por el cuadrado de la corriente y por el tiempo durante el que ésta circula.**

La ley de Joule queda definida por la siguiente expresión:

$$E = I^2 \cdot R \cdot t$$

Donde:

- $E$  es la energía en Joules (J).
- $I$  es la intensidad de corriente que circula.
- $R$  es la resistencia eléctrica.
- $t$  es el tiempo.

En honor a James Joule, la unidad de energía en el sistema internacional (SI) de unidades recibe el nombre de joule (J).

La correspondencia entre la energía calorífica y la energía mecánica es:

$$1 \text{ joule} = 0,24 \text{ calorías}$$

El joule es una unidad demasiado pequeña cuando se trata de expresar la energía consumida en instalaciones domésticas e industriales, por lo que las compañías eléctricas facturan la energía consumida en kWh.

$$1 \text{ kWh} = 1.000 \text{ W} \cdot 3.600 \text{ s} = 3.600.000 \text{ joules}$$

## 11.2 PERDIDAS EN LOS CONDUCTORES

Para el cálculo de las instalaciones eléctricas se deberá tener muy en cuenta la ley de Joule. Ésta nos dice que en un circuito o instalación "se perderá" una parte de la energía en los conductores y que lo hará en forma de calor. En toda transmisión de energía eléctrica, habrá una parte de la energía que se disipará ("se perderá") en los conductores.

Cuanto mayor sea la resistencia del conductor y la corriente, mayor será la energía "perdida" (calor disipado). Una instalación que no tenga los conductores de la sección adecuada presentará una resistencia que con el paso de la corriente se calentará más de lo deseado, pudiendo llegar, en algunos casos, a iniciar un incendio. Por lo tanto, cuanto mayor sea la corriente que debe soportar un conductor, mayor deberá ser su sección.

## 11.3 RENDIMIENTO O EFICIENCIA

Se llama eficiencia o rendimiento ( $\eta$ ), al cociente entre la potencia útil o potencia de salida,  $P_S$ , (la que nos entrega una máquina o dispositivo eléctrico para un fin particular) y la potencia entregada o potencia de entrada,  $P_E$ , (la que le entregamos a una máquina o dispositivo eléctrico para que funcione). La eficiencia es una cantidad adimensional, pues es el cociente de dos potencias. Siempre que funciona una máquina o dispositivo eléctrico, parte de la potencia que le entregamos se disipa como calor por unidad de tiempo, por el efecto joule; esta potencia se conoce como potencia perdida,  $P_P$ . Así pues:

$$P_P = P_E - P_S$$

$$\eta = \frac{P_S}{P_E} 100\%$$