

## PRÓLOGO

---

Fue sobre 1752 cuando Alejandro Volta observó los primeros efectos de la electricidad y, desde ese mismo momento, se inicia la imparable carrera sobre el uso y control de ésta, que no ha dejado de parar hasta nuestros días. El ser humano a través del tiempo, el estudio y su propia imaginación ha intentado sacar partido en su propio beneficio de todo lo que le rodea, en el caso de la electricidad y todo lo derivado de ella no ha sido menos. Si se tiene en cuenta el corto periodo de tiempo desde que se estudiaron los primeros efectos hasta nuestros días, resulta francamente importante todo lo que se ha conseguido desde entonces.

El mundo de la electrónica se vio fuertemente revolucionado cuando en 1947, los físicos Walter H. Brattain, John Bardeen y William Shockley de los laboratorios Bell Telephone obtuvieron en un laboratorio el primer transistor bipolar, fue en ese mismo momento cuando se creó un antes y un después en la historia de la electrónica, pasándose de la electrónica de vacío a la llamada electrónica de los semiconductores. A partir de este momento, la tendencia en electrónica es la de conseguir dispositivos más pequeños, eficaces, rápidos y baratos que los conseguidos hasta entonces. Actualmente, dicha tendencia se sigue manteniendo, la prueba evidente de ello está presente en nuestra vida cotidiana.

La invención del transistor bipolar y, posteriormente, otros componentes semiconductores tales como el transistor de efecto de campo, el tiristor, etc. abrieron un abanico de posibilidades impensables hasta entonces. La comercialización masiva de los semiconductores y las posibilidades que estos ofrecían hacía que el mundo de la electrónica estuviera más vivo que nunca. La reducción de costes en la fabricación y la fuerte expansión tecnológica, introdujo la electrónica en todos los hogares.

La informática actual, llevada de la mano de la electrónica, pudo mediante la invención del transistor crear el primer microprocesador (fabricado a partir de transistores) y, posteriormente, el primer ordenador. Actualmente se hace difícil entender la informática sin la existencia del transistor o derivados de éste.

Hoy en día la tecnología electrónica sigue avanzando fuertemente, apostando por la miniaturización, las capacidades cada vez más evolucionadas de los dispositivos, entre ellas la velocidad y seguridad que ofrecen, pudiendo decir que, en definitiva, la electrónica aún plantea retos al ser humano y que la tendencia de ésta deparará muchas más sorpresas aún por descubrir.

## INTRODUCCIÓN

---

Fundamentalmente, las características de esta obra establecen los contenidos conceptuales para que el lector adquiriera un conocimiento concreto, claro y preciso de los diferentes capítulos que conforman este libro, haciendo especial énfasis en aquel tipo de información de carácter relevante e intentando darle una orientación comprensible hacia el tipo de lector al que se encuentra dirigido este libro.

Además, se intenta demostrar en todo lo posible los contenidos conceptuales a través de diversos procedimientos en forma de prácticas ejecutables por el lector que hagan reflexionar sobre los diferentes contenidos de carácter teórico. Las características de dichas prácticas deberán de ser las adecuadas para que el lector comprenda plenamente la teoría.

La presente obra se encuentra dividida en un total de dieciséis capítulos y dos apéndices más las correspondientes prácticas. La secuenciación de los capítulos se ha elegido de forma que el punto de partida sea desde el conocimiento cero por parte del lector, hasta un nivel medio.

Con respecto a los dos apéndices incluidos, cabe decir que, su estudio puede ser opcional por parte del lector, siempre y cuando éste considere que sus conocimientos en los temas que tratan ambos son bajos o deben ser repasados.

Al final del libro aparece un conjunto de ejercicios prácticos que se corresponden con cada uno de los capítulos tratados en el libro, siendo recomendable que el lector realice dichos ejercicios de forma que, como se ha comentado anteriormente, le ayude a reflexionar sobre los diferentes contenidos teóricos expuestos en cada capítulo.

Esta obra se encuentra complementada con un CD-ROM de carácter didáctico, el cual puede ser de ayuda al profesorado ya que se incluyen las soluciones de los diferentes ejercicios expuestos en el libro. Puede ser solicitado a:

[editorial@ra-ma.com](mailto:editorial@ra-ma.com)

acreditándose como docente y siempre que el libro sea utilizado como texto base para impartir las clases.

# HISTORIA DE LA ELECTRÓNICA. FÍSICA DE LA ELECTRICIDAD

---

## 1.1. INTRODUCCIÓN

Teniendo en cuenta la historia del ser humano, la electricidad es un descubrimiento relativamente reciente, allá sobre 1792, fue Alejandro Volta quien observó los primeros efectos. Desde el descubrimiento de la electricidad y hasta nuestros días, no ha parado la cantidad de usos que se le puede dar, ya no sólo como una forma de transporte de energía (en forma de energía eléctrica) o almacenamiento de la misma, sino en aplicaciones que, de no existir la energía eléctrica como tal, nunca se hubieran podido realizar.

En este capítulo se hace una introducción a la historia de la electricidad, de qué forma se manifiesta y, básicamente, cómo se puede generar.

El estudio de la electricidad se inicia a partir del átomo y las partículas que lo componen, describiendo cada tipo de partícula y de qué forma afecta a la carga total del átomo. Después de hacer una clasificación en cuanto al tipo de electricidad (estática y dinámica), el resto del capítulo se centra en la electricidad dinámica, definiéndose magnitudes importantes como la intensidad de la corriente eléctrica entre otras.

Por último, se mencionan y describen los efectos más importantes en que se puede transformar la energía eléctrica (entendiéndola como electricidad dinámica) y de qué diferentes formas pueden producirse.

## 1.2. LA ELECTRÓNICA. DEFINICIÓN

La **electrónica** puede considerarse como la rama de la ciencia y la tecnología relativa al paso de partículas cargadas a través de un gas, del vacío o de un semiconductor.

Según el diccionario de la Real Academia Española, se define la electrónica como la ciencia que estudia dispositivos basados en el movimiento de los electrones libres en el vacío, gases y semiconductores, cuando dichos electrones están sometidos a la acción de campos electromagnéticos.

Los conceptos y conocimientos relativos a la **electricidad** se deben a diversos trabajos iniciales realizados por científicos tan destacados como Maxwell, Faraday, Gauss, etc., y de cuyos apellidos o nombres toman denominación muchas de las magnitudes eléctricas que se conocen y usan en la actualidad.

Dentro de la historia de la electrónica se pueden diferenciar claramente dos etapas:

- La primera etapa ha sido la referente a la **electrónica de vacío**, considerada a partir del descubrimiento del tubo de vacío.
- La segunda etapa, la actual, se puede decir que es la denominada **electrónica de los semiconductores**, iniciada a partir del momento en el que se descubre el semiconductor electrónico, siendo este el transistor bipolar descubierto en 1948. En la actualidad, toda la electrónica gira sobre la base del semiconductor originario, teniendo en cuenta todas sus variedades y perfeccionamientos que se han ido desarrollando desde su descubrimiento.



Primer transistor

## 1.3. NATURALEZA DE LA ELECTRICIDAD

El origen en cuanto al conocimiento de la electricidad data de las observaciones de la atracción por el ámbar de cuerpos ligeros. Esto proviene del griego electrón y de ahí la palabra electricidad.

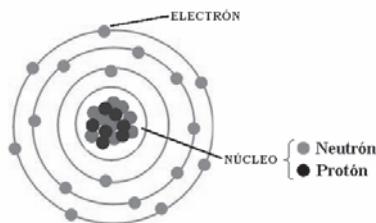
Fue Dufay, en 1733, quien observó dos clases de electricidad originadas como consecuencia del frotamiento, siendo éstas, la vítrea y la resinosa. La **vítrea** es la que adquiere una barra de vidrio al ser frotada sobre una superficie de lana y la **resinosa** es la que adquiere una barra de resina también mediante el frotamiento. Se llamó **electricidad positiva** a la conseguida por la barra de vidrio y **electricidad negativa** a la conseguida en la barra de resina.

## 1.4. CARGA DE LAS PARTÍCULAS

El **átomo**, del cual se componen todos los elementos químicos existentes en la naturaleza, se encuentra compuesto a su vez de **partículas elementales**, las cuales poseen una determinada carga eléctrica. Del número o cantidad de dichas cargas elementales que componen el átomo, dependerá el balance total eléctrico de éste.

La composición eléctrica del átomo queda dispuesta de la siguiente forma:

- **Electrón.** Partícula cargada negativamente que gira orbitando alrededor del núcleo. Dicha partícula posee una carga eléctrica de  $-1.602 \cdot 10^{-19} C$  (**Culombios**).
- **Núcleo.** Se encuentra compuesto a su vez por **Protones y Neutrones**, siendo estos:
  - **Protones.** Partículas que se encuentran cargadas positivamente, formando parte del núcleo conjuntamente con los neutrones. Dicha partícula posee una carga eléctrica de  $+1.602 \cdot 10^{-19} C$ . Como se puede ver, posee la misma carga eléctrica que un electrón, sólo que de signo contrario.
  - **Neutrones.** Partículas que no poseen carga eléctrica, sólo poseen masa, son partículas neutras, de ahí su nombre de **neutrón**.



Representación de un átomo

Después de estas definiciones, se puede decir que un átomo puede estar cargado positivamente, negativamente o no tener carga. Esto es:

- **Átomo sin carga.** Se puede decir que un átomo no posee carga cuando el número de protones es igual al número de electrones. En esta situación, la carga total de los electrones, que se encuentran orbitando alrededor del

núcleo, queda compensada por la carga total de protones. Los neutrones no intervienen en este resultado, puesto que no poseen carga ya que, como se dijo anteriormente, son neutros.

- **Átomo con carga positiva.** Si por cualquier circunstancia el número de electrones que se encuentran orbitando es inferior al número de protones que se encuentran en el núcleo, el resultado total es un átomo con carga positiva.
- **Átomo con carga negativa.** En esta situación, se parte de que el número de electrones es mayor que el número de protones (se debe tener en cuenta que el número de protones es invariable, lo que si puede variar es el número de electrones, porque el átomo gane electrones o porque los ceda), ante tal circunstancia se tiene un átomo cargado negativamente.

## 1.5. ELECTRICIDAD ESTÁTICA Y DINÁMICA

Hay que hacer una clasificación en cuanto al tipo de electricidad, dicha clasificación se realiza en función de la movilidad de los electrones de los átomos que componen la materia.

### 1.5.1. Electricidad estática

La ciencia que estudia los efectos de la **electricidad estática** es la **Electrostática**. Se puede definir a la Electrostática como la parte de la física que estudia las acciones que se producen entre cargas eléctricas en reposo.

Un ejemplo característico de los efectos de la electricidad estática se da con la realización del siguiente experimento. Consiste en tomar una barra de ebonita o ámbar, entre otros materiales, y frotar dicha barra por una superficie de lana, una vez frotada, se observa que si se le acercan unos pequeños recortes de papel, éstos son atraídos por la barra. Esta fuerza de atracción es tan pequeña que el peso de los cuerpos que atrae debe ser también muy pequeño para que puedan ser atraídos. Con esto se puede deducir que el frotamiento de la barra en cuestión ha debido de cambiar alguna de sus propiedades, ya que, antes de ser frotada, no poseía la propiedad de atraer.

Si se sigue observando el experimento, se ve que una vez los pequeños recortes de papel son atraídos por la barra, al poco tiempo dejan de ser atraídos al despegarse de la barra (considerando que más bien son repelidos), luego, como se puede pensar, algo habrá sucedido para que tras el contacto del papel con la barra, la capacidad de atracción cese y se produzca el efecto contrario, esto es, la repulsión.

La explicación del efecto que se produce es la siguiente; primeramente, tras frotar la barra, ésta se electriza adquiriendo una carga electrostática distinta a la que poseen los pequeños trozos de papel. Una vez que los trocitos de papel tocan la barra, adquieren la misma carga electrostática que ésta y, como consecuencia, son repelidos.

Luego, la conclusión a la que se llega es que los electrones de la barra han pasado al papel, consiguiendo que éstos al cabo de un tiempo adquieran el mismo nivel y signo electrostático que la barra, como consecuencia, los trocitos de papel pasan de ser atraídos a ser repelidos (dos cargas del mismo signo se repelen y de signo contrario se atraen).

El físico Charles-Augustin de Coulomb (Coulomb 1736-1806) fue quien en 1785 determinara la ley por la que se regían las manifestaciones eléctricas y estableció que en los cuerpos electrizados las acciones eléctricas entre ellos son directamente proporcional al producto de sus cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa, dependiendo del medio (aire, agua, vacío, etc.) en que ambos se encuentren.

La expresión matemática de esta ley es la siguiente:

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

$F$  = Módulo de la fuerza que actúa entre las cargas eléctricas  $Q_1$  y  $Q_2$ .

$D$  = Distancia que separa ambas cargas.

$K$  = Constante característica del medio donde se encuentran  $K = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$

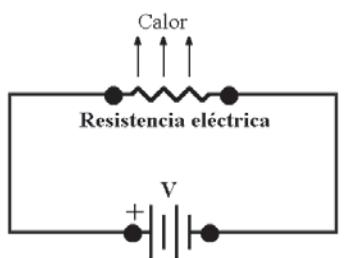
$Q_1$  y  $Q_2$  = Cargas.

De esta expresión se deduce que, cuanto mayor sea la magnitud de una o de las dos cargas, mayor será la fuerza que actúe entre ellas, disminuyendo dicha fuerza de atracción con la distancia. El medio en el que se encuentren dichas cargas influirá en la fuerza de atracción.

La electricidad estática se caracteriza porque el movimiento de electrones se realiza entre dos cuerpos diferentes. El equilibrio de un cuerpo neutro puede alterarse por frotamiento o por contacto con otro cuerpo, como se ha descrito anteriormente.

### 1.5.2. Electricidad dinámica

Es lo que se conoce como **corriente eléctrica**. Este tipo de electricidad se da como consecuencia del movimiento de los electrones entre átomos dentro de un mismo material, los átomos se encuentran prácticamente en estado inmóvil y los electrones que lo rodean se mueven con total libertad a su alrededor, lo que permite que, en determinadas condiciones, se produzca un flujo de electrones de un átomo a otro. Cuando esto se da, se dice que una corriente eléctrica atraviesa un cuerpo.



El flujo de electrones parte del polo que tiene más electrones hacia el que tiene menos. Se establece por convenio que la corriente eléctrica fluye del polo positivo hacia el polo negativo, aunque en realidad es todo lo contrario, lo que se llama habitualmente polo positivo (punto del que parte la corriente eléctrica) es en realidad el negativo, mientras que el polo negativo (punto de llegada), es el positivo. Se tiene que tener claro que el convenio que se toma, en cuanto al sentido de circulación de la corriente eléctrica, contradice a como realmente se produce dicha circulación.

La electricidad dinámica fue descubierta por Alejandro Volta, 1792, que mediante diversos experimentos comprobó la circulación de un flujo de electrones a través de los átomos que componían un material (conductor eléctrico).

La intensidad de la corriente eléctrica (magnitud medida en **Amperios**, en honor al físico André-Marie Amper) se define como el número de electrones que atraviesa de forma continua la sección trasversal de un conductor por unidad de tiempo.

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

$I$  = Intensidad en Amperios (A).

$Q$  = Cantidad de electricidad en Culombios (C).

$T$  = Tiempo en segundos (s).

La medida de la intensidad de la corriente eléctrica se realiza con un instrumento de medida llamado **amperímetro** que deberá conectarse en serie en el circuito (vea el capítulo 2). El amperímetro indicará la intensidad de la corriente eléctrica (en **amperios**) que circula por un conductor eléctrico.

## 1.6. EFECTOS DE LA ELECTRICIDAD

La electricidad es una forma de energía que, por regla general, el ser humano suele transformar en otro tipo de energía a la que puede dar la más diversa utilidad, dependiendo del efecto físico final que se genere.

En función de los efectos generados, se puede hacer la siguiente clasificación:

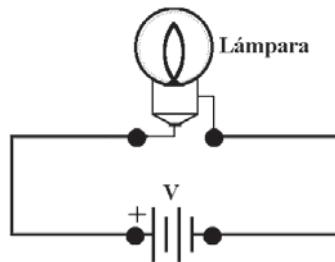
### Efecto térmico

La producción de calor a partir de la electricidad se consigue como consecuencia de la circulación de ésta a través de ciertos materiales de naturaleza resistiva, los cuales tienen la propiedad de generar calor en función de la electricidad que circule a través de ellos.

Estos elementos resistivos son comúnmente llamados **resistencia eléctrica** o **resistor**, donde en función de sus características constructivas y de la cantidad de corriente eléctrica que las atraviese podrán generar mayor o menor cantidad de calor.

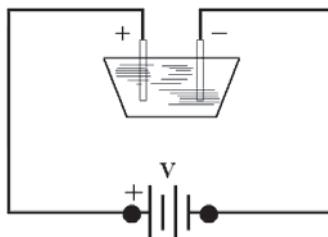
### Efecto luminoso

La producción de luz a partir de la electricidad se consigue como consecuencia de la circulación de ésta a través de dispositivos como, por ejemplo, la tan conocida lámpara incandescente. El paso de una corriente eléctrica a través del filamento de una lámpara, además de generar calor (se debe tener en cuenta que el filamento de una lámpara no es más que una resistencia de la que se aprovecha más su efecto luminoso que calorífico) genera en mayor medida luz (de ahí la forma constructiva del filamento).



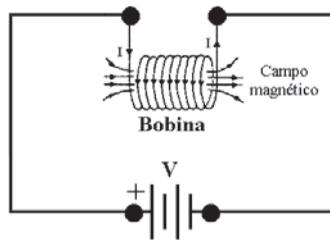
### Efecto químico

Dicho efecto químico se traduce en la llamada **electrólisis**, que es la circulación de la electricidad a través de un medio líquido en el que se ha disuelto una sustancia (**electrolito**), que facilita el paso de la corriente eléctrica a través de ella. La electrólisis se suele utilizar para realizar procesos de galvanización (dorado o plateado de metales). Un efecto electrolítico común se da en los acumuladores eléctricos o baterías.



### Efecto magnético

El efecto magnético se produce al hacer pasar una corriente eléctrica a través de una bobina (formada ésta por un hilo conductor enrollado sobre sí mismo en un núcleo ferromagnético), como consecuencia de esto se genera un campo magnético similar al de un imán. Aprovechando este efecto se pueden construir relés, motores, electroimanes, etc.



## 1.7. PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD

Existen diferentes formas de producir electricidad. Se puede hacer una clasificación atendiendo a las características propias derivadas de las diferentes formas productivas de electricidad.

### Por inducción magnética

Fue Faraday el descubridor del fenómeno de la **inducción electromagnética**, también conocido como **principio de Faraday**, siendo hoy día la forma más generalizada de producir electricidad a gran escala.

El principio de generación de electricidad por inducción no es excesivamente complicado, quedando descrito este procedimiento como sigue. Básicamente, consiste en hacer mover un conductor eléctrico a través de un campo magnético; al atravesar el conductor las líneas de fuerza del campo magnético, se inducirá en dicho conductor una corriente eléctrica proporcional a la intensidad del campo magnético y a la velocidad con que se mueve este conductor en el interior del campo magnético en cuestión.

En los sistemas industriales son los **generadores de corriente alterna (alteradores)** y **generadores de corriente continua (dinamos)** los encargados de producir electricidad para poder ser utilizada por el ser humano en pequeña, media y gran escala.

### Producción por reacciones químicas

Éste es el caso característico de las pilas, cuya generación de energía se produce mediante la reacción química de los elementos que lo componen.

El principio de funcionamiento de las pilas se basa fundamentalmente en la disolución de una barra de zinc y otra de cobre por los efectos de una disolución sulfúrica en la que se encuentran sumergidas dichas barras. La generación de electricidad se producirá hasta que la cantidad de material en ambas barras sea suficiente como para que sigan siendo disueltas por la solución sulfúrica en la que se encuentran inmersas.

### **Producción por efectos de la luz. Fotoelectricidad**

Para la generación de electricidad mediante la luz, será necesaria la utilización de elementos semiconductores. Al incidir la luz sobre el material semiconductor (unión semiconductor), se producirá una emisión de electrones generando por tanto una diferencia de potencial en los extremos de dicho semiconductor. En la actualidad, la generación de energía eléctrica por efectos de la luz corre a cargo de las llamadas **células fotovoltaicas**.

### **Producción por efectos de la presión mecánica. Piezoelectricidad**

Se fundamenta en los efectos piezoeléctricos del cuarzo. Este componente se caracteriza, entre otras cosas, porque es capaz de generar una corriente eléctrica al ser deformado. El cuarzo se presenta en forma de cristal y la diferencia de potencial eléctrico se obtiene en dos de las caras opuestas de dicho cristal.

La diferencia de potencial obtenida es directamente proporcional a la presión que se ejerza sobre el cristal de cuarzo, teniendo en cuenta el límite máximo de presión que evite la rotura del componente.

### **Producción de electricidad por los efectos del calor. Termoelectricidad**

En este caso, se hace uso del calor para producir electricidad. El principio de generación eléctrica se fundamenta en la unión de dos metales como, por ejemplo, el cobre y el constantán, creando un compuesto bimetálico, que muestra la propiedad de que, al serle aplicado calor, es capaz de generar una diferencia de potencial entre ambos materiales que lo componen.

Una de las aplicaciones típicas del compuesto es la del uso en medidas de altas temperaturas, ya que la diferencia de potencial generada es directamente proporcional a la cantidad de calor aplicado a dicha unión bimetálica.