

Teoría atómica – Campo eléctrico – Corriente, Tensión y Resistencia –

1ra. Ley de Ohm

Introducción:

Día a día nos encontramos con miles de dispositivos que funcionan gracias a lo que se denomina electricidad. La electricidad no es ni más ni menos que un fenómeno físico que se desarrolla a nivel molecular.

En nuestro caso es de suma importancia el uso de la electricidad, ya que alrededor de esta se sientan las bases para la electrónica, una de las disciplinas más importantes para el desarrollo de hardware específico para el procesamiento de señales de audio.

Consolas, fuentes, instrumentos electrónicos, PC's, y muchos dispositivos de uso cotidiano para el músico electroacústico funcionan con electricidad.

Es necesario entender las leyes de la electricidad y la electrónica para llegar a entender como funcionan estos dispositivos, aprender a usarlos correctamente, repararlos y/o, tal vez, diseñarlos.

Preliminares:

La electricidad ha sido estudiada desde los griegos. El experimento quizás más revelador en esa época fue el de frotar un trozo de ámbar (un polímero derivado de resina vegetal, algo muy parecido al plástico) y observar como este atraía pedacitos de paja.

Además del desarrollo de estos experimentos, los griegos dieron cuenta de que también había piedras (todavía en esa época no eran considerados metales) que atraían pequeños trozos de hierro. No era otra cosa que lo que hoy en día se conoce como imán.

Para entender como evoluciona el estudio de esta disciplina cronológicamente habría que consultar directamente autores como Oersted, Faraday, Maxwell, Heaviside, Lorentz, Hertz, Marconi y Einstein. Si bien algunas de las teorías de estos científicos serán utilizadas durante esta cursada, no se revisara en profundidad esta cronología.

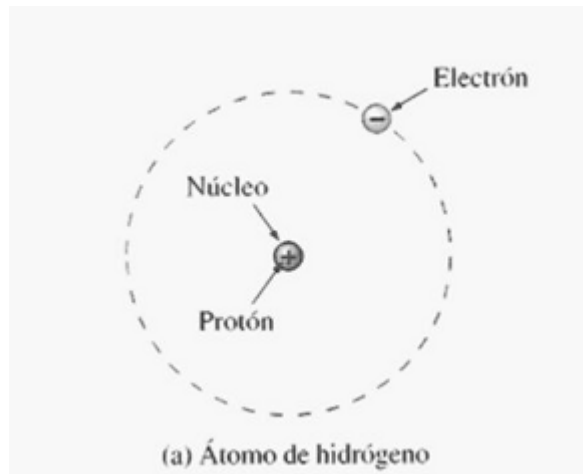
Teoría Atómica

Para entender de que se trata la **electricidad** hay que entender un poco la teoría atómica molecular, que afirma que la materia (todo lo que nos rodea) esta conformada por **elementos mas pequeños**, los cuales también están conformados por elementos aun más pequeño, hasta llegar **al átomo y su estructura**.

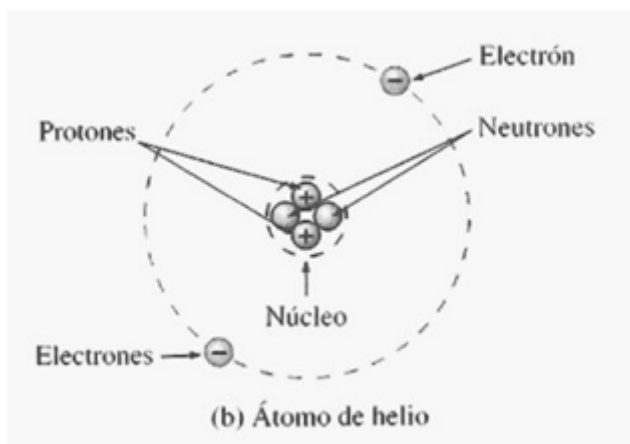
Los átomos están conformados a su vez por combinaciones de tres elementos: **Electrones, Protones y Neutrones**.

Si bien hay evidencia de que existen partículas más pequeñas que estas, nos quedaremos en este nivel de profundidad, donde se describe las sub partículas que componen al átomo.

A nivel microscópico, el átomo esta conformado por estas tres sub partículas, que conforman una determinada relación entre ellas. Por ejemplo, **el átomo más simple es el de hidrogeno**, que solo tiene dos elementos, **un protón y un electrón**:



Como se observa en la figura, **el protón es el núcleo** de este átomo. Los protones siempre tienen **carga positiva (+)**. El **electrón, gira alrededor de el núcleo**, y posee carga negativa (-), de **igual magnitud que el protón**. En todos los demás elementos químicos (los conocidos hasta ahora) existen también neutrones en sus núcleos, los cuales no cuentan con carga eléctrica. Por ejemplo, un átomo de Helio, cuenta con dos protones, dos neutrones y dos electrones:

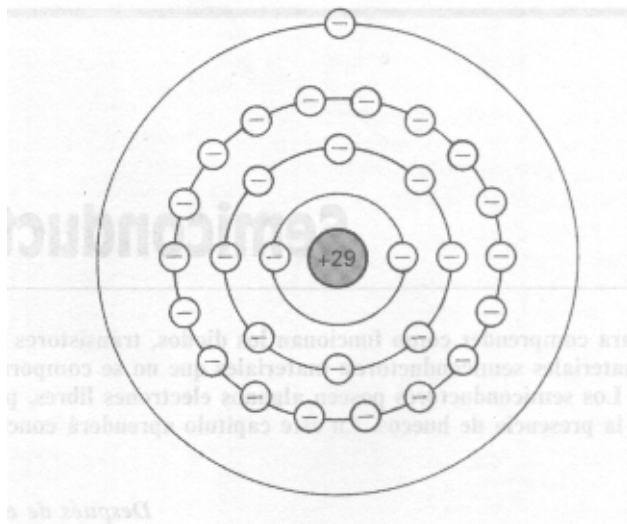


Se deben entender, entonces, varios fenómenos y características básicas de las partículas, para entender la generación de electricidad:

- Un átomo debe poseer la misma cantidad de protones que electrones.
- Los electrones orbitan (giran) alrededor del núcleo, formando capas concéntricas. La primera capa, la que esta más cerca del núcleo, puede

albergar un máximo de dos electrones. La segunda, un máximo de 8 electrones, la tercera 18, y la cuarta, 32 ($2n^2$).

Esto significa que si un átomo tiene 3 electrones, dos se quedarán en la primera capa y el siguiente se alojará en la segunda capa. En la siguiente figura se observa que los electrones van cubriendo las capas concéntricas, y en la cuarta capa queda solamente un electrón solo, ya que la tercera capa se encuentra completa:



Campo eléctrico

Mediante experimentos, se descubrió que **las cargas distintas se atraen, y las cargas iguales se repelen**. En este caso, dos electrones, o dos protones se repelerán, mientras que un protón y un electrón se atraerán.

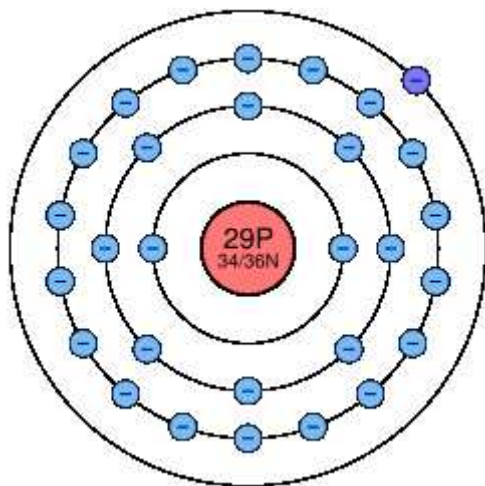
Ya se dijo que los protones que conforman el núcleo de un átomo poseen carga positiva, y que los electrones tienen carga negativa.

Gracias a este comportamiento básico de las partículas subatómicas, los **electrones sufrirán una fuerza de atracción muy grande en las capas más cercanas al núcleo**, mientras que en las capas más lejanas, esta fuerza será menor.

Gracias a este fenómeno, **es muy sencillo que los átomos que tengan muchas capas, pierdan electrones más lejanos**. Además es **más fácil que un átomo pierda electrones de capas incompletas**, especialmente si tienen poco electrones (un buen ejemplo es la figura anterior, donde se observa un electrón solitario en la cuarta capa del átomo). Esto significa que **en determinados casos los electrones de un átomo pueden pasar a las orbitas de otros átomos** generando una **movilización de electrones bajo ciertas condiciones esenciales**. Esta propiedad básica molecular, es el principio de la generación de electricidad.

Los materiales que manejamos en la vida cotidiana (acero, madera, plástico, tela) poseen configuraciones en sus partículas que permiten o no esta circulación de electrones. También se sabe que el cobre es uno de los materiales preferidos a la hora de construir cables conductores de electricidad. Pero por que se elije específicamente el cobre como un buen transportador de

electricidad? Todo se explica si se analiza la estructura atómica del cobre. El átomo de cobre cuenta siempre con **un electrón más de los que necesita para completar cuatro capas**. Entonces la capa exterior cuenta con **1 solo electrón** (electrón 19), que además es atraído muy poco por su núcleo. Esto hace que el electrón **se sienta atraído por otros núcleos cercanos y se convierta en un “electrón libre”**. O sea que puede “moverse” entre átomo y átomo.



Átomo de cobre: 29 protones, 29 electrones

En un centímetro cúbico de cobre se pueden encontrar **millones de electrones libres**. Solamente a temperatura ambiente estos electrones viajan de un átomo a otro sin problemas y de forma aleatoria. Entonces el electrón libre es el **portador de la carga dentro del alambre de cobre** (u otro material con estas características, los metales, el agua, etc.). Tal es la cantidad de electrones libres que existen, y tal es la aleatoriedad de su movimiento, que en **estado de reposo**, o sea sin aplicación de fuerzas externas, en realidad **no existe movimiento de electrones**.

Para entender aun más esto, se debe entender que **los electrones colisionan entre sí y son atraídos y repelidos**, y esto hace que todo se encuentre en estado de **equilibrio**, o sea en reposo.

Nota: Materiales conductores o aislantes

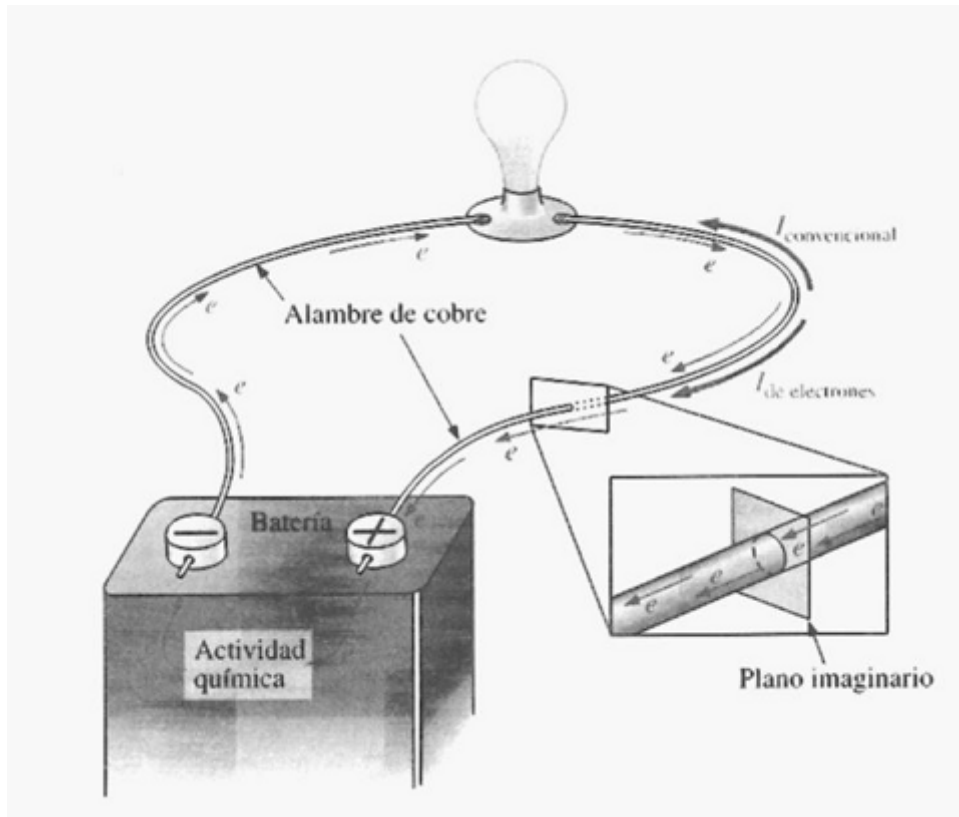
Cada uno de los materiales y elementos que se observan en la vida cotidiana posee una configuración atómica que determina si se trata de un material que permite el libre movimiento de los electrones (**materiales conductores**: metales, agua, etc.) o, en cambio, se comporta como una barrera para esta circulación (**materiales no conductores**, o **aislantes**: vidrio, madera, etc.).

Supongamos ahora que tenemos dos cables de cobre de unos cuantos centímetros de largo, que como vimos en temperatura ambiente y sin ninguna fuerza externa conectada a sus extremos, tienen sus electrones en reposo.

Ahora le conectamos los cables a una lámpara, y a una batería.

Para simplificar, diremos que la batería, mediante un procedimiento químico, cuenta con un terminal negativo y uno positivo (carga positiva, carga negativa, los electrones viajan desde - a +).

Entonces el circuito simple que armamos es el siguiente:



Lo que sucederá aquí, es lo que observamos todos los días cuando apretamos el interruptor de la luz: la lámpara se enciende.

Simplificando:

Cuando conectamos estos elementos de esta manera, los electrones viajan de la terminal negativa de la batería hacia la terminal positiva de la batería. La terminal negativa de la batería es un generador de electrones que van desplazando a los electrones libres de los alambres de cobre (o sea toman su lugar en la estructura atómica).

La batería se encarga de mantener este flujo constante, y los electrones que pasan por millones por el filamento de la lámpara (imagínense billones de electrones tratando de pasar por un cablecito muy fino, que es el filamento justamente) hacen que este se caliente y comience a despedir luz.

Con esta descripción comenzaremos a entender el concepto de corriente eléctrica.

Corriente eléctrica

El flujo de estos millones de electrones genera lo que se llama “**flujo de carga**” o “**corriente**”. Esto se mide como la **cantidad de electrones que cruzan a través de una superficie en 1 segundo**.

El paso de $6,242 \times 10^{18}$ a la 18 (un 6 seguido de 18 ceros...) por una superficie en 1 cm^2 , se considera como **1 Amper**, que es la **unidad de corriente** que se usa. (Por ej: 12 volts, 3 Amper, de un transformador).

Para simplificar, se trata ni más ni menos que de una **gran cantidad de electrones pasando en un instante de tiempo a través de una sección de cable**.

Unos pocos electrones realizando esto mismo es **despreciable**, en cuanto a corriente, por eso se necesitan millones o billones de electrones realizando la misma acción, fluir por un elemento conductor.

Para poder determinar valores intermedios que permitan comparaciones entre diferentes niveles de paso de electrones, se definió como **1 Coulomb (C)** como la carga total asociada a estos $6,242 \times 10^{18}$ electrones.

Se dedujo que la carga que posee 1 solo electrón puede calcularse de la siguiente manera:

$$\text{Carga/electrón} = Q_e = \frac{1 \text{ C}}{6.242 \times 10^{18}} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

Como se observa la carga esta expresada en **Coulombs**. De esta manera se puede relacionar la carga de los electrones a una magnitud de corriente, en un determinado tiempo, que se observa claramente en la siguiente ecuación:

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

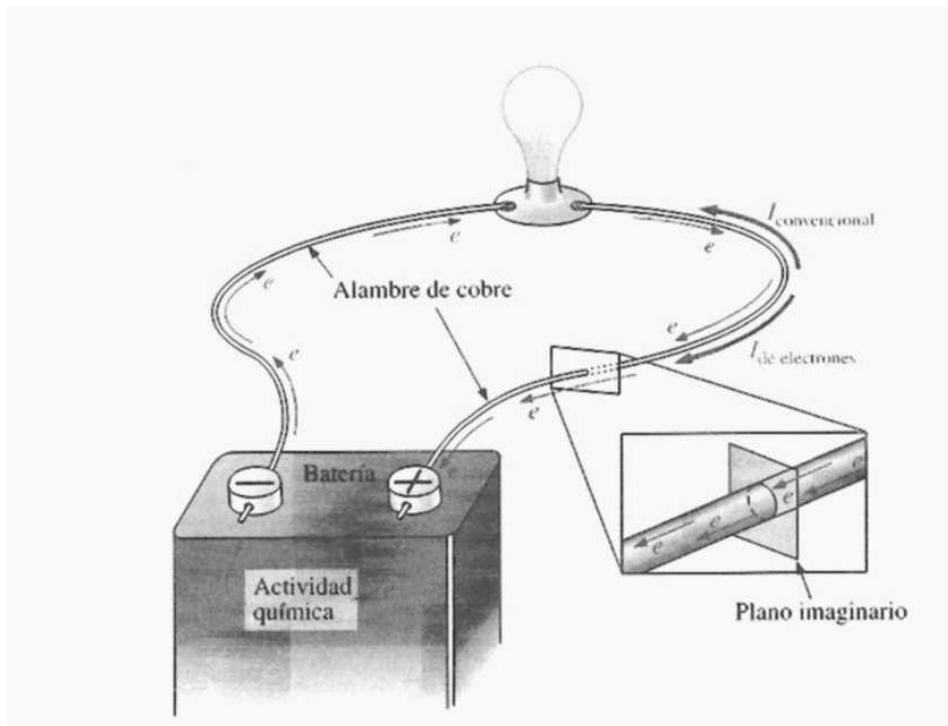
I = ampere (A)

Q = coulombs (C)

t = segundos (s)

Un valor de corriente (I) esta relacionado directamente a un valor de carga (Q) sobre una unidad temporal (t). A simple vista se puede observar que a distintos intervalos de tiempo, mientras **mayor sea la carga, mayor será la corriente**. **La letra I , es el símbolo que usaremos para determinar la corriente (viene de Intensidad de corriente).**

Para profundizar aun más en el estudio de la corriente eléctrica, volvamos al circuito anterior:



Si observamos bien, se ven marcadas **dos direcciones de corriente**: la de los electrones, que van desde una carga negativa (-) a una positiva (+). Y la **dirección convencional** de la corriente, que va **desde el positivo (+) hacia el negativo (-)**. Esta **dirección convencional de la corriente**, es la que se usa habitualmente para el análisis de circuitos eléctricos, y es la que se usará en este curso. Se trata ni más ni menos que de una convención, pero nunca hay que olvidar que el verdadero sentido de la corriente eléctrica, es el de los electrones, que va desde un terminal negativo (-) al positivo (+).

Diferencia de potencial = Voltaje = Tensión

Como vimos en el circuito anterior, para que se produzca un movimiento de electrones que generen una corriente debe existir una determinada “fuerza” externa que los mueva.

Tenemos que hablar entonces del concepto de “energía potencial”.

La energía, por definición, es la capacidad para realizar trabajo. Si por ejemplo tenemos un peso elevado a determinada altura, a partir de una referencia, este tendrá una cantidad de energía potencial, que se expresa en Joules, y que también depende de

la altura a la que este, ya que se encuentra bajo el influjo de la fuerza de gravedad (la fuerza que mantiene a todos los objetos pegados al piso...).

Si el peso se eleva aun más, esta energía potencial, **crecerá aun más**, y podrá realizar

aun más trabajo. Existe una obvia diferencia entre la energía del **peso en reposo** (referencia), y la energía del **peso elevado**. A esto se lo denomina “**diferencia de potencial**”.

Este mismo razonamiento se aplica a lo que pasa en la batería del ejemplo anterior.

Gracias a una **acción química la batería produce y mantiene una acumulación de carga negativa (electrones) en uno de sus terminales (-), y una falta de electrones en la otra terminal (+).**

Esto produce directamente una “diferencia de potencial” entre ambas terminales. Al cerrar el circuito con los cables y el foco, los terminales poseen suficiente energía potencial para mover los electrones a la terminal positiva. Podemos entender este fenómeno también como “altura eléctrica”. Es lógico pensar que para obtener esta diferencia de potencial químicamente se realiza también un trabajo, y que a mayor energía potencial se desea el trabajo es aun mayor.

Baterías que puedan entregar más corriente, deberán realizar un trabajo más grande.

Esta diferencia de potencial es denominada también voltaje o tensión. La unidad de medida es el Volt (V), y se obtiene de la siguiente definición:

Para obtener una diferencia de potencial de 1 Volt entre dos puntos, se debe utilizar 1 Joule para mover 1 Coulomb, entre esos puntos .

El voltaje es entonces una señal de cuanta energía se involucra en el movimiento de una carga entre dos puntos. Es importante entender que siempre se habla de diferencia de potencial o voltaje entre dos puntos del circuito, de lo contrario **no existirá esa diferencia, y por lo tanto no existirá el voltaje o tensión.**

Una vez establecidos tanto la definición de corriente, como la de tensión-diferencia de potencial-voltaje, todavía se necesita explicar un elemento más, imprescindible para el trabajo con circuitos eléctricos: la resistencia.

Resistencia

Un tercer fenómeno que debemos entender para poder comenzar a analizar circuitos eléctricos es el de “resistencia al paso de la corriente”.

Diferentes materiales se comportan de diferentes maneras al paso de electrones. Algunos permiten el paso fácil de electrones, otros no permiten el paso de electrones (materiales conductores y no conductores).

Materiales no conductores: menos electrones libres (madera, vidrio, cerámica, etc)

Hay otros que permiten que a los electrones “les cueste más pasar”. Esta oposición al paso de electrones hace que la corriente eléctrica se transforme en calor (por principio de conservación de la energía), y se le llama **resistencia de los materiales** al paso de la corriente eléctrica.

La resistencia al paso de corriente de un material depende de varios factores:

- Tipo de material
- Longitud (mayor longitud mayor resistencia)
- Área transversal (menor área mayor resistencia)
- Temperatura (mayor temperatura mayor resistencia)

La unidad de medida de la resistencia de un material es el Ohm, y se simboliza con la letra griega Omega (Ω).

Primera Ley de Ohm

Existe una manera en que **la corriente, el voltaje y la resistencia se relacionan entre**

si. Y tiene que ver directamente con las ideas de Efecto, Causa y Oposición respectivamente:

$$\text{Efecto} = \frac{\text{causa}}{\text{oposición}}$$

En nuestro caso, el efecto a lograr sería la corriente de electrones, la causa por la cual esto sucede es el voltaje, y la oposición al paso de la corriente de electrones es la resistencia. Así, nuestra ecuación inicial (que dicho sea de paso es una ecuación que representa muchas de las cosas que pasan en nuestro mundo físico), expresada en función de la electricidad queda de la siguiente manera:

$$\text{Corriente} = \frac{\text{diferencia de potencial}}{\text{resistencia}}$$

$$I = \frac{E}{R} \quad (\text{ampere, A})$$

Esta ecuación es la tan conocida **Ley de Ohm**, la cual revela que si por ejemplo, tenemos una resistencia fija y aplicamos mayor voltaje, la corriente aumentará.

La corriente es proporcional al voltaje aplicado e inversamente proporcional a la resistencia.

La letra E simboliza la tensión-diferencia de potencial-voltaje, la I representa la corriente eléctrica y la R, representa la resistencia.