

1
LEY DE OHM

OBJETIVO

Encontrar el modelo matemático que relacione la intensidad de corriente eléctrica, **I**, que fluye por una resistencia **R** y la diferencia de potencial, **V**, entre los extremos de la resistencia, y el valor de la resistencia, **R**.

INTRODUCCION A LOS CIRCUITOS ELECTRICOS

a) CORRIENTE ELECTRICA

Hay muchos materiales en los cuales hay partículas cargadas que pertenecen a los constituyentes atómicos de la substancia que pueden moverse al azar más o menos libremente en el interior de ellas. En esos materiales puede haber transferencia de carga eléctrica desde un punto a otro mediante un movimiento general de "arrastre" de partículas cargadas, bajo la acción de un campo eléctrico. Por lo cual se tiene corriente eléctrica cuando hay desplazamiento o movimiento neto de cargas eléctricas (electrones, iones u otras "partículas").

b) INTENSIDAD DE CORRIENTE

Se define intensidad de corriente como el cociente entre la carga neta que atraviesa una superficie **S** y el tiempo en que lo hace:

$$I = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta t} \quad [\text{Ampere}] \quad [1]$$

donde $\Delta q = n e$, en que e es la carga del electrón y n es un número entero.

c) LA RAPIDEZ DE LOS PORTADORES DE CARGA

Si se considera un trozo de conductor de largo dl y sección recta A que contiene n electrones por unidad de volumen. Cuando fluye una corriente constante a través de él, el número de electrones por unidad de volumen no cambia pues los electrones entran por un extremo y salen en igual número por el otro. El movimiento de un electrón será irregular, pero si se considera que la rapidez promedio es v . Entonces el número de electrones en el volumen $A \cdot dl$ es $n \cdot A \cdot dl$ y la carga eléctrica es:

$$dq = n \cdot A \cdot dl \cdot e \quad [2]$$

Si, esta carga atraviesa una sección del conductor (A) en un intervalo de tiempo dt , la intensidad de corriente eléctrica es:

$$I = \frac{dq}{dt} = \frac{n \cdot A \cdot dl \cdot e}{dt}$$

y por lo tanto como $dl = v \cdot dt$:

$$I = \frac{n \cdot A \cdot v \cdot \cancel{dt} \cdot e}{\cancel{dt}} \quad \text{así,} \quad \text{queda: } v = \frac{I}{nAe} \quad [3]$$

Si se calcula la rapidez media de los electrones en un conductor típico para intensidades de corriente normales, (0.5 [A]), se encuentra que es pequeñísima. Sin embargo, el campo eléctrico que los pone en "movimiento" se propaga con enorme rapidez, de hecho próxima a la rapidez de la luz en el vacío.

d) FUERZA ELECTROMOTRIZ (*fem*)

La circulación de corriente eléctrica en un circuito lleva a la disipación de energía a través de él en forma de calor; puede traducirse también, eventualmente, en la generación de otras formas de energía; por ejemplo, energía mecánica en un motor eléctrico. Toda esta energía debe ser proporcionada constantemente por la batería, la pila, la dínamo, etc. que mantiene las cargas fluyendo. Tales artefactos por producir movimiento de cargas en los conductores son medios de convertir energías de otros tipos a energía eléctrica. Así una batería eléctrica es un artefacto que convierte energía química en energía eléctrica.

En un circuito eléctrico esta producción de energía eléctrica se manifiesta por la aparición de fuerzas eléctricas que actúan sobre las partículas cargadas en el circuito, dando origen a la corriente eléctrica. Esto se describe diciendo que la batería, la dínamo, etc. producen una fuerza electromotriz (abreviadamente *fem*). En consecuencia una fuente de *fem* es un artefacto que entrega energía a las cargas que recorren el circuito conectado a ella. Ocurre que cada *fem* brinda a cada unidad de carga, para que recorra el circuito completo, cantidades iguales de energía que son características de cada fuente de *fem*, CUALQUIERA sea la carga que esté circulando. Por esto se define:

$$\varepsilon = \frac{\text{energía que se le entrega a cada carga } q \text{ para recorrer el circuito completo}}{\text{carga}} \quad [4]$$

Que una carga recorra todo el circuito significa que parte de un punto A y marcha hasta volver a A, en el mismo sentido. En la naturaleza existe cargas eléctricas de dos tipos: positivas y negativas. Las cargas del mismo signo se repelen y las de signo opuesto se atraen. En el borne positivo de la fuente de *fem* hay un exceso de cargas positivas y en el borne negativo un exceso de negativas. Por convención, el sentido de la corriente va siempre desde el borne positivo al borne negativo, por la parte del circuito, exterior a la fuente de *fem*; o sea corresponde al movimiento de cargas positivas. En realidad, en los conductores metálicos los que se mueven (en sentido opuesto) son los electrones, que tienen carga negativa.

e) DIFERENCIA DE POTENCIAL

Una fuente de *fem* imparte energía a un circuito dando origen a una redistribución de las cargas, transfiriendo cargas internamente desde uno de los terminales al otro. De este modo se ponen en juego fuerzas eléctricas que actuarán sobre cualquier partícula cargada próxima a esos terminales. Describimos esto diciendo que la fuente de *fem* produce un **campo eléctrico** entre sus terminales. Un paso conductor entre los terminales permite al campo eléctrico que actúe en el interior de los conductores que forman el circuito, poniendo las cargas libres "en movimiento" y readecuando el campo de modo que actúe en el interior de esos conductores realizando trabajo sobre las partículas cargadas en movimiento, haciendo que la energía eléctrica que proporciona la fuente de *fem* se convierta en calor y quizás en otras formas de energía. (El campo eléctrico también existe fuera de los conductores; pero aquí no produce corriente, siempre que el aislamiento entre los terminales no se rompa).

Una forma útil de describir este campo es asociar a cada punto del circuito una cantidad, llamada potencial, de modo que el flujo de corriente (convencional) va desde los puntos a mayor potencial a los puntos a menor potencial. Y se toma como una medida de la diferencia de potencial entre dos puntos al trabajo realizado por el campo por unidad de carga que pasa entre esos puntos, Entonces: La diferencia de potencial entre dos puntos actúa de modo que circula corriente desde el punto a mayor potencial hacia el punto a menor potencial; y es igual al cociente entre la energía convertida de eléctrica a otras formas por una carga q que ha pasado desde el punto de mayor potencial al de menor potencial y esa carga q .

$$V_{AB} = \frac{\text{energía que entrega la carga } q \text{ al pasar entre dos puntos de un circuito}}{\text{carga}} \quad [5]$$

donde: $q = n e$, en que e es la carga del electrón y n es un número entero.

f) LEY DE OHM

La corriente eléctrica corresponde al movimiento de partículas cargada dentro de un conductor por la acción de la existencia de un campo eléctrico dentro del conductor. Si definimos la densidad de corriente en el conductor de área de sección transversal A como la corriente eléctrica que pasa por unidad de área, es decir:

$$J = \frac{i}{A}, \text{ pero } i = nev_d A, \text{ queda } J = \frac{nev_d A}{A} = nev_d$$

Como una densidad de corriente J y un campo eléctrico \vec{E} se establecen en un conductor cuando existe una diferencia de potencial entre los extremos del conductor. Si la diferencia de potencial es constante la intensidad de corriente eléctrica también lo es. Si para un material la densidad de corriente es proporcional con el campo eléctrico, es decir: $J = \sigma E$, siendo σ la conductividad eléctrica del conductor, se dice que el conductor cumple con la ley de Ohm. Y el material es óhmico.

Si consideramos que el conductor es un alambre recto de área de sección transversal A y longitud l , a una diferencia de potencial V_{ab} entre los extremos se establece un campo eléctrico en este y una corriente eléctrica, como la diferencia de potencial se relaciona con el campo eléctrico en la forma $V = El$

Haciendo las sustituciones en las ecuaciones anteriores queda:

$$J = \sigma E = \sigma \frac{V}{l}$$

$$\text{Pero } J = \frac{i}{A}$$

$$\text{Igualando } \sigma \frac{V}{l} = \frac{i}{A}$$

$$\text{De aqui: } V = \left(\frac{l}{\sigma A} \right) i$$

Siendo llamado **resistencia de un conductor** $R = \frac{l}{\sigma A}$, así se puede escribir:

$$R = \frac{l}{\sigma A} = V i$$

g) RESISTENCIA ELÉCTRICA, R

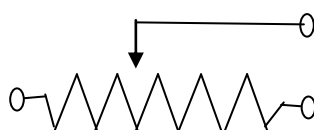
Una consecuencia de la Ley de Ohm es que la cantidad:

$$R = \frac{\text{diferencia de potencial}}{\text{intensidad de corriente}} = \frac{V}{i}$$



es una constante para un conductor metálico bajo condiciones físicas estacionarias y se llama **resistencia eléctrica**. Aún cuando se esté trabajando con artefactos (válvulas de radio o tubos de descarga) para los cuales no rige la Ley de Ohm, a menudo es conveniente definir la resistencia del artefacto, en tales casos la resistencia dependerá de la intensidad de corriente.

Una resistencia variable se llama reóstato y se representa esquemáticamente de la forma:



h) AMPERÍMETRO

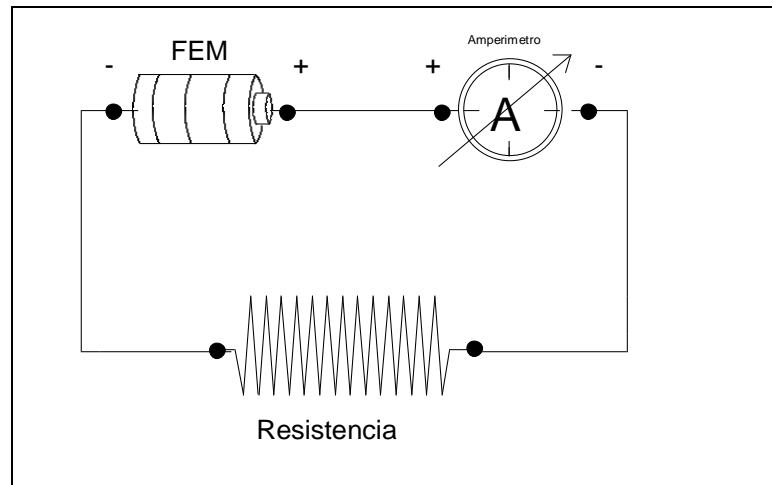


Figura 1. Amperímetro conectado en un circuito.

Un amperímetro es un aparato que mide la intensidad de corriente, al ser conectado en **SERIE** en el circuito y posee una resistencia interna muy pequeña ($R_i \rightarrow 0$) para que no influya en la medición. Un elemento de un circuito está conectado en serie en una rama de un circuito cuando toda la corriente en esa rama del circuito pasa a través de él. Se debe conectar el amperímetro de modo que el borne marcado positivo esté a mayor potencial que el otro borne. Figura 1.

i) VOLTÍMETRO

Un voltímetro es un aparato que mide la diferencia de potencial entre dos puntos. Siempre se conecta en paralelo y posee una resistencia interna muy grande ($R_i \rightarrow \infty$), para que no influya en la medición. Un elemento de un circuito está conectado en paralelo cuando tiene extremos comunes con otro (s) elemento (s), y parte de la corriente pasa por cada uno de los brazos. Figura 2.

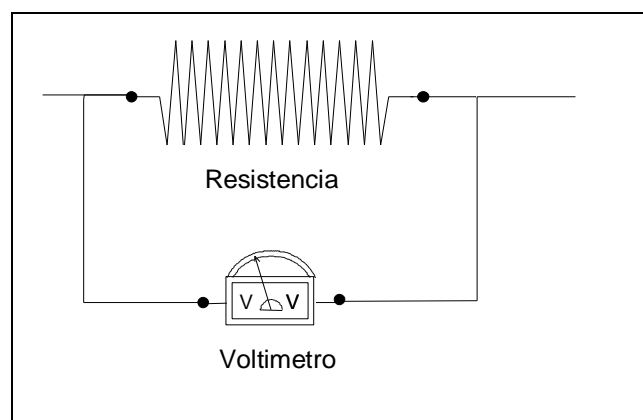


Figura 2. Conexión del Voltímetro.

REALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO

Se pretende determinar la relación entre I , V_{ab} , y R . $I(V,R)$

1. Arme el circuito de la figura 3. Elija una resistencia R menor de 100Ω .
2. Para a lo menos diez diferencias de potenciales diferentes entre los extremos de una resistencia R elegida mida la intensidad de corriente eléctrica que circula. Cambie la diferencia de potencial variando la resistencia del reóstato. Confeccione con los datos obtenidos una tabla de V_{ab} , R y i .
3. Haga el gráfico de I v/s V , con V en el eje de las abscisas, y determine la relación entre $i - V$ con R constante.
¿Qué tipo de curva representa la relación de las variables i y V ?, Entonces ¿qué información se puede extraer de esta curva y qué representa?

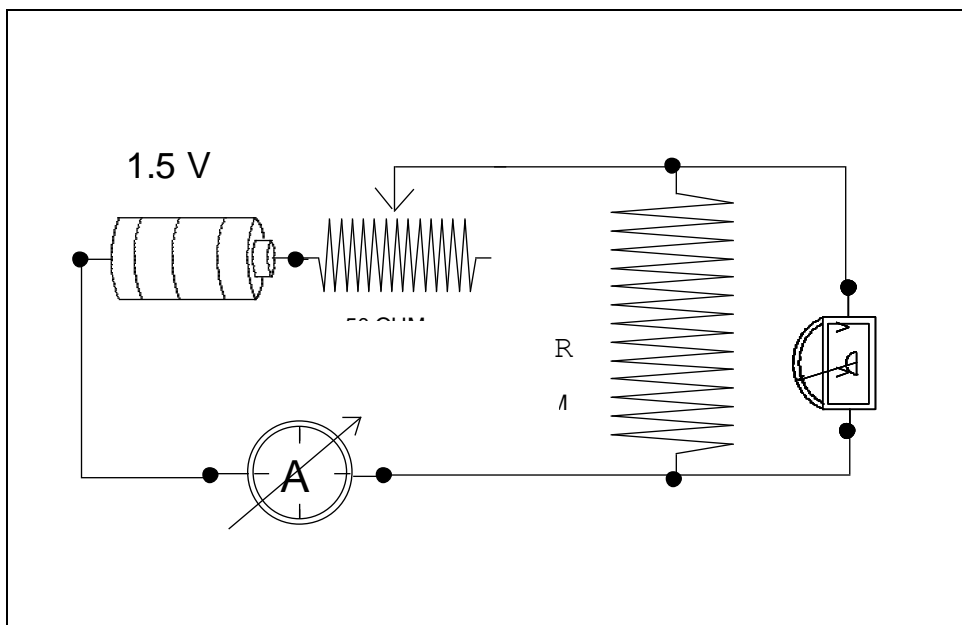


Figura 3. Circuito para comprobar la ley de Ohm.

4. Cambie la resistencia R , mantenga la diferencia de potencial V_{ab} entre los extremos de la resistencia constante y mida la intensidad de corriente eléctrica que circula por el circuito, repita para al menos 7 resistencias diferentes (elija $R < 100\Omega$). **Para elegir el valor de V constante realice un experimento de prueba, esto es, analice el rango de V_{ab} para cada resistencia y elija un valor de V_{ab} común para todas las resistencias.**
5. Haga un gráfico i v/s R , con V constante. Determine la relación entre I y R . ¿Qué tipo de curva representa la relación de las variables i y R ?, Entonces ¿qué información se puede extraer de esta curva y qué representa?
6. Con las conclusiones obtenidas en los puntos 2 y 5, construya el gráfico i v/s $V^n * R^m$. Establezca la relación $i(V,R)$
7. Compare el modelo obtenido por usted con el modelo teórico.
8. Determine el error relativo porcentual en la determinación de las constantes.