Repartido Nº 2

CIRCUITOS DE CORRIENTE CONTINUA-RESISTENCIAS

1- INTRODUCCIÓN.

Si los extremos de un conductor se conectan a una batería, se establecerá una corriente eléctrica a través de él. La magnitud de dicha corriente dependerá de las propiedades del material y de las dimensiones del conductor. En muchos materiales la relación entre la corriente que circula por el conductor y la diferencia de potencial entre sus extremos es lineal. Estos materiales se llaman **conductores óhmicos.** Los resistores en circuitos son ejemplos. Existe también otro tipo de conductores **no óhmicos**, por ejemplo los diodos, en los cuales la relación entre el voltaje y la corriente no es lineal. En estos casos, el modelo físico que vincula voltaje con corriente no es sencillo, pero ha sido objeto de un exhaustivo estudio en las últimas décadas debido a las importantes aplicaciones tecnológicas que han permitido desarrollar.
En esta práctica se montarán diferentes configuraciones de circuitos de corriente continua. Se medirá directamente la resistencia de diversos resistores utilizando para ello un multímetro, se estudiará el montaje en serie y en paralelo de resistencias, se verificarán distintas leyes de circuitos (la de Ohm y las de Kirchhoff)

2-FUNDAMENTO TEÓRICO.

2.1 – LEY DE OHM

En el interior de un conductor podemos definir la **densidad de corriente J**, la cual es un campo vectorial que describe la distribución espacial de la corriente. La dirección de **J** en un punto indica la direccion de transporte neto de carga, y si imaginamos una pequeña superficie perpendicular a esta direccion, el módulo |**J**| da la intensidad de corriente por unidad de área a través de la superficie:

$$|J|=I/A \qquad (1)$$

Más precisamente, la intensidad de corriente a través de cualquier superficie es igual al flujo de **J** a través de esta superficie.

La densidad de corriente debido a un flujo de cargas en movimiento con velocidad $\mathbf{v}_d$ vale

$$J=\rho_m v_d \qquad (2)$$

donde ρ_m es la densidad de carga de este flujo de cargas móviles. Entonces el sentido de **J** es igual al sentido de movimiento de las cargas si estas son positivas, y opuesto si las cargas son negativas.
Cuando se aplica un campo eléctrico **E** a un conductor este pone las cargas móviles en movimiento, estableciendo una densidad de corriente **J**. La Ley de Ohm establece que en algunos materiales (incluidos la mayoría de los metales) se cumple una relación de proporcionalidad entre **E** y **J** de la forma

$$\mathbf{J} = \sigma \mathbf{E} \qquad (3)$$

Donde σ es la **conductividad del conductor** y es independiente del campo eléctrico que produce la corriente. A la inversa de la conductividad se le denomina **resistividad**: $\rho=1/\sigma$. A los materiales que cumplen la ley de Ohm, se les llama **óhmicos**. Esta forma de la Ley de Ohm (Ec. 3) se llama la *Ley de Ohm microscópica*.
La conocida relación de proporcionalidad entre la diferencia de potencial V entre los extremos de un conductor y la intensidad de corriente I que pasa entre ellos, teniendo en cuenta la resistencia del conductor R llamada la *Ley de Ohm macroscópica*, es una consecuencia de la ley de Ohm microscópica:

$$V = IR \qquad (4)$$

o:

$$I = V/R$$

La Ley de Ohm macroscópica requiere que la intensidad I sea lineal con la diferencia de potencial V, mientras que la Ley de Ohm microscópica sostiene que la densidad de corriente **J** es lineal con el campo eléctrico **E**.
Ahora supongamos que el potencial eléctrico φ en cada punto se duplica. V y también **E** se duplicaran**.** La Ley de Ohm microscópica entonces implica que **J**, y por tanto I, se duplicara.
Es decir, V e I han aumentado por el mismo factor. La pregunta que queda es si un aumento de la diferencia de potencial entre los bornes, V, por un factor dado necesariamente implica que φ aumenta por el mismo factor en

cada punto. Resulta que sí: en régimen estacionario y cuando vale la Ley de Ohm microscópica. Así, si los campos **E**, ρ, y **J** satisfacen estas leyes, también 2**E**, 2ρ, y 2**J** lo hacen.
Finalmente, se puede demostrar que la diferencia de potencial entre los bornes determina **E**, ρ, y **J** de manera *única*. Así aumentar la diferencia de potencial a 2V forzosamente aumenta el campo eléctrico a 2**E** en cada punto.
Si I es proporcional a V entonces hay un constante de proporcionalidad entre ellos, que escribimos 1/R. R llamamos la *resistencia* entre los extremos del conductor. Cuando el conductor tiene una geometría sencilla podemos calcular *R* explícitamente. Por ejemplo, consideramos un segmento de alambre recto de área de sección transversal A y longitud *L*. Si se establece una diferencia de potencial $V = \varphi_b - \varphi_a$ entre los extremos *a* y *b* del alambre, se genera un campo eléctrico que provocara que una corriente circule por el conductor. Si el campo eléctrico en el conductor se supone uniforme, la diferencia de potencial se relaciona con el campo eléctrico por medio de la relación:

$$V = EL \qquad (5)$$

(Se puede demostrar que **E** debe ser uniforme, mientras la intensidad es suficientemente baja que efectos magnéticos se pueden despreciar.) Por lo tanto, podemos expresar la densidad de corriente en el conductor en la forma

$$J=\sigma E=\sigma V/L \qquad (6)$$

y como J = I/A, la diferencia de potencial puede escribirse

$$V=JL/\sigma=(L/\sigma A)I \qquad (7)$$

La resistencia del conductor es entonces

$$R=L/\sigma A \qquad (8)$$

2.2-LEYES DE KIRCHHOFF

PRIMERA LEY: En cualquier nodo, la suma de corrientes que entran al nodo debe ser igual a la suma de corrientes que salen de él. En condiciones estacionarias, esta ley es consecuencia de la conservación de la carga. En general es una excelente aproximación mientras la carga acumulada en el nodo es despreciable en todo momento, lo cual suele ser el caso.

SEGUNDA LEY: La suma algebraica de los cambios de potencial a través de todos los elementos a lo largo de cualquier lazo (malla) de un circuito cerrado debe ser cero. Esto es consecuencia del hecho que el potencial es una función de posición en el espacio. Al recorrer un camino cerrado el cambio total del potencial es cero ya que al volver al mismo punto uno vuelve al mismo potencial.
En situaciones estacionarias la existencia de la función potencial es una consecuencia de las leyes de electromagnetismo (las ecuaciones de Maxwell). En general se puede *definir* el potencial como el potencial electrostático, es decir el potencial que tendrá la distribución de carga actual si este se mantuviera fija en lugar de estar cambiando con el tiempo. Este potencial no da cuenta de todo el campo eléctrico, ya que fuentes cambiantes pueden producir un campo magnético cambiante, que a su vez sirve como una fuente de campo eléctrico adicional a las cargas eléctricas. En general un potencial para todo el campo eléctrico no existe. Pero a menudo el potencial electrostático que hemos definido da cuenta de casi todo el campo eléctrico. Y la segunda ley de Kirchhoff vale para este potencial electrostático.
Nota que en este experimento, bien hecho, todos los circuitos operan en el régimen estacionario.

2.3-RESISTENCIAS EN SERIE Y EN PARALELO

Cuando conectamos *n* resistencias **en serie** la intensidad de corriente *I* que circula por cada una de ellas es la misma, y la caída de potencial a través del conjunto de resistencias es la suma de las caídas R_i I en cada una. Entonces el conjunto de resistencias en serie es equivalente a una sola resistencia

$$R_e = R_1 + R_2 + \ldots R_n \qquad (9)$$

Cuando conectamos *n* resistencias **en paralelo**, tenemos la misma caída de potencial *V* a través de cada resistencia, y la intensidad que pasa a través del conjunto de resistencias es la suma de las intensidades V/R_i a través de cada una. Entonces, podemos sustituir las **resistencias en paralelo** por una **equivalente**, cuyo valor es

$$1/R_e = 1/R1 + 1/R2 + ... + 1/Rn \quad (10)$$

Estas reglas son casos particulares de las Leyes de Kirchhoff.

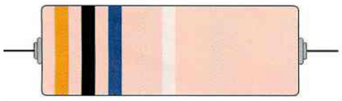
2.4-CODIGO DE COLORES DE LAS RESISTENCIAS

La resistencia de un resistor de carbón es marcado sobre el mismo usando bandas de colores pintadas alrededor del cuerpo del componente y ubicadas en uno de los extremos de la misma. Cada color está asociado a un número según la tabla adjunta.
La lectura del valor de la resistencia se realiza de izquierda a derecha siguiendo las siguientes reglas:

1- La primera banda, que es la más próxima a uno de los extremos del resistor, proporciona el primer digito del valor de la resistencia.
2- La segunda banda proporciona el segundo digito del valor de la resistencia.
3- La tercera banda proporciona el multiplicador decimal, es decir el número de ceros o lugares decimales que deben agregarse a la derecha o correrse hacia la izquierda de las dos primeras cifras para obtener el valor nominal de la resistencia.
4- La cuarta banda proporciona la exactitud o tolerancia del valor de la resistencia proporcionado por las tres primeras bandas. Se especifica como un porcentaje (%). En caso de no existir esta cuarta banda, la tolerancia será del $\pm$20%.

Color	Banda significativa	Banda multiplicadora	Tolerancia
Negro	0	$\times 10^0 = 1$	
Marrón	1	$\times 10^1 = 10$	
Rojo	2	$\times 10^2 = 100$	
Naranja	3	$\times 10^3 = 1.000 = 1K$	
Amarillo	4	$\times 10^4 = 10.000 = 10\ K$	
Verde	5	$\times 10^5 = 100.000 = 100\ K$	
Azul	6	$\times 10^6 = 1.000.000 = 1\ M$	
Violeta	7	$\times 10^7 = 10.000.000 = 10\ M$	
Gris	8	$\times 10^8 = 100.000.000 = 100\ M$	
Blanco	9	$\times 10^9 = 1.000.000.000 = 1G$	
Dorado		$\times 10^{-1} = 0,1 = 1\ d$	± 5 %
Plateado		$\times 10^{-2} = 0,01 = 1\ c$	± 10 %
Sin Color			± 20 %

Ejemplo:

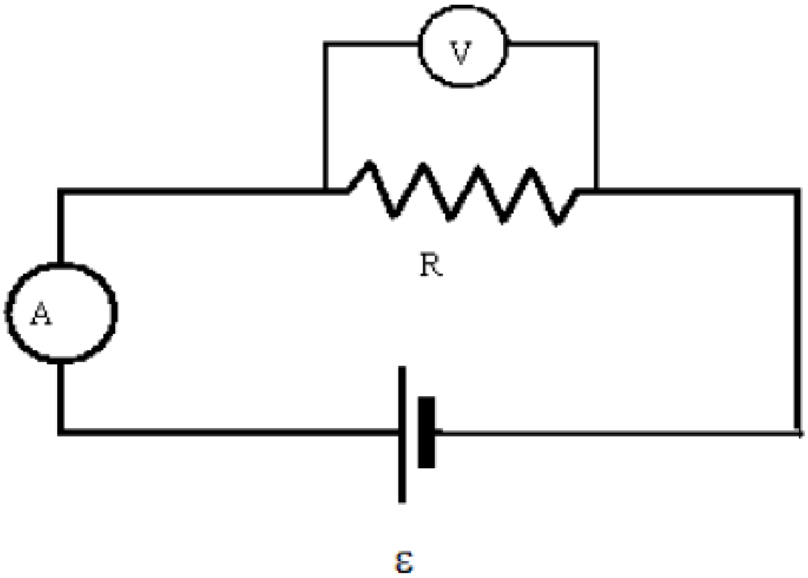


Resistencia con bandas naranja , negra , azul y finalmente plateada
Valor: Resistencia de 30 MΩ (Mega ohms) $\mp$ 10%

3- PROCEDIMEINTO EXPERIMENTAL

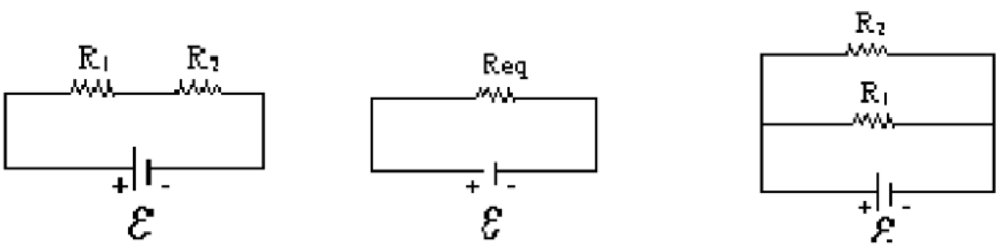
3.1-Figuras de los montajes

i) Conexión de voltímetro V para medir voltaje en R y amperímetro A para medir intensidad de corriente I a través de R:



- El voltímetro mide en paralelo el voltaje V en los bornes de la resistencia R
- El amperímetro mide en serie la intensidad de corriente I que pasa por la resistencia R del circuito

ii) Figuras para leyes de Kirchoff



a)Resistencias en serie **b) La resistencia equivalente** **c)Resistencias en paralelo**

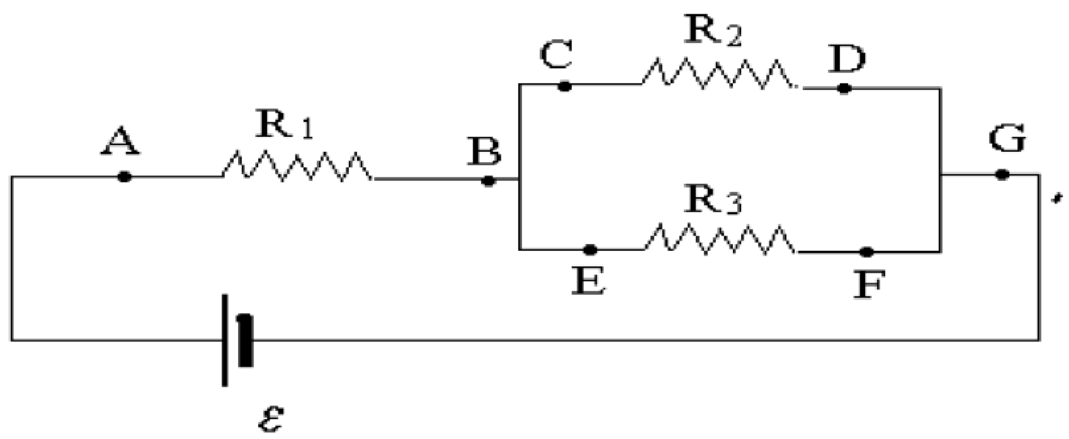
iii) Ley de Ohm y resistencia equivalente Req

V= Req. I

a) **Ley de Ohm**

Se mide voltaje (**en paralelo**) entre A y G e intensidad de corriente I (en serie) entre A o G y la fuente ε.

Req: es la resistencia equivalente de la conexión de R1 en serie con R2 y R3 conectadas entre sí en paralelo.



b) Resistencias y resistencia equivalente

- Se mide cada resistencia
- Se mide la Req entre los puntos A y G

3.2- MEDIDAS Y TRATAMIENTO DE DATOS

1- Resistencias: código de colores y valor en multímetro

Analice el código de colores de las resistencias R1 y R3 y compare con los valores medidos con el multímetro.

2- Resistencias equivalentes: cálculo y comparación con multímetro

Se propone una configuración de R1, R2 y R3. Compare su cálculo de la resistencia equivalente de dicha configuración con el valor medido con el multímetro.

3- Ley de Ohm:

Mida la resistencia equivalente con la ley de Ohm. Para ello, procese el video Ley de Ohm y registre el valor de la corriente para cada valor de potencial. Con la ley de Ohm halle la resistencia eléctrica y compare con el valor medido con el multímetro.

4- Leyes Kirchhoff

4.i- Ley de mallas.

Analice el video Ley de mallas y reproduzca los siguientes análisis:

a) Compare el voltaje en R2 (V2) con el voltaje en R3 (V3). Estudie el cociente V2/V3 para los diferentes valores del potencial entregado por la fuente VF. Calcule el promedio y desviación estándar y compare con el valor esperado de dicho cociente.
b) Por otro lado, definimos V4=(V2+V3)/2. Compare el valor de (V1+V4) con VF, por ejemplo analizando (V1+V4)/VF (promedio y desviación estándar con el valor esperado).

4.ii- Ley de nudos:

Analice el video Ley de Nudos y compare la corriente i1 con la suma de las corrientes i2+i3 (por ejemplo, a través del cociente (i2+i3)/i1.)

4- BIBLIOGRAFÍA

- Serway, R. *Física (Tomo II)* (1996); 4ta. Edición; McGraw-Hill, México.
- Serway, R.; Faughn, J. (2001); 5ta. Edición; Pearson Educación, México.
- Kane, J.W. D; Sternheim, M. M. *Física*. 2º edición.Ed. Reverté.
- Asimov, I. (1987) *Enciclopedia Biográfica de Ciencia y Tecnología 1,* 2da. Edición; Alianza Editorial; Madrid.