

CAPITULO VII

MEDICIONES ESPECIALES

7.1 MEDICION DE RESISTENCIAS POR METODOS INDIRECTOS.

Las dos configuraciones circuitales más utilizadas para determinar experimentalmente el valor de una resistencia utilizando instrumentos de deflexión como los estudiados en el capítulo anterior son las mostradas en las Figuras 1 y 2.

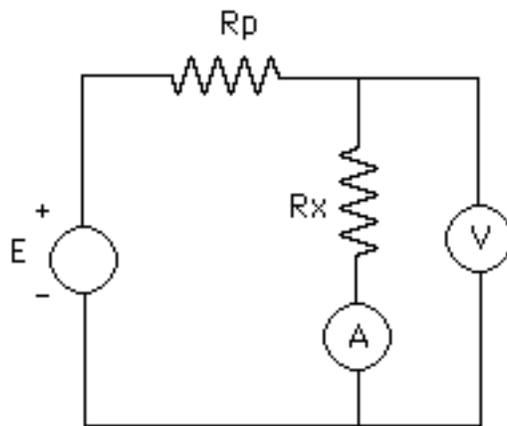


Fig. 1.- Primer procedimiento para medición indirecta de una resistencia.

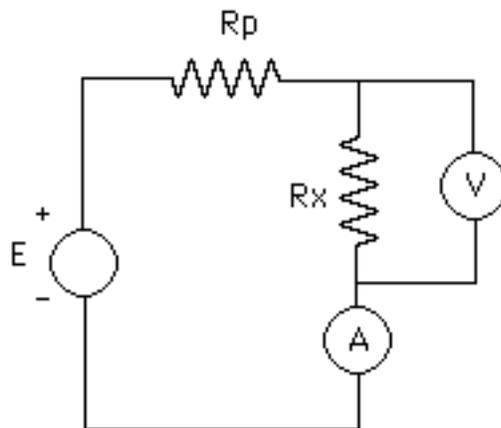


Fig. 2.- Segundo procedimiento para medición indirecta de una resistencia.

En estos circuitos tenemos:

Rx = Resistencia incógnita

Rp = Resistencia de protección

V = Voltímetro

A = Amperímetro

E = Fuente

El valor de la resistencia incógnita se determina en cada caso efectuando el cociente de la lectura del voltímetro entre la del amperímetro.

Ahora bien: ¿Cuál es la razón de que existan dos configuraciones tan similares entre sí?. ¿Qué ventajas y desventajas presenta cada una de ellas sobre la otra?.

En primer lugar debemos tener presente que los amperímetros y voltímetros utilizados en la práctica no son instrumentos ideales, es decir, presentan una cierta resistencia interna diferente a la que desearíamos que tuviesen.

Un amperímetro es un instrumento que debe ir conectado en serie con los elementos del circuito donde se quiere medir la corriente, por lo tanto la resistencia interna del mismo debería ser de cero ohmios, para que no alterase la resistencia total del circuito. Sin embargo, los amperímetros reales presentan una resistencia interna cuyo valor está comprendido entre algunos ohmios y algunos cientos de ohmios.

Por otra parte, un voltímetro es un instrumento que debe ir conectado en paralelo con los elementos del circuito entre cuyos terminales quiere determinarse el voltaje, por lo tanto su resistencia interna debería ser infinita, mientras que la resistencia interna de los voltímetros reales está comprendida entre algunas decenas de K y algunas decenas de M .

Sabiendo esto, vamos a analizar los circuitos anteriores.

7.1.1.- Primer procedimiento.

Las Figura 3 presenta el esquema circuital del primer procedimiento haciendo resaltar la resistencia interna de cada uno de

los instrumentos: R_a es la resistencia interna del amperímetro y R_v es la del voltímetro.

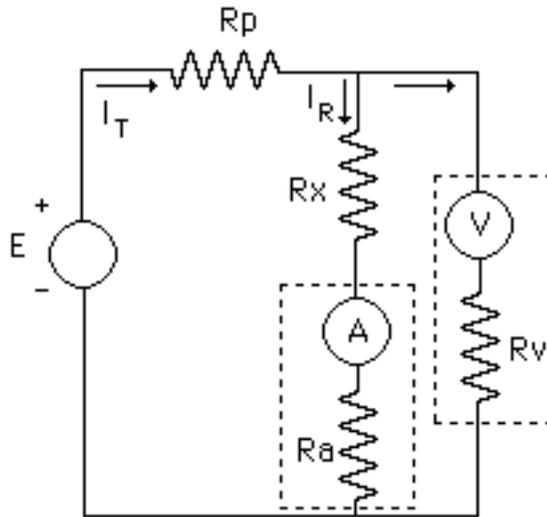


Fig. 3.- Circuito del primer procedimiento para medición indirecta de una resistencia indicando las resistencias internas de los instrumentos.

En dicho circuito podemos observar que la corriente I_T que circula por la resistencia de protección se divide en dos: La que circula por la resistencia incógnita y el amperímetro y la que circula por el voltímetro.

Debido a la forma como están conectados los instrumentos en este circuito, el amperímetro está indicando la corriente que circula por la resistencia incógnita I_R , pero el voltímetro está midiendo la caída de voltaje existente entre los terminales de R_x más la existente entre los terminales del amperímetro, la cual es igual a $I_R R_a$. Por lo tanto al hacer la relación:

$$R_x = \frac{\text{Lectura del voltímetro}}{\text{Lectura del amperímetro}} \quad (7.1)$$

estamos cometiendo un error sistemático debido al método de medición, cuya magnitud depende de la relación existente entre el valor de la resistencia incógnita y el de la resistencia interna del amperímetro.

Podemos concluir que el primer procedimiento arrojará resultados aceptables si la resistencia incógnita es mucho mayor que la resistencia interna del amperímetro, pero introducirá mucho error si estas dos resistencias tienen magnitudes comparables.

7.1.2.- Segundo procedimiento.

Las Figura 4 presenta el esquema circuital del segundo procedimiento haciendo resaltar la resistencia interna de cada uno de los instrumentos.

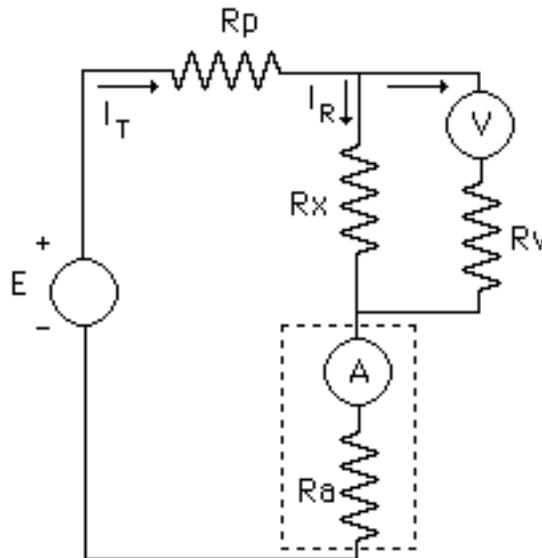


Fig. 4.- Circuito del segundo procedimiento para medición indirecta de una resistencia indicando las resistencias internas de los instrumentos.

Analizando el circuito de la Figura 4 podemos concluir que, como en el circuito anterior, se cumple la relación: $I_T = I_R + I_V$. En este caso, debido a la conexión de los instrumentos, el voltímetro está midiendo el voltaje existente entre los terminales de la resistencia incógnita, pero el amperímetro está indicando el valor de la corriente que circula por R_X más el de la que circula por el voltímetro, en otras palabras, el valor de I_T .

Por lo tanto al aplicar la relación presentada en la ecuación (7.1) estamos cometiendo como en el caso anterior, un error sistemático

debido al método de medición, cuya magnitud depende de la relación existente entre el valor de la resistencia incógnita y el de la resistencia interna del voltímetro.

Podemos concluir que el segundo procedimiento arrojará resultados aceptables si la resistencia incógnita es mucho menor que la resistencia interna del voltímetro, pero introducirá mucho error si estas dos resistencias tienen magnitudes comparables.

7.2 METODOS PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA INTERNA DE UN GALVANOMETRO.

A continuación vamos a analizar tres métodos con los cuales podemos calcular la resistencia interna de un galvanómetro dado.

7.2.1.- Primer método

El primer método es una aplicación directa de los procedimientos para medir resistencias estudiados en el punto anterior. Consideramos que el galvanómetro es la resistencia incógnita R_x y montamos el circuito mostrado en la Figura 5.

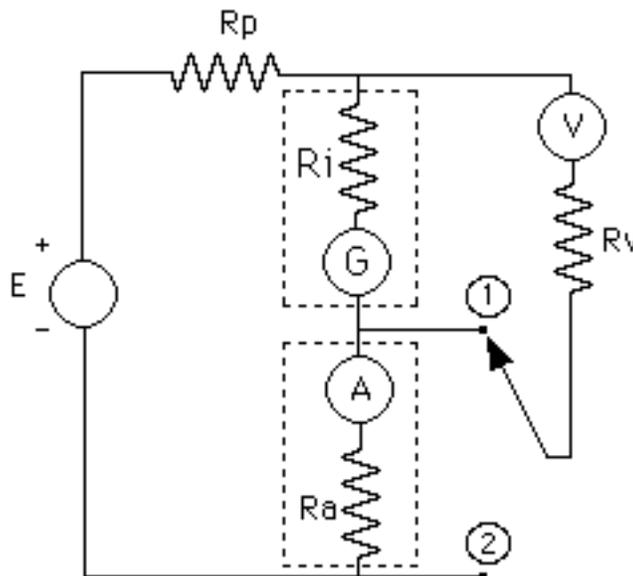


Fig. 5.- Primer método para medir la resistencia interna de un galvanómetro.

El terminal del voltímetro lo conectamos en el punto 1 o en el punto 2, según la configuración que deseemos utilizar, por considerarla la más apropiada. Por lo general, dado que la resistencia del galvanómetro puede ser comparable a la del amperímetro y mucho menor que la del voltímetro, la conexión más apropiada es en el punto 1.

Hay que calcular los valores de la fuente E y la resistencia de protección R_p tomando en cuenta la corriente máxima que puede circular por el galvanómetro.

7.2.2.- Segundo método

Este método se basa en la utilización del circuito mostrado en la Figura 6.

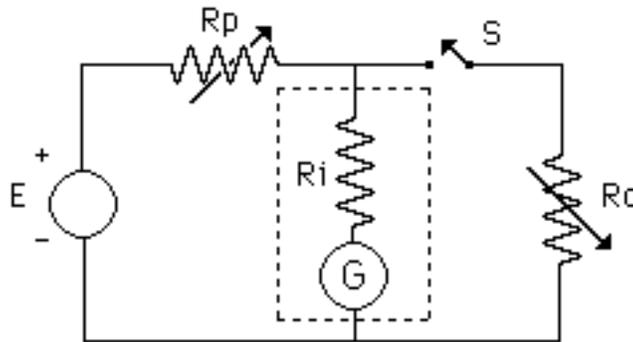


Fig. 6.- Segundo método para medir la resistencia interna de un galvanómetro.

El procedimiento para hallar el valor de la resistencia interna del galvanómetro es el siguiente:

En primer lugar con el interruptor S abierto, ajustamos el valor de la resistencia de protección R_p o el de la fuente E hasta que por el galvanómetro circule la máxima corriente posible, o sea, indique escala completa.

A continuación cerramos el interruptor S , con lo cual el circuito queda como el mostrado en la Figura 7. Como podemos observar, la resistencia variable R_d (generalmente una década de resistencias calibrada) está conectada en paralelo con el galvanómetro. Si el valor de R_d es igual al de la resistencia interna del galvanómetro R_i , por

ambas resistencias circula la misma corriente, y el valor de ésta es igual a la mitad de la corriente total que circula por el circuito, o sea:

$$I_T = I_R + I_G \quad (7.7)$$

$$\text{Si } R_d = R_i \text{ se cumple } I_R = I_G \quad (7.8)$$

$$I_T = 2I_G \quad (7.9)$$

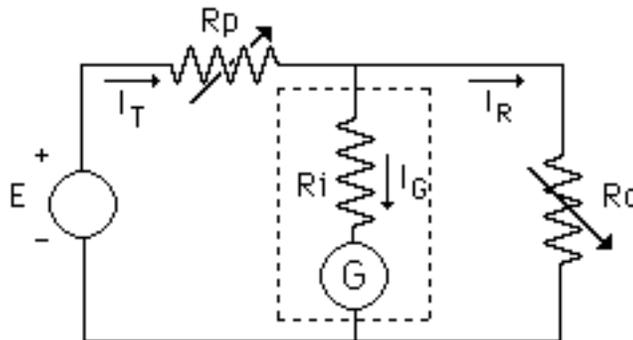


Fig. 7.- Interruptor S cerrado en el circuito del segundo método para medir la resistencia interna de un galvanómetro

En consecuencia, el siguiente paso que tenemos que dar una vez que hemos cerrado el interruptor S, es variar la resistencia R_d hasta que el galvanómetro indique la mitad de la escala. En este instante está circulando $I_T/2$ por cada rama y por lo tanto $R_i = R_d$. Como el valor de R_d lo podemos determinar fácilmente, conocemos el de R_i .

Ahora bien, este método tiene un error sistemático. Observemos que la corriente total que circula por el circuito cuando el interruptor S está abierto (Figura N° 6) es igual a :

$$I_{T1} = \frac{E}{R_p + R_i} \quad (7.10)$$

Este valor es el que corresponde a la indicación del galvanómetro de escala completa.

Sin embargo, la corriente total que circula cuando S está cerrado (Figura 7) es igual a:

$$I_{T2} = \frac{E}{R_p + R_i \parallel R_d} \quad (7.11)$$

En consecuencia la corriente correspondiente a una indicación de media escala no es exactamente la mitad de la corriente total que estaba circulando por el circuito cuando el interruptor S estaba abierto, ya que según la ecuación (7.11), la corriente total con S cerrado es diferente a la que circula con S abierto.

Para minimizar este error sistemático tenemos que lograr que I_{T2} sea lo más parecido posible a I_{T1} , para lo cual es necesario que estas corrientes dependan lo menos posible de los valores de R_d y R_i . Esto es cierto si se cumple la siguiente relación:

$$R_p \gg R_i \quad (7.12)$$

y por lo tanto:

$$R_p \gg R_i \parallel R_d \quad (7.13)$$

En consecuencia, al calcular el rango de valores para R_p y E en el circuito de la Figura N° 6, debemos tener presente que R_p debe ser unas 50 ó 100 veces mayor que la resistencia interna del galvanómetro (cuyo valor probablemente lo conocemos en forma aproximada) y que el valor de la fuente E debe ser tal que no circule por el circuito una corriente mayor a la máxima permisible a través del galvanómetro. Por último debemos calcular la potencia disipada por R_p .

7.2.3.- Tercer método

El tercer método se basa en el principio de sustitución. El circuito utilizado para este método es el presentado en la Figura 8.

En primer lugar colocamos el interruptor S en la posición 1. El circuito resultante es el mostrado en la Figura 9. En este circuito ajustamos la resistencia R_p o la fuente hasta que circule una corriente menor que la máxima permisible a través del galvanómetro y del microamperímetro (A), y cuyo valor sea fácil de leer en la escala de este último. El valor de esta corriente está dado por la relación:

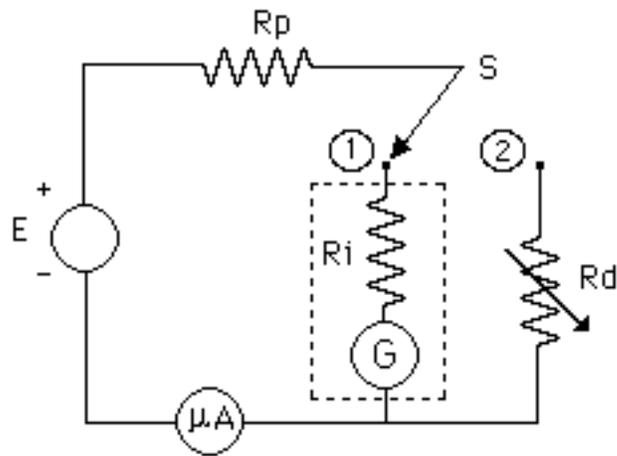


Fig. 8.- Tercer método para medir la resistencia interna de un galvanómetro.

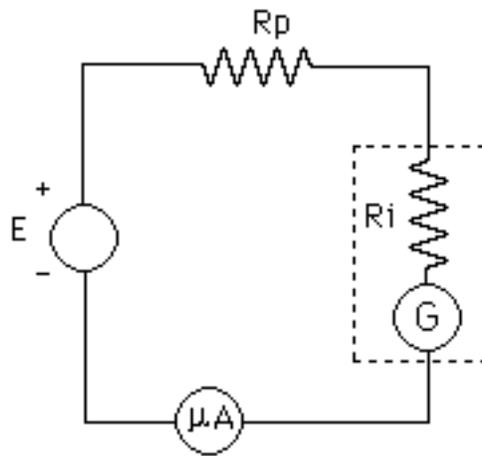


Fig. 9.- Circuito con S en la posición 1 en el tercer método para medir la resistencia interna de un galvanómetro.

$$I_1 = \frac{E}{R_p + R_i} \quad (7.14)$$

A continuación conectamos el interruptor S en la posición 2, con lo cual el circuito queda como el mostrado en la Figura 10.

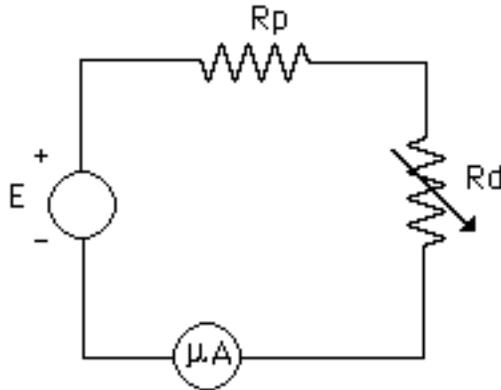


Fig. 10.- Circuito con S en la posición 2 en el tercer método para medir la resistencia interna de un galvanómetro.

La corriente que circula por este circuito es:

$$I_2 = \frac{E}{R_p + R_d} \quad (7.15)$$

Cuando $R_p = R_d$ se cumplirá:

$$I_1 = I_2 \quad (7.16)$$

Por lo tanto debemos variar la resistencia R_d , hasta que el microamperímetro indique la misma corriente que circulaba cuando estaba conectado el galvanómetro. En ese instante el valor de R_d será igual a la resistencia interna del galvanómetro.

Al contrario que en el caso anterior, este método no presenta un error sistemático debido al cual tengamos que imponerle condiciones a los valores de R_p o E . Teóricamente tanto la fuente como la resistencia de protección pueden tomar cualquier valor, sin embargo hay una restricción de tipo práctico sobre estos parámetros.

Observemos que la corriente I_2 depende del valor de E , R_p y R_d . Si la resistencia R_p es muy grande comparada con R_d , cuando variemos esta última para ajustar el valor de la corriente, la variación que sufrirá I_2 será tan pequeña que el microamperímetro no será capaz de detectarla. Para obtener la mayor sensibilidad posible, es decir, poder apreciar fácilmente las variaciones de la corriente cuando ocurren pequeñas variaciones de R_d , es necesario que la resistencia R_p sea del

mismo orden de magnitud que R_d , o menor si esto es posible. Este hecho lo debemos tener muy en cuenta al calcular los valores de R_p y E .

Una vez que hemos establecido cual debe ser el valor de R_p tenemos que calcular el de E para que la corriente que circule por el circuito no exceda la máxima permitida a través del galvanómetro y del microamperímetro.

Finalmente tenemos que calcular la potencia disipada por R_p y la resistencia variable para seleccionar los componentes adecuados.