

2 INSTRUMENTACIÓN EN TEORÍA DE CIRCUITOS.

1) OBJETIVOS

El objetivo fundamental de esta segunda práctica es la comprobación experimental de la asociación de resistencias y de la ley de Ohm.

2) TEORÍA BÁSICA DE CIRCUITOS PARA EL DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

2.1 POLÍMETROS.

Un polímetro es un aparato que sirve para efectuar las medidas básicas en un circuito eléctrico, como son voltajes, intensidad y resistencias, funcionando como voltímetro, amperímetro u ohmímetro respectivamente. En teoría de redes, la presencia de un amperímetro se indica mediante el símbolo de la Fig. 1(a) y la de un voltímetro como el de la Fig. 1(b).



Figura 1.- Símbolos utilizados en teoría de circuitos para designar un amperímetro (a) y un voltímetro (b).

Dada una rama de un circuito por la que circula una corriente eléctrica I (ver Fig. 2), el **amperímetro A** debe ser colocado en serie con la rama para medir la intensidad que circula por ésta. Para medir la diferencia de potencial entre los bornes de un elemento X , el **voltímetro V** se conecta en paralelo entre dichos bornes, y la lectura indicada será la diferencia de potencial $V_b - V_c$.

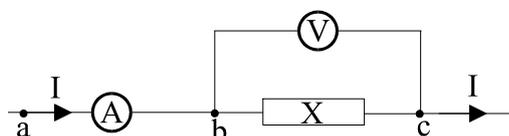


Figura 2.- Colocación de un amperímetro y un voltímetro en una rama.

Para usar el polímetro como **ohmímetro** y medir la resistencia de un elemento, basta con conectar las salidas correspondientes del polímetro a los bornes del elemento aislado (es decir, no formando parte de un circuito).

NOTA IMPORTANTE: Antes de conectarse un polímetro debe comprobarse con cuidado que la función del mismo se ha seleccionado correctamente para su modo de operación. Asimismo, los fondos de escala de los polímetros deben ser los adecuados. Una utilización incorrecta del polímetro puede acarrear su rotura.

2.2 LEY DE OHM EN CORRIENTE CONTINUA.

Cuando en el interior de un cuerpo existen cargas libres, como electrones en un metal, sus movimientos son obstaculizados por la interacción con los iones que forman la red cristalina del metal. Debido a que los electrones se mueven en todas direcciones, no hay un transporte neto de cargas, o sea no hay corriente eléctrica. Sin embargo, si se aplica un campo eléctrico, un movimiento de arrastre se superpone al movimiento natural al azar de los electrones, resultando una corriente eléctrica. Parece natural suponer que la intensidad de la corriente debe estar relacionada con la intensidad del campo eléctrico, y que esta relación es una consecuencia directa de la estructura interna del metal.

La ley de Ohm establece que, en un conductor metálico a temperatura constante, la diferencia de potencial $V_b - V_c$ entre dos puntos es proporcional a la corriente eléctrica I que circula. Esta constante de proporcionalidad se llama resistencia eléctrica R entre los dos puntos del conductor. Por lo tanto, podemos expresar la ley de Ohm por:

$$V_b - V_c = IR \quad (1)$$

Existen dos montajes básicos para la determinación experimental del valor de una resistencia desconocida a través de la ley de Ohm conocidos como montaje corto y montaje largo (ver Fig. 3 y 4, respectivamente).

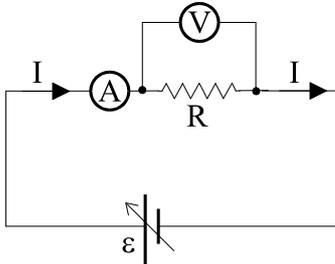


Figura 3.- Circuito para determinar el valor de la resistencia R en montaje corto.

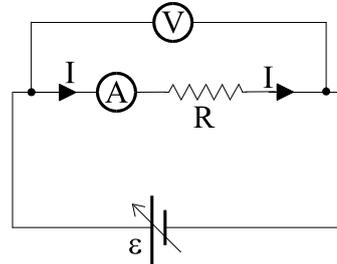


Figura 4.- Circuito para determinar el valor de la resistencia R en montaje largo.

Ambos métodos de medida introducen *errores sistemáticos* al determinar el valor de R. Estos se deben a que los polímetros no son instrumentos de medida ideales, es decir, un amperímetro real tiene una resistencia interna R_A pequeña, pero no nula (caso de un amperímetro ideal) y un voltímetro tiene una resistencia interna R_V muy grande, pero no infinita (caso de un voltímetro ideal).

Así, en el montaje corto de la Fig. 3, el amperímetro está midiendo la corriente I que llega a la asociación en paralelo de la resistencia problema, R, y la resistencia interna del voltímetro, R_V . La diferencia de potencial V que mide el voltímetro corresponde asimismo a la existente entre los extremos de esta asociación. Aplicando la ley de Ohm, lo que realmente estamos midiendo en el montaje corto al hacer el cociente V/I es la resistencia equivalente de R y R_V conectadas en paralelo, es decir:

$$R(\text{corto}) = \frac{V}{I} = \frac{RR_V}{R + R_V} \quad (2)$$

que es siempre menor que R. Por tanto, la medida de R en montaje corto proporciona en realidad una cota inferior para R. El valor obtenido para R será tanto más aproximado al real cuanto mayor sea el valor de R_V .

En cuanto al montaje largo, mostrado en la Fig. 4, la diferencia de potencial V medida por el voltímetro es la existente entre los extremos de la asociación en serie de la resistencia problema, R, y de la resistencia interna del amperímetro, R_A . La corriente I que mide el amperímetro es la que pasa por esa misma asociación. Así, aplicando la ley de Ohm se obtiene:

$$R(\text{largo}) = \frac{V}{I} = R + R_A \quad (3)$$

que es estrictamente mayor que R. Por tanto, la medida de R mediante el montaje largo proporciona una cota superior para el valor real de R. La medida será tanto más cercana al valor real cuanto menor sea R_A .

2.3 AJUSTE LINEAL POR MÍNIMOS CUADRADOS

En este apartado nos ocupamos del problema de determinar la relación funcional entre dos magnitudes x e y como resultado de un experimento. Supongamos que, por razones teóricas bien fundadas, sabemos que entre x e y existe la relación lineal

$$y = mx + n \quad (4)$$

y que estamos interesados en determinar los mejores valores de los parámetros m y n compatibles con un conjunto de N medidas y_i correspondientes a los N valores, también experimentales, x_i . Al parámetro m se le conoce como pendiente de la recta, y a n como ordenada en el origen.

Para concretar, consideremos que siguiendo uno de los montajes del apartado anterior, medimos la diferencia de potencial entre los bornes de la resistencia para diferentes valores de la intensidad que la recorran. Como sabemos, la relación existente entre V e I es lineal (ley de Ohm), y viene dada por la Ec. (1) donde R es

el valor de la resistencia. Así pues, en nuestro ejemplo, los valores de I e V hacen el papel de las magnitudes x e y, respectivamente. Siguiendo con los paralelismos, R desempeña el papel de la pendiente m. En cuanto a la ordenada en el origen, n, es de suponer que cuando resolvamos nuestro problema lleguemos a la conclusión de que es aproximadamente cero.

Una primera forma de calcular R podría ser la de aplicar la ecuación (1) a cada pareja de valores V e I. Sin embargo, eso nos daría lugar a diferentes valores de R que, aunque parecidos, serían diferentes. Como debemos obtener un único valor para R, tenemos que idear un método que nos permita utilizar a la vez todos los datos de que disponemos. La forma más simple de resolver nuestro problema es utilizar un método gráfico. Representaremos para ello los resultados experimentales tal y como muestra la Fig. 5.

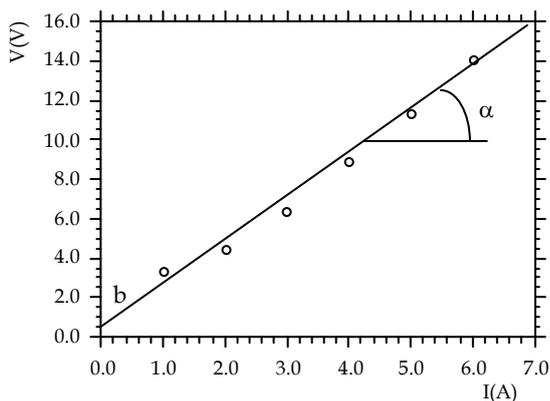


Figura 5: Representación gráfica del voltaje en función de la intensidad

Para evaluar R tendremos que calcular la recta que mejor ajusta a los puntos experimentales. El método que permite obtener esa recta recibe el nombre de *ajuste por mínimos cuadrados*. Una vez conocida, la evaluación de su pendiente m y su ordenada en el origen n es inmediata ($m = \tan(\alpha)$ y n es el punto de corte de la recta con el eje de las ordenadas). Así mismo, el tratamiento de los datos en el ajuste por mínimos cuadrados permite obtener el error correspondiente a la ordenada y la pendiente.

En el laboratorio se disponen de programas informáticos en los que se ha introducido el método de ajuste por mínimos cuadrados para realizar esta tarea de forma sencilla. Partiendo de puntos experimentales, el programa obtiene como resultados m y n con su correspondiente error.

3) PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Para la realización de la práctica se dispone de dos resistencias, dos polímetros y una fuente de alimentación, además del cableado necesario. Como objetivo se pretende medir el valor de una resistencia (o de una asociación de resistencias) mediante diferentes métodos.

3.1 ESTIMACIÓN DEL VALOR NOMINAL DE UNA RESISTENCIA

Viene indicado por el código de barras de colores rotulado sobre la resistencia (véase documento en aula virtual).

Como resultado de esta parte de la práctica se presentarán los valores leídos con el código de barras de las dos resistencias. Dichos valores se escribirán acompañados de su correspondiente error absoluto, indicado por la barra dorada (cuyo *error relativo* es $\pm 5\%$ del valor leído) o plateada (cuyo *error relativo* es $\pm 10\%$ del valor leído). Tanto las resistencias como los errores se deberán presentar con el número de cifras correcto.

3.2 MEDIDA DIRECTA DE UNA RESISTENCIA CON UN POLÍMETRO

Se medirán directamente con el polímetro los valores de las dos resistencias disponibles. Como resultado de esta parte de la práctica se presentarán los valores de las dos resistencias medidos con el polímetro acompañados del correspondiente *error absoluto* debido a las limitaciones de pantalla y a la precisión del polímetro en la escala utilizada.

3.3 MEDIDA DIRECTA DE LAS ASOCIACIONES DE RESISTENCIAS CON UN POLÍMETRO

En circuitos eléctricos es muy frecuente el uso de resistencias conectadas entre sí. Para una asociación de resistencias cualquiera, siempre existe una única resistencia que se comporta eléctricamente como la asociación (resistencia equivalente).

En este apartado se medirá la resistencia equivalente de la asociación de las resistencias anteriores en serie y en paralelo utilizando directamente el polímetro. Como resultado de esta parte de la práctica se presentarán los valores de las dos asociaciones medidos con el polímetro acompañados del correspondiente *error absoluto*.

3.4 MEDIDA INDIRECTA DE LAS ASOCIACIONES DE RESISTENCIAS

Para fijar la diferencia entre *errores de medidas directas e indirectas*, en este apartado se calculará el valor teórico de la resistencia equivalente a la asociación en serie y en paralelo, empleando en los cálculos los valores de las resistencias que se midieron con el polímetro anteriormente. Desarrollar la propagación de errores para la asociación en serie. En el caso de la asociación en paralelo el error vale:

$$\varepsilon(R_{eq}^p) = \frac{R_2^2}{(R_1 + R_2)^2} \varepsilon(R_1) + \frac{R_1^2}{(R_1 + R_2)^2} \varepsilon(R_2) \quad (5)$$

Presentar los resultados obtenidos de los cálculos teóricos con su *error absoluto*.

3.5 MEDIDA DE RESISTENCIAS MEDIANTE AJUSTE DE LA CURVA V-I DEL MONTAJE CORTO

Hasta la fecha, todos los errores producidos en las medidas eran *accidentales*. En este apartado y en el siguiente propondremos la medida de una resistencia donde el método empleado nos introduce un *error sistemático* debido a las resistencias internas del polímetro.

En este apartado, se determinará el valor de una resistencia de las dos disponibles a partir de las medidas de voltajes e intensidades en un circuito simple. Para ello se montará el circuito de la Fig. 3. Se construirá una tabla de valores de voltaje (V) frente a intensidad (I), comenzando por $V = 4 \text{ V}$ y subiendo el voltaje de uno en uno hasta llegar a unos 14 V.

Como resultado de esta parte de la práctica se presentará la tabla de valores V-I, la gráfica de V en función de I, el ajuste lineal de los puntos experimentales de la gráfica y el valor de R (con su error y expresado correctamente) obtenido a partir de la pendiente del ajuste.

NOTA IMPORTANTE

Debe comprobarse con cuidado que las funciones de los polímetros se han seleccionado correctamente (uno debe funcionar como amperímetro y el otro como voltímetro, ambos en corriente continua). Asimismo, los fondos de escala de los polímetros deben ser los adecuados: hasta 30V para el voltímetro y hasta $300\mu\text{A}$ para el amperímetro.

3.1.6.- Medida de una resistencia mediante ajuste de la curva V-I en montaje largo

El procedimiento experimental es idéntico al del montaje corto pero ahora se utilizará el circuito que se muestra en la Fig. 4.

Como resultado de esta parte de la práctica se presentará la tabla de valores V-I, la gráfica de V en función de I, el ajuste lineal de los puntos experimentales de la gráfica y el valor de R (con su error y expresado correctamente) obtenido a partir de la pendiente del ajuste.

Observar que debido a los errores sistemáticos el valor real de R está comprendido entre $R(\text{corto}) < R < R(\text{largo})$

(6)

