

Física II A

Trabajo Práctico N° 4 Mediciones con Corriente Continua

Antonio, Pablo Oscar	XXXXX
Frers, Wenceslao	XXXXX

Índice

1. Resumen	2
2. Introducción	2
3. Método experimental	2
3.1. Medición de resistencias con un téster	2
3.2. Puente de Wheatstone	3
3.3. Mediciones de tensión con un téster	4
3.4. Curvas tensión-corriente de una lámpara	4
4. Resultados	4
4.1. Medición de resistencias con un téster	4
4.2. Puente de Wheatstone	4
4.3. Mediciones de tensión con un téster	5
4.4. Curvas tensión-corriente de una lámpara	5
5. Discusión	6
5.1. Medición de resistencias con un téster	6
5.2. Puente de Wheatstone	6
5.3. Curvas tensión-corriente de una lámpara	7
6. Conclusiones	7
7. Problemas	8
7.1. Problema 1	8
7.2. Problema 2	8
7.3. Problema 3	8
7.4. Problema 4	9
7.5. Problema 5	9

1. Resumen

El presente informe muestra los resultados obtenidos a partir del trabajo realizado en el laboratorio. Se describen la puesta en práctica de diferentes métodos de medición y sus características propias, y se pretende comprobar, mediante la experiencia, resultados obtenidos analíticamente a partir de la teoría.

2. Introducción

Es menester comprender que toda medición de cualquier índole conlleva un error propio. No hay medición alguna que provea de un valor *real*. Muchos son los agentes que participan en una medición típica, y cada uno de ellos interviene en la desviación de los resultados, entre ellos:

- El observador
- El instrumental
- El contexto
- El proceso

Por ello, el modo más adecuado de expresar un resultado de una medición ha de ser aquel en el que se represente un rango de valores posibles. Una manera de hacer esto es designar a un valor del rango como *representativo*, y añadirle en su representación un valor de *incerteza* o *error*, que da cuenta de la precisión con la que se realizó la medición.

La precisión de la medición dependerá siempre de todos los factores influyentes, pero podrá ser mayor según se utilice uno u otro método, o se trabaje en una u otra situación. Es decir, es posible llegar a un mayor grado de precisión alterando los factores presentes.

Este trabajo práctico pretende:

- Mostrar dos métodos de medición diferentes, para la medición del valor de una resistencia.
- Apreciar las diferencias de precisión entre los distintos métodos/instrumentos utilizados.
- Familiarizar al ejecutante con los circuitos eléctricos.
- Contrastar los resultados experimentales con los hallados analíticamente.

3. Método experimental

3.1. Medición de resistencias con un téster

Los multímetros son instrumentos que ofrecen distintas funcionalidades. Entre ellas, permiten medir la resistencia eléctrica. Las incertezas de medición al utilizar el multímetro pueden conocerse fácilmente a partir de las especificaciones del fabricante.

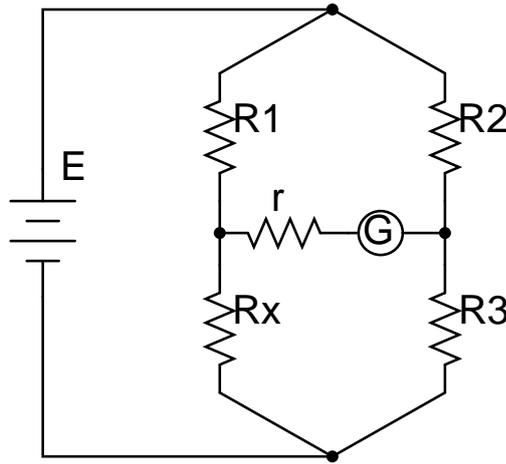


Figura 3.1: Puente de Wheatstone.

Se determinaron, con la ayuda del multímetro, los valores (con sus respectivos errores) de un cierto número de resistencias. Se comparó luego el valor obtenido con su valor nominal.

3.2. Puente de Wheatstone

El circuito de la figura 3.1 representa una herramienta práctica y común para hallar, con precisión aceptable, el valor de una resistencia dada. Las resistencias R_1 , R_2 y R_3 tienen valores conocidos. En el esquema de la figura 3.1 se pretende hallar el valor de una resistencia incógnita R_x . Una de las resistencias conocidas, R_2 , es variable. r es una resistencia de protección utilizada para no dañar el galvanómetro.

El *método de cero* consiste en lo siguiente:

1. Una vez encendida la fuente, modificar el valor de la resistencia variable hasta lograr que el galvanómetro marque cero. (Es decir, hasta que por su rama no circule corriente.)
2. Encontrar el valor de la resistencia incógnita a partir de la condición de equilibrio del puente de Wheatstone (ecuación (7.3)).

El instrumental con el que contamos para nuestra experiencia de laboratorio fue, entonces:

- Una fuente o generador eléctrico (E)
- Dos resistencias de un valor fijo (R_1 y R_3)
- Una resistencia variable (R_2)
- Un galvanómetro (G)
- Una resistencia de protección o limitante de corriente (r)
- Una resistencia de valor desconocido (R_x)
- Un multímetro utilizado para la medición de las resistencias fijas.

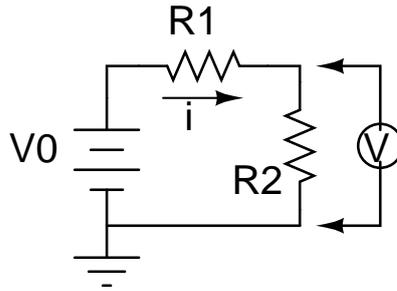


Figura 3.2: Circuito utilizado para medir tensiones.

Resistencia	Valor nominal	Valor medido por el téster	Incerteza
1	5600Ω	5510Ω	49Ω
2	$560 k\Omega$	$554 k\Omega$	$8 k\Omega$
3	$5,6 M\Omega$	$5,44 M\Omega$	$0,13 M\Omega$

Cuadro 4.1: Valores de las resistencias medidos por el téster.

3.3. Mediciones de tensión con un téster

Utilizando el circuito de la figura 3.2, se midió la tensión sobre la resistencia R_2 y sobre la fuente V_0 con un téster. Las resistencias R_1 y R_2 fueron reemplazadas por pares de las resistencias medidas con el multímetro anteriormente.

3.4. Curvas tensión-corriente de una lámpara

La resistencia eléctrica permite saber en qué grado un objeto se opone a la circulación de corriente. La resistencia eléctrica no se encuentra ajena a factores externos como la temperatura. Para temperaturas cercanas a la temperatura ambiente, la resistencia de un conductor metálico típico se incrementa linealmente con la temperatura según

$$R = R_0(1 + \alpha T) \quad (3.1)$$

En nuestra experiencia de laboratorio, se intenta comprobar empíricamente la existencia de dicha variación.

4. Resultados

4.1. Medición de resistencias con un téster

La medición de tres resistencias con el téster arrojó los valores detallados en el cuadro 4.1.

4.2. Puente de Wheatstone

El circuito recreado en el laboratorio guarda similitud con el de la figura 3.1. Se realizó la medición de dos resistencias distintas mediante el mismo método.

Resistencia	Tensión sobre R_1	Tensión sobre R_2
1	5,98 V	6,04 V
2	5,85 V	5,84 V
3	4,70 V	4,71 V

Cuadro 4.2: Tensiones medidas por el téster en el circuito de la figura 3.2.

Las resistencias R_1 y R_3 fueron medidas con el multímetro. Sus errores fueron calculados a partir de las especificaciones halladas en el manual del instrumento:

$$R_1 = 361\Omega \pm 5\Omega$$

$$R_3 = 365\Omega \pm 8\Omega$$

Para la primer resistencia incógnita, el equilibrio se logró cuando la resistencia variable tuvo el valor $R_2 = 333\Omega$ con un error de $\pm 5\Omega$. Este valor se obtuvo también gracias al multímetro, y su error fue estimado según las instrucciones del fabricante. A partir de la ecuación (7.3) se halla

$$R_{x1} = 395\Omega \pm 18\Omega$$

Para la segunda, se llegó al equilibrio con $R_2 = 1603\Omega$ con un error de $\pm 15\Omega$. Entonces

$$R_{x2} = 82\Omega \pm 28\Omega$$

Los errores de las resistencias incógnitas fueron obtenidos a partir de la suma de los errores de medición de las demás resistencias del circuito.

Se midieron también ambas resistencias individualmente con el multímetro. Los valores arrojados fueron los siguientes:

$$R'_{x1} = 380\Omega \pm 4\Omega$$

$$R'_{x2} = 75\Omega \pm 0,8\Omega$$

4.3. Mediciones de tensión con un téster

En el circuito de la figura 3.2, se reemplazaron las resistencias por pares de las resistencias listadas en el cuadro 4.1.

Se obtuvieron los resultados tabulados en el cuadro 4.2. El valor de la tensión sobre la fuente fue, para los tres casos, $V_0 = 12,02 V$.

4.4. Curvas tensión-corriente de una lámpara

Se midió utilizando un téster la resistencia de una lámpara de 12 V:

$$R_{lampara} = 0,8\Omega$$

A partir de los valores obtenidos, se generó el gráfico de la figura 4.1.

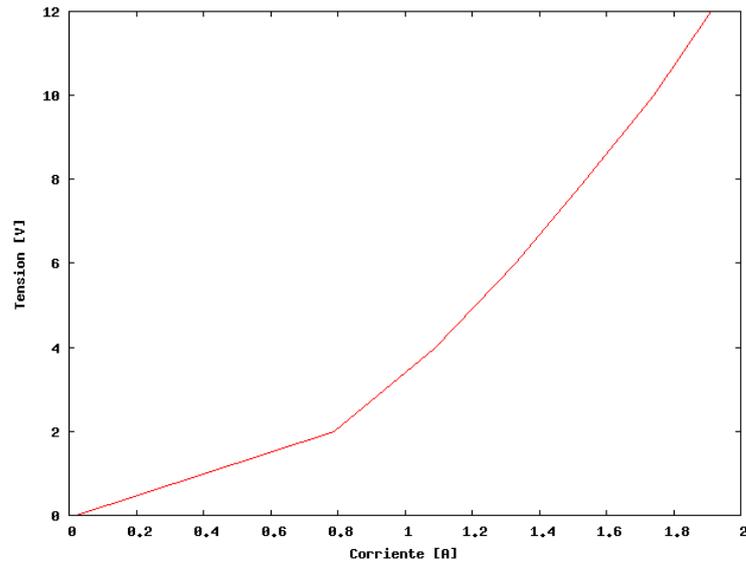


Figura 4.1: Curva de Tensión-Corriente de una lámpara.

5. Discusión

5.1. Medición de resistencias con un téster

Se observa a partir del cuadro 4.1, que la diferencia entre el valor nominal (de fábrica) de la resistencia y el valor medido por el téster se incrementa conforme la resistencia en cuestión es mayor.

Esto se debe a que el valor de la resistencia interna del téster es del orden de los $M\Omega$. Cuando se miden resistencias de valores mucho menores, la ubicación en paralelo de ambas resistencias no desvía significativamente la medición. Sin embargo, cuando la resistencia medida es del orden de la resistencia interna del téster, la diferencia se hace apreciable y la medición es, a las claras menos *exacta*.

5.2. Puente de Wheatstone

El método utilizado para la medición de resistencias mediante el puente de Wheatstone es, como ya se dijo, muy confiable en general. Sin embargo, el método es mucho más preciso cuando se cuenta con resistencias conocidas medidas con una gran precisión.

En esta experiencia, a las resistencias utilizadas se les adjudicaron valores obtenidos gracias al multímetro. Estos valores acarreaban ciertos errores de medición los cuales se obtuvieron a partir de las instrucciones del fabricante.

Es por ello que el rango de incerteza es menor para la medición de las resistencias hecha directamente con el multímetro. Esto no quiere decir que el método del puente de Wheatstone no revista importancia ni confiabilidad. Por el contrario, demuestra que para que el método sea útil son necesarias ciertas condiciones; en particular, que el valor de las resistencias conocidas no acarree incertezas significativas.

5.3. Curvas tensión-corriente de una lámpara

Según la *ley de Ohm* ($V = iR$), la relación entre la corriente y la tensión, siempre que la resistencia eléctrica sea constante, es lineal. Como puede apreciarse a partir del gráfico de la figura 4.1, la relación entre ambas no es precisamente lineal en este caso.

Esto se debe a que al aumentar la temperatura (incrementando la intensidad de corriente) la resistencia eléctrica se hace mayor según la ecuación (3.1). Esta variación de la resistencia es la que produce que el gráfico de tensión-corriente no sea el de una función lineal y se parezca más al de una exponencial, ya que la tensión se incrementa más rápidamente que la corriente.

6. Conclusiones

A partir de lo observado, se puede llegar a las siguientes conclusiones:

- Las mediciones de resistencias con un multímetro son más precisas cuando el objeto a medir posee una resistencia eléctrica de un orden mucho menor al de la resistencia interna del instrumento. Esto es un factor importante a tener en cuenta por quien realiza la medición.
- El circuito del puente de Wheatstone y el *método de cero* para medir resistencias son muy confiables, pero el método es más preciso cuando los valores de las resistencias implicadas se conocen con una gran precisión.
- Es fácil comprobar empíricamente la dependencia de la resistencia eléctrica respecto de la temperatura.

7. Problemas

7.1. Problema 1

Indique el valor y la tolerancia de las resistencias de carbón que tienen los siguientes códigos:

1. **naranja negro rojo dorado:**
 $R = 300\Omega$ con 5 % de tolerancia.
2. **rojo azul marrón plateado:**
 $R = 260\Omega$ con 10 % de tolerancia.

7.2. Problema 2

Se tienen los siguientes valores de resistencia medidos una vez con el téster de la práctica. En base a las especificaciones, estimar la incerteza de cada lectura. (Use la tabla provista.):

Los valores de resistencias dados, junto con sus errores de medición se encuentran expresados en el cuadro 7.1.

R	ΔR	Error porcentual
1,1 Ω	0,31 Ω	27,97 %
180,5 Ω	1,56 Ω	0,86 %
1500 Ω	11,50 Ω	0,77 %
6800 Ω	57,60 Ω	0,85 %
180,3 $k\Omega$	1362,10 Ω	0,76 %
4,710 $M\Omega$	114200 Ω	2,43 %

Cuadro 7.1: Valores de resistencias medidas y sus errores. (Problema 2)

¿Cuál de las incertezas influye más en la calidad de la medida? ¿El porcentual o el relativo a los dígitos que indica el téster? Justificar.

A partir de la tabla para la estimación de incertezas dada, es claro que la mayor desviación en la medida es introducida por la parte porcentual. Basta comprobarlo buscando el error de diferentes valores medidos con el téster.

7.3. Problema 3

Determinar la condición de equilibrio del puente de Wheatstone a partir de las leyes de Kirchhoff.

Una vez que se logra que el galvanómetro marque cero (por su rama no circulará corriente), se tiene que $V_{AB} = 0$. Mediante las leyes de *Kirchoff* el cálculo es inmediato (utilizando los datos de la figura 3.1):

$$R_1 i_1 = R_2 i_2 \quad (7.1)$$

$$R_x i_1 = R_3 i_2 \quad (7.2)$$

De la ecuación (7.2) es fácil obtener:

$$i_2 = \frac{R_x i_1}{R_3}$$

Usando este resultado en la ecuación (7.1) se llega a:

$$R_3 R_1 = R_2 R_x \quad (7.3)$$

La ecuación (7.3) es la llamada *condición de equilibrio del puente de Wheatstone*.

7.4. Problema 4

Calcular en el circuito de la figura los valores máximo y mínimo que puede tener la resistencia R para que la corriente por el galvanómetro G no supere el mA (valor a fondo de escala). Considere los casos $r = 10\Omega$, $r = 20\Omega$ y $r = 50\Omega$. **Datos:** $R_1 = R_2 = R_3 = 1000\Omega$; $V = 12V$.

Utilizando las leyes de Kirchoff (escribiendo las ecuaciones de los nodos y circulando las mallas del circuito expresando las diferencias de potencial presentes) se llega a la siguiente expresión para i_G ¹:

$$i_G = \frac{6R - 6000}{1000(500 + r) + R(1500 + r)} A$$

Para hallar el valor de R máximo y mínimo se debe igualar la expresión de i_G a $1mA$. Esto debe hacerse utilizando los valores de r que se dan en el enunciado del problema.

Finalmente, en el cuadro 7.2 se hallan los valores máximos y mínimos de la resistencia R para cada valor de la resistencia r dado.

r	R_{max}	R_{min}
10Ω	1450Ω	731Ω
20Ω	1455Ω	729Ω
50Ω	1472Ω	722Ω

Cuadro 7.2: Valores máximos y mínimos de la resistencia R para satisfacer el enunciado del problema 4.

7.5. Problema 5

Para el circuito de la figura 3.2, calcular la tensión sobre la resistencia R_2 :

1. Considerando el tester ideal, con los siguientes valores:

¹En la ecuación señalada se han dejado de lado las unidades. Es decir, tanto r como R son valores numéricos sin unidades. Sin embargo, es sabido que las resistencias se miden en Ω y las intensidades de corriente en A .

a) $V_0 = 10V, R_1 = R_2 = 5,6k\Omega$

De forma general, el cálculo será el mismo para todos los valores de V , R_1 y R_2 . Comenzando por el recorrido de la malla, según las leyes de Kirchoff:

$$V_0 - i R_1 - i R_2 = 0$$

Sólo resta encontrar i :

$$V_0 = i(R_1 + R_2)$$

$$i = \frac{V_0}{R_1 + R_2}$$

Entonces, se llega a la expresión general

$$V_{T\text{ester}} = i R_2 = \frac{V_0 R_2}{R_1 + R_2}$$

Pero en los tres casos $R_1 = R_2$, entonces

$$V_{T\text{ester}} = i R_2 = \frac{V_0 R_2}{2 R_2} = \frac{V_0}{2} \quad (7.4)$$

Usando la ecuación (7.4) con los datos provistos se llega a

$$V_{T\text{ester}} = 5 V$$

b) $V_0 = 10V, R_1 = R_2 = 560k\Omega$

Nuevamente, usando (7.4)

$$V_{T\text{ester}} = 5 V$$

c) $V_0 = 10V, R_1 = R_2 = 5,6M\Omega$

Como el valor de V_0 es siempre el mismo, y se cumple (7.4) se tiene

$$V_{T\text{ester}} = 5 V$$

2. **Considerando el téster real ($R_{int} = 10M\Omega$), para el mismo juego de valores del punto anterior.**

a) $V_0 = 10V, R_1 = R_2 = 5,6k\Omega$

Para el caso del téster real se tiene que:

$$R'_2 = \frac{R_2 R_{int}}{R_2 + R_{int}}$$

donde R_2 es el valor de la resistencia dado como dato, R_{int} es la resistencia interna del instrumento y, finalmente, R'_2 es la resistencia medida por el téster. La caída de tensión medida por el téster será

$$V_{T\text{ester}} = \frac{R'_2}{R_1 + R'_2} V_0$$

donde V_0 es la tensión en la fuente.

Aplicando el resultado anterior, se obtiene:

$$R'_2 = 5596,9 \Omega$$

$$V_{T\text{ester}} = 5 V$$

b) $V_0 = 10V, R_1 = R_2 = 560k\Omega$

Mismo procedimiento con los nuevos valores:

$$R'_2 = 530,3 k\Omega$$

$$V_{T_{ester}} = 4,86 V$$

c) $V_0 = 10V, R_1 = R_2 = 5,6M\Omega$

Ídem.

$$R'_2 = 3,59 M\Omega$$

$$V_{T_{ester}} = 3,9 V$$