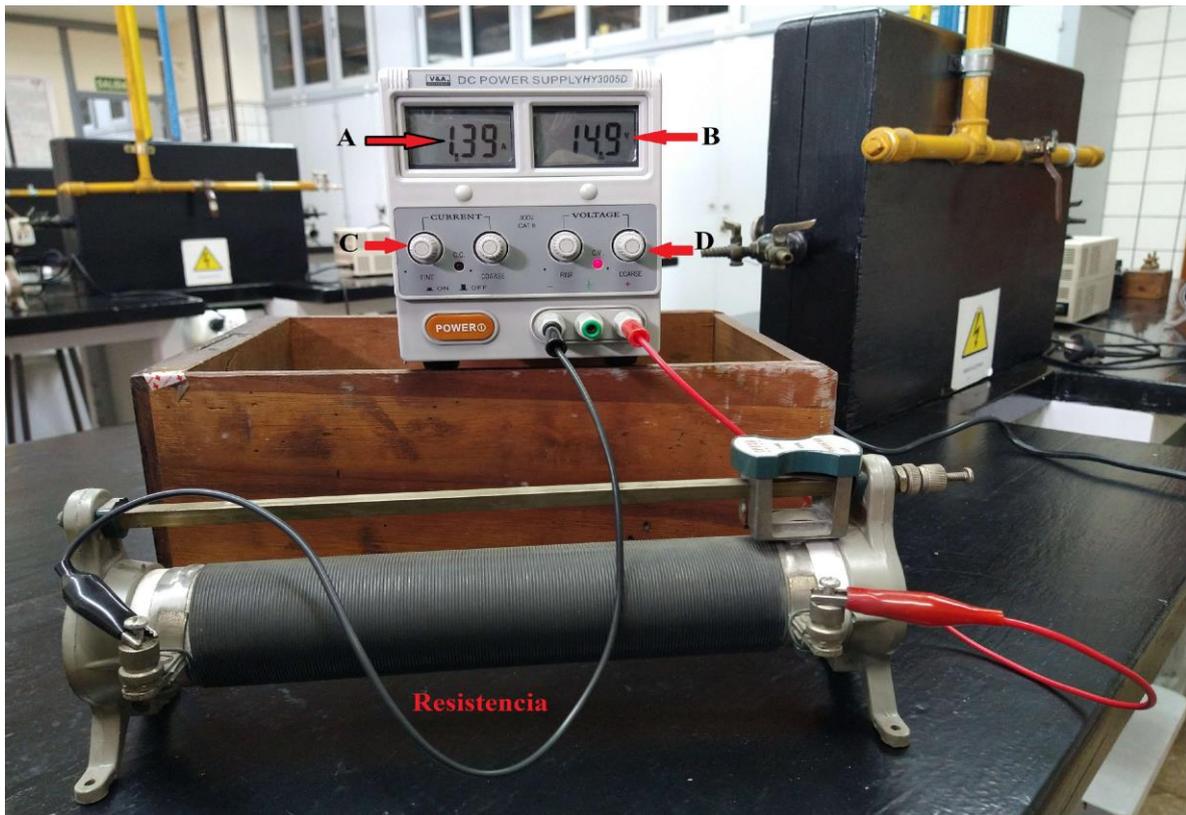


Trabajo Práctico de Laboratorio N° 2: Mediciones con Corriente Continua

1) La relación Corriente versus Voltaje en un metal (Georg Ohm).

La famosa ley de Ohm proclama que existe una relación lineal simple entre el voltaje entre extremos de un conductor metálico y la corriente que circula ($V=IR$). Vamos a ver qué tal nos va si intentamos verificar esta afirmación con el arreglo experimental de la siguiente foto



Abajo vemos la resistencia con la que trabajaremos. Sobre un cuerpo cerámico blanco tenemos arrolladas muchas vueltas de alambre conductor. Las vueltas están muy próximas, pero no se tocan. Los conectores tipo cocodrilo (negro y rojo) están conectados a los extremos de la resistencia y, a través de cables, a la fuente de alimentación.

La fuente está sobre la elegante caja de madera. El display A informa la corriente que entrega la fuente (en este caso 1,39 A) y el display B informa el voltaje en bornes de salida de la fuente (en este caso 14,9 V).

Las perillas C (FINE y COARSE bajo la leyenda CURRENT) permiten ajustar la MÁXIMA corriente que puede entregar la fuente. Las perillas D (FINE y COARSE bajo la leyenda VOLTAGE) permiten ajustar el voltaje en bornes de la fuente.

ANTES de encender la fuente ajustamos las perillas C totalmente en sentido horario. Así conseguimos que la fuente pueda entregar, si es necesario, la corriente máxima de 3 A. Por otro lado, ajustamos las perillas D totalmente en sentido antihorario para que el voltaje de salida sea cero al comienzo de la experiencia.

Ahora encendemos la fuente y ambos displays indican cero porque, al no tener un voltaje en bornes de la fuente, no circula corriente por la resistencia.

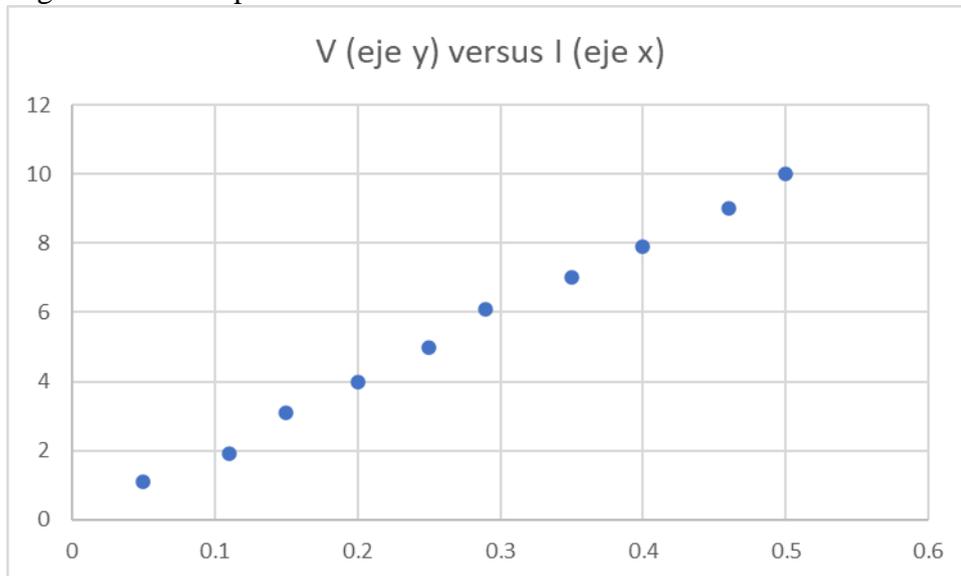
Ahora giramos suavemente la perilla D de la derecha (COARSE) hasta que el display B indique aproximadamente 1 V. Anotamos la lectura de los displays A y B. Ahora giramos la perilla D de la derecha, aumentando aproximadamente 1 V y volvemos a anotar las lecturas de A y B. Repetimos la secuencia hasta que el display B marque aproximadamente 15 V.

Procesando los datos:

Al mirar los datos tendremos una tabla parecida a la que sigue (tiene sólo 10 valores):

(disp A)I (A)	(disp B)V (V)
0.05	1.1
0.11	1.9
0.15	3.1
0.2	4
0.25	5
0.29	6.1
0.35	7
0.4	7.9
0.46	9
0.5	10

Y graficamos los puntos:



Parece que vamos bastante bien. Los puntos parecen estar sobre una recta. Vamos a encontrar la mejor recta que ajuste a los datos experimentales. Para eso usamos la función **ESTIMACION.LINEAL** del Excel (Office) o de Calc (LibreOffice) (ver documentación en las respectivas páginas web) que devuelve la pendiente m y la ordenada al origen b de una relación lineal $y=mx+b$, donde y son los voltajes leídos y x las corrientes leídas.

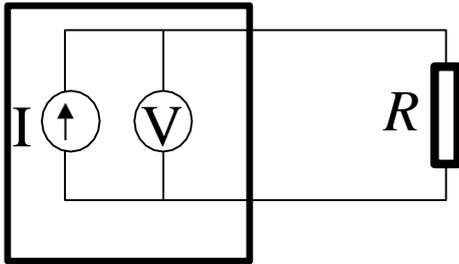
Para este ejemplo obtenemos $m= 19.85$ y $b= 0.03$. ¿Qué significado tienen estos valores?

Supongamos que una persona propone lo siguiente: ¿Qué tal si para cada par V_n, I_n calculamos $R_n=V_n/I_n$ y luego promediamos los R_n ? ¿Estamos haciendo lo mismo? ¿Qué daría en nuestro caso?

2) Multímetro (Tester)–Medición de resistencias

Este instrumento muestra en un display el valor numérico de la medida que puede ser un voltaje, una corriente o una resistencia, según se seleccione con una perilla. Este conjunto de medidas posibles es común a todos los modelos y los más complejos incluyen la posibilidad de medir capacitancias, inductancias o frecuencia.

El principio de funcionamiento de un tester usado como medidor de resistencias (óhmetro u ohmímetro) es simple y lo vemos en la siguiente figura



El núcleo del tester es un voltímetro V cuya resistencia de entrada es muy elevada (en aparatos de calidad puede llegar a $100M\Omega$) por lo que se puede considerar como un circuito abierto. Este voltímetro mide la caída de potencial entre los bornes de la resistencia R cuyo valor se quiere determinar. La corriente es provista por una fuente de corriente I incluida dentro del tester y alimentada por la batería del mismo. Usualmente el voltímetro del tester tiene una lectura a fondo de escala de 200 mV , por lo que si se desean medir resistencias de hasta, por ejemplo, 200Ω , la corriente debe ser de 1 mA ($1\text{ mA} \square 200\Omega$). Para el caso de medir resistencias de hasta $2k\Omega$, la corriente se reduce a 0.1 mA , y así sucesivamente con los otros rangos.

Al medir una resistencia es importante determinar la incerteza de la medida. La incerteza al medir una vez el valor de una resistencia con un tester se puede estimar a partir de las especificaciones dadas por el fabricante. Para ello recurrimos al manual del usuario, donde se encuentra descripto cómo estimar la incerteza para cada rango de medición. Una especificación típica puede ser:

TABLA 1

Rango	Resolución	Precisión	Corriente de prueba
$200\ \Omega$	$0.1\ \Omega$	$\pm 0.7\% \text{rdg} \pm 3 \text{dgt}$	$< 0.7\text{ mA}$
$2000\ \Omega$	$1\ \Omega$	$\pm 0.7\% \text{rdg} \pm 1 \text{dgt}$	$< 0.1\text{ mA}$
$20\text{ k}\Omega$	$10\ \Omega$	$\pm 0.7\% \text{rdg} \pm 1 \text{dgt}$	$< 30\ \mu\text{A}$
$200\text{ k}\Omega$	$100\ \Omega$	$\pm 0.7\% \text{rdg} \pm 1 \text{dgt}$	$< 4\ \mu\text{A}$
$2000\text{ k}\Omega$	$1\text{ k}\Omega$	$\pm 1.0\% \text{rdg} \pm 2 \text{dgt}$	$< 0.4\ \mu\text{A}$
$20\text{ M}\Omega$	$10\text{ k}\Omega$	$\pm 2.0\% \text{rdg} \pm 2 \text{dgt}$	$< 40\text{ nA}$

rdg: "reading", lectura del instrumento.

dgt: "digit" es la cantidad de dígitos de la última cifra significativa de la medición.

Por ejemplo: se registra un valor de $R = 165.2\ \Omega$ corresponde al primer rango, luego el valor de la incerteza es:

$\Delta R = 0.007 \times 165.2\ \Omega + 3 \times 0.1\ \Omega \approx 1.5\ \Omega$ y el resultado se expresará con una sola cifra significativa:

$$R = (165 \pm 2)\ \Omega$$

Un valor medido de $R = 12.45\text{ k}\Omega$ corresponde a la tercera fila y

$$\Delta R = 0.007 \times 12.45\text{ k}\Omega + 1 \times 10\ \Omega \approx 100\ \Omega$$

El resultado se expresará: $R = (12.5 \pm 0.1)\text{ k}\Omega$

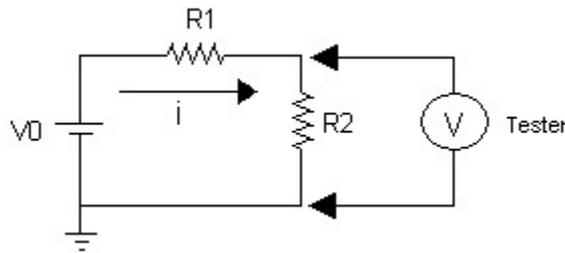
La tabla anterior de incertezas corresponde a un modelo en particular de multímetro. En el laboratorio tenemos distintas marcas, pero usaremos esta tabla para todos los modelos.

En la práctica leeremos con el código de colores el valor nominal de las resistencias que tenemos en la caja provista y luego las mediremos con el multímetro. Estimaremos la incerteza en base a la tabla anterior y discutiremos si lo medido se encuentra dentro de la tolerancia especificada.

3) La influencia del aparato de medida en el resultado

Siempre que se realiza una medición, el instrumento de medición utilizado alterará el circuito que queremos medir. En muchos casos esta alteración es muy pequeña y podemos considerar que lo que estamos midiendo es virtualmente igual al existente en el circuito original (sin el instrumento conectado). Pero en algunos casos nos encontramos con que el aparato de medida utilizado no se comporta de forma ideal y entonces altera el sistema a medir mucho más de lo que podemos tolerar como error. Por esta razón es que debemos estar conscientes de esta perturbación y conocer bien lo que queremos medir y con qué instrumentos contamos para medir para poder realizar una medición adecuada o, en caso de no ser posible, tener en cuenta que nuestro instrumento está alterando dicha medición.

Un caso en el que se puede ver claramente este problema es el de un circuito con dos resistencias.



Medición ideal

Para calcular la caída de tensión que mediría un voltímetro ideal (resistencia de entrada infinita), primero se computa la corriente que circula por las resistencias.

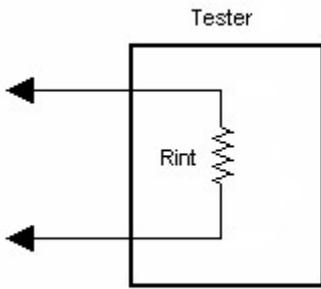
$$I = \frac{V_0}{R_1 + R_2} \quad (1)$$

Luego, la tensión medida será: $V_{leida} = I R_2$ (2);
despejando I de (2) y reemplazando en (1) resulta:

$$V_{Leida} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_0 \quad (3) \quad \text{que es la lectura del circuito que llamamos divisor resistivo.}$$

Esta medición sólo es válida en el caso ideal, ya que en un caso real el voltímetro (tester) influye en la medición mediante su resistencia de entrada no infinita.

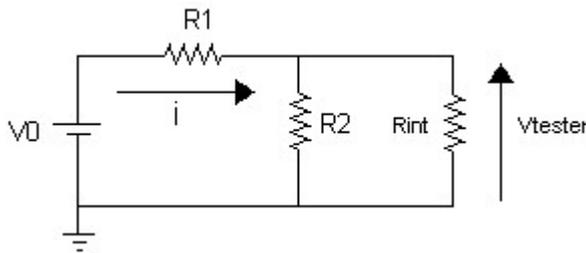
El circuito equivalente de la resistencia de entrada de un tester digital es el siguiente:



donde: $R_{int} = 10 \text{ M}\Omega$

Medición menos ideal

Si ahora se toma en cuenta la resistencia de entrada del tester, el circuito a utilizar sería el siguiente:

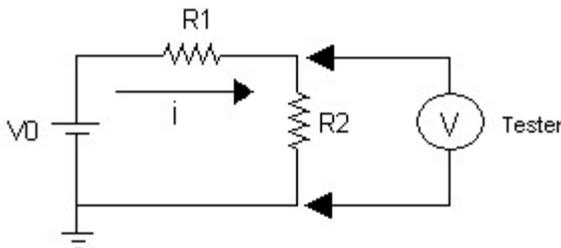


Utilizando la (3), la lectura es: $V_{leida} = \frac{R_2'}{R_1 + R_2'} V_0$

Donde: $R_2' = \frac{R_2 R_{int}}{R_2 + R_{int}}$ (porque R_2 y R_{int} están conectadas en paralelo)

Ahora, la lectura no coincide con el valor dado por la expresión ideal y la diferencia es tanto más marcada cuanto más cercana sea la resistencia de entrada del voltímetro a las del circuito. El mismo problema habría aparecido si se hubiera medido la caída de tensión sobre R_1 . Para evidenciar la influencia de voltímetro sobre el circuito se intentará verificar la segunda ley de Kirchhoff y entonces se sumarán (con signo) las caídas de tensión en el circuito. ¿Qué resultado se espera? ¿Qué se obtuvo?

Armamos el circuito que se indica en la siguiente figura $R_1 = R_2 = 5.6 \text{ k}\Omega$:



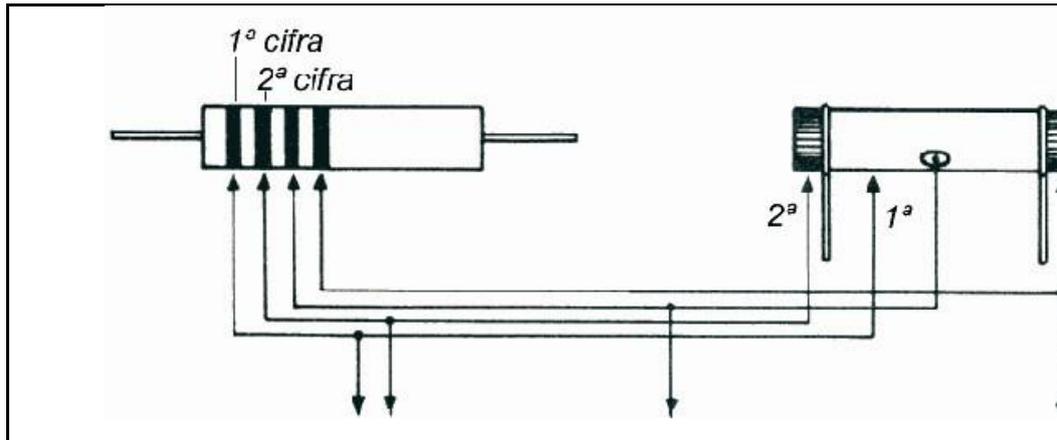
Medimos los voltajes sobre las resistencias y sobre la fuente con el tester (no usamos el display de la fuente porque se debemos tomar todas las medidas con el mismo instrumento) y registramos sus valores.

Repetimos la experiencia reemplazando el juego de resistencias por $R_1 = R_2 = 560 \text{ k}\Omega$ y $R_1 = R_2 = 5.6 \text{ M}\Omega$.

¿Qué sucede con la segunda ley de Kirchhoff? ¿A veces anda y a veces no?

Apéndice: CÓDIGO DE COLORES PARA RESISTENCIAS

El valor de las resistencias se representa componiéndolo según la tabla de colores adjunta, expresándose el resultado en Ohmios. Habitualmente las resistencias tienen cuatro franjas de colores, la cuarta franja es la tolerancia, que puede ser dorada (5%) o plateada(10%). Las primeras dos son las cifras significativas y la tercera es la cantidad de ceros que se debe agregar. Si la tercera franja es dorada multiplicar por 0.1 y si es plateada multiplicar por 0.01. Como este párrafo es particularmente difícil de entender, es mejor recurrir a un ejemplo



COLOR	DIGITO	MULTIPLICADOR	TOLERANCIA ±
Negro	0	1	20%
Marrón	1	10	1%
Rojo	2	100	2%
Naranja	3	1.000	-
Amarillo	4	10.000	0 + 100% (val. min. garantizado)
Verde	5	100.000	5%
Azul	6	1.000.000	
Violeta	7	10.000.000	
Gris	8	0,01	
Blanco	9	0,1	10%
Oro		0,1	5%
Plata		0,01	10%
Sin color			20%

Ejemplo:

Rojo = 2 - Rojo = 2 - Naranja = *1000 - Dorado = 5%



(El color dorado aparece como amarillo por culpa del editor)

$$= 22000 \text{ Ohmios} = 22 \text{ kOhmios} = 22 \text{ K}\Omega$$

Naranja-blanco-marrón-dorado: 390Ω con una tolerancia de 5%

Marrón-verde-amarillo-plateado: 150.000Ω con una tolerancia de 10%