

U.B.A. FACULTAD DE INGENIERÍA**Departamento de Electrónica****LABORATORIO 66-02****Informática****TRABAJO PRÁCTICO N°1 PARTE A****Curso 2020- 2do Cuatrimestre****Turno : Noche**

<u>GRUPO N°1</u>	
<u>Alumno</u>	<u>Padron</u>
BRASBURG, Agustin	104733
DE FEO, Laura	102831
GRZEGORCZYK, Ivan	104084
MOVIA, Guido	102896
<u>ALUMNO RESPONSABLE : DE FEO, Laura</u>	
Fecha de realizacion:	04-11-20
Fecha de aprobacion:	
Calificacion:	
Firma de aprobacion:	


Observaciones:

Objetivos

En esta experiencia tenemos por objetivo:

- Medición 1. Realizar distintas mediciones en diferentes circuitos utilizando un voltímetro digital y otro analógico.
- Medición 2. Medir la resistencia variable de forma directa utilizando un óhmetro analogico y digital.

Materiales utilizados

	<u>Características</u>
<p><u>Multímetro analógico</u></p> 	<p><u>(KS 803)</u></p> <ul style="list-style-type: none">• Alcance: 12 V• Sensibilidad: 20 kΩ/V• Incerteza de clase: 3%• Resistencia de entrada: 240 kΩ• Cantidad de divisiones: 60 <p><u>(Protomax YX360TRE)</u></p> <ul style="list-style-type: none">• Escala: x10• Divisiones: 50• Clase 3
<p><u>Multímetro digital</u></p> 	<p><u>(MS 8221A)</u></p> <ul style="list-style-type: none">• Alcance: 20 V• Incerteza: 0,5% lectura + 1 dig• Resistencia de entrada: 10 MΩ <p><u>(Protomax MS8221A)</u></p> <ul style="list-style-type: none">• Escala: 200/200k• Clase 3

Introducción teórica

Para el cálculo de un **mensurando** se pueden realizar dos tipos de mediciones:

- ❖ **Directa.** La medida de la cota se obtiene en una única medición y con un instrumento de lectura directa.
- ❖ **Indirecta.** El valor de la magnitud que se desea medir se obtiene a partir de los valores de otras magnitudes, relacionados entre sí mediante una cierta función matemática. En esencia, se obtiene por medio de varias mediciones.

Cada instrumento posee una **sensibilidad** especificada por el fabricante la cual es la señal de entrada más pequeña que resulta en una señal de salida detectable. Nos sirve para obtener la capacidad de respuesta del sistema de medición a los cambios en la característica medida. También, tenemos que la **resolución** es la mínima división que el instrumento puede interpretar.

A su vez, hay dos tipos de errores en los que hacemos hincapié:

- ❖ **Error absoluto.** Es el apartamiento del mensurando respecto de su valor real y se obtiene como:

$$\Delta X = X_{medido} - X_{real}$$

- ❖ **Error relativo.** Es el cociente entre el error absoluto y el valor que consideramos como exacto. Se obtiene como:

$$\epsilon_r = \frac{\Delta X}{X_{real}}$$

Por otro lado, la **Incertidumbre** es la dispersión razonable que le atribuimos a una dada medición. Esto se utiliza porque la medición no es exacta, entonces nunca la vamos a llegar a conocer. A pesar de esto, si podemos conocer el rango en el cual se va a encontrar esa medición. Entonces, el valor buscado se expresa como:

$$X = X_{medido} \pm \text{Incertidumbre}$$

Donde el \pm aparece ya que la incertidumbre se expresa como la Figura 1. Aquí, podemos observar que cuanto menor sea el intervalo más exacta será la medición.

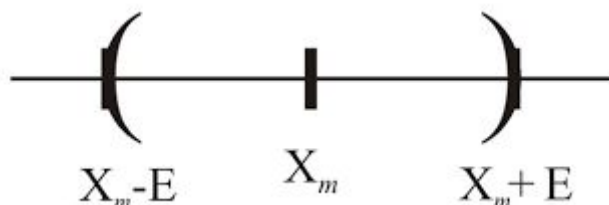


Figura 1. Rango del valor observado

El cálculo de la incertidumbre varía con respecto al instrumento con el que trabajemos. En el caso de un instrumento analógico, la incertidumbre que se utiliza es de clase; y, a su vez, el cálculo para el error absoluto es:

$$\Delta X = Clase \times Alcance$$

Donde, el **alcance** es el valor máximo que se puede medir. Por esto, el error relativo quedaría expresado como:

$$\epsilon_r = \frac{Clase \times Alcance}{X_{medido}}$$

Definiendo alcance de un instrumento, podemos expresar la resolución como:

$$Res = \frac{Alcance}{cantidad\ divisiones\ del\ instr.}$$

La incertidumbre de la tensión en un instrumento analógico se expresa como:

$$\Delta X = \Delta X_{Clase} + \Delta X_{Apreciación}$$

$$\Delta X_{clase} = \frac{fondo\ de\ escala \cdot clase}{100}$$

$$\Delta X_{Apreciación} = \frac{div}{4}$$

Para el caso de un instrumento digital, se utiliza el número de cuentas. Esto se refiere a los valores que puede expresar el instrumento digital. El error absoluto se obtiene mediante un valor de lectura y una cantidad de dígitos que se refieren al menor dígito significativo del valor observado.

Para un ejemplo, podemos observar el instrumento que utilizaremos en esta experiencia (MS8221A). Este instrumento es un instrumento de $3^{1/2}$ dígitos, es decir que es un instrumento que puede expresar 2000 cuentas. Tomamos un $\Delta V = \pm (0.5\% \text{ lectura} + 2 \text{ dígitos})$ y medimos 12.5 V. Por las 2000 cuentas, el instrumento puede expresar valores múltiplos de 2; por esto, el valor más cercano a 12.5 V es 19.99 V (20 V). El dígito menos significativo es 0.01 V ya que el valor cercano es 19.99 V. Entonces, obtenemos como error absoluto $\Delta V = \pm (0.5\% \times 12.5V + 2 \times 0.01V) = \pm 0.08 V$. De esta manera, se obtiene la incertidumbre para poder expresar la medición como:

$$\Delta X = \Delta X + \Delta X$$

$$\Delta X = \frac{0.5 \times V_{med}}{100}$$

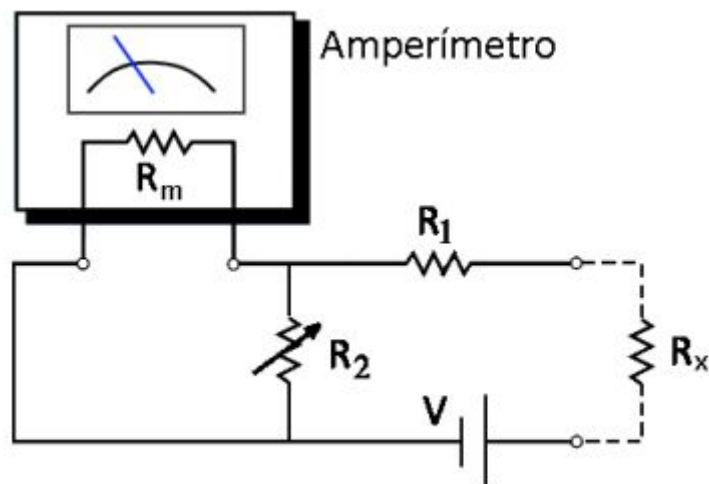
$$\Delta X_{\pm 1 \text{ dig}} = \text{Valor pos. dígito menos significativo}$$

Resistencia: La resistencia es una medida de la oposición al flujo de corriente en un circuito eléctrico.

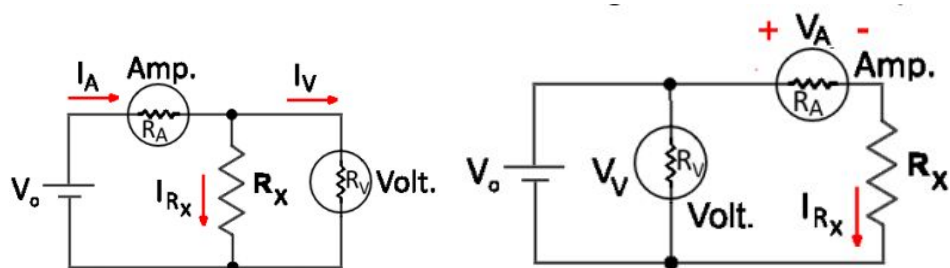
La resistencia se mide en ohmios, que se simbolizan con la letra griega omega. Se denominaron ohmios en honor a Georg Simon Ohm (1784-1854), un físico alemán que estudió la relación entre voltaje, corriente y resistencia. Se le atribuye la formulación de la ley de Ohm.

Métodos de medición de resistencia:

- Medición directa con óhmetro: Utilizando un Ohmetro, sea tanto analógico como digital, y calculando solo el error que puede tener



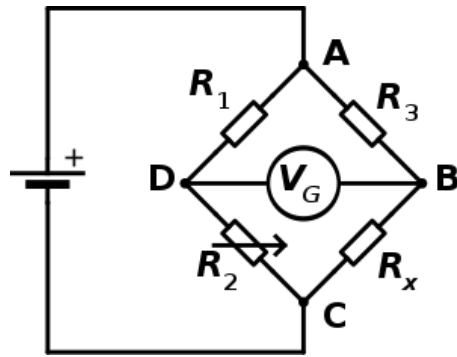
- Medición indirecta por los métodos “Conexión Corta o Larga”: Conectando en un circuito la resistencia a medir, la pila/batería, un voltímetro y un amperímetro, a través de cuentas se puede calcular la resistencia



El de la izquierda es el de Conexión corta y el de la derecha el de Conexión larga

- Medición con puentes: Un puente de Wheatstone es un circuito eléctrico que se utiliza para medir resistencias desconocidas mediante el equilibrio de los brazos del puente. Estos están constituidos por cuatro resistencias que forman un circuito

cerrado, siendo una de ellas la resistencia bajo medida.



Desarrollo

• Parte 1

La experiencia nos brinda los siguientes dos casos de la figura (Figura 1.1). A partir de ellos respondemos a la pregunta ¿Qué tensión espera que se desarrolle entre los bornes a y b en ambos casos?. Podemos resolver esta misma pregunta con distintos instrumentos, tanto analógicos como digitales para ambos circuitos.

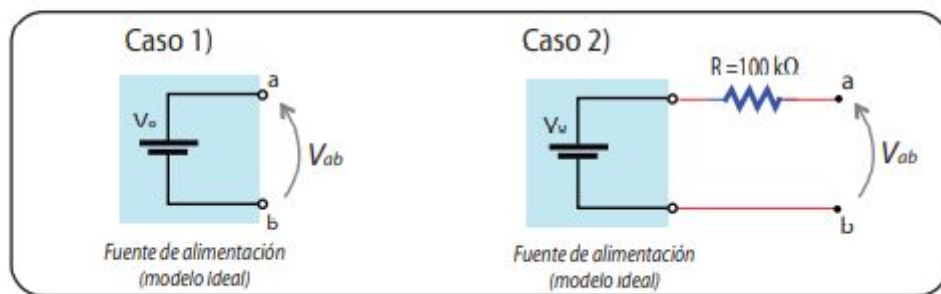


Figure 1.1: Fuentes ideales.

Como estamos a circuito abierto en ambos casos podemos decir que se espera que la tensión entre los bornes a y b sea la misma que V_o . Esto ocurre ya que la tensión entre bornes de la resistencia es nulo por no circular corriente por el circuito.

Uno de los objetivos de la experiencia es poder medir la diferencia de potencial entre los bornes ab, y calcular su incertidumbre.

Comenzando por el multímetro analógico KS-803 (Figura 1.2), tomamos las mediciones conectando el cable rojo al borne a (borne positivo) y el negro al b (borne negativo). Esto lo podemos apreciar en la Figura 1.4 y Figura 1.5. Para el caso 1, el cálculo se halla directamente entre los bornes de salida ab; mientras que, para el caso 2, se agrega una resistencia en serie a la salida de la fuente (de valor 100 kohm).

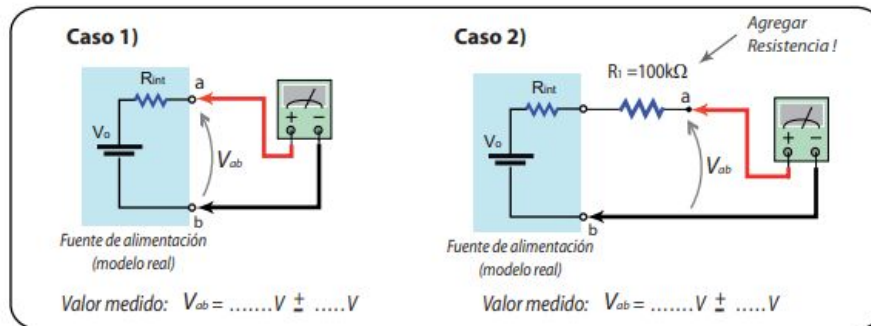


Figure 1.2: Banco de medición formado por una fuente de alimentación y un voltímetro.



Figura 1.4: Resultado de la medición para el caso 1 con el KS 803

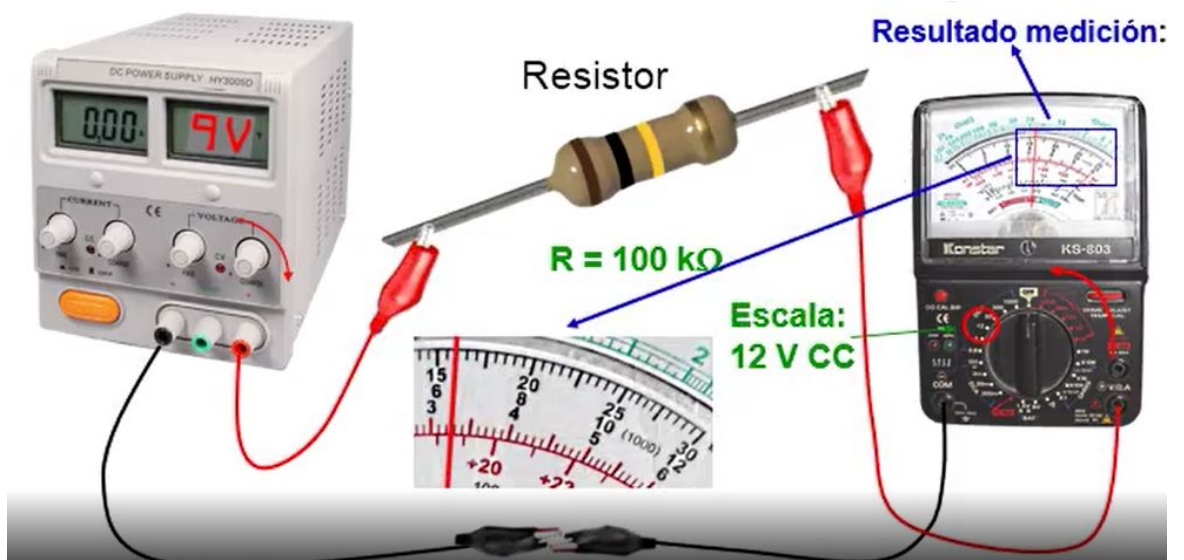


Figura 1.5: Resultado de la medición para el caso 2 con el KS 803

Para tomar mediciones que sean aceptables para el caso del multímetro analógico KS 803, debemos poder calcular la mínima división para una escala de 12V la cual se obtiene por la ecuación de la Resolución del instrumento exployada en *Introducción teórica*. Con las características de este instrumento podemos concluir que la mínima división posible está dada por 0.2 V (ver Anexo). Esta última se calcula sólo si la aguja no coincide con una división del instrumento; en caso contrario, se la considera como nula.

Utilizando los datos de la medición y del instrumento, podemos concluir que:

	Caso 1 (V)	Caso 2 (V)
ΔV_{clase}	0.36	0.36
$\Delta V_{apreciacion}$	0.05	0.05
$V_{observado}$	9.20	6.40
ΔV	0.41	0.41

A partir de ello podemos concluir que los valores medidos se encuentran dados por:

$$V_{medido} = V_{observado} \pm \Delta V = 9.20 \text{ V} \pm 0.41 \text{ V (En el caso 1)}$$

$$V_{medido} = V_{observado} \pm \Delta V = 6.40 \text{ V} \pm 0.41 \text{ V (En el caso 2)}$$

Ahora, tomamos el instrumento digital MS-8221A y obtenemos las mediciones conectando el cable rojo al borne a (borne positivo) y el negro al b (borne negativo) (Figura 1.3). Esto lo podemos apreciar en la *Figura 1.6* y *Figura 1.7*. Los casos 1 y 2 son análogos a los del multímetro analógico.

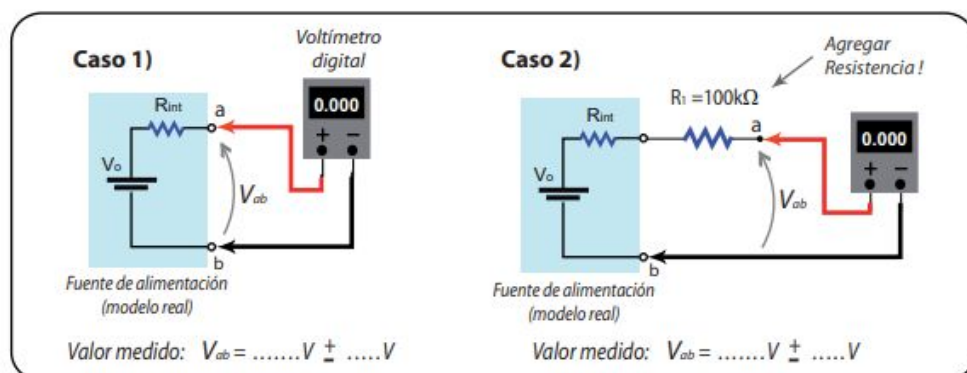


Figure 1.3: Banco de medición formado por una fuente de alimentación y un voltímetro.

Multímetro digital MS8221A:



Figura 1.6: Resultado de la medición del caso 1 por MS-8221A

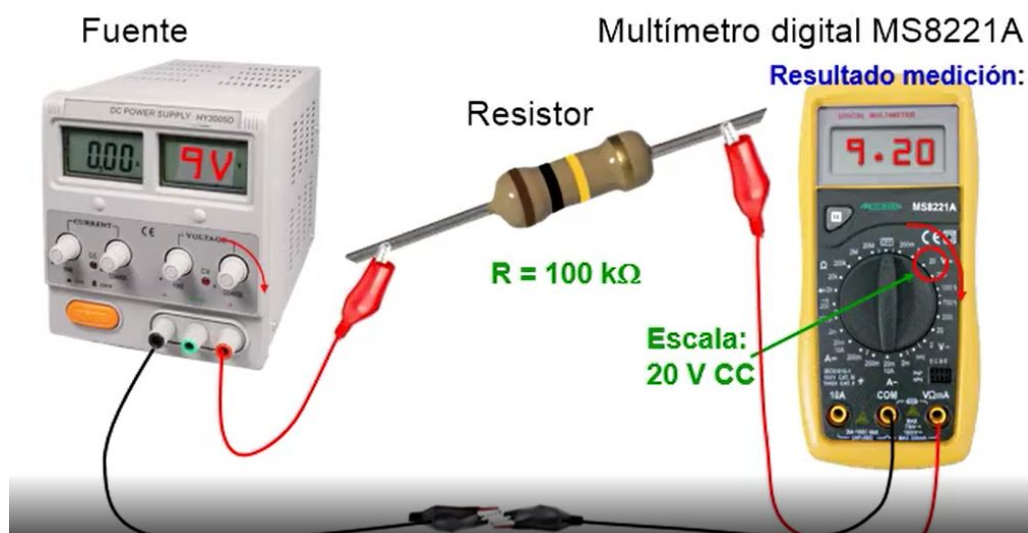


Figura 1.7: Resultado de la medición del caso 2 con MS-8221A

Por lo que aclaramos en la *Introducción teórica* acerca de este instrumento, podemos concluir que:

	Caso 1 (V)	Caso 2 (V)
$\Delta V_{\pm 0.5\%}$	0.05	0.05
$\Delta V_{\pm 1 \text{ dig}}$	0.01	0.01
$V \text{ Observado}$	9.25	9.20
ΔV	0.06	0.06

A partir de ello podemos concluir que los valores medidos se encuentran dados por:

$$V_{Medido} = V_{observado} \pm \Delta V = 9.25 V \pm 0.06 V \text{ (En el caso 1)}$$

$$V_{Medido} = V_{observado} \pm \Delta V = 9.20 V \pm 0.06 V \text{ (En el caso 2)}$$

Podemos notar, a partir de estas últimas mediciones (con el DVM), que hay una menor caída de tensión entre los bornes ab al pasar del caso 1 al caso 2. Esto ocurre porque, al agregarle una resistencia, la R_{int} y la R adicional pasan a estar en serie por lo que esa caída se divide entre ambas y resulta, por consiguiente, menor a la medida en el caso 1.

Por último, realizamos una tercera medición entre los casos de la Figura 1.4. En esta imagen podemos ver que el circuito es distinto a las dos mediciones anteriores y, a su vez, compara las mediciones de la caída de tensión V_{ab} entre los multímetros utilizados. En este caso, tenemos un circuito cerrado con dos resistencias en serie más la misma fuente de alimentación que en las mediciones anteriores.

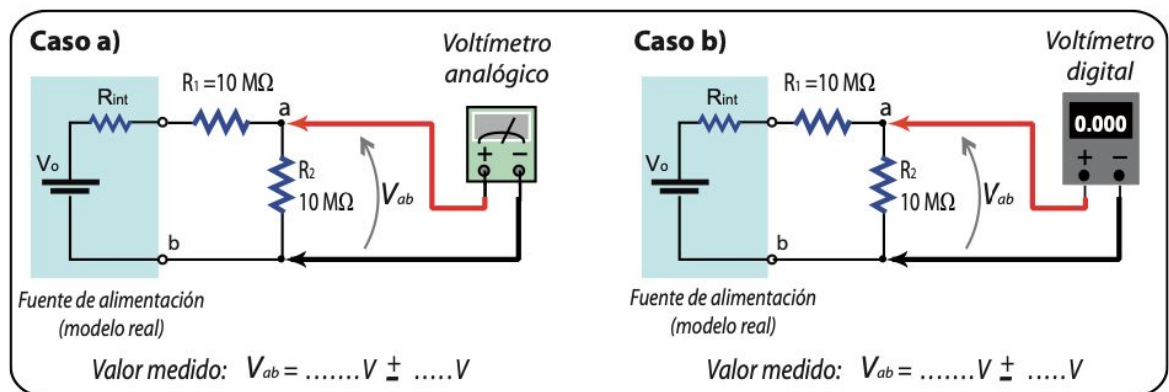


Figure 1.4: Banco de medición formado por una fuente de alimentación y un voltímetro.

Comenzamos midiendo con el VOM, que sería el caso a (Figura 1.9). La realización de la medición es análoga a la primera medición. Lo mismo ocurre con el caso b y el DVM a la segunda medición.

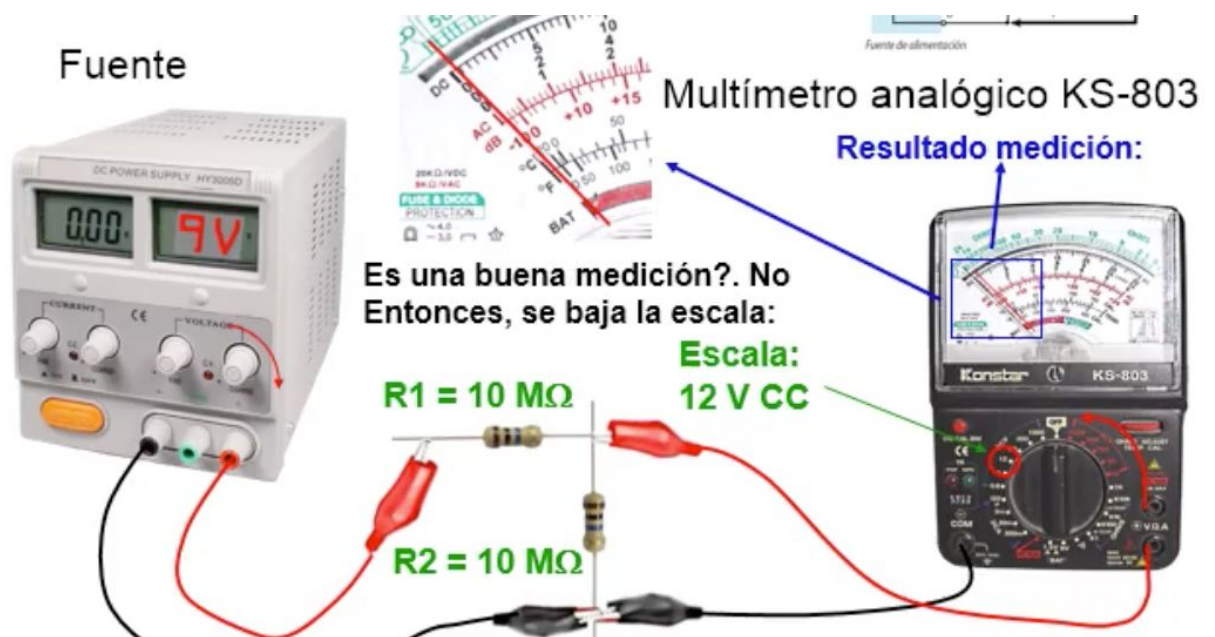


Figura 1.9: Medición del V_{ab} con el voltímetro analógico.

Para este caso, tomamos diferentes escalas para poder encontrar con mayor exactitud la caída de tensión entre los bornes ab. Esto lo realizamos porque, al tomar la medición con la escala de 12 V, podemos notar que la caída de tensión es más chico que su incertidumbre. Entonces, podemos decir que la medición no es óptima. Obtuvimos la tabla que está a continuación:

Escala(V)	$V_{ab}(V)$	$\Delta V(V)$
12	0.20	0.41
3	0.05	0.10
0.6	0.01	0.02

Podemos ver que ninguna es óptima, entonces lo que necesitamos es seguir bajando la escala. Pero, el problema es que el mínimo alcance al que puede llegar este multímetro analógico que estamos utilizando es 0.6 V. Por esto, vemos que no se puede medir con exactitud esta caída de tensión. Si tomamos la medición con una escala de 0.6 V obtenemos:

$$V_{ab} = (0.01 \pm 0.02) V$$

Luego, realizamos con el DVM el caso b (Figura 1.10)



Figura 1.10: Medición del V_{ab} con el voltímetro digital.

En este caso, utilizamos solo una escala la cual es 20 V. Para esta escala, obtuvimos:

$$V_{ab} = (3.06 \pm 0.03) \text{ V}$$

Como podemos ver en ambos casos, el valor de la fuente que utilizamos es 9 V. Entonces, el resultado que nosotros estamos buscando en teoría es $V_{ab} = 4.5 \text{ V}$. Para calcular este valor resolvemos el circuito conformado por la fuente de alimentación real (fuente junto con su resistencia interna) y las dos resistencias que conforman el circuito. Para ello realizamos la segunda ley de Kirchhoff la cual nos permitirá calcular la corriente que atraviesa, para luego poder obtener la caída entre los bornes ab.

Notamos entonces que, entre los valores medidos y el valor teórico que deberíamos obtener, hay grandes diferencias. Entonces, calculamos la diferencia relativa entre ellos para cada caso:

$$E = 99.8 \% \text{ para el caso a (con escala 0.6V).}$$

$$E = 32.0\% \text{ para el caso b.}$$

• Parte 2

En esta medición se pretende calcular el valor de dos resistencias $R_1 = 100 \Omega$ y $R_2 = 100 \text{ k}\Omega$ empleando un óhmetro analógico y uno digital, para luego comparar los resultados con los valores nominales que nos fueron provistos en la planilla de medición.

Armamos un banco de medición como el enseñado (Figura 2.1).

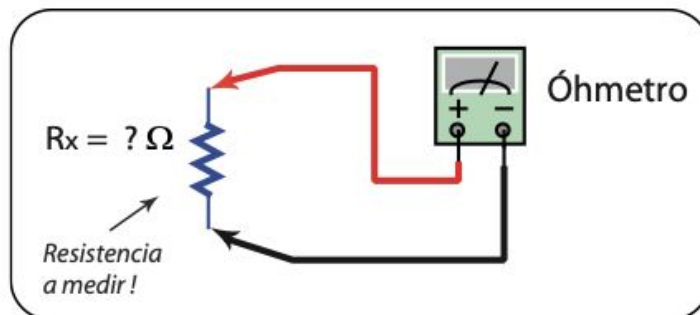


Figura 2.1. Medición de resistencia con un ohmetro.

Para medir resistencias empleando un óhmetro analógico se emplea una escala no lineal. Al ser ésta no lineal la mínima división varía dependiendo de la zona de la misma.

Se procede a conectar ambos cables a cada lado de la resistencia y se toma nota del valor medio que marca la aguja del instrumento. Este proceso se puede ver a continuación (Figura 2.2) .



Figura 2.2. Medición del Multímetro Analógico y la R nominal de 100 Ω

Se debe tener en cuenta lo siguiente:

$$R_{medida} = R_{observada} \times escala$$

$$\Delta R_{total} = \Delta R_{clase} + \Delta R_{apreciación}$$

$$\Delta R_{clase} = \frac{div_{totales}}{div_{observadas}} \times \frac{clase}{100} \times R_{medida}$$

Como en este caso la aguja coincide con una de las divisiones ΔR apreciación tendrá un valor nulo.

A continuación se enseñan algunas conclusiones a las que llegamos midiendo ambas resistencias con el óhmetro analógico.

	R1(Ω)	R2($k\Omega$)
ΔR_{clase}	3.6	3.9
$\Delta R_{apreciacion}$	0	0.05
R_{medido}	85	90
ΔR	3.6	4.0
ϵ_{medida}	4.3%	4.4%

Tabla óhmetro analógico

Procedemos a medir las resistencias empleando el óhmetro digital.

Para medir resistencias con este instrumento se debe tener en cuenta:

$$\Delta R = 0.8\% \pm n \times dg$$

$$\Delta R = \frac{0.8 \times R_{medida}}{100} + n \times dg$$

El valor de n y el 0.8 son datos que obtenemos del manual dependiendo de la medición que vayamos a realizar.



Figura 2.3. Medición del Multímetro Digital y la R nominal de 100 Ω

A continuación se enseñan las conclusiones a las que llegamos midiendo ambas resistencias con el óhmetro digital.

	R1(Ω)	R2($k\Omega$)
R_{medido}	102	100
ΔR	6.8	0.8
ϵ_{medida}	6.7%	0.8%

Tabla óhmetro digital

Entonces, podemos concluir que los valores medidos son:

→ óhmetro analógico:

1. $R_1 = (85.0 \pm 3.6) \Omega$

2. $R_2 = (90.0 \pm 4.0) k\Omega$

→ óhmetro digital:

1. $R_1 = (102.0 \pm 6.8) \Omega$

2. $R_2 = (100.0 \pm 0.8) k\Omega$

Valor nominal	Óhmetro analógico	Óhmetro digital
$R_1 = 100\Omega$	$R_1 = (85.0 \pm 3.6) \Omega$	$R_1 = (102.0 \pm 6.8) \Omega$
$R_2 = 100k\Omega$	$R_2 = (90 \pm 4.0) k\Omega$	$R_2 = (100.0 \pm 0.8) k\Omega$

Planilla de medición n°2

Conclusiones

(a)

En el primer caso podemos concluir que la medición observada con el multímetro analógico (VOM) no difiere mucho en comparación a la observada con el multímetro digital (DVM) mientras que en el segundo caso las mediciones observadas con ambos instrumentos varían drásticamente. Sin embargo, en ambas situaciones podemos concluir que el valor medido con el multímetro digital es mucho más preciso ya que la incertidumbre asociada a la medición es muy pequeña en comparación con el analógico.

(b)

En cuanto a los resultados obtenidos podemos concluir que las mediciones realizadas con el multímetro digital son mucho más precisas que las mediciones realizadas con el multímetro analógico. Esto se debe a que el DVM tiene una capacidad mayor que el VOM en dar el mismo resultado en mediciones y condiciones diferentes. Es por ello que al agregar una resistencia de $100k\Omega$ el resultado obtenido es mucho más exacto y se

asemeja más al resultado real, mientras que el resultado obtenido por el multímetro analógico varía drásticamente en comparación al valor real.

(c)

Una de las diferencias entre los multímetros es que en el caso del VOM la resistencia interna es mucho más pequeña en comparación a la resistencia interna del DVM. La primera es del orden de los $240\text{ k}\Omega$ y la segunda es del orden de los $10\text{ M}\Omega$. Es por ello que en el primer caso la diferencia entre las mediciones no es tan amplia. Sin embargo al agregar una resistencia del orden de los $\text{k}\Omega$ (comparable con la resistencia interna del multímetro analógico) el multímetro analógico pierde exactitud. Esto se debe a que el voltaje observado depende de la resistencia interna del voltímetro y la resistencia del circuito R_1 , por ende cuando la resistencia interna es mucho más grande que R_1 el valor de la tensión observada tiende al valor original (caso DVM) y cuando la resistencia interna es comparable a R_1 el valor observado pierde exactitud (caso VOM).

(d)

La conclusión que podemos extraer es que la medición obtenida por el multímetro digital es mucho más precisa y exacta que la medición obtenida por el multímetro analógico, esto se debe a que la resistencia interna del mismo es mucho más grande que la resistencia añadida por el circuito y el rango de valores que la misma puede tomar es mucho más acotado al caso analógico.

(e)

Con la medición de la resistencia volvemos a concluir que cuando se trata de una resistencia de no gran tamaño, el error tanto del multímetro analógico como del digital no es tan distinto, pero a la hora de medir una resistencia de gran tamaño como fue la de $100\text{ k}\Omega$ se ve como el multímetro digital es más preciso que el analógico. Esto es debido a que el multímetro digital tiene una mayor capacidad que el analógico.

Anexo

Cálculos medición 1:

- **Multímetro Analógico (VOM) Caso 1:**

$$1\text{ div} = \frac{\text{fondo de escala}}{\text{cantidad de divisiones}} = \frac{12\text{ V}}{60} = 0.2\text{ V}$$

$$V_{\text{observado}} = \text{cantidad de divisiones observadas} * 1\text{ div} = 46 * 0.2\text{ V} = 9.2\text{ V}$$

$$\Delta V_{\text{total}} = \Delta V_{\text{clase}} + \Delta V_{\text{apreciación}} = 0.36\text{ V} + 0.05\text{ V} = 0.41\text{ V}$$

$$\Delta V_{\text{clase}} = \frac{\text{alcance} * \text{clase}}{100} = \frac{12\text{ V} * 3}{100} = 0.36\text{ V}$$

$$\Delta V_{\text{apreciación}} = \frac{1 \text{ div}}{4} = \frac{0.2V}{4} = 0.05 V$$

$$V_{\text{medido}} = V_{\text{observado}} \pm \Delta V_{\text{total}} = 9.2 V \pm 0.41 V$$

• **Multímetro Analógico (VOM) Caso 2:**

$$1 \text{ div} = \frac{\text{fondo de escala}}{\text{cantidad de divisiones}} = \frac{12V}{60} = 0.2 V$$

$$V_{\text{observado}} = \text{cantidad de divisiones observadas} * 1 \text{ div} = 32 * 0.2V = 6.4 V$$

$$\Delta V_{\text{total}} = \Delta V_{\text{clase}} + \Delta V_{\text{apreciación}} = 0.36V + 0.05V = 0.41 V$$

$$\Delta V_{\text{clase}} = \frac{\text{alcance} * \text{clase}}{100} = \frac{12V * 3}{100} = 0.36 V$$

$$\Delta V_{\text{apreciación}} = \frac{1 \text{ div}}{4} = \frac{0.2V}{4} = 0.05 V$$

$$V_{\text{medido}} = V_{\text{observado}} \pm \Delta V_{\text{total}} = 6.4 V \pm 0.41 V$$

• **Multímetro Analógico (VOM) Caso 3 (Punto 4) :**

Escala 12V:

$$1 \text{ div} = \frac{\text{fondo de escala}}{\text{cantidad de divisiones}} = \frac{12V}{60} = 0.2 V$$

$$V_{\text{observado}} = \text{cantidad de divisiones observadas} * 1 \text{ div} = 1 * 0.2V = 0.2 V$$

$$\Delta V_{\text{total}} = \Delta V_{\text{clase}} + \Delta V_{\text{apreciación}} = 0.36V + 0.05V = 0.41 V$$

$$\Delta V_{\text{clase}} = \frac{\text{alcance} * \text{clase}}{100} = \frac{12V * 3}{100} = 0.36 V$$

$$\Delta V_{\text{apreciación}} = \frac{1 \text{ div}}{4} = \frac{0.2V}{4} = 0.05 V$$

$$V_{\text{medido}} = V_{\text{observado}} \pm \Delta V_{\text{total}} = 0.2 V \pm 0.41 V$$

Escala 3V:

$$1 \text{ div} = \frac{\text{fondo de escala}}{\text{cantidad de divisiones}} = \frac{3V}{60} = 0.05 V$$

$$V_{\text{observado}} = \text{cantidad de divisiones observadas} * 1 \text{ div} = 1 * 0.05V = 0.05 V$$

$$\Delta V_{\text{total}} = \Delta V_{\text{clase}} + \Delta V_{\text{apreciación}} = 0.09 V + 0.01 V = 0.1 V$$

$$\Delta V_{\text{clase}} = \frac{\text{alcance} * \text{clase}}{100} = \frac{3V * 3}{100} = 0.09 V$$

$$\Delta V_{\text{apreciación}} = \frac{1 \text{ div}}{4} = \frac{0.05V}{4} = 0.01 V$$

$$V_{\text{medido}} = V_{\text{observado}} \pm \Delta V_{\text{total}} = 0.05 V \pm 0.1 V$$

Escala 0.6V:

$$1 \text{ div} = \frac{\text{fondo de escala}}{\text{cantidad de divisiones}} = \frac{0.6 V}{60} = 0.01 V$$

$$V_{\text{observado}} = \text{cantidad de divisiones observadas} * 1 \text{ div} = 1 * 0.01 V = 0.01 V$$

$$\Delta V_{\text{total}} = \Delta V_{\text{clase}} + \Delta V_{\text{apreciación}} = 0.02V + 0.002V = 0.02 V$$

$$\Delta V_{\text{clase}} = \frac{\text{alcance} * \text{clase}}{100} = \frac{0.6V * 3}{100} = 0.02 V$$

$$\Delta V_{\text{apreciación}} = \frac{1 \text{ div}}{4} = \frac{0.01V}{4} = 0.002 V$$

$$V_{\text{medido}} = V_{\text{observado}} \pm \Delta V_{\text{total}} = 0.05 V \pm 0.02 V$$

- **Multimetro Digital (DVM) Caso 1:**

$$V_{\text{observado}} = 9.25 V$$

$$\Delta V = \Delta V_{\pm 0.5\%} + \Delta V_{\pm 1 \text{ dig}}$$

$$\Delta V_{\pm 0.5\%} = \frac{0.5 \times V_{\text{med}}}{100} = \frac{0.5 \times 9.25V}{100} = 0.05 V$$

$$\Delta V_{\pm 1 \text{ dig}} = V_{\text{valor pos. dígito menos significativo}} = 1 \times 0.01 V = 0.01 V$$

$$V_{medido} = V_{observado} \pm \Delta V_{total} = 9.25 V \pm 0.06 V$$

- **Multimetro Digital (DVM) Caso 2:**

$$V_{observado} = 9.20 V$$

$$\Delta V = \Delta V_{\pm 0.5\%} + \Delta V_{\pm 1 \text{ dig}}$$

$$\Delta V_{\pm 0.5\%} = \frac{0.5 \times V_{med}}{100} = \frac{0.5 \times 9.20V}{100} = 0.05 V$$

$$\Delta V_{\pm 1 \text{ dig}} = V_{\text{valor pos. dígito menos significativo}} = 1 \times 0.01 V = 0.01 V$$

$$V_{medido} = V_{observado} \pm \Delta V_{total} = 9.20 V \pm 0.06 V$$

- **Multimetro Digital (DVM) Caso 3 (Punto 4):**

$$V_{observado} = 3.06 V$$

$$\Delta V = \Delta V_{\pm 0.5\%} + \Delta V_{\pm 1 \text{ dig}}$$

$$\Delta V_{\pm 0.5\%} = \frac{0.5 \times V_{med}}{100} = \frac{0.5 \times 3.06V}{100} = 0.01 V$$

$$\Delta V_{\pm 1 \text{ dig}} = V_{\text{valor pos. dígito menos significativo}} = 1 \times 0.01 V = 0.01 V$$

$$V_{medido} = V_{observado} \pm \Delta V_{total} = 3.06 V \pm 0.02 V$$

Calculos Cuestionario 5:

$$V_{teorico} = \frac{V_o R_2}{(R_1 + R_2)} = \frac{9V \times 10M\Omega}{(10M\Omega + 10M\Omega)} = 4.5 V$$

$$Diferencia Relativa \text{ Caso Analogico} = \frac{V_{real} - V_{observado}}{V_{real}} * 100\% = \frac{4.5V - 0.2V}{4.5V} * 100\% = 95.55\%$$

$$Diferencia Relativa \text{ Caso Digital} = \frac{V_{real} - V_{observado}}{V_{real}} * 100\% = \frac{4.5V - 3.06V}{4.5V} * 100\% = 32\%$$

Cálculos medición 2:

- **VOM, escala x10 y $R_{nominal} = 100\Omega$**

$$R_{medida} = R_{observada} \times \text{escala}$$

$$R_{observada} = 5\Omega + 7 \times 0.5\Omega \Rightarrow R_{observada} = 8.5\Omega$$

$$R_{\text{medida}} = 8.5\Omega \times 10 \Rightarrow R_{\text{medida}} = 85\Omega$$

$$\Delta R_{\text{total}} = \Delta R_{\text{clase}} + \Delta R_{\text{apreciación}}$$

$$\Delta R_{\text{clase}} = \frac{\text{div totales}}{\text{div observadas}} \times \frac{\text{clase}}{100} \times R_{\text{medida}}$$

$$\Delta R_{\text{clase}} = \frac{50}{35} \times \frac{3}{100} \times 85\Omega \Rightarrow \Delta R_{\text{clase}} = \pm 3.64\Omega$$

$$\Delta R_{\text{apreciación}} = 0$$

$$\Delta R_{\text{total}} = \pm 3.64\Omega$$

$$R_{\text{medida}} = 85\Omega \pm 3.64\Omega$$

$$\epsilon_{\text{medida}} = \frac{\Delta R}{R} = \frac{3.64\Omega}{85\Omega} \times 100\% \Rightarrow \epsilon_{\text{medida}} = 4.28\%$$

- **VOM, escala x10k y R_{nominal} = 100kΩ**

$$R_{\text{medida}} = R_{\text{observada}} \times \text{escala}$$

$$R_{\text{observada}} = 5\Omega + 8 \times 0.5\Omega \Rightarrow R_{\text{observada}} = 9\Omega$$

$$R_{\text{medida}} = 9\Omega \times 10k \Rightarrow R_{\text{medida}} = 90k\Omega$$

$$\Delta R_{\text{total}} = \Delta R_{\text{clase}} + \Delta R_{\text{apreciación}}$$

$$\Delta R_{\text{clase}} = \frac{\text{div totales}}{\text{div observadas}} \times \frac{\text{clase}}{100} \times R_{\text{medida}}$$

$$\Delta R_{\text{clase}} = \frac{50}{34.5} \times \frac{3}{100} \times 90k\Omega \Rightarrow \Delta R_{\text{clase}} = \pm 3.91k\Omega$$

$$\Delta R_{\text{apreciación}} = \frac{1}{4} \times 1\text{div} = 0.25 \times 0.2k\Omega \Rightarrow \Delta R_{\text{apreciación}} = 0.05k\Omega$$

$$\Delta R_{\text{total}} = \pm 3.96k\Omega$$

$$R_{\text{medida}} = 90k\Omega \pm 3.96k\Omega$$

$$\epsilon_{\text{medida}} = \frac{\Delta R}{R} = \frac{3.96k\Omega}{90k\Omega} \times 100\% \Rightarrow \epsilon_{\text{medida}} = 4.4\%$$

- **DVM, escala 200 y R = 100Ω**

$$R_{\text{medida}} = 102\Omega$$

$$\Delta R = 0.8\% \pm 3dg$$

$$\Delta R = \frac{0.8 \times R_{\text{medida}}}{100} + 3 \times dg$$

$$\Delta R = \frac{0.8 \times 102\Omega}{100} + 3 \times 2\Omega \Rightarrow \Delta R = \pm 6.82\Omega$$

$$R_{\text{medida}} = 102\Omega \pm 6.82\Omega$$

$$\epsilon_{\text{medida}} = \frac{\Delta R}{R} = \frac{6.82\Omega}{102\Omega} \times 100\% \Rightarrow \epsilon_{\text{medida}} = 6.69\%$$

- **DVM, escala 200k y R = 100kΩ**

$$R_{\text{medida}} = 100k\Omega$$

$$\Delta R = 0.8\% \pm 1dg$$

$$\Delta R = \frac{0.8 \times R_{\text{medida}}}{100} + 1 \times dg$$

$$\Delta R = \frac{0.8 \times 100k\Omega}{100} + 1 \times 0\Omega \Rightarrow \Delta R = \pm 0.8k\Omega$$

$$R_{\text{medida}} = 100k\Omega \pm 0.8k\Omega$$

$$\epsilon_{\text{medida}} = \frac{\Delta R}{R} = \frac{0.8k\Omega}{100k\Omega} \times 100\% \Rightarrow \epsilon_{\text{medida}} = 0.8\%$$