

**U.B.A. FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Departamento de Electrónica**

**LABORATORIO 66-02**  
**Informática**

**TRABAJO PRÁCTICO N° 1**

*Multímetro en continua*

**Curso 2012 - 2do Cuatrimestre**

**Turno: Curso 04**

<b>GRUPO N° 1</b>	
<b>APELLIDO, Nombres</b>	<b>N° PADRÓN</b>
<b>AGUILERA, Juan Martín</b>	<b>92483</b>
<b>ROSSI, Federico Martín</b>	<b>92086</b>
-	-
-	-
-	-
<b>Alumno Responsable : Aguilera, Juan Martín</b>	
<b>Fecha de Realización : 10/09/2012</b>	
<b>Fecha de Aprobación :</b>	
<b>Calificación :</b>	
<b>Firma de Aprobación :</b>	

**Observaciones:**



## 1. Objetivos

El objetivo principal de la práctica consiste en estudiar y analizar el comportamiento y la influencia del multímetro (instrumento de medición) en circuitos donde la tensión y la corriente son constantes en el tiempo (circuitos con corriente continua).

## 2. Introducción

El desarrollo de la presente práctica de laboratorio consiste en analizar la incidencia de los instrumentos de medición en los circuitos que son motivo de análisis. Particularmente, se observarán las diferencias que se dan al utilizar instrumentos analógicos y/o digitales, como así también se comprobará la gran influencia que tiene el error sistemático aportado por el instrumental. Se examinará además la conveniencia de emplear el método de conexión corta o larga en la medición. Por último, mediante distintos procedimientos, se analizará la regulación de carga de una fuente de tensión continua.

En caso de desearlo, puede obtenerse el presente informe en formato digital accediendo a la sección *Downloads* del repositorio del grupo (<http://code.google.com/p/fiuba-6602-laboratorio-grupo1-2012-2c>).

## 3. Materiales utilizados

Se detallan a continuación (*Tabla 1*) la lista de materiales y dispositivos utilizados durante el desarrollo de la práctica, acompañados por sus respectivas características y especificaciones principales. Para más información sobre el instrumental puede dirigirse a la sección *Apéndice B*, ubicada al final del presente informe, donde se adjuntan las hojas de datos de todos estos.

Material/Instrumento	Especificaciones
Resistencias	100 $\Omega$ $\pm$ 5 % tolerancia (1 unidad) 100k $\Omega$ $\pm$ 5 % tolerancia (2 unidades) 10M $\Omega$ $\pm$ 5 % tolerancia (1 unidad)
Resistencia variable	10k $\Omega$
Multímetro analógico	Marca: TRIPLETT Modelo: 630-APLK Alcance: 5000V Sensibilidad: 20k $\Omega$ /V Incerteza de clase: 3,5 % Impedancia de entrada: 200k $\Omega$
Multímetro digital	Marca: UNI-T Modelo: UT30F Alcance: 500V Incerteza: 0,5 % Impedancia de entrada: 10M $\Omega$
Multímetro digital	Marca: Brymen Modelo: BM837RS
Fuente regulada	Marca: Hewlett-Packard Modelo: 721A
Fuente F4 DC (Negra)	Tensión entregada: 7.07V
Cables	Banana-Cocodrilo Cocodrilo-Cocodrilo

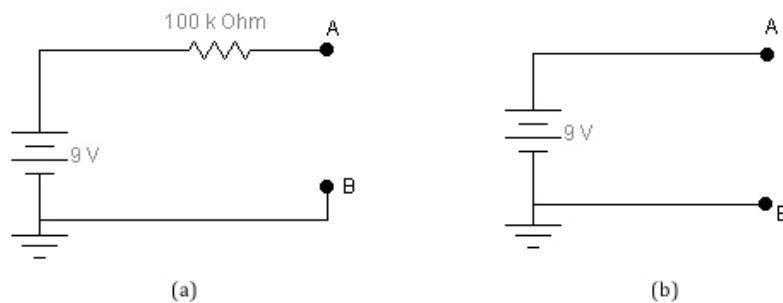
**Tabla 1:** Listado de materiales e instrumental utilizado.

## 4. Desarrollo

En los siguientes apartados se pasarán a desarrollar las mediciones empíricas, cada una de las cuales esta complementada con una explicación de los pasos llevados a cabo, valores obtenidos, análisis de resultados y conclusiones parciales.

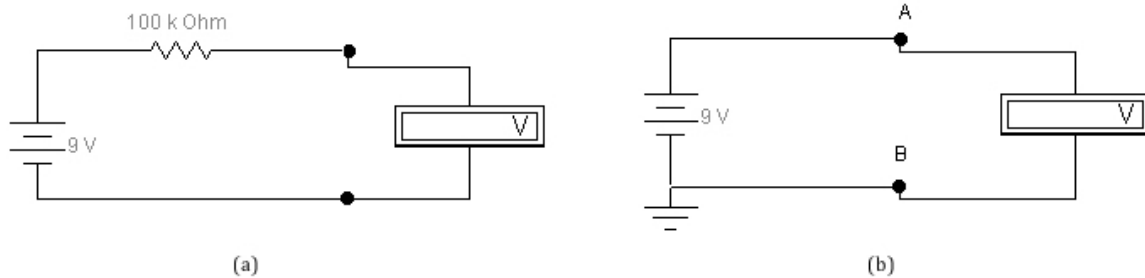
### 4.1. Parte 1

Comencemos observando dos circuitos simples (*Figura 1*). En estos se encuentran presentes los bornes A y B, sobre los cuales mediremos la tensión. En el caso de la *Figura 1.a* se espera que idealmente<sup>1</sup>, es decir, para una resistencia infinita del voltímetro, se lea una tensión de 9V sobre este último. Para el circuito de la *Figura 1.b* también se espera que midamos 9V entre los bornes ya que estamos midiendo directamente la salida de la fuente.



**Figura 1:** Estimación ideal de la caída de tensión entre los bornes A y B de los circuitos (a) y (b).

Adentrándonos en la parte experimental, pasaremos a medir la tensión sobre los bornes A y B de los circuitos de la *Figura 2* utilizando un voltímetro analógico.



**Figura 2:** Medición empírica de la caída de tensión entre los bornes A y B de los circuitos (a) y (b).

Habiendo utilizado el multímetro analógico *TRIPLETT 630-APLK*, se obtuvieron los siguientes resultados:

**Circuito (a):**  $V_{medido} = 6V$

**Circuito (b):**  $V_{medido} = 8,6V$

Sin embargo, al reemplazar el instrumento analógico por uno digital (en nuestro caso se utilizó un multímetro digital *UNI-T Modelo UT30F*) se obtuvieron los siguientes valores de tensión:

**Circuito (a):**  $V_{medido} = 8,91V$

**Circuito (b):**  $V_{medido} = 9,02V$

---

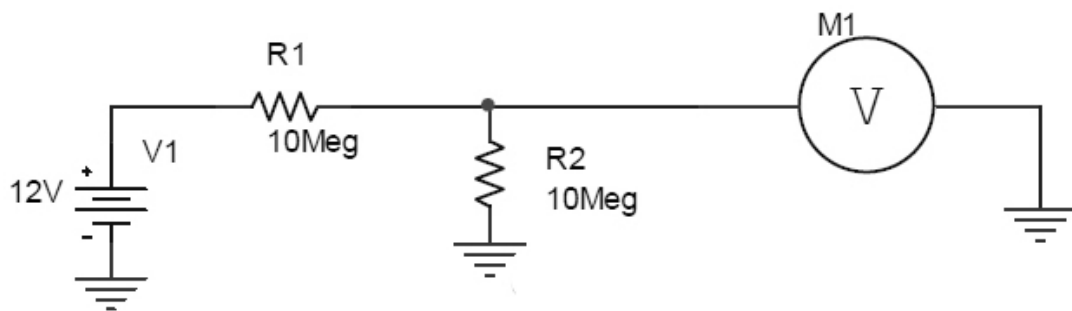
<sup>1</sup>Los valores ideales que se esperan registrar se han obtenido mediante simulaciones hechas en el software *Proteus*. Estas simulaciones se muestran en el *Apéndice A*.

En las mediciones hechas con ambos multímetros se puede observar que con el multímetro analógico los valores de la tensión son más bajos que con el multímetro digital, siendo estos últimos mas próximos a los valores ideales esperados. Notar que en el **Circuito (a)** se aprecia una mayor diferencia en la tensión medida que en el **Circuito (b)**.

Estas variaciones se deben a que las resistencias internas de los instrumentos son diferentes. Idealmente, estas resistencias internas son infinitas, de tal modo que por el voltímetro no pase corriente. Pero en la realidad, esto es imposible.

Si miramos el **Circuito (a)**, en el mutímetro analógico se leyeron  $6V$ , mientras que en el multímetro digital se observaron  $8,91V$ . Como los multímetros están en serie con la fuente y la resistencia de  $100k\Omega$ , a mayor resistencia interna del instrumento, menor va a ser la corriente que circula, y mayor la tensión que lee el instrumento. En el caso del analógico, los  $6V$  leídos significan que los otros  $3V$  se perdieron en la resistencia de  $100k\Omega$ . En cambio, con el digital sólo caen  $0,09V$  en la resistencia, lo que significa que la corriente es menor en este caso, y el multímetro digital se acerca más que el analógico a lo ideal.

Estos resultados reflejan la importancia de conocer la resistencia interna de los instrumentos que estamos utilizando para medir ya que, inevitablemente influirán en la precisión y exactitud de los datos de las variables que estamos midiendo.



**Figura 3:** Circuito divisor de tensión.

Considerando ahora el circuito divisor de tensión de la *Figura 3*<sup>2</sup>, se medirá la tensión sobre la resistencia  $R_2$  ubicada en el mismo. Si lo analizamos teóricamente, esperamos obtener una caída de tensión de  $6V$ . La medición empírica se ha realizado con un voltímetro analógico y uno digital. Los valores obtenidos fueron:

**Multímetro analógico:**  $V_{medido} = 0,3V$

**Multímetro digital:**  $V_{medido} = 3,9V$

Claramente hay una gran diferencia entre ambos instrumentos, siendo más alarmante la lectura dada por el multímetro analógico. Si nos remontamos a los resultados y conclusiones de las mediciones anteriores vemos que es muy lógico lo que acaba de ocurrir. El instrumento analógico, en función de voltímetro, posee una resistencia interna chica en comparación al valor del resistor  $R_2$ , por lo que, en el paralelo entre ambas predominará la primera de estas. De esta manera, la mayor caída de tensión se dará en la resistencia  $R_1$  ya que posee el mismo valor resistivo que  $R_2$ .

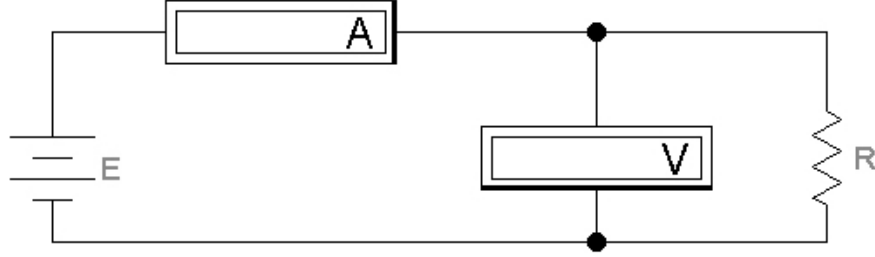
Sin embargo, en el multímetro digital, también en su función de voltímetro, la resistencia interna es mayor a la presentada por el instrumento analógico. Esto hará que la lectura de tensión sea mayor, aunque seguirá siendo menor al valor ideal que espera obtenerse debido a que la resistencia interna sigue siendo menor al valor resistivo de  $R_2$ .

Estos nuevos resultados confirman la significancia que tienen las resistencias internas provistas por los instrumentos.

<sup>2</sup>El valor de la tensión de la fuente es sólo como referencia, pero puede utilizarse cualquier otro razonable. En nuestro caso se mantuvieron los  $12V$  propuestos.

## 4.2. Parte 2

Se ha armado para el desarrollo de este apartado el circuito de medición mostrado en la *Figura 4*. Hemos utilizado en esta ocasión dos resistores cuyos valores están indicados como  $R_1 = 100\Omega$  y  $R_2 = 100k\Omega$ . Estos fueron colocados uno a la vez en el lugar representado en la figura como una resistencia  $R$ . Las mediciones fueron realizadas con multímetros analógicos y también con digitales.



**Figura 4:** *Circuito A*

En la *Tabla 2* se pueden observar los valores medidos y calculados para este circuito. Para el cálculo de las resistencias  $R$  se ha utilizado la *Ley de Ohm*:

$$R = \frac{V}{I}, \quad (1)$$

mientras que el *error relativo porcentual* de cada resistor se ha calculado como la suma de los errores relativos porcentuales de  $V$  e  $I$ :

$$\varepsilon_r(R) \approx \varepsilon_r(V) + \varepsilon_r(I) \quad (2)$$

Multímetro digital					Multímetro analógico			
100Ω	V	I	R	$\frac{\Delta R}{R}$	V	I	R	$\frac{\Delta R}{R}$
	V	mA	kΩ	%	V	mA	kΩ	%
	18.46	188.1	0.0981	1.39	4	44	0.909	3.85
	7.49	75.9	0.0987	1.56	6	66	0.909	3.57
	3.68	36.9	0.0997	1.85	8	88	0.909	3.43
100kΩ	V	I	R	$\frac{\Delta R}{R}$	V	I	R	$\frac{\Delta R}{R}$
	V	mA	kΩ	%	V	mA	kΩ	%
	30.94	0.31	99.81	7.53	4	0.062	64.52	7.11
	27.86	0.28	99.50	8.23	6	0.078	64.10	6.28
	29.85	0.30	99.50	7.75	8	0.092	65.22	5.75

**Tabla 2:** *Tabla de valores medidos y calculados para el circuito de la Figura 4.*

En el caso de las medidas con multímetros digitales, se han utilizado dos instrumentos de marcas diferentes. Para la medición de  $V$  se utilizó el multímetro *Brymen BM837RS*, por lo que el error relativo porcentual correspondiente a esta medición será:

$$\varepsilon_r(V) = \frac{0,08\% \times V_{medido} + 1d \times 1mV}{V_{medido}}, \quad (3)$$

Por otro lado, para la medición de  $I$  se utilizó el miltímetro *UNI-T UT30F*, pudiéndose calcular el error relativo porcentual cometido por este como:

$$\varepsilon_r(I) = \frac{1\% \times I_{medido} + 2d \times 10\mu A}{I_{medido}}, \quad (4)$$

Ahora bien, para la medida con instrumentos analógicos se han utilizado dos multímetros *TRIPLETT 630-APLK*. El error relativo porcentual correspondiente a la medición de  $V$  con este instrumento resulta:

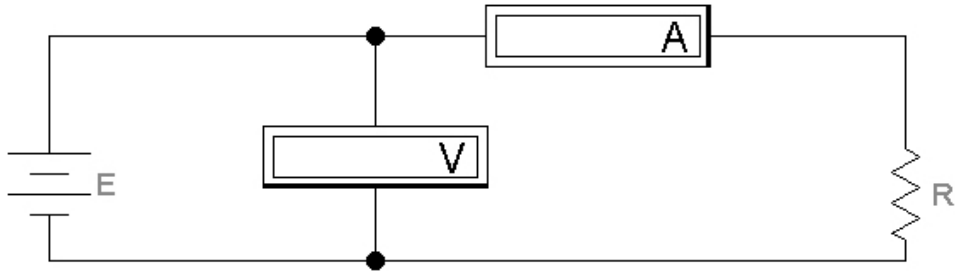
$$\varepsilon_r(V) = \frac{1,5\% \times V_{medido} + \frac{1}{2} \times Res}{V_{medido}}, \quad (5)$$

donde  $Res$  es la resolución correspondiente a la escala utilizada al momento de la medición. En el caso de la medición de la resistencia de  $100\Omega$  se ha utilizado la escala de  $2.5V$ , siendo  $Res = 50mV$ . Además, para la medición de la resistencia de  $100k\Omega$  se ha utilizado la escala de  $10V$ , siendo en este caso  $Res = 0.2V$ .

Por otro lado, el error relativo porcentual correspondiente a la medición de  $I$  resulta de la siguiente ecuación:

$$\varepsilon_r(I) = \frac{1,5\% \times I_{medido} + \frac{1}{2} \times 2\mu A}{I_{medido}}. \quad (6)$$

Hecho esto, se pasó a rearmar el circuito de manera de obtener la configuración mostrada en la *Figura 5*. Nuevamente hemos utilizado dos resistores cuyos valores están indicados como  $R_1 = 100\Omega$  y  $R_2 = 100k\Omega$ . Estos fueron colocados uno a la vez en el lugar representado en la figura como una resistencia  $R$ . Las mediciones fueron realizadas con multímetros analógicos y también con digitales.



**Figura 5:** *Circuito B*

En la *Tabla 3* se pueden observar los valores medidos y calculados para este último circuito. Para el cálculo de  $R$  y del error relativo porcentual de esta se volvieron a utilizar las ecuaciones (1) a la (6).

Multímetro digital					Multímetro analógico			
100 $\Omega$	V	I	R	$\frac{\Delta R}{R}$ %	V	I	R	$\frac{\Delta R}{R}$ %
	V	mA	k $\Omega$	%	V	mA	k $\Omega$	%
	8.51	68.5	0.124	1.58	1	8.8	0.114	6.64
	11.05	91.8	0.120	1.51	1.2	9.0	0.133	6.19
	14.84	134.4	0.110	1.44	1.4	9.6	0.146	5.83
100k $\Omega$	V	I	R	$\frac{\Delta R}{R}$ %	V	I	R	$\frac{\Delta R}{R}$ %
	V	mA	k $\Omega$	%	V	mA	k $\Omega$	%
	32.95	0.32	102.97	7.33	5	0.048	104.17	7.08
	29.99	0.29	103.41	7.98	7	0.068	102.94	5.90
	27.70	0.27	102.59	8.49	9	0.087	103.45	5.26

**Tabla 3:** Tabla de valores medidos y calculados para el circuito de la Figura 5.

Por último, se midieron los resistores anteriores con los multímetros analógico y digital respectivamente, en su función óhmetro. Las lecturas se encuentran volcadas sobre la Tabla 4.

Resistor	Multímetro digital	Multímetro analógico
$R_1(100\Omega)$	100,5 $\Omega$	85 $\Omega$
$R_2(100k\Omega)$	99,2k $\Omega$	100k $\Omega$

**Tabla 4:** Valores de los resistores medidos con los multímetros.

Adentrándonos en el análisis de resultados, en el *circuito A* se puede observar que, al estar el amperímetro conectado en serie con la fuente, la corriente medida es la total del circuito, pero si tenemos en cuenta que la resistencia del voltímetro no es ideal, entonces la corriente medida es mayor a la que circula por la resistencia, causando errores en las mediciones. En cambio, la medición de la tensión es la buscada, es decir, se encuentra bien medida.

En el *circuito B*, al estar el amperímetro conectado en serie con la resistencia, la corriente medida es la que circula por la resistencia. Sin embargo, como el voltímetro mide la caída de tensión sobre el amperímetro y la resistencia, teniendo en cuenta que los instrumentos no son ideales, entonces en el amperímetro se registra una caída de tensión, lo que eventualmente es causa de errores en las mediciones. En este caso decimos que la corriente se encuentra bien medida, mas no así la tensión.

Estos dos circuitos, como se puede observar, difieren en la configuración con que se conectan los instrumentos. Como hemos mencionado en los párrafos anteriores, en uno es posible medir de manera correcta la tensión pero resultando una mala medición de la corriente, mientras que en el otro se da el caso inverso. Por esta razón, a la configuración del *circuito A* se la denomina *conexión corta*, y a la configuración del *circuito B* se la conoce como *conexión larga*. En ambos casos, los valores de la resistencia medida no es exacto: en el caso de *conexión corta*, el valor obtenido es menor a lo esperado; y en el caso de la *conexión larga* el resultado da mayor a lo esperado. Estas discrepancias no se deben a errores sistemáticos, si no a las disposiciones mencionadas de los instrumentos en los circuitos que alteran los valores de corriente y tensión medidos.

En las medidas se puede observar la diferencia de exactitud de medición de los multímetros digitales en comparación con los multímetros analógicos utilizados. En el caso en el que se utilizó la resistencia de 100k $\Omega$  se puede ver que los errores no difieren en gran medida, a consecuencia de que la corriente medida por el amperímetro digital es muy pequeña para la escala provista, y por eso el error relativo es considerable.

El lector en este punto se preguntará la causa de los altos errores que se registraron en la medición correspondiente a la resistencia de 100k $\Omega$  mediante el uso del multímetro digital. Esto se debe a que, al momento de realizar la práctica, solo se contaba con un único tipo de multímetro capaz de ser utilizado como amperímetro (*UNI-T Modelo UT30F*), el cual poseía una escala mínima de corriente de 20mA. Si vuelve a observar la Tabla 2 y la Tabla 3, notará que los valores que hemos estado midiendo se encuentran muy por debajo de los 20mA, es decir, la mínima escala posible es muy grande en comparación con lo que se está sensando. De aquí el hecho de que los errores sean considerables. De todas maneras, se logró reducir en gran medida dicho error utilizando los valores máximos de tensión provistos por la fuente, de manera tal de obtener corrientes lo más grandes posibles.

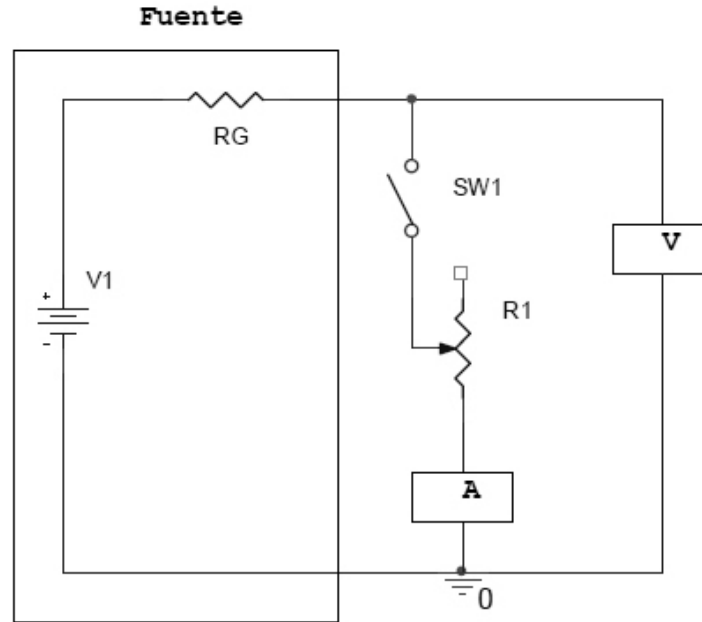


### 4.3. Parte 3

En este último apartado nos concentraremos en observar los efectos de carga sobre una fuente, utilizando para ello dos métodos distintos de medición de la regulación de carga: *método directo* y *método diferencial*.

#### 4.3.1. Método directo

Armaremos ahora el circuito de la *Figura 6*. Para este se utilizarán la fuente de laboratorio *F4* (la cual entrega una tensión de 7.04V continuos), el multímetro digital *UNI-T Modelo UT30F* (en función de voltímetro), el multímetro digital *Brymen BM837RS* (en función de amperímetro) y una resistencia variable de 10kΩ.



**Figura 6:** Circuito de medición directa.

Sobre este circuito, primeramente se realizó la medición de la tensión de salida con la *SW* abierta, es decir, la tensión de vacío. Luego se cerró la llave y se varió la resistencia hasta que la recta decreciente de *V* vs *I* dejó de ser lineal, adoptándose dicho valor de corriente como nominal. Dichos valores, junto a sus errores correspondientes, se muestran en la *Tabla 5*.

Llave SW abierta				Llave SW cerrada			
I [mA]	$\varepsilon \%$ (I)	V [V]	$\varepsilon \%$ (V)	I [mA]	$\varepsilon \%$ (I)	V [V]	$\varepsilon \%$ (V)
0	0	7.04	0.22	109	1.38	6.41	0.24

**Tabla 5:** Tabla de valores medidos por método directo.

Con estos valores sensados podemos calcular el valor de *Regulación de carga* ( $\eta_c$ ), el cual resulta:

$$\eta_c = \frac{V_0 - V_{PC}}{V_0} = \frac{7,04V - 6,41V}{7,04V} = 8.95 \% \quad (7)$$

siendo su error correspondiente el siguiente:

$$\begin{aligned}\Delta(\eta_c) &= (|\frac{1}{V_0}| \times \Delta V_{pc} + |\frac{V_{pc}}{V_0^2}| \times \Delta V_0) \times 100 \\ \Delta(\eta_c) &= (|\frac{1}{7,04V}| \times 16mV + |\frac{6,41V}{(7,04V)^2}| \times 16mV) \times 100 \\ \Delta(\eta_c) &= \mathbf{0.43\%}\end{aligned}\tag{8}$$

El valor de la resistencia serie de la fuente se obtiene de la siguiente manera:

$$R = \frac{V_0 - V_{pc}}{I_{pc}} = \frac{7,04V - 6,41V}{109mA} = \mathbf{5.78\Omega}\tag{9}$$

siendo su error correspondiente el siguiente:

$$\begin{aligned}\Delta(R) &= |\frac{1}{I_{pc} \times R}| \times 2\Delta V + |\frac{(V_0 - V_{pc})}{I_{pc}^2 \times R}| \times \Delta I_{pc} = \\ &= |\frac{1}{V_0 - V_{pc}}| \times 2\Delta V + |\frac{1}{I_{pc}}| \times \Delta I_{pc} \\ \Delta(R) &= |\frac{1}{0,63V}| \times 2 \times 16mV + |\frac{1}{(109mA)}| \times 1,51mA \\ \Delta(R) &= 0,1\Omega\end{aligned}\tag{10}$$

Por lo tanto, la resistencia serie de la fuente y la regulación de carga resultan:

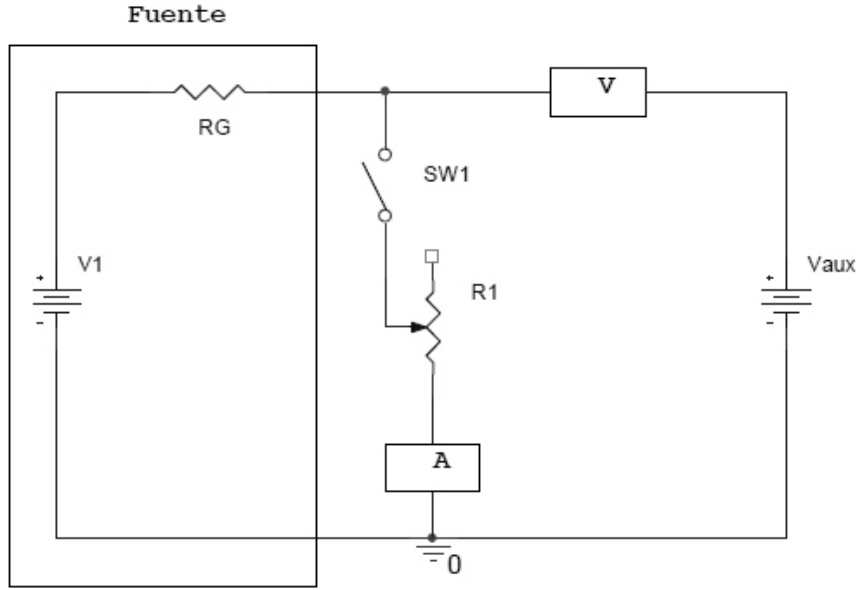
$$\begin{aligned}R &= (5,8 \pm 0,1)\Omega \\ \eta_c &= (8,95 \pm 0,43)\%\end{aligned}$$

Observando los resultados obtenidos podemos notar que, al cargar la fuente y al exigirle la entrega de una corriente cada vez mayor, la tensión entregada por esta disminuyó respecto de la tensión de vacío. Esto se debe a que las fuentes no son ideales, lo que significa que no tienen la capacidad de regular la tensión solicitada con independencia de la corriente que le sea solicitada (de todas maneras, existen integrados que permiten mantener constante la tensión, tales como los que se utilizan en las fuentes de computadoras).

El valor de regulación de carga ( $\eta_c$ ) da idea de la pendiente de descenso con la que disminuye la tensión con respecto a la corriente que se le esté exigiendo a la fuente. Por lo tanto, cuanto mayor sea el valor de regulación de carga, tanto peor será la fuente, ya que nos indica que no será capaz de mantenerse lo más cerca posible de su valor de tensión de vacío.

#### 4.3.2. Método diferencial

Por último, se pasará a armar el circuito de la *Figura 7*. Para este se utilizarán la fuente de laboratorio *F4* (la cual entrega una tensión de 7.07V continuos), el multímetro digital *UNI-T Modelo UT30F* (en función de voltímetro), el multímetro digital *Brymen BM837RS* (en función de amperímetro), una resistencia variable de 10k $\Omega$  y una fuente regulada *HP 721A*.



**Figura 7:** Circuito de medición diferencial.

Sobre este circuito, primeramente se realizó la medición de la tensión sobre el voltímetro con la  $SW$  abierta, es decir, la tensión de vacío. Manteniendo la llave abierta, se varió la tensión de la fuente auxiliar  $V_{aux}$  hasta lograr una lectura de cero volts sobre el voltímetro, con la mayor resolución posible. En caso de no poder alcanzarse el cero, como estrategia para eliminar el error sistemático se puede adoptar el valor más cercano posible a cero como tensión de referencia y luego hacer los calculos considerando dicha modificación.

Luego se cerró la llave y se varió la resistencia hasta que la recta decreciente de  $V$  vs  $I$  dejó de ser lineal, adoptándose dicho valor de corriente como nominal. Dichos valores, junto a sus errores correspondientes, se muestran en la *Tabla 6*.

Llave SW abierta				Llave SW cerrada			
I [mA]	$\varepsilon \%$ (I)	V [V]	$\varepsilon \%$ (V)	I [mA]	$\varepsilon \%$ (I)	V [V]	$\varepsilon \%$ (V)
0	0	0.013	0.96	114.4	1.38	-0.807	0.20

**Tabla 6:** Tabla de valores medidos por método diferencial.

Con estos valores sensados podemos calcular el valor de *Regulación de carga* ( $\eta_c$ ), el cual resulta:

$$\eta_c = \frac{V_0 - V_{PC}}{V_0} = \frac{0,013V - (-0,807V)}{0,013V} = \mathbf{1.02\%} \quad (11)$$

siendo su error correspondiente el siguiente:

$$\varepsilon_r \%( \eta_c ) = \varepsilon_r \%(V_0 - V_{pc}) + \varepsilon_r \%(V_0)$$

$$\varepsilon_r \%( \eta_c ) = \varepsilon_r \%(V_{pc}) + 2 \times \varepsilon_r \%(V_0)$$

$$\Delta(\eta_c) = \frac{\eta_c \times \varepsilon_r \%( \eta_c )}{100}$$

$$\Delta(\eta_c) = \frac{(0,20+2 \times 0,96)}{100} \times 1,02\%$$

$$\Delta(\eta_c) = \mathbf{0.03\%}$$

El valor de la resistencia serie de la fuente se obtiene de la siguiente manera:

$$R = \frac{V_0 - V_{pc}}{I_{pc}} = \frac{0,013V + 0,807V}{114,4mA} = \mathbf{7.17\Omega} \quad (12)$$

siendo su error correspondiente el siguiente:

$$\begin{aligned} \Delta(R) &= \left| \frac{1}{I_{pc} \times R} \right| \times 2\Delta V + \left| \frac{(V_0 - V_{pc})}{I_{pc}^2 \times R} \right| \times \Delta I_{pc} \\ &= \left| \frac{1}{V_0 - V_{pc}} \right| \times 2\Delta V + \left| \frac{1}{I_{pc}} \right| \times \Delta I_{pc} \\ \Delta(R) &= \left| \frac{1}{0,82V} \right| \times 2 \times 125\mu V + \left| \frac{1}{(114,4mA)} \right| \times 1,57mA \\ \Delta(R) &= 0,02\Omega \end{aligned} \quad (13)$$

Por lo tanto, la resistencia serie de la fuente y la regulación de carga resultan:

$$\begin{aligned} R &= (7,17 \pm 0,02)\Omega \\ \eta_c &= (1,02 \pm 0,03)\% \end{aligned}$$

#### 4.3.3. Diferencias entre métodos

Los resultados de los procedimientos, como puede notarse, no poseen una diferencia muy grande. Sin embargo, si uno observa las incertezas, en el *método diferencial* se introduce menos error debido a que el error sistemático es menos significativo, es decir, se reduce. La diferencia de incertezas reside en que en el circuito medido por el método diferencial no se calcula la resta de los valores de tensión en vacío y tensión de plena carga que aparecen en el numerador de la expresión de regulación de carga de la *Ecuación 7*. Por esta razón es que podemos concluir que el *método diferencial* es más exacto y más preciso que el *método directo*.

## 5. Conclusión

Hemos transitado por varias experiencias y gracias a ellas hemos podido consolidar la idea de que los multímetros deben ser considerados como factores de incidencia y variabilidad a la hora de realizar mediciones. Es decir, uno debe ser conciente de que estos no son instrumentos ideales y de que los valores que se midan dependerán de cómo se configure la conexión ya que los mismos influirán en el funcionamiento del dispositivo a medir.

Además, hay que señalar la importancia de tomar en cuenta, al momento de realizar las mediciones, la magnitud de los valores que se van a medir, y decidir si el instrumento elegido es el adecuado, ya que sin esta reflexión previa se puede desembocar en un error mucho mas grande de lo esperado.

# Apéndice A

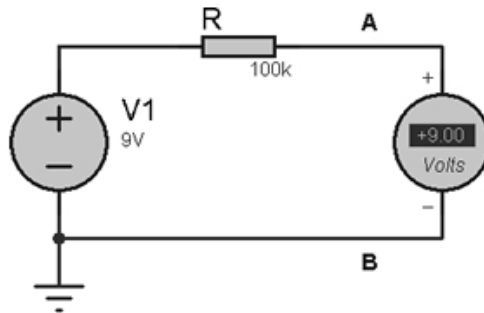
*“Simulaciones”*



En el presente apéndice se muestran los resultados obtenidos al simular los circuitos propuestos en la *sección 4.1*. Dichas simulaciones fueron realizadas con el software *Proteus*<sup>3</sup>.

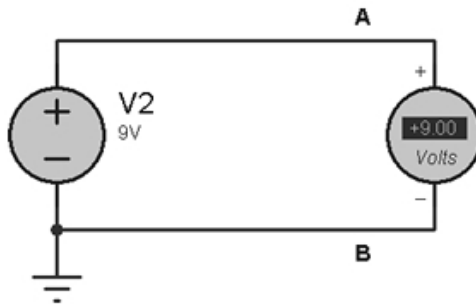
### Simulación de los circuitos de la *Figura 1*.

En la *Figura 8* se muestra el *circuito (a)* de la *Figura 1* armado en el simulador. Una vez iniciada la simulación, tal como se puede advertir, se han registrado los 9V esperados. Vale aclarar que se ha configurado el voltímetro utilizado para comportarse como un instrumento ideal. Para lograr esto se le ha seteado una resistencia interna muy grande.



**Figura 8:** Simulación del circuito (a) de la *Figura 1*.

Para el caso del *circuito (b)* de la *Figura 1* se ha armado en el simulador el circuito tal como se muestra en la *Figura 9*. Al realizar la simulación, como se puede ver, se han obtenido nuevamente 9V.

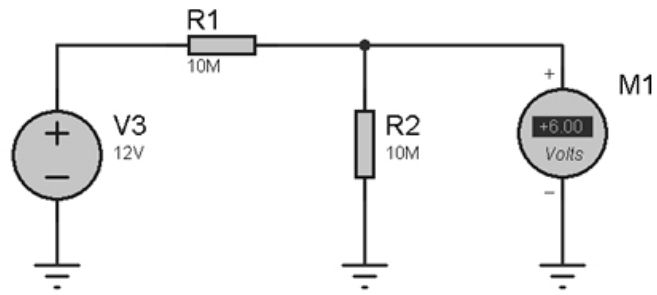


**Figura 9:** Simulación del circuito (b) de la *Figura 1*.

### Simulación de los circuitos de la *Figura 3*.

En la *Figura 10* se muestra el circuito de la *Figura 3* armado en el simulador. Una vez iniciada la simulación, tal como se puede advertir, se han registrado los 6V esperados.

<sup>3</sup>Para mas información sobre el software *Proteus* puede dirigirse a <http://www.labcenter.com/index.cfm>



**Figura 10:** *Simulación del circuito de la Figura 3.*



# Apéndice B

*“Correcciones”*



## Correcciones realizadas en el informe

A continuación se enuncian y listan las correcciones hechas sobre el informe respecto de la primera versión entregada:

- Se ha cambiado la *única* aparición de la palabra “voltaje” por la palabra “tensión” a causa de que “voltaje” es una traducción errónea del equivalente en inglés para la palabra tensión (voltage).
- Se ha agregado un apéndice (*Apéndice A*) en el cual se muestran las simulaciones correspondientes a los circuitos de medición de la *sección 4.1* de manera de poder constatar los valores ideales esperados al inicio de dicho apartado.
- Se han rehecho las tablas 2 y 3 de la *sección 4.2* y se ha agregado el por qué de las diferencias en los valores de  $R$ .
- Se han rehecho las tablas 5 y 6 de la *sección 4.3*, como así también las cuentas. Se ha modificado el cálculo del error absoluto de la regulación de carga en el *método diferencial*.
- Se ha modificado la *sección 4.3.3* de manera de expresar una conclusión y comparación aún más clara de los resultados obtenidos en secciones anteriores.



# Apéndice C

*“Hojas de datos de instrumentos de medición”*

## **Multímetro Analógico TRIPLETT mod. 630-APLK**

### **Características Técnicas**

<b>FUNCIÓN</b>	<b>Rangos / Sensibilidad</b>	<b>Exactitud *</b>
Milivolts DC	0 a 250 mV – 10.000 $\Omega$ / Volt	1,5 % de plena escala
Volts DC	0-2,5-10-50-1000-5000 – 20.000 $\Omega$ / Volt	5000 V 3.5 % de Plana escala. Todos los otros rangos 1,5 % de Plena escala
Volts AC **	0-3-10-50-250-1000-5000 - 5.000 $\Omega$ / Volt	5000 Volts 5 % de Plena escala Todos los otros rangos 3 % de Plena escala
MicroAmperes DC	0 – 100 a 250 mVolts	1,5 % de plena escala
MiliAmperes DC	0 – 10 – 100 a 250 mVolts 0 – 1000 a 400 mVolts	1,5 % de plena escala
Amperes DC	0 – 10 a 600 mVolts	1,5 % de plena escala
Ohms	0 – 1000 – 10.000 ( 4,4 / 44 $\Omega$ ½ Escala )	1,5 % de la longitud de la escala
MegOhms	0 – 1 – 100 ( 4,4 / 440 K $\Omega$ ½ Escala )	1,5 % de la longitud de la escala
OutPut Volts (AC)	0-3-10-50-250 - 5.000 $\Omega$ / Vol	3 % de Plena escala
Decibeles	- 20 a + 11/21/35/49 sobre 600 $\Omega$ ***	3 % de la longitud de la escala en el punto de lectura.

\* Calibrado a 25 °C

\*\* Calibrado a 60 Hz con onda senoidal pura

\*\*\* La escala directa se corresponde con la selección de tensión AC de 3 Volts máximo.( 0 dBm = 0,774 Vac sobre 600  $\Omega$  , 1 mW sobre 600  $\Omega$  )

Para las escalas siguientes se debe adicionar a la lectura en dB una cantidad dada por :

$$\text{dB ad} = 20 \log ( \text{Escala 2} / \text{Escala 1} )$$

Así para la escala de 10 Volts AC a la lectura de la escala deberá adicionarse :

$$\text{dB ad} = 20 \log ( 10 / 3 ) = 10.46 \text{ dB}$$

**Protecciones :** Detector de Sobrecarga que protege tanto el instrumento propiamente dicho como el resto del aparato .

**Escalas :** Longitud máxima 4,5 pulgadas ( 115 mm ) con espejo para eliminación de error de paralaje.

**Baterías :** 1,5 Volts para las escalas de X1 , X10 y X1K del Óhmetro y 30 Volts para la escala de X100K

**Multímetro Digital UNI-T**  
**Mod. UT30F**

**Características Técnicas**

Rango	Resolución	Exactitud
Tensión Continua		
200 mV	100 μV	± ( 0,5 % lectura + 2 dígitos )
2000 mV ( 2V )	1 mV	
20 V	10 mV	
200 V	100 mV	
500 V	1 V	
Impedancia de Entrada : 10 MΩ para todos los rangos. Protección contra sobrecargas : en el rango de 200 mV está protegido a 230V ( AC/DC ), en los otros rangos está protegido a 500 V ( AC o DC )		
Tensión Alterna		
200 mV	100 μV	± ( 1.2 % lectura + 3 dígitos )
2 V	1 mV	± ( 1 % lectura + 3 dígitos )
20 V	10 mV	
200 V	100 mV	
500 V	1V	± ( 1.2 % lectura + 3 dígitos )
Impedancia de Entrada : 10 MΩ Frecuencia : 40 ~ 400 Hz Display : Valor RMS de onda senoidal ( Valor medio ) Protección contra sobrecargas : en el rango de 200 mV está protegido a 230 V ( AC/DC ) , otros rangos están protegidos a 500 V ( AC o DC )		
Corriente Continua		
200 μA	100 nA	////////////////////////////////////
2000 μA	1 μA	////////////////////////////////////
20 mA	10 μA	± ( 1% lectura + 2 dígitos )
200 mA	100 μA	± ( 1.2% lectura + 2 dígitos )
10 A	10 mA	± ( 2% lectura + 5 dígitos )
Protección contra Sobrecargas : Fusible 0.3 A/250V. La escala de 10 A no está protegida por fusible. . El tiempo límite de medición para esta escala es igual o menor a 10 segundos , y el intervalo de tiempo entre medidas no debe ser menor de 15 minutos. Caída de tensión : 200 mV para plena escala.		
Corriente Alterna		
200 mA	100 μA	± ( 1.8% lectura + 3 dígitos )
10 A	10 mA	± ( 3% lectura + 7 dígitos )
Protección contra Sobrecargas : fusible de 0.3 A /250V .La escala de 10 A no está protegida por fusible. . El tiempo límite de medición para esta escala es igual o menor a 10 segundos , y el intervalo de tiempo entre medidas no debe ser menor de 15 minutos. Respuesta en frecuencia : 40 Hz ~ 400 Hz. Display : Valor RMS para onda senoidal pura ( valor medio )		
Resistencia		
200 Ω	0.1 Ω	± ( 0.8% lectura + 5 dígitos )
2000 Ω ( 2 KΩ )	1 Ω	± ( 0.8% lectura + 2 dígitos )
20 KΩ	10 Ω	
200 KΩ	100 Ω	
2 MΩ	1 KΩ	
20 MΩ	10 KΩ	± ( 1% lectura + 5 dígitos )
Protección contra sobrecargas : Todos los rangos protegidos a 230 V ( DC / AC )		

Rango	Resolución	Exactitud
<b>Temperatura</b>		
- 40 °C ~ 150 °C	1 °C	$\pm ( 1\% \text{ lectura } + 3 \text{ dígitos } )$
150 °C ~ 1000 °C	1 °C	$\pm ( 1.5\% \text{ lectura } + 15 \text{ dígitos } )$
Protección Contra sobrecargas : 230 V ( AC/DC ). Trasductor de temperatura : Tipo K Standard Internacional Termocupla ( Nicrom – Niquel Silicio )		
<b>Frecuencia ( Autorango )</b>		
2 KHz ~ 10 MHz	1 Hz ~ 10 KHz	$\pm ( 0.1\% \text{ lectura } + 3 \text{ dígitos } )$
Protección contra sobrecargas : 230 V ( AC / DC ) Sensibilidad de entrada : ( 10 Hz ~ 1 MHz ) $\leq 500 \text{ mVp-p}$ ( 1 MHz ~ 10 MHz ) $\leq 1 \text{ Vp-p}$ . Máxima tensión de entrada : $\leq 10 \text{ Vp-p}$		

Temperatura de Operación : 0 °C ~ 40 °C .  
 Temperatura de almacenamiento : -10 °C ~ 50 °C  
 Altitud : Operación : 2000 m  
 Almacenamiento : 10000m

Humedad Relativa : Máx 80 % para temperatura hasta 31 °C , disminuyendo linealmente a 50% de humedad relativa a 40 °C.  
 Batería : NEDA 1064 o 6F22 o 006P  
 Indicación de batería Baja en el display .  
 Dimensiones : 75mm x 130 mm x 36 mm  
 Peso Aprox. 150 grs.  
 Tensión máxima entre cualquier terminal y tierra : 600 Vrms.

Prueba de Diodos : resolución = 1mV , el display muestra la caída de tensión aproximada.  
 Medición de Transistores : ( hFE ) , resolución  $1\beta$  -  $I_{bo} \approx 10 \mu\text{A}$  ;  $V_{ce} \approx 3 \text{ V}$ .  
 Beeper de medición de continuidad : Resolución 1  $\Omega$  , El beeper suena con  $R \leq 70 \Omega$  .  
 Protección contra sobrecargas : 230 V ( DC/AC ) solamente beeper y prueba de diodos.



## Especificaciones Fuentes Hewlett Packard 721A

Tensión de salida	Regulada 0 a 30V variable continuamente.
Corriente máxima de salida	150mA.
Regulación contra carga	Con el instrumento del panel frontal indicando tensión, el cambio en la tensión de salida de vacío a plena carga es menor al 0,3% o 30 mV, cualquiera que sea mayor.
Regulación contra línea	El cambio en la tensión de línea para una variación de +/- 10% de la tensión nominal de alimentación es menor que +/- 0,3% o +/- 15mV, cualquiera que sea mayor.
Ripple mas ruido	Menor de 150 $\mu$ V RMS
Impedancia de salida	Menor de 0,2 Ohm en serie con menos de 30 $\mu$ H con el instrumento del panel frontal midiendo tensión.
Rangos del Instrumento del panel frontal	Indicaciones a plena escala de: 10mA, 30mA, 100mA, 300mA, 10V y 30V.
Protección de sobrecarga	La corriente máxima entregada se puede limitar por medio de una llave en 4 pasos: 25mA, 50mA, 100mA y 225mA.
Terminales de salida	3 conectores tipo banana espaciados 19mm. Los terminales positivo y negativo son flotantes. Se puede conectar un máximo de 400V entre tierra y cualquiera de los terminales de salida.
Alimentación	115/230V CA, +/- 10%, 50/60Hz, 16W.

Nota: Cuando el instrumento del panel frontal monitorea corriente de salida, el resistor de derivación (shunt) está en serie con los terminales de salida, por lo que dicha resistencia se agrega a la impedancia de salida de la fuente según lo indica la tabla siguiente:

RANGO DE CORRIENTE DEL INSTRUMENTO	RESISTENCIA INTERNA ADICIONAL
10mA	10 Ohm
30mA	3,33 Ohm
100mA	1 Ohm
300mA	0,33 Ohm