

Determinación de la resistencia interna de una batería.

1.-Objetivos.

El objetivo fundamental de este trabajo de prácticas es que el estudiante aplique los conceptos que ha estudiado en las sesiones teóricas sobre errores y experimentación a un caso práctico. Para ello se le proporcionan los datos de una experiencia real que los trate y elabore un informe de prácticas, tal y como tendrá que hacer cuando comience a trabajar en el laboratorio. La experiencia seleccionada es la determinación de la resistencia interna de una batería cuyo fundamento teórico y montaje experimental se explican en las secciones 2 y 3.

2-Fundamento Teórico.

Para mantener una corriente estacionaria en un conductor es preciso mantener en su interior un campo eléctrico, o lo que es lo mismo, una diferencia de potencial constante entre sus extremos, y esto exige un consumo de energía que será necesario suministrar desde el exterior. Un aparato dispositivo que suministra energía eléctrica recibe el nombre de fuente de fuerza electromotriz o simplemente fuente de *fem*. Este dispositivo convierte la energía química o mecánica u otras fuentes de energía en energía eléctrica. Una fuente de *fem* realiza trabajo sobre la carga que pasa a su través, elevando la energía potencial de la carga. Este incremento de energía potencial por unidad de carga recibe el nombre de fuerza electromotriz de la fuente. Cuando la carga Q fluye a través de una fuente de *fem* su energía potencial aumenta en una cantidad Q . La unidad de *fem* es el voltio la misma que la de unidad potencial. Una **batería ideal** es una fuente de *fem* que mantiene una diferencia de potencial constante entre sus dos terminales, independiente del flujo de carga que exista entre ellos. La diferencia de potencial entre los terminales de una batería ideal es igual en magnitud a la *fem* de la batería.

En una **batería real** la diferencia de potencial entre los bornes de la batería, denominada tensión en bornes, no es simplemente igual al valor de la *fem* de la batería. Esto se debe a que cualquier generador de energía eléctrica real, como cualquier conductor, tiene su propia **resistencia óhmica interna** en la que se disipará una cierta cantidad de energía. Así pues, una batería ideal puede considerarse como una batería ideal de *fem* en serie con una pequeña resistencia interna r_s .

3.- Montaje experimental y resultados experimentales.

El objetivo de esta práctica de laboratorio es determinar la resistencia interna y la fuerza electromotriz de una fuente de tensión continua. Para ello, se monta el circuito de la figura 1, en el que la parte sombreada corresponde a la batería, $\mathcal{E}$ es el valor de la fuerza electromotriz de la batería r_s es la resistencia interna, R_L es una resistencia de carga externa variable (potenciómetro), V_L es la diferencia de potencial entre los extremos de esta resistencia e I la intensidad que recorre el circuito.

Este circuito se conoce con el nombre de **partidor de tensión**. La ecuación que relaciona la tensión en los extremos de la resistencia de carga, la intensidad que recorre el circuito y la fuerza electromotriz de la batería es:

$$V_L = \mathcal{E} - r_s I \quad [1]$$

que como vemos es una relación lineal. De esta manera, si variamos la intensidad que recorre el circuito (mediante el potenciómetro R_L) y medimos, para cada intensidad, los valores de V_L , podemos determinar experimentalmente varios puntos de la recta [1]. A partir de estos, se pueden calcular la pendiente de la recta a , y su ordenada en el origen b (con sus correspondientes errores Δa y Δb) mediante un **ajuste por mínimos**

cuadrados. Por comparación entre la ecuación general de la recta y la ecuación [1] obtendremos la resistencia interna y la fuerza electromotriz en vacío (circuito abierto) de la batería.

$$V_L = -r I + \mathcal{E}$$

$\Rightarrow$

$$y = b + ax \quad -r = a \quad \mathcal{E} = b$$

Una vez obtenido los datos, será posible calcular algunas magnitudes derivadas, como la curva de potencia suministrada en función del valor de la resistencia de carga.

Resultados experimentales

Los valores obtenidos en esta experiencia para la intensidad I y para la tensión en la resistencia de carga V_L se muestran en la tabla siguiente:

Intensidad (A)	Tensión (V)
0.2111	11.568
0.3036	11.121
0.3855	10.799
0.4942	10.561
0.5971	10.097
0.6930	9.476
0.7976	9.723
0.8954	9.218
1.0067	9.033
1.0960	8.888
1.1913	8.256
1.3019	7.822
1.3908	7.314
1.5006	7.273
1.6094	7.468
1.7010	6.910
1.8054	6.754
1.9013	6.667
1.9971	5.875

La intensidad se determinó con un amperímetro con un error instrumental de I de 10^{-3} amperios y la tensión con un voltímetro con un error V de 10^{-2} voltios.

tabla con su correspondiente error:

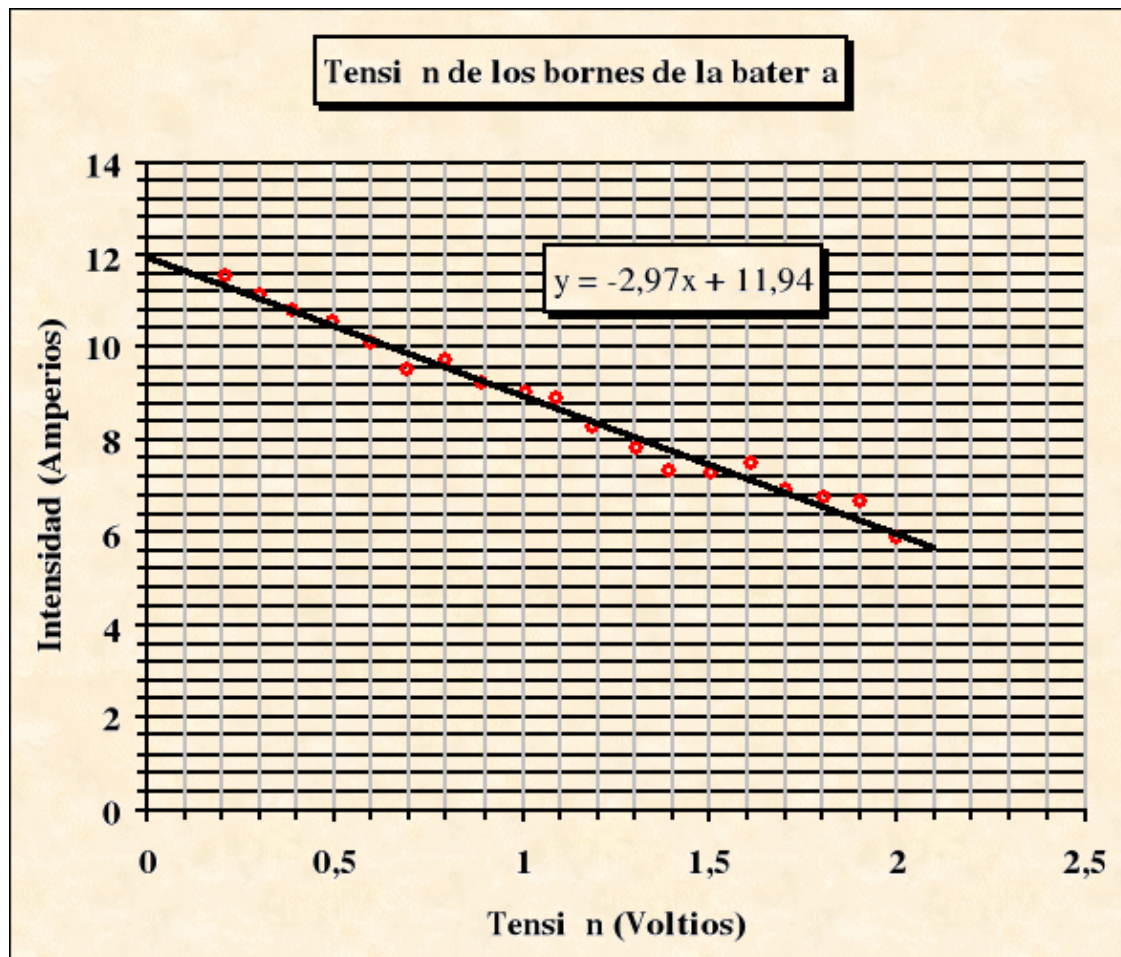
Intensidad (A)	Tensión (V)
$(211 \pm 1) \cdot 10^{-3}$	$(1157 \pm 1) \cdot 10^{-2}$
$(304 \pm 1) \cdot 10^{-3}$	$(1112 \pm 1) \cdot 10^{-2}$
$(386 \pm 1) \cdot 10^{-3}$	$(1080 \pm 1) \cdot 10^{-2}$

$(494 \pm 1) \cdot 10^{-3}$	$(1056 \pm 1) \cdot 10^{-2}$
$(597 \pm 1) \cdot 10^{-3}$	$(1010 \pm 1) \cdot 10^{-2}$
$(693 \pm 1) \cdot 10^{-3}$	$(948 \pm 1) \cdot 10^{-2}$
$(798 \pm 1) \cdot 10^{-3}$	$(972 \pm 1) \cdot 10^{-2}$
$(895 \pm 1) \cdot 10^{-3}$	$(922 \pm 1) \cdot 10^{-2}$
$(1007 \pm 1) \cdot 10^{-3}$	$(903 \pm 1) \cdot 10^{-2}$
$(1096 \pm 1) \cdot 10^{-3}$	$(889 \pm 1) \cdot 10^{-2}$
$(1191 \pm 1) \cdot 10^{-3}$	$(826 \pm 1) \cdot 10^{-2}$
$(1302 \pm 1) \cdot 10^{-3}$	$(782 \pm 1) \cdot 10^{-2}$
$(1391 \pm 1) \cdot 10^{-3}$	$(731 \pm 1) \cdot 10^{-2}$
$(1501 \pm 1) \cdot 10^{-3}$	$(727 \pm 1) \cdot 10^{-2}$
$(1600 \pm 1) \cdot 10^{-3}$	$(747 \pm 1) \cdot 10^{-2}$
$(1701 \pm 1) \cdot 10^{-3}$	$(691 \pm 1) \cdot 10^{-2}$
$(1805 \pm 1) \cdot 10^{-3}$	$(675 \pm 1) \cdot 10^{-2}$
$(1901 \pm 1) \cdot 10^{-3}$	$(667 \pm 1) \cdot 10^{-2}$
$(1997 \pm 1) \cdot 10^{-3}$	$(588 \pm 1) \cdot 10^{-2}$

4.- Obtención de los valores de la resistencia interna y la tensión en vacío de la fuente.

En este apartado se representa los puntos experimentales en una gráfica V_L , en ordenadas e I en abscisas y se procedera del siguiente modo:

- El primer paso sera determinar la ecuación de la resta de ajuste y el coeficiente de correlación de los datos mediante el método de los mínimos cuadrados explicado en las sesiones teoricas. A la luz de los resultados se comentará la bondad de los datos experimentales.



Recta de ajuste:

El resultado es : $a = -2,97$

El resultado: $b = 11,94$

El coeficiente de correlación:

resultado: $r = -0,9904$

- A partir de los valores de la pendiente y de la ordenada en el origen de la recta de ajuste (y de sus correspondientes errores,), y utilizando las ecuaciones [1] y [2] se determinará el valor de la resistencia interna de la fuente y de la tensión en el vacío (fuerza electromotriz) hay que expresar correctamente el error de estas cantidades.

$$r_s = 2,9716 \pm r_s$$

$$= 11,9403 \pm V$$

El resultado es $r_s = 0,1005$

El resultado es $= 0,1189$

Entonces,

$$r_s = 2,97 \pm 0,10$$

$$= 11,94 \pm 0,12 \text{ V}$$

5.-Obtención de la curva de potencia disipada en la fuente.

En esta sección calcularemos la potencia disipada en la fuente en función de la resistencia de carga que se conecta se puede hacer por dos procedimientos :

1.- A partir de la expresión $P = I$, siendo la fuerza electromotriz de la fuente (cuyo error hemos calculado en el apartado anterior) e I la intensidad de corriente que circula por el circuito. En este caso , utilizando los datos de intensidad que se otuvieron experimentalmente determine, para cada valor de la tabla la potencia disipada. Es muy importante que se exprese correctamente el error cometido en esta medida indirecta.

Intensidad (A)	P = I (w)
0.2111	2,52
0.3036	3,62
0.3855	4,60
0.4942	5,90
0.5971	7,12
0.6930	8,27
0.7976	9,52
0.8954	10,69
1.0067	12,02
1.0960	13,08
1.1913	14,22
1.3019	15,54
1.3908	16,60
1.5006	17,91
1.6094	19,21
1.7010	20,31
1.8054	21,55
1.9013	22,70
1.9971	23,84

Para calcular el error:

$$P = I + I \cdot I_2$$

El error cometido es de **0,01 w**.

2.- El segundo método consiste en determinar la potencia a partir de la expresión $P = r_s I^2$, donde ahora se utiliza la resistencia interna de la fuente y de la intensidad en lugar de la fem. Procederemos de la misma forma que en el caso anterior y compararemos , a la luz del error cometido en ambos procedimientos y cual de los dos es mejor.

Intensidad (A)	P = $r_s I^2$
0.2111	0,1324

0.3036	0,2739
0.3855	0,4416
0.4942	0,7258
0.5971	1,0594
0.6930	1,4271
0.7976	1,8904
0.8954	2,3824
1.0067	3,0115
1.0960	3,5695
1.1913	4,2172
1.3019	5,0366
1.3908	5,7480
1.5006	6,6914
1.6094	7,6969
1.7010	8,5979
1.8054	9,6857
1.9013	10,7420
1.9971	11,8518

Para calcular el error:

El error cometido es de **0,001 W**

6.- Trabajo bibliográfico .

Busque en la bibliografía proporcionada en el programa de la asignatura, el concepto de resistencia interna de una batería y encuentre un método para determinar teóricamente que valor de la resistencia de carga R_L hace que la potencia disipada en una fuente real sea máxima.

En una batería real la diferencia de potencial entre los bornes de la batería, denominada tensión en bornes no es simplemente igual al valor de la fem de la batería. Consideremos el simple circuito formado por una batería real y una resistencia, como muestra la figura siguiente:

Si la corriente varía modificando la resistencia R y se mide la tensión en bornes , resulta que ésta decrece ligeramente a medida que crece la intensidad de la corriente, justo como si existiera una pequeña resistencia dentro de la batería. Así pues , una batería real puede considerarse como una batería ideal de fem $\mathcal{E}$ más una pequeña resistencia r , denominada resistencia interna de la batería.

Calculo teorico :

La resistencia externa R se denomina a veces resistencia de carga. La potencia suministrada a R es I^2R . La potencia de entrada es pues,

La figura siguiente muestra un gráfico de P en función de R . En el valor de R para el cual P es máximo, la pendiente de la curva es cero.

Podemos obtener este valor de R haciendo que dP/dR sea igual a cero. Así resulta,

Multiplicando cada uno de los términos por $(r + R)^2$ / resulta

$$R + r = 2R$$

O sea,

$$R = r$$

El valor máximo de P ocurre cuando $R = r$, es decir , cuando la resistencia de carga es igual a la resistencia interna. Un resultado semejante tiene lugar en los circuitos de corriente alterna más complejos, lo que se conoce como igualación de impedancias.

7.- Bibliografía.

1.-

Paul A. Tipler

Física tercera edición

Editorial Reverté, S.A.

Fundamentos Físicos de la Informática

$$P = I^2 R_L = \frac{\epsilon^2}{(r_s + R_L)^2} R_L = \epsilon^2 R_L (r_s + R_L)^{-2}$$

Figura 1

RL

I

+

r_s

$$\Delta P = \left| \frac{P}{r_s} \right| \Delta r_s + \left| \frac{P}{I^2} \right| \Delta I^2$$

$$a = \frac{\sum_{i=1}^N x_i y_i - \frac{\sum_{i=1}^N x_i \sum_{i=1}^N y_i}{N}}{\sum_{i=1}^N x_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^N x_i)^2}{N}}$$

$$b=\frac{\sum_{i=1}^N y_i - a \sum_{i=1}^N x_i}{N}$$

$$r=\frac{\sum_{i=1}^N x_i y_i - \sum_{i=1}^N x_i \sum_{i=1}^N y_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^N x_i^2 - \sum_{i=1}^N x_i^2 \sum_{i=1}^N y_i^2 - \sum_{i=1}^N y_i^2}}$$

$$\Delta \epsilon = \frac{1}{N} + \frac{\overline{x}^{-2}}{\sum_{i=1}^N \left(x_i - \overline{x}\right)^2} \frac{\sum_{i=1}^N \left(y_i - a \overline{x_i} - b\right)^2}{\left(N-2\right)}^{\frac{1}{2}}$$

$$\Delta r_s = \frac{\sum_{i=1}^N \left(y_i - a \overline{x_i} - b\right)^2}{\left(N-2\right) \sum_{i=1}^N \left(x_i - \overline{x}\right)^2}^{\frac{1}{2}}$$

$$\frac{dP}{dR} = \epsilon^2 \big(r_s + R_L\big)^{-2} + \epsilon^2 R_L \big(-2\big) \big(r_s + R_L\big)^{-3} = 0$$

$$\Delta P = r_s \Delta I + 2 r_s I \Delta I^2$$

$$\left|\frac{P}{r_s}\right|=\left|\frac{I^2r_s}{r_s}\right|=2r_sI$$

$$\left|\frac{P}{I^2}\right|=\left|\frac{r_sI^2}{I^2}\right|=r_s$$