

## Resistencia interna de una pila

### Fundamento

Las pilas eléctricas se caracterizan por su fuerza electromotriz  $\varepsilon$  y por su resistencia interna  $r$ . El valor de  $r$  en general en las pilas comerciales es inferior a 1 ohmio. Con la finalidad de medir ambas magnitudes se monta un dispositivo como el indicado esquemáticamente en la figura 1, siendo el montaje real el de la figura 2.

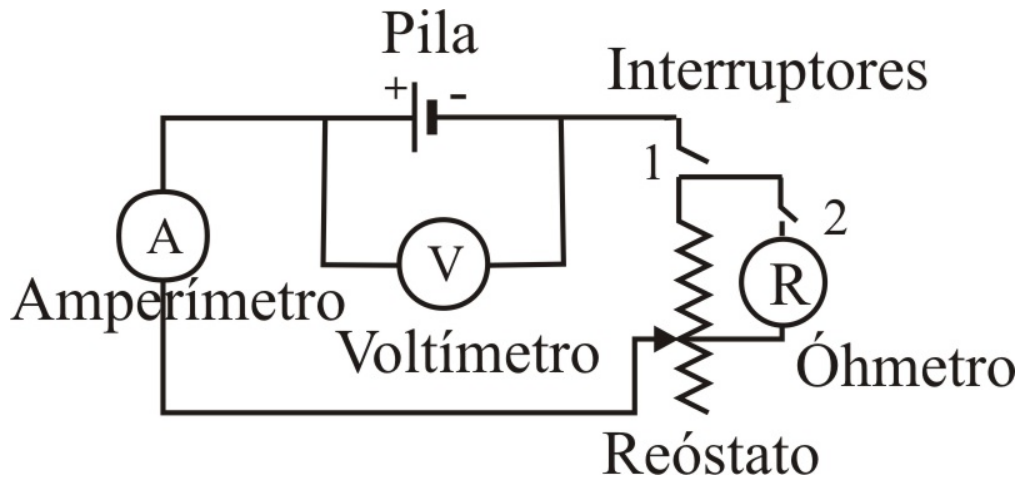


Fig.1

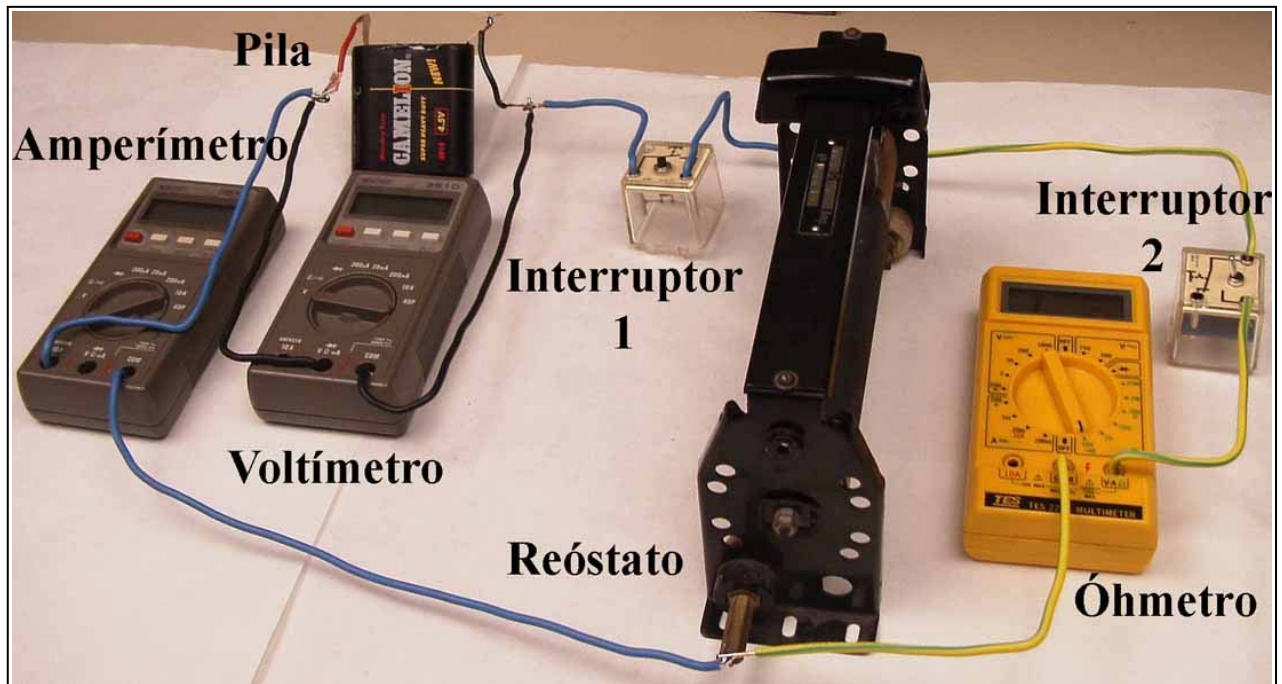


Fig.2

El reóstato empleado es un tubo que lleva enrollado un hilo conductor que por su grosor permite que circulen corrientes superiores a un amperio. Sobre el hilo conductor se puede deslizar un cursor y según su posición se abarca más o menos hilo, lo que permite que el reóstato se comporte en el circuito como una resistencia variable que designamos con  $R$  y que denominamos

resistencia exterior o de carga. Dicha resistencia se medirá a lo largo del experimento mediante el óhmetro.

El voltímetro mide la caída de tensión entre los bornes de la pila y el amperímetro mide la intensidad de la corriente que pasa por el circuito.

Los tres aparatos no pueden funcionar simultáneamente, porque el óhmetro debe realizar sus medidas sin corrientes externa, por esa razón se han colocado dos interruptores siendo la forma de operar la siguiente:

1) El interruptor 1 está abierto y se cierra el 2, el voltímetro y el amperímetro no marcan; el óhmetro mide la resistencia del reóstato  $R$  (resistencia exterior).

2) Se abre el interruptor 2 y se apaga el óhmetro y a continuación se cierra el interruptor1, el amperímetro indica la intensidad de corriente y el voltímetro la diferencia de potencial

La ley de Ohm generalizada para el circuito establece:

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r} \quad (1)$$

Por otra parte  $\Delta V = IR$ , siendo  $\Delta V$  la diferencia de potencial entre los extremos de la pila los valores de  $\Delta V$  se leen en el voltímetro. Combinado esta relación con la ecuación (1) resulta

$$\Delta V = \varepsilon - Ir$$

Si en el circuito hacemos variar la resistencia externa  $R$ , entonces cambiará  $\Delta V$  e  $I$ . Al representar gráficamente  $\Delta V$  (eje Y) frente a  $I$  (eje X) se obtiene una línea recta, cuya pendiente es la resistencia interna de la pila y cuya ordenada en el origen es su fuerza electromotriz.

La potencia consumida en la resistencia variable,  $P_R$ , es el producto  $I^2R$  y la potencia consumida en la resistencia interna,  $P_r$ , se calcula mediante la expresión  $I^2 r$ .

Al representar  $P_R$  frente a  $R$  se obtiene una curva que presenta un máximo cuando  $R = r$

$$P_R = I^2 R = \frac{\varepsilon^2}{(R+r)^2} R \quad \Rightarrow \quad \frac{dP_R}{dR} = \varepsilon^2 \frac{(R+r)^2 - R \cdot 2(R+r)}{(R+r)^4} = 0 \quad \Rightarrow$$
$$(R+r)^2 - 2R(R+r) = 0 \quad \Rightarrow \quad R+r - 2R = 0 \quad \Rightarrow \quad R = r$$

El experimento presenta alguna dificultad de ejecución, ya que cuando la corriente  $I$  es intensa (de hecho en algún caso del orden de los amperios) la pila se descarga inmediatamente y además se calienta y esto lleva aparejado un cambio en  $r$ . Por tanto, para obtener resultados coherentes es preciso que la corriente circule muy poco tiempo por el circuito y esto se soluciona poniendo un interruptor (el señalado con 1 en la figura1) que actúa como un pulsador de un timbre, de modo que el circuito está cerrado solamente el tiempo necesario para que los aparatos indiquen las medidas. Ahora bien como al mismo tiempo se han de hacer las fotografías de los aparatos, es preciso actuar sobre una función que llevan incorporada (*hold*), la cual una vez tomadas las medidas, los valores quedan fijos en la pantalla.

Los dos aparatos, amperímetro y voltímetro, llevan incorporado una tecla etiquetada *hold*, la cual cuando se toman las medidas se presiona y así estas quedan fijas en la pantalla. Esto permite tomar las fotografías con comodidad ya que el circuito está abierto y solamente ha permanecido cerrado el tiempo de pulsar el interruptor y la tecla *hold*.


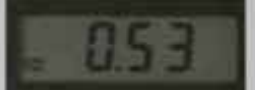




















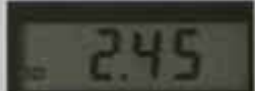





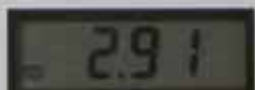
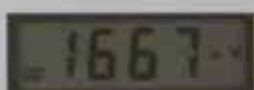
## Fotografías

En la fotografía 1 (que está situada a continuación), se toman las medidas del amperímetro y del voltímetro y en el añadido inferior, la del óhmetro. En dicha fotografía los valores son *0,53 amperios*, *3,95 voltios* y *7 ohmios*:

En el apartado, **Conjunto de fotografías tomadas de diversas medidas** se ha incluido la medida anterior, junto con el resto de las medidas. Observe que aquí no se incluyen unas fotografías completas del circuito, como es la fotografía 1, únicamente aparecen los aparatos de medida pues el circuito es similar en todos los casos.



**Conjunto de fotografías tomadas de diversas medidas**

Medidas	Resistencia exterior $R/\Omega$	Lectura del amperímetro $I/A$	Lectura del voltímetro $\Delta V/V$
1ª Medida			
2ª Medida			
3ª Medida			
4ª Medida			
5ª Medida			
6ª Medida			
7ª Medida			
8ª Medida			
9ª Medida			
10ª Medida			



## Parte 2°

El amperímetro y el voltímetro, tienen incertidumbres en las medidas, las cuales se determinan calculando el 0,8% de la lectura y sumando a este número una centésima si la lectura se hace hasta las centésimas o una milésima si se hace hasta las milésimas.

Expresa las lecturas del amperímetro y voltímetro con sus incertidumbres en la tabla 2

Tabla 2

Intensidad $I/A$	Diferencia de potencial $\Delta V/V$

d) Represente la intensidad menor de la tabla 2 frente al voltaje mayor de dicha tabla. Obtenga la ecuación de la recta. En el mismo gráfico represente la intensidad mayor frente al voltaje menor de la citada tabla. Obtenga la ecuación de la recta.

Con los valores de las ecuaciones de las rectas calcule la fuerza electromotriz y la resistencia interna de la pila con sus incertidumbres.

$$\varepsilon = \pm \quad V \quad ; \quad r = \pm \quad \Omega$$