

## 16. CIRCUITOS DE CORRIENTE CONTINUA: MEDIDA DE LA INTENSIDAD DE UNA CORRIENTE ELÉCTRICA.

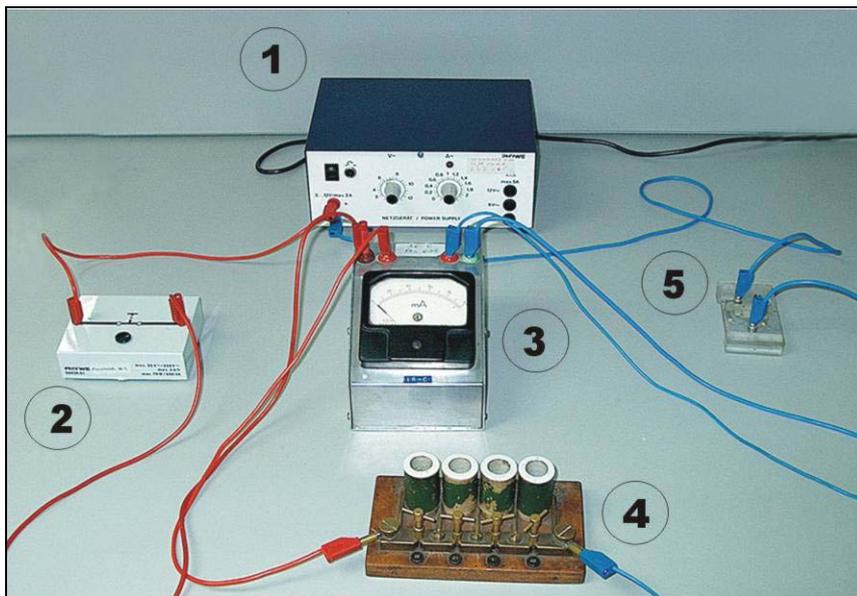
### OBJETIVO

El objetivo de esta práctica es familiarizarse con la medida de la intensidad de corriente eléctrica en circuitos simples de corriente continua, obteniendo además el valor de las resistencias que lo componen.

Se comprobará también, experimentalmente, las relaciones existentes entre resistencias en los circuitos cuando éstas se combinan en serie y en paralelo.

### MATERIAL

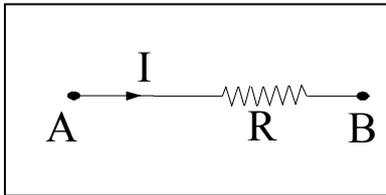
- (1) Fuente de alimentación.
- (2) Pulsador.
- (3) Amperímetro.
- (4) Caja de resistencias.
- (5) Dos resistencias desconocidas.



## FUNDAMENTO TEÓRICO

### Ley de Ohm:

En un circuito eléctrico, la intensidad de corriente  $I$ , la resistencia  $R$  y la diferencia de potencial entre dos puntos  $A$  y  $B$  del circuito están relacionadas por :



$$\Delta V = V_A - V_B = I R \quad [16-1]$$

### Reglas de Kirchhoff:

*(De las mallas):* La suma algebraica de las variaciones de potencial a lo largo de cualquier bucle o malla de un circuito eléctrico es igual a cero.

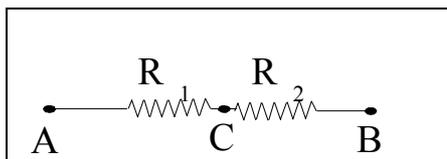
*(De los nudos):* En un punto o nudo de ramificación de un circuito eléctrico en donde puede dividirse la corriente, la suma de las corrientes que entran en el nudo debe ser igual a la suma de las corrientes que salen del mismo.

### Conexión de resistencias eléctricas en serie:

Si se conectan dos resistencias  $R_1$  y  $R_2$  en serie, la intensidad de corriente que circula por ambas resistencias es la misma e igual a la intensidad total  $I$  (Expresión [16-2]).

La resistencia total que ofrecen conjuntamente es igual a la suma de  $R_1$  y  $R_2$ , y se puede representar mediante una resistencia equivalente  $R_{EQ}$ , según [16-3].

La diferencia de potencial que afecta a cada resistencia,  $\Delta V_i$ , está relacionada con la diferencia de potencial total  $\Delta V$  mediante la relación [16-4].



$$I_1 = I_2 = I \quad [16-2]$$

$$R_{EQ} = R_1 + R_2 \quad [16-3]$$

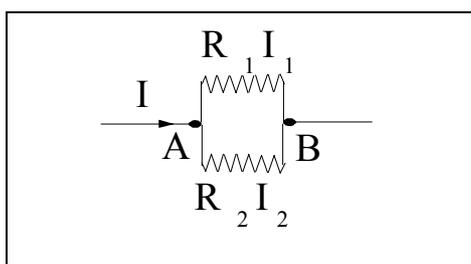
$$\begin{aligned} \Delta V &= V_A - V_B = (V_A - V_C) + (V_C - V_B) \\ &= \Delta V_1 + \Delta V_2 \end{aligned} \quad [16-4]$$

### Conexión de resistencias eléctricas en paralelo:

Si se conectan dos resistencias  $R_1$  y  $R_2$  en paralelo, la intensidad de corriente total  $I$  se reparte entre las dos intensidades que atraviesan cada una de las resistencias [16-5].

Aplicando la ley de Ohm obtenemos la resistencia equivalente  $R_{EQ}$  [16-6] de la combinación.

La diferencia de potencial que afecta a cada resistencia en este caso es la misma [16-7].



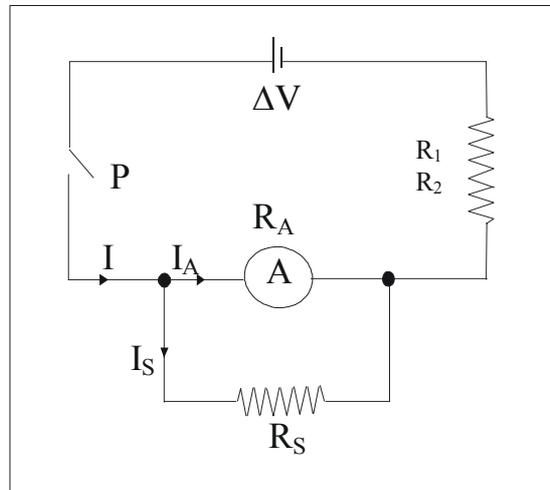
$$I = I_1 + I_2 \quad [16-5]$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \Rightarrow R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad [16-6]$$

$$\Delta V = V_A - V_B = \Delta V_1 = \Delta V_2 \quad [16-7]$$

## MÉTODO

Cada alumno, siguiendo el esquema de la figura siguiente, tiene que montar su propio circuito, el cual está formado por :



- Una fuente de alimentación que genera una diferencia de potencial  $\Delta V$  (su valor está indicado en cada equipo de prácticas cerca del enchufe de toma de corriente).
- Un pulsador  $P$ , que cuando se pulsa permite circular la corriente total  $I$  por el circuito.
- Un amperímetro  $A$ , de resistencia interna ( $R_A$ ) conocida, que mide la intensidad de corriente  $I_A$  que lo atraviesa.
- Una caja de resistencias *shunt* (“derivación”, en inglés),  $R_S$ , por la que circula una intensidad de corriente  $I_S$ , ya que está conectada en paralelo con el amperímetro. El valor de esta resistencia *shunt*  $R_S$  puede variarse, lo que permite cambiar el rango de intensidades que el amperímetro puede medir. (Hay dos tipos de cajas en el laboratorio, y los dos permiten, utilizando resistencias en serie, variar la resistencia total entre sus bornes: en el modelo más antiguo se activan las resistencias retirando unas pequeñas llaves de cobre, mientras que el moderno se maneja con selectores que indican en cada escala la resistencia utilizada).
- Dos resistencias-problema  $R_1$  y  $R_2$  (de valores desconocidos), dispuestas en un mismo soporte de modo que pueden realizarse con ellas cuatro montajes distintos: cada una por separado, las dos en serie y las dos en paralelo. (Para este último caso es necesario utilizar un único cable que termina en un enchufe normal de dos patas. **No introducir este enchufe en la toma de corriente, ya que provocaría un cortocircuito**).

Para montar el circuito comenzamos por uno de los bornes del generador y seguimos paso a paso cada una de las conexiones según el esquema de esta página. Se intentará utilizar el mínimo número de cables posible para minimizar la distorsión en la medida, que supone no incluir sus resistencias internas en las ecuaciones del circuito. Los cables tienen en sus extremos clavijas denominadas “bananas”, que disponen de un orificio para conectar otro cable y así obtener bifurcaciones de la corriente. Para facilitar el montaje, algunos amperímetros tienen dos entradas en cada uno de sus bornes.

Hay que tener en cuenta que los amperímetros utilizados sólo son capaces de medir la corriente en un determinado sentido; si circula en el contrario, la aguja tratará de ir hacia la izquierda de la escala, y no será posible realizar su medida. Para solucionar este problema basta con cambiar la polaridad del circuito, intercambiando los cables conectados a la fuente de alimentación.

Se pretende conocer la intensidad total  $I$  que circula por el circuito de la figura anterior, y calcular los valores de las resistencias problemas  $R_1$  y  $R_2$  :

Si aplicamos a  $R_A$  y  $R_S$  las ecuaciones para las asociaciones de resistencias *en paralelo*, tendremos:

$$I = I_A + I_S \quad [16-8]$$

$$\Delta V_A = \Delta V_S \quad [16-9]$$

$$I_A R_A = I_S R_S \quad [16-10]$$

Eliminando  $I_S$  de las expresiones [16-8] y [16-10], puede obtenerse la intensidad total  $I$  que circula por el circuito en función de las medidas realizadas de  $I_A$  y de las resistencias *conocidas*  $R_A$  y  $R_S$  :

$$I = I_A \frac{R_A + R_S}{R_S} \quad [16-11]$$

El conjunto formado por el amperímetro y el shunt, tendrá una **resistencia equivalente**,  $R_{EQ}$  , igual a:

$$R_{EQ} = \frac{R_S R_A}{R_S + R_A} \quad [16-12]$$

Denotando por  $R_X$  la **resistencia-problema desconocida** (en cada uno de los cuatro montajes realizados a partir de  $R_1$  y  $R_2$  ) que está *en serie* con el conjunto formado por el shunt y el amperímetro, la resistencia total del circuito,  $R_{TOT}$  , será entonces:

$$R_{TOT} = R_{EQ} + R_X \quad [16-13]$$

o, en función de la diferencia de potencial total,  $\Delta V$  , proporcionada por la fuente de alimentación, y de la intensidad total  $I$  que circula por el circuito, calculada anteriormente mediante la ecuación [16-11]:

$$R_{TOT} = \frac{\Delta V}{I} \quad [16-14]$$

Por lo tanto, de [16-13] y [16-14] podemos despejar y obtener la resistencia-problema de cada montaje  $R_X$  :

$$R_X = \frac{\Delta V}{I} - R_{EQ} \quad [16-15]$$

Para cada uno de los **cuatro montajes** que pueden realizarse con las resistencias  $R_1$  y  $R_2$  (sólo con  $R_1$  , sólo con  $R_2$ ., con  $R_1$  y  $R_2$  en serie y con  $R_1$  y  $R_2$  en paralelo), se procederá de la siguiente manera:

Haciendo que  $R_S$  tome los valores de 10, 30, 50 ,70 y 90  $\Omega$  , se anotarán las respectivas medidas de  $I_A$  ; y se calcularán, para cada valor de  $R_S$  , los correspondientes valores de la intensidad total del circuito  $I$  (ec. [16-11]) y de la resistencia-problema  $R_X$  resultante (ec. [16-15]).

**¡No te olvides de volver a dejar los cables del circuito donde los encontraste!**

Nombre		Apellidos	
Curso		Grupo	
Fecha :		Letra de prácticas	

<b>DATOS EXPERIMENTALES</b>
-----------------------------

Indica la precisión de las medidas directas según la escala de tu aparato de medida:

APARATO DE MEDIDA	Precisión del aparato (Unidades)
Amperímetro $\Delta A$	

Datos del montaje experimental:

Variable	Valor (Unidades)
$\Delta V \pm \Delta(\Delta V)$	
$R_A$	

$\Delta V$  : diferencia de potencial .  $\Delta(\Delta V)$  precisión de la  $\Delta V$ .  $R_A$  : resistencia interna del amperímetro

Anota en la tabla adjunta las medidas de intensidad que pasa por el amperímetro ( $I_A$ ) en cada uno de los cuatro montajes del circuito, en concordancia con la precisión de tu aparato e indicando las **unidades** correspondientes, siempre para los siguientes valores prefijados de  $R_S$  :

$R_S$	INTENSIDAD : ( $I_A \pm \Delta I_A$ ) unidades			
	Con $R_1$	Con $R_2$	Con $R_1$ y $R_2$ en SERIE	Con $R_1$ y $R_2$ en PARALELO
$10 \Omega$				
$30 \Omega$				
$50 \Omega$				
$70 \Omega$				
$90 \Omega$				

Nombre		Apellidos	
Curso		Grupo	
Fecha :		Letra de prácticas	

## RESUMEN DE RESULTADOS

Desarrolla las expresiones que permiten el cálculo de las incertidumbres de las medidas indirectas de la intensidad que circula por el circuito y de la resistencia problema,  $\Delta I$  y  $\Delta R_X$ .

Consideraremos para simplificar sólo la incertidumbre de medida directa del amperímetro,  $\Delta I_A$ , suponiendo que  $\Delta R_{EQ} = \Delta R_A = \Delta R_S = \Delta(\Delta V) = 0$ .

FÓRMULAS GENÉRICAS CALCULADAS	
$\Delta I$	$= \left  \frac{\partial I}{\partial I_A} \right  \Delta I_A =$
$\Delta R_X$	$= \left  \frac{\partial R_X}{\partial I} \right  \Delta I =$

Calcula los valores de  $I$ ,  $R_{EQ}$  y  $R_X$ , y los de las correspondientes incertidumbres asociadas.

Rellena las tablas de “resumen de resultados” de las siguientes páginas con los valores obtenidos y los de sus incertidumbres (ambos sin redondear), expresándolos ya redondeados convenientemente en las columnas “ $(x \pm \Delta x)$ ”, siempre con sus unidades correspondientes.

**NOTA** : En el resultado final de los valores medios ( $\bar{R}_X \pm \Delta \bar{R}_X$ ) de cada resistencia-problema, se tomará  $\Delta \bar{R}_x = \overline{\Delta R_x}$

Refleja por escrito (al menos) los cálculos numéricos correspondientes a una fila de la tabla en cada una de las cuatro resistencias problema  $R_X$ , para un valor distinto de  $R_s$  en cada uno de los cuatro casos (resistencia equivalente, intensidad que circula por el circuito, resistencia problema, así como las respectivas incertidumbres asociadas,  $\Delta I$ ,  $\Delta R_X$ ).

Utiliza el envés de esta hoja o añade otra, si es necesario.

RESUMEN DE RESULTADOS										
$R_X$	$R_S$ ( $\Omega$ )	I (mA)			$R_{EQ}$ ( $\Omega$ )	$R_X(\Omega)$				
		I	$\Delta I$	( $I \pm \Delta I$ )		$R_X$	$\Delta R_X$	( $R_X \pm \Delta R_X$ )	Valores medios	
$R_1$	10 $\Omega$								$\bar{R}_X$	
	30 $\Omega$								$\Delta \bar{R}_X$	
	50 $\Omega$								$(\bar{R}_X \pm \Delta \bar{R}_X)$	
	70 $\Omega$									
	90 $\Omega$									
$R_2$	10 $\Omega$								$\bar{R}_X$	
	30 $\Omega$								$\Delta \bar{R}_X$	
	50 $\Omega$								$(\bar{R}_X \pm \Delta \bar{R}_X)$	
	70 $\Omega$								$\bar{R}_X$	
	90 $\Omega$									

RESUMEN DE RESULTADOS										
$R_X$	$R_S$ ( $\Omega$ )	I (mA)			$R_{EQ}$ ( $\Omega$ )	$R_X(\Omega)$				
		I	$\Delta I$	( $I \pm \Delta I$ )		$R_X$	$\Delta R_X$	( $R_X \pm \Delta R_X$ )	Valores medios	
<b><i>R<sub>1</sub> y R<sub>2</sub></i></b>  <b><i>en</i></b>  <b><i>SERIE</i></b>	10 $\Omega$								$\bar{R}_X$	
	30 $\Omega$								$\Delta \bar{R}_X$	
	50 $\Omega$								( $\bar{R}_X \pm \Delta \bar{R}_X$ )	
	70 $\Omega$									
	90 $\Omega$									
<b><i>R<sub>1</sub> y R<sub>2</sub></i></b>  <b><i>en</i></b>  <b><i>PARA- LELO</i></b>	10 $\Omega$								$\bar{R}_X$	
	30 $\Omega$								$\Delta \bar{R}_X$	
	50 $\Omega$								( $\bar{R}_X \pm \Delta \bar{R}_X$ )	
	70 $\Omega$									
	90 $\Omega$									

(1) Utilizando los valores experimentales obtenidos de las resistencias problema  $R_1$  y  $R_2$ , compara los valores teóricos (según las relaciones [16-3], [16-6]) que se obtendrían de las asociaciones entre ellas, en serie o en paralelo, con los resultados experimentales de las resistencias problemas asociadas en serie y en paralelo. (Refleja las operaciones que realices)

Valores teóricos de las resistencias:

(a)  $R_1$  y  $R_2$  en serie:

$R_{\text{serie}} =$

(b)  $R_1$  y  $R_2$  en paralelo:

$R_{\text{paralelo}} =$

	<b><math>R_1</math></b> (unidades)	<b><math>R_2</math></b> (unidades)	<b><math>R_1</math> y <math>R_2</math> en serie</b> (unidades)	<b><math>R_1</math> y <math>R_2</math> en paralelo</b> (unidades)
<b>Experimental</b>				
<b>Teórico</b>				

¿Son coherentes los resultados?

<i>Nombre</i>		<i>Apellidos</i>	
<i>Curso</i>		<i>Grupo</i>	
<i>Fecha :</i>		<i>Letra de prácticas</i>	

### CUESTIONES

1. ¿Cuándo circula más o menos corriente: al conectar dos resistencias en paralelo, o al conectar sólo una de ellas? (Comprueba también tus datos experimentales y a partir de ellos pon un ejemplo)
2. ¿Cuándo circula más o menos corriente: al conectar dos resistencias en paralelo o al conectarlas en serie? (Comprueba también tus datos experimentales y a partir de ellos pon un ejemplo)
3. ¿Tendría sentido realizar, en cada uno de los cuatro montajes, la media de los valores de  $I_A$ ,  $I$  o  $R_{EQ}$ ? ¿Por qué?
4. Justifica por qué el montaje de la práctica puede servir para medir intensidades altas que circulen por un circuito con amperímetros capaces sólo de medir bajas intensidades.