

# Determinación experimental de las resistencias de un circuito a partir de la Ley de Ohm

**Dylan Castellanos**

**Juan Pablo Celis**

**Robert Orcasitas**

*Escuela de Física  
Universidad Industrial de Santander  
Bucaramanga, Colombia*

20 de enero de 2023

## Índice

<b>1. Introducción</b>	<b>2</b>
<b>2. Marco teórico</b>	<b>2</b>
2.1. Circuitos . . . . .	2
2.2. Ley de Ohm . . . . .	2
2.3. Resistencia equivalente . . . . .	3
2.4. Reglas de Kirchhoff . . . . .	6
<b>3. Metodología</b>	<b>7</b>
<b>4. Análisis de Datos</b>	<b>8</b>
4.1. Circuito en serie . . . . .	8
4.2. Circuito en paralelo . . . . .	8
4.3. Circuito mixto . . . . .	9
<b>5. Análisis de Resultados</b>	<b>9</b>
5.1. Circuito en serie . . . . .	9
5.2. Circuito en paralelo . . . . .	10
5.3. Circuito mixto . . . . .	10

<b>6. Conclusiones y Recomendaciones</b>	<b>11</b>
<b>7. Referencias</b>	<b>11</b>
<b>8. Anexos</b>	<b>12</b>

### Resumen

Una forma simple de describir el comportamiento de las cargas en movimiento dentro de un circuito se puede encontrar en la Ley de Ohm, la cual relaciona la intensidad de la corriente que circula, la diferencia de potencial entre puntos y la resistencia a la que este movimiento se ve sujeto. Además, al tener varios resistores, es posible describir relaciones entre ellos y con el circuito mediante las ecuaciones de resistencia equivalentes y las Reglas de Kirchhoff. En este trabajo se comprobaron experimentalmente estas relaciones mediante la medición de las tres variables involucradas para distintas configuraciones de circulación, donde se obtuvo un error aproximado del 0.0125 %.

## 1. Introducción

El siguiente informe tiene como objetivo presentar los resultados obtenidos en la investigación del comportamiento de circuitos con resistores en distintas configuraciones.

En este trabajo se tocarán temas como la *Ley de Ohm*, expresiones matemáticas para *resistencias equivalentes* y las *Reglas de Kirchhoff*, conocimientos previos y fundamentales para el correcto análisis de la data.

El contenido se encuentra distribuido fundamentalmente en: marco teórico, metodología, análisis de datos, análisis de resultados y por último conclusiones y recomendaciones.

## 2. Marco teórico

### 2.1. Circuitos

Un red eléctrica o circuito eléctrico es un conjunto de elementos eléctricos interconectados entre sí, formando una vía cerrada, provocando un flujo de corriente constante.

Existen clasificaciones para los circuitos, dependiendo del tipo de corriente o los componentes lo que conformen. Para este trabajo se contó con circuitos conformados únicamente por cables de conexión y resistores.

### 2.2. Ley de Ohm

Georg Simon Ohm, en medio de su experimentación en circuitos, se dio cuenta de que debía existir una relación proporcional entre la diferencia de potencial eléctrico entre dos

puntos del circuito, y la corriente que entre ellos circula (producto de esta diferencia).

En (7), Giancoli compara esta relación entre corriente y voltaje con el flujo de agua corriendo en un desnivel siendo afectado por la gravedad. En esta analogía, el flujo de agua irá a mayor velocidad cuanto mayor sea la diferencia de alturas en el desnivel. De esta forma, así como un incremento de altura produce un incremento en el flujo de agua, un mayor voltaje produce una corriente mayor.

Fue en 1827 que Ohm publicaría su rigurosa descripción matemática, conocida desde entonces como *Ley de Ohm*, en la que introdujo una nueva unidad de medida que haría las veces de “fricción” dentro del circuito. Mientras mayor fuera esta unidad, menor sería el flujo de corriente. Bien, la *resistencia* entonces estaría definida de forma que fuera: 1. Inversamente proporcional a la corriente, y 2. El camino de proporcionalidad directa entre la corriente y el voltaje:

$$\Delta V = IR \quad (2.2.1)$$

De la cual derivan:

$$I = \frac{\Delta V}{R}$$

Y sería medida ohmios, el equivalente a tener un potencial de 1 voltio que produce 1 amperio en un conductor, es decir:  $1.0 \Omega$  equivale a  $1.0 \text{ V/A}$ .

Sin embargo, cabe aclarar que no se trata de una ley fundamental, puesto que parte del hecho de que la resistencia del material es constante en el tiempo, cualidad que solo cumplen los materiales conductores (llamados óhmnicos).

### 2.3. Resistencia equivalente

En un circuito donde se aplique un diferencia de potencial, y se genere una corriente eléctrica, es posible aplicar resistencias en distintas configuraciones: una seguida de otra, en **serie**, o por distintos caminos, en **paralelo**, como se muestra en los circuitos de las figuras (1) y (2) respectivamente.

Definimos resistencia equivalente como la resistencia única que desempeñaría el papel de un conjunto de resistencias, de forma que el circuito mantenga su corriente y diferencia de potencial originales.

#### ■ Resistores en serie

En una configuración en serie, como la mostrada en la figura (??), la carga que que sale del resistor  $R_1$  debe ser la misma que entre al resistor  $R_2$ . De lo contrario, se

acumularía carga en el cable en medio de ellos. Y claro, la carga que entra y sale de cada uno también debe ser igual. Esto quiere decir que las corrientes que pasan por los resistores deben igualar a la corriente que pasa por la batería:

$$I = I_1 = I_2 \quad (2.3.1)$$

Ahora, el voltaje aplicado en la configuración se distribuye entre los cables  $a-b$  y  $b-c$ , donde se ubican los resistores  $R_1$  y  $R_2$  respectivamente. Es decir, la suma de los potenciales en ambos cables debe igualar al potencial inicial suministrado por la batería.

$$\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2 \quad (2.3.2)$$

Esto, junto con la Ley de Ohm (2.2.1) y la ecuación (2.3.1), resulta en:

$$\begin{aligned} \Delta V &= \Delta V_1 + \Delta V_2 = I_1 R_1 + I_2 R_2 = I R_{eq} \\ I(R_1 + R_2) &= I R_{eq} \\ R_{eq} &= R_1 + R_2 \end{aligned}$$

Entonces, la resistencia única que desempeñaría el rol de una cantidad  $n$  de resistencias, (en la configuración en serie), tendría un valor equivalente a la suma de todas ellas.

$$R_{eq} = \sum_{i=1}^n R_i \quad (2.3.3)$$

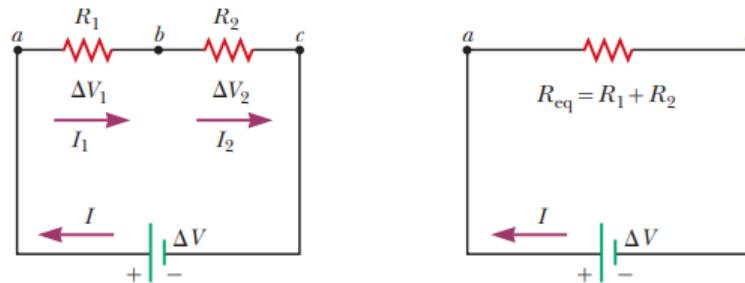


Figura 1: Circuito compuesto por batería y resistores en serie. Ambos diagramas son equivalentes.

### ▪ Resistores en paralelo

En una configuración en serie, como la mostrada en la figura (2), ambos resistores  $R_1$  y  $R_2$  están conectados directamente a la fuente de poder por ambas terminales positiva y negativa, por lo que la diferencia de potencial  $a-b$  será igual por ambos caminos, e igual a la suministrada por la batería:

$$\Delta V = \Delta V_1 = \Delta V_2 \quad (2.3.4)$$

Los puntos  $a$  y  $b$  se llaman **nodo**, debido a que en ellos la corriente se divide en dos caminos, o converge a uno solo. Entonces, la corriente que llegue al nodo  $a$  debe ser igual a la que salga del nodo  $b$ , y a su vez igual a la inducida por la batería.

$$I = I_1 + I_2 \quad (2.3.5)$$

Esto, junto con la Ley de Ohm (2.2.1) y la ecuación (2.3.4), resulta en:

$$\begin{aligned} I &= I_1 + I_2 = \frac{\Delta V_1}{R_1} + \frac{\Delta V_2}{R_2} = \frac{\Delta V}{R_{eq}} \\ \Delta V \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) &= \frac{\Delta V}{R_{eq}} \\ \frac{1}{R_{eq}} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \end{aligned}$$

Entonces, la resistencia única que desempeñaría el rol de una cantidad  $n$  de resistencias, (en la configuración en paralelo), tendría un valor equivalente a la suma de los recíprocos.

$$\frac{1}{R_{eq}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i} \quad (2.3.6)$$

### ▪ Configuración mixta

En una configuración de resistores donde hayan enlaces en serie y paralelo, se tomarán resistencias equivalentes locales, priorizando los extremos del circuito y las conexiones en serie (por practicidad en los cálculos), y de esta forma se hallará al final la equivalente global.

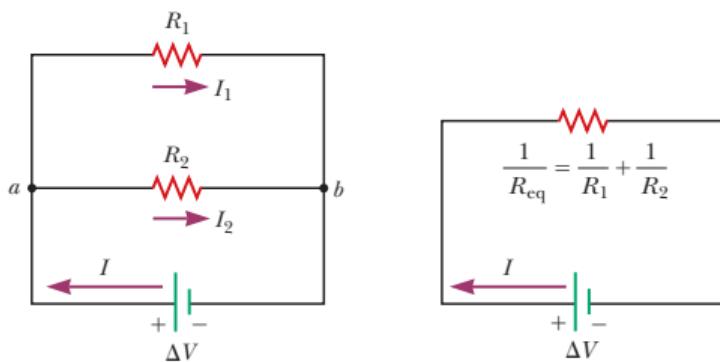


Figura 2: Circuito compuesto por batería y resistores en paralelo. Ambos diagramas son equivalentes.

## 2.4. Reglas de Kirchhoff

- **Regla de los nodos**

Esta regla establece que, en cualquier nodo, la suma de corrientes debe ser igual a cero. En otras palabras, la totalidad de la corriente que entra al nodo debe ser la misma que sale de este, independientemente de cuántos caminos hayan por cada lado. Esto es:

$$\sum_{Nodo} I = 0 \quad (2.4.1)$$

$$I_{in} - I_{out} = 0$$

- **Regla de las espiras**

Por otro lado, esta regla afirma que la suma de los voltajes que pasen a través de cualquier trayectoria cerrada en un circuito debe ser igual a cero. Esto es:

$$\sum_{Espira} \Delta V = 0 \quad (2.4.2)$$

Estas descripciones ayudan a realizar un mejor análisis de cada circuito, tanto matemáticamente como en practicidad (Serway & Jewett (7)).

### 3. Metodología

Para la fase experimental de este proyecto se contó con un montaje con:

- Fuente de alimentación DC.
- Protoboard (Placa de inserción).
- 4 resistencias.
- Cables de conexión.
- Multímetro.

Se conectó la fuente de poder a la protoboard, proveyendo una diferencia de potencial de 12 V. Para los montajes (ver sección 8) se contruyeron tres configuraciones de circulación distintas: una en la que todas las resistencias se encuentran en serie, una en la que se encuentran en paralelo, y una más compleja en la que se combinaron ambas opciones.

Primero, se tomó como valor teórico el valor real que el fabricante da para cada resistor, y se halló la resistencia equivalente según cada caso.

Luego, con ayuda de un multímetro se midió la diferencia de potencial entre puntos estratégicos: para los resistores en serie se midió entre los puntos traseros y delanteros de cada resistor; para los resistores en paralelo se midió entre las conexiones a la fuente; y para el circuito mixto se midió teniendo en cuenta que paralelos tendrán el mismo valor, y en serie igualarán a la fuente en su suma.

Finalmente, se midió la corriente circulante en puntos estratégicos: para los resistores en serie se midió entre las conexiones a la fuente; para los resistores en paralelo se midió entre los puntos traseros y delanteros de cada resistor; y para el circuito mixto se midió teniendo en cuenta que en serie tendrán el mismo valor, y paralelos igualarán a la fuente en su suma.

El error entre los datos teóricos y experimentales se tomó como *relativo porcentual*, mediante la fórmula:

$$E = \frac{|R_{trc} - R_{exp}|}{R_{trc}} * 100\%$$

Todo esta práctica fue sintetizada en este informe y los resultados serán presentados en la siguiente sección.

## 4. Análisis de Datos

A continuación se presentarán los datos obtenidos teórica y experimentalmente:

### 4.1. Circuito en serie

En este montaje se contó con cuatro resistores, colocados todos en serie, formando una única trayectoria cerrada.

Para esta configuración, se obtuvo:

	$V$ (exp) (V)	$I$ (exp) ( $m\text{A}$ )	$R$ (exp) ( $\Omega$ )	$R$ (trc) ( $\Omega$ )
$R_1$	2.877	19.05	151.024	150
$R_2$	1.909	19.06	100.157	100
$R_3$	4.171	19.05	218.95	220
$R_4$	2.877	19.05	151.024	150

Tabla 1: Datos experimentales para el circuito en serie.

Donde  $V$  es la diferencia de potencial medida en voltios,  $I$  es la intensidad de corriente en miliamperios (por cuestión de escala),  $R$  son las resistencia experimental y teórica, medidas en ohmnios, para cada  $R_n$  del circuito.

### 4.2. Circuito en paralelo

En este montaje se contó con cuatro resistores, colocados todos en paralelo, formando cuatro trayectorias cerradas.

Para esta configuración, se obtuvo:

	$V$ (exp) (V)	$I$ (exp) ( $m\text{A}$ )	$R$ (exp) ( $\Omega$ )	$R$ (trc) ( $\Omega$ )
$R_1$	11.78	77.7	151.609	150
$R_2$	11.78	110.3	106.8	100
$R_3$	11.78	52.74	223.36	220
$R_4$	11.78	77.6	151.804	150

Tabla 2: Datos experimentales para el circuito en paralelo.

Donde  $V$  es la diferencia de potencial medida en voltios,  $I$  es la intensidad de corriente en miliamperios,  $R$  es la resistencia experimental y teórica, medida en ohmios, para cada  $R_n$  del circuito.

### 4.3. Circuito mixto

En este montaje se contó con cuatro resistores, donde:  $R_1$  y  $R_2$  están en serie y conforman una trayectoria,  $R_3$  conforma otra trayectoria que es paralela a la primera, y ambas se unen a la trayectoria formada por  $R_4$ , formando así dos trayectorias cerradas.

Para esta configuración, se obtuvo:

	$V$ (exp) (V)	$I$ (exp) ( $m\text{A}$ )	$R$ (exp) ( $\Omega$ )	$R$ (trc) ( $\Omega$ )
$R_1$	3.14	20.77	151.179	150
$R_2$	2.084	20.74	100.482	100
$R_3$	5.226	23.78	219.764	220
$R_4$	6.72	44.4	151.351	150

Tabla 3: Datos experimentales para el circuito mixto.

Donde  $V$  es la diferencia de potencial medida en voltios,  $I$  es la intensidad de corriente en miliamperios,  $R$  es la resistencia experimental y teórica, medida en ohmios, para cada  $R_n$  del circuito.

## 5. Análisis de Resultados

A continuación se realizará el análisis de los resultados obtenidos de la toma de datos para cada montaje de la práctica:

### 5.1. Circuito en serie

En la tabla (1) es posible ver que la suma de los cuatro valores de voltaje resulta en los 12 V, y que la corriente se mantiene constante para cada medición. Esto es consistente la descripción de un circuito en serie dada por las ecuaciones (2.3.1) y (2.3.2).

$R_E$ (trc) ( $\Omega$ )	$R_E$ (exp) ( $\Omega$ )	Error $R_E$ %	Error $R_n$ %
620	621.155	0.002	0.005

Tabla 4: Error porcentual: Resistencias equivalentes del circuito en serie.

Donde  $R_E(trc)$  y  $R_E(exp)$  son las resistencias equivalentes teórica y experimental, medidas en ohmios, y los valores de error relativo porcentual para la resistencia equivalente y para cada resistor.

## 5.2. Circuito en paralelo

Como se ve en la tabla (2), en este caso los valores de voltaje medidos para cada  $R_n$  son de aproximadamente 12 V, potencial proveido por la batería, y es la intensidad de corriente la que varía dependiendo de qué trayectoria sigue la carga, tal y como se establece en las ecuaciones (2.3.4) y (2.3.5).

$R_E$ (trc) ( $\Omega$ )	$R_E$ (exp) ( $\Omega$ )	Error $R_E$ %	Error $R_n$ %
35.87	37	0.032	0.026

Tabla 5: Error porcentual: Resistencias equivalentes del circuito en paralelo.

Donde  $R_E(trc)$  y  $R_E(exp)$  son las resistencias equivalentes teórica y experimental, medidas en ohmios, y los valores de error relativo porcentual para la resistencia equivalente y para cada resistor.

## 5.3. Circuito mixto

En la tabla (3), es posible darse cuenta de varios detalles interesantes del comportamiento del circuito. Sabiendo que  $R_1$  y  $R_2$  están en serie, tiene sentido que la corriente en ambos resistores sea igual, ya que no se puede acumular carga en esa trayectoria. Ahora, por el resistor  $R_3$  pasa una corriente ligeramente más alta a la de los dos anteriores, y esto es debido a que las resistencias equivalentes son distintas: en el primer camino es de 220  $\Omega$  ( $R_3$ ), mientras que en el segundo es de 250  $\Omega$  ( $R_1+R_2$ ). La corriente de ambas trayectorias se recombinan en el nodo inmediatamente anterior al resistor  $R_4$ , por lo que se suman y pasan a este último resistor, obteniendo el valor total de corriente en el circuito (esto debido a la primera regla de Kirchhoff (2.4.1)).

Algo similar sucede con el comportamiento del voltaje entre puntos. Se ve que la diferencia de potencial entre ambas trayectorias es la misma, puesto que la del primer camino es la suma de las medidas en  $R_1$  y  $R_2$ , debido a que están en serie, y es igual a la del segundo

camino tomada en  $R_3$ . Luego, reduciendo el circuito a  $R_4$  junto a una resistencia equivalente que reemplace a las demás, se tendría una configuración en serie, donde la diferencia de potencial sería la suma de los valores tomados en  $R_4$  y  $R_{eq1}$ , aproximadamente 12 V (valor original suministrado por la batería).

En este circuito se da veracidad experimentalmente a todas las ecuaciones vistas en la sección (2).

$R_E$ (trc) ( $\Omega$ )	$R_E$ (exp) ( $\Omega$ )	Error $R_E$ %	Error $R_n$ %
267.021	268.668	0.006	0.006

Tabla 6: Error porcentual: Resistencias equivalentes del circuito mixto.

Donde  $R_E(trc)$  y  $R_E(exp)$  son las resistencias equivalentes teórica y experimental, medidas en ohmnios, y los valores de error relativo porcentual para la resistencia equivalente y para cada resistor.

## 6. Conclusiones y Recomendaciones

- Se comprobó la validez de las expresiones matemáticas de equivalencia para resistores en serie y paralelo.
- Se comprobó la validez de la Ley de Ohm para materiales conductores.
- Se comprobó que la diferencia de potencial es igual en todos los puntos para un circuito en paralelo (ver ecuación (2.3.4)).
- Se comprobó que la intensidad de corriente es igual en todos los puntos para un circuito en serie (ver ecuación (2.3.1)).
- Se comprobó la validez de las Reglas de Kirchhoff (ver sección 2.4).
- Se recomienda atención minuciosa a los puntos dónde realizar las mediciones, habiendo estudiado previamente el fenómeno para cada configuración.

## 7. Referencias

- Giancoli, D. (2008). *Física para Ciencias e Ingeniería, Vol 2*. Pearson.
- Serway, R. (2019). *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics*. Cengage.

## 8. Anexos

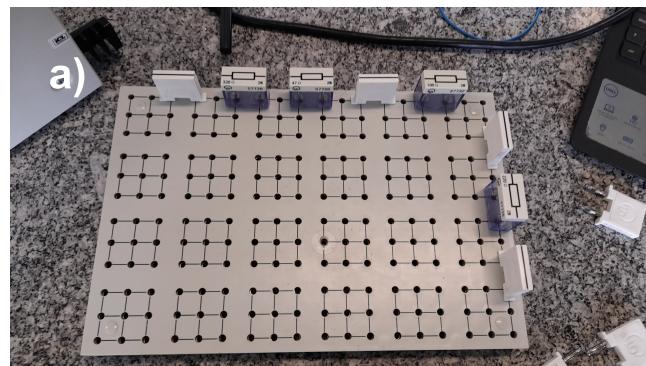


Figura 3: Montaje experimental de circuito con cuatro resistores en serie.

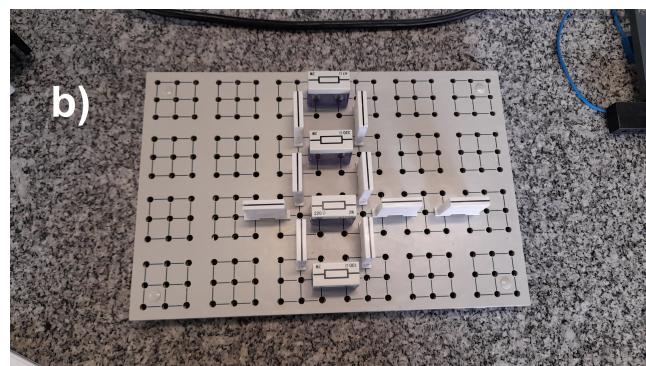


Figura 4: Montaje experimental de circuito con cuatro resistores en paralelo.

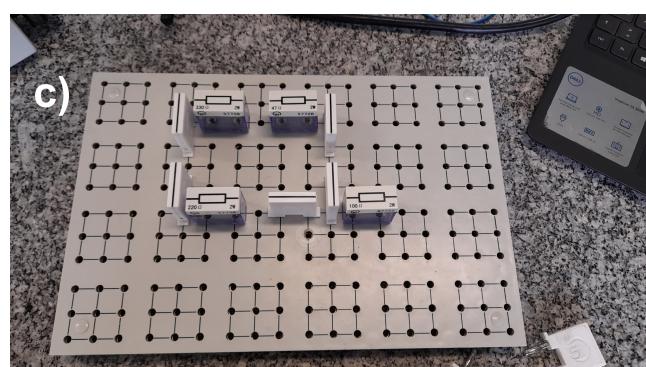


Figura 5: Montaje experimental de circuito mixto de 4 resistores