

# INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

ESCUELA DE FÍSICA

F1-1202

LABORATORIO DE FÍSICA GENERAL II

## *EXPERIMENTO 4*

MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE LA CORRIENTE Y EL VOLTAJE EN  
CIRCUITOS EN SERIE Y EN PARALELO

PROFESORA:

JENNIFER ELIZONDO ZÚÑIGA

ESTUDIANTES:

JOSÉ JULIÁN CAMACHO HERNÁNDEZ  
GABRIEL GONZÁLEZ RODRÍGUEZ  
EMMANUEL NARANJO BLANCO

Junio 2020

## Resumen

En este experimento se armaron dos circuitos, uno en serie y otro en paralelo, ambos consistiendo de una fuente de tensión y dos resistencias de valores distintos. En cada uno de ellos se midió la tensión y corriente en cada resistor así como la corriente total en el circuito. Esto con el objetivo de analizar el comportamiento de los circuitos en serie y en paralelo. Se llegó a la conclusión que en los resistores de un circuito en serie circula la misma corriente y que la suma de las diferencias de potencial (ddp) en ambos es igual a la fem de la fuente. Se concluyó también que la corriente en un circuito en paralelo es igual a la suma de la corriente a través de cada una de las resistencias, y que, en el mismo circuito, la ddp en cada resistor es igual a la ddp entre las terminales de la fuente. Además, se logró comprobar la validez de la Ley de Ohm mediante su utilización en los cálculos del experimento.

# Índice

<b>1. Introducción</b>	<b>3</b>
<b>2. Materiales y métodos</b>	<b>5</b>
<b>3. Resultados y discusión</b>	<b>8</b>
3.1. Datos obtenidos experimentalmente . . . . .	8
3.2. Ley de ohm y cálculo de resistencias equivalentes . . . . .	9
3.3. Incertidumbres y porcentajes de error . . . . .	9
3.4. Obtención de la corriente total . . . . .	10
<b>4. Conclusiones</b>	<b>12</b>
<b>5. Apéndice</b>	<b>13</b>
5.1. Cálculo de incertidumbres . . . . .	13
5.2. Cálculo del porcentaje de error . . . . .	15

# 1. Introducción

Un circuito eléctrico se puede definir como un conjunto de elementos conectados por donde circula corriente eléctrica. El presente experimento está enfocado en los circuitos donde el sentido de la corriente no cambia con el tiempo, denominados circuitos de corriente directa (CD).

Dentro de los circuitos de CD, se encuentran los circuitos en serie. Estos pueden ser reconocidos porque sus elementos se conectan de tal manera que exista una sola trayectoria de corriente ( $I$ ). Por otro lado, se pueden identificar circuitos en los que los elementos que lo componen están conectados de forma que ofrecen distintas trayectorias de corriente. Estos se denominan circuitos en paralelo. Sin importar la configuración del circuito, para los resistores, siempre se puede obtener una resistencia equivalente, que mantiene los valores de corriente y diferencia de potencial en el circuito.

Teóricamente, se dice que dos o más elementos se encuentran en serie si y solo si la corriente que circula por ellos es la misma

$$I = I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n \quad (1)$$

Debido a ello, la medición de corriente en un elemento se realiza colocando el amperímetro en serie, con el fin de que la corriente que llega al amperímetro sea la misma que está presente en el circuito. Además, la diferencia de potencial ( $V$ ) a través del circuito es la suma de las diferencias de potencial individuales

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n \quad (2)$$

De esa forma, si el elemento cumple con la Ley de Ohm

$$V = IR \quad (3)$$

se puede afirmar que la resistencia equivalente es igual a la suma de cada una de las resistencias individuales.

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n \quad (4)$$

De lo anterior se puede deducir que la resistencia equivalente es mayor que cualquiera de las resistencias individuales.

En contraste, se afirma que dos o más elementos se encuentran en paralelo si y solo si la diferencia de potencial entre sus extremos es la misma

$$V = V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_n \quad (5)$$

Esta propiedad es útil cuando se necesita medir la diferencia de potencial en una configuración, ya que al colocar el voltímetro en paralelo con un elemento, es posible determinar que el voltaje que pasa por el mismo será igual al que llega al dispositivo. Contrariamente a los circuitos en serie, la corriente total en paralelo debe ser la suma de las corrientes en cada uno de los resistores

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n \quad (6)$$

Utilizando las ecuaciones anteriores y si se trata de elementos óhmicos, se puede determinar que para cualquier número de resistores en paralelo, el recíproco de la resistencia equivalente es igual a la suma de los recíprocos de sus resistencias individuales.

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad (7)$$

De esa manera se puede concluir que la resistencia equivalente siempre es menor que cualquier resistencia individual.

En este experimento se realizarán mediciones de corriente y voltaje tanto en circuitos en serie como en paralelo, con el fin de comprobar la validez de las ecuaciones planteadas y así verificar las diferencias que se plantearon. Además, se aplicará la Ley de Ohm (ecuación 3) para obtener un valor experimental de la resistencia equivalente, que será comparado con el calculado teóricamente.

El objetivo general de esta práctica es estudiar las características de cada uno de los circuitos en CD, de manera específica la corriente eléctrica y la diferencia de potencial en circuitos en serie y en paralelo.

Como parte de los objetivos específicos del experimento, se intentará comprobar la teoría de circuitos en serie planteada, que dice que la corriente es la misma en todos los resistores y que la suma de los voltajes es igual al voltaje de la fuente. De igual manera para las configuraciones en paralelo, donde la suma de corrientes en los resistores es igual a la corriente total y que la diferencia de potencial es la misma en cada resistencia. Finalmente, se tiene como objetivo obtener un valor experimental para las resistencias equivalentes de los circuitos en serie y paralelos, y compararlos con los valores teóricos.

## 2. Materiales y métodos

Para estudiar las características de los circuitos eléctricos en corriente directa, especialmente en su configuración en serie y paralelo se utilizaron los materiales mostrados en la siguiente tabla.

Cuadro 1: Equipo mínimo requerido para la realización del experimento.

Cantidad	Descripción
1	Fuente de Potencia
1	Multímetro
2	Resistencias eléctricas
-	cables de conexión

En este experimento se determinaron los datos de la siguiente forma:

Mediante la teoría de circuitos en corriente directa, se establecieron los datos necesarios que se deben obtener durante el experimento para describir correctamente el comportamiento de un circuito resistivo en serie y en paralelo (figuras 1 y 2).

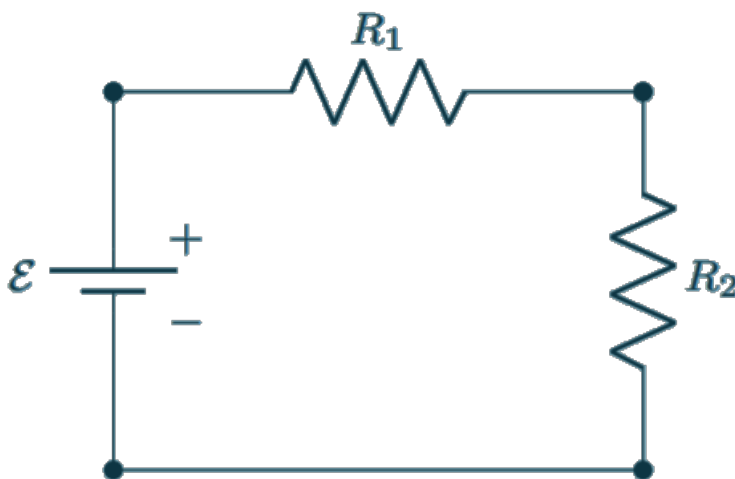


Figura 1: Circuito eléctrico en una configuración en serie.

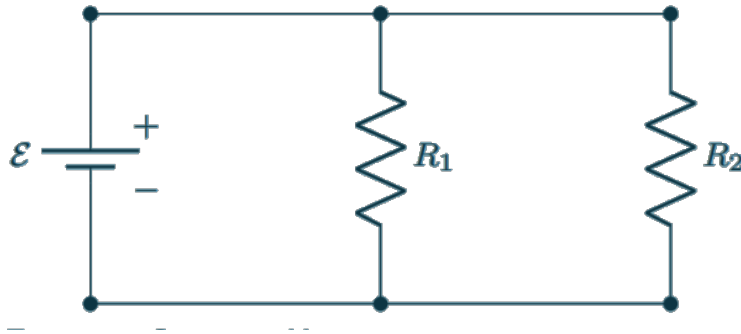


Figura 2: Circuito eléctrico en una configuración en paralelo.

El experimento empieza con el montaje del equipo en el ambiente de simulación PhET. Este consiste en dos circuitos resistivos conformados por una batería de 6,0 V y resistencia interna de 1  $\Omega$ , un resistor de 100,0  $\Omega$  y un resistor de 50,0  $\Omega$ . Primero se tomó el circuito en serie (figura 3), donde  $R_1=100\ \Omega$  y  $R_2=50\ \Omega$ . Con el multímetro digital, cuya resolución es de 0.01V, se midió la diferencia de potencial en cada elemento. Además, con el amperímetro digital, con resolución de 0,01 A, se obtuvo la corriente total a través del circuito.

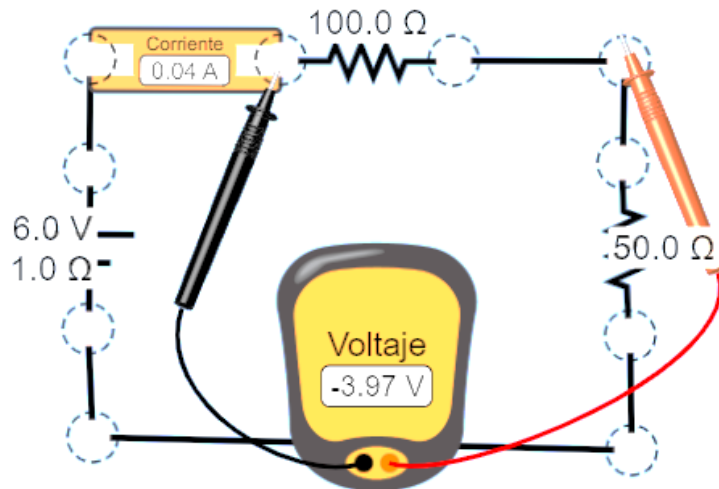


Figura 3: Circuito eléctrico en serie utilizado en el experimento.

Posteriormente, se utilizó el circuito en paralelo (figura 4), donde los valores de cada componente utilizados en el circuito en serie se mantienen. Se utilizó el amperímetro para medir la corriente en la batería, en  $R_1$  y en  $R_2$  debido a que en este circuito la corriente

que atraviesa cada componente es diferente. Luego se midió con el voltímetro la diferencia de potencial de cada elemento.

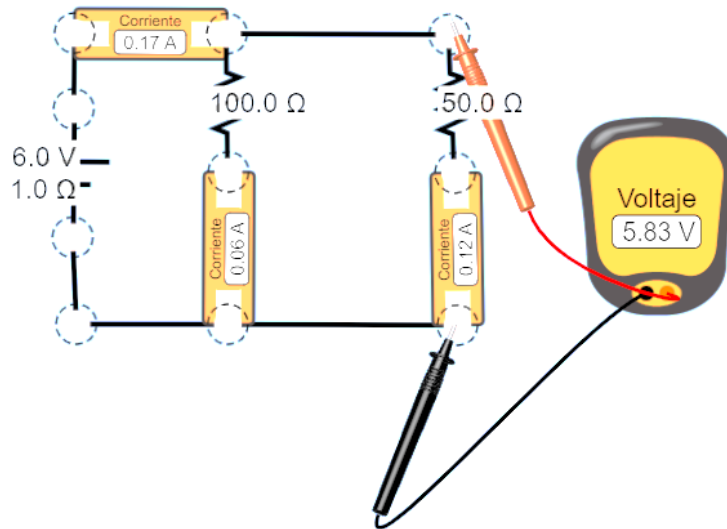


Figura 4: Circuito eléctrico en paralelo utilizado en el experimento.

Para finalizar, se realizaron los cálculos necesarios para evaluar dos aspectos muy relevantes de este tema. Primero, comprobar que la suma de las diferencias de potencial en cada resistencia es igual a la tensión suministrada por la batería. Segundo, comprobar que la suma de las corrientes en cada resistor es equivalente a la corriente suministrada por la fuente. Además, se calculó la resistencia experimental equivalente para cada circuito mediante la Ley de Ohm (ecuación 3) para compararla con la resistencia equivalente teórica.

Se utilizó la ley de propagación de la incertidumbre (anexo 5.1) para determinar las incertidumbres de los datos obtenidos. Para llevar control de los datos, estos fueron anotados en tablas que se muestran más adelante. Además, se utilizaron las ecuaciones teóricas y los datos experimentales obtenidos para realizar los cálculos.

Es importante realizar la toma de datos y los procedimientos con mucha precaución y varias veces para así obtener resultados confiables y más precisos. Al ser un trabajo realizado bajo una simulación, las mediciones se realizaron una vez debido a que cada valor medido siempre es el mismo.



### 3. Resultados y discusión

#### 3.1. Datos obtenidos experimentalmente

Al realizar la toma de datos mediante los métodos especificados anteriormente, se obtuvieron los valores que se muestran en los cuadros 2 y 3. Estos corresponden a los datos iniciales obtenidos directamente en la medición de la tensión y corriente para los circuitos eléctricos usados en el experimento.

Cuadro 2: Mediciones de voltaje y corriente de un circuito en serie.

	Voltaje ( $\pm 0,01$ )V	Corriente ( $\pm 0,01$ )A
Batería	5,96	0,04
R1	3,97	0,04
R2	1,99	0,04

Con estas primeras mediciones, para el circuito en serie se pueden observar dos aspectos característicos de esta configuración. Primeramente, se puede evidenciar que de acuerdo con la teoría de circuitos en serie (ecuación 1), se tiene que la corriente total del circuito es igual a la corriente que circula por R1 que a su vez es igual a la corriente que pasa por R2. En segundo lugar, se observa lo planteado en la ecuación 2. Se comprueba que si se realiza la suma del voltaje en R1 y en R2, se obtiene el voltaje total en la batería.

$$V_{total} = 5,96V = 3,97V + 1,99V$$

Cuadro 3: Mediciones de voltaje y corriente de un circuito en paralelo.

	Voltaje ( $\pm 0,01$ )V	Corriente ( $\pm 0,01$ )A
Batería	5,83	0,17
R1	5,83	0,06
R2	5,83	0,12

Al analizar los valores recopilados en la simulación de la configuración en paralelo, también se observa que en efecto la teoría planteada se cumple. Como se muestra en la ecuación 5, podemos notar de las mediciones que existe una relación de igualdad entre el voltaje total del circuito y el voltaje en los resistores R1 y R2. Además, de acuerdo con la ecuación 6, se tiene que la corriente total es aproximadamente igual a la suma de las corrientes que circulan en R1 y R2. Debido a que el resultado no es exacto, se puede ver desde este punto que existe un porcentaje de error. Este será analizado más adelante en este informe.

### 3.2. Ley de ohm y cálculo de resistencias equivalentes

Según la teoría planteada anteriormente, para hallar la resistencia equivalente del circuito en serie y en paralelo se utilizaron las ecuaciones 4 y 7 respectivamente.

$$R_{eq-serie} = 100\Omega + 50\Omega = 150\Omega$$

$$R_{eq-paralelo} = \left(\frac{1}{100} + \frac{1}{50}\right)^{-1} = 33,33\Omega$$

De esa manera, se obtiene que la resistencia equivalente en serie es de  $150\Omega$  y para el circuito en paralelo es  $33,33\Omega$ . Estos dos resultados corresponden a las resistencias equivalentes teóricas para cada una de las configuraciones.

Por otro lado, la ley de Ohm (ecuación 3) propone que la corriente que circula por un conductor es directamente proporcional a la diferencia de potencial que existe entre sus extremos e inversamente proporcional a su resistencia eléctrica (Young y Freedman, 2013). De este modo, mediante la corriente total del circuito y la tensión de la batería se obtiene de forma experimental la resistencia equivalente para cada circuito.

$$R_{eq-serie} = \frac{5,96}{0,04} = 149\Omega$$

$$R_{eq-paralelo} = \frac{5,83}{0,17} = 34,29\Omega$$

En este punto es posible evidenciar que los valores experimentales no corresponden de manera exacta a los resultados teóricos. Debido a ello, es necesario calcular las incertidumbres y porcentajes de error, con el fin de analizar las diferencias entre los resultados, la confiabilidad del experimento y las posibles fuentes que indujeron al error.

### 3.3. Incertidumbres y porcentajes de error

Para calcular las incertidumbres experimentales se utilizó la Ley de Propagación de Incertidumbres (anexo 5.1). De este modo se obtiene que, para el circuito en serie  $R_{eq-Experimental} = (149,00 \pm 21,51)\Omega$  y para el circuito en paralelo  $R_{eq-Experimental} = (34,29 \pm 1,17)\Omega$ . De estos resultados, se puede observar que la incertidumbre de la resistencia equivalente para la configuración en serie es mayor que la incertidumbre para el circuito en paralelo.

A pesar de que estos resultados difieren de los teóricos, ambos valores experimentales resultan ser muy similares a los obtenidos teóricamente (ver cuadro 4). Al calcular el porcentaje de error para esta medición(anexo 5.2) entre las resistencias equivalentes se obtiene que es de tan solo 1 %, para el circuito en serie. Este resultado es importante, porque evidencia

la exactitud que se tuvo en la realización del experimento, así a como la certeza de que el resultado experimental resulta confiable y veraz.

Cuadro 4: Resultados de la resistencia equivalente experimental y teórica ( $\Omega$ ) para un circuito en serie.

Req experimental	$149,00 \pm 21,51$
Req teórica	150,0
Porcentaje de error (%)	1

Para el caso del circuito en paralelo, el porcentaje de error (anexo 5.2) entre las resistencias equivalentes es de tan solo 3 % (ver cuadro 5). Lo cual indica el resultado también fue exacto y confiable, pero que experimentó un poco menos de exactitud con respecto al circuito en serie.

Cuadro 5: Resultados de la resistencia equivalente experimental y teórica ( $\Omega$ ) para un circuito en paralelo.

Req experimental	$34,29 \pm 1,17$
Req teórica	33,33
Porcentaje de error (%)	3

Este porcentaje de error más alto, puede ser justificado por diversas fuentes de error. Una de ellas puede ser la resolución de los instrumentos utilizados en la simulación. El amperímetro y el multímetro que se usaron tan solo tienen una resolución de 0,01 A y 0,01 V respectivamente, aspecto que incrementa el porcentaje de error en los cálculos para la obtención de resultados indirectos. Otra justificación de la diferencia entre los resultados experimentales y teóricos en este experimento, es la resistencia interna de la batería. Esta resistencia no fue tomada en cuenta, es decir, se tomó batería como ideal, en lugar de incluirla en los cálculos.

### 3.4. Obtención de la corriente total

Posteriormente, se realizaron los cálculos para obtener resultados tanto experimentales como teóricos de la corriente que circula en el circuito, con el fin de verificar la teoría de corrientes planteada (ecuaciones 1 y 6) y analizar las diferencias que se observaron en los cuadros de datos recopilados. En primer lugar, para circuitos en serie, a partir de los valores obtenidos en la medición y según lo que se discutió anteriormente referente a la igualdad

entre la corriente total y la corriente en cada uno de los resistores, se obtuvo la corriente total experimental. La corriente total teórica se obtuvo con Ley de Ohm:

$$I_{total} = \frac{6}{150} = 0,04A$$

Este valor se muestra en el cuadro 6. Al comparar ambos resultados obtenidos, se puede observar que los valores de corriente total experimental y teórica son idénticos. Por lo tanto, el porcentaje de error entre las corrientes (anexo 5.2) es 0 %, lo que indica que la medición resultó confiable, con muy alto grado de exactitud.

Cuadro 6: Resultados de la corriente total experimental y teórica del circuito (A) para un circuito en serie.

I experimental	$0,04 \pm 0,01$
I teórica	0,04
Porcentaje de error (%)	0

Por otro lado, se calculó la corriente total experimental y teórica para el circuito en paralelo, valores que se muestran en el cuadro 7. La corriente experimental total del circuito fue medida con un amperímetro y se obtuvo un valor de  $(0,17 \pm 0,1)A$ . Para el calculo de la corriente teórica total se sumó la corriente que atravesaba cada resistor. La corriente de cada resistor se obtuvo con la ley de Ohm (ecuación 3). El cálculo se muestra a continuación.

$$I_{total} = \frac{6}{100} + \frac{6}{50} = 0,18A$$

Al comparar ambos valores, se aprecia que son aproximadamente iguales, pero que existe un cierto porcentaje de error en la medición. Al realizar el cálculo, se obtiene que el porcentaje de error es de 6 % (ver cuadro 7). Este porcentaje de error puede ser debido a las fuentes que se discutieron en la sección anterior de incertidumbres y porcentajes de error.

Cuadro 7: Resultados de la corriente total experimental y teórica del circuito (A) para un circuito en paralelo.

I experimental	$0,17 \pm 0,01$
I teórica	0,18
Porcentaje de error (%)	6

## 4. Conclusiones

1. Al realizar el cálculo de la resistencia equivalente y corriente experimentales utilizando la ley de Ohm se logró comprobar la validez de la misma y que en ambos circuitos sus elementos se clasifican como óhmicos.

2. Al analizar las mediciones de corriente en el circuito en serie, por medio de una simulación, se logró verificar que por todos los resistores del arreglo circula la misma corriente de  $(0,04 \pm 0,01)A$ .

3. En el circuito en serie se logró comprobar que la suma de las diferencias de potencial individuales en cada resistor es igual a la diferencia de potencial total entre los extremos del circuito.

4. Para el circuito en paralelo, se determinó con un error de 6 %, por medio del análisis de las mediciones obtenidas experimentalmente, que la corriente total en el circuito es la suma de las corrientes que pasan por cada uno de sus resistores.

5. Se logró comprobar, al analizar los datos recopilados, que la diferencia de potencial entre los extremos del circuito en paralelo es igual a la diferencia de potencial en cada resistor  $(5,83 \pm 0,01)V$ .

6. A partir de la simulación realizada, se logró obtener un valor experimental para las resistencias equivalentes en cada uno de los circuitos. Para el circuito en serie al compararlo con el valor teórico se obtuvo un error de 1 %. Mientras que para el circuito en paralelo se obtuvo un error de 3 %.

## 5. Apéndice

### 5.1. Cálculo de incertidumbres

Para las mediciones directas que se realizaron, mediante instrumentos digitales, se toma una incertidumbre de 0,01 (la resolución del instrumento). Estos valores corresponden a las resistencias utilizadas, la diferencia de potencial en la batería y la corriente total en los circuitos analizados.

Ahora bien, como los valores de la resistencia equivalente experimental para ambos circuitos se obtuvieron mediante el cálculo de la división de la tensión entre la corriente, una vez obtenidas ambas resistencias mediante mediciones, se utilizó la ley de propagación de incertidumbres para determinar su incertidumbre. De esta ley se sabe que la incertidumbre estándar combinada se calcula por medio de la fórmula (Miranda, 2001),

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\delta f}{\delta x_i}\right)^2 \cdot u^2(x_i)} \quad (8)$$

donde cada  $u(x_i)$  se pueden visualizar en el Cuadro 7. En ambos casos, se calculó por medio de la incertidumbre estándar de tipo B y que, para instrumentos de medición digitales, vendría dada por la siguiente fórmula donde  $res$  se define como la resolución del instrumento,

$$u_{res} = \frac{res}{\sqrt{3}} \quad (9)$$

Cuadro 8: Valores de incertidumbre de la corriente y del voltaje.

Incertidumbre de la corriente	0,005773503
Incertidumbre del voltaje	0,005773503

Las derivadas parciales se indican en el Cuadro 8 y se determinaron de la siguiente forma (aplican igual para ambas resistencias, ya sea en el circuito en serie o en el circuito en paralelo):

Se tiene que:

$$R_{eq} = \frac{V}{I} \quad (10)$$

Entonces para la derivada de la resistencia con respecto a la tensión se tiene que,

$$\frac{\delta R}{\delta V} = \frac{1}{I} \quad (11)$$

y para la derividad de la resistencia con respecto a la corriente se tiene,

$$\frac{\delta R}{\delta I} = -\frac{V}{I^2} \quad (12)$$

Cuadro 9: Derivadas parciales para ambos circuitos.

<b>Circuito</b>	$\frac{\delta \mathbf{R}}{\delta \mathbf{V}}$	$\frac{\delta \mathbf{R}}{\delta \mathbf{I}}$
Serie	25	-3725
Paralelo	5,88235	-201,73

Ahora, colocando las expresiones obtenidas en las ecuaciones 9, 11 y 12, en la ecuación 8, se tiene que:

1. La incertidumbre combinada de  $R_{eq}$  experimental para el circuito en serie (indicada en el Cuadro 3) se determinó de la siguiente forma.

$$\begin{aligned}
 u_c(R_{eq}) &= \sqrt{\left(\frac{\delta R}{\delta V}\right)^2 \cdot u_{res}^2(V) + \left(\frac{\delta R}{\delta I}\right)^2 \cdot u_{res}^2(I)} \\
 &= \sqrt{\left(\frac{1}{0,04}\right)^2 \cdot 0,0058^2 + \left(\frac{-5,96}{0,04^2}\right)^2 \cdot 0,0058^2} \\
 &= \sqrt{(25)^2 \cdot 0,0058^2 + (-3725)^2 \cdot 0,0058^2} \\
 &= 21,51
 \end{aligned} \quad (13)$$

2. La incertidumbre combinada  $R_{eq}$  experimental para el circuito en paralelo (indicada en el Cuadro 5) se determinó de la siguiente forma.

$$\begin{aligned}
 u_c(R_{eq}) &= \sqrt{\left(\frac{\delta R}{\delta V}\right)^2 \cdot u_{res}^2(V) + \left(\frac{\delta R}{\delta I}\right)^2 \cdot u_{res}^2(I)} \\
 &= \sqrt{\left(\frac{1}{0,17}\right)^2 \cdot 0,0058^2 + \left(\frac{-5,83}{0,17^2}\right)^2 \cdot 0,0058^2} \\
 &= \sqrt{(5,88)^2 \cdot 0,0058^2 + (-201,73)^2 \cdot 0,0058^2} \\
 &= 1,17
 \end{aligned} \quad (14)$$

## 5.2. Cálculo del porcentaje de error

$$\%_{Error} = \frac{|Teorico - Experimental|}{Teorico} \cdot 100 \quad (15)$$



## Referencias

- Miranda, J (2001). “Evaluación de la incertidumbre en datos experimentales”. En: *Instituto de Física, UNAM, México*.
- Young, Hugh D y Roger A Sears Freedman (2013). *Zemansky Física universitaria con física moderna. Vol. 2. Décimo tercera edición Ed.*