



Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Escuela de Ingeniería en Computadores

**Laboratorio de Circuitos Eléctrico - CE2201**  
**Bitácora de Laboratorio**

Datos del grupo:

Integrante(s): Ian Yoel Gómez Oses – Mauro Brenes Brenes

Profesor: Ing. Jeferson González Gómez, Dr.-Ing.

Semestre: II – 2025

## Laboratorio 3. Divisores de tensión y de corriente, conversión Y- $\Delta$

### 1. Introducción

Las técnicas de análisis basadas en divisores de tensión y de corriente permiten calcular la forma en la que se distribuye la tensión o la corriente eléctrica en circuitos resistivos, dependiendo de la magnitud de las resistencias y de las ramas presentes en el circuito.

En un divisor de tensión, la tensión eléctrica en cualquier resistencia  $R_i$  de un circuito serie se calcula multiplicando la tensión de la fuente por dicha resistencia  $R_i$ , y dividiendo entre la suma de todas las resistencias del circuito serie. La ley está descrita por

$$V_{R_i} = \frac{R_i}{R_1 + R_2 + \dots} \times V_f$$

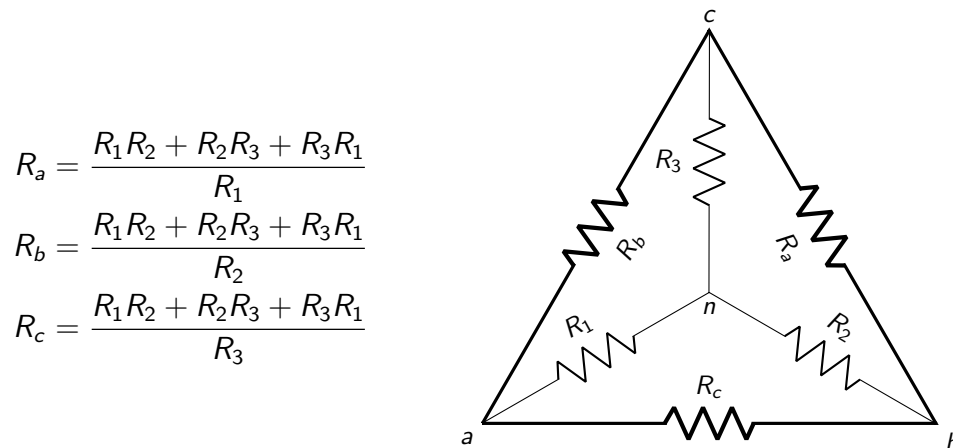
con  $i = 1 \dots n$ , y  $n$  el número de resistencias en serie.

En un divisor de corriente, la corriente en cualquier resistencia  $R_i$  de un circuito paralelo se calcula multiplicando la corriente total de entrada por el valor de la conductancia  $G_i = 1/R_i$  en estudio, y dividiendo entre la suma de todas las conductancias de la rama paralela. La ley está descrita de manera general por:

$$I_{R_i} = \frac{G_i}{G_1 + G_2 + \dots} \times I_T$$

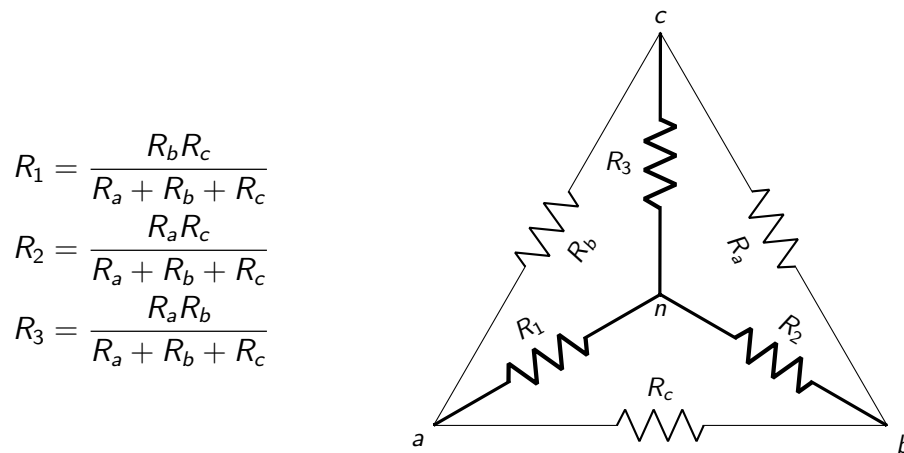
con  $i = 1 \dots n$ , y  $n$  el número de resistencias en paralelo.

Por otra parte, en este experimento se estudiará la conversión entre circuitos estrella y delta, que se utiliza, entre otros, en cálculos con circuitos trifásicos mixtos. La conversión estrella-delta establece que las impedancias de un circuito en estrella se pueden reacomodar en configuración delta como lo ilustra la [figura 3.1](#).



**Figura 3.1:** Conversión estrella-delta.

Por otro lado, la conversión delta-estrella establece que las impedancias en un circuito en delta se pueden reacomodar en configuración estrella, como se ilustra en la figura 3.2.



**Figura 3.2:** Conversión delta-estrella.

Si las cargas están balanceadas, se cumple que  $R_{\Delta} = 3R_Y$ .

## 2. Objetivos

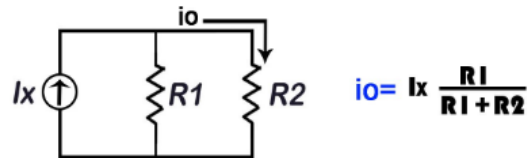
1. Comprobar experimentalmente el divisor de tensión y comparar con el cálculo teórico.
2. Comprobar experimentalmente el divisor de corriente y comparar con el cálculo teórico.
3. Realizar conversiones delta-estrella en el circuito conocido como “Punto de Wheatstone”.

## 3. Cuestionario previo

1. Investigue la ecuación del divisor de corriente para el caso en el que este tenga solo dos resistencias.
2. Calcule la tensión que cae en las resistencias del circuito de la figura 3.3, utilizando la ecuación del divisor de tensión (no utilice la Ley de Ohm) y complete los datos teóricos de la tabla 3.1.
3. Calcule la corriente  $I_{R_1}$  del circuito de la figura 3.4 combinando las resistencias en paralelo.
4. Calcule la corriente que pasa por cada una de las resistencias del circuito de la figura 3.4, utilizando la corriente del punto anterior y la ecuación del divisor de corriente (no utilice la Ley de Ohm). Debe calcular las conductancias  $G_2$ ,  $G_3$  y  $G_4$  para este cálculo. Complete la tabla 3.2.
5. Aplique la conversión delta-estrella a las resistencias  $R_1$ ,  $R_2$  y  $R_3$  del circuito de la figura 3.5. Obtenga el equivalente en estrella y calcule la corriente total que circula por este circuito. Calcule la corriente que pasa por las resistencias  $R_4$  y  $R_5$ . Calcule la tensión en los puntos A y B.
6. Calcule la corriente que circula por la resistencia  $R_2$  en el circuito original de la figura 3.5.
7. Copie en la bitácora los circuitos de medición y las tablas correspondientes. Deje los espacios para anotar todos los resultados el día de la práctica.

## Respuestas Cuestionario previo 3

- Investigue la ecuación del divisor de corriente para el caso en el que este tenga solo dos resistencias.



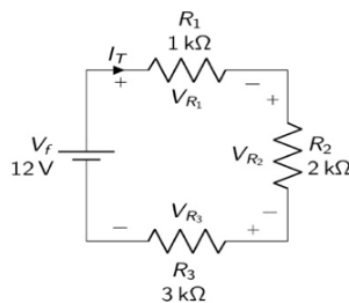
- Calcule la tensión que cae en las resistencias del circuito de la figura 3.3, utilizando la ecuación de divisor de tensión (no utilice ley de Ohm ) y complete los datos teóricos de la tabla 3.1

$$V_{R_1} = V_f \frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_3}$$

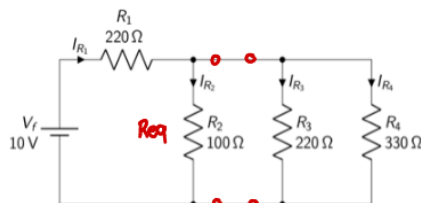
$$V_{R_1} = 12V \frac{1k}{6k} = 2V$$

$$V_{R_2} = V_f \frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_3} = 4V$$

$$V_{R_3} = V_f \frac{R_3}{R_1 + R_2 + R_3} = 6V$$



- Calcule  $I_{R_1}$  del circuito de la figura 3.4 combinando las resistencias en paralelo.



$$R_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}}$$

$$R_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{100} + \frac{1}{220} + \frac{1}{330}}$$

$$R_{eq} = \frac{1650}{29}$$

$$I_{R_1} = \frac{10V}{220 + \frac{1650}{29}}$$

$$I_{R_1} = 0,0361A = 36,115mA$$

- Calcule la corriente que pasa por cada una de las resistencias del circuito de la figura 3.4, utilizando la corriente del punto anterior y la ecuación del divisor de corriente (mo utilice

la Ley de Ohm). Debe calcular las conductancias  $G_2, G_3$  y  $G_4$  para este cálculo. Complete la tabla 3.2

$$I_{R2} = I_{R1} \left( \frac{R_{34}}{R_2 + R_{34}} \right)$$

$$I_{R2} = 0,0205 A = 20,548 mA$$

$$I_{R3} = I_{R1} \left( \frac{R_{24}}{R_3 + R_{24}} \right)$$

$$I_{R3} = 0,0093 A = 9,340 mA$$

$$I_{R4} = I_{R1} \left( \frac{R_{23}}{R_4 + R_{23}} \right)$$

$$I_{R4} = 0,00622 A = 6,22 mA$$

$$R_{34} = R_3 \parallel R_4$$

$$R_{34} = \frac{220 \cdot 330}{220 + 330} = 132 \Omega$$

$$R_{24} = R_2 \parallel R_4$$

$$R_{24} = \frac{100 \cdot 330}{100 + 330} = \frac{3300}{43} \Omega$$

$$R_{23} = R_2 \parallel R_3$$

$$R_{23} = \frac{100 \cdot 220}{100 + 220} = \frac{275}{4} \Omega$$

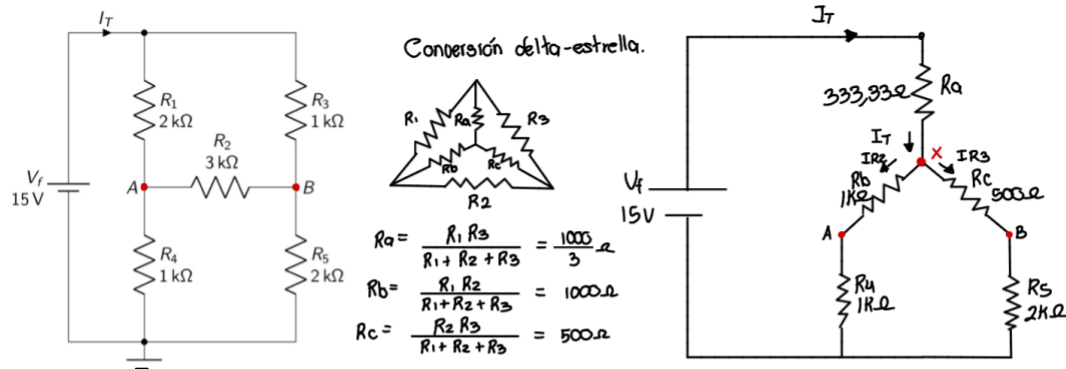
$$G_2 = \frac{1}{R_2}$$

$$G_2 = \frac{1}{100} = 0,01 S$$

$$G_3 = \frac{1}{220} = 0,0045 S$$

$$G_4 = \frac{1}{330} = 0,0030 S$$

5. Aplique la conversión delta-estrella a las resistencias  $R_1, R_2$  y  $R_3$  del circuito de la figura 3.5. Obtenga el equivalente en estrella y calcule la corriente total que circula por este circuito. Calcule la corriente que pasa por las resistencias  $R_4$  y  $R_5$ . Calcule la tensión en los puntos A y B.



$$I_T = \frac{15}{333.33 + ((1000 + 1000)^{-1} + (500 + 2000)^{-1})^{-1}} = 10.385 \text{ mA}$$

$$G_4 = \frac{1}{1000 + 1000} = \frac{1}{2000} \text{ S}$$

$$G_5 = \frac{1}{2000 + 500} = \frac{1}{2500} \text{ S}$$

$$I_{R4} = \frac{G_4}{G_4 + G_5} I_T = \frac{\frac{1}{2000}}{\frac{1}{2000} + \frac{1}{2500}} \cdot 10.385 \text{ mA} = 5.769 \text{ mA}$$

$$I_{R5} = \frac{G_5}{G_4 + G_5} I_T = \frac{\frac{1}{2500}}{\frac{1}{2000} + \frac{1}{2500}} \cdot 10.385 \text{ mA} = 4.616 \text{ mA}$$

El voltaje en A es igual a  $V_{R4}$  y el voltaje en B es igual a  $V_{R5}$ , por lo que:

$$V_A = I_{R4} \cdot R_4 = (5.769 \text{ mA}) (1000 \Omega) = 5.769 \text{ V}$$

$$V_B = I_{R5} \cdot R_5 = (4.616 \text{ mA}) (2000 \Omega) = 9.232 \text{ V}$$

6. Calcule la corriente que circula por la resistencia  $R_2$  en el circuito original de la figura 3.5.

$$V_{R2} = V_B - V_A = 9.232 - 5.769 = 3.463 \text{ V}$$

$$I_{R2} = \frac{V_{R2}}{R_2} = \frac{3.463}{3000} = 1.154 \text{ mA}$$

7. Copie en la bitácora los circuitos de medición y las tablas correspondientes. Deje los espacios para anotar todos los resultados el día de la práctica.
8. Investigue sobre distintas aplicaciones del puente de Wheatstone. ¿Como se puede utilizar para medir resistencias desconocidas? ¿O para medir temperatura? Cite ejemplos

El puente consiste en cuatro resistencias conectadas en forma de rombo. Dos ramas tienen resistencias conocidas, una rama contiene la resistencia desconocida y la otra se ajusta con una resistencia variable.

Aplicaciones:

### 1. Medir resistencias desconocidas

- Se coloca la resistencia desconocida  $R_x$  en una rama.
- Se ajusta el puente hasta que el galvanómetro marque 0.
- Se calcula con la fórmula:

$$R_x = \frac{R_3 \times R_1}{R_2}$$

### 2. Medir temperatura

- Usando un termistor o una RTD como  $R_x$ .
- La resistencia varía con la temperatura:
  - **RTD:**  $R(T) = R_0(1 + \alpha(T - T_0))$
  - **Termistor NTC:**  $R(T) = R_\infty e^{\frac{B}{T}}$
- El cambio de resistencia desbalancea el puente  $\rightarrow$  se calibra en  $^{\circ}\text{C}$ .

### 3. Medir deformación / presión (strain gauges)

### 4. Medir luz (LDR)

**Ejemplos:**

#### 1. Medición de temperatura con RTD (Pt100):

En la industria, se coloca un sensor de platino (Pt100) como resistencia del puente.

Su resistencia aumenta con la temperatura según la fórmula:

$$R(T) = R_0(1 + \alpha(T - T_0))$$

Se usa en hornos industriales, plantas químicas y sistemas de climatización para medir temperaturas entre  $-200^{\circ}\text{C}$  y  $850^{\circ}\text{C}$ .

#### 2. Sensores de presión en autos (strain gauges):

Una galga extensométrica cambia su resistencia al deformarse con la presión.

Al integrarla en un puente de Wheatstone, el desbalance generado se convierte en una señal eléctrica proporcional a la presión.

Se usa en frenos ABS, motores y sistemas de inyección de combustible.

9. Investigue como se puede medir la resistencia interna del voltímetro o del amperímetro para una determinada escala de medición.

Voltímetro: resistencia alta, se mide con métodos de comparación en paralelo.

Amperímetro: resistencia baja, se mide con caída de tensión en serie.



- 8. Investigue sobre distintas aplicaciones del puente de Wheatstone. ¿Cómo se puede utilizar para medir resistencias desconocidas? ¿O para medir temperatura? Cite ejemplos.
- 9. Investigue cómo puede medir la resistencia interna del voltímetro o del amperímetro para una determinada escala de medición.

4. Equipo y materiales

Cantidad	Descripción
1	Fuente de CD
1	Multímetro digital
1	Protoboard
	Resistencias de distintos valores
	Cables de conexión tipo banana-banana

5. Procedimiento

5.1. Divisor de tensión

- 1. Construya el circuito de medición de la figura 3.3.

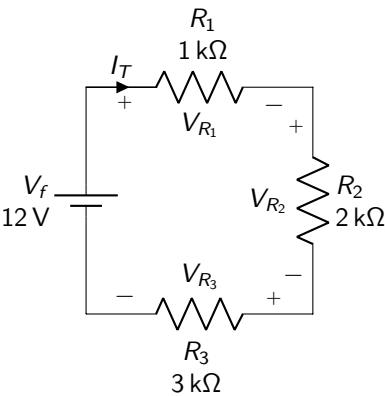


Figura 3.3: Circuito para la comprobación del divisor de tensión.

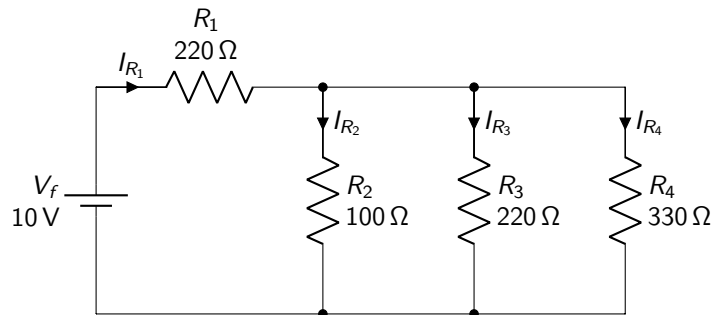
- 2. Mida la tensión de la fuente, y la tensión en cada una de las resistencias. Anótelas en la tabla 3.1.

Tabla 3.1: Mediciones de tensión en un circuito con divisor de tensión.

Tensión	Teórica [V]	Experimental [V]	Error [%]
$V_f$	12	12,00	0%
$V_{R_1}$	2	1,97	1,5%
$V_{R_2}$	4	4,01	0,25%
$V_{R_3}$	6	6,01	0,16%

## 5.2. Divisor de corriente

1. Arme el circuito de medición de la figura 3.4.



**Figura 3.4:** Circuito para la comprobación del divisor de corriente.

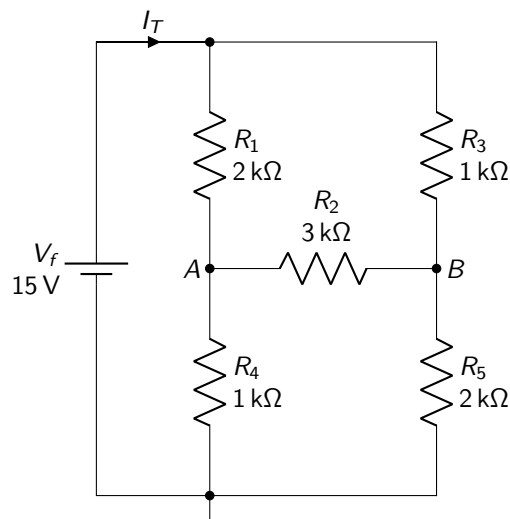
2. Mida la corriente total, y la corriente en cada una de las resistencias. Anótelas en la tabla 3.2.

**Tabla 3.2:** Mediciones de corriente para comprobar divisor de corriente.

Corriente	Teórica [A]	Experimental [A]	Error [%]
$I_T$	0,0361 A	0,035 A	3,04%
$I_{R_2}$	0,0205 A	0,020 A	2,43%
$I_{R_3}$	0,0093 A	0,0093 A	0 %
$I_{R_4}$	0,00622 A	0,005 A	16%

## 5.3. Puente de Wheatstone

1. Monte el circuito de medición de la figura 3.5.



**Figura 3.5:** Circuito de puente de Wheatstone para conversión estrella-delta.

**Tabla 3.3:** Mediciones de tensión y de corriente en el puente de Wheatstone.

Magnitud	Teórica	Experimental	Error [%]
$V_A$	5,76V	5,73V	0,52 %
$V_B$	9,23V	9,26V	0,33 %
$I_T$	10,39mA	10,47mA	0,77 %
$I_{R_2}$	1,15mA	1,18mA	2,61 %
$I_{R_3}$	5,77mA	5,81mA	0,69 %

2. Mida la tensión en entre los puntos  $A$  y  $B$  y la referencia. Anótelas en la [tabla 3.3](#).
3. Mida la corriente total que circula por el circuito y anótela en la [tabla 3.3](#).
4. Mida la corriente que circula por las resistencias  $R_2$  y  $R_3$ .
5. Complete los datos de la [tabla 3.3](#).

## 6. Evaluación

1. Demuestre que se cumplen las Leyes de Kirchhoff utilizando los datos experimentales, para los circuitos de la [figura 3.3](#) (LTK) y la [figura 3.4](#) (LCK).
2. Demuestre además que la sumatoria de potencias en estos dos circuitos es cero.
3. Realice conclusiones sobre la ley de divisor de tensión y la ley de divisor de corriente.  
¿Los resultados experimentales demuestran que se cumplen dichas leyes?

1.)

Figura 3.3

$$V_f = 12,00V$$

$$V_{R_1} = 1,97V$$

$$V_{R_2} = 4,01V$$

$$V_{R_3} = 6,01V$$

Sumatoria

$$12V = 1,97V + 4,01V + 6,01V$$

$$12V = 11,99V$$

$$12V - 11,99V \approx 0V$$

Figura 3.4

Sumatoria

$$I_T = 0,035A$$

$$I_{R_2} = 0,020A$$

$$I_{R_3} = 0,0093A$$

$$I_{R_4} = 0,005A$$

$$0,035A = 0,020A + 0,0093A + 0,005A$$

$$0,035A = 0,034$$

$$0,035A - 0,034A \approx 0A$$

## 2) Figura 3.3

$$P = I^2 \cdot R, P = VI, P = \frac{V^2}{R}$$

Sumatoria

$$P_T = 12V \cdot 0,002A = 0,024W$$

$$0,024W = 0,004W + 0,008W + 0,012W$$

$$P_{R1} = \frac{1,97^2 V}{1000\Omega} = 0,004W$$

$$0,024W = 0,024W$$

$$0,024W - 0,024W = 0$$

$$P_{R2} = \frac{4,01^2 V}{2000\Omega} = 0,008W$$

$$P_{R3} = \frac{6,01^2 V}{3000\Omega} = 0,012W$$

## Figura 3.4

Sumatoria

$$P_{IT} = 10V \cdot 0,035A = 0,35W$$

$$0,35W = 0,2W + 0,093W + 0,05W$$

$$P_{R2} = 10V \cdot 0,020A = 0,2W$$

$$0,35W = 0,34W$$

$$P_{R3} = 10V \cdot 0,0093A = 0,093W$$

$$0,35W - 0,34W \approx 0$$

$$P_{R4} = 10V \cdot 0,005A = 0,05W$$

3) Los resultados experimentales muestran que las caídas de tensión y corrientes medidas coinciden con los valores teóricos obtenidos mediante las leyes del divisor de tensión y de corriente. Las pequeñas diferencias se deben a tolerancias de los componentes y errores de medición. En conclusión, las leyes se cumplen en la práctica dentro de un margen de error aceptable.