

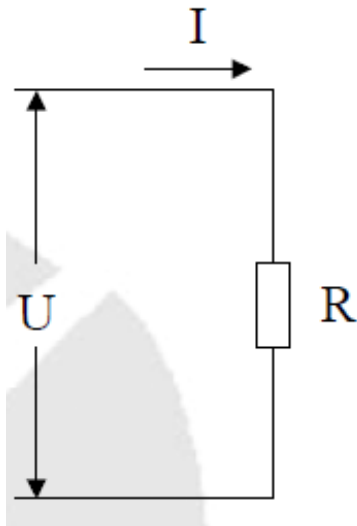
**CURSO: CIRCUITOS Y MAQUINAS ELECTRICAS**

**Profesor del Curso : Ms.Sc. César L. López Aguilar  
Ingeniero Mecánico Electricista CIP 67424**

1. Ley de Ohm.
2. Conexión serie de resistencia
3. Resistencia equivalente
4. Conexión paralelo de resistencias
5. Leyes de Kirchoff
6. Ejercicios resueltos
7. Práctica Calificada

# 1. LEY DE OHM

El primero en determinar cualitativamente la reacción que existe entre la tensión aplicada a dos puntos de un conductor y la intensidad que circula entre los mismos, fue el físico alemán **Georg Simon Ohm** en 1826. Esa relación es constante, se llama **resistencia**; la ley de Ohm se puede enunciar del siguiente modo:



*"La relación que existe entre la tensión aplicada y dos puntos de un conductor y la intensidad que circula entre los mismos es una constante que llamamos resistencia"*

R  $\Rightarrow$  Resistencia medida en ohmios ( $\Omega$ )

U  $\Rightarrow$  Tensión en voltios (V)

I  $\Rightarrow$  Intensidad en amperios (A)

$$R = \frac{U}{I}$$

**Ec.....(1)**

De esta forma la característica propia que tiene cada material conductor de ofrecer mayor o menor dificultad para que de sus orbitales se desplacen los electrones libres y crece el flujo de corriente se convierte en una magnitud física medible llamada resistencia cuyo valor queda determinado por la ley de Ohm.

### **Ejemplo 1**

Calcule la resistencia que ofrece un conductor por el que circula una intensidad de 10 A, cuando se le aplica una tensión de 100V.

### **Solución**

Aplicando la ecuación  $R = \frac{U}{I}$

$$R = \frac{100 \text{ V}}{10 \text{ A}} \quad R = 10\Omega$$

La ley de Ohm también se enuncia del siguiente modo:

*"La intensidad de la corriente eléctrica que circula por un conductor es directamente proporcional a la tensión aplicada entre sus extremos e inversamente proporcional a la resistencia que ofrece entre los mismos"*

$$I = \frac{U}{R} \quad \text{Ec.....(4)} \quad \text{O también} \quad U = I.R \quad \text{Ec.....(5)}$$

## **Ejemplo 2**

Determinar la intensidad que circula por una resistencia de  $6\Omega$  cuando se le aplica una tensión de 48 V.

### **Solución**

Aplicando la ecuación

$$I = \frac{U}{R}$$

$$I = \frac{48 \text{ V}}{6\Omega}$$

$$I = 8 \text{ A}$$

# GRAFICOS

1. Variación de la intensidad de la corriente en función de la tensión con una **resistencia constante**.

Manteniendo constante la resistencia  $R = 20\Omega$  se va variando la tensión desde  $U = 0\text{ V}$  hasta  $U = 10\text{ V}$ , obteniéndose los siguientes resultados:

| Nº | U (V) | I (A) |
|----|-------|-------|
| 1  | 0     | 0     |
| 2  | 2     | 0,1   |
| 3  | 4     | 0,2   |
| 4  | 6     | 0,3   |
| 5  | 8     | 0,4   |
| 6  | 10    | 0,5   |

Se observa que cuando la tensión aumenta, la corriente también aumenta, es decir, son directamente proporcionales.

$$I \approx U$$

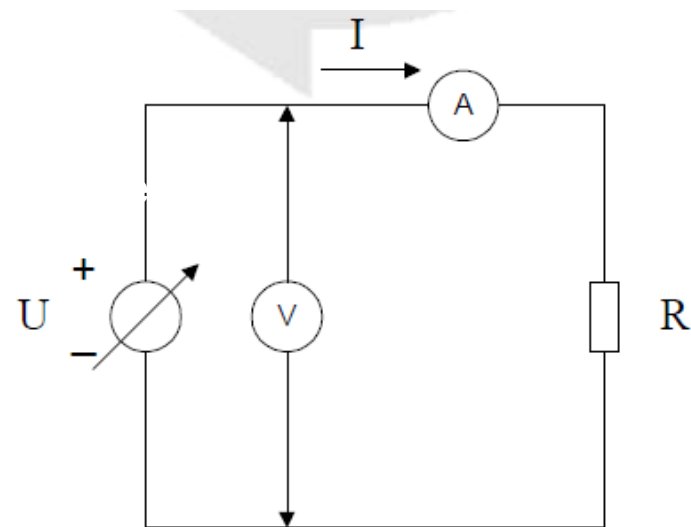


Fig. 2.5 Corriente vs. tensión

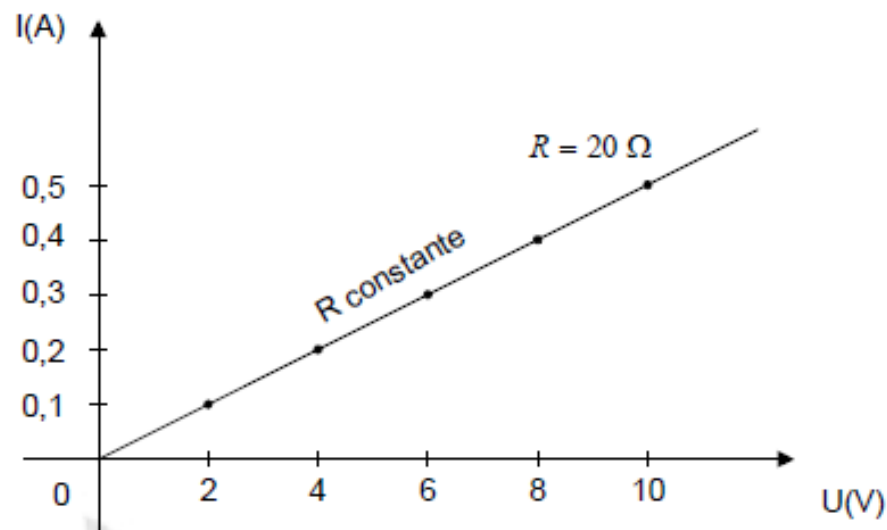


Fig. 2.6 I vs. U(R constante)

# GRAFICOS

2. Variación de la intensidad de la corriente en función de la resistencia con una **tensión constante**.

Manteniendo constante la tensión en  $U = 12\text{ V}$  se va variando la resistencia desde  $R = 10\ \Omega$  hasta  $R = 50\ \Omega$ , obteniéndose los siguientes resultados:

| N° | R ( $\Omega$ ) | I (A) |
|----|----------------|-------|
| 1  | 10             | 1,2   |
| 2  | 20             | 0,6   |
| 3  | 30             | 0,4   |
| 4  | 40             | 0,3   |
| 5  | 50             | 0,24  |

Se observa que cuando la Resistencia aumenta, la corriente disminuye, es decir, son inversamente proporcionales.

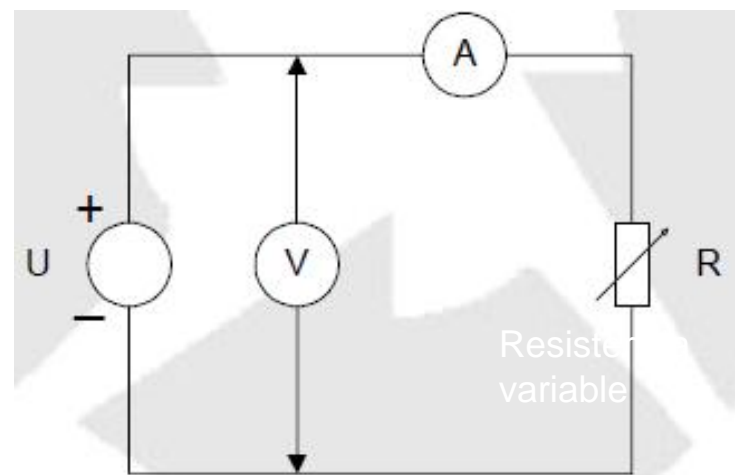


Fig. 2.7 Corriente vs. Resistencia

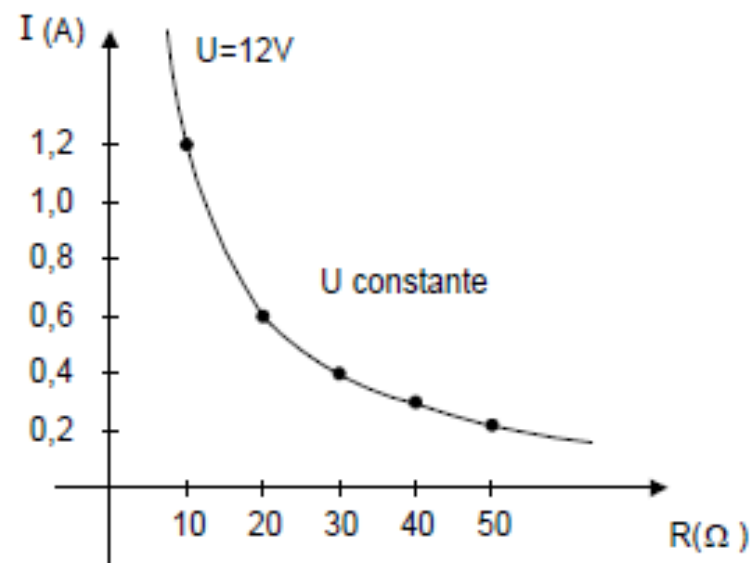


Fig. 2.8 I vs. R(U constante)

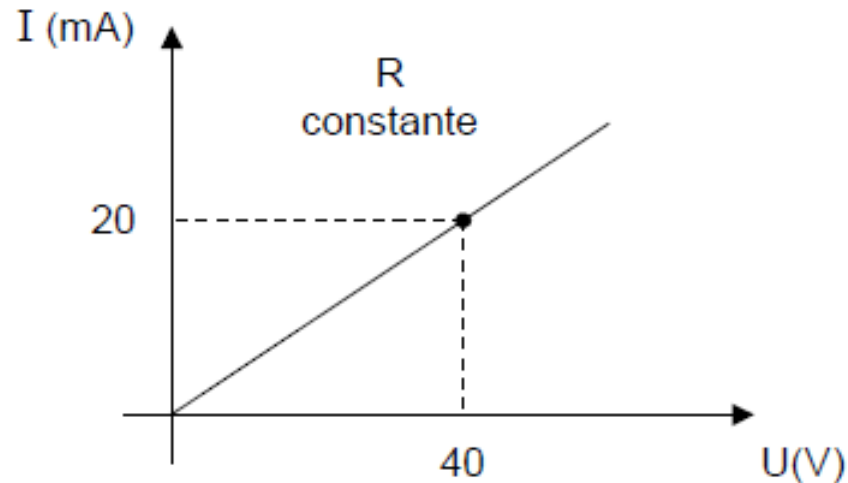
# EJERCICIOS

1. En una prueba de laboratorio de la ley de Ohm con resistencia constante, se obtuvo el gráfico mostrado. Calcule la medida de la resistencia.

## Solución

Del gráfico se observa:

$$I = 20 \text{ mA} \quad U = 40 \text{ V}$$



$$R = \frac{U}{I}$$

$$R = \frac{40 \text{ V}}{20 \times 10^{-3} \text{ A}}$$

$$R = \frac{40 \text{ V}}{20 \text{ mA}}$$

$$R = 2 \times 10^3 \Omega$$

# EJERCICIOS

2. Al aplicar 100 mV a los extremos de un conductor circulan 0,1A. Si la sección del conductor es de 1,5 mm<sup>2</sup> y su longitud es de 83 m. ¿De qué material está hecho dicho conductor?

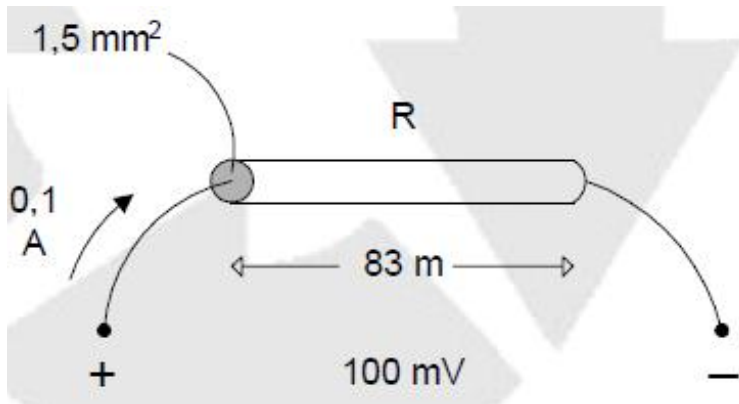
Tabla de

resistividades

Solución

Por dato:

| Material   | Ag    | Cu    | Au    | Al    | Zn    | Fe    | Sn    |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\rho \left( \frac{\Omega \times \text{mm}^2}{\text{m}} \right)$ | 0,016 | 0,018 | 0,022 | 0,028 | 0,060 | 0,100 | 0,110 |



$$R = \frac{U}{I} \Rightarrow R = \frac{100 \text{ mV}}{0,1 \text{ A}} \Rightarrow R = \frac{0,1 \text{ V}}{0,1 \text{ A}} \Rightarrow R = 1 \Omega$$

$$\text{Pero: } R = \rho \frac{L}{A} \Rightarrow \rho = \frac{R \times A}{L} \Rightarrow \rho = \frac{(1 \Omega)(1,5 \text{ mm}^2)}{83 \text{ m}}$$

$$\rho = 0,018 \frac{\Omega \times \text{mm}^2}{\text{m}}$$

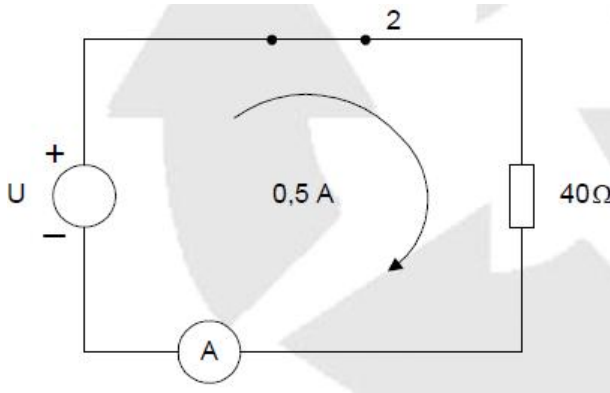
De acuerdo a la tabla de resistividades, el material que corresponde es: COBRE

# EJERCICIOS

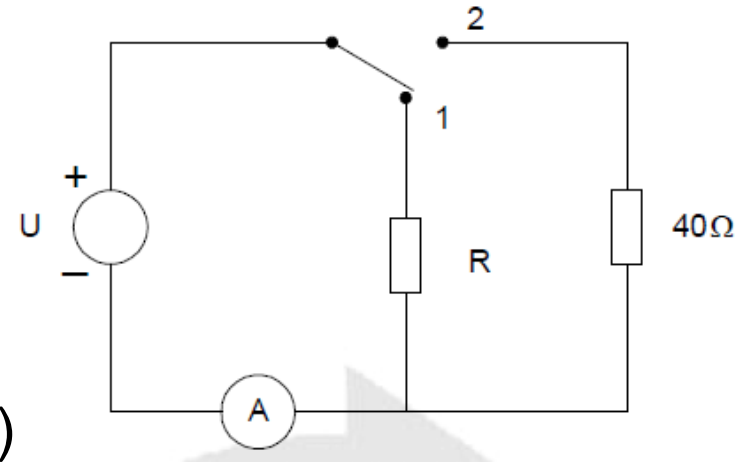
3. Cuando el conmutador está en posición 1, el amperímetro indica 200 mA y cuando está en posición 2, señala 0,5 A. Calcule el valor de U y R

## Solución

Posición 2



$$R = 40 \Omega$$
$$I = 0,5 \text{ A}$$
$$U = (0,5 \text{ A}) \cdot (40 \Omega)$$
$$U = 20 \text{ V}$$

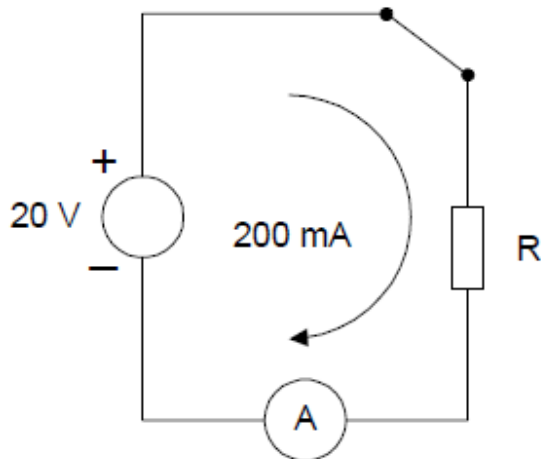


Posición 1

$$U = 20 \text{ V}$$
$$I = 200 \text{ mA} = 0,2 \text{ A}$$

$$R = \frac{U}{I}$$
$$R = \frac{20 \text{ V}}{0,2 \text{ A}}$$

$$R = 100 \Omega$$



## 2. CONEXIÓN EN SERIE

En esta conexión las cargas son colocadas unas tras otras de forma que la misma corriente circula por todas ellas. Un ejemplo muy conocido de conexión en serie son las luces de navidad.



Fig. 2.9 Luces de navidad

### CORRIENTE EN LA CONEXIÓN SERIE

Conectemos tres resistencias  $R_1 = 10\Omega$ ,  $R_2 = 20\Omega$  y  $R_3 = 30\Omega$ , en serie a una fuente de tensión de  $U = 30\text{ V}$ .

Se observa que todos los amperímetros señalan el paso de la misma corriente.

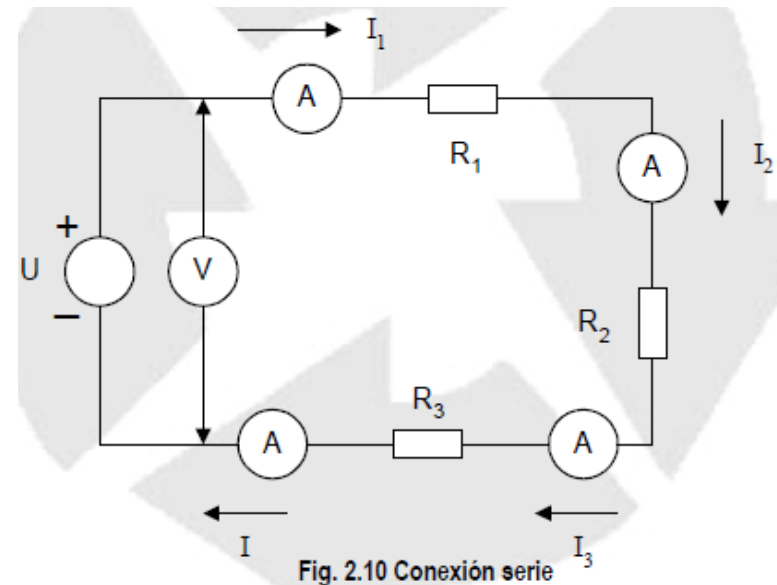


Fig. 2.10 Conexión serie

| $U\text{ (V)}$ | $I_1\text{ (A)}$ | $I_2\text{ (A)}$ | $I_3\text{ (A)}$ | $I\text{ (A)}$ |
|----------------|------------------|------------------|------------------|----------------|
| 30             | 0,5              | 0,5              | 0,5              | 0,5            |

*En la conexión serie circula la misma corriente en todo el circuito  $I = I_1 = I_2 = I_3$*

# TENSIONES EN LA CONEXIÓN EN SERIE

Conectamos tres resistencias  $R_1 = 10\Omega$ ,  $R_2 = 20\Omega$  y  $R_3 = 30\Omega$  en una serie a una fuente de tensión de  $U = 30\text{ V}$ .

## Resultados

| $U\text{ (V)}$ | $U_1\text{ (V)}$ | $U_2\text{ (V)}$ | $U_3\text{ (V)}$ |
|----------------|------------------|------------------|------------------|
| 30             | 5                | 10               | 15               |

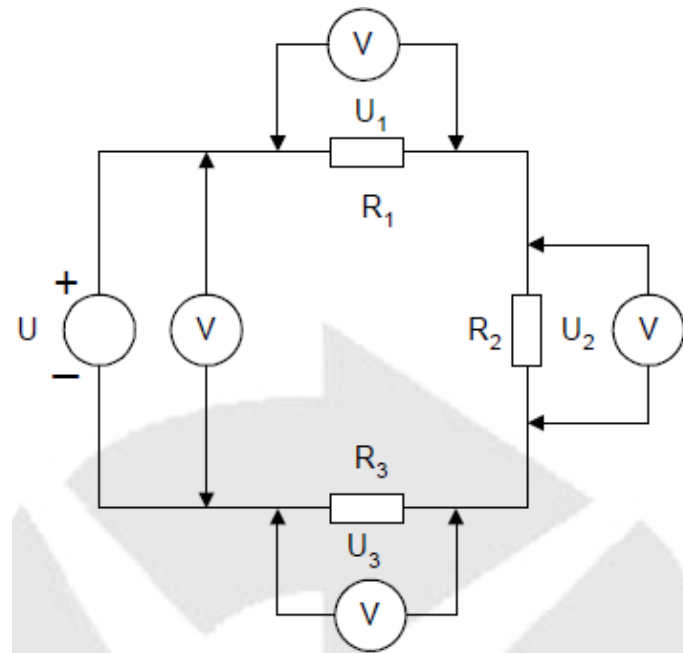


Fig. 2.11 Tensiones en conexión serie

En el circuito en serie cada consumidor tiene una parte de la tensión normal.

*La tensión total es igual a la suma de las diferentes tensiones en serie.*

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

## Segunda ley de Kirchhoff

*"En una malla (circuito cerrado) la tensión que entrega la fuente es igual a la suma de las caídas de tensión de cada una de las cargas"*

### 3. RESISTENCIA EQUIVALENTE

La resistencia total de un circuito se llama también resistencia equivalente y en los cálculos puede sustituir a las resistencias y parciales. Si la tensión es constante, la resistencia equivalente consume tanta corriente como las resistencias parciales montadas en serie.

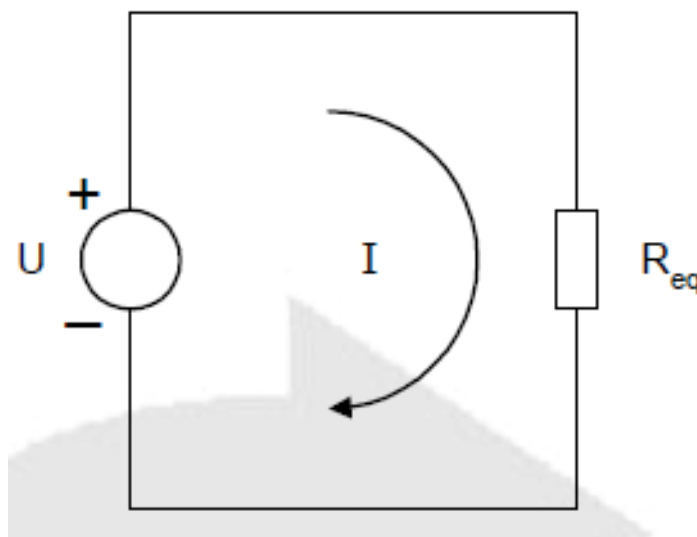


Fig. 2.12 Circuito equivalente

$$R_{eq} = \frac{U}{I} \quad \Rightarrow \quad R = \frac{30 \text{ V}}{0,5 \text{ A}} \quad \Rightarrow R_{eq} = 60\Omega$$

Por Ley de Ohm  $U = I \cdot R_{eq}$

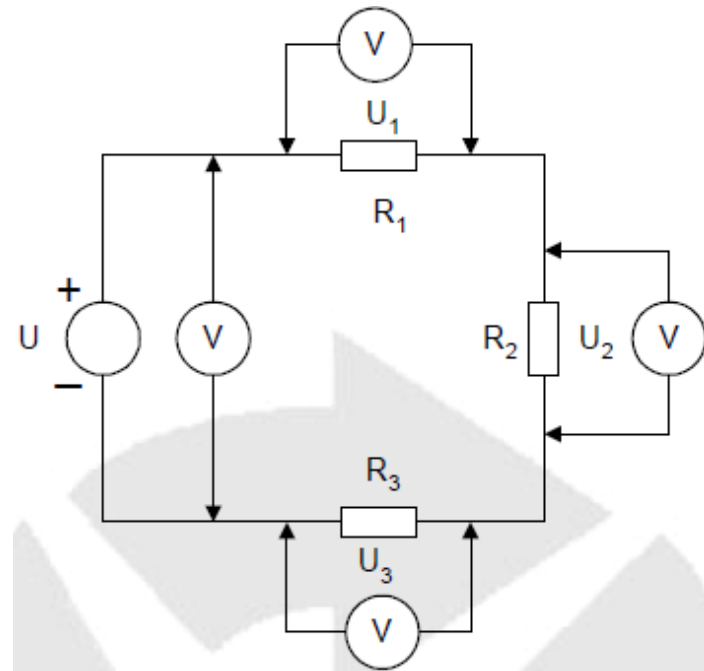
Del circuito anterior:  $U = U_1 + U_2 + U_3$  En las cargas, podemos aplicar la ley de Ohm:  $U_1 = I \cdot R_1$   $U_2 = I \cdot R_2$   $U_3 = I \cdot R_3$

Luego, reemplazando en la ecuación anterior:

$$I R_{eq} = I R_1 + I R_2 + I R_3 \quad R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 \quad 60\Omega = 10\Omega + 20\Omega + 30\Omega$$

Por lo tanto deducimos:

*En un montaje en serie la resistencia total es igual a la suma de las resistencias parciales*

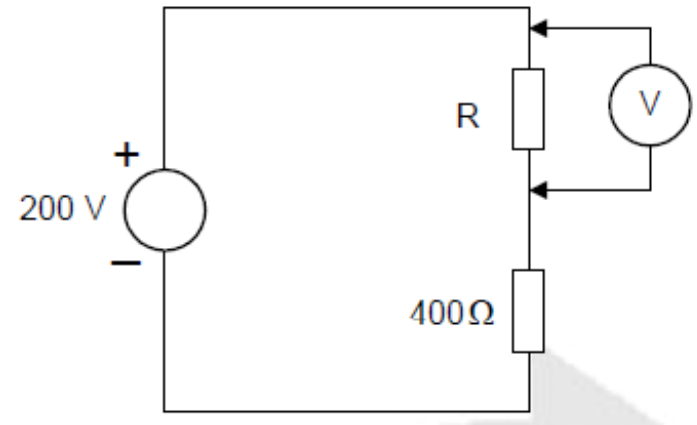
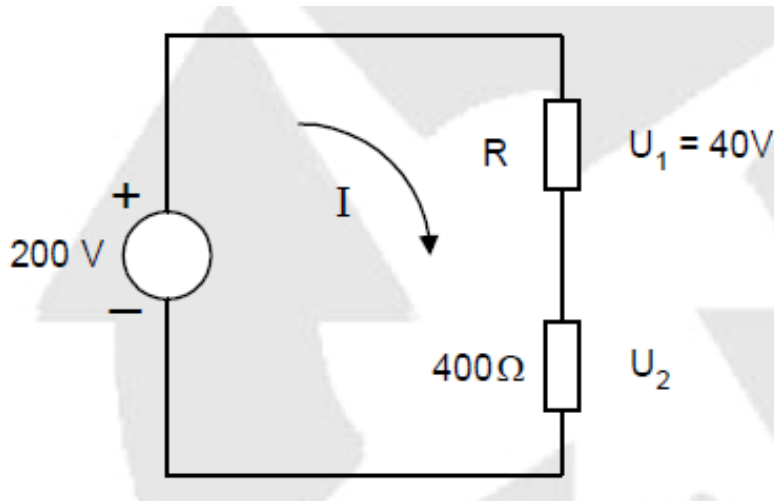


# EJERCICIOS

1. ¿Cuánto deberá ser el valor de "R" para que la tensión a través de ella sea 40 V?

## Solución

Se observa en el circuito serie:



$$U_1 + U_2 = 200 \text{ V} \quad 40 + U_2 = 200$$

$$U_2 = 160 \text{ V}$$

Por Ley de Ohm:

$$I = \frac{U_2}{400 \Omega} = \frac{160 \text{ V}}{400 \Omega}$$

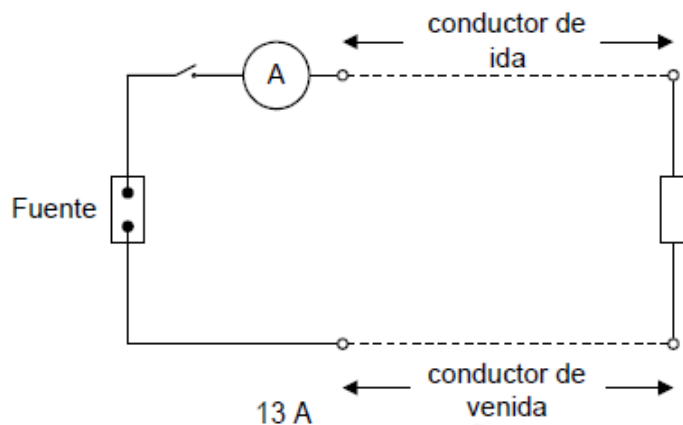
$$I = 0,4 \text{ A}$$

De igual modo:

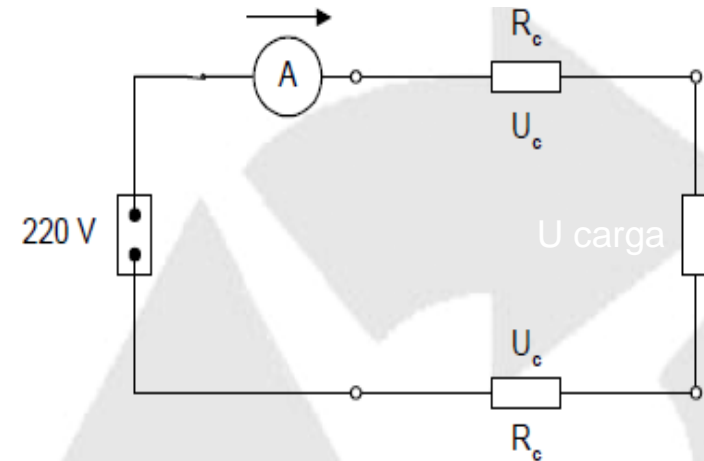
$$R = \frac{U_1}{I} = \frac{40 \text{ V}}{0,4 \text{ A}}$$

$$R = 100 \Omega$$

2. Un conductor de cobre de 1,5 mm<sup>2</sup> con dos hilos y 10 m de longitud, alimenta a una carga que consume 13 A ¿Qué valor tiene la caída de tensión en el conductor en voltios y qué tensión llega a la carga, si la red es de 220 V?



$$\rho_{Cu} = 0,0178 \frac{\Omega \times \text{mm}^2}{\text{m}}$$



De acuerdo al circuito se observa que la caída de tensión total en el conductor (ida y venida) es:  $\Delta U = 2U_C$

$$R_c = \rho \frac{L}{A} = 0,0178 \times \frac{10}{1,5}$$

$$R_c = 0,119 \Omega \quad \text{Por la ley de Ohm } U_C = I R_c$$

$$= (13 \text{ A}) (0,119 \Omega) \quad U_C = 1,55 \text{ V} \quad \Delta U = 3,1 \text{ V}$$

Luego, como el circuito está conectado en serie:

$$220 = U_c + U_{\text{carga}} + U_C \quad 220 = 2U_C + U_{\text{carga}}$$

$$220 = 3,1 + U_{\text{carga}} \quad U_{\text{carga}} = 216,9 \text{ V}$$

## 4. CONEXIÓN EN PARALELO

En este montaje las cargas están conectadas en un circuito de modo que la corriente de la fuente de energía se divide entre las cargas, de tal manera que sólo una parte de la corriente pasa por cada carga.

Una característica de la conexión paralelo es la posibilidad de conectar y desconectar las cargas a voluntad e independientemente unas de otras.

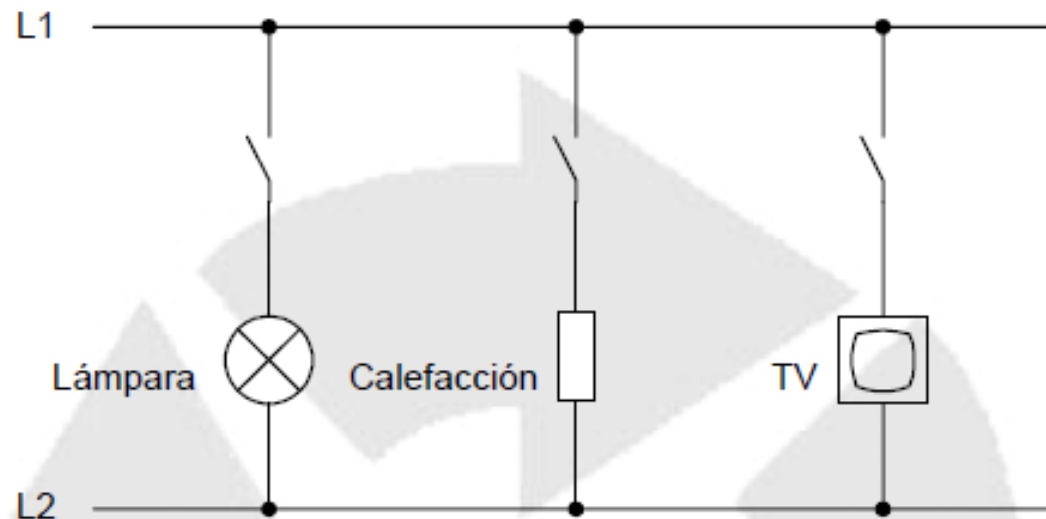


Fig. 2.13 Conexión de cargas en paralelo

# TENSIÓN EN LA CONEXIÓN EN PARALELO

Tres resistencias  $R_1 = 10 \Omega$ ,  $R_2 = 20 \Omega$  y  $R_3 = 30 \Omega$  se conectan en paralelo a una fuente de tensión de  $U = 30 \text{ V}$ .

Resultados

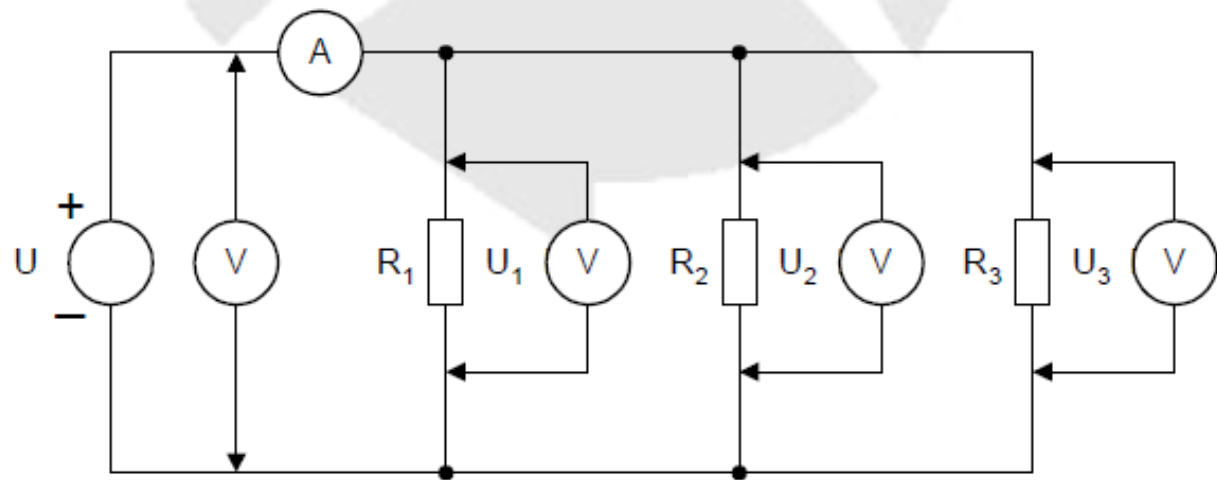


Fig. 2.14 Resistencias en paralelo

| $U \text{ (V)}$ | $I \text{ (A)}$ | $U_1 \text{ (V)}$ | $U_2 \text{ (V)}$ | $U_3 \text{ (V)}$ |
|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 30              | 5,5             | 30                | 30                | 30                |

Se observa que al conectar resistencias en paralelo a una fuente de tensión todas las resistencias se encuentran sometidas a la misma tensión.  $U = U_1 = U_2 = \dots = U_n$

# CORRIENTES EN LA CONEXIÓN PARALELO

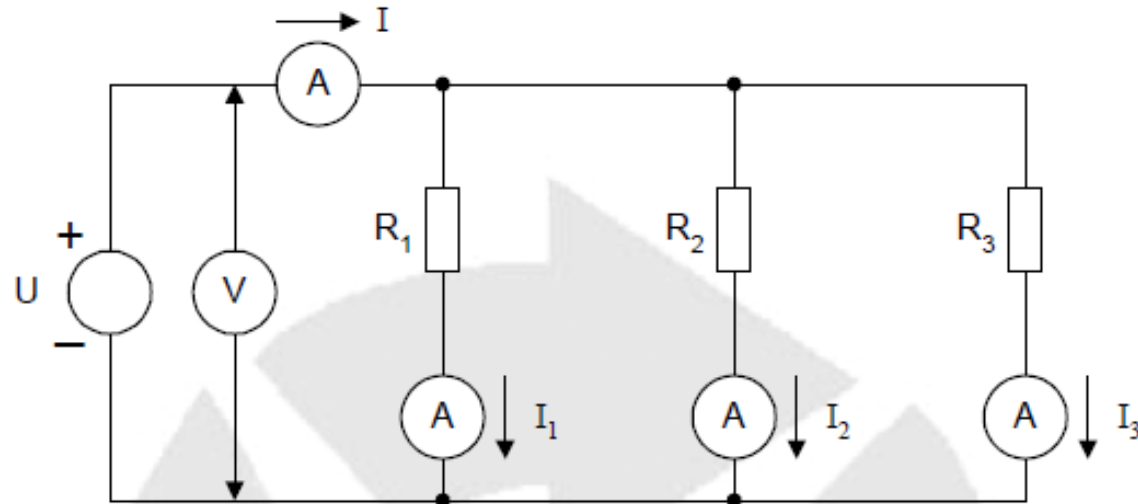


Fig. 2.15 Corrientes en la conexión paralelo

## Resultados

| U (V) | I (A) | U <sub>1</sub> (V) | U <sub>2</sub> (V) | U <sub>3</sub> (V) |
|-------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 30    | 5,5   | 3                  | 1,5                | 1                  |

Notamos que en la conexión paralelo la corriente total es igual a la suma de las corrientes de las ramas  $I = I_1 + I_2 + I_3$

$$5,5 = 3 + 1,5 + 1$$

# Primera Ley de Kirchhoff

*"La suma de las corrientes que entran en un nudo es igual a la suma de las corrientes que salen de él"*

## RESISTENCIA EQUIVALENTE

El circuito anterior se puede reemplazar por:

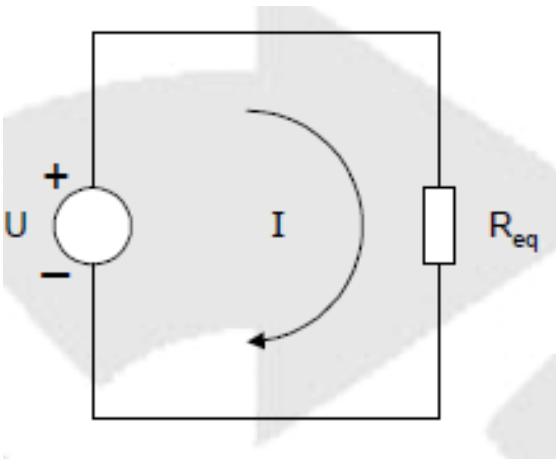


Fig.2.17 Circuito equivalente

Luego

$$R_{eq} = \frac{U}{I} = \frac{30 \text{ V}}{5,5 \text{ A}}$$
$$R_{eq} = 5,45 \Omega$$

*La resistencia equivalente de la conexión en paralelo es menor que cualquiera de sus componentes*

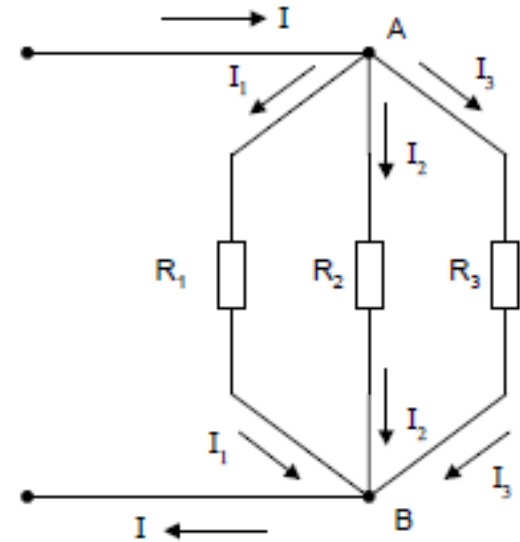


Fig. 2.16 Primera ley de Kirchhoff

Comparando este valor con los valores de las resistencias parciales concluimos que:

A continuación vamos a establecer una relación entre la resistencia equivalente y las resistencias parciales.

Sabemos que:  $I = I_1 + I_2 + I_3$

$$\frac{U}{R_{eq}} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3}$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Luego deducimos:

*En una conexión en paralelo el inverso de la resistencia equivalente es igual a la suma de las inversas de las diferentes resistencias.*

Si se trata de sólo dos resistencias conectadas en paralelo, podemos calcular la resistencia equivalente de un modo más sencillo:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

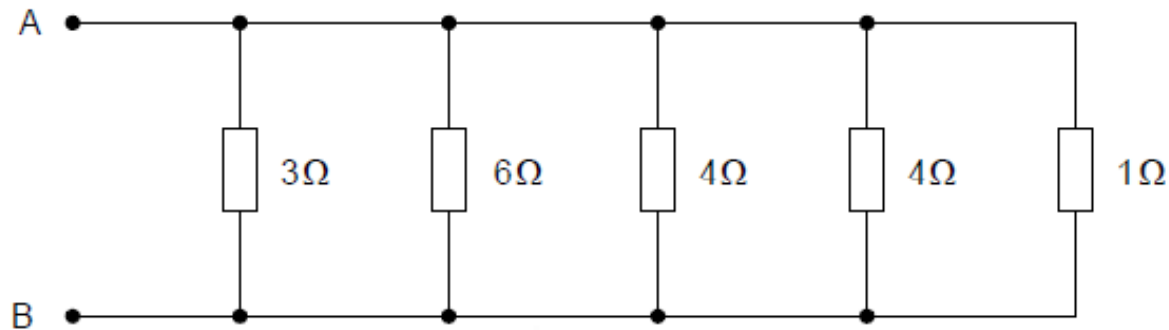
$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{R_2 + R_1}{R_1 R_2}$$

$$R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

# EJERCICIOS

1. Calcule la resistencia equivalente entre A y B:

Sabemos que:  $I = I_1 + I_2 + I_3$



## Solución

Aplicando la fórmula de la resistencia equivalente:

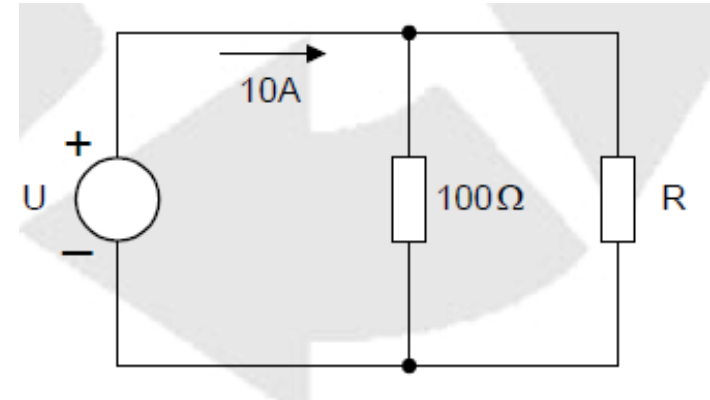
$$\frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{3} + \frac{1}{6} + \frac{1}{4} + \frac{1}{4} + \frac{1}{1}$$

$$\frac{1}{R_{AB}} = \frac{4 + 2 + 3 + 3 + 12}{12}$$

$$R_{AB} = 0,5 \Omega$$

$$\frac{1}{R_{AB}} = \frac{24}{12} \Rightarrow$$

2. En el siguiente circuito, halle el valor de "R" para que la intensidad de corriente que circule por ella sea 2 A



### Solución

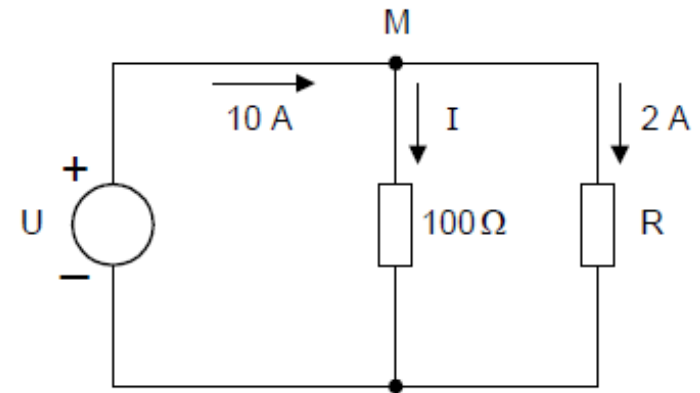
En el nudo "M":  $10 = I + 2 \quad I = 8 \text{ A}$

Como las resistencias están en paralelo, las tensiones son iguales.

$$\therefore (I)(100 \Omega) = (R)(2 \text{ A})$$

$$(8 \text{ A})(100 \Omega) = (R)(2 \text{ A})$$

$$R = 400 \Omega$$

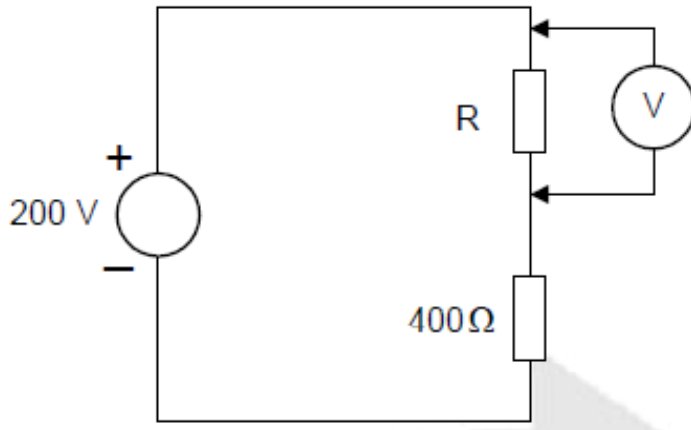
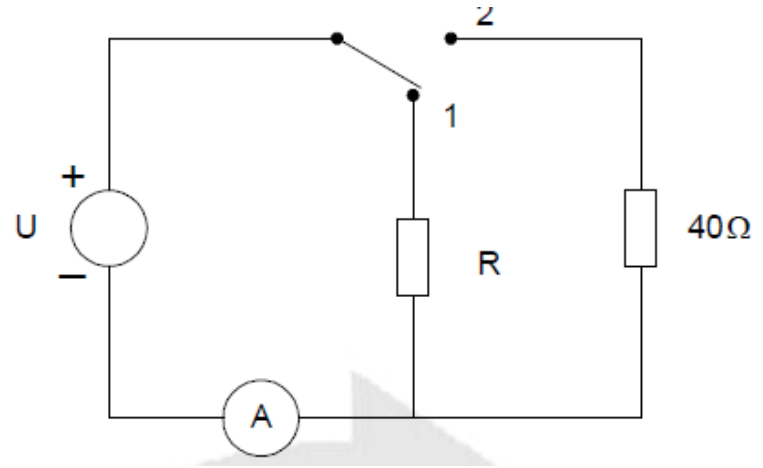


## PRACTICA CALIFICADA

1. Determinar la intensidad que circula por una resistencia de  $6 \Omega$  cuando se le aplica una tensión de 50, 100, 150, 200 y 250 V. Grafique los resultados, esquematice el circuito eléctrico y comente su gráfico
2. Determinar la intensidad que circula por una resistencia de 6, 12, 18, 24 y  $30 \Omega$  cuando se le aplica una tensión de 50 V. Grafique los resultados, esquematice el circuito eléctrico y comente su gráfico.
3. Al aplicar 100 mV a los extremos de un conductor circulan 0,1A. Si la sección del conductor es de  $2.32 \text{ mm}^2$  y su longitud es de 83 m. ¿De qué material está hecho dicho conductor?. Realice un esquema con datos del conductor

| Material   | Ag    | Cu    | Au    | Al    | Zn    | Fe    | Sn    |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\rho \left( \frac{\Omega \times \text{mm}^2}{\text{m}} \right)$ | 0,016 | 0,018 | 0,022 | 0,028 | 0,060 | 0,100 | 0,110 |

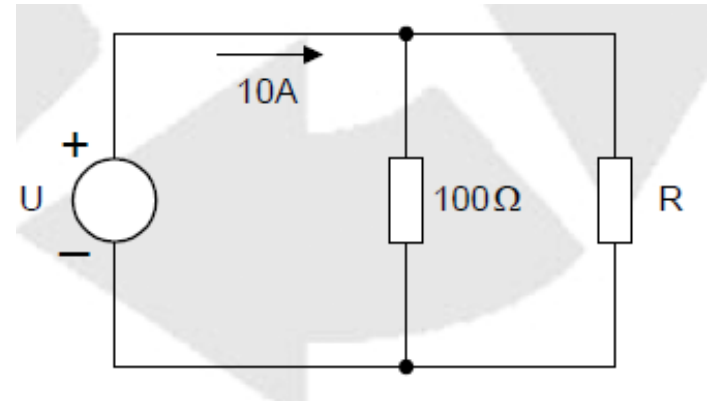
4. Cuando el conmutador está en posición 1, el amperímetro indica 200 mA y cuando está en posición 2, señala 0,5 A. Calcule el valor de  $U$  y  $R$



5. ¿Cuánto deberá ser el valor de "R" para que la tensión a través de ella sea 50 V.

6. Un conductor de cobre de  $1,5\text{ mm}^2$  con dos hilos y 15 m de longitud, alimenta a una carga que consume 16 A ¿Qué valor tiene la caída de tensión en el conductor en voltios y qué tensión llega a la carga, si la red es de 220 V. Realice un esquema del circuito.

7. En el siguiente circuito, halle el valor de "R" para que la intensidad de corriente que circule por ella sea 2 A.



8. En el circuito mostrado, calcule "R"

Respuesta =  $3\ \Omega$

9. Calcule la corriente del circuito, cuando se le aplica una tensión de 110 V.

