

UNIDAD II

"LEYES BÁSICAS"**1. CIRCUITO ELÉCTRICO**

El circuito eléctrico es el sistema básico de la electricidad mediante el cual aprendemos una serie de conceptos y sus correspondientes aplicaciones.

Se define como un conjunto de elementos conductores que forman un camino cerrado (malla) por el cual circula una corriente eléctrica.

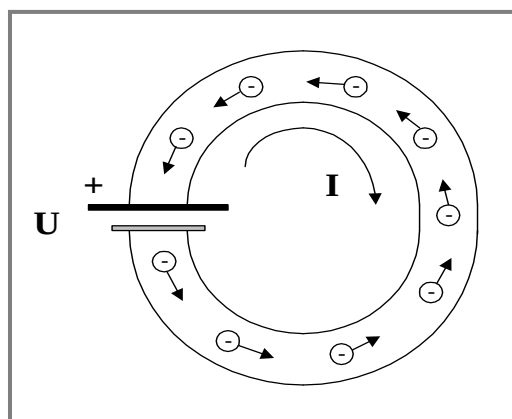


Figura N° 1: Malla o camino cerrado con desplazamiento de electrones libres

Las partes que constituyen un circuito eléctrico son:

- La fuente de tensión
- El interruptor
- Los conductores
- El receptor o carga

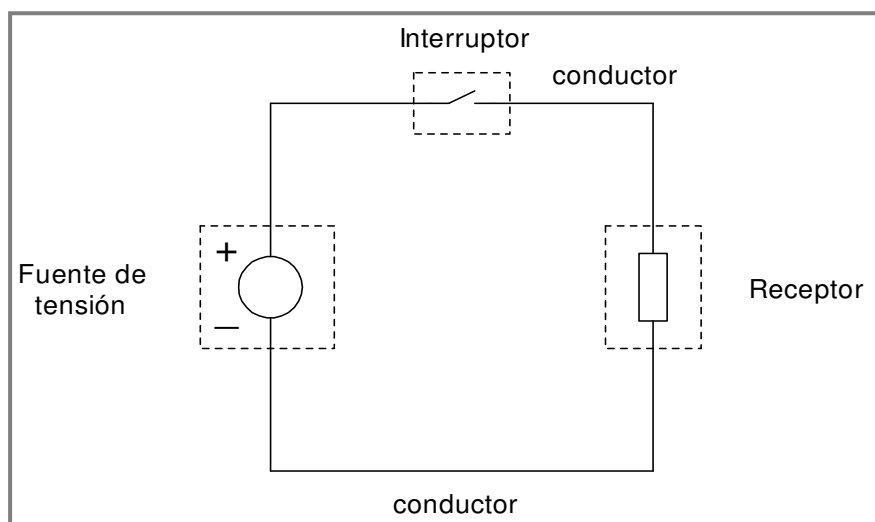


Figura N° 2: Circuito eléctrico

En la **fuerza de tensión** se transforma energía en energía eléctrica obteniéndose una tensión eléctrica.

El **interruptor** tiene la función de abrir o cerrar el circuito.

En el **receptor** se transforma la energía eléctrica en la forma de energía deseada (calorífica, mecánica, etc.) por lo tanto, el receptor es un convertidor de energía.

Los **conductores** permiten el transporte de la energía desde la fuente hasta el receptor.

Las magnitudes que intervienen en un circuito eléctrico son:

- La **fuerza electromotriz** (U) es la causa impulsora del desplazamiento de los electrones. Se mide con el voltímetro y su unidad es el voltio (V). La f.e.m. es comparable a la presión que ejerce una bomba hidráulica.
- La **diferencia de potencial** o tensión (U_{ab}) que existe en los bornes del receptor, es la de la misma naturaleza que la f.e.m., su unidad es el voltio y puede ser presentada por la diferencia de altura a la que ha sido elevada el agua con respecto al plano ubicación de la rueda hidráulica.
- La **corriente eléctrica** (I) sigue el camino cerrado y es de igual valor en cualquier punto del mismo. Es el efecto que se obtiene en el circuito debido a la causa que la produce, es decir, la tensión. Se mide con el amperímetro y su unidad es el amperio (A)

La corriente eléctrica es similar al caudal de agua que circula por un circuito hidráulico (litros/segundos).

- La **resistencia eléctrica** es la oposición que ejerce un material al paso de los electrones la unidad de la resistencia eléctrica es el ohmio (Ω)

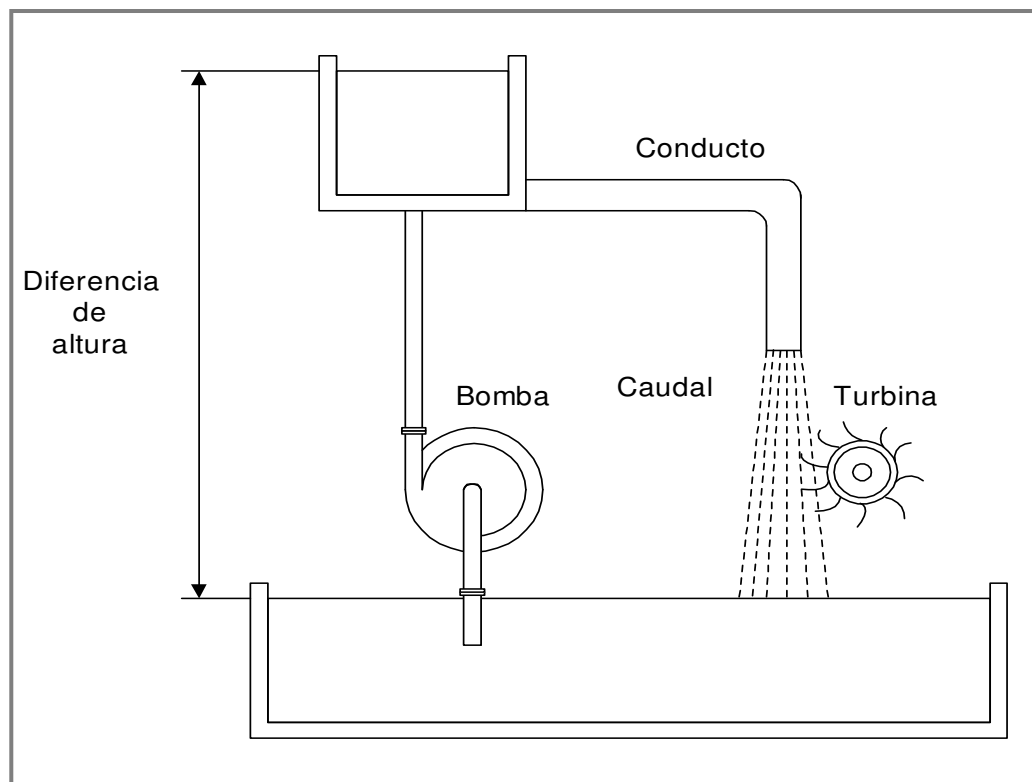


Figura N° 3: Circuito

2. 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 y 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"

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

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

$U \Rightarrow$ Tensión en voltios (V)

$I \Rightarrow$ Intensidad en amperios (A)

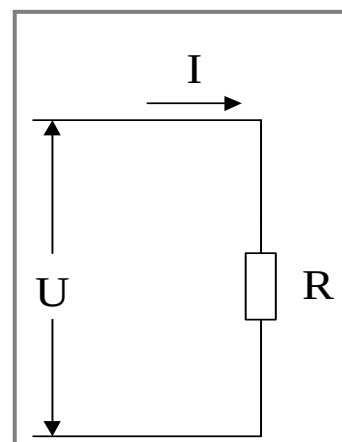


Figura N° 4: Ley de Ohm

De esta forma la característica propia que tiene cada elemento químico 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

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

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"

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

También:

$$U = I \cdot R$$

Figura N° 5: Ley de Ohm

Ejemplo 2

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

Solución

$$I = \frac{U}{R} \Rightarrow I = \frac{48 \text{ V}}{6\Omega} \Rightarrow I = 8\text{A}$$

3. GRÁFICOS

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

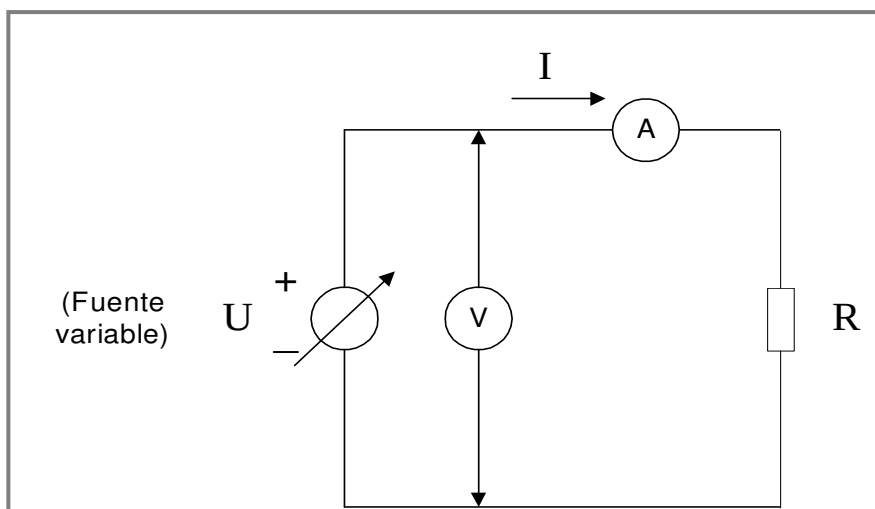


Figura N° 5: Corriente vs.

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:

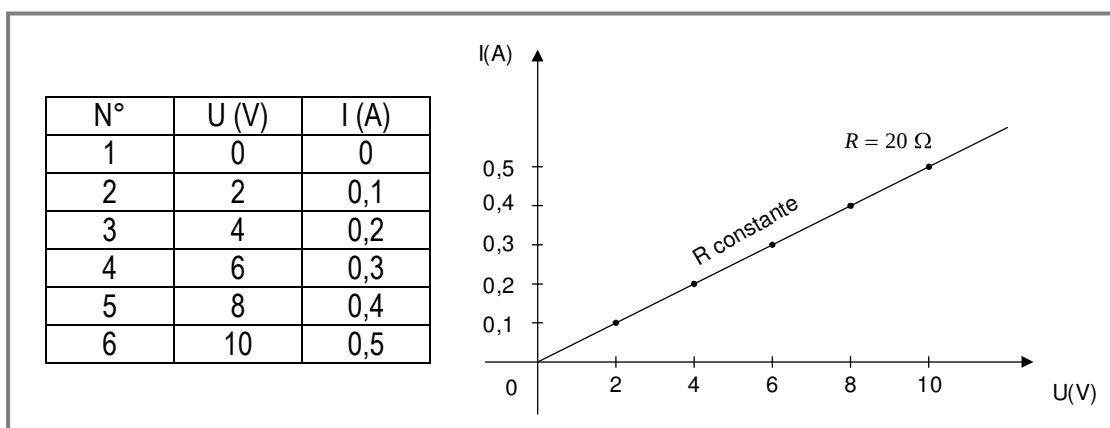


Figura N° 6: I vs. U (R constante)

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

$$I \approx U$$

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

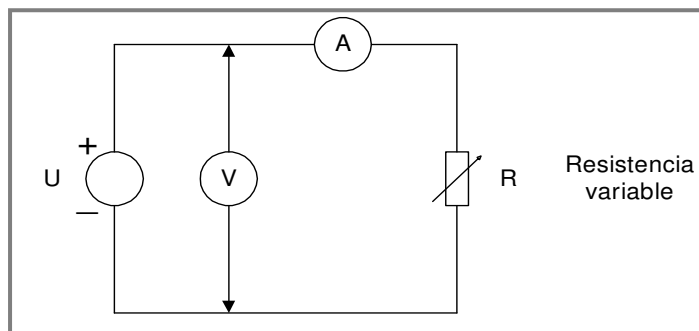


Figura N° 7: Corriente vs. Resistencia

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:

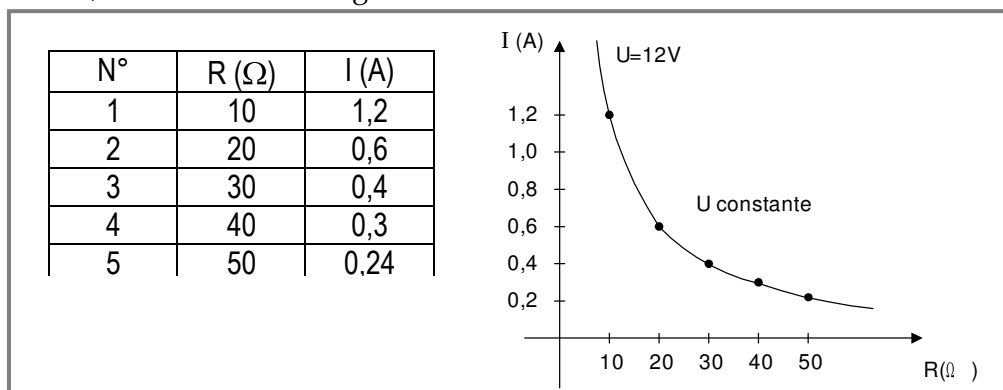
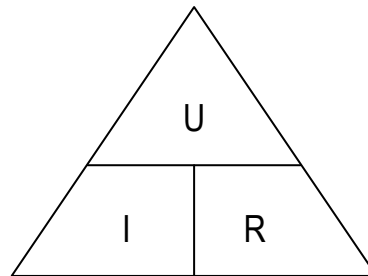


Figura N° 8: I vs. R (U constante)

Finalmente de estos resultados deducimos la ley de Ohm:

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

La intensidad de la corriente eléctrica "I" es directamente proporcional a la tensión aplicada "U" e inversamente proporcional a la resistencia "R"



En general:

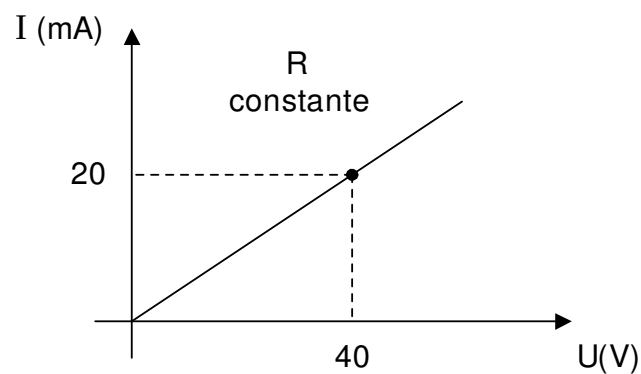
$$I = \frac{U}{R}$$

$$U = IR$$

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

4. 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:

$$I = 20 \text{ mA}$$

$$U = 40 \text{ V}$$

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

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

$$\begin{aligned} R &= 2000 \Omega \\ R &= 2 \text{ K}\Omega \end{aligned}$$

2. Al aplicar 100 mV a los extremos de un conductor circulan 0,1A. Si la sección del conductor es de 1,5 mm² y su longitud es de 83 m. ¿De qué material está hecho dicho conductor?

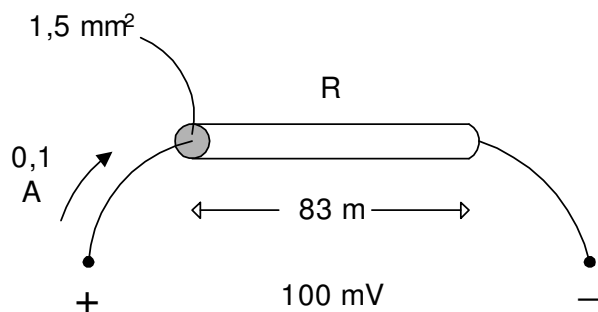
Tabla de resistividades

Cuadro N° 01

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

Solución

Por dato:



Se sabe que:

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

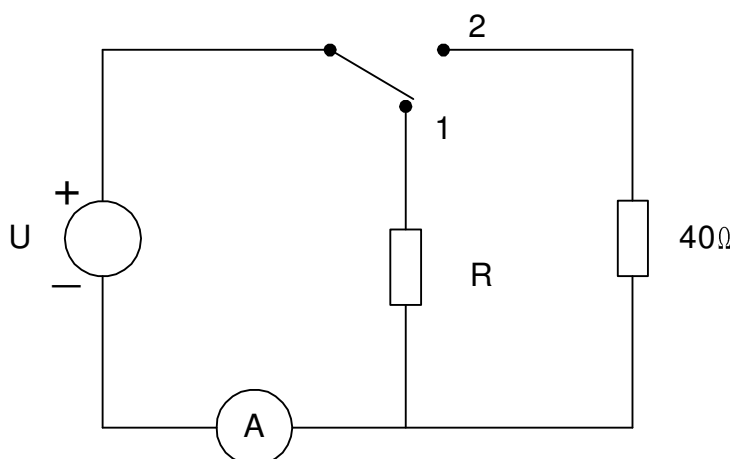
$$\text{Pero: } R = \rho \frac{L}{A} \Rightarrow \rho = \frac{R \times A}{L} \Rightarrow \rho = \frac{1 \Omega (1,5 \text{ mm}^2)}{83 \text{ m}}$$

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

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

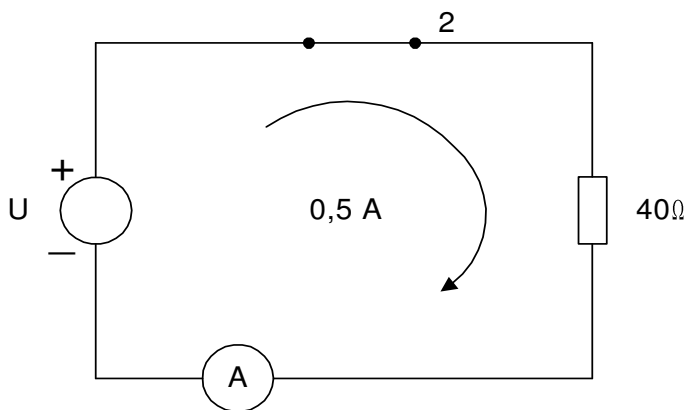
COBRE

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

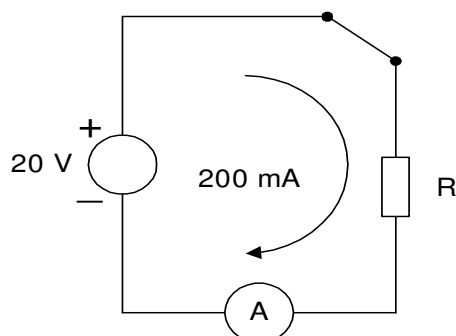


$$R = 40 \Omega \quad I = 0,5 \text{ A}$$

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

$$U = 20 \text{ V}$$

Posición 1



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

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

$$R = 100 \Omega$$

5. CONEXIÓN EN SERIE

5.1. Concepto

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.

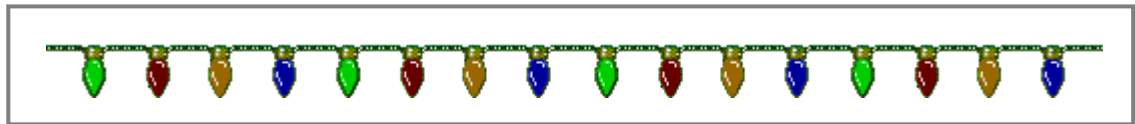


Figura N° 9: Luces de navidad

5.2. 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 $U = 30\text{ V}$

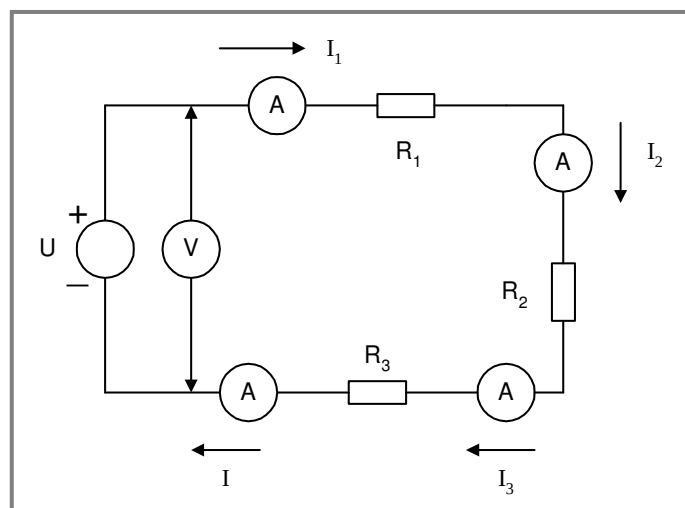


Figura N° 10: Conexión serie

Resultados:

Cuadro N° 02

U (V)	I_1 (A)	I_2 (A)	I_3 (A)	I(A)
30	0,5	0,5	0,5	0,5

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

En la conexión serie circula la misma corriente en todo el circuito

$$I = I_1 = I_2 = I_3$$

5.3. 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 $U = 30\text{ V}$.

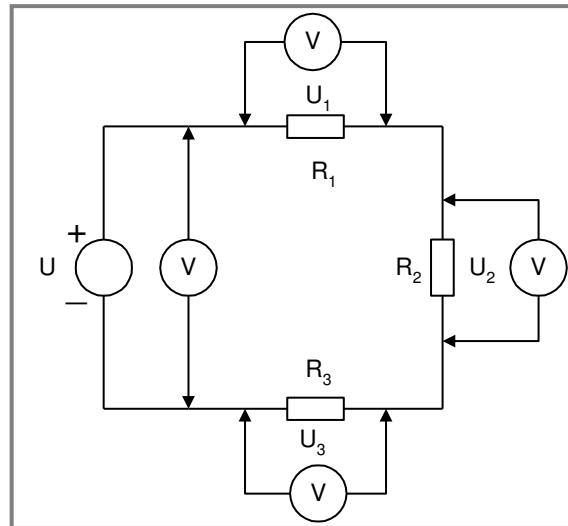


Figura N° 11: Tensiones en conexión serie

Resultados:

Cuadro N° 03

U (V)	U_1 (V)	U_2 (V)	U_3 (V)
30	5	10	15

* 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"

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n$$

5.4. 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.

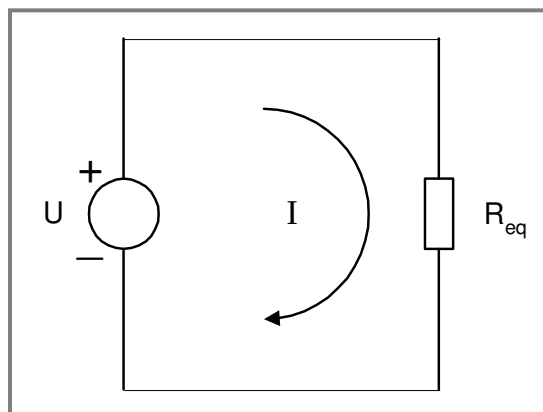


Figura N° 12: Circuito equivalente

Por Ley de Ohm

$$U = I \cdot R_{eq}$$

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

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:

$$I R_{eq} = I R_1 + I R_2 + I R_3$$

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$$

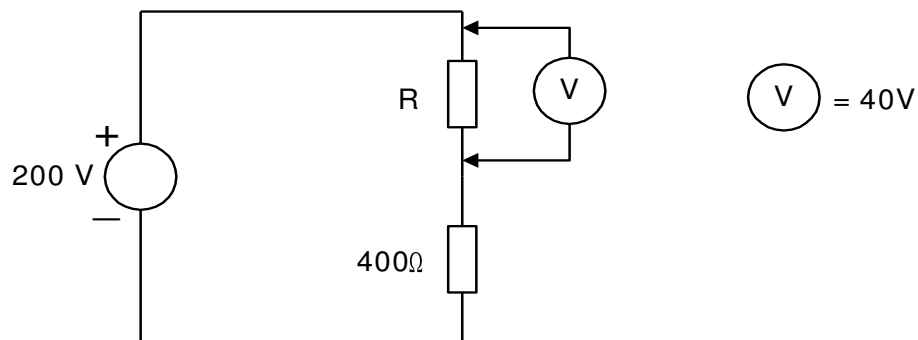
$$60\Omega = 10\Omega + 20\Omega + 30\Omega$$

Por lo tanto deducimos:

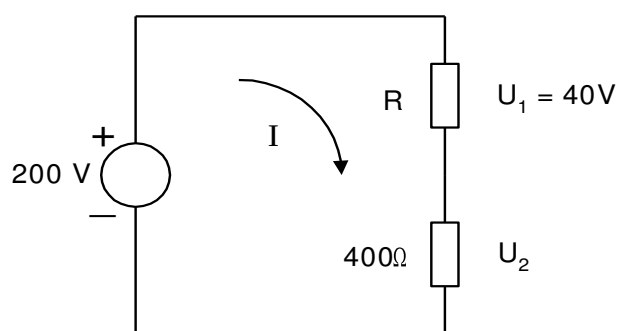
En un montaje en serie la resistencia total es igual a la suma de las resistencias parciales

5.5. 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:



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

$$40 + U_2 = 200$$

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

Por Ley de Ohm:

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

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

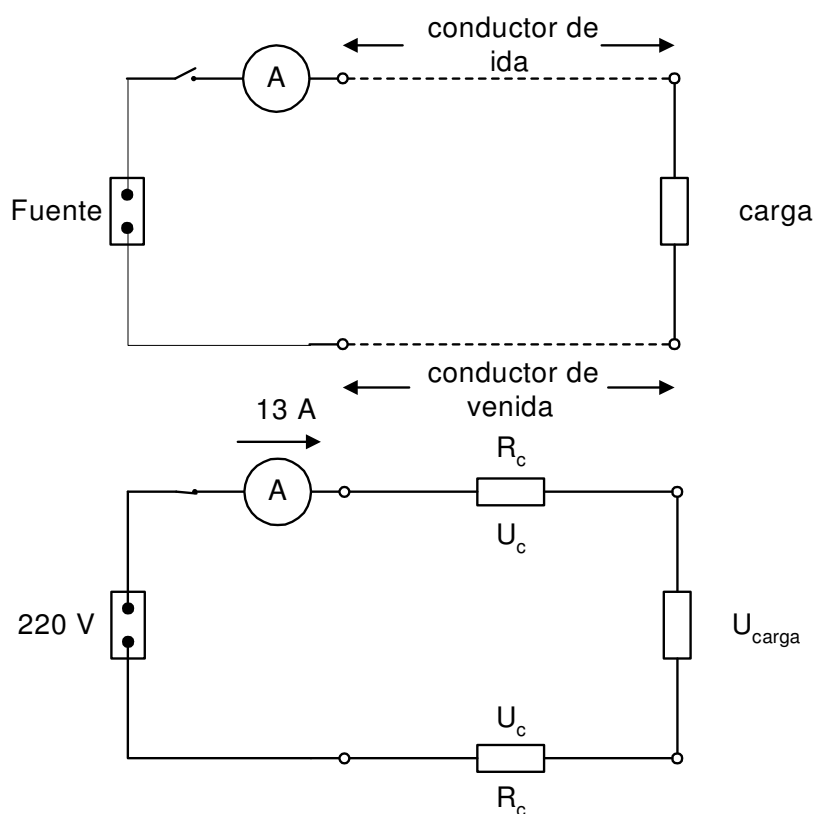
De igual modo:
$$R = \frac{U_1}{I} = \frac{40 \text{ V}}{0,4 \text{ A}}$$

$$R = 100 \Omega$$

Un conductor de cobre de $1,5 \text{ mm}^2$ con dos hilos y 10 m de longitud, aumenta 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?

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

Solución



De acuerdo al circuito se observa que la caída de tensión total en el conductor (ida y venida) es:

$$\Delta U = 2U_c$$

Pero: $R_c = \rho \frac{L}{A} = 0,0178 \times \frac{10}{1,5}$ $R_c = 0,119 \Omega$

Por ley de Ohm:

$$U_c = I R_c = (13 \text{ A}) (0,119 \Omega)$$

$$U_c = 1,55 \text{ V}$$

$$\boxed{\Delta U = 3,1 \text{ V}}$$

Luego, como el circuito está conectado en serie:

$$220 = U_c + U_{\text{carga}} + U_c$$

$$220 = \underbrace{2U_c}_{\Delta U} + U_{\text{carga}}$$

$$220 = \underbrace{3,1}_{\Delta U} + U_{\text{carga}}$$

$$U_{\text{carga}} = 216,9 \text{ V}$$

6. CONEXIÓN EN PARALELO

6.1. Concepto

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 paralela es la posibilidad de conectar y desconectar las cargas a voluntad e independientemente unas de otras.

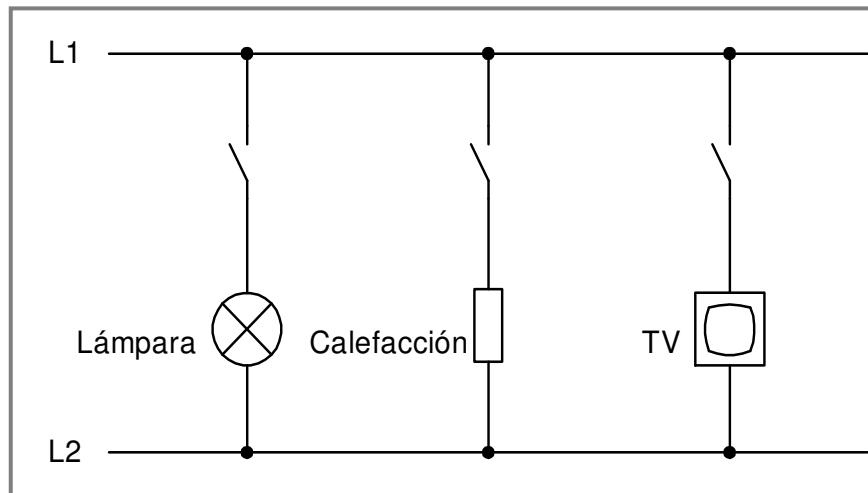


Figura N° 13: Conexión de cargas en paralelo

6.2. 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 $U = 30 \text{ V}$

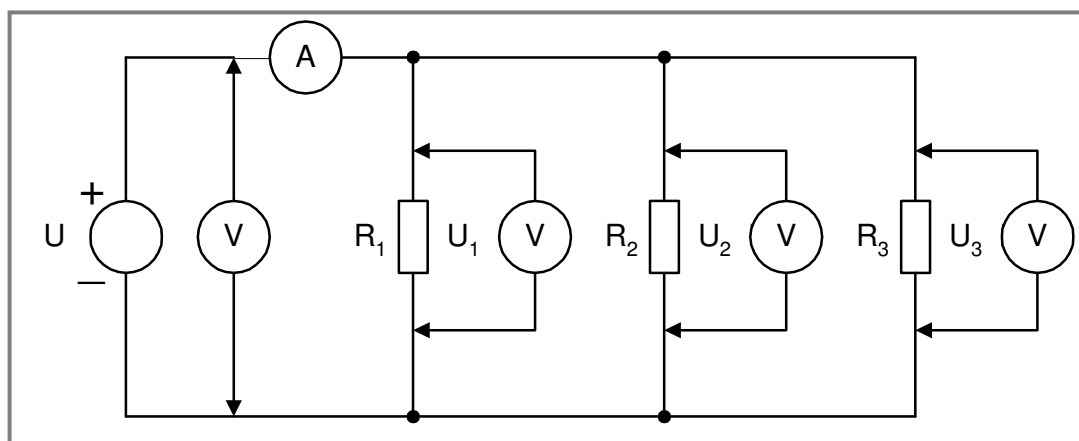


Figura N° 14: Resistencias en paralelo

Resultados

U (V)	I (A)	U ₁ (V)	U ₂ (V)	U ₃ (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.

$$U = U_1 = U_2 = \dots = U_n$$

6.3. Corrientes en la conexión paralelo

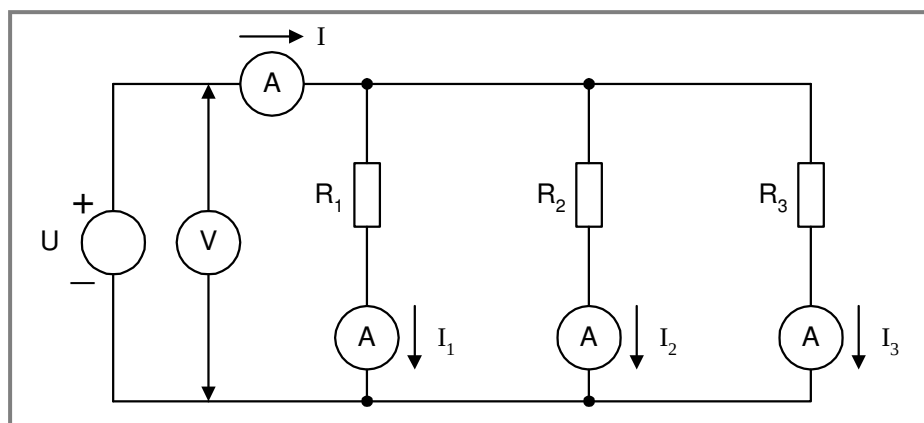


Figura N° 15: Corrientes en la conexión paralelo

Resultados

U (V)	I (A)	U ₁ (V)	U ₂ (V)	U ₃ (V)
30	5,5	3	1,5	1

Notamos que en la conexión paralela 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"

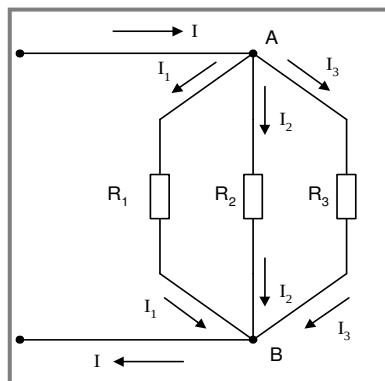


Figura N° 16: Primera ley de Kirchhoff

En un nudo:
Kirchhoff

$$\sum I_{\text{ENTRAN}} = \sum I_{\text{SALEN}}$$

Primera Ley de

Nudo "A"

Nudo "B"

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$I_1 + I_2 + I_3 = I$$

6.4. Resistencia Equivalente

El circuito anterior se puede reemplazar por:

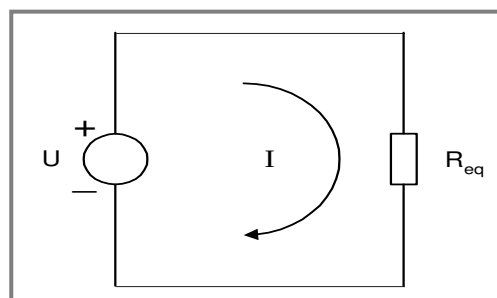


Figura N° 17: Circuito equivalente

Luego:

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

$$R_{eq} = 5,45 \Omega$$

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

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

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

Sabemos que:

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

Aplicando la Ley de Ohm obtenemos:

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

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

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:

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

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

Además sí: $R_1 = R_2 = R$

$$R_{eq} = \frac{R \cdot R}{R + R}$$

$$R_{eq} = \frac{R}{2}$$

Resumiendo:

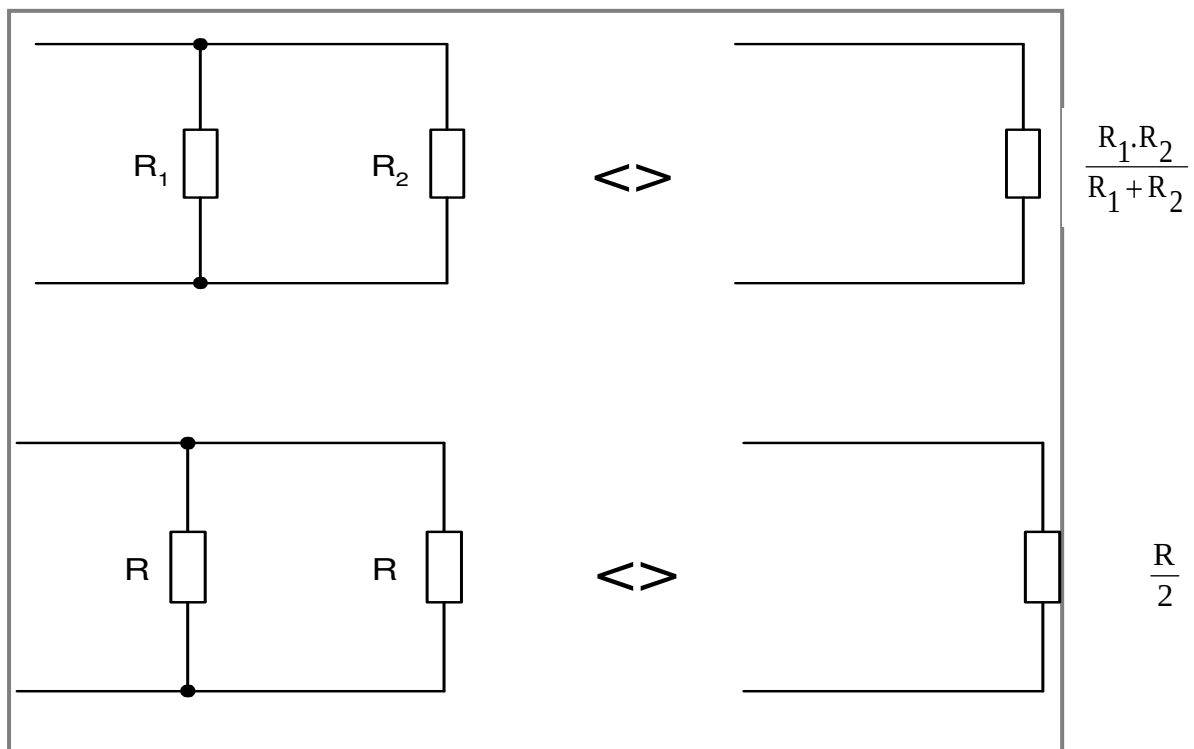
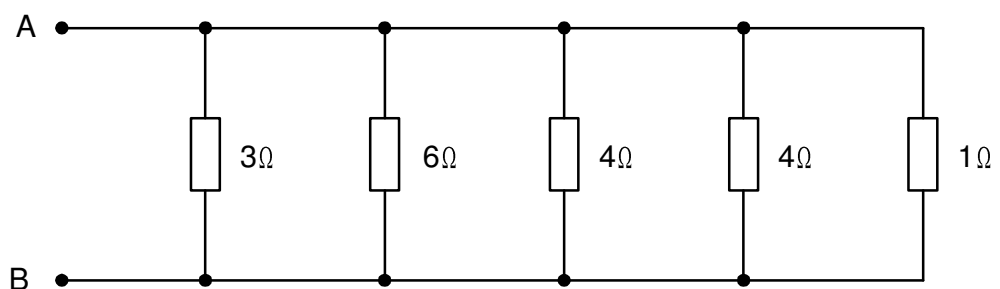


Figura N° 18: Dos resistencias en paralelo

Ejercicios

1. Calcule la resistencia equivalente entre A y B:



Solución

Aplicando la fórmula de la resistencia equivalente:

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

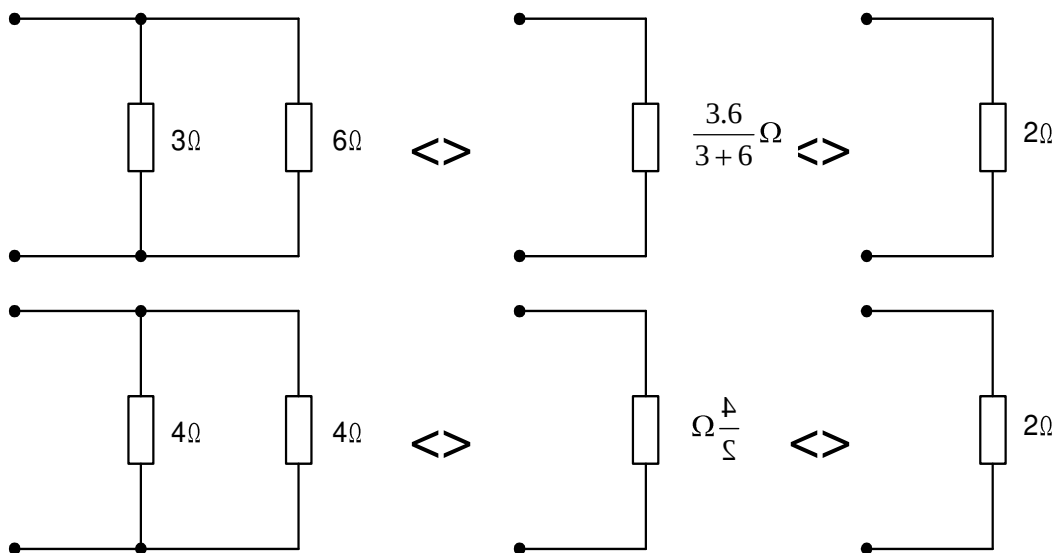
$$\frac{1}{R_{AB}} = \frac{4+2+3+3+12}{12}$$

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

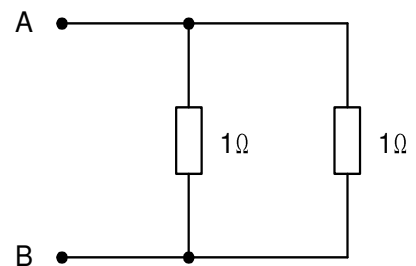
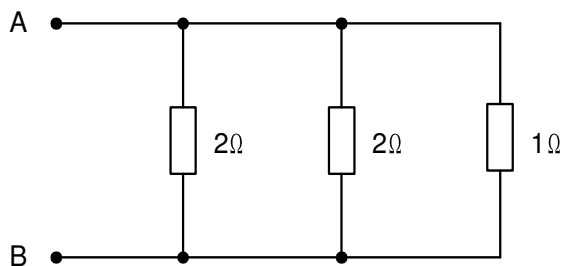
$$R_{AB} = 0,5 \, \Omega$$

Otra forma

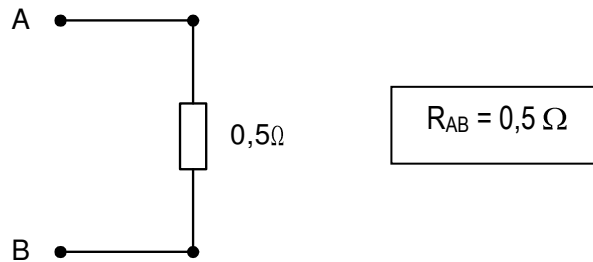
Efectuemos un cálculo parcial del sistema:



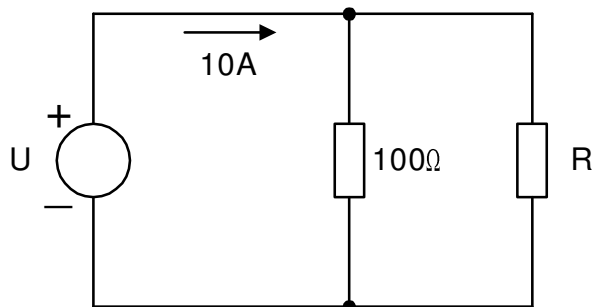
Luego:



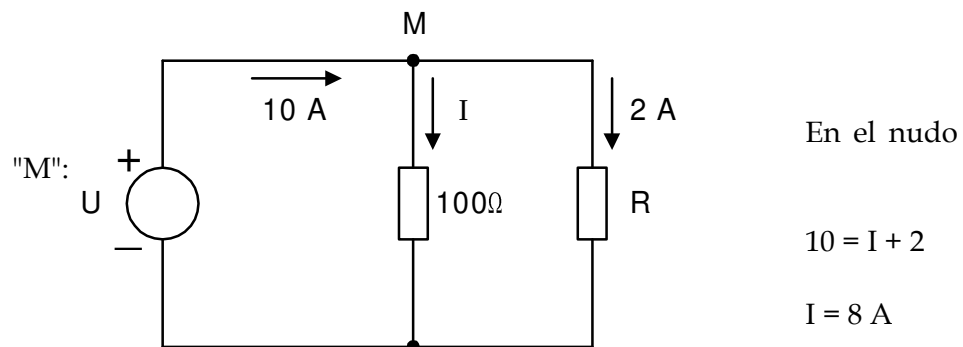
Finalmente:



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



Solución



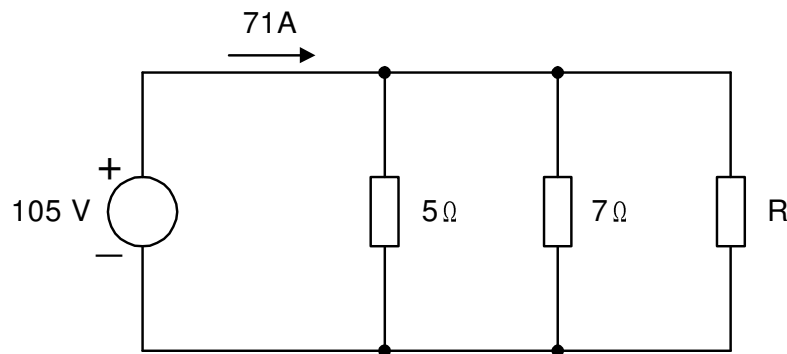
Como las resistencias están en paralelo, las tensiones son iguales.

$$\therefore \quad (I) (100 \, \Omega) = (R) (2 \, A)$$

$$(8 \, A) (100 \, \Omega) = (R) (2 \, A)$$

$$R = 400 \, \Omega$$

3. En el circuito mostrado, calcule "R"



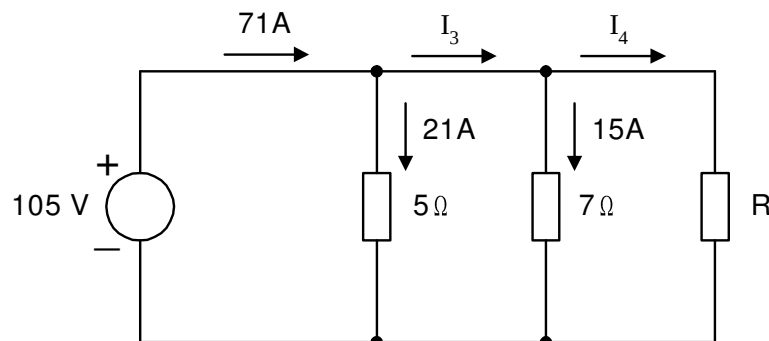
Solución

Calculemos la corriente que circula por las resistencias mediante la ley de Ohm:

$$I_1 = \frac{105 \text{ V}}{5 \Omega} = 21 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{105 \text{ V}}{7 \Omega} = 15 \text{ A}$$

Luego:



Aplicando la ley de nudos, tenemos:

NUDO "M": $71 = 21 + I_3 \Rightarrow I_3 = 50 \text{ A}$

NUDO "N": $I_3 = 15 + I_4$
 $50 = 15 + I_4 \Rightarrow I_4 = 35 \text{ A}$

Finalmente, aplicamos la ley de Ohm en la resistencia "R":

$$R = \frac{105 \text{ V}}{I_4} = \frac{105 \text{ V}}{35 \text{ A}}$$

$$R = 3 \Omega$$

7. CONEXIONES MIXTAS

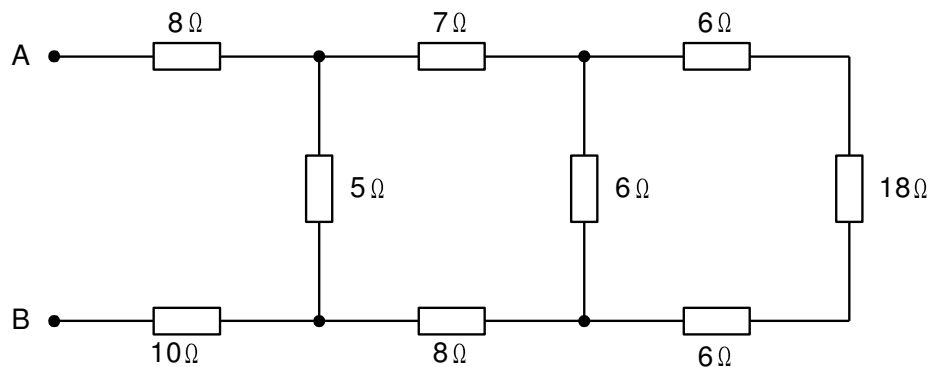
No siempre encontramos circuitos sólo en serie o paralelo de resistencias, algunas veces se combinan dichas conexiones y se forman las conexiones mixtas.

Para calcular la resistencia equivalente de una conexión mixta se recomienda proceder por pasos

El primer paso consistirá en calcular aquella parte del circuito que se componga de una conexión serie y luego las conexiones paralelo existentes.

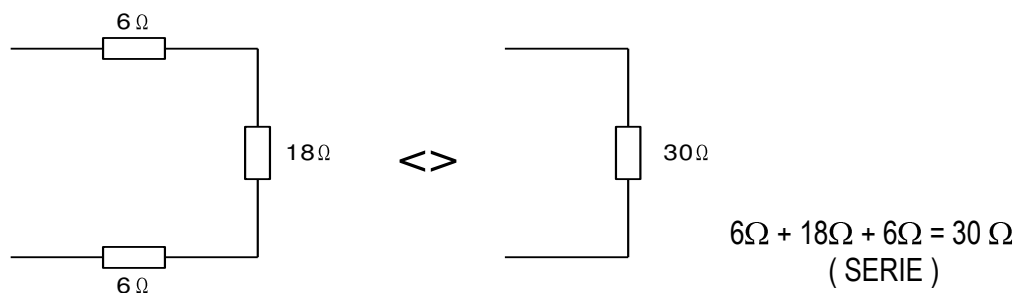
Aplicación

Halle la resistencia equivalente entre A y B:

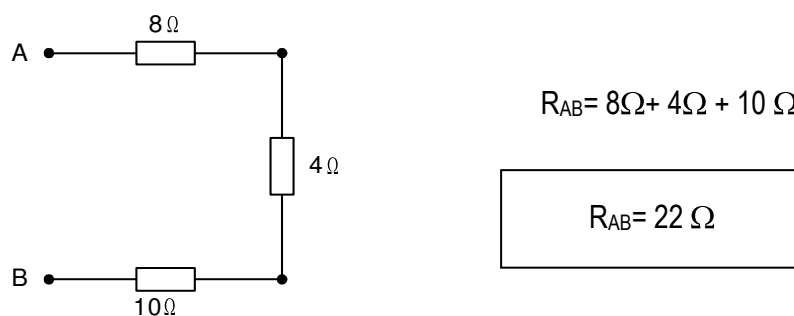


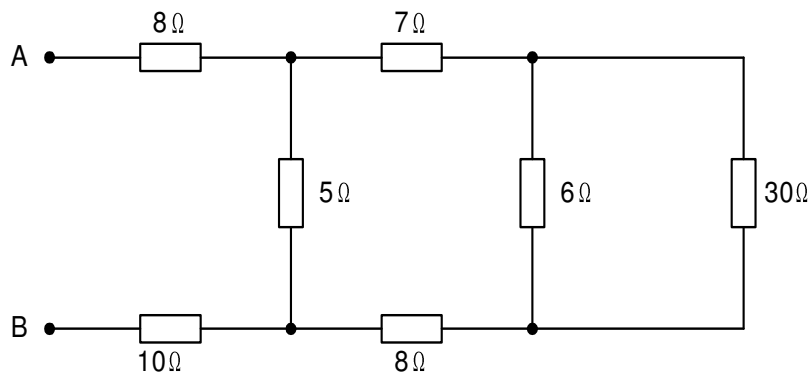
Solución

De la última parte del circuito



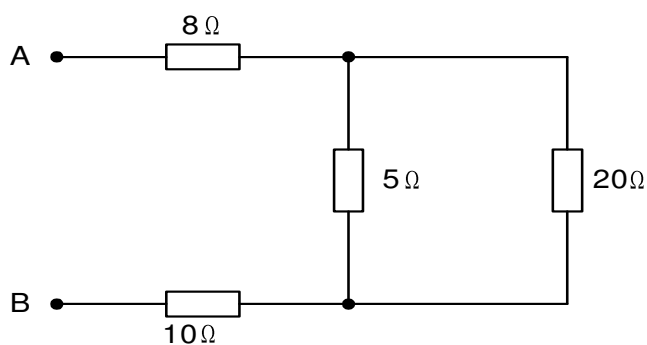
Luego:





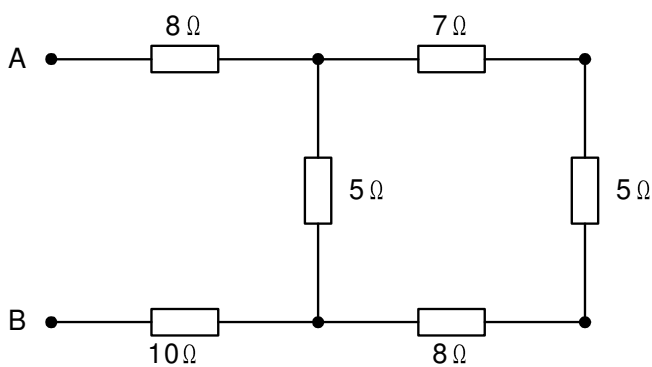
$$\frac{30 \times 6}{30 + 6} = 5\Omega$$

(PARALELO)



$$\frac{5 \times 20}{5 + 20} = 4\Omega$$

(PARALELO)



$$7\Omega + 5\Omega + 8\Omega = 20\Omega$$

(SERIE)

DIVISOR DE TENSIÓN

El divisor de tensión consta de dos resistencias R_1 y R_2 conectadas en serie. Entre los bornes exteriores existe una tensión total U y en la resistencia R_2 se obtiene una tensión parcial U_2 .

Un divisor de tensión se dice que está sin carga cuando de él no se toma corriente:

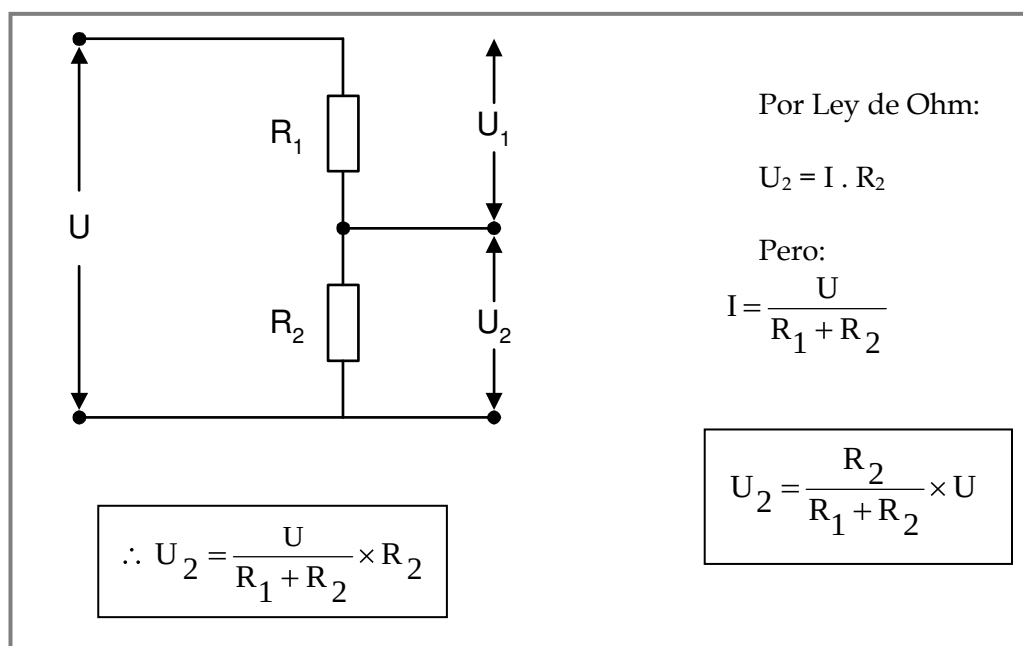


Figura N° 19: Divisor de tensión sin carga

Un divisor de tensión está con carga cuando está unido a un receptor.

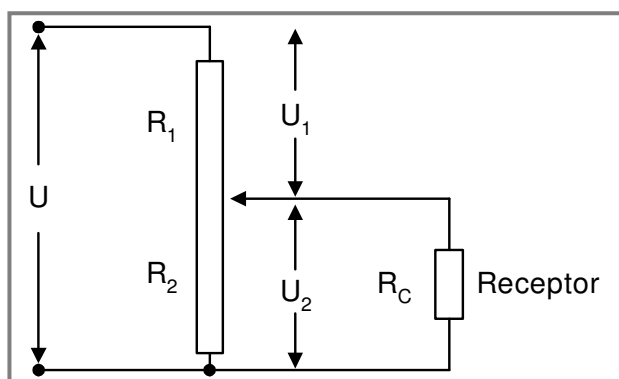
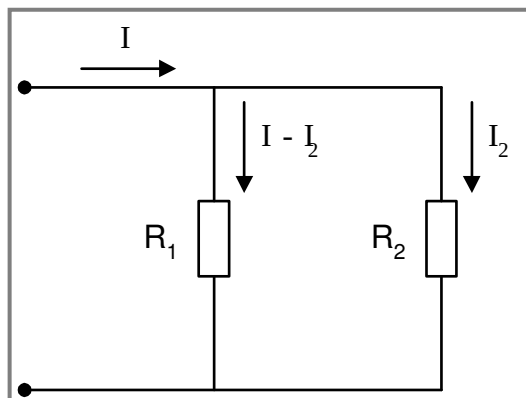


Figura N° 20: Divisor de tensión con carga

El objetivo de esta conexión es lograr tensiones variables, por ejemplo para regular la luminosidad de lámparas, el número de revoluciones de un motor, la temperatura de estufas eléctricas, etc.

8. DIVISOR DE CORRIENTE

El divisor de corriente consta de dos resistencias R_1 y R_2 conectadas en paralelo. La corriente total que alimenta a las cargas es I y la corriente que fluye por R_2 es I_2 .



$$U_1 = U_2$$

$$(I - I_2) R_1 = I_2 R_2$$

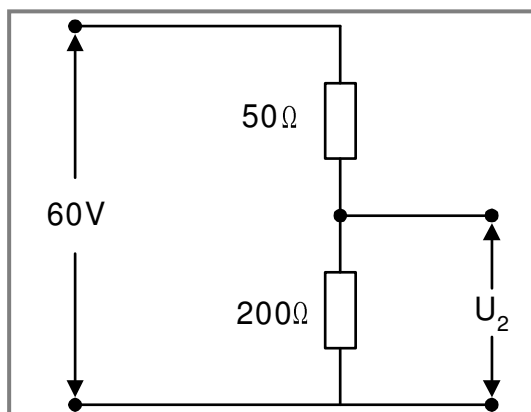
$$I R_1 = I_2 (R_1 + R_2)$$

$$I_2 = \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) I$$

Figura N° 21: Divisor de corriente

9. APLICACIONES

1. Un divisor de tensión con resistencias parciales de 50Ω y 200Ω está conectado a una tensión total de 60 V . ¿Cuánto vale la tensión en la resistencia de 200Ω si se trata de un divisor de tensión sin carga?

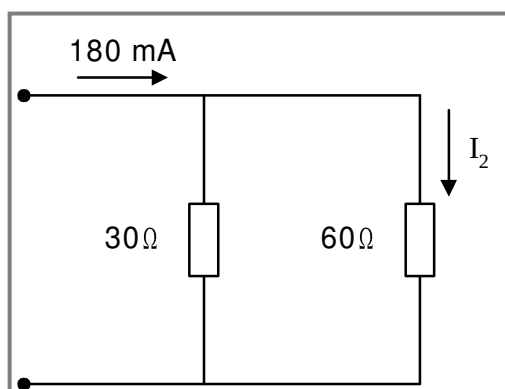


$$U_2 = \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) U$$

$$U_2 = \left(\frac{200}{50 + 200} \right) 60$$

$$U_2 = 48\text{ V}$$

2. Un divisor de corriente con resistencias parciales de 30Ω y 60Ω es alimentado con una corriente total de 180 mA . ¿Cuál es el valor de la corriente que fluye por la resistencia de 60Ω ?



$$I_2 = \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) I$$

$$I_2 = \left(\frac{30}{30 + 60} \right) 180$$

$$I_2 = 60\text{ mA}$$

10. RESUMEN

- Un circuito eléctrico es un sistema básico para representar los diferentes caminos que sigue la electricidad.
- La fuerza electromotriz (U) es la causa impulsora del desplazamiento de los electrones.
- La diferencia de potencial (U_{ab}) denominada también tensión es la que se obtiene en los bornes de un receptor.
- La corriente eléctrica (I) es el flujo de electrones y sigue el camino cerrado.
- La resistencia eléctrica es la oposición que ejerce un material al paso de los electrones.
- Cuando nos referimos a la ley de Ohm, estamos hablando de la relación que existe entre la tensión aplicada entre dos puntos de un conductor y la intensidad que circula entre los mismos, dicho resultado es una constante denominada resistencia.
- En la conexión serie las cargas están colocadas unas a continuación de otras, de forma que la corriente que circula por cada carga es la misma.
- Si a una configuración de cargas de un circuito calculamos la resistencia total se le llama también resistencia equivalente.
- La conexión en paralelo se caracteriza porque 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.
- Se denomina conexiones mixtas cuando en un circuito las cargas no están conectadas ni en serie, ni en paralelo, sino una combinación de ellas.

11. PRUEBA DE AUTOCOMPROBACIÓN

1. Determinar la resistencia de una lámpara incandescente si se le aplica 220V y a través de ella fluye una corriente de 0,5 Amperios.
2. Si conectamos tres resistencias en serie ($R_1=14$, $R_2=16$ y $R_3=20$ ohmios), y en los extremos de esta conexión se le aplica 100V. ¿Cuál es la corriente que circula por cada resistencia?
3. Se conectan 3 resistencias de 2, 4 y 6 ohmios en paralelo, determinar:
 - La resistencia equivalente.
 - Si a la configuración de resistencias se le aplica una tensión de 120V, determinar la corriente que entrega la fuente.

12. RESPUESTAS A LA PRUEBA DE AUTOCOMPROBACIÓN

1. 440 Ohmios.
2. 2 Amperios
3. 12/11 Ohmios, 110 Amperios.