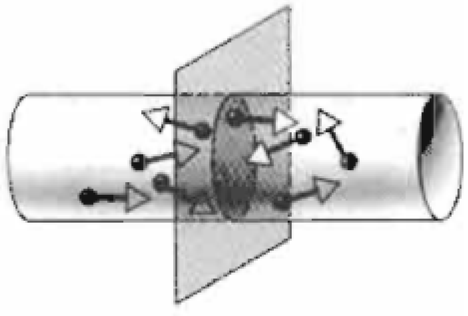
Corriente eléctrica

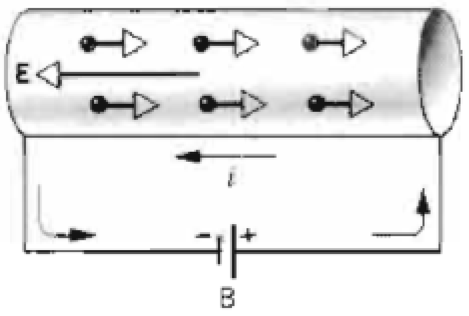
Los electrones en un conductor metálico aislado se mueven de forma aleatoria. Es decir, no hay movimiento neto de carga en la dirección del conductor (a).

Si conectamos los extremos del conductor a una batería (generando una diferencia de potencial) logramos producir un campo eléctrico dentro del conductor (b).

$$I = \frac{dq}{dt}$$

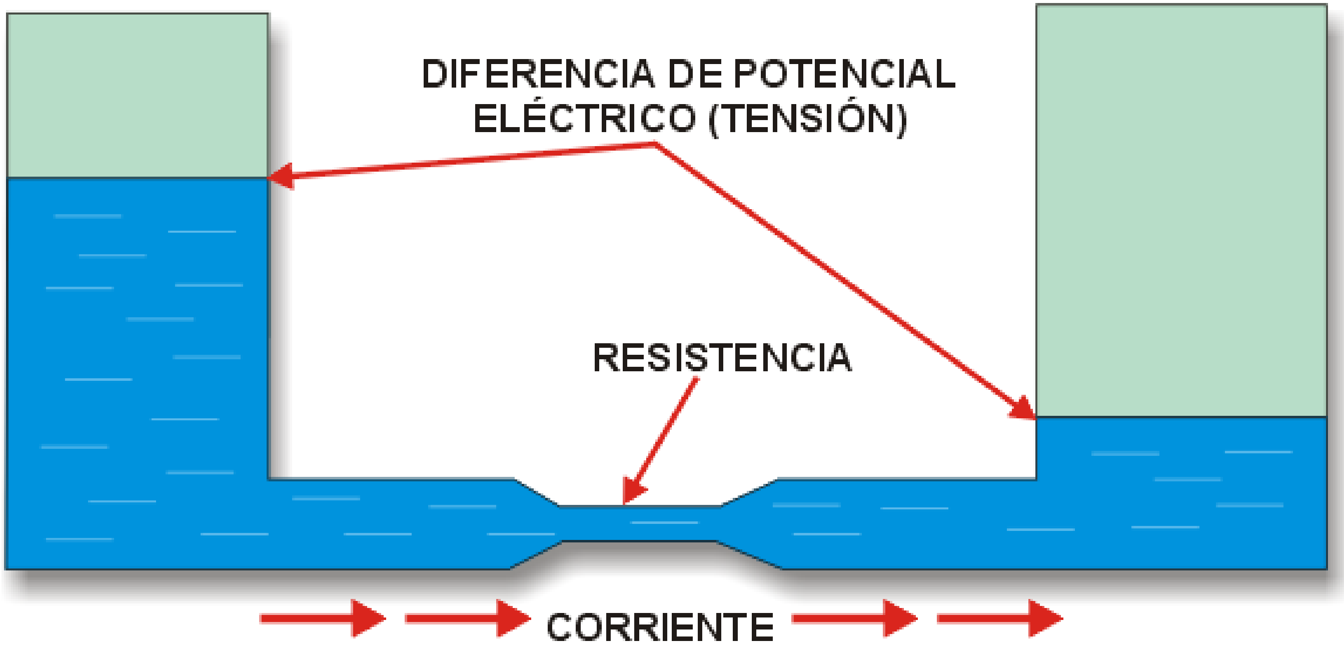
Convención: la dirección de la corriente es la dirección en la que se moverían las cargas POSITIVAS, aún cuando los portadores de carga sean negativos.


(a)



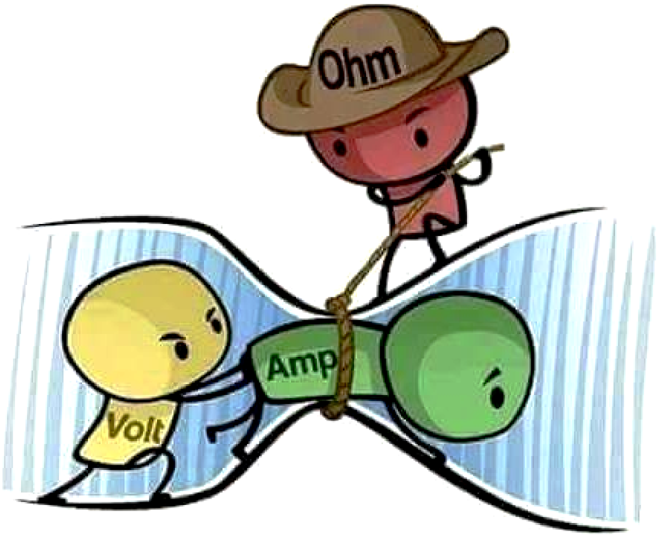
(b)

Analogía con un sistema hidráulico



Esperamos que al aumentar la diferencia de nivel del agua, el agua circulará con mayor rapidez.
A su vez, al disminuir el ancho de la tubería, tendremos mayor resistencia al paso de agua.

Ley de Ohm

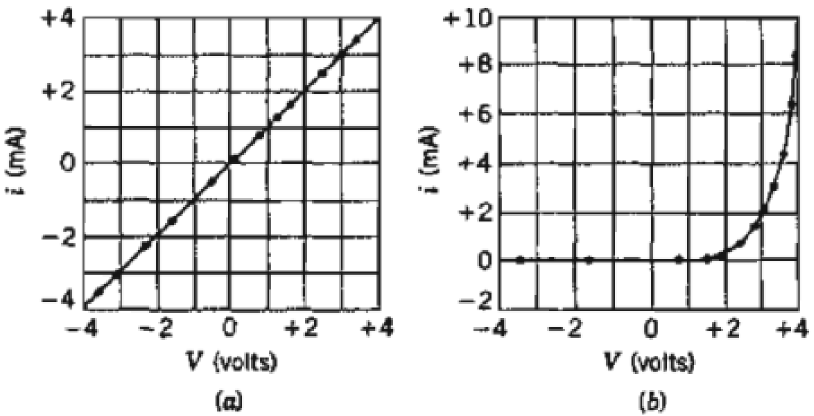


La corriente eléctrica I que se obtiene al aplicar una diferencia de potencial V es:

$$V = I * R$$

Donde R es la resistencia (depende del material, de su largo y del ancho de su sección).
Unidades: Corriente (ampere, A), Voltaje (volt, V) y Resistencia (ohm, Ω)

Algunos materiales no cumplen con la ley de Ohm (ej. los diodos).

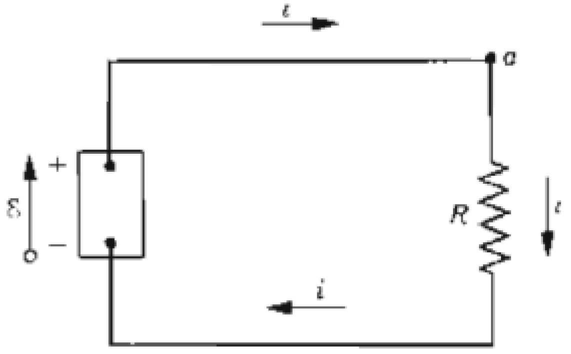


Ingredientes de un circuito eléctrico

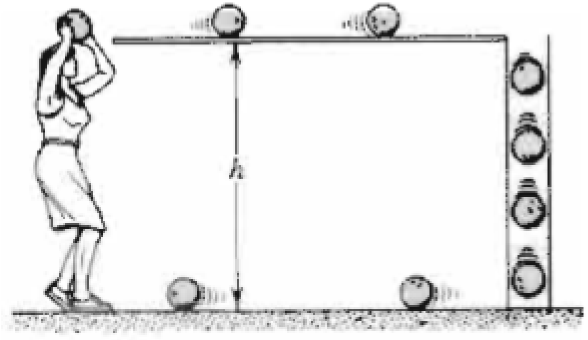
En primer lugar estudiaremos circuitos de corriente continua (CC). Es decir, circuitos por los que circula una corriente que no varía en el tiempo y no cambia de sentido.

1 – Algo que me haga mover las cargas eléctricas (fuente ó fuerza electromotriz ó fem).

2 – Un objetivo por el que mover las cargas (prender una lampara). Es decir, un objeto que requiere energía para funcionar. Esos objetos los llamaremos resistencias (R).



(a)



(b)

Circuito eléctrico simple

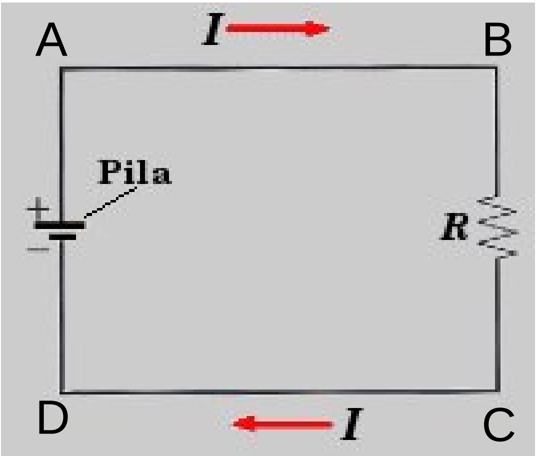
Comentario: vamos a despreciar la resistencia de los cables.

$V_{BA} = 0$ ya que si bien $I \neq 0$, $R=0 \rightarrow V_A = V_B$

$V_{CB} = V_C - V_B = -I*R$ (ley de Ohm)

$V_{DC} = 0$ ya que si bien $I \neq 0$, $R=0 \rightarrow V_C = V_D$

$V_{AD} = fem$ (ej. 3V)



2^{da} Ley de Kirchhoff: la suma algebraica de las diferencias de potencial en un circuito cerrado es cero. Es decir, que $0 = V_{AA} = V_{BA} + V_{CB} + V_{DC} + V_{AD} = 0 - I*R + 0 + fem \rightarrow$ $I = fem/R$

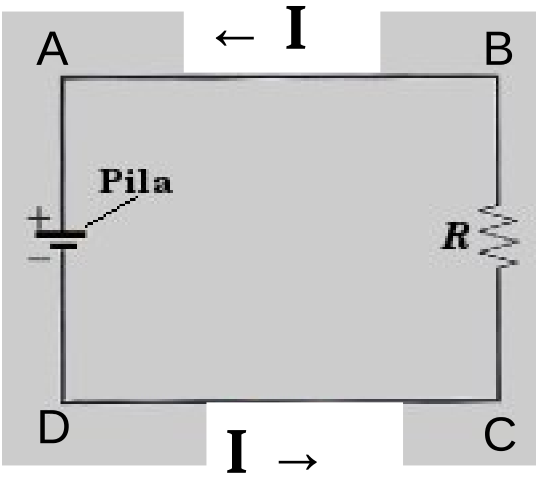
Reglas

Se debe asumir un sentido de la corriente eléctrica y el sentido de movimiento a través del circuito (conviene que sean la misma).

- Si una resistencia se recorre en el sentido de la corriente, la diferencia de potencial es -I*R, en la dirección opuesta es I*R.

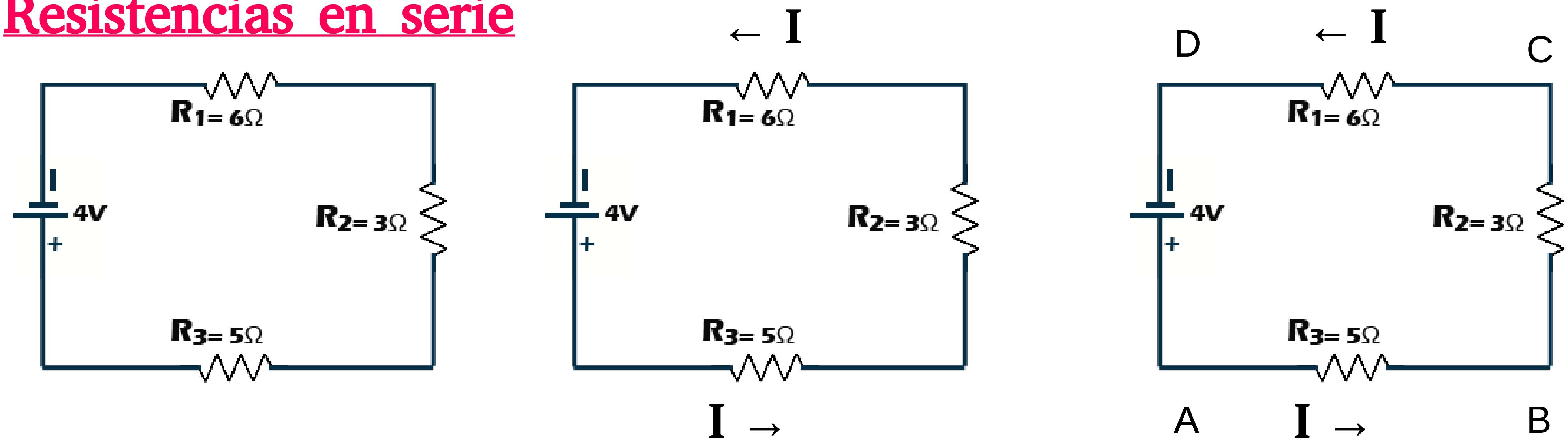
- Si la fem se recorre del polo negativo al positivo la diferencia de potencial es +fem, en la dirección opuesta es -fem.

Si asumimos un sentido de la corriente y la misma nos da negativa, quiere decir que su sentido es opuesto al que se asumió.



$0 = V_{DD} = V_{CD} + V_{BC} + V_{AB} + V_{DA} = 0 - I^*R + 0 - fem \rightarrow I = -fem/R$

Resistencias en serie



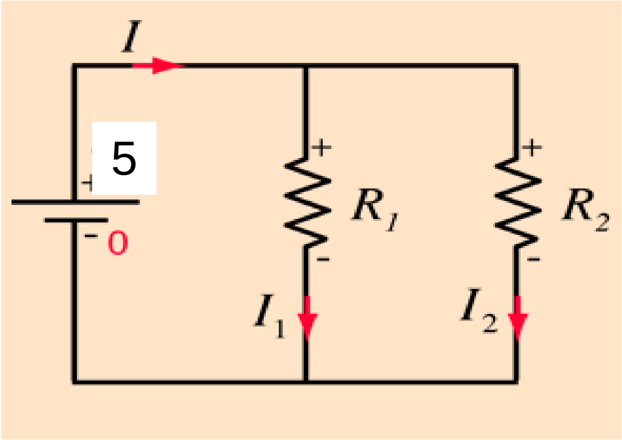
$0 = V_{AA} = V_{BA} + V_{CB} + V_{DC} + V_{AD} = -I{*}R_3 - I{*}R_2 - I{*}R_1 + \text{ fem} = -I(R_1+R_2+R_3) + 4V =$

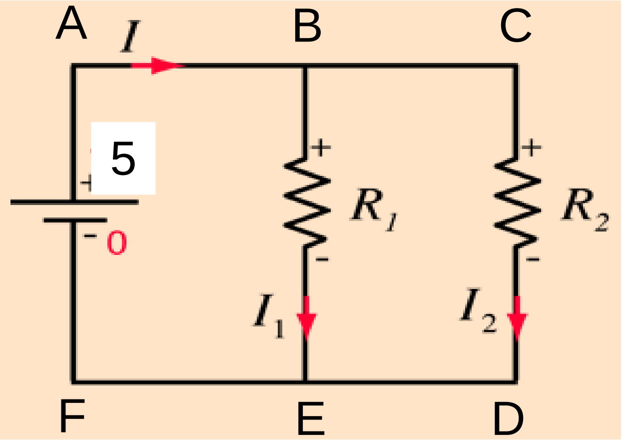
$= -IR_{equiv} + 4V \rightarrow I = 4V/\ R_{equiv} \rightarrow I = 0.28A$

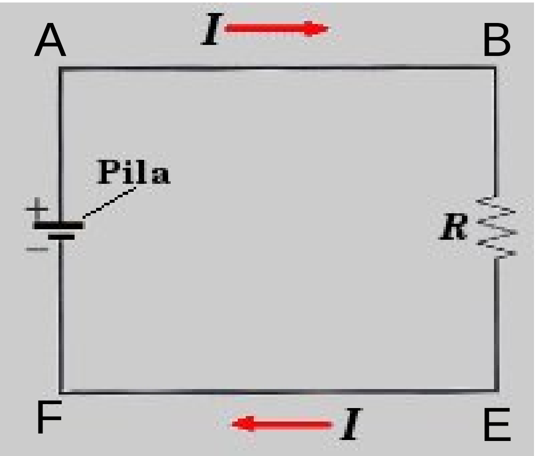
Las resistencias R_1,R_2 y R_3 están en serie (sobre ellas circula la misma corriente).

$$\boxed{R_{equiv} = \sum_n R_n}$$

Resistencias en paralelo







1er Ley de Kirchhoff: en un nodo (lugar donde se unen varios cables), la suma de todas las corrientes que llegan y salen de él es igual a cero. Es decir, no hay acumulación de carga ($I=I_1 + I_2$).

Sabemos que $V_{BA} = V_{CB}$ y que $V_{ED} = V_{FE}$. Entonces $V_{EB} = V_{DC} = V$

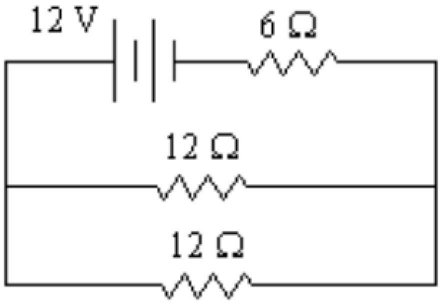
Pero $V_{EB} = V = -I_1 * R_1$ y $V_{DC} = V = -I_2 * R_2$. Entonces, $V/R_{equiv} = V/R_1 + V/R_2$

Las resistencias R_1 y R_2 están en paralelo (están al mismo potencial).

$$\boxed{\frac{1}{R_{equiv}} = \sum_n \frac{1}{R_n}}$$

Ejercicio 2

Para el circuito representado en la figura de la derecha:



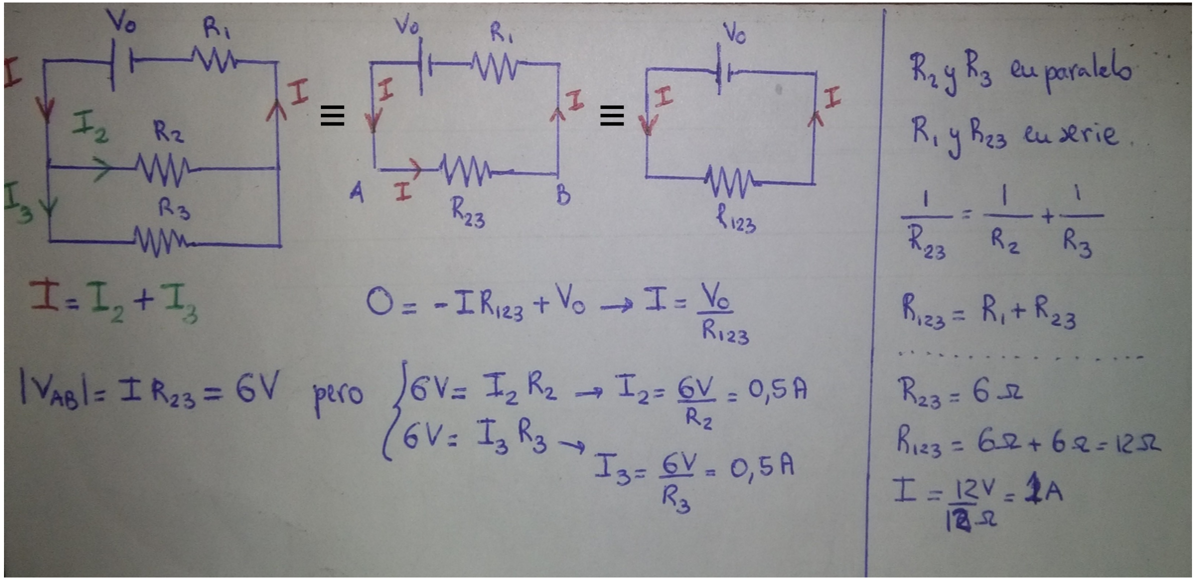
(a) Calcular las corrientes de ramas y de mallas.

(b) Repetir después de cambiar una de las resistencias de $12\,\Omega$ por una de $6\,\Omega$.

(c) Calcular la potencia disipada por cada resistencia y la entregada por la fuente en los puntos anteriores. Verificar que la condición para la máxima transferencia de potencia se cumple.

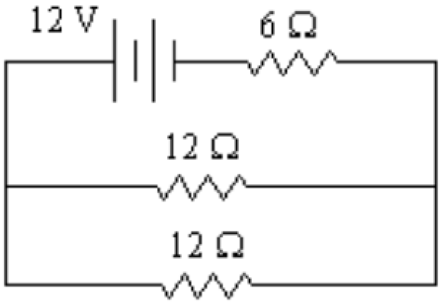
(d) Calcular el consumo en kWh luego de dos días de funcionamiento en los dos casos.

(a)



Ejercicio 2

Para el circuito representado en la figura de la derecha:



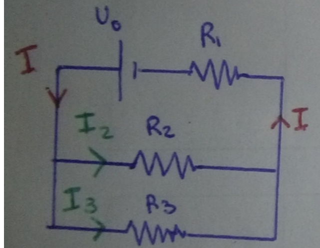
(a) Calcular las corrientes de ramas y de mallas.

(b) Repetir después de cambiar una de las resistencias de $12\,\Omega$ por una de $6\,\Omega$.

(c) Calcular la potencia disipada por cada resistencia y la entregada por la fuente en los puntos anteriores. Verificar que la condición para la máxima transferencia de potencia se cumple.

(d) Calcular el consumo en kWh luego de dos días de funcionamiento en los dos casos.

c) Potencia $= P = IV = I^2R$ → sobre una resistencia



$P_1 = V_{R_1} I = 6V \times 1A = 6W$

$P_2 = V_{R2} I_2 = 6V \times 0{,}5A = 3W$

$P_3 = V_{R3} I_3 = 6V \times 0{,}5A = 3W$

$P_{Fuente} = 12V \times 1A = 12W$

d) Potencia $= \frac{\text{Joules}}{\text{segundo}}$ → P_{fuente} → 12 Joule por segundo → $12 \times 3600 = 43{,}2$ kw/h

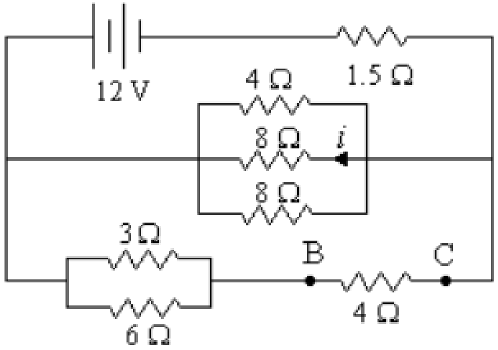
Ejercicio 4

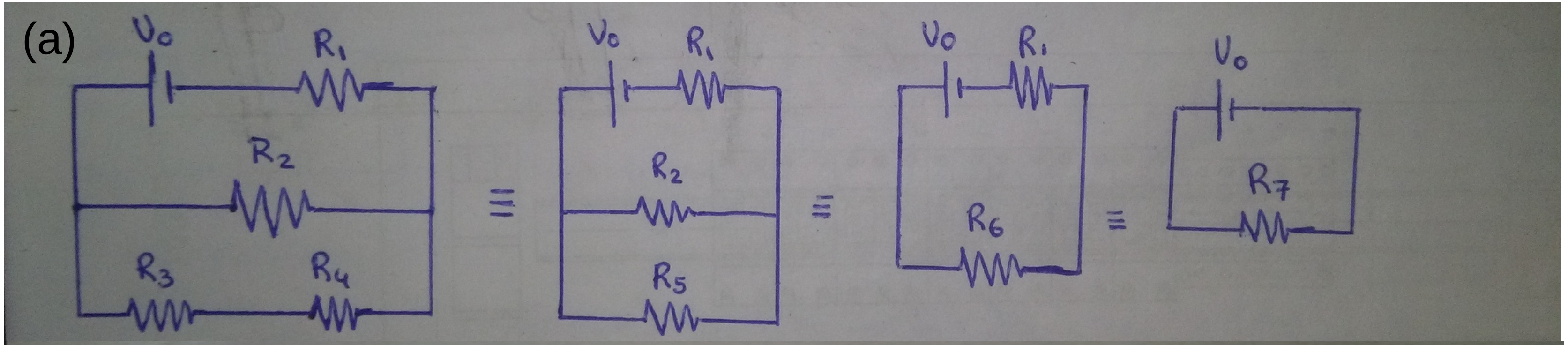
En el circuito de la figura calcular:

(a) la resistencia equivalente vista desde la fuente.

(b) la corriente i y la caída de potencial entre los puntos B y C.

(c) la potencia entregada por la fuente.





$$\frac{1}{R_2} = \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{8}$$

$$\rightarrow \boxed{R_2 = 2\Omega}$$

$$\frac{1}{R_3} = \frac{1}{3} + \frac{1}{6} \rightarrow \boxed{R_3 = 2\Omega}$$

$$R_5 = R_3 + R_4$$

$$R_5 = 2\Omega + 4\Omega$$

$$\boxed{R_5 = 6\Omega}$$

$$\frac{1}{R_6} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_5}$$

$$\frac{1}{R_6} = \frac{1}{2} + \frac{1}{6}$$

$$\boxed{R_6 = \frac{3}{2}\Omega}$$

$$R_7 = R_1 + R_6$$

$$R_7 = 1{,}5\Omega + 1{,}5\Omega$$

$$\boxed{R_7 = 3\Omega}$$

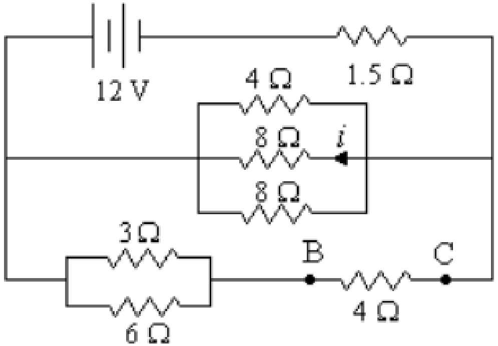
Ejercicio 4

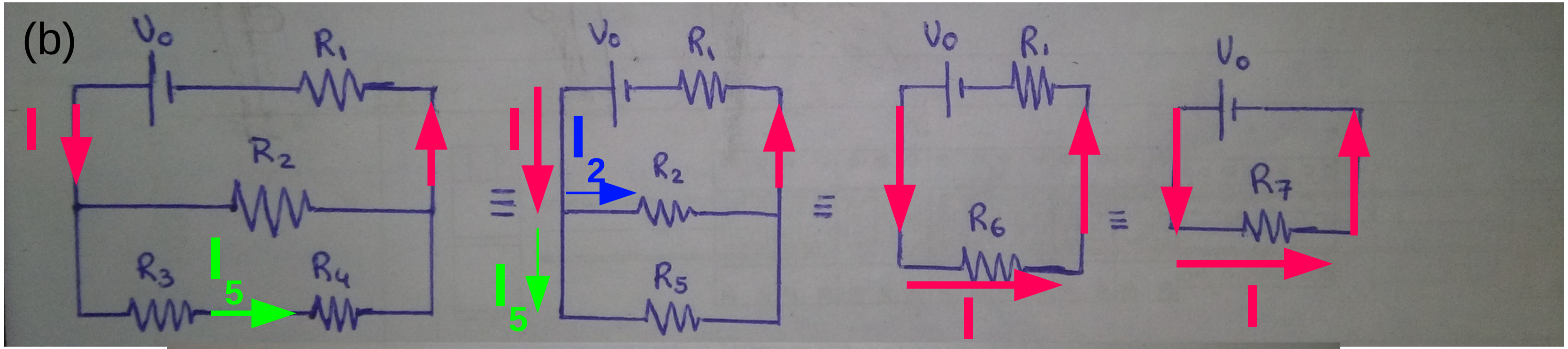
En el circuito de la figura calcular:

(a) la resistencia equivalente vista desde la fuente.

(b) la corriente i y la caída de potencial entre los puntos B y C.

(c) la potencia entregada por la fuente.





$0 = -IR_7 + V_0$

$I = \frac{V_0}{R_7} \rightarrow I = \frac{12V}{3\Omega}$

$\rightarrow \boxed{I = 4A}$

$V_6 = I R_6$

$V_6 = 4A \times 1{,}5\Omega$

$\boxed{V_6 = 6V}$

$V_6 = V_2 = V_5$

$V_5 = I_5 R_5$

$\rightarrow I_5 = V_5 / R_5$

$I_5 = 6V/6\Omega$

$\boxed{I_5 = 1A}$

Por lo tanto,

$\boxed{I_2 = 3A}$

ya que $I = I_2 + I_5$

$V_4 = I_5 \times R_4$

$V_4 = 1A \times 4\Omega$

$V_4 = 4V$

$V_2 = I_2 \times R_2$

$V_2 = 3A \times 2\Omega$

$\boxed{V_2 = 6V}$

$V_{8\Omega} = V_{4\Omega} = 6V$

$V_{8\Omega} = I_{8\Omega} \times 8\Omega$

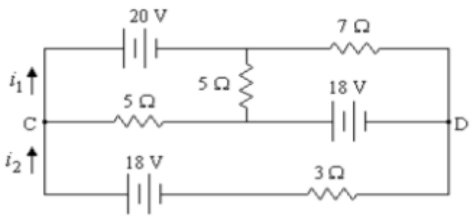
$I_{8\Omega} = i = \frac{V_{8\Omega}}{8\Omega}$

$i = \frac{6V}{8\Omega}$

$i = 0{,}75A$

Ejercicio 3

Para el circuito que muestra la figura de la ~~izquierda,~~ derecha calcular:



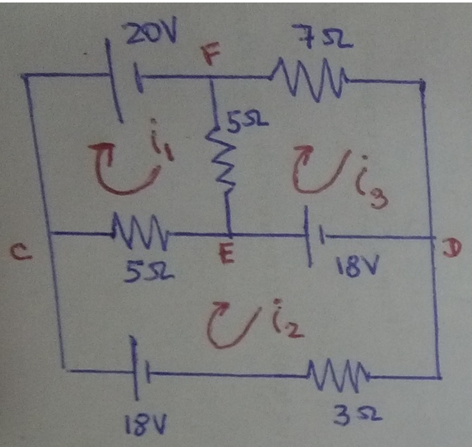
(a) las corrientes i_1 e i_2.

(b) la diferencia de potencial entre los puntos C y D.

(c) la potencia disipada por las resistencias de $5\,\Omega$.

(d) Se coloca un amperímetro en serie con la batería de 20 V. ¿Qué corriente mide si la resistencia interna del amperímetro es $R_a = 1\,\Omega$?

(a)



Malla 1 $\quad 0 = -20 - (i_1 - i_3)5 - (i_1 - i_2)5 \rightarrow 0 = -10 i_1 + 5 i_2 + 5 i_3 - 20$ (1)

Malla 2 $\quad 0 = -i_2 3 + 18 - (i_2 - i_1)5 - 18 \rightarrow 0 = 5 i_1 - 8 i_2$ (2)

Malla 3 $\quad 0 = 18 - (i_3 - i_1)5 - i_3 7 \rightarrow 0 = 5 i_1 - 12 i_3 + 18$ (3)

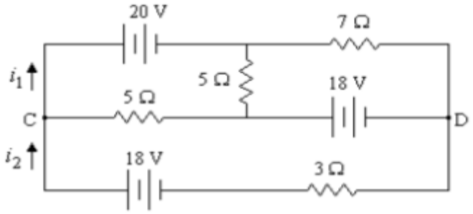
(2) $i_2 = \frac{5}{8} i_1$ $\qquad$ (3) $i_3 = \frac{+18 + 5 i_1}{12}$

(1) $0 = -10 i_1 + \frac{25}{8} i_1 + \frac{90}{12} + \frac{25}{12} i_1 - 20 \rightarrow 20 = i_1 \left[-10 + \frac{25}{8} + \frac{25}{12}\right] + \frac{90}{12}$

$\rightarrow \frac{25}{2} = -\frac{115}{24} i_1 \rightarrow i_1 = -2{,}6\,A \rightarrow i_2 = -1{,}625\,A \rightarrow i_3 = 0{,}41\,A$

Ejercicio 3

Para el circuito que muestra la figura de la ~~izquierda,~~ derecha calcular:



(a) las corrientes i_1 e i_2.

(b) la diferencia de potencial entre los puntos C y D.

(c) la potencia disipada por las resistencias de $5\,\Omega$.

(d) Se coloca un amperímetro en serie con la batería de 20 V. ¿Qué corriente mide si la resistencia interna del amperímetro es $R_a = 1\,\Omega$?

(b)

$$V_{DC} = \underbrace{-20 - i_3 7}_{\text{Arriba}} = \underbrace{5i_1 - 5i_2 - 18}_{\text{medio}} = \underbrace{-18 + 3i_2}_{\text{abajo}} = \boxed{-22{,}875\,V = V_{DC}}$$

(c)

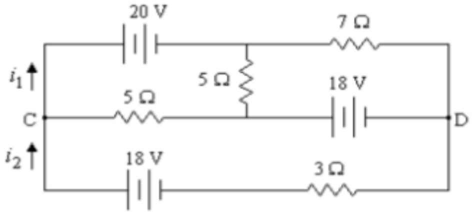
$$P^{\text{MEDIO}}_{5\Omega} = (i_1 - i_2)V_{CE} \quad \text{pero} \quad V_{CE} = (i_1 - i_2)5 \rightarrow P_{5\Omega} = (i_1 - i_2)^2 5 \rightarrow \boxed{P_{5\Omega} = 4{,}75\,W}$$

$$P^{\text{ARRIBA}}_{5\Omega} = (i_1 - i_3)V_{FE} = (i_1 - i_3)^2 5 \rightarrow \boxed{P_{5\Omega} = 45\,W}$$

Ejercicio 3

derecha

Para el circuito que muestra la figura de la ~~izquierda,~~ calcular:



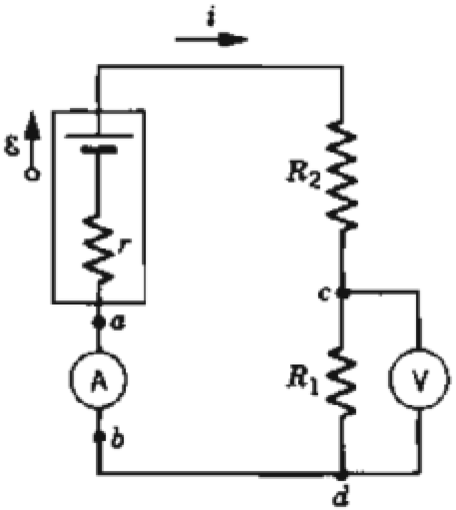
(a) las corrientes i_1 e i_2.

(b) la diferencia de potencial entre los puntos C y D.

(c) la potencia disipada por las resistencias de $5\,\Omega$.

(d) Se coloca un amperímetro en serie con la batería de $20\,\text{V}$. ¿Qué corriente mide si la resistencia interna del amperímetro es $R_a = 1\,\Omega$?

(d)

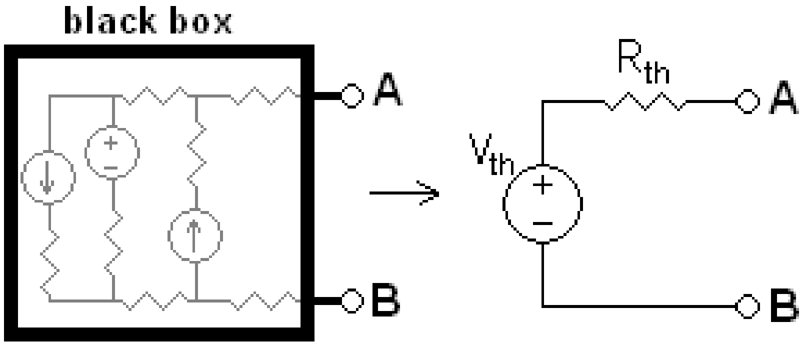


Teorema de Thévenin

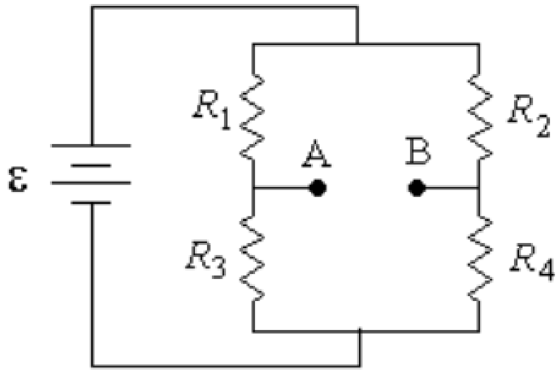
Podemos sustituir un circuito eléctrico (no importa lo complicado que sea), por otro mas simple con una única resistencia (R_{th}) y una única fuente (V_{th}).

- La resistencia (R_{th}) se calcula “cortocircuitando” (sacando) las fuentes.

- La fuente (V_{th}) corresponde a la diferencia de potencial entre A y B.



Ejercicio 6



(a) Obtener el circuito equivalente de Thevenin para el puente de la figura -conocido como puente de Wheatstone- visto desde los puntos A y B.

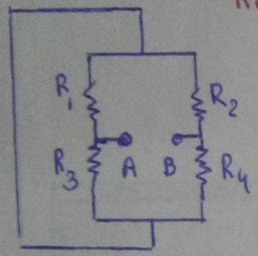
(b) Entre A y B se conecta un galvanómetro de resistencia interna R. Calcular la corriente que circula por él en función de ϵ, R_1, R_2, R_3, R_4 y R.

(c) Determine la relación entre las resistencias para la cual la corriente que circula por el amperímetro es nula. Ésta se llama condición de equilibrio del puente y se emplea para medir con precisión resistencias.

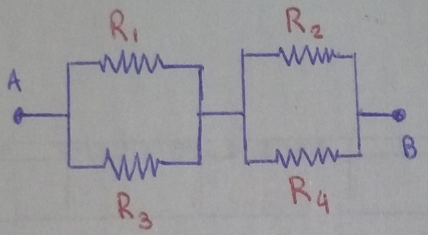
(d) Hallar la potencia disipada por el galvanómetro cuando: $\epsilon = 1\,\mathrm{V}$, $R_4 = 1.1\,\Omega$, $R_1 = R_2 = R_3 = 1\,\Omega$ y $R = 0.1\,\Omega$.

(a)

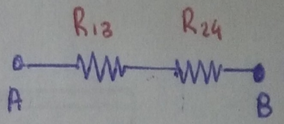
Resistencia Th



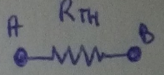
≡



≡



≡

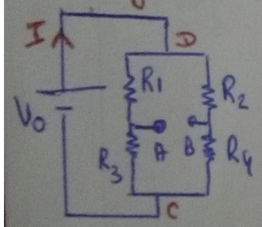


$$\frac{1}{R_{13}}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_3}$$

$$\frac{1}{R_{24}}=\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_4}$$

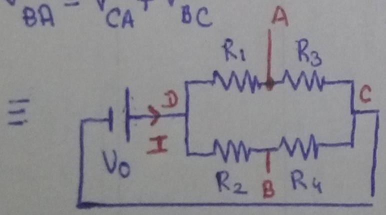
$$R_{TH}=R_{13}+R_{24}$$

Voltaje Th



$$V_{BA}=V_{CA}+V_{BC}$$

≡

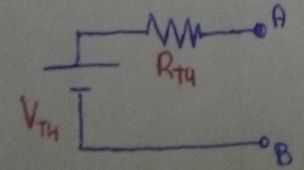


$$V_{CD}=-V_0\ ; \quad I_A=\frac{V_{CD}}{R_1+R_3}=\frac{-V_0}{R_1+R_3}$$

$$I_B=\frac{V_{CD}}{R_2+R_4}=\frac{-V_0}{R_2+R_4}$$

$$V_{TH}=V_{BA}=V_{CA}+V_{BC}=-I_AR_3+I_BR_4=\frac{V_0R_3}{R_1+R_3}-\frac{V_0R_4}{R_2+R_4} \longrightarrow V_{TH}=V_0\left(\frac{R_3}{R_1+R_3}-\frac{R_4}{R_2+R_4}\right)$$

Entonces,

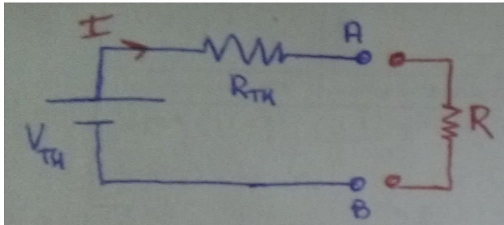


(b) Entre A y B se conecta un galvanómetro de resistencia interna R. Calcular la corriente que circula por él en función de ϵ, R_1, R_2, R_3, R_4 y R.

(c) Determine la relación entre las resistencias para la cual la corriente que circula por el amperímetro es nula. Ésta se llama condición de equilibrio del puente y se emplea para medir con precisión resistencias.

(d) Hallar la potencia disipada por el galvanómetro cuando: $\epsilon = 1\,\mathrm{V}$, $R_4 = 1.1\,\Omega$, $R_1 = R_2 = R_3 = 1\,\Omega$ y $R = 0.1\,\Omega$.

(b,c)



$$0 = -I(R_{TH}+R)+V_{TH} \rightarrow I = \frac{V_{TH}}{R_{TH}+R}$$

$$R_{TH} = R_{13}+R_{24} = \frac{R_1 R_3}{R_1+R_3}+\frac{R_2 R_4}{R_2+R_4} \rightarrow \boxed{I = \frac{V_0\left(\frac{R_3}{R_1+R_3}-\frac{R_4}{R_2+R_4}\right)}{\frac{R_1 R_3}{R_1+R_3}+\frac{R_2 R_4}{R_2+R_4}+R}}$$

$$I=0 \leftrightarrow \frac{R_3}{R_1+R_3}=\frac{R_4}{R_2+R_4} \rightarrow \frac{1}{\frac{R_1}{R_3}+1}=\frac{1}{\frac{R_2}{R_4}+1} \rightarrow \boxed{\frac{R_1}{R_3}=\frac{R_2}{R_4}} \rightarrow R_4=\frac{R_2 R_3}{R_1}$$