

"LEYES BÁSICAS"

2.1 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.

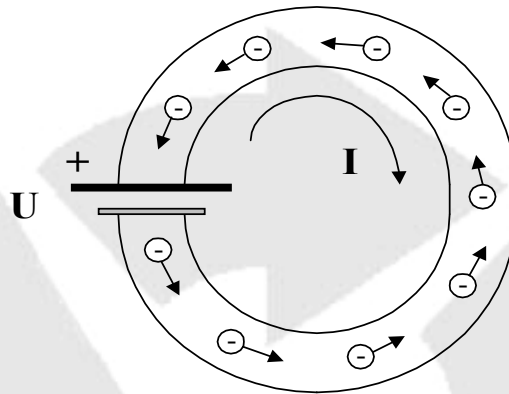


Fig. 2.1 Malla o camino cerrado con desplazamiento de electrones libres

Las partes que constituyen un circuito eléctrico son:

- a. La fuente de tensión
- b. El interruptor
- c. Los conductores
- d. El receptor o carga

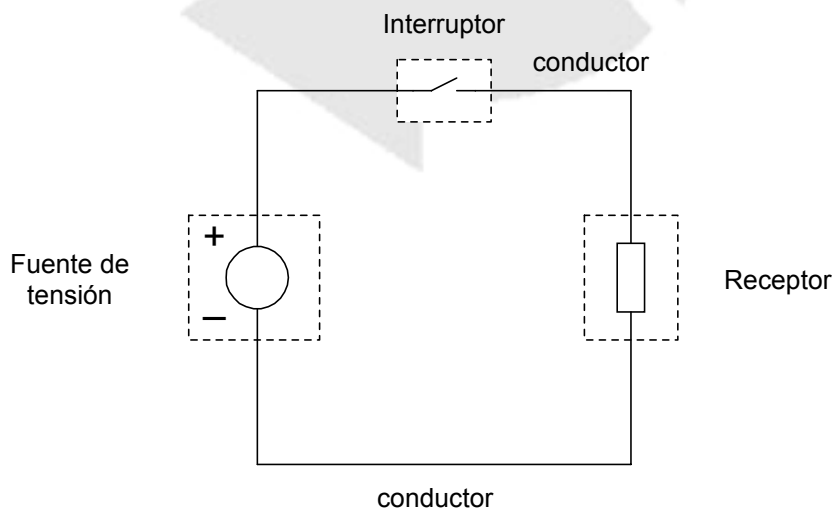


Fig. 2.2 Circuito eléctrico

## Fundamentos de Electrotecnia

En la **fuentes 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 ( $\Omega$ )

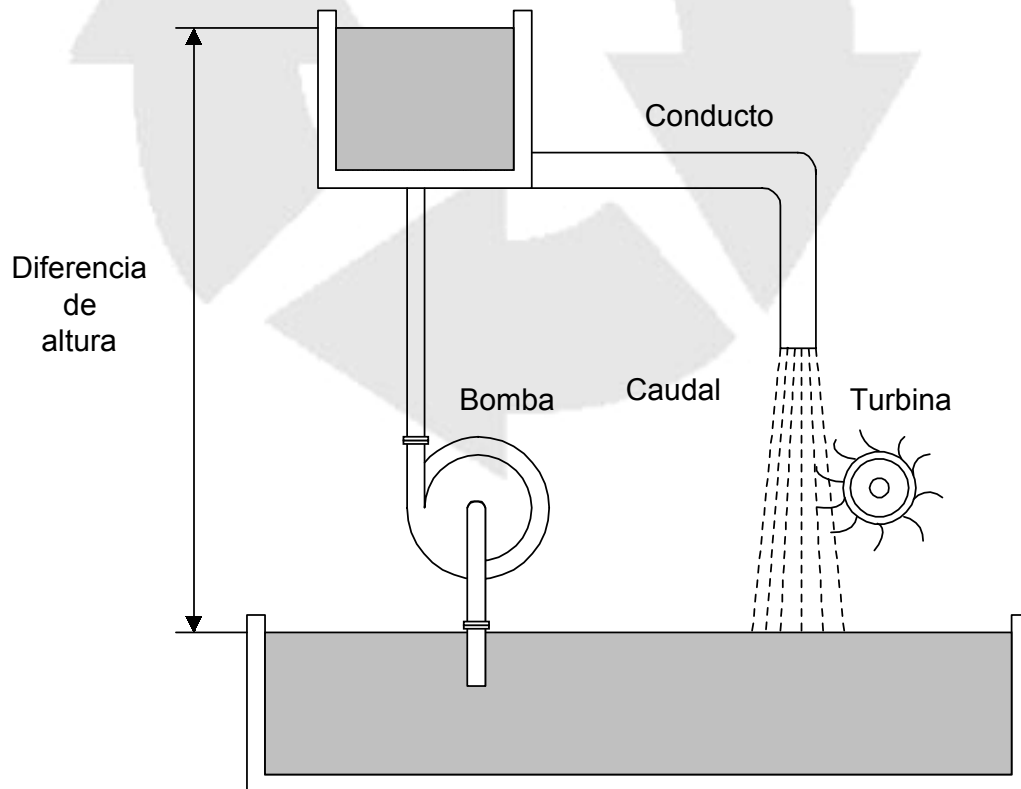
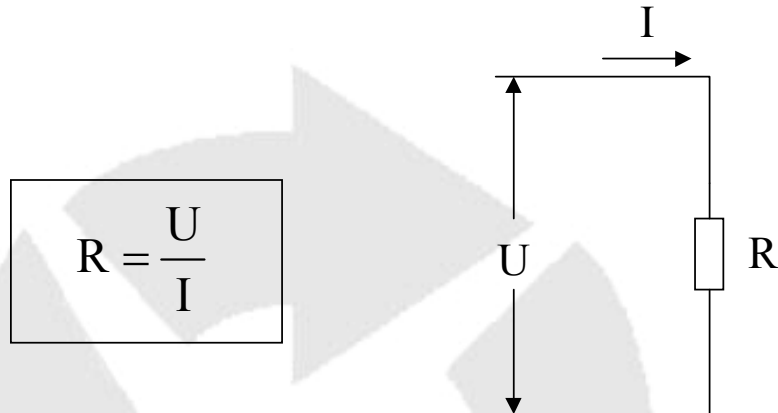


Fig. 2.3 Circuito hidráulico

## 2.2 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 ⇒ Resistencia medida en ohmios ( $\Omega$ )
- U ⇒ Tensión en voltios (V)
- I ⇒ Intensidad en amperios (A)

Fig. 2.4 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

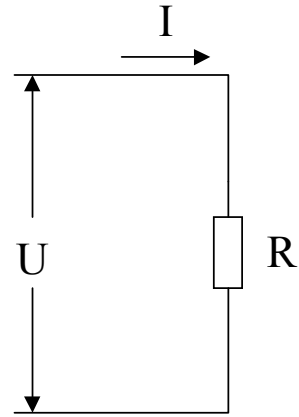
### Solución

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

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:

$$U = I \cdot R$$

Fig. 2.5 Ley de Ohm

### Ejemplo 2

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

**Solución**

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

### 2.3 GRÁFICOS

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

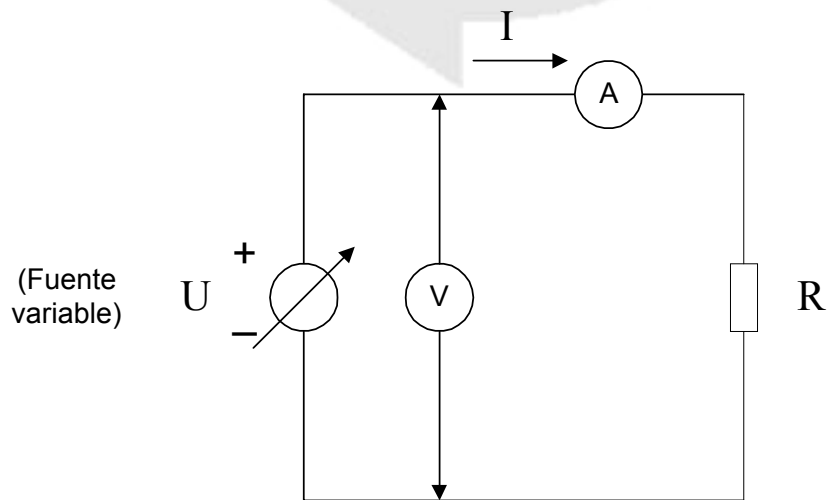


Fig. 2.5 Corriente vs. tensión

## Fundamentos de Electrotecnia

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:

N°	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

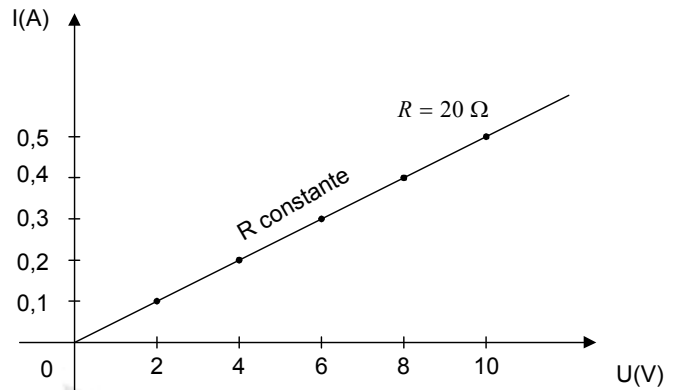


Fig. 2.6 I vs. U(R constante)

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.

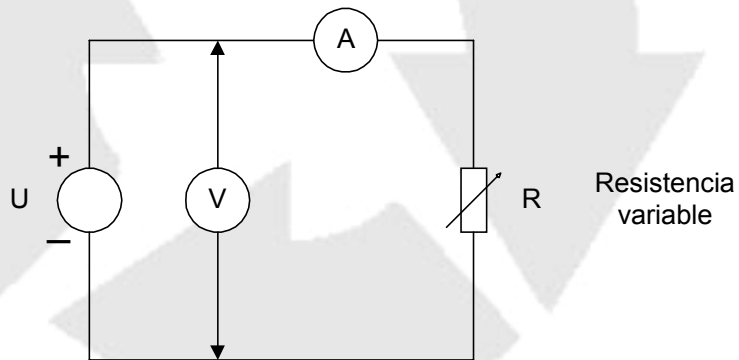


Fig. 2.7 Corriente vs. Resistencia

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:

N°	R (Ω)	I (A)
1	10	1,2
2	20	0,6
3	30	0,4
4	40	0,3
5	50	0,24

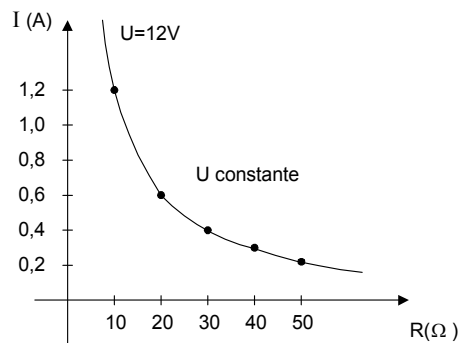
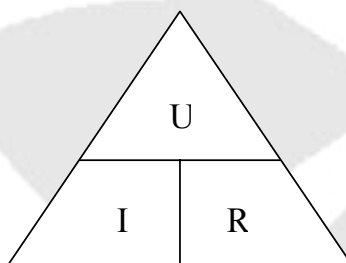


Fig. 2.8 I vs. R(U constante)

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:

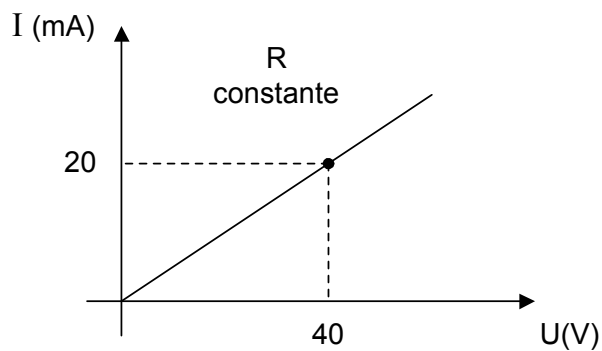
$$I = \frac{U}{R}$$

$$U = IR$$

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

## 2.4 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:

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

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

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

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

$\Rightarrow$

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

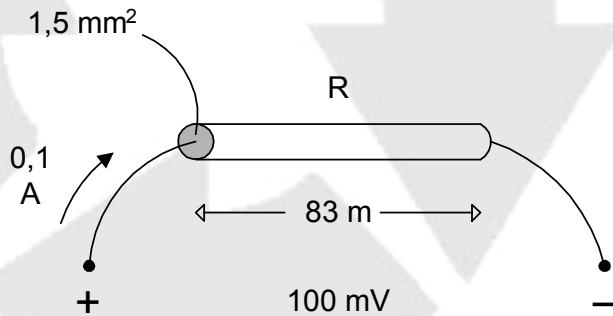
2. Al aplicar 100 mV a los extremos de un conductor circulan 0,1A. Si la sección del conductor es de 1,5 mm<sup>2</sup> y su longitud es de 83 m. ¿De qué material está hecho dicho conductor?

Tabla de resistividades

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:

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

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

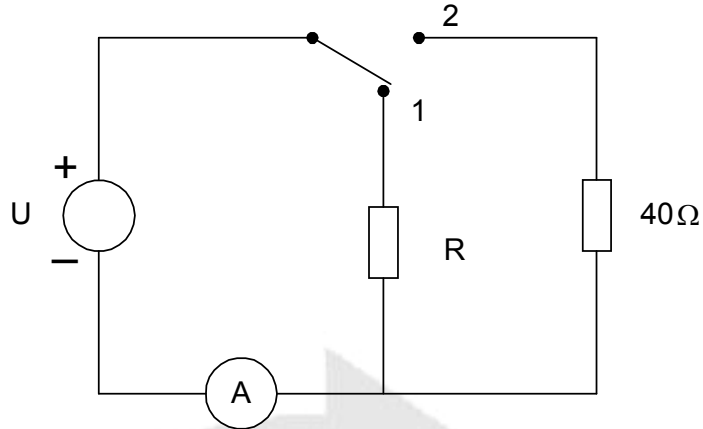
$$\rho = 0,018 \frac{\Omega \times \text{mm}^2}{\text{m}}$$

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

COBRE

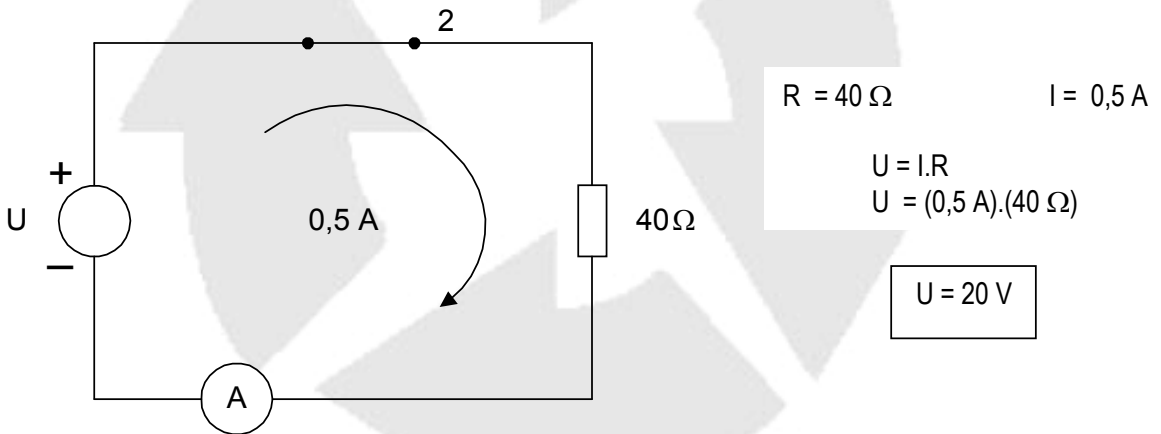
Fundamentos de Electrotecnia

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

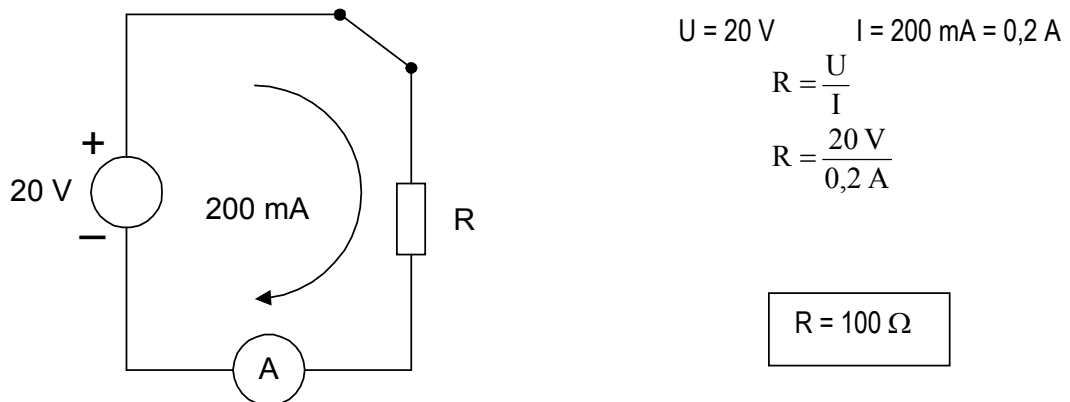


**Solución**

Posición 2



Posición 1



## 2.5 CONEXIÓN EN SERIE

### 2.5.1 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.



Fig. 2.9 Luces de navidad

### 2.5.2 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  $U = 30\text{ V}$

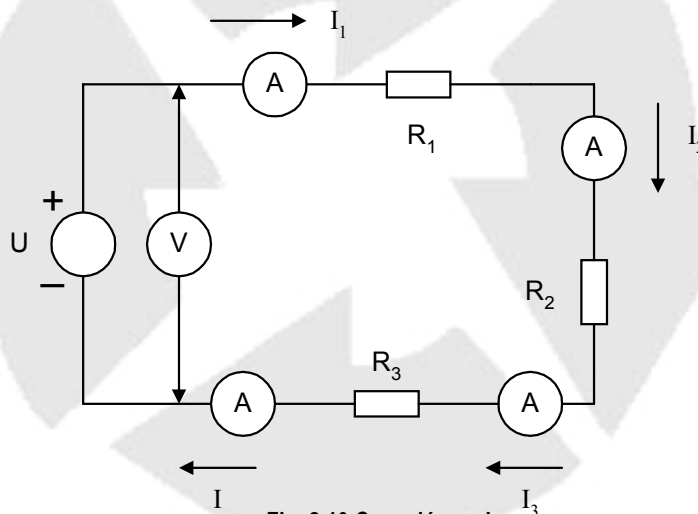


Fig. 2.10 Conexión serie

Resultados:

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*

$$I = I_1 = I_2 = I_3$$

**2.5.3 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  $U = 30\text{ V}$ .

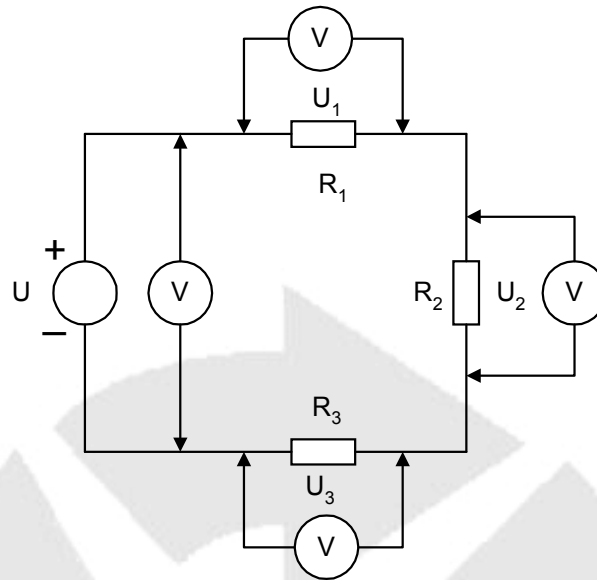


Fig. 2.11 Tensiones en conexión serie

Resultados:

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"*

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

### 2.5.4 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.

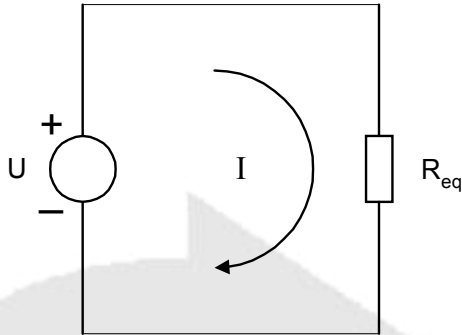


Fig.2.12 Circuito equivalente

Por Ley de Ohm

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

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

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:

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

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

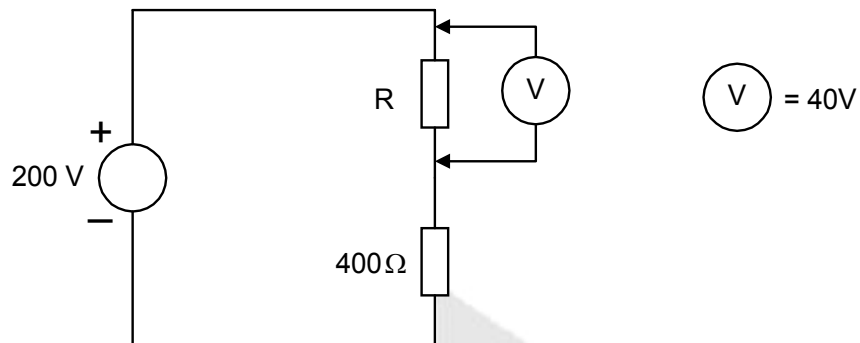
$$60\Omega = 10\Omega + 20\Omega + 30\Omega$$

Por lo tanto deducimos:

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

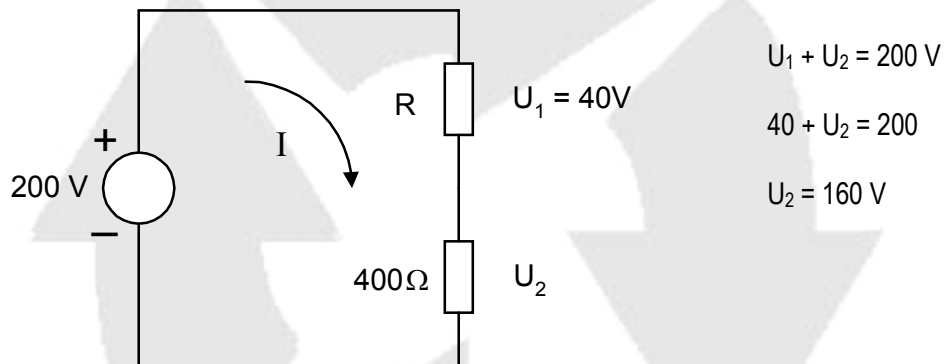
### 2.5.5 EJERCICIOS

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:



Por Ley de Ohm:

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

$$I = 0,4 A$$

De igual modo:

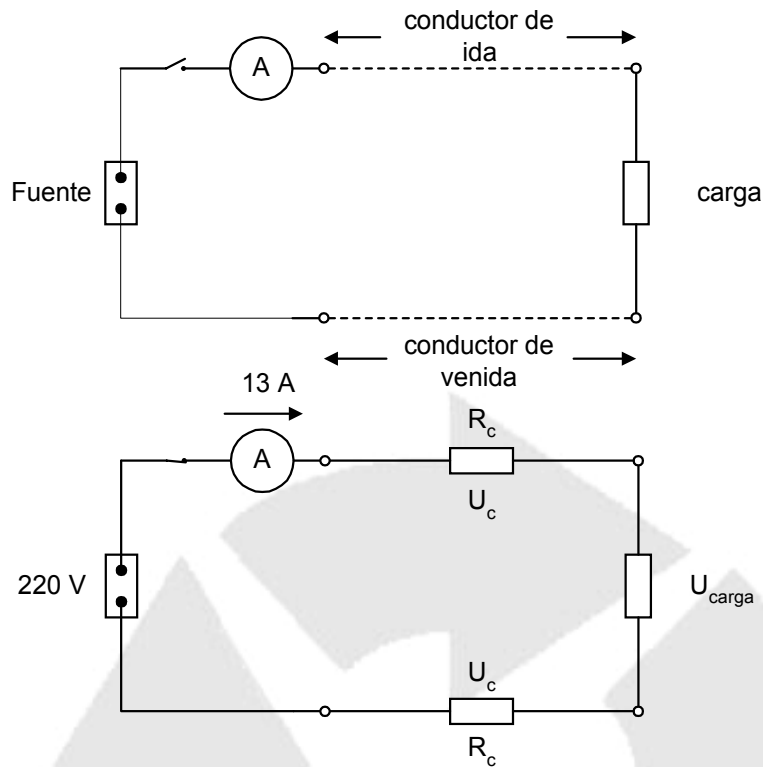
$$R = \frac{U_1}{I} = \frac{40 V}{0,4 A}$$

$R = 100 \Omega$

2. 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?

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

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

Por ley de Ohm:  $U_c = I R_c = (13 \text{ A}) (0,119 \Omega)$

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

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

Luego, como el circuito está conectado en serie:

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

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

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

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

## 2.6 CONEXIÓN EN PARALELO

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

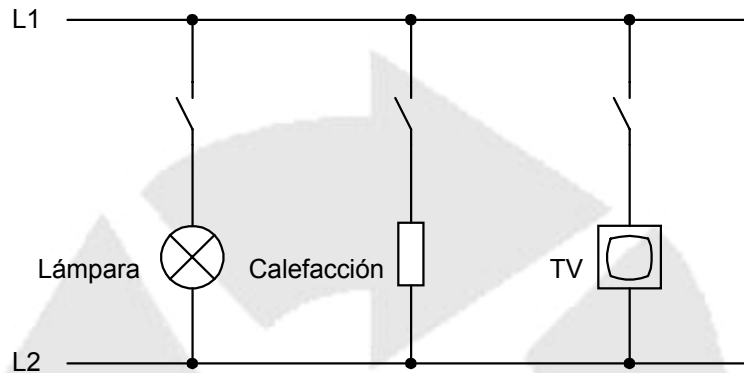


Fig. 2.13 Conexión de cargas en paralelo

### 2.6.2 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  $U = 30 \text{ V}$

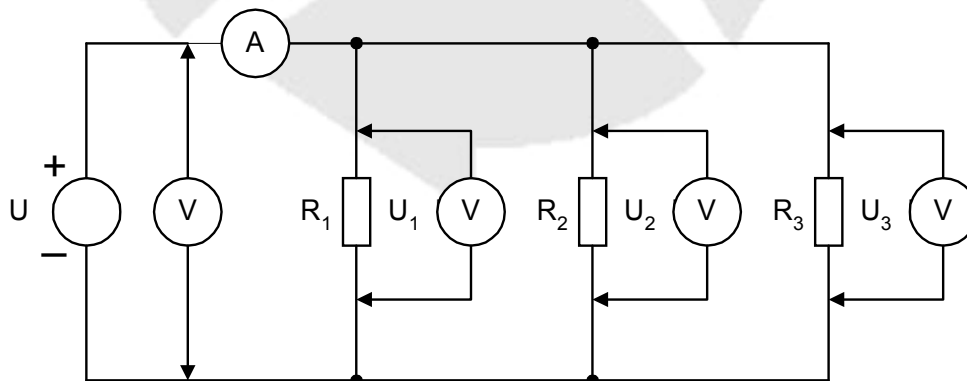


Fig. 2.14 Resistencias en paralelo

Resultados

$U \text{ (V)}$	$I \text{ (A)}$	$U_1 \text{ (V)}$	$U_2 \text{ (V)}$	$U_3 \text{ (V)}$
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.

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

### 2.6.3 CORRIENTES EN LA CONEXIÓN PARALELO

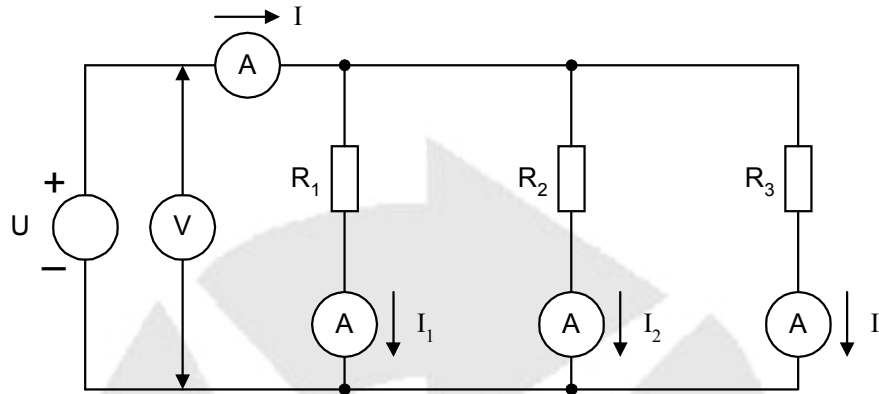


Fig. 2.15 Corrientes en la conexión paralelo

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"

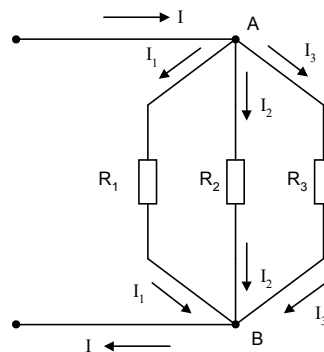


Fig. 2.16 Primera ley de Kirchhoff

En un nudo:

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

Primera Ley de Kirchhoff

Nudo "A"

Nudo "B"

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$I_1 + I_2 + I_3 = I$$

#### 2.6.4 RESISTENCIA EQUIVALENTE

El circuito anterior se puede reemplazar por:

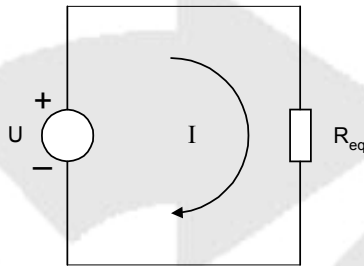


Fig.2.17 Circuito equivalente

Luego:

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

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:

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

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

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:

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

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

Además sí:  $R_1 = R_2 = R$

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

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

Resumiendo:

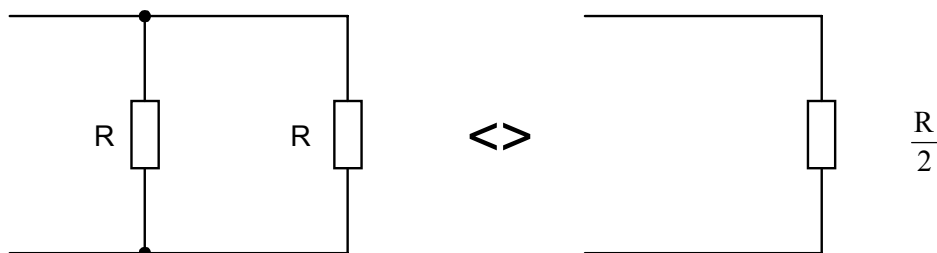
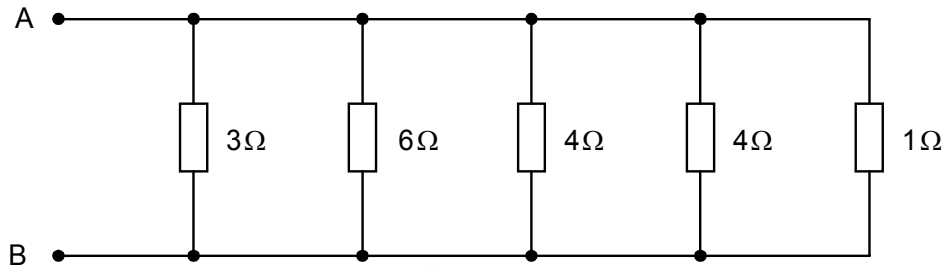


Fig. 2.18 Dos resistencias en paralelo

**Ejercicios**

1. Calcule la resistencia equivalente entre A y B:



**Solución**

Aplicando la fórmula de la resistencia equivalente:

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

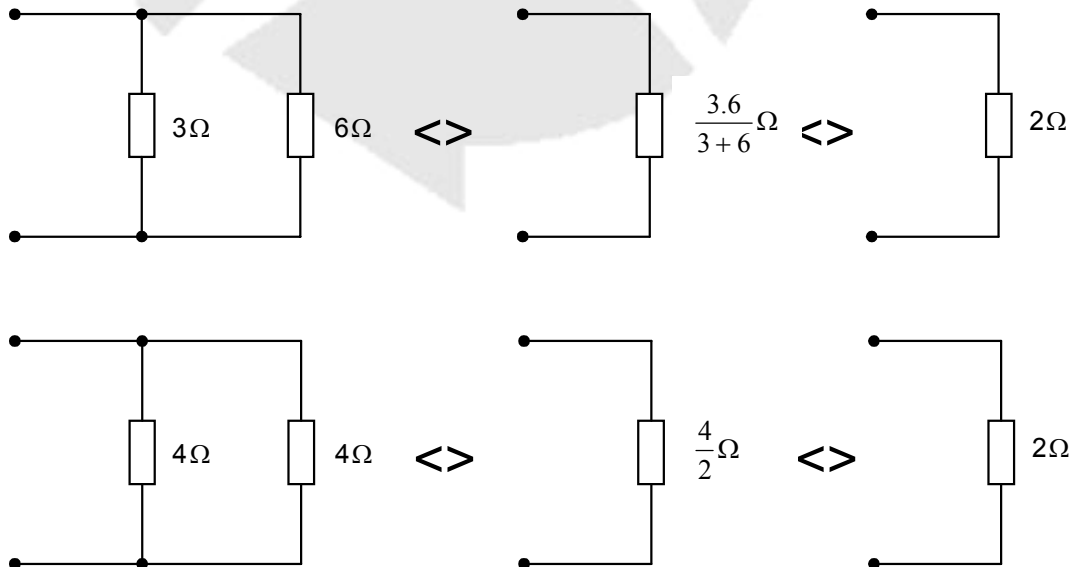
$$\frac{1}{R_{AB}} = \frac{4 + 2 + 3 + 3 + 12}{12}$$

$$\frac{1}{R_{AB}} = \frac{24}{12} \quad \Rightarrow \quad R_{AB} = 0,5 \Omega$$

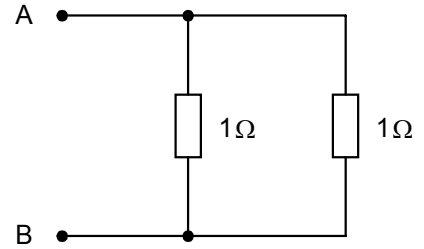
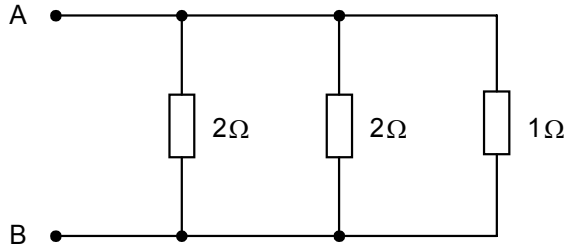
$R_{AB} = 0,5 \Omega$

Otra forma

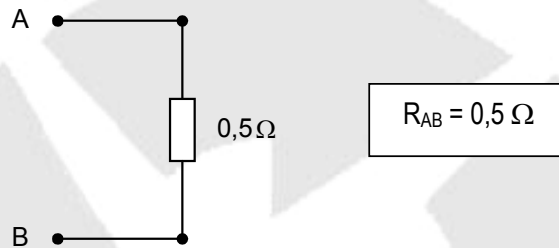
Efectuemos un cálculo parcial del sistema:



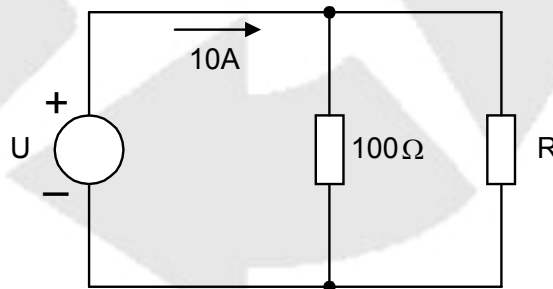
Luego:



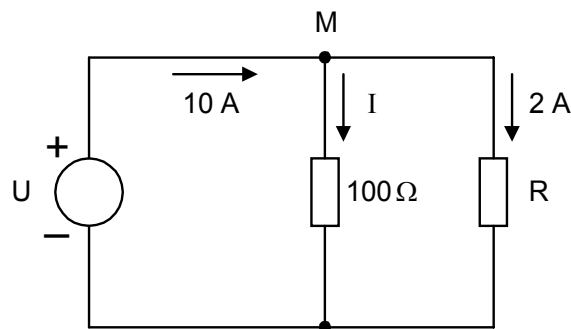
Finalmente:



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



Solución



En el nudo "M":

$$10 = I + 2$$

$$I = 8A$$

## Fundamentos de Electrotecnia

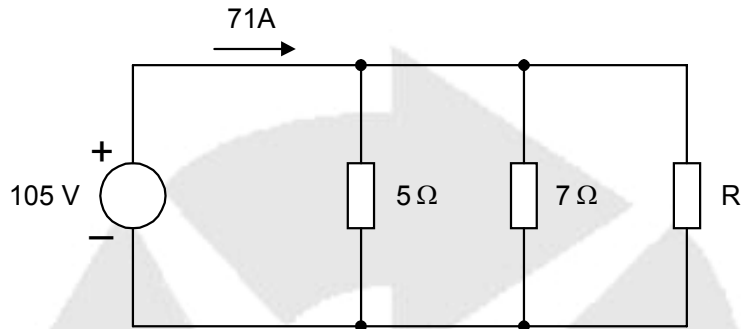
Como las resistencias están en paralelo, las tensiones son iguales.

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

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

$R = 400 \Omega$

3. En el circuito mostrado, calcule "R"



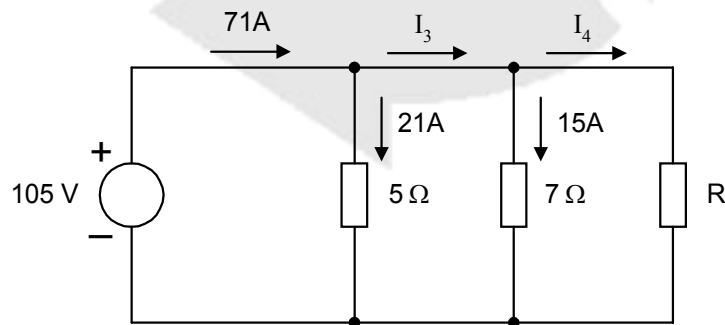
### Solución

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":

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

$R = 3 \Omega$

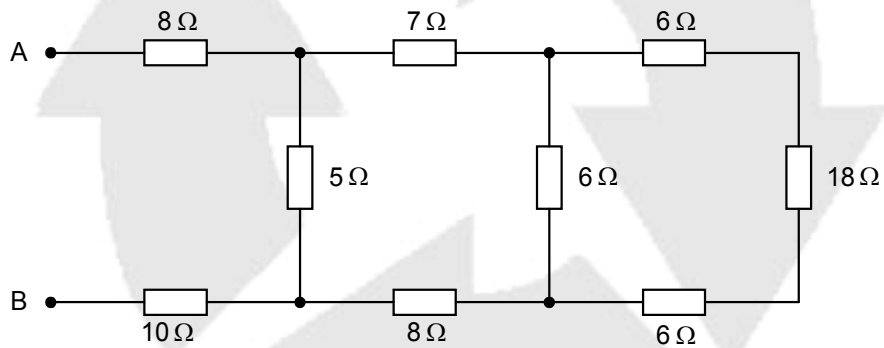
## 2.7 CONEXIONES MIXTAS

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.

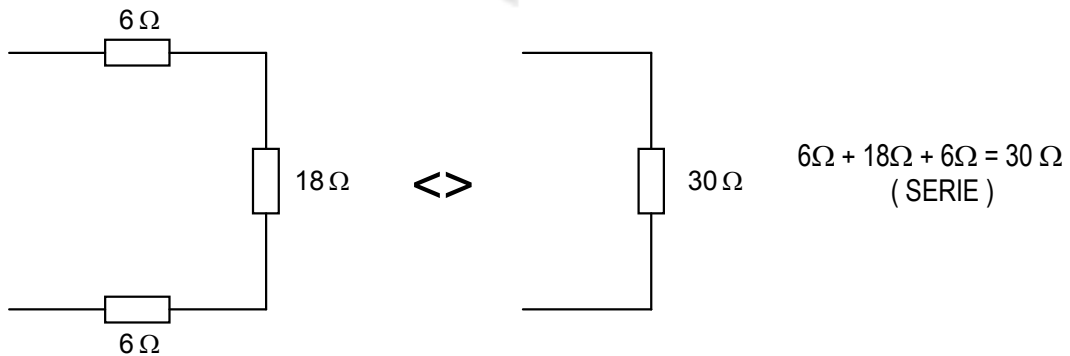
### Aplicación

Halle la resistencia equivalente entre A y B:

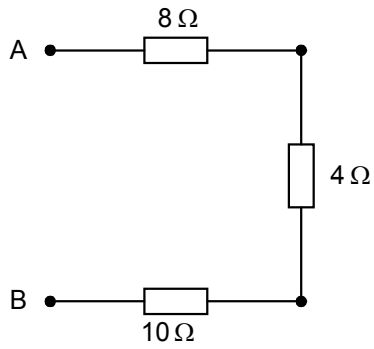


### Solución

De la última parte del circuito

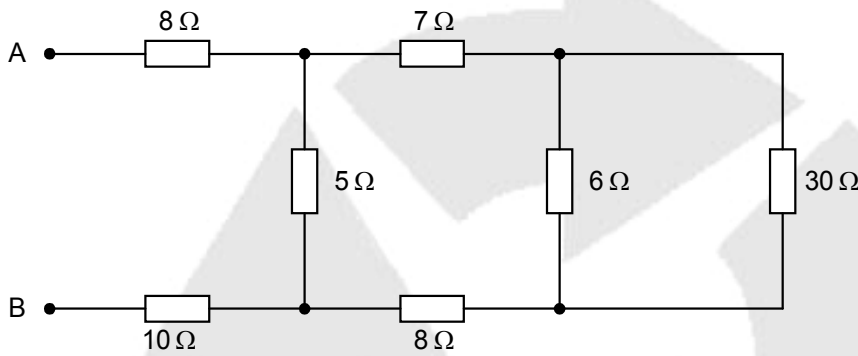


Luego:



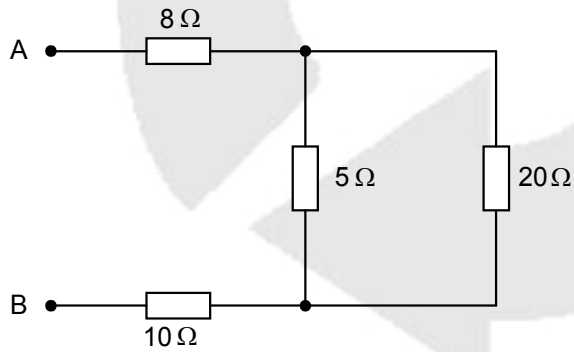
$$R_{AB} = 8\ \Omega + 4\ \Omega + 10\ \Omega$$

$$R_{AB} = 22\ \Omega$$



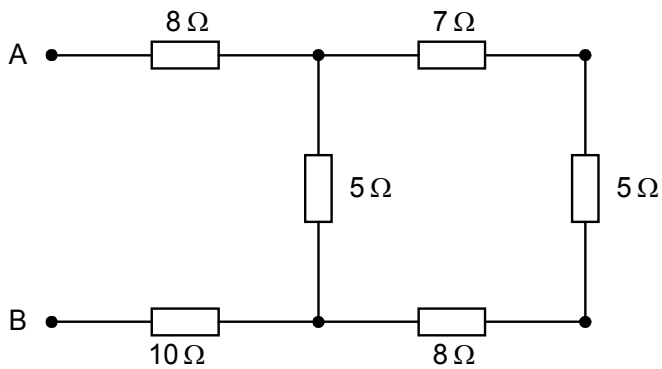
$$\frac{30 \times 6}{30 + 6} = 5\ \Omega$$

(PARALELO)



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

(PARALELO)



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

(SERIE)

## 2.8 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:

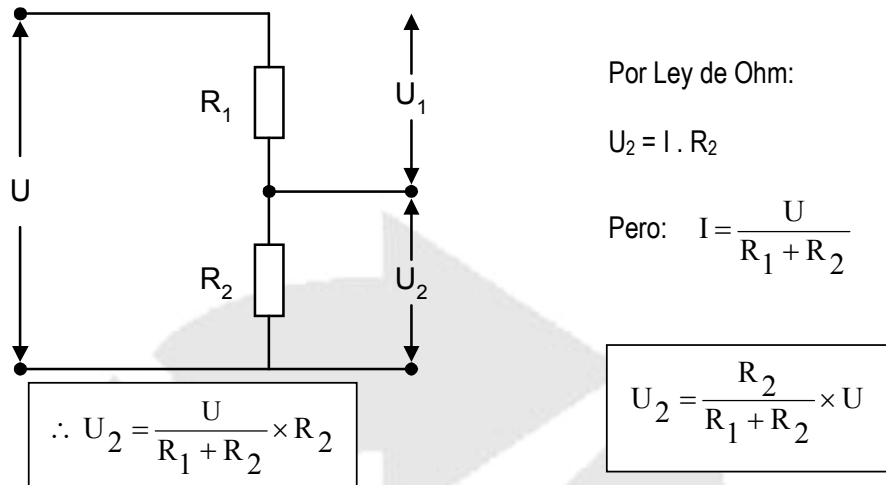


Fig. 2.19 Divisor de tensión sin carga

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

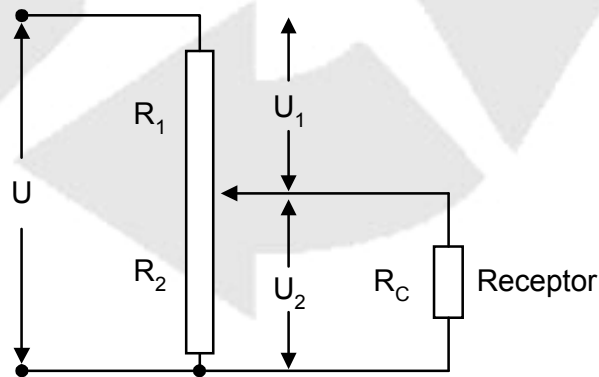
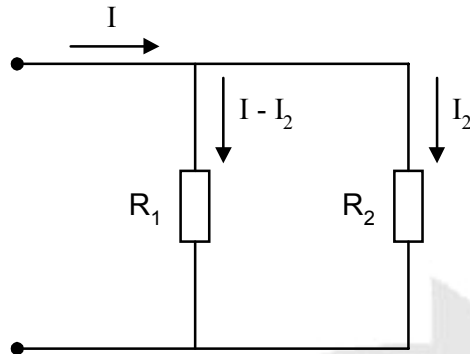


Fig. 2.20 Divisor de tensión con carga

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.

## 2.9 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  $I_2$ .



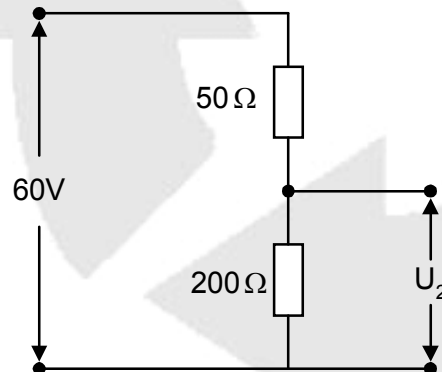
$$\begin{aligned} U_1 &= U_2 \\ (I - I_2) R_1 &= I_2 R_2 \\ IR_1 &= I_2 (R_1 + R_2) \end{aligned}$$

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

Fig. 2.21 Divisor de corriente

## 2.10 APLICACIONES

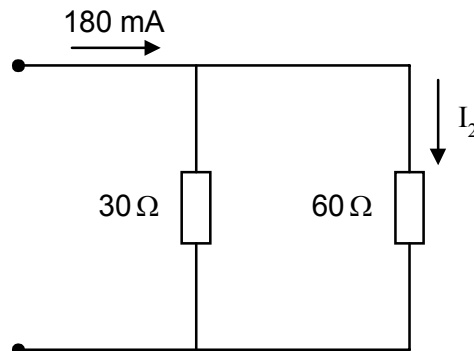
1. Un divisor de tensión con resistencias parciales de  $50\Omega$  y  $200\Omega$  está conectado a una tensión total de  $60\text{ V}$ . ¿Cuánto vale la tensión en la resistencia de  $200\Omega$  si se trata de un divisor de tensión sin carga?



$$\begin{aligned} U_2 &= \left( \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) U \\ U_2 &= \left( \frac{200}{50 + 200} \right) 60 \end{aligned}$$

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

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



$$\begin{aligned} I_2 &= \left( \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) I \\ I_2 &= \left( \frac{30}{30 + 60} \right) 180 \end{aligned}$$

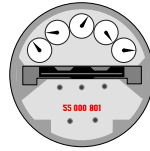
$$I_2 = 60\text{ mA}$$

## 2.11 RESUMEN

1. Un circuito eléctrico es un sistema básico para representar los diferentes caminos que sigue la electricidad.
2. La fuerza electromotriz ( $U$ ) es la causa impulsora del desplazamiento de los electrones.
3. La diferencia de potencial ( $U_{ab}$ ) denominada también tensión es la que se obtiene en los bornes de un receptor.
4. La corriente eléctrica ( $I$ ) es el flujo de electrones y sigue el camino cerrado.
5. La resistencia eléctrica es la oposición que ejerce un material al paso de los electrones.
6. 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.
7. 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.
8. Si a una configuración de cargas de un circuito calculamos la resistencia total se le llama también resistencia equivalente.
9. 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.
10. Se denomina conexiones mixtas cuando en un circuito las cargas no están conectadas ni en serie, ni en paralelo, sino una combinación de ellas.

**"POTENCIA, ENERGÍA Y EFICIENCIA"**

**3.1 LA ENERGÍA**



**Fig. 3.1 Medidor de energía.**

Se dice que un cuerpo o un sistema de cuerpos tienen energía cuando es capaz de efectuar un trabajo. Esta energía puede existir en el cuerpo en estado actual o cinética, o en estado potencial.

Definimos a la energía, también, como todo aquello que puede dar origen o existencia a una fuerza.

Energía: es la capacidad que posee la materia para producir calor, trabajo en forma de movimiento, luz, crecimiento biológico, etc.

Símbolo de la energía = E

**3.1.1 UNIDADES**

La unidad internacional de la energía es el **joule**, cuyo símbolo es **J**, sin embargo, es frecuente utilizar el watt hora: **wh** y el múltiplo kilowatt hora: **kWh** (esta unidad es de uso más frecuente, comercialmente).

<u>Conversión:</u>	1 Wh	=	$3,6 \times 10^3$ J
	1 kWh	=	1 000 Wh

El estudio de la electricidad está basado en dos principios que rigen a todos los fenómenos físicos. Estos principios son:

- 1º El principio de la conservación de la energía.
- 2º El principio de la degradación de la energía.

**1º El principio de la conservación de la energía:**

Se establece, como tal principio, que **"LA ENERGÍA NI SE CREA NI SE DESTRUYE, SOLAMENTE SE TRANSFORMA"**.

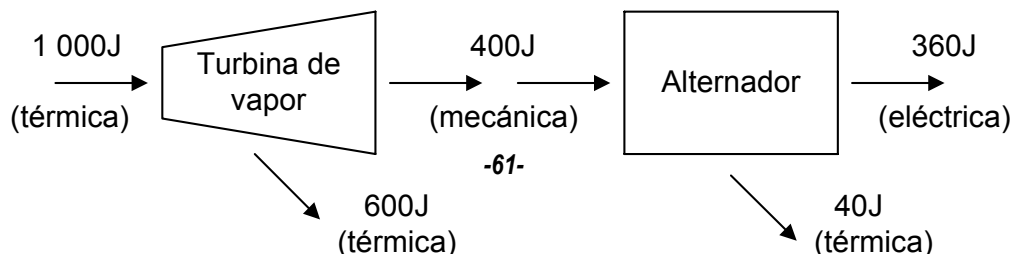
**2º Principio de degradación de la energía**

**Al realizarse una transformación de energía de una forma a otra, siempre aparece energía térmica, aunque no interese su obtención. Es una energía térmica no utilizable, pero ello no quiere decir que no se cumpla el principio de conservación, ya que, en ningún momento hay destrucción de energía.**

**Se deduce que, la cantidad de energía obtenida en el modo deseado, es siempre inferior al valor de la energía inicialmente empleada.**

**Ejemplos:**

**Cuando se transforma la energía química potencial del carbón en energía**



## Fundamentos de Electrotecnia

calorífica, y luego en energía mecánica en la turbina de vapor, esta última energía representa una parte muy débil de la primitiva. El resto no se ha destruido ni ha desaparecido, pero se ha transformado en energía térmica no útil, la cual se ha disipado en los distintos componentes de la instalación (fig. 3.2).

Fig. 3.2 Representación esquemática de una turbina y un generador.

- Un motor eléctrico, conectado a la red, se calienta. Deducimos que una parte de la energía eléctrica se transforma en calor, por lo que, el valor de la energía mecánica obtenida, no es igual al de la energía inicial (fig. 3.3).

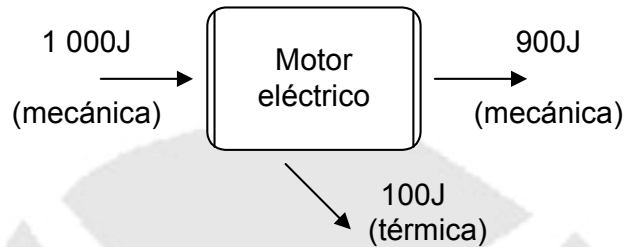


Fig. 3.3 Representación esquemática de un motor eléctrico.

- En el caso concreto de la transformación directa de energía eléctrica en calorífica, se puede estimar que existe una mínima degradación o pérdida (fig. 3.4).

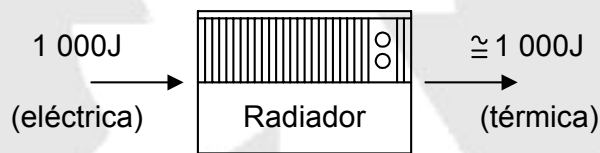


Fig. 3.4 Representación esquemática de un radiador.

### 3.1.2 FORMAS DE LA ENERGÍA

#### 3.1.3 ENERGÍA POTENCIAL:



Fig. 3.5 Diferentes formas de energía potencial.

“Energía de posición”, “energía que poseen los cuerpos en reposo”. “Energía potencial es la energía almacenada en la materia”.

Ejemplos:

- Agua embalsada en un pantano.
- Vapor almacenado en un caldero.
- Muelle comprimido.
- Gasolina en un vehículo.

## Fundamentos de Electrotecnia

- Arco tensado.
- Carbón.
- Uranio.

### 3.1.4 ENERGÍA CINÉTICA:

“Energía de velocidad o de movimiento”, “energía que procede de los cuerpos en movimiento”. “Energía cinética es la energía que se hace presente en forma de movimiento”.

Ejemplos:

- Agua que circula por una tubería e incide sobre el rodete de una turbina hidráulica.
- Vapor accionando una turbina a vapor.
- Muelle extendiéndose, haciendo funcionar un martillo hidráulico.
- Explosión de la mezcla aire - gasolina en el cilindro de un motor.
- Flecha surcando el espacio, al destensarse del arco.

### 3.1.5 INSTRUMENTO PARA MEDIR LA ENERGÍA ELÉCTRICA

El instrumento que mide la energía eléctrica es el contador de energía o medidor de energía. Se le simboliza así:

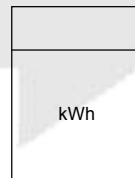


Fig. 3.6 Símbolo del contador de energía.

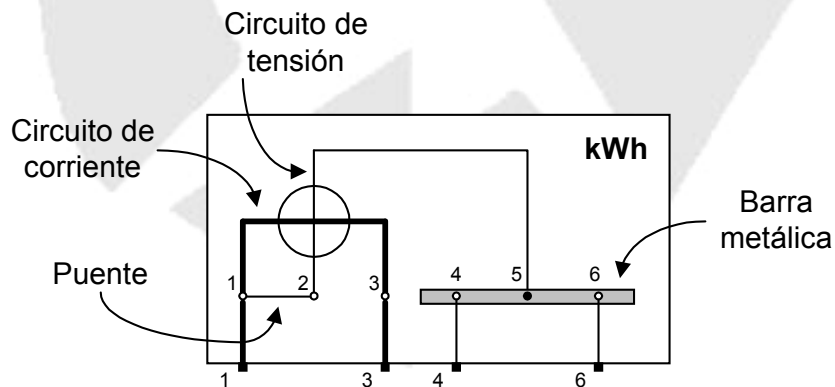


Fig. 3.7 Esquema eléctrico de un contador de energía.

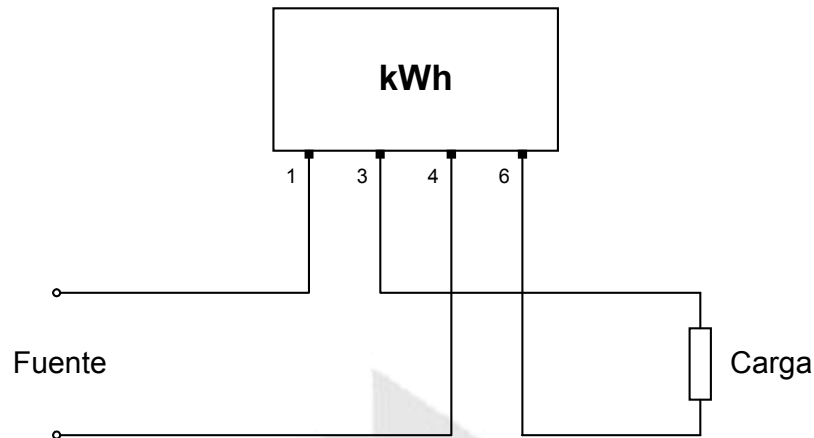


Fig. 3.8 Conexión de un contador de energía.

## 3.2 FUERZA



Fig. 3.9 Ciclismo: aplicación de fuerzas.

Esta expresión, que normalmente se representa con la letra  $E$ , ya nos coge desprevenidos. Su lectura o audición, no nos produce impresión de desconocimiento.

Recordemos... "energía es aquello que puede dar origen o existencia a una FUERZA". Entendemos que la fuerza es el efecto o resultado obtenido como consecuencia de la existencia de una causa o motivo que es la energía.

Además, nosotros mismos, podemos percibir la sensación de fuerza al ejercer una presión sobre la superficie de un cuerpo, al mantener elevado un objeto sin que caiga, cuando lanzamos una piedra, etc. La idea de fuerza la asociamos con el esfuerzo muscular que desarrollamos, o con la capacidad de acción de las máquinas.

Ahora bien, ¿Cómo definir físicamente el concepto de fuerza? En base a lo expuesto diremos que, FUERZA, ES LA CAUSA CAPAZ DE MODIFICAR EL ESTADO DE REPOSO O MOVIMIENTO DE LOS CUERPOS, O DE DEFORMARLOS TEMPORAL O PERMANENTEMENTE.

Tal definición, ha de considerarse con un significado generalizado, haciéndola extensiva a la propia constitución de la materia.

### Ejemplos:

- Al estirar un muelle, estamos aplicando una fuerza que deforma al cuerpo en cuestión.
- Las deformaciones originadas en un cuerpo, al elevar su temperatura, son producidas por la acción de fuerzas intermoleculares.

Dado el grado de compresión imprescindible que ha de tenerse de los fenómenos físicos, debemos ampliar la definición de fuerza añadiendo, a lo ya expuesto, que ES LA CAUSA CAPAZ DE PROVOCAR ACELERACIONES POSITIVAS O NEGATIVAS EN LOS CUERPOS.

Ejemplos:

- **Aceleración positiva.** Un ciclista, al aplicar con sus pies la fuerza necesaria sobre los pedales, origina una aceleración al conjunto ciclista – bicicleta.
- **Aceleración negativa.** Al poner en funcionamiento los mecanismos de frenos de un vehículo, la fuerza desarrollada por las zapatas y pastillas sobre los tambores y discos de las ruedas, provoca una aceleración negativa o desaceleración del vehículo.

Tanto los efectos de deformaciones o aceleraciones, pueden realizarse por contacto directo del agente productor con el cuerpo, o transmitidas a distancia como sucede en los llamados campos de fuerzas.

Ejemplos:

- **De contacto directo.** Fuerza necesaria para comprimir un muelle.
- **De transmisión a distancia.** Fuerza de atracción de la Tierra sobre los cuerpos, llamada fuerza de gravedad.

No olvidemos que, la noción de peso, representa la fuerza con que un cuerpo es atraído por la acción de la gravedad.

### 3.2.1 CLASIFICACIÓN DE LAS FUERZAS

Se puede establecer dos grandes grupos de clasificación de fuerzas.

### 3.2.2 FUERZAS MOTORAS:

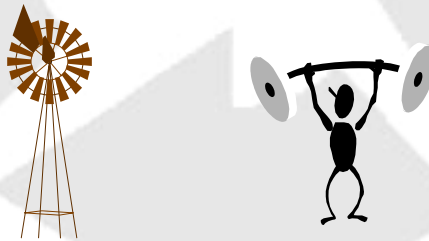


Fig. 3.10 Fuerzas motoras.

Son las que tienden a producir movimientos.

Ejemplos:

- **Fuerza del viento,** empujando un barco velero.
- **Fuerza hidráulica,** empleada en una rueda hidráulica.
- **Expansión del vapor.**
- **Fuerza muscular.**

### 3.2.3 FUERZAS RESISTENTES



Fig. 3.11 Fuerzas resistentes.

Opuestas a las anteriores, ya que tienden a impedir el movimiento.

Ejemplos:

- Fuerzas de rozamiento en general.
- Resistencia del viento, al avance de un vehículo.
- Resistencia del agua, al avance de una nave.

### 3.2.4 PRINCIPIO DE LA INERCIA

**Primeramente recordaremos que, INERCIA, ES LA PROPIEDAD DE LA MATERIA QUE HACE QUE LOS CUERPOS NO PUEDAN MODIFICAR, POR SÍ MISMOS, SU ESTADO DE REPOSO O DE MOVIMIENTO UNIFORME.**

**Es decir, los cuerpos oponen una resistencia a modificar su estado de reposo o de movimiento; siendo necesaria la aplicación de una fuerza, capaz de vencer dicha resistencia, cuando se desea modificar el estado mencionado.**

Ejemplos:

- Un balón, colocado en el centro del campo, necesita de una fuerza para ser puesto en movimiento.
- El mismo balón, una vez lanzado, necesita la aplicación de una fuerza para que lo detenga o lo desvíe de su trayectoria inicial.

**El principio de inercia, basado en hechos puramente experimentales, se define de la forma siguiente, UN CUERPO EN REPOSO, NO SOMETIDO A LA ACCIÓN DE NINGUNA FUERZA, SIGUE EN REPOSO. UN CUERPO EN MOVIMIENTO, NO SOMETIDO A LA ACCIÓN DE NINGUNA FUERZA, CONTINÚA EN MOVIMIENTO. Tengamos presente que nos referimos a un movimiento rectilíneo y uniforme.**

**Otra expresión, que complementa la definición del principio de inercia, es como sigue: todo cuerpo, abandonado a sí mismo, posee aceleración nula.**

### 3.3 TRABAJO

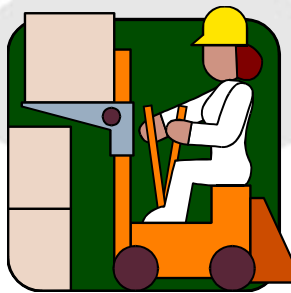


Fig. 3.12 Trabajo de un montacargas.

**Instintivamente, por trabajo, entendemos todo tipo de actividad o esfuerzo humano. ¿Nos conformamos con tal idea? En absoluto, dentro del campo de la Física, no nos vale el concepto así concebido.**

**El mecánico, el electricista, el proyectista, etc., tienen un sentido más concreto de la palabra “trabajo”; les representa algo más. Saben que, para que exista trabajo, se necesita la acción de una fuerza y, al mismo tiempo, que ésta provoque un desplazamiento del cuerpo, o de los componentes del mismo, sobre el cual actúa.**

Ejemplos:

- En un circuito eléctrico se puede disponer de una fuerza electromotriz pero, si el interruptor está abierto, no existe desplazamiento de electrones, lo que motiva que no se produzca un trabajo en cualquiera de los receptores acoplados.

Nos explicaremos en los términos siguientes, TRABAJO ES EL PRODUCTO DEL VALOR DE UNA FUERZA, APLICADA SOBRE UN CUERPO, POR EL VALOR DEL ESPACIO RECORRIDO POR DICHO CUERPO. Y solamente se produce trabajo cuando se cumple la condición de desplazamiento.

También podemos decir que, se origina trabajo, siempre que una fuerza desplaza su punto de aplicación; o que, trabajo, es el efecto conseguido al ser trasladado un cuerpo por la acción de una fuerza ejercida sobre el mismo.

Recordemos al científico escribiendo... moviendo el útil de escritura por la acción de la fuerza que, sobre dicho útil, ejerce su mano. Ese sería su trabajo puramente físico.

Inicialmente, el trabajo se obtiene como consecuencia de la presencia de una fuerza, y ésta, a su vez, proviene de la energía. Además, no olvidemos una de las definiciones de la energía..."es la capacidad que posee la materia para poder producir TRABAJO".

Vemos cómo los conceptos de energía, fuerza y trabajo se relacionan. En base a tal relación, y considerando conjuntamente dichos conceptos, podemos reseñar que la palabra trabajo se refiere a la transmisión de energía, transmisión que se produce cuando una fuerza se aplica a un cuerpo, provocando el movimiento del mismo.

El trabajo se representa por la letra W.

### 3.3.1 UNIDADES

El trabajo se mide en las mismas unidades que la energía: el joule, cuyo símbolo es J.

### 3.4 POTENCIA



Fig. 3.13 Rapidez del trabajo.

El concepto de potencia se emplea en todo sistema, elemento mecánico o eléctrico, etc., en el que se produce una transformación de energía.

En muchos proyectos es la potencia, más que el trabajo, lo que determina la magnitud de una instalación.

Cualquier dispositivo puede facilitar gran cantidad de trabajo, funcionando a poca potencia durante largos períodos de tiempo, es decir, produciendo trabajo lentamente. Sin embargo, efectuar mucho trabajo en poco tiempo, exige un mecanismo de alta potencia. El motor que intervenga en el equipo de elevación de una grúa, ha de ser más potente si debe levantar la carga (peso) deprisa que cuando lo haga despacio.

Consideramos que una persona posee mucha potencia cuando, para hacer un trabajo, desarrolla una gran fuerza, una gran rapidez o ambas cosas a la vez.

Podemos establecer que, POTENCIA, ES LA CUALIDAD QUE DETERMINA LA MAYOR O MENOR RAPIDEZ EN REALIZAR UN TABAJO. En definitiva, la velocidad de obtención de un trabajo.

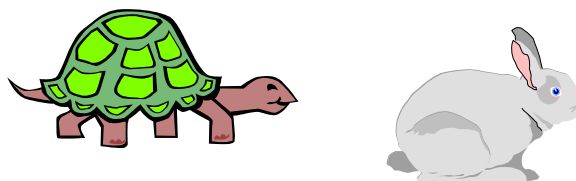


Fig. 3.14 La potencia en función de la rapidez.

El hecho de hablar de rapidez y velocidad, nos obliga a utilizar un nuevo concepto, al que no nos atrevemos a llamar magnitud, del cual no podemos prescindir, es el de tiempo, entendiendo por tal la duración de cada uno de los diversos fenómenos físicos, que nos ocupan. La unidad utilizada para “medirlo” es el segundo (representado por  $s$ ), equivalente a  $1 / 86\,400$  parte del día solar medio.

Ahora ya podemos decir que, la potencia de una máquina, será tanto mayor cuanto más trabajo produzca en el menor tiempo posible. Deducimos una definición más que expresamos diciendo, POTENCIA ES LA CANTIDAD DE ENERGÍA ABSORBIDA O DE TRABAJO REALIZADO EN LA UNIDAD DE TIEMPO.

La potencia de una máquina, se determina por la cantidad de energía que absorbe, o proporciona, en la unidad de tiempo. La representamos por la letra  $P$ .

3.4.1 FÓRMULAS:

- $P = W / T$  ..... (1)
- $U = W / Q$  ..... (2) (vea el punto 1.2.2. de la primera unidad).
- Despejando de (2):  
 $W = U \cdot Q$  ..... (3)
- Reemplazando (3) en (1):  
 $P = U \cdot Q / T$  ..... (4)
- Pero:  
 $I = Q / T$  ..... (5) (vea el punto 1.3.1. de la primera unidad).
- Sustituyendo (5) en (4):  
 $P = U \cdot I$  ..... (6)
- Además:  
 $U = I \cdot R$  ..... (7) Ley de Ohm.
- Reemplazando (7) en (6):  
 $P = I^2 \cdot R$  ..... (8) Efecto de Joule.
- Si:  
 $I = U / R$  ..... (9) Ley de Ohm.
- Reemplazamos (9) en (6):  
 $P = U^2 / R$  ..... (9)

Donde:

- P = potencia.
- U = tensión.
- I = corriente.
- W = trabajo.
- Q = carga.
- t = tiempo.
- R = resistencia.

Finalmente podemos simplificar todo lo anterior a:

$$P = U \cdot I = I^2 \cdot R = U^2 / R$$

### 3.4.2 UNIDADES

La unidad de la potencia es el **Watt** o vatio, cuyo símbolo es **W**, sin embargo, es frecuente utilizar el múltiplo: **kW** (kilovatio).

Otras unidades utilizadas son: el HP (Horse Power: caballo de fuerza) y el CV (Caballos de Vapor).

Conversión:

- 1 KW = 1 000 W
- 1 HP = 746 W
- 1CV = 736 W

Ejemplo: Convertir 5 HP a W.

Solución:

1 HP	<u>equivale a</u>	746 W
5 HP	<u>equivale a</u>	x

$$x = 746 \times 5 / 1 = 3\,730 \text{ W}$$

$$x = 3\,730 \text{ W (respuesta).}$$

Ejemplo: Convertir 25 HP a kW.

Solución:

1 HP	<u>equivale a</u>	746 W
25 HP	<u>equivale a</u>	x

$$x = 746 \times 25 / 1 = 18\,650 \text{ W}$$

1 kW	<u>equivale a</u>	1 000 W
y	<u>equivale a</u>	18 650 W

$$y = 1 \times 18\,650 / 1\,000 = 18,65 \text{ kW}$$

$$y = 18,65 \text{ kW (respuesta).}$$

Órdenes de magnitud:

Radio portátil	5 W
TV a color	100 W
Lámpara fluorescente	40 W
Lámpara incandescente	100 W
Plancha	1 000 W
Secadora de ropa	1 300 W
Central hidroeléctrica	120 000 kW = 120 MW

### 3.4.3 INSTRUMENTO PARA MEDIR POTENCIA ELÉCTRICA

El instrumento que mide potencia es el **vatímetro**. Se le simboliza así:

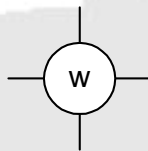


Fig. 3.15 Símbolo del vatímetro.

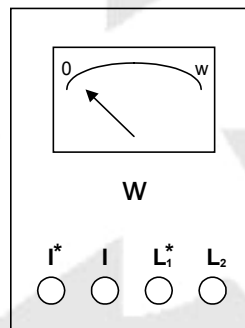


Fig. 3.15 Vista de un vatímetro de laboratorio.

Para medir la potencia de una carga, por ejemplo, se realiza la siguiente conexión: (vatímetro de laboratorio).

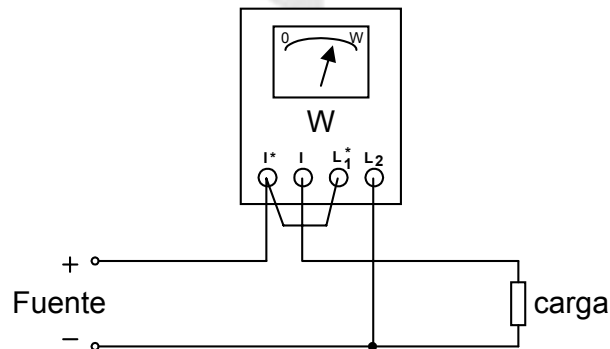


Fig. 3.16 Conexión del vatímetro.

Donde:  
 $I^*$ ,  $I$  son los bornes del circuito de corriente.  
 $L_1^*$ ,  $L_2$  son los bornes del circuito de tensión.

El esquema eléctrico será:

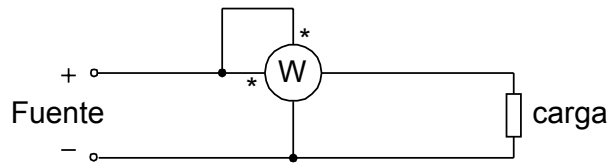


Fig. 3.17 Esquema eléctrico (conexión del vatímetro).

Los asteriscos en el circuito anterior nos indican los lugares por donde ingresa la corriente, ya sea por el circuito de corriente (horizontal) y por el circuito de tensión (vertical). Para que funcione el vatímetro es necesario que los dos circuitos reciban corriente, en caso contrario, el vatímetro no medirá potencia.

Cuando desea medir la potencia de una carga en un circuito DC puede utilizarse, también, un método indirecto. Veamos,

Sabemos que  $P = U \times I$ ; si no se dispone de un vatímetro, se puede utilizar un voltímetro y un amperímetro para medir tensión (U) y corriente (I), respectivamente.

El circuito será:



Fig. 3.18 Medición indirecta (con voltímetro y amperímetro).

El producto de las lecturas de los instrumentos será la potencia que consume la carga.

**Otra forma de medir indirectamente la potencia de una carga es con la utilización de un contador de energía:**

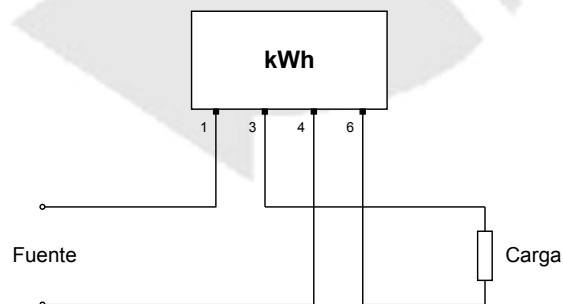


Fig. 3.19 Medición indirecta (con un contador de energía)

**El cálculo de la potencia se hace utilizando la siguiente fórmula:**

$$P = \frac{n \times 3\,600}{t \times C_z}$$

Donde:

Número de revoluciones que gira el disco (rev)

## Fundamentos de Electrotecnia

Tiempo que tarda en girar el disco	(s)
Constante del medidor	(rev / kWh) o (1 / kWh)
Potencia de la carga	(kW)

Procedimiento:

- Efectuar la conexión mostrada en la figura 3.19.
- Utilizando un reloj con segundero, medir el tiempo (t) que tarda el disco del contador en dar un cierto número de vueltas (n).
- Anotar la constante del contador (Cz) que aparece en los datos de placa de dicho contador.
- Aplicar la fórmula arriba mostrada, recordando las unidades con las que se trabaja.

### 3.4.4 DIAGRAMAS DE CARGA

Empleamos los términos de energía eléctrica suministrada... solicitada... demandada... consumida... etc., sinónimos, todos ellos, por supuesto, del trabajo producido en una central eléctrica. En adelante, hemos de matizar los conceptos, para no caer en "errores de peso".

Mantenemos el criterio de que, en una central eléctrica, se produce trabajo o energía eléctrica. Ahora bien, el concepto de energía está íntimamente relacionado con los factores tiempo y potencia. De este planteamiento deducimos que, la potencia, es la energía proporcionada durante la unidad de tiempo (un segundo).

Pues bien, interpretaremos por potencia o carga de una central, la potencia que ésta suministra o le es solicitada en un instante dado. Por energía producida, designamos al cúmulo de potencia aportada al sistema de consumo durante un determinado número de unidades de tiempo. Así podremos calcular la energía suministrada por una instalación en una hora, un día, un mes, un año, etc.

Si delimitamos una zona de utilización de la energía eléctrica, como puede ser un sector industrial, una ciudad, una provincia, una nación, y hacemos un análisis del consumo de energía para un período definido de tiempo, por ejemplo un día, observaremos que no permanece constante, estando supeditado a fuertes oscilaciones. Tal consumo dependerá, en cada instante, del número y potencia de los receptores conectados a la red eléctrica, llegando a influir en ello hasta las sucesivas estaciones del año.

En un sistema de coordenadas (fig. 3.20), representamos en abscisas intervalos de tiempo, horas por ejemplo, y en ordenadas las sucesivas potencias o cargas solicitadas a una instalación. Obtenemos un diagrama de cargas, en el que, la superficie rayada, indica la totalidad de la energía suministrada en el período de tiempo marcado.

En el diagrama, observamos una potencia máxima y otra mínima, así como un valor de potencia media. Esta última, se calcula dividiendo el valor total de la energía suministrada en el período de tiempo marcado. A la potencia máxima se le conoce, también, como potencia pico y al intervalo de tiempo en que se consume esta gran potencia se le conoce como las horas pico.

Para una instalación concreta, podemos diseñar diagramas de cargas diarios, mensuales, anuales, etc.

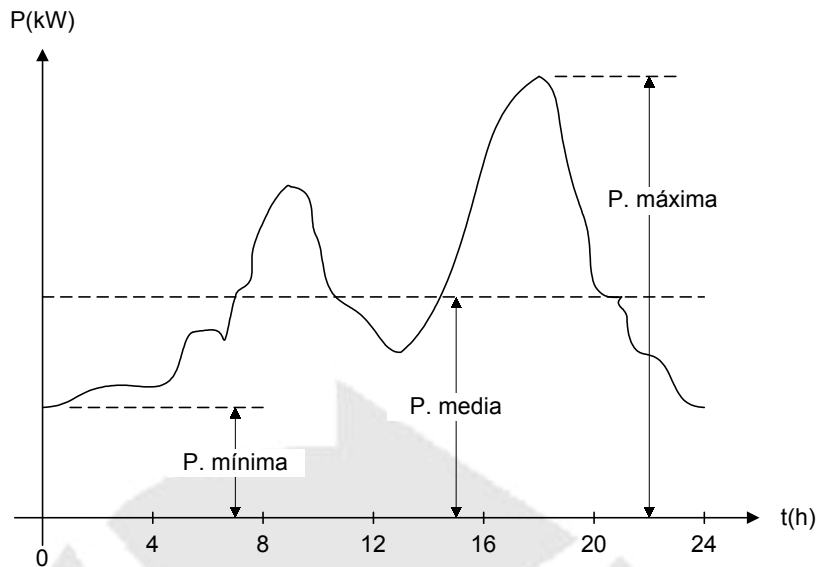


Fig. 3.20 Diagrama de cargas.

### 3.5 EFICIENCIA

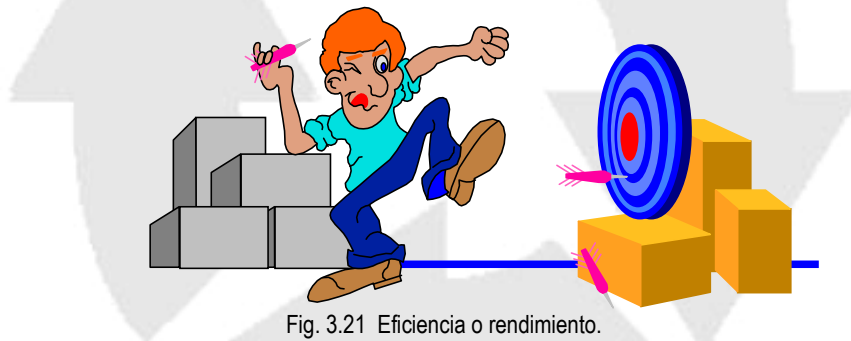


Fig. 3.21 Eficiencia o rendimiento.

La palabra eficiencia, está íntimamente relacionada con aprovechamiento, productividad, etc. El técnico, al referirse a la eficiencia, siempre pensará en una relación, para ser más exactos, en una razón, estableciendo la misma con dos términos o magnitudes físicas de igual naturaleza. De estos dos términos, el primero refleja el valor de lo obtenido realmente al desarrollar una determinada acción y, el segundo, totaliza el valor de todo lo empleado para llevarla a cabo.

El resultado final será considerado como la eficiencia, bien de una sencilla máquina o de un complejo sistema de producción, que podrá ser catalogado de excelente, bueno, regular, etc. La eficiencia la podemos expresar en base a los tres conceptos estudiados; energía, trabajo y potencia, relacionando cada uno de ellos individualmente y con idénticas unidades para cada caso concreto.

En todas las circunstancias, los valores de eficiencia, siempre inferiores a la unidad (0,99; 0,9; 0,85; etc.), suelen expresarse también en tanto por ciento (%. Así, en una máquina cuyo valor abstracto de su rendimiento es de 0,77, nos indica que dicha máquina tiene un rendimiento del 77%. Usamos la expresión “abstracto”, porque la eficiencia no se identifica con ninguna unidad.

La letra griega  $\eta$ (eta), nos sirve para representar la eficiencia.

#### 3.5.1 LA EFICIENCIA EN FUNCIÓN DE LA ENERGÍA, EL TRABAJO Y LA POTENCIA

## Fundamentos de Electrotecnia

Como ya hemos indicado anteriormente, en toda transformación de energía, la cantidad obtenida, que llamaremos energía útil, es siempre inferior a la cantidad inicial, absorbida por la máquina o sistema, que denominaremos energía total. Todo ello, es debido a la dispersión o pérdida de energía ocasionada durante la transformación, normalmente, en forma de calor que, a partir de ahora, vamos a conocer como energía perdida.

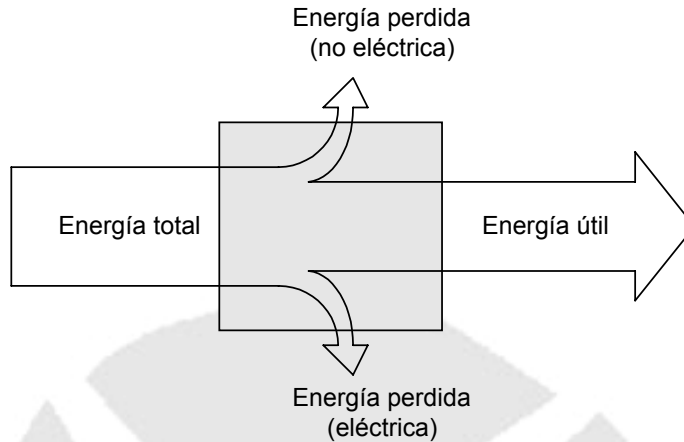


Fig. 3.22 Eficiencia en función de la energía.

Deducimos que: energía total = energía útil + energía perdida

Hemos hablado de una razón y del nombre que recibe:

$$\text{Rendimiento } (\eta) = \frac{\text{Energía útil}}{\text{Energía total}}$$

Pero tenemos: energía útil = energía total - energía perdida

$$\text{Rendimiento } (\eta) = 1 - \frac{\text{Energía perdida}}{\text{Energía total}}$$

Simplificando:

$$\text{Rendimiento } (\eta) = \frac{\text{Energía total} - \text{Energía perdida}}{\text{Energía total}}$$

¿A qué conclusión hemos llegado?

La eficiencia siempre vendrá identificada por un valor que será inferior a uno ( $\eta < 1$ ) y, solamente podría obtenerse este valor, en el caso hipotético de que no existiese ninguna pérdida de energía, situación totalmente improbable.

Un ejemplo que casi puede llegar a representar la excepción, en que el valor del rendimiento es prácticamente 1, es la transformación, en un radiador eléctrico, de la energía eléctrica en calorífica. El desgaste de material, evidencia la pérdida de energía. Vea la figura 3.4.

### Fundamentos de Electrotecnia

No ocurrirá lo mismo si consideramos la calefacción central, utilizando carbón, gas-oil, etc., por las pérdidas caloríficas en los gases de la combustión, conducciones, etc.

La energía térmica es la que se transforma con menor rendimiento en otro tipo de energía. Por el contrario, en la transformación de la energía eléctrica en otras formas de energía, es como se obtienen rendimientos más elevados.

Análogas conclusiones, podemos sacar, refiriéndonos al trabajo y a la potencia. Nos limitaremos a exponer los planteamientos iniciales y finales para cada concepto.

En el caso del trabajo tenemos:

$$\text{Rendimiento } (\eta) = \frac{\text{Trabajo útil}}{\text{Trabajo total}} = 1 - \frac{\text{Trabajo perdido}}{\text{Trabajo total}}$$

El trabajo perdido, resulta como consecuencia de rozamientos, malformación de elementos constructivos, calentamientos, etc.

Para la potencia:

$$\text{Rendimiento } (\eta) = \frac{\text{Potencia útil}}{\text{Potencia total}} = 1 - \frac{\text{Potencia perdida}}{\text{Potencia total}}$$

Para todas las fórmulas, multiplicando  $\eta$  por 100, obtenemos el rendimiento expresado en tanto por ciento.

#### 3.5.2 ÓRDENES DE MAGNITUD

Ejemplos de eficiencias	
Consumidor	Eficiencia
<b>Motor de corriente trifásica 1 kW.</b>	<b>0,80</b>
<b>Motor de corriente alterna 100 W.</b>	<b>0,50</b>
<b>Transformador 1 kVA.</b>	<b>0,90</b>
<b>Calentador 100 W.</b>	<b>0,95</b>
<b>Lámpara incandescente 40 W.</b>	<b>0,015</b>

3.5.3 PRODUCCIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

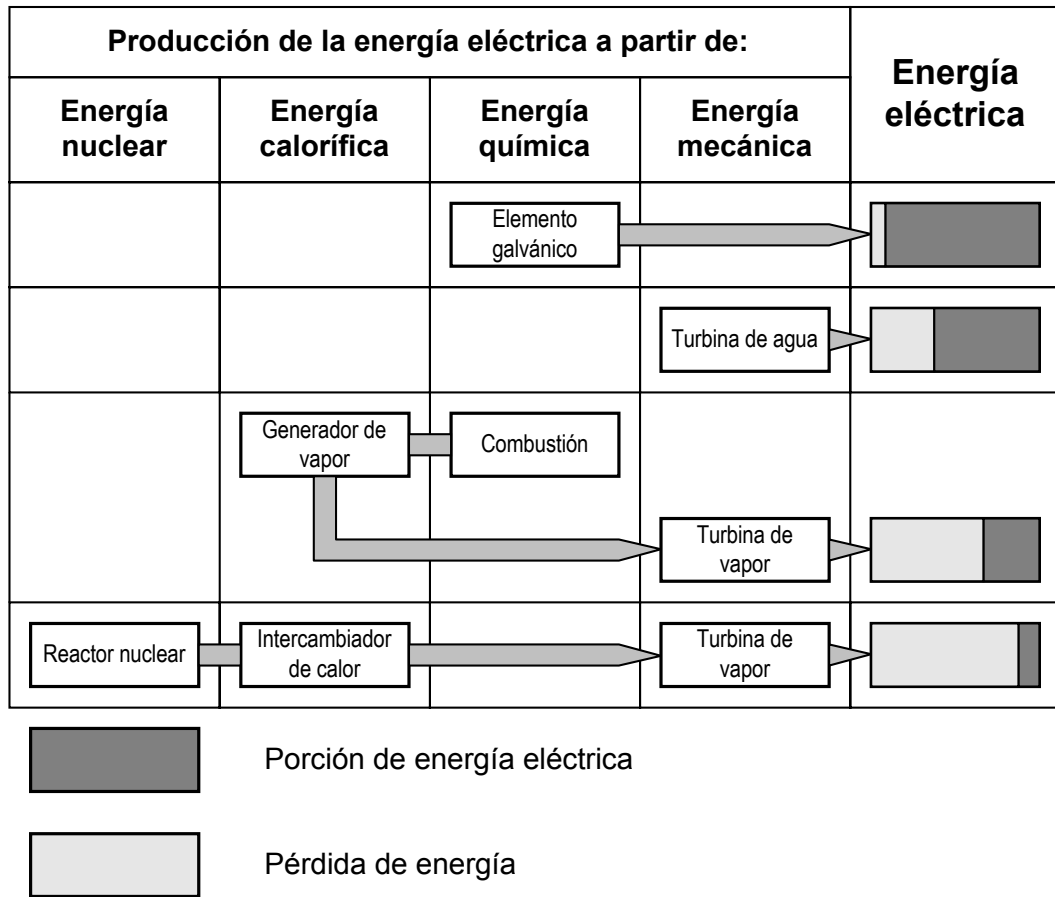


Fig. 3.23 Producción de energía eléctrica.

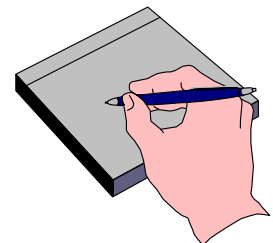
3.6 RESUMEN

1. El origen de la energía reside en la realización de un trabajo.
2. La energía ni se crea ni se destruye, sólo se transforma.
3. Se realiza un trabajo mecánico siempre que una fuerza actúe sobre un cuerpo a lo largo de un determinado camino.
4. Energía es la capacidad de un cuerpo o un sistema para realizar un trabajo.
5. Energía eléctrica es igual a tensión por carga.
6. La potencia es tanto mayor cuanto menor es el tiempo en que se realiza un trabajo.
7. La potencia es tanto mayor cuanto mayor es el trabajo realizado y menor el tiempo necesario para ello.
8. Cuando la tensión es constante, la intensidad es directamente proporcional a la potencia.
9. La potencia en una carga sometida a tensión constante es inversamente proporcional a la resistencia.
10. La potencia eléctrica es proporcional al cuadrado de la tensión aplicada e inversamente proporcional a la resistencia. Cuanto menor sea la resistencia de la carga tanto mayor será su consumo de potencia.
11. Toda máquina que transforme energía consume más de la que suministra.
12. El rendimiento o eficiencia indica qué parte de la potencia consumida (total) se transforma en potencia útil.
13. 1 Watt es la potencia de una corriente de 1 A con una tensión de 1 V. Su símbolo es W.
14. La potencia nominal indica la potencia que un dispositivo puede soportar en las condiciones de servicio establecidas.
15. La zona o circuito de corriente de un vatímetro se conecta como un amperímetro, la zona o circuito de tensión, como un voltímetro.
16. La potencia que una máquina pueda proporcionar se halla inscrita, como potencia nominal, en el rótulo indicador de potencia (dato de placa).

	Magnitud / símbolo	Unidad / símbolo	Medición	
1	Energía	E	Joule (J) o (kWh)	Contador
2	Trabajo	W	Joule (J)	-
3	Fuerza	F	Newton (N)	-
4	Potencia	P	Watt (W)	Vatímetro
5	Eficiencia	$\eta$	Adimensional	-

3.7 PRUEBA DE AUTOCOMPROBACIÓN:

1. Una plancha eléctrica de 800 W se conecta a la red de 220 V. ¿Cuánta corriente consume?
2. ¿Cuántos bornes (o contactos) tienen los vatímetros?
3. ¿Qué es lo que indica la constante de un contador de energía?
4. Un motor consume 5 kW de potencia eléctrica y produce 4 kW de potencia mecánica. ¿Cuál es su eficiencia?
5. ¿A cuántos vatios equivale 1 HP?



## Fundamentos de Electrotecnia

6. El disco de un contador de energía gira 72 revoluciones en 6 minutos. La constante del contador es  $C_z = 360$  1/kWh.  
¿Cuánto vale la potencia consumida?
7. ¿Por qué la eficiencia de una máquina no puede ser mayor a 1 (100%)?
8. Se desea medir la potencia de una carga con un vatímetro. Conectamos el circuito de corriente del vatímetro, pero “olvidamos” conectar el circuito de tensión. ¿Qué ocurre con la carga y qué ocurre con el vatímetro?
9. ¿Qué entiende por “horas pico”?
10. ¿Con qué instrumentos se puede determinar indirectamente la potencia de una carga?

### 3.8 RESPUESTAS A LA PRUEBA DE AUTOCOMPROBACIÓN:

1. 3,64 A.
2. Cuatro.
3. El número de vueltas que gira el disco del contador para registrar el consumo de 1 kWh.
4. 80%.
5. 746 W.
6. 2 kW.
7. Porque cualquier máquina “pierde” energía al funcionar, generalmente en forma de calor, por lo tanto, la potencia útil siempre será menor que la potencia total.
8. La carga opera satisfactoriamente, pero el vatímetro no indica nada, ya que para funcionar requiere que ambos circuitos estén conectados.
9. Es el intervalo de tiempo, en un diagrama de carga, donde se consume la máxima potencia.
10. Con un voltímetro y un amperímetro (respuesta 1). También se puede determinar con un contador de energía (respuesta 2).



## 2.12 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.

## 2.13 RESPUESTAS A LA PRUEBA DE AUTOCOMPROBACIÓN

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