

UD: 3. ENERGÍA Y POTENCIA ELÉCTRICA.

La energía es definida como la capacidad de realizar trabajo y relacionada con el calor (transferencia de energía), se percibe fundamentalmente en forma de energía cinética, asociada al movimiento, y potencial, que depende sólo de la posición o el estado del sistema involucrado.

Energía cinética: El trabajo realizado por fuerzas que ejercen su acción sobre un cuerpo o sistema en movimiento se expresa como la variación de una cantidad llamada **energía cinética**, cuya fórmula viene dada por:

$$E_c = (1/2) m v^2$$

El producto de la masa m de una partícula por el cuadrado de la velocidad v se denomina también **fuerza viva**, por lo que la expresión anterior se conoce como **teorema de la energía cinética** o de las Fuerzas Vivas.

Energía potencial gravitatoria: Todo cuerpo sometido a la acción de un **campo gravitatorio** posee una **energía potencial gravitatoria**, que depende sólo de la posición del cuerpo y que puede transformarse fácilmente en energía cinética.

Un ejemplo clásico de energía potencial gravitatoria es un cuerpo situado a una cierta altura h sobre la superficie terrestre. El valor de la energía potencial gravitatoria vendría entonces dado por:

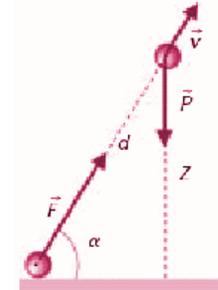
$$E_p = m g h$$

siendo m la masa del cuerpo y g la aceleración de la **gravedad**.

Si se deja caer el cuerpo, adquiere velocidad y, con ello, energía cinética, al tiempo que va perdiendo altura y su energía potencial gravitatoria disminuye.

Energía mecánica: En los procesos físicos, la energía suele almacenarse en los cuerpos en forma combinada de tipo cinético y potencial. Esta suma de energías se denomina **energía mecánica**, y se escribe genéricamente como:

$$E = E_c + E_p = \frac{1}{2} m v^2 + m g h$$



Fuerzas que intervienen en un cuerpo lanzado hacia arriba: una genera movimiento (energía cinética) y la otra, el peso, va acumulando energía potencial gravitatoria hasta el punto más elevado de la trayectoria.

Conservación de la energía mecánica: Uno de los principios básicos de la física sostiene que la energía no se crea ni se destruye, sino que sólo se transforma de unos estados a otros. Este principio se extiende también a la energía mecánica. Así, en un sistema aislado, la suma de energías cinética y potencial entre dos instantes de tiempo se mantiene constante.

$$\frac{1}{2} m v_1^2 + m g h_1 = \frac{1}{2} m v_2^2 + m g h_2$$

De este modo, la energía cinética se transforma en potencial, y a la inversa, pero la suma de ambas siempre se conserva.

En un **conductor eléctrico** los *electrones* se mueven a velocidad constante. La energía potencial que van perdiendo los electrones al moverse por un conductor se transforma íntegramente en *calor al chocar éstos con los iones* que constituyen el conductor. El calor que desprende este conductor es la manifestación externa de que en su interior están vibrando con mayor amplitud los iones.

3.1. Expresión de la energía y de la potencia de la corriente eléctrica.

Si consideramos a la fuerza electromotriz (**fem**) y a la diferencia de potencial (tension) (**ddp**), respectivamente, como una causa y su efecto, podemos decir que un generador posee una fem(**causa**) si a circuito abierto da lugar a una ddp (**efecto**) entre sus terminales.

Por ejemplo entre dos electrodos de una pila, aparece una ddp porque existe en ella una fem que la produce.

$$fem = \frac{\text{Energía _ que _ produce}}{\text{Cantidad _ de _ electricidad _ que _ circula}} \quad \Rightarrow \quad E = \frac{T}{q}$$

En un generador de corriente eléctrica se define **fem** como el cociente entre la energía que produce **T** o trabajo y la cantidad de electricidad que por él circula **q**.

Si despejamos T obtenemos que:

$$T = E \cdot q$$

Teniendo en cuenta que la cantidad de electricidad es $Q = I \cdot t$ al sustituirla en la ecuación:

$$T = E \cdot I \cdot t$$

Si dividimos esta expresión entre el tiempo t resulta que obtenemos la potencia producida por el generador:

$$P = \frac{T}{t} = E \cdot I \quad \text{Se mide en } \frac{J}{s} = W$$

Si por U entendemos la tensión entre los terminales del generador, la energía cedida por éste será:

$$T = U \cdot q = U \cdot I \cdot t$$

de donde, dividiendo entre t tendremos la potencia cedida por el generador:

$$P = \frac{T}{t} = U \cdot I$$

3.5. Medida de la potencia eléctrica.

Como hemos visto anteriormente de potencia eléctrica es el vatio (w). Si nos preguntan qué lámpara lucirá más, una de 60w o una de 40w, la respuesta sería muy clara, la de 60w que es la que más consume.

Como hemos visto anteriormente el trabajo se produce gracias a la energía. Trabajo y energía son dos conceptos que dicen lo mismo.

$$\text{Potencia} = \frac{\text{Trabajo}}{\text{Tiempo}} \quad P = \frac{T}{t} \quad \text{Potencia} = \frac{\text{Energía}}{\text{Tiempo}}$$

P = Potencia en vatios (**w**)

T = Trabajo o Energía en julios (**J**)

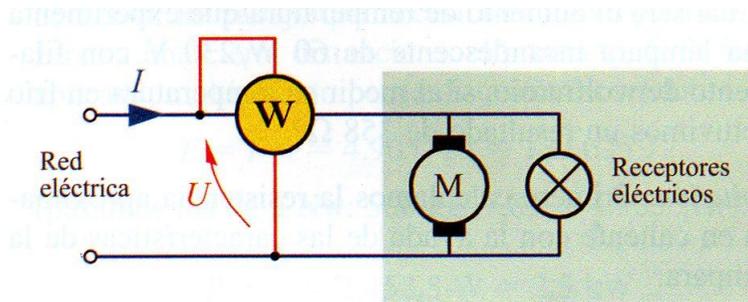
t = Tiempo en segundos (**s**)

La fuerza con que mueve un objeto es similar a la tensión que impulsa a moverse los electrones por un circuito eléctrico. Por otro lado, la velocidad con que se mueve un objeto se puede comparar con la cantidad de electrones que fluyen en un circuito eléctrico en la unidad de tiempo, es decir la intensidad de la corriente eléctrica.

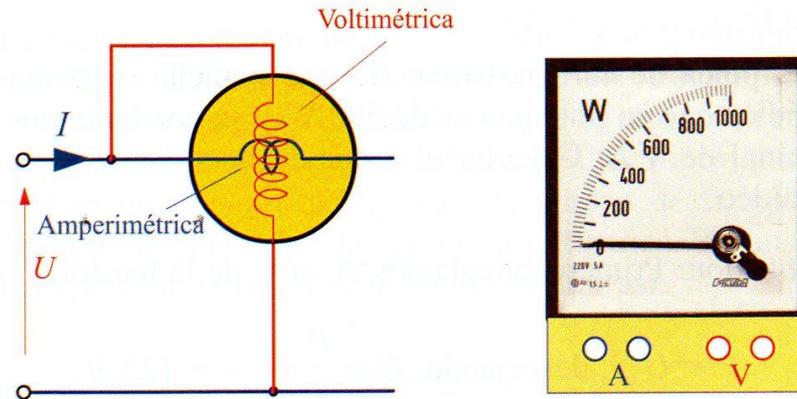
$$P = U \cdot I$$

El aparato que mide la potencia eléctrica es el vatímetro.

En realidad, el vatímetro mide por separado la tensión y la intensidad de la corriente, para después realizar la operación $P = U \cdot I$



Este aparato consta de dos bobinas, una amperimétrica y otra voltímetrica. La bobina amperimétrica posee unas características similares a la de un amperímetro: tiene una resistencia muy baja y se conecta en serie. La bobina voltímetrica posee las mismas características que las de un voltímetro: tiene una resistencia muy alta y se conecta en paralelo.



3.6. Medida de la energía eléctrica.

De la expresión que relaciona la energía con la potencia se deduce que la energía es el producto de la potencia por el tiempo. El cálculo de la energía eléctrica consumida por un receptor es muy interesante, especialmente para los consumidores, ya que sobre él se establecen los costos que facturan las compañías eléctricas.

$$P = \frac{T}{t} \quad \text{despejando} \quad T = P \cdot t$$

La potencia es medida en W * s = Julios y si es medida en Kw * h = Kilovatios *hora

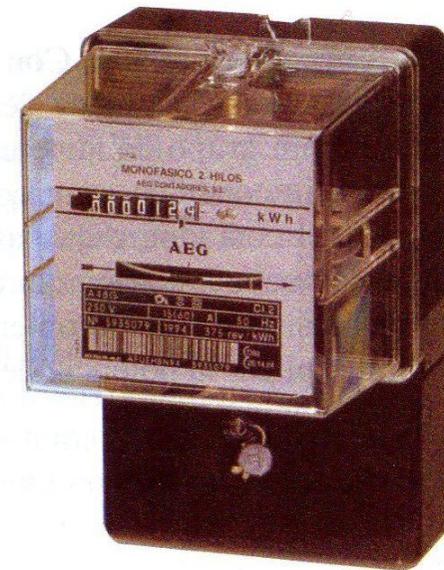
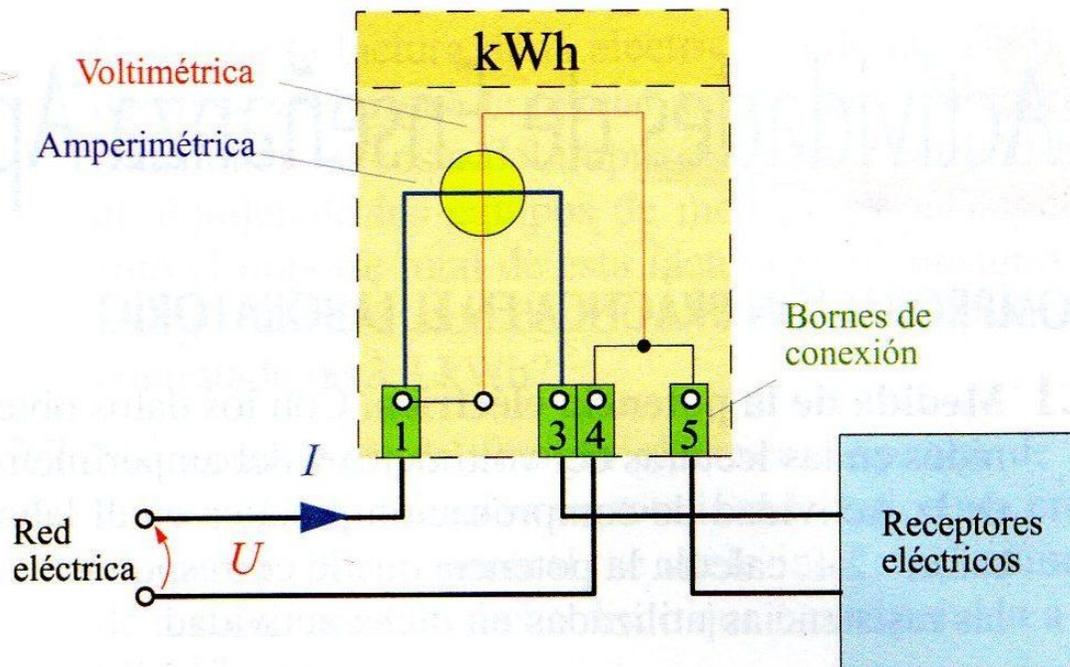
$$1 \text{ julio (J)} = 2,778 \times 10^{-7} \text{ kilowatio hora (kW.h)}$$

$$1 \text{ kilowatio hora (kW.h)} = 3,6 \times 10^6 \text{ julios (J)}$$

Como la unidad de medida del Julio es muy pequeña se suele utilizar el Kwh

El aparato que mide la energía eléctrica consumida es el contador y, como todos bien sabemos, es el que nos dice lo que debemos pagar a la compañía eléctrica.

El contador se conecta exactamente igual que un vatímetro, y nos da la lectura de la energía consumida, gracias a que integra el producto de la potencia por el tiempo.



El contador de energía que más se utiliza hasta ahora es el de inducción, que realiza la medida gracias a un sistema motorizado, que obliga a girar un disco. La velocidad de dicho disco depende del producto de la tensión por la intensidad, es decir, de la potencia. Existe un sistema que cuenta el número de vueltas y presenta una lectura directa de los kWh consumidos.

3.2. Efecto térmico de la corriente eléctrica. Efecto Joule.

Como hemos visto anteriormente al circular la corriente eléctrica por un conductor, éste se calienta.

Este fenómeno, es conocido con efecto Joule y se enuncia:

Toda energía eléctrica absorbida por un conductor homogéneo en el que no existen f.e.m.s y que está recorrido por una corriente eléctrica, se transforma íntegramente en calor.

$$T = U \cdot I \cdot t \quad \text{Sustituyendo} \quad U = R \cdot I \quad \text{quedaría: } T = R \cdot I \cdot I \cdot t = R \cdot I^2 \cdot t$$

o bien,

$$T = U \cdot I \cdot t \quad \text{Sustituyendo} \quad I = \frac{U}{R} \quad \text{quedaría: } T = \frac{U^2}{R} t$$

Ambas expresadas en julios como producto de vatios por segundo.

La potencia correspondiente se obtiene al dividir entre el tiempo ambas expresiones:

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

$$P = \frac{U^2}{R}$$

3.2.1. Calentamiento de un conductor por efecto Joule: temperatura de equilibrio.

Sabiendo que 1 Julio equivale a 0,24 calorías, si multiplicamos la expresión:
 $T = R \cdot I^2 \cdot t$ en julios, por 0,24 obtendremos:

$$Q = 0,24R \cdot I^2 \cdot t$$

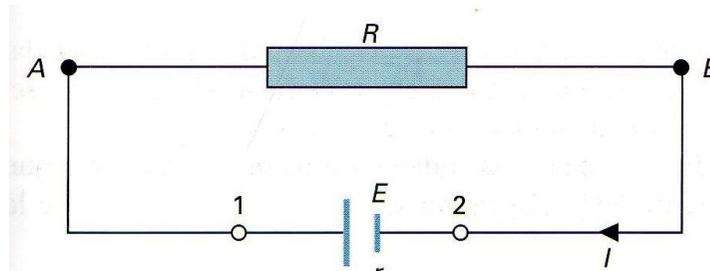
expresada en calorías.

Este calor aumentará la temperatura del conductor hasta que la cantidad de calor que se produzca en él sea igual a la que pierda por **conducción**, por **convección** o por **radiación**.

3.3. Potencia, energía y rendimiento de un generador.

En el siguiente circuito E representa la fem del generador, U la tensión en bornes, I la intensidad de corriente y r su resistencia interior, la ecuación en tensiones de dicho circuito viene dada por la siguiente expresión:

$$E_{12} = U + r \cdot I$$



$$r \cdot I$$

En la que $U = R \cdot I$, siendo R el valor de la resistencia exterior del circuito y el producto la caída de tensión en el interior del generador.

Si en la ecuación anterior expresada en voltios se multiplican ambos miembros por I se obtiene la **ecuación de potencia**.

$$E \cdot I = U \cdot I + r \cdot I^2$$

en la que:

$$E \cdot I = \text{Potencia total del generador, } P_T(W)$$

$$U \cdot I = \text{Potencia útil del generador en bornes, } P_U(W)$$

$$r \cdot I^2 = \text{Potencia perdida por el generador, } P_P(W)$$

Para obtener la ecuación de energías basta con multiplicar por t (seg) los miembros de la ecuación anterior, con lo que se obtiene la expresión:

$$E \cdot I \cdot t = U \cdot I \cdot t + r \cdot I^2 \cdot t$$

Donde:

$$E \cdot I \cdot t = \text{Energía producida (J).}$$

$$U \cdot I \cdot t = \text{Energía utilizada (J).}$$

$$r \cdot I^2 \cdot t = \text{Energía perdida (J).}$$

El rendimiento se define como la relación entre la potencia útil y la potencia total:

$$\eta = \frac{P_U}{P_T} = \frac{U \cdot I}{E \cdot I} \longrightarrow \eta = \frac{U}{E}$$

Como $E > U$ resulta que $\eta < 1$; esto es debido a que: $P_T = P_U + P_P$

Despejando P_U tenemos: $P_U = P_T - P_P$

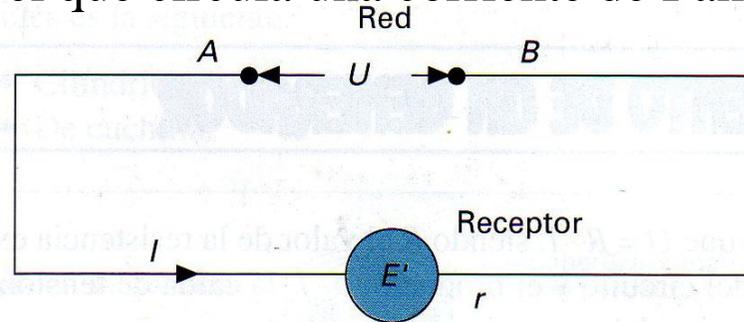
Y sustituyendo su valor en la expresión del rendimiento queda:

$$\eta = \frac{P_U}{P_T} = \frac{P_T - P_P}{P_T} = 1 - \frac{P_P}{P_T}$$

3.4. Potencia, energía y rendimiento de un receptor.

Fuerza contraelectromotriz: Al igual que en un generador teníamos la fuerza electromotriz, en un receptor vamos a tener la fuerza contraelectromotriz (f.c.e.m.), que es una fuerza que se produce en todos los bobinados. Las cargas inductivas como relés, bobinas pueden generar rebotes de corriente muy grandes

En el siguiente circuito se representa un receptor cuya fcm es E' conectado a la red de U voltios con una resistencia interior r , y por el que circula una corriente de I amperios.



La **ecuación de tensiones** del circuito viene dada por:

$$U = E' + r \cdot I$$

Si se multiplican ambos miembros de la ecuación expresada en voltios por el valor de la corriente I se obtiene la **ecuación de potencias**:

$$U \cdot I = E' \cdot I + r \cdot I^2$$

$U \cdot I =$ Potencia absorbida por el receptor de la red, $P_a(W)$

$E' \cdot I =$ Potencia útil, $P_U(W)$

$r \cdot I^2 =$ Potencia perdida, $P_p(W)$

En la **ecuación de energías** se obtendrá multiplicando la ecuación por el tiempo en segundos:

$$U \cdot I \cdot t = E' \cdot I \cdot t + r \cdot I^2 \cdot t$$

Donde:

$U \cdot I \cdot t =$ Energía absorbida por el receptor de la red, (J).

$E' \cdot I \cdot t =$ Energía útil, (J).

$r \cdot I^2 \cdot t =$ Energía perdida (J).

El **rendimiento** del receptor será en este caso:

$$\eta = \frac{P_U}{P_T} = \frac{E' \cdot I}{U \cdot I} = \frac{U - r \cdot I}{U} = 1 - \frac{r \cdot I}{U}$$

Como la tensión en bornes del receptor es mayor que la fcm, el rendimiento será igualmente menos que la unidad.