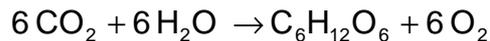


UNIDAD 1. LA ENERGÍA, EL MOTOR DEL MUNDO

1.- INTRODUCCIÓN

La energía es imprescindible. Todos los organismos vivos requieren energía para vivir. Las plantas las obtienen directamente del sol y los animales de los alimentos que ingieren.

La vida vegetal tiene la capacidad de aprovechar la luz del sol mediante la **fotosíntesis**, que es un complejo conjunto de reacciones químicas que, gracias a la luz solar, obtiene materia orgánica a partir de la inorgánica; concretamente, a partir de CO₂ y de agua forma glucosa y se libera oxígeno gaseoso:



El **metabolismo** de los animales herbívoros se basa en la reacción inversa, transforma la biomasa vegetal en combinación con el oxígeno en CO₂ y agua. De este modo, el CO₂ vuelve a la atmósfera para ser transformado de nuevo por los vegetales.

Sin embargo, desde el descubrimiento y uso del fuego, el hombre, como especie, ha usado un plus de energía con respecto al resto de seres vivos que ha ido creciendo a un ritmo acelerado y vertiginoso hasta nuestros días. Al principio utilizó las fuentes más cercanas, biomasa, agua y viento, todas ellas poco agresivas con el medio ambiente; sin embargo, a partir de la Revolución Industrial, el empleo sistemático el carbón y el petróleo, se ha convertido en la base del modelo de producción y consumo actual.

El problema es que cuando el ser humano emplea combustibles fósiles expulsa a la atmósfera grandes masas de CO₂. Igualmente, cuando deforesta los bosques, reduce la capacidad de la biosfera de absorber CO₂ de la atmósfera. Estos dos efectos han aumentado la concentración de CO₂ en la atmósfera contribuyendo a aumentar el llamado **efecto invernadero**.

Recordemos que el efecto invernadero consiste en la retención por parte de los gases de efecto invernadero presentes en la atmósfera (vapor de agua, CO₂, metano, etc) de parte de la radiación infrarroja reflejada por la Tierra hacia el espacio. El efecto invernadero es esencial para el mantenimiento de una temperatura benigna en la Tierra (de no existir, la temperatura media sería de unos - 2º C, lo que haría imposible la existencia de vida tal como la conocemos hoy). Sin embargo, un efecto invernadero excesivo provoca un sensible aumento de la temperatura media, dando lugar a cambios en el clima, fusión de parte de los hielos polares con subida del nivel del mar, alternancias de sequías e inundaciones, desertización, etc.

Aunque algunos supuestos científicos afirman que el cambio climático es un fenómeno natural en el que la intervención del hombre es mínima, hay bastantes más que opinan que la actividad humana es la principal responsable del cambio climático, y que para detenerlo hay que reducir las emisiones de CO₂, sustituyendo paulatinamente los combustibles fósiles por otras fuentes de energía renovables no contaminantes y moderando y racionalizando el consumo energético.

No podemos negar que el uso masivo de la energía por la humanidad le ha permitido crecimiento y prosperidad, pero también la ha enfrentado a graves problemas como la contaminación y el cambio climático. Estos problemas están llevando a plantear nuevas políticas y a cambios en la mentalidad de muchas personas que, quizás, estén alumbrando un nuevo modelo de desarrollo que, a medio o largo plazo, deberá basarse principalmente en las energías renovables y en la eficiencia energética.

2.- ¿QUÉ ES LA ENERGÍA?

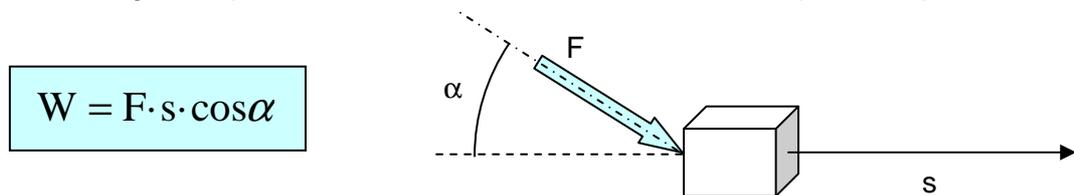
La Física no sabe aún a ciencia cierta qué es la energía, ni dispone aún de una definición exacta de la energía. Conocemos sus manifestaciones: fundamentalmente la realización de **trabajo** (energía vinculada al movimiento producido por las fuerzas) y la transferencia de **calor**. La definición más aproximada sería:

Energía es la capacidad para realizar trabajo o de transferir calor

De todas formas, habitualmente, la Ingeniería no se interesa tanto por la explicación de los fenómenos como por su cálculo y aplicaciones.

Recuerda:

- **Trabajo:** es el producto de la fuerza **F** aplicada a un cuerpo por el espacio recorrido **s** y por el coseno del ángulo α que forman las direcciones de ambos. Se representa por **W**.



En el **SI** (Sistema Internacional de unidades) el trabajo se mide en julios (**J**). Como la fuerza se mide en newton (**N**) y el espacio en metros (**m**), tenemos que: **J = N·m**

- **Potencia:** de un cuerpo o máquina es el cociente entre el trabajo realizado y el tiempo que tarda en realizarlo. Se representa por **P**.

$$P = \frac{W}{t}$$

En el **SI** se mide en vatios (**W**). Como el trabajo se mide en julios (**J**) y el tiempo en segundos (**s**), tenemos que: **W = J/s**

También se utiliza como unidad el caballo de vapor (**CV**), siendo **1 CV ≈ 735 W**

Nota: 1 CV es la potencia necesaria para elevar verticalmente un peso de 75 kgf a 1 m de altura en 1 s.

2.1.- Unidades de energía

La energía se identifica con el trabajo por lo que se miden en las mismas unidades

- **Julio (J):** es la unidad de medida en el SI, la misma que la del trabajo. **J = N·m**
- **Kilográmetro (kgm):** es la unidad en el Sistema Técnico de Unidades. **kgm = kp·m**
Nota: el kilopondio (kp o kgf) es la unidad de fuerza en el Sistema Técnico. **1 kp = 9,8 N**
- **Caloría (cal):** cantidad de calor necesaria para elevar 1° C (entre 14,5°C y 15,5 °C) la temperatura de 1 g de agua destilada a la presión normal de una atmósfera. **1 cal = 4,18 J**
- **Kilovatiohora (kwh):** es el trabajo realizado por una máquina con una potencia de 1 kW durante 1 hora de funcionamiento. **1 kWh = 3,6·10⁶ J**
- **Tonelada equivalente de petróleo (Tep):** la equivalencia: **1 Tep = 11630 kWh = 10¹⁰ cal**

3.- FORMAS DE MANIFESTARSE LA ENERGÍA

3.1. Rendimiento de una transformación energética.

La energía se manifiesta en múltiples formas transformables unas en otras por diversos procesos.

Ahora bien, en toda transformación energética hay una parte de la energía inicial que se transforma en calor y se disipa al exterior sin que pueda ser aprovechada (calentamiento del ambiente, calentamiento de máquinas por rozamiento, calentamiento de los aparatos eléctricos por la resistencia interna, etc.).

Por ejemplo, supongamos que tenemos agua embalsada a una cierta altura y que tiene, por tanto, una energía potencial determinada. Si lanzamos dicha agua por una tubería hacia una turbina obtenemos energía cinética de rotación en el eje de la turbina. Sin embargo, la energía cinética obtenida es menor que la energía potencial inicial. Si utilizáramos dicha energía cinética en una bomba para elevar de nuevo el agua a la misma altura, no podríamos, nos faltaría energía. Esto es debido a que se han producido procesos irreversibles (roce del agua con las paredes de las tuberías y con los álabes, fricción de los ejes en sus cojinetes, etc, que producen calor. Este calor es ya energía degradada, que no es reutilizable.

El aprovechamiento energético de un proceso de transformación energética se cuantifica mediante el concepto de **rendimiento**, que siempre es inferior a la unidad (o al 100% si hablamos de porcentajes) y que viene dado por:

$$\text{En tanto por uno: } \eta = \frac{\text{Energía aprovechada}}{\text{Energía total utilizada}} \quad \text{En \%: } \eta = \frac{\text{Energía aprovechada}}{\text{Energía total utilizada}} \cdot 100$$

3.2.- Energía mecánica

Es la capacidad que tiene un cuerpo de producir un trabajo en virtud de su velocidad (*energía cinética*), de su posición en el campo gravitatorio terrestre (*energía potencial gravitatoria*), de su estado de tensión interno (*energía potencial elástica*), de su posición en un campo eléctrico (*energía potencial electrostática*), etc.

La **energía mecánica** es la suma de la **energía cinética** más la **energía potencial** (en sus diversas formas).

$$E_m = E_c + E_p$$

3.2.1.- Energía cinética

Es la energía que posee un cuerpo por el hecho de estar en movimiento.

La energía cinética de un cuerpo de masa **m** que se desplaza con una velocidad **v** viene dada por la expresión:

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$



Recuerda:

Teorema de la energía cinética (o de las fuerzas vivas): Si sobre un cuerpo de masa m actúa un sistema de fuerzas que realiza un trabajo W y, como consecuencia, la velocidad del cuerpo pasa de un valor inicial v_1 a un valor final v_2 , se cumple:

$$W = \frac{1}{2} m \cdot v_2^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_1^2 = E_{c2} - E_{c1} = \Delta E_c$$

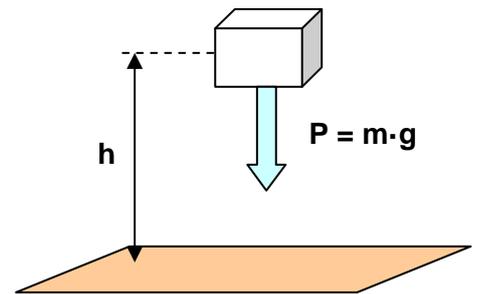
Nota: si el cuerpo disminuye su velocidad, según la expresión anterior, el trabajo sale con signo negativo, lo que indica que es realizado por el cuerpo.

3.2.2.- Energía potencial gravitatoria

Es la energía que posee un cuerpo debido a la posición que ocupa en el campo gravitatorio de la Tierra.

La energía potencial gravitatoria de un cuerpo de masa m situado a una altura h viene dada por la expresión, siguiente, en la que g es la aceleración de la gravedad ($g \approx 9,80665 \text{ m/s}^2$):

$$E_{pg} = m \cdot g \cdot h$$



Nota: la energía potencial no es un valor absoluto sino relativo pues depende del nivel de referencia con respecto al que se mida la altura h . Así, podríamos medirla respecto al nivel del mar, respecto al suelo, etc.

Observemos que al elevar un cuerpo desde la superficie de la Tierra ($E_{pg}=0$) hasta una altura h ($E_{pg} = m \cdot g \cdot h$), el incremento de energía potencial es $\Delta E_p = mgh - 0 = mgh$. Por otro lado, el trabajo realizado por la fuerza gravitatoria (mg) durante el recorrido h , teniendo en cuenta que la fuerza y el movimiento tienen direcciones contrarias será $W_g = -mg \cdot h$. Por tanto, se puede deducir que:

$$W_g = -\Delta E_p$$

3.2.3.- Principio de conservación de la energía mecánica

Este principio dice que cuando sobre un sistema aislado (sistema que no intercambia materia ni energía con el exterior) actúan únicamente fuerzas conservativas, la energía mecánica total del sistema (energía cinética más energía potencial) permanece constante.

$$\Delta E_m = 0$$

Nota: denominamos fuerzas conservativas a aquellas cuyo trabajo se puede expresar como una variación de energía potencial. La fuerza de la gravedad, las fuerzas electrostáticas y las fuerzas elásticas son conservativas. Sin embargo, las fuerzas externas aplicadas, las fuerzas de rozamiento y las fuerzas magnéticas son no conservativas (o disipativas).

Cuando actúan fuerzas tanto conservativas como no conservativas, la energía mecánica no se conserva pero la energía total sí, por lo que el principio de conservación de la energía se puede expresar como:

$$\Delta E_m = W_{nC}$$

Donde W_{nC} es el trabajo realizado por las fuerzas no conservativas.

En efecto, si sobre el cuerpo actúan fuerzas conservativas y fuerzas no conservativas, el trabajo total realizado sobre el cuerpo será: $W_T = W_C + W_{nC}$. Ahora bien, según el teorema de la energía cinética, $W_T = \Delta E_C$ y $W_C = -\Delta E_P$. De ello se deduce que:

$$W_T = W_C + W_{nC} \rightarrow \Delta E_C = -\Delta E_P + W_{nC} \rightarrow \Delta E_C + \Delta E_P = \Delta E_m = W_{nC}$$

Ejemplos:

Un sistema formado por un cuerpo a una cierta altura y el planeta Tierra, podría considerarse un sistema aislado. La fuerza gravitatoria que ejerce la Tierra sobre el cuerpo es una fuerza conservativa interna al propio sistema. Se puede aplicar $\Delta E_m = 0$

Sin embargo, si consideramos como sistema el cuerpo únicamente, actúa sobre él una fuerza externa, que es la fuerza gravitatoria de la Tierra, por lo que habría que aplicar: $\Delta E_m = W_{nC}$. Evidentemente, en este caso carece de sentido hablar de energía potencial gravitatoria para el cuerpo.

3.2.4.- Energía potencial elástica

Es la energía almacenada en un cuerpo elástico (muelle o resorte) en virtud de su estado de tensión debido a la deformación producida en él por una fuerza.

Su valor viene dado por la expresión:

$$E_{px} = \frac{1}{2} k \cdot x^2$$

Siendo k la constante elástica del resorte y x su deformación.



Recuerda:

La **ley de Hooke** establece que en los cuerpos elásticos, la fuerza deformadora F es proporcional a la deformación x producida. Es decir, $F = k \cdot x$, siendo k la *constante elástica del resorte*, cuya unidad de medida en el SI es **N/m**.

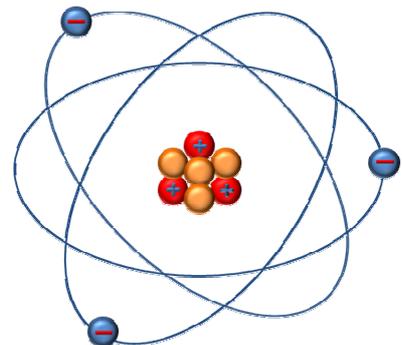
3.3.- Energía nuclear

Es una energía propia de la materia, asociada a la constitución de los núcleos de los átomos. Esta energía se libera con la **fisión** (fragmentación) o **fusión** (unión) de los núcleos de determinados elementos químicos.

En ambos casos se produce una transformación de materia en energía según la ecuación de Einstein:

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2$$

donde c es la velocidad de la luz ($c = 300.000 \text{ km/s}$).



3.4.- Energía interna

Aunque un cuerpo esté en reposo a nivel macroscópico, las moléculas y átomos que forman la materia están en constante agitación a nivel microscópico, por lo que tienen energía cinética. También existen fuerzas de atracción y repulsión entre las partículas por lo que tienen energía potencial intermolecular. Según esto:

La **energía interna** (U) de un cuerpo es la suma de las energías cinética y potencial de todas las partículas que lo constituyen, sin tener en cuenta sus interacciones con el exterior ni su posible movimiento macroscópico.

La energía interna depende de la **temperatura** del cuerpo y de la **presión** a que está sometido, y puede aumentar al realizar un **trabajo** sobre el cuerpo (por ejemplo, rozamiento) o ponerlo en **contacto con otro cuerpo** a mayor temperatura.

3.5.- Energía térmica

La energía térmica está asociada al movimiento de agitación de las moléculas y se manifiesta mediante variaciones de temperatura, cambios de estado y cambios de volumen de los cuerpos. El **calor**, al igual que el trabajo, no es una forma de energía, sino una forma de modificar la energía de los cuerpos (es un **tránsito de energía**, no está almacenado en los cuerpos). El calor es la medida de la energía interna transferida entre cuerpos a diferentes temperaturas. Los cambios de estado son casos especiales en los que hay transferencia de energía (calor) sin que la temperatura varíe.

El calor se transmite de tres maneras diferentes: por conducción, por convección y por radiación, como veremos luego.

La **temperatura** es una medida de la energía cinética media de las partículas que componen un objeto.

Las expresiones que utilizaremos para calcular la **energía térmica intercambiada por los cuerpos al variar su temperatura o su estado** serán las siguientes

a) **Sin cambio de estado:** $Q = m \cdot C_e \cdot \Delta T$

b) **Cambio de estado de sólido a líquido (fusión):** $Q = m \cdot \lambda_f$

c) **Cambio de estado de líquido a gas (vaporización):** $Q = m \cdot \lambda_v$

m = masa (kg)
 C_e = Calor específico (Kcal/kg°C)
 ΔT = incremento de temperatura
 λ_f = Calor latente de fusión (kcal/kg)
 λ_v = Calor latente de vaporización (kcal/kg)

Recordemos que cuando se aporta o extrae calor a un cuerpo, sin que éste cambie de estado, se produce un incremento o descenso de su temperatura. Sin embargo, cuando se aporta o extrae calor al cuerpo y este cambia de estado, la temperatura permanece constante (la energía absorbida o cedida por el sistema se emplea en romper o formar enlaces, no en variar la temperatura).

3.6.- Energía química

Es un tipo de energía asociada a la forma en que se combinan los átomos para formar las moléculas de cada sustancia. En realidad se trata de una energía potencial de interacción entre los átomos. Se pone de manifiesto cuando estas sustancias participan en **reacciones químicas** y se transforman en otras sustancias diferentes.



Si en una reacción química se absorbe calor se denomina **endotérmica**.

Si en una reacción química se desprende calor se denomina **exotérmica**, e indica que la energía química de los reactivos es mayor que la de los productos. De este tipo son las reacciones de **combustión** del carbón, del petróleo y del gas natural (combustibles).

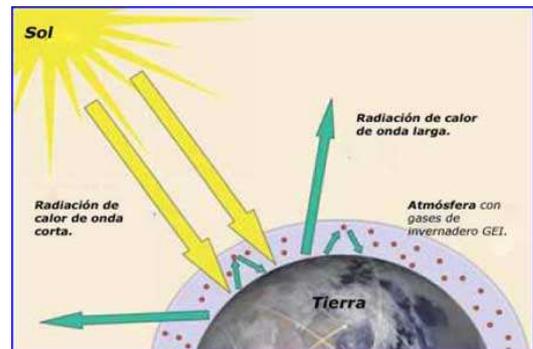


Se denomina **poder calorífico** de un combustible (**P_c**) a la cantidad de calor liberado en la combustión de una cantidad unitaria del mismo. Se suele expresar en **kcal/m³** (gases) o en **kcal/kg** (sólidos y líquidos).

$$Q = V \cdot P_c \text{ (gases)} \quad Q = m \cdot P_c \text{ (líquidos o sólidos)}$$

3.7.- Energía radiante

Es la que emiten todos los cuerpos a una temperatura por encima del 0 absoluto. Se propaga en forma de ondas electromagnéticas a la velocidad de la luz. Parte de ella es radiación térmica (radiación infrarroja) y parte corresponde a microondas, luz, rayos ultravioletas, etc. La característica principal de esta energía es que se propaga en el vacío sin necesidad de soporte material alguno. Puede proceder del sol, de una superficie caliente (radiador), etc.



3.8.- Energía eléctrica

Es la energía que posee la corriente eléctrica (electrones en movimiento). Se transforma fácilmente en otros tipos de energía (térmica, cinética, química,...).

La energía eléctrica consumida por un receptor al que se le aplica una tensión **V**, y por el que circula una intensidad **I** durante un tiempo **t**, viene dada por la expresión:

Como también $P = V \cdot I$, también tenemos:

$$E_e = P \cdot t$$

$$E_e = V \cdot I \cdot t$$

Esta forma de energía suele medirse en **kWh**.

4.- PRINCIPIO DE CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA

La energía total **E** de un cuerpo que tiene una energía interna **U**, una energía cinética macroscópica **E_c** y una energía potencial macroscópica **E_p** viene dada por:

$$E = U + E_c + E_p = U + E_m$$

El principio de conservación de la energía, o Primer principio de la Termodinámica, dice que la variación de la energía total del cuerpo ΔE es igual al calor Q absorbido por el cuerpo más el trabajo mecánico W realizado sobre dicho cuerpo:

$$\Delta E = Q + W$$

Ejemplo: un vehículo quema combustible para desplazarse; la energía química del combustible se transforma, parte en **trabajo**, que aporta energía cinética al vehículo, y parte en **calor**, que calienta el aire circundante, la carretera, las ruedas al rozar con la carretera, etc.

5. LA TRANSMISIÓN DEL CALOR

El calor se transmite de tres maneras diferentes:

5.1. Conducción

El calor se transmite a través de la materia pero sin que haya movimiento de ésta. Es típico de los sólidos. Se produce una transferencia de la energía cinética asociada a la agitación molecular desde unas moléculas a sus vecinas.

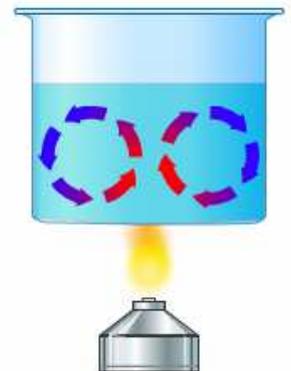


$$Q = \frac{\lambda \cdot S \cdot t \cdot \Delta T}{d}$$

λ = Coeficiente de conductividad (kcal/mh°C)
 S = Superficie de pared (m²)
 d = Espesor de pared (m)
 ΔT = diferencia de temperatura (°C)
 t = Tiempo (h)

5.2. Convección

El calor se transporta junto con la materia. Es un proceso típico de los fluidos (líquidos y gases). Debido a la disminución de la densidad del fluido al calentarse, el fluido más caliente se eleva y el más frío desciende, produciéndose “*corrientes de convección*”.

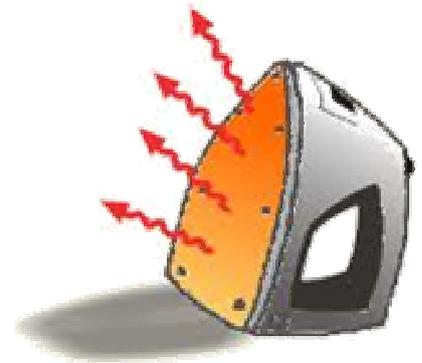


$$Q = \alpha \cdot S \cdot t \cdot \Delta T$$

α = Coeficiente de convección (kcal/m²h°C)
 S = Superficie de pared (m²)
 t = Tiempo (h)
 ΔT = diferencia de temperatura del fluido (°C)

5.3. Radiación

El calor se transporta en forma de ondas electromagnéticas de un determinado rango de frecuencias. Esta energía se puede propagar en la materia o en el vacío, como es el caso de la energía del Sol que llega a la Tierra o la emitida por una superficie o cuerpo caliente.



$$Q = c \cdot S \cdot t \cdot \left[\left(\frac{T_2}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_1}{100} \right)^4 \right]$$

c = Coeficiente de radiación (kcal/m² h K⁴)

T_1 = Temperatura absoluta del medio exterior (K)

T_2 = Temperatura absoluta del objeto emisor (K)

S = Superficie de pared emisora (m²)

t = Tiempo (h)