

Unidad

4

La energía y su transformación



C Sistema de unidades

Unidades o magnitudes	Fórmula	Sistema			Equivalencias	
		CGS	SI	ST		
Básicas	Espacio = longitud	e	cm	m	m	1 m = 100 cm
	Masa	m	g	kg	Utm	1 Utm = 9,8 kg = 9 800 g
	Tiempo	t	s	s	s	
Derivadas	Velocidad	$v = e/t$	cm/s	m/s	m/s	1 m/s = 100 cm/s
	Aceleración	$a = v/t = e/t^2$	cm/s ²	m/s ²	m/s ²	
	Fuerza	$F = m a$	g cm/s ² = dina	kg m/s ² = Newton (N)	Utm m/s ² = kilogramo (kg) = kilopondio (kp)	1 kp = 9,8 N = 9,8 · 10 ⁵ dinas
	Trabajo = energía	$W = F e$	dina cm = ergio	N m = julio (J)	kg m = kilográmetro	1 kg m = 9,8 J = 9,8 · 10 ⁷ ergios
	Potencia	$P = W/t$	ergio/s	J/s = vatio (W)	kg m/s	1 kg m/s = 9,8 W = 9,8 · 10 ⁷ ergio/s
Otras equivalencias	1 Caballo de vapor (CV) = 75 kg m/s = 75 kp m/s = 735 W 1 kilovatio (kW) = 1 000 W De la columna del SI se deduce que: 1 Julio (J) = 1 vatio (W) 1 segundo (s)					

Sistemas de unidades y sus equivalencias.

A Unidades de energía

Sistema		
<i>Cegesimal (CGS)</i>	<i>Internacional (SI)</i>	<i>Técnico (ST)</i>
Ergio (dina cm)	Julio (N m = W s)	Kilogrametro (Kp m)

Otras unidades de energía

Caloría. Es la cantidad de calor necesaria para elevar un grado de temperatura (para pasar de 14,5 °C a 15,5 °C) un gramo de agua, a presión atmosférica normal (nivel del mar).
Se emplea mucho cuando se habla de energía térmica.

La fórmula que relaciona la temperatura adquirida por una masa de agua y el calor absorbido es: $Q = m (T_f - T_i)$, donde m está expresado en gramos, las temperaturas en °C y el calor Q en calorías.

La equivalencia entre calorías y julios es: 1 cal = 4,18 J.

KWh. Se lee kilovatio hora e indica el trabajo o energía desarrollada (cedida) o consumida por un ser vivo o máquina, que tiene una potencia de 1 kW y está funcionando durante una hora. Un submúltiplo es el vatio hora (Wh) **1 kWh = 1 000 Wh.**

Esta unidad es masivamente empleada en máquinas eléctricas y para indicar consumos eléctricos (contadores).

4.3. Formas de manifestación de la energía

Formas	Tipos	Explicación	Fórmulas
Mecánica $E_m = E_c + E_p$	Cinética	Es la energía que posee un cuerpo debido a su velocidad. Todos sabemos que, para una misma masa, cuanto mayor velocidad tiene el objeto, mayor energía cinética posee.	$E_c = 1/2 m v^2$ m = masa del cuerpo que se mueve. v = velocidad lineal del objeto.
	Potencial	Es la energía de un cuerpo debido a la altura a la que se encuentra dentro de un campo de fuerzas determinado. Nosotros nos vamos a centrar exclusivamente en el gravitatorio terrestre.	$E_p = m g h$ g = gravedad = 9,8 m/s ² h = altura a la que se encuentra el cuerpo. $v = \sqrt{2 g h}$
Eléctrica		Es la energía que proporciona la corriente eléctrica. Se trata de una energía de transporte, no siendo (mayoritariamente) ni primaria ni final. Generalmente siempre se transforma y procede de otro tipo de energía, tal como calor, energía mecánica, etcétera.	$E_e = P t = V I t = I^2 R t$ $P = V \cdot I$ Según la ley de Ohm: $V = I R$. P = potencia expresada en vatios (W). t = tiempo en segundos. V = voltaje en voltios (V). R = resistencia eléctrica en ohmios (Ω). I = intensidad de corriente en amperios (A).

Manifestaciones de la energía.

Formas	Tipos	Explicación	Fórmulas
	Conducción	Paso de calor (energía) de un cuerpo de mayor temperatura a uno de menor, por efecto de choques moleculares. Por ejemplo, un trozo de carne que se cocina en una sartén.	$Q = (\lambda/d) S (T_f - T_i) t$ λ = coeficiente de conductividad (tabla en la páginas siguientes) en kcal/m h °C. d = espacio entre dos superficies del mismo cuerpo (m). S = superficies del mismo cuerpo (m ²). t = tiempo en horas.
Térmica	Convección	El calor asciende. Para ello es necesario que haya algún fluido que lo transporte. Ejemplo: calor del radiador que asciende hasta el techo porque el aire caliente tiene menos densidad.	$Q = a S (T_f - T_i) t$ a = coeficiente de convección (tabla en páginas siguientes) en kcal/m ² h °C. t = tiempo en horas.
	Radiación	El calor se transmite en forma de ondas electromagnéticas. Un cuerpo más caliente que el ambiente que lo rodea irradia calor en forma de ondas que se transmiten a distancia. Por ejemplo, al situarse en los laterales de una estufa, se recibe calor por radiación.	$Q = c S [(T_2/100)^4 - (T_1/100)^4] t$ c = coeficiente de radiación (tabla en páginas siguientes). T_2 = temperatura absoluta del objeto que irradia calor. T_1 = temperatura absoluta del objeto irradiado. t = tiempo en horas.

Formas	Tipos	Explicación	Fórmulas
Química	Combustión química	Se origina al reaccionar dos o más productos químicos para formar otro distinto. Así tenemos: alimentos al digerirlos los seres vivos, el carbón, materias vegetales e hidrocarburos (combustibles derivados del petróleo) al quemarse, etcétera.	$Q = Pc m \text{ (sólidos y líquidos)}$ $Q = Pc V \text{ (gases)}$ <p>Pc = poder calorífico de un cuerpo al arder (tabla páginas siguientes) en kcal/kg o kcal/m³.</p> <p>m = masa del cuerpo que se quema (en kg).</p>
	Radiante electromagnética	Es propia de las ondas electromagnéticas, como ondas infrarrojas, luminosas, ultravioleta, microondas, etcétera.	
Nuclear	Fisión	Se obtiene al romper un núcleo de un material fisionable (uranio o plutonio).	<p>Einstein demostró que la materia se podía transformar en energía según la fórmula:</p> $E = m c^2$ <p>E = energía producida en julios (J). m = masa que desaparece (en kg). c = velocidad de la luz ($3 \cdot 10^8$ m/s).</p>
	Fusión	Se obtiene al unir dos núcleos de dos átomos (litio y tritio) formando helio y desprendiendo gran cantidad de calor.	

Manifestacions de la energia.

A Energía mecánica

$$E_m = E_c + E_p$$

$$\square E_c = \frac{1}{2}mv^2$$

$$\square E_p = mgh$$

B Energía calorífica o térmica

□ Transmisión del calor por conducción

<i>Material</i>	λ <i>kcal/m · h · °C</i>
<i>Metales puros</i>	
Aluminio	197
Cobre	378
Hierro	60
Mercurio	7,2
Níquel	72
Plata	360
<i>Aleaciones</i>	
Acero	12,5
Bronce	36
Cromoníquel	16
Duraluminio	130
Latón	94

<i>Material</i>	λ <i>kcal/m · h · °C</i>
<i>Otros materiales</i>	
Ladrillos	0,33
Hormigón	0,7 a 1,2
Cristal	0,7
Mármol	2,4
Granito	2,5
Piedra arenisca	1,4 a 1,8
Fibra de vidrio	0,013
Madera	0,32 a 0,4
<i>Líquidos</i>	
Agua	0,515
Aceite	0,108
<i>Gases</i>	
Aire seco	0,022
CO ₂	0,0132
H ₂	0,16

□ Transmisión del calor por convección

<i>Material</i>	<i>kcal/m · h · °C</i>
Líquido en reposo	500
Líquido en ebullición	10 000
Vapores en condensación	10 000
Gases en reposo – Si $\Delta T < 15 \text{ °C}$ – Si $\Delta T > 15 \text{ °C}$	$3 + 0,08 \Delta T$ $2,2 (\Delta T)^{1/4}$

Coeficientes de convección (α).

□ Transmisión del calor por radiación

Material	kcal/m · h · °C
Madera	4,44
Esmalte	4,50
Vidrio	4,65
Porcelana	4,58
Ladrillo refractario	3,7
Ladrillo común	4,6
Agua	4,75
Aceite	4,06
Aluminio	0,4
Cobre	0,24
Latón	0,25
Níquel	0,35
Acero	1,42
Estaño	0,3
Hierro oxidado	3,04
Hierro colado	2,16

Coefficientes de radiación (c).

Quando una superficie irradiada es de un material distinto del de la superficie que irradia, el valor de c es igual a:

$$c = \frac{1}{(1/c_1) + (1/c_2) - (1/4,95)} ;$$

donde c_1 y c_2 son los coeficientes de radiación de ambos materiales.

C Energía química

Poder calorífico (Pc)

- ☐ Materiales sólidos y líquidos:

$Q = Pc m$; donde m es la masa en kg.

- ☐ Combustibles gaseosos:

$Q = Pc V$; donde V es el volumen en m^3 .

Poder calorífico (Pc) de algunos combustibles.

Material	kcal/m ³ o kcal/kg
Sólidos	
Antracita	8 000
Carbón vegetal	7 000-7 600
Carbón de coque	5 300-7 000
Hulla	7 000
Lignito	6 000
Madera	2 500-3 600
Turba	1 500-2 500
Líquidos	
Aceite combustible	9 800
Alcohol	5 980
Gasóleo	10 300
Esencia de petróleo	9 900
Gases	
Acetileno (C ₂ H ₂)	13 600
Gas alumbrado	4 200
Gas natural	8 540
Propano (C ₃ H ₈)	22 350
Butano (C ₄ H ₁₀)	28 500
Metano (C H ₄)	8 500
Hidrógeno (H ₂)	2 580

D Energía nuclear

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

E = energía calorífica obtenida en J.
 m = masa que ha desaparecido en kg.
 c = velocidad de la luz ($3 \cdot 10^8$ m/s).

E Acumulación de energía térmica en los cuerpos

$$Q = Ce \cdot m (Tf - Ti)$$

Q = cantidad de calor en kcal.

Tf = temperatura final en °C.

Ce = calor específico en kcal/kg · °C.

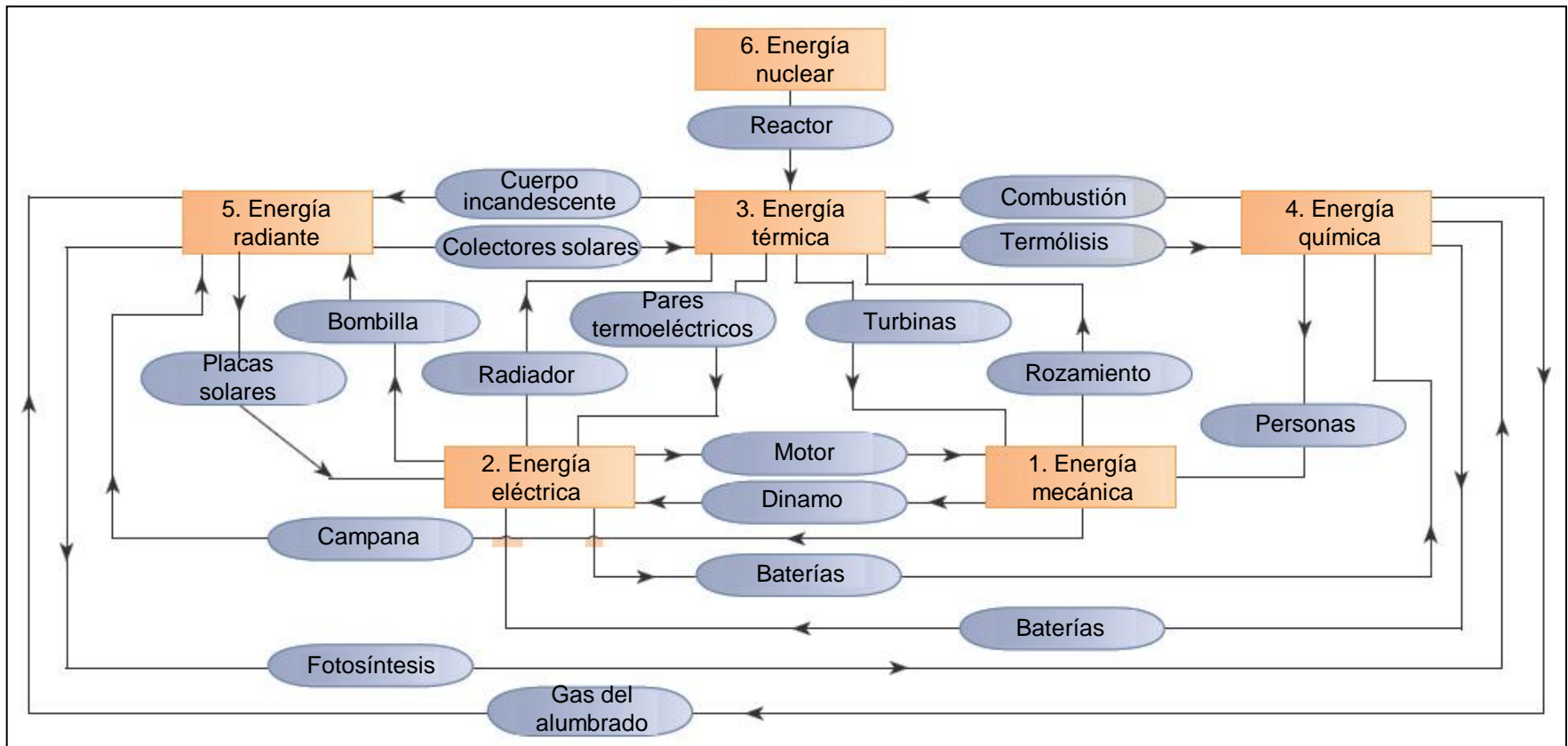
Ti = temperatura inicial en °C.

m = masa en kg.

*Calor específico (Ce) de
diversos materiales.*

Material	kcal/kg · °C
Aceite mineral	0,43
Acero al carbono	0,115
Acero aleado	0,116
Acero inoxidable	0,22
Agua líquida	1
Alcohol	0,59
Aluminio	0,212
Baquelita	0,3
Bronce	0,09
Carbón mineral	0,24
Carbón madera	0,18
Cinc	0,092
Cobre	0,092
Estaño	0,054
Fundición	0,130
Granito	0,18
Hierro	0,105
Hormigón	0,21
Ladrillo	0,22
Latón	0,093
Madera	0,116
Mármol	0,193
Níquel	0,106
Petróleo	0,51
Plata	0,056
Plomo	0,031
Vidrio	0,184
Yeso	0,20

4.4. Transformaciones de la energía



Transformación de la energía y máquinas utilizadas.

A Consumo energético

“Primer principio de la Termodinámica”

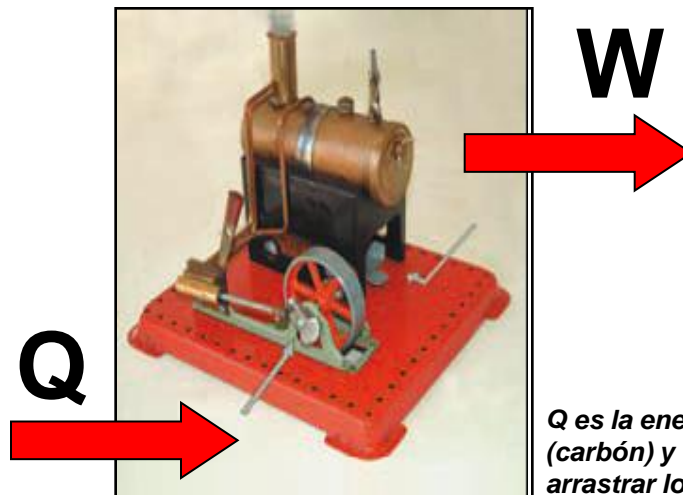
$$\Delta E = E_f - E_i = Q - W$$

ΔE = variación de energía interna en el sistema.

E_f y E_i = energía final e inicial, respectivamente.

Q = calor o energía (de cualquier tipo) que recibe el sistema.

W = trabajo que se extrae del sistema.



Q es la energía que recibe la locomotora (carbón) y W es el trabajo que realiza al arrastrar los vagones.

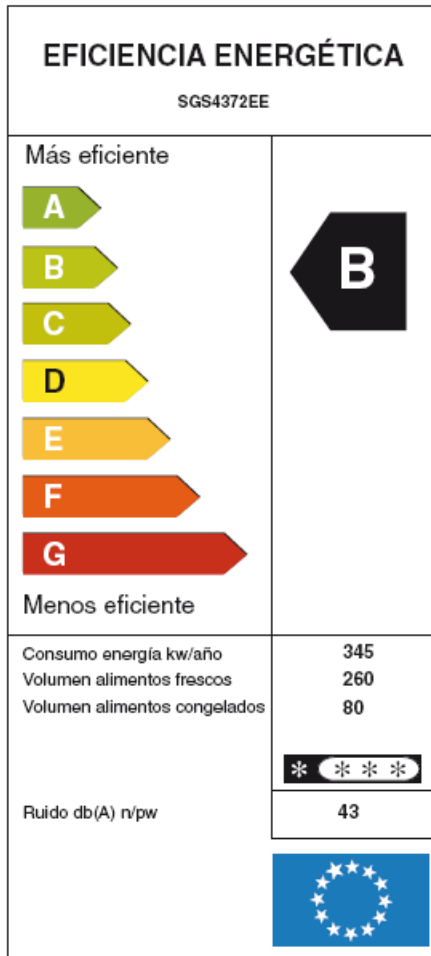
B Rendimiento

Se llama **rendimiento de una máquina** a la relación entre el trabajo o energía suministrado por una máquina y la energía que ha sido necesario aportarle. Viene dada por la expresión:

$$\eta = \frac{\text{Trabajo-realizado-}(E_u)}{\text{Energía-suministrada-}(E_s)}$$

Lo ideal sería que fuese igual a 1. Eso querría decir que la máquina no desperdiciaría ninguna energía.

Desgraciadamente, siempre es menor que 1 (nunca mayor).



Pegatina que señala la eficiencia energética de lámparas y electrodomésticos.

B Eficiencia energética

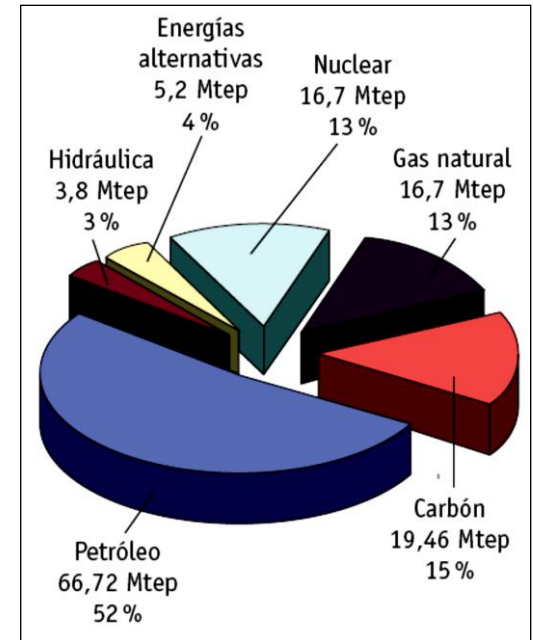
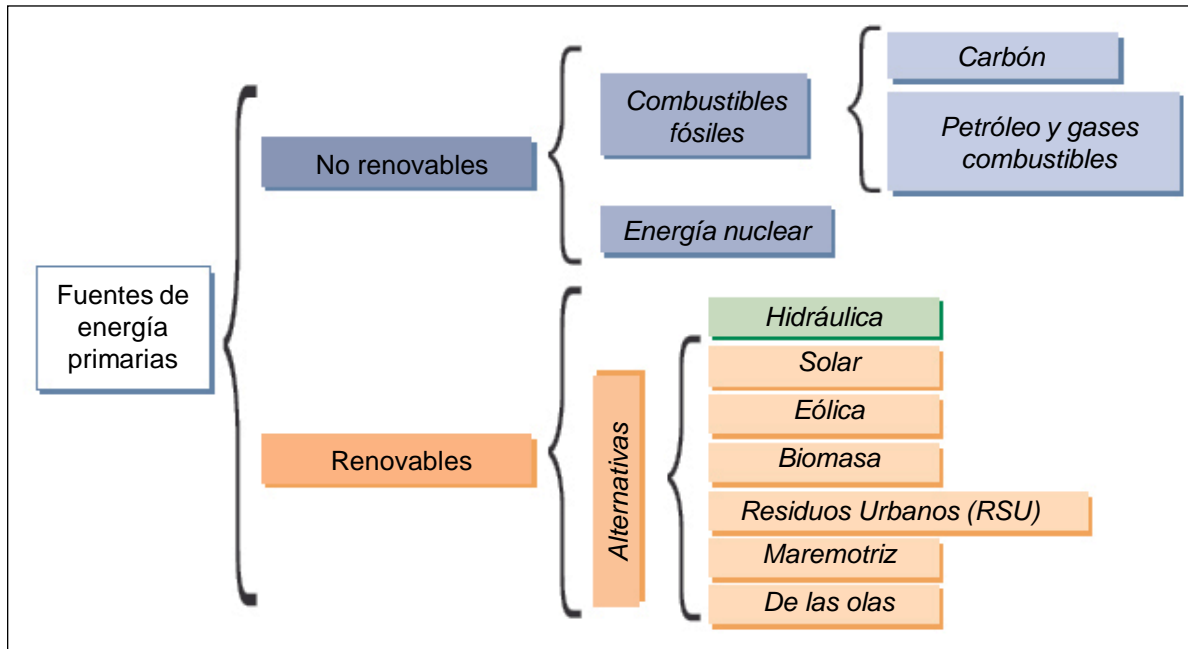
- Electrodomésticos y lámparas.
- Bombas de calor de máquinas de aire acondicionado.

<i>Categoría energética</i>	<i>Consumo</i>	<i>Eficiencia energética</i>
A	< 55 %	Alta
B	55 % - 75 %	
C	75 - 90 %	
D	90 - 100 %	Media
E	100 - 110 %	
F	110 - 125 %	Baja
G	> 125 %	

Características energéticas aplicables a electrodomésticos.

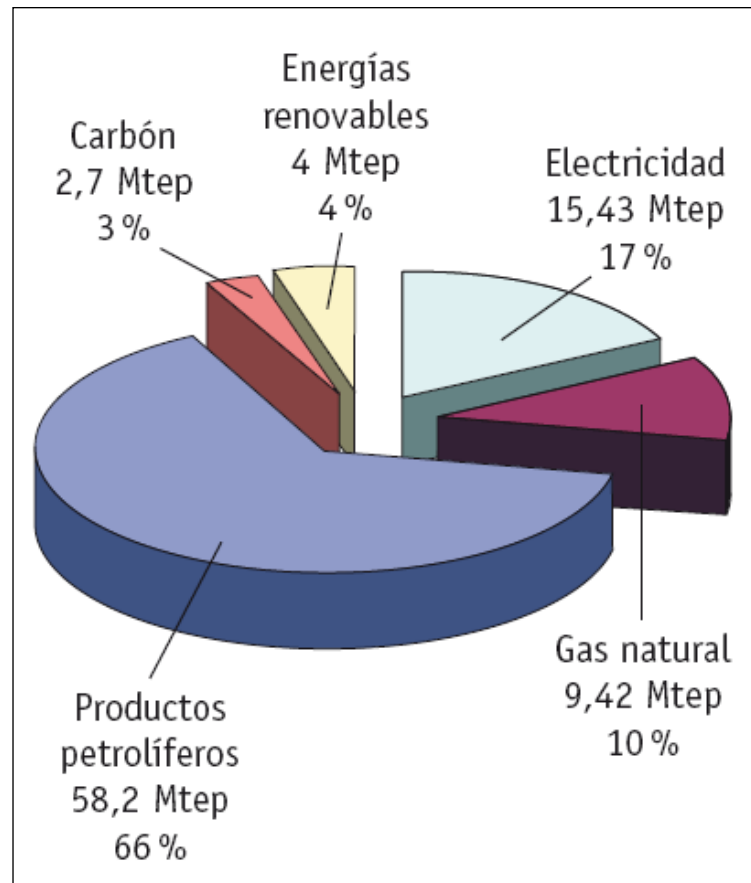
5.1. Fuentes de energía

A Fuentes de energía primarias



Consumo de energía primaria en España en el año 2001.

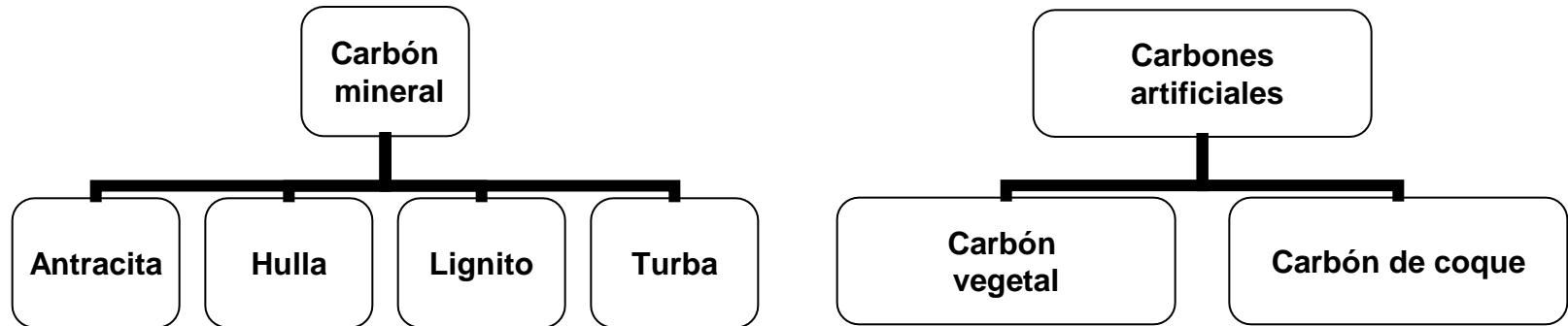
B Fuentes de energía secundarias



Consumo de energía secundaria en España en el año 2001.

A El carbón

□ Tipos de carbón



Tipo	Antracita	Hulla	Lignito	Turba
<i>Porcentaje carbono</i>	95 %	85 %	75 %	50 %
<i>Poder calorífico aprox. (kcal/kg)</i>	8 000	7 000	6 000	2 000
<i>Procedencia</i>	Era Primaria	Era Primaria	Era Secundaria	Muy reciente

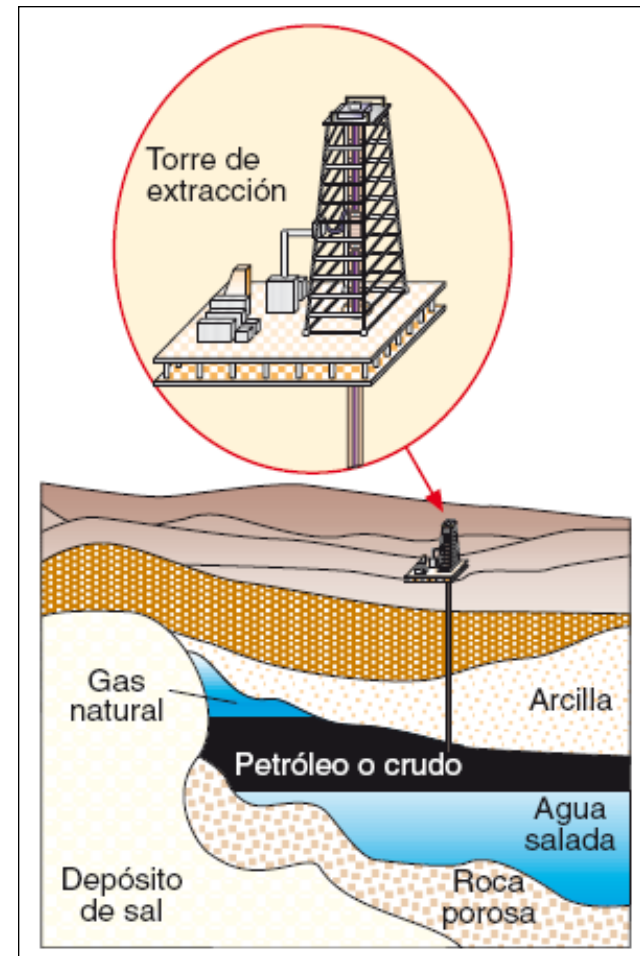
Tipos de carbones minerales.

B El petróleo

- ❑ Origen del petróleo
- ❑ Pozos petrolíferos

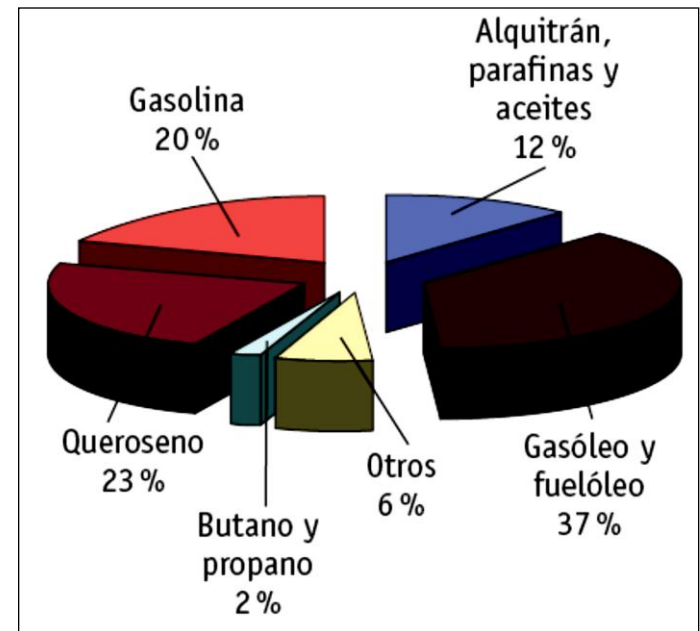
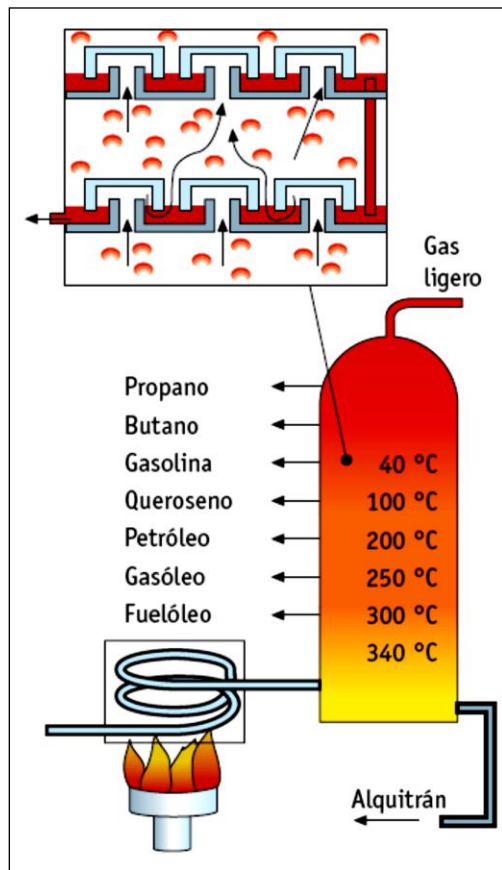
Elemento	%
Azufre	0,1 a 8
Carbono	80 a 90
Hidrógeno	10 a 15
Nitrógeno	<1 %
Oxígeno	<1,5 %

Composición del petróleo.



Pozo petrolífero y torre de extracción.

Las refinerías: destilación fraccionada o múltiple del petróleo



Composición típica de un litro de crudo después del proceso de refinado.

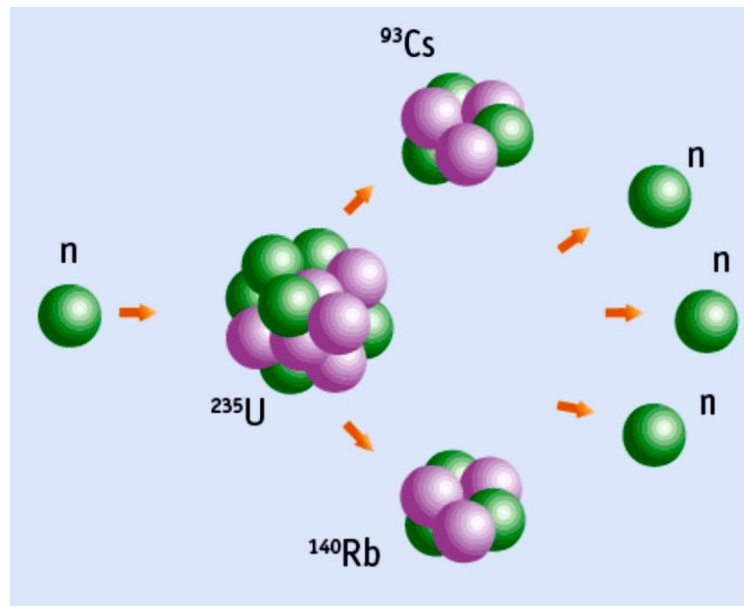
Refinería de petróleo.

► Hidrocarburos líquidos, sólidos y gaseosos

	<i>Hidrocarburos</i>	<i>Poder calorífico</i>	<i>Características y aplicaciones</i>
<i>Gaseosos</i>	Metano+Etano	8 500 kcal/m ³	Muy volátiles e inflamables. Debido a su gran volumen y difícil licuefacción se suelen quemar en la propia refinería.
	Butano	28 500 kcal/m ³	Se suele vender en botellas de 12,5 kg (color naranja).
	Propano	22 350 kcal/m ³	Se comercializa en botellas de acero de 11 kg y 35 kg. Uso doméstico.
<i>Líquidos</i>	Gasolina	11 000 kcal/kg	Se emplea en motores de explosión. Cuando se utiliza en motores de dos tiempos es necesario mezclarlo con un 2 % de aceite.
	Queroseno		Utilizado en motores de aviación.
	Gasóleo	10 300 kcal/kg	Empleado en motores Diesel y calefacciones.
	Fuelóleo	9 900 kcal/kg	Se utiliza en centrales térmicas en sustitución del carbón.
	Aceites	9 800 kcal/kg	No se emplean como fuente de energía, sino para el engrasado de piezas móviles.
<i>Sólidos</i>	Ceras (parafinas, vaselinas)	9 500 kcal/kg	Usos industriales.
	Alquitrán	9 200 kcal/kg	Pavimentos de carreteras e impermeabilizante en terrazas, tejados, etcétera.

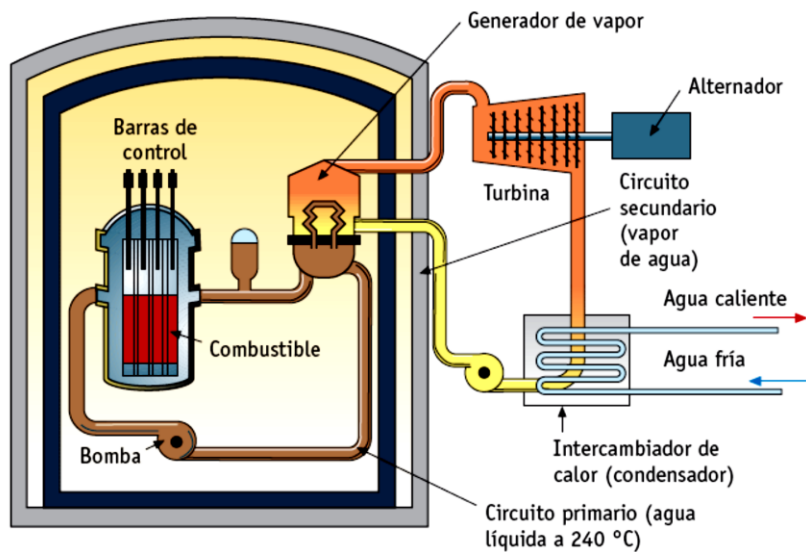
A Tipos de reacciones nucleares

□ Fisión



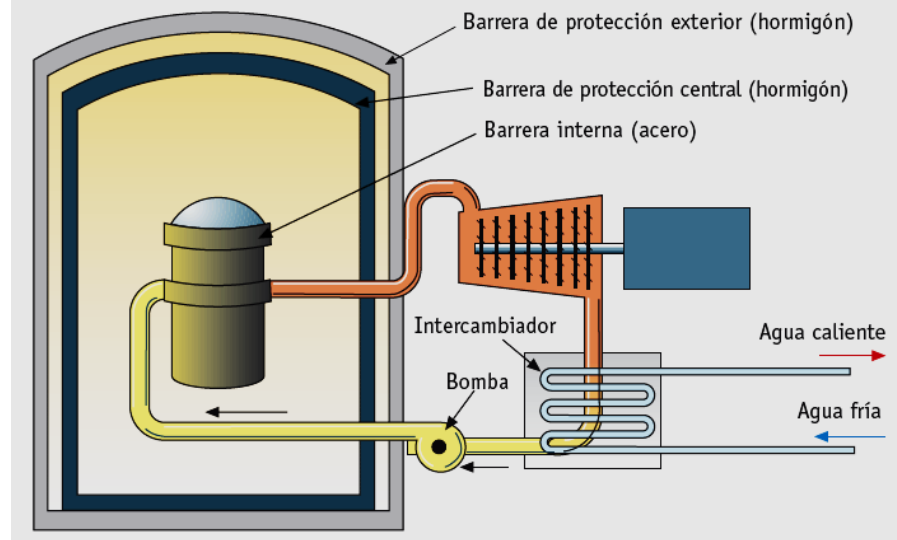
Fisión nuclear.





Central con reactor de agua a presión (PWR).

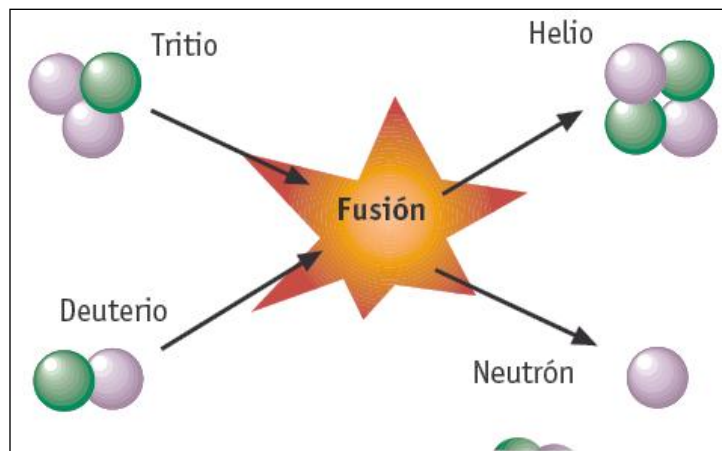
- Utiliza como combustible uranio enriquecido (^{235}U) al 3 %.
- Como moderador: agua ligera (protio).
- El circuito de refrigeración consta de dos circuitos autónomos: primario (el refrigerante está siempre en estado líquido) y secundario (el refrigerante, al pasar por el generador de vapor, se convierte en vapor a gran presión).
- El 50% de las centrales que hay son de este tipo.



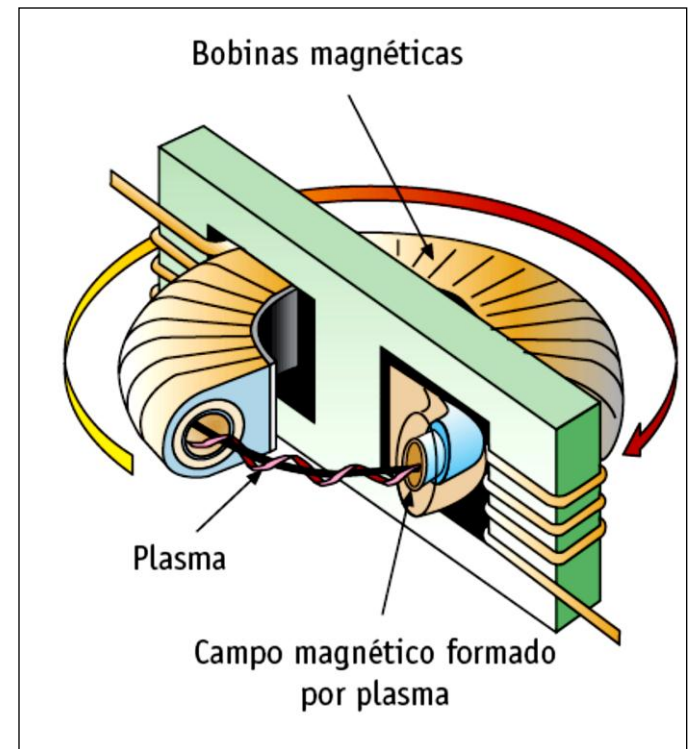
Central con reactor de agua en ebullición (BWR).

- El combustible es igual que en el tipo anterior.
- Como moderador emplea el mismo que el tipo anterior.
- El circuito de refrigeración consta de un solo circuito. El refrigerante que extrae el calor del núcleo pasa a estado gaseoso (ebullición), y se dirige a las turbinas.
- El 25% de las centrales mundiales son de este tipo.

□ Fusión



Fusión nuclear.



Reactor Tokamak.

B Energía nuclear y medio ambiente

- ❑ Impacto medioambiental
- ❑ Tratamiento de residuos

<i>Radiación ambiental</i>	100 milirem
<i>Radiografía médica</i>	300 milirem
<i>Dos horas diarias de televisión</i>	300 milirem
<i>1 000 Km de viaje en avión</i>	50 milirem
<i>Vivir cerca de una central nuclear</i>	1 milirem

Dosis anuales de radiación habituales por persona.

B Potencia y energía obtenida en una central hidroeléctrica

$$P = 9,8 \cdot c \cdot h$$

$$E = P t = 9,8 \cdot c \cdot h \cdot t$$

P = potencia de la central en kW.

c = caudal de agua en m³/s.

h = altura en metros (desde la superficie del embalse hasta el punto donde está la turbina).

t = tiempo en horas.

E = energía obtenida en kWh.

6.2. Energía solar

La fórmula que nos indica la cantidad de calor que llega a un punto de la superficie de la Tierra viene dada por la expresión:

$$Q = K t S,$$

donde:

Q = cantidad de calor expresado en calorías.

K = coeficiente de radiación solar, expresado en: cal/min·cm².
Puede valer desde 0 hasta 1,3. La media aproximada en un día de verano será: $K = 0,9$.

T = tiempo en minutos.

S = sección o área en cm².

□ Cálculo de la energía generada en una **aeroturbina**

La potencia máxima teórica que se puede obtener del viento viene dada por:

$$P_{viento} = 0,37 \cdot S V^3 \begin{cases} S = \text{sección barrida por las aspas o palas al girar (m}^2\text{)}. \\ V = \text{velocidad del viento (m/s)}. \\ P = \text{potencia (en vatios)}. \end{cases}$$

Se define como **rendimiento aerodinámico** (η) a la relación entre:

$$\eta = \frac{E_{\text{útil}}}{E_{\text{viento}}} = \frac{P_{\text{útil}}}{P_{\text{viento}}}; P_{\text{útil}} = \eta \cdot 0,37 \cdot S V^3.$$