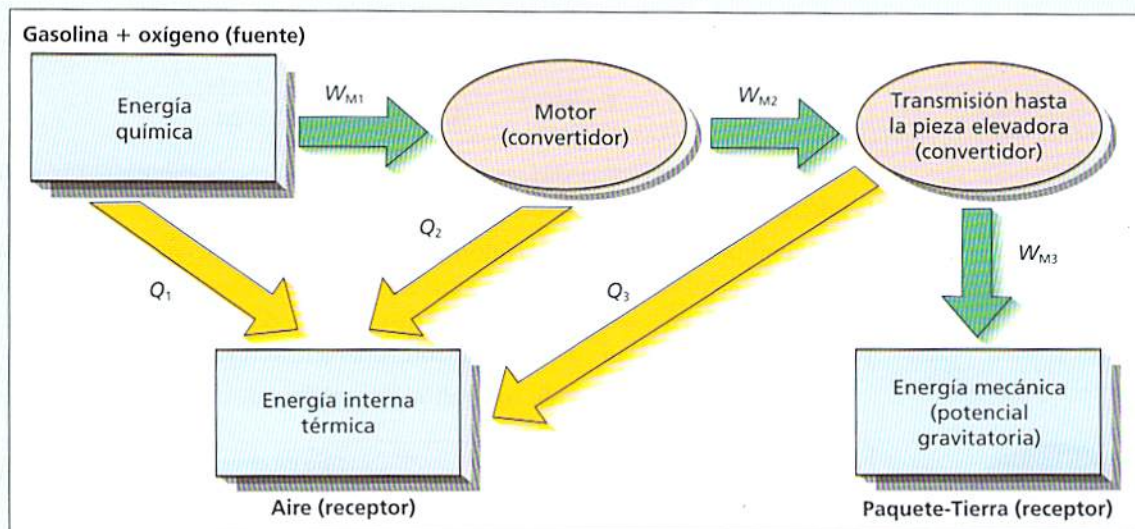


- Las piezas y engranajes (la «transmisión»), que transmiten el movimiento a la pieza elevadora del paquete (o a las ruedas). La pieza elevadora realiza un trabajo sobre el paquete-Tierra, aumentando su  $E_p$ . La transmisión también eleva la temperatura de piezas y engranajes, que calientan el aire al enfriarse.

La representación de la cadena energética sería:



### PROBLEMA

Dibujad la cadena energética que represente:

- El funcionamiento de una linterna.
- El de una batidora, comenzando por la central térmica.

El balance energético global es que ha disminuido la energía interna química de la fuente y ha aumentado la energía potencial del paquete-Tierra y la energía interna del aire. Si hemos escogido todos los sistemas-componentes de la cadena, el conjunto es un sistema aislado. Por tanto, la energía total se conserva, pero no toda la energía química que se ha gastado se ha transformado en energía potencial, que es lo que queremos. El rendimiento energético global de la cadena es la relación entre la cantidad de energía en la forma deseada que se obtiene al final y la cantidad de energía que ha suministrado la fuente.

## 6.2. Rendimiento de un convertidor. Generalización del concepto de potencia

- Inventad una magnitud que nos indique el rendimiento de un convertidor, independientemente del tipo que sea.

Puesto que la función de un convertidor es transformar la energía que recibe<sup>12</sup> de una parte del sistema (mediante calor o trabajo) a la entrada en energía útil para otra parte del sistema a la salida, una manera adecuada de expresar lo eficientemente que realiza su función es mediante el cociente entre la cantidad de energía del tipo deseado que suministra a la salida y la cantidad de energía que recibe a la entrada:

$$\eta = \frac{E_{\text{útil salida}}}{E_{\text{recibida}}}$$

<sup>12</sup> Ya sabemos que ni el calor ni la energía son sustancias. No obstante, en numerosas ocasiones hablaremos de «energía que entra o sale de un sistema» o de «calor que se absorbe o se desprende». El lenguaje estricto sobre estos aspectos resulta farragoso y nada práctico. Lo importante es que sepamos el significado físico correcto de lo que está ocurriendo y que lo expresemos así si hace falta. Los científicos, en su trabajo habitual, también hablan de «calor que se desprende» o «energía que entra».

Como las cantidades de energía transferidas mediante trabajo o calor en un convertidor dependen del tiempo que está funcionando, es mejor expresar el rendimiento en función de la potencia desarrollada y potencia consumida (esto es algo que el fabricante sí puede saber para unas condiciones de funcionamiento determinadas). Así pues:

$$\eta = \frac{P_{\text{útil salida}}}{P_{\text{recibida}}}$$

donde:

$$P_{\text{útil salida}} = \frac{E_{\text{útil salida}}}{\Delta t} ; P_{\text{recibida}} = \frac{E_{\text{recibida}}}{\Delta t}$$

En los convertidores eléctricos (motores, calentadores, bombillas...) se indica la potencia que recibe del circuito eléctrico (la «potencia que gasta»).

El rendimiento de los convertidores depende del diseño técnico y de su estado de mantenimiento. Buena parte de la investigación tecnológica se dedica a mejorar los convertidores actuales o a inventar otros nuevos, de manera que aumente su rendimiento o se puedan aprovechar fuentes energéticas nuevas.

En la tabla siguiente se indican rendimientos típicos de convertidores actuales:



Las bombillas de incandescencia ofrecen un menor rendimiento que las de bajo consumo. Consumen más energía para proporcionar la misma iluminación.

Tipo de energía que «entra»	Convertidor	Tipo de energía útil que «sale»	Rendimiento
Radiación	Células fototérmicas	Interna térmica (calor)	0,5
	Células fotovoltaicas	Eléctrica	0,15
	Célula vegetal	Química	0,01-0,1
Química	Estufa doméstica de gas	Interna térmica (calor)	0,9
	Pilas	Eléctrica	0,5-0,75
	Acumuladores	Eléctrica	0,7
	Motores a vapor	Mecánica (trabajo)	0,3-0,4
	Motores de combustión interna	Mecánica (trabajo)	0,15-0,4
Eléctrica	Cuba electrolítica	Química (trabajo eléctrico)	0,4-0,6
	Motores	Mecánica (trabajo mecánico)	0,1-0,9
	Bombillas incandescentes	Radiación	0,05
	Bombillas fluorescentes	Radiación	0,35
Mecánica	Alternador	Eléctrica	0,98

## PROBLEMAS

- Una placa solar fotovoltaica tiene una superficie de  $4 \text{ m}^2$  y está colocada en un lugar donde le llega la radiación solar a razón de  $0,5 \text{ kW/m}^2$  por término medio. Hallad la potencia eléctrica media que puede suministrar a la salida, y la energía eléctrica que puede suministrar en 12 horas.  
Resultado:  $0,3 \text{ kW}$ ;  $12.960 \text{ kJ}$ .
- Las bombillas llevan una inscripción que expresa la potencia que les suministra (que «entra» a la bombilla, que «consume») la red eléctrica cuando están funcionando normalmente. Teniendo en cuenta la tabla anterior, ¿qué potencia debe consumir una bombilla fluorescente para producir la misma radiación que una incandescente de  $100 \text{ W}$ ?  
Resultado:  $14,3 \text{ W}$ .

### 6.3. Fuentes energéticas

Se consideran «fuentes energéticas» aquellos sistemas que pueden utilizarse para producir cambios que necesitamos. Podemos clasificarlas en fuentes no renovables y renovables.

#### Fuentes no renovables

Son fuentes cuya cantidad disminuye según se utilizan para impulsar otros cambios. Las más utilizadas son el carbón, el petróleo (del que se extrae la gasolina y gases licuados como el butano) y el gas natural (y el oxígeno necesario para que se quemen). Se trata de **combustibles «fósiles»** que proceden de la transformación de restos de organismos que vivieron hace millones de años y quedaron enterrados.

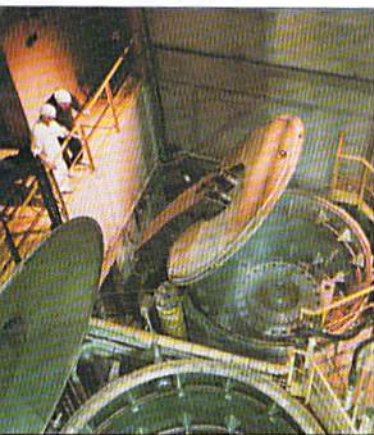
Son las más utilizadas, especialmente para el transporte de personas y mercancías y en las centrales eléctricas (centrales térmicas, que producen energía eléctrica a partir de la energía química del combustible fósil + oxígeno). Existen dos grandes problemas con este tipo de fuentes.

- En primer lugar, **producen una gran contaminación**, pues al quemarse generan  $\text{CO}_2$ , vapor de agua, y otros gases tóxicos. El  $\text{CO}_2$  es el principal causante del calentamiento global de nuestro planeta, que está afectando a los ecosistemas y, por tanto, a la diversidad de la vida. Otros gases causan la llamada «lluvia ácida» que, hace decenios, afectó gravemente a los bosques del centro de Europa y, aún hoy, sigue afectando a grandes extensiones de bosque.
- El otro gran problema de los combustibles fósiles es que **se están agotando**. El creciente «consumo energético», el aumento incontrolado de la población del planeta y el modelo de desarrollo económico mundial, hacen prever un cercano agotamiento del petróleo. Con el ritmo de consumo actual, por ejemplo, las reservas de petróleo se agotarán en unos 35 años (previsiones más pesimistas) o en 50 años (previsiones más optimistas).

Teniendo en cuenta la enorme cantidad de sustancias necesarias que se obtienen del petróleo (como se verá en el tema 10) y el estado actual de nuestro planeta, no tiene mucha justificación seguir quemando petróleo.

El otro tipo de fuente energética no renovable es la **energía nuclear** (uranio principalmente). Aunque su utilización no produce  $\text{CO}_2$ , el problema radica en los accidentes durante su transporte, almacenamiento de residuos, y transformación (en el convertidor: central nuclear). No obstante, existen países como Francia en los que una gran parte de las cadenas energéticas tiene su origen en fuentes nucleares.

La energía de la fusión nuclear (en vez de la fisión) eliminaría buena parte de los problemas, pero, por ahora, no está disponible su utilización a gran escala.



Energía no renovable:  
el uranio (energía nuclear).



Energía renovable:  
el viento (energía eólica).



La utilización masiva del petróleo y del carbón puede propiciar la desaparición de estos combustibles fósiles.

## Fuentes renovables

Se trata de sistemas capaces de impulsar cambios, cuya cantidad no se ve afectada por su utilización («por mucho que se gaste hoy, mañana estará disponible en la misma cantidad»). Entre ellos están la radiación solar, los vientos, las mareas, el agua de los embalses en las centrales hidroeléctricas (¿renovable en España?) y la biomasa (madera y plantas que se utilizan para producir combustibles menos contaminantes), que es renovable si se da tiempo para la repoblación forestal. El origen de todas las fuentes renovables (y casi todas las no renovables) es el Sol.

La investigación actual intenta producir convertidores cada vez más eficientes que funcionen a partir de este tipo de fuentes (ver tabla anterior). Las placas solares y parques eólicos son cada vez más abundantes, pero la demanda creciente de fuentes energéticas hace que su proporción con relación a las fuentes no renovables no haya crecido.



Utilización de paneles solares para calentar agua en viviendas.

La tecnología necesaria para la utilización rentable de las fuentes renovables es cara, y los países desarrollados no la hacen asequible a los países pobres y en vías de desarrollo, que es precisamente donde se produce el mayor aumento de la población mundial. Los intereses a corto plazo parecen prioritarios a la conservación y mejora del medio ambiente.

Tan importante o más que los conocimientos que habéis adquirido de Física es la toma de conciencia por vuestra parte de los problemas de la vida en nuestro planeta, producidos, entre otras causas, por el uso y abuso de fuentes energéticas no renovables. Elaborad, pues, un cartel en el que se recojan los problemas y posibles soluciones que permitan que la Tierra sea habitable para las futuras generaciones.

## RECAPITULACIÓN

Recapitulad lo que se ha tratado en el tema, expresando con vuestras propias palabras **cuáles eran los problemas que nos habíamos planteado, qué respuesta podemos dar ahora y qué ideas han sido importantes para llegar a esa respuesta**. Haced una lista, también, de ideas espontáneas que han surgido en las discusiones y por qué creemos que son erróneas.

Algunas de las ideas **erróneas** típicas sobre calor y energía son:

- Confundir calor y temperatura (la invención del termómetro ayudó a distinguir ambos conceptos).
- Pensar que en un misma habitación hay objetos más fríos (normalmente los metales) que otros (esto se debe a utilizar la sensación fisiológica del tacto en vez de un termómetro).
- Creer que el calor es una sustancia (como en la teoría del calórico).
- Pensar que el calor es una forma de energía que pueden tener los cuerpos.
- Creer que siempre que aumenta la temperatura de un cuerpo es porque se le realiza calor (también puede aumentar mediante trabajo, sin que exista realización de calor).
- Creer que la energía es la causa de los cambios.

Es imprescindible que sepas justificar por qué esas ideas son erróneas, y conocer las ideas, pruebas y evidencias que podemos aportar para demostrar que no son así.

## EL IMPACTO SOCIAL DE UN CONVERTIDOR: LAS MÁQUINAS TÉRMICAS

El primer convertidor que, a escala industrial, era capaz de transformar energía interna de tipo térmico en energía mecánica fue la **máquina de vapor**. En el siglo XVII un gran molino de viento, con aspas de 30 m de diámetro, no podía desarrollar una potencia mayor de 25 kW. La máquina de vapor permitió conseguir potencias mucho mayores. Además, supuso una verdadera revolución, ya que, por primera vez en la historia de la humanidad, se podía disponer de energía útil que procedía no de un animal de tiro, ni del capricho del viento, ni de la existencia de una corriente de agua, sino de la mucho más poderosa y dócil energía del vapor. La máquina de vapor, con sus cilindros de hierro y su corazón de fuego, sólo necesitaba carbón, agua y un poco de aceite, para funcionar ininterrumpidamente *allí donde se la colocase*. No es extraño que la máquina de vapor se difundiese rápidamente, modificando el transporte, la industria y toda la sociedad.

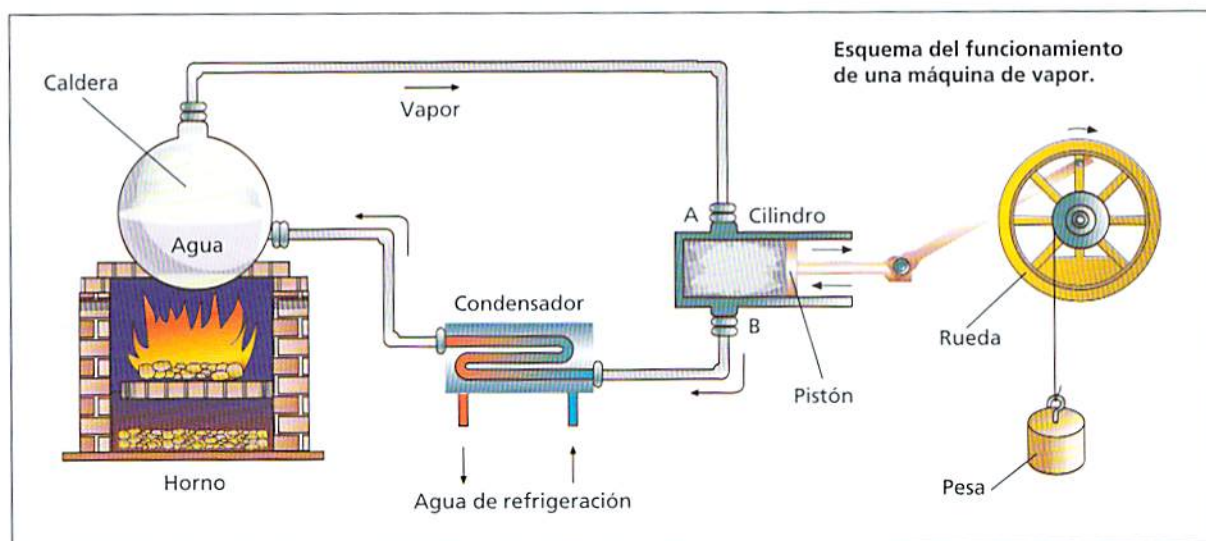
El origen de la máquina de vapor está asociado al problema de la extracción del agua que inundaba muchas minas de carbón. En efecto, la Inglaterra de finales del siglo XVII era un país casi deforestado y los pocos bosques que había se reservaban para la construcción de barcos (que todavía se hacían de madera). Esto contribuyó a que se recurriese a usar el carbón como fuente de energía. Sin embargo, muchas de las minas de carbón estaban inundadas de agua que había que sacar fuera constantemente mediante rudimentarias **bombas de extracción**. Dichas bombas se hacían funcionar muchas veces con caballos, sin que los resultados fuesen muy brillantes, pues era bastante común que los mineros tuviesen que trabajar todo el día con agua hasta las rodillas y, en algunos casos, había que cerrar minas por no poder drenarlas. Savery y Newcomen fueron dos ingenieros que diseñaron máquinas que funcionaban con vapor, capaces de

bombear fuera el agua de las minas de forma efectiva. Posteriormente, estas primitivas máquinas fueron objeto de sucesivas mejoras, que dieron lugar a otras máquinas más eficientes. Abajo se expone un esquema y se describe el funcionamiento de una de dichas máquinas.

El vapor producido en la caldera entra a alta presión y temperatura en el cilindro metálico y empuja el pistón hacia la derecha. Cuando el pistón alcanza la posición más alejada, la válvula A se cierra y la B se abre. La inercia de la rueda hace que el pistón se mueva entonces hacia la izquierda y el vapor salga por la válvula B, del cilindro al condensador refrigerado por agua fría (donde la presión y temperatura son menores). Cuando el pistón llega a su posición más extrema, la válvula B se cierra y se abre de nuevo la A, comenzando el ciclo otra vez y así sucesivamente. El movimiento de vaivén del pistón se transmite a la rueda de la derecha, que girará de forma continua (mientras funcione la caldera).

Mediante diversos sistemas, el movimiento giratorio de dicha rueda puede ser aprovechado a su vez no sólo para hacer funcionar una bomba de extracción de agua (problema que dio origen a la primitiva máquina de vapor), sino también para mover una sierra, una máquina de hilar, una rueda de paletas (barcos de vapor) o incluso una locomotora, resolviendo con ello muchas necesidades de una era industrial que ya se había iniciado.

A finales del XIX ya había máquinas de vapor capaces de desarrollar potencias del orden de 2 millones de vatios. Ello, junto con la posibilidad de trasladarlas o emplearlas para mover barcos, trenes y automóviles, hizo que su uso se generalizase y que al siglo XIX se le conociese con el sobrenombre de la **era del vapor**.



## CUESTIONES, EJERCICIOS Y PROBLEMAS

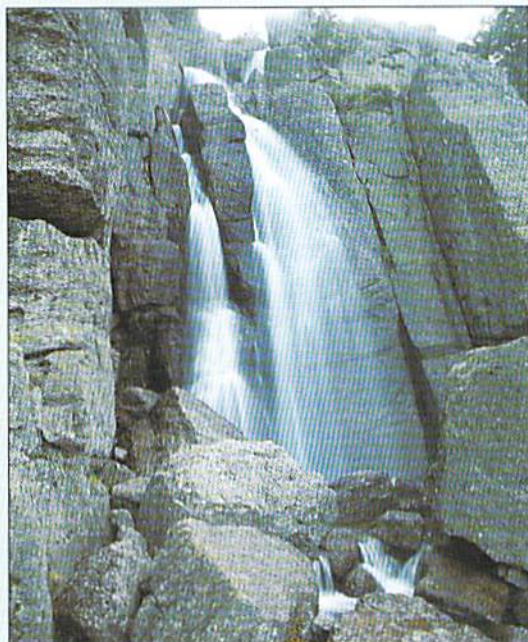
- 1** Una persona confunde calor y temperatura. Utilizando un termómetro y la teoría del calórico, poned ejemplos para que comprenda que no son lo mismo.
- 2** Sabemos que suministrando una cantidad de calor de 120 cal a un trozo de 24 g de un material su temperatura aumenta 10 °C. Hallad el calor específico de dicho material.
- 3** Con la cantidad de calor que desprende 1 litro de agua al enfriarse desde 100 °C a 20 °C, ¿cuánto se elevaría la temperatura de 10 kg de aluminio? (Utilizad los calores específicos dados en las tablas.)
- 4** Hallad:
- La cantidad de calor que deben absorber 90 litros de agua para elevar su temperatura de 15 °C (temperatura ambiente) a 70 °C.
  - La cantidad de calor que cederá el agua al aire al enfriarse hasta la temperatura ambiente.
  - Si tarda una hora en enfriarse de 70 a 45 °C, hallad la potencia térmica media, es decir, la rapidez con que cede calor al ambiente.
- 5** Calculad la cantidad de calor que debe absorber el aire que se encuentra en un aula de 20 m de largo, 12 m de ancho y 3 m de altura para elevar su temperatura desde 8 °C hasta 22 °C. ¿Por qué es necesario seguir calentando una vez que se alcanzan los 22 °C?  
(Datos: calor específico del aire a presión constante = 0,22 kcal/(kg · °C); densidad media del aire en ese intervalo de temperatura = 1,25 kg/m<sup>3</sup>.)
- 6** ¿Qué significa que la capacidad calorífica de un objeto es 0,08 kcal/°C? ¿Y 5 kcal/°C? ¿Pueden dos objetos de materiales distintos tener la misma capacidad calorífica?
- 7** Hallad la capacidad calorífica de los utensilios utilizados en los experimentos de calorimetría: un calorímetro de latón de 100 g, un termómetro de vidrio de 50 g (2 g corresponden al mercurio) y un agitador de vidrio de 75 g. (Utilizad los calores específicos dados en las tablas.)
- 8** Se echan 200 g de agua en un calorímetro perfectamente aislado. Se alcanza una temperatura de equilibrio de 21,3 °C. Se añaden 20 g de agua a 40 °C y se alcanza una temperatura final de 22,8 °C. ¿Cuál es la capacidad calorífica del calorímetro?
- 9** ¿Qué cantidad de agua a 20 °C debemos mezclar con 30 litros de agua a 80 °C para que se quede a la temperatura del cuerpo humano (37 °C)?
- 10** Se introduce un objeto a 20 °C cuya capacidad calorífica es 0,1 kcal/°C en 200 g de agua a 90 °C. Una vez alcanzada la temperatura de equilibrio, se saca el objeto y se introduce en 100 g de agua a 0 °C. ¿Cuál será la temperatura final del objeto?
- 11** Con la cantidad de calor que desprende 1 kg de agua a 0 °C cuando pasa a hielo a 0 °C, ¿qué masa de plomo a la temperatura de fusión podría pasar a plomo líquido a la misma temperatura?
- 12** Se introduce en el congelador de un frigorífico un vaso con 0,2 litros de agua a 20 °C y un termómetro. El agua se congela y cuando el termómetro indica que la temperatura del hielo es -8 °C, se saca del congelador y se coloca sobre una mesa. Al cabo de cierto tiempo, la temperatura del agua vuelve a ser de 20 °C. Hallad:
- La cantidad de calor que ha debido ceder el agua hasta convertirse en hielo a -8 °C, indicando a qué cuerpo se lo ha cedido.
  - La cantidad de calor que ha debido absorber el hielo para convertirse en agua a 20 °C, indicando qué cuerpo se lo ha suministrado.



(Dato: calor específico del hielo = 0,5 kcal/(kg · °C).)

- 13** El calor específico del mercurio líquido es de 0,033 kcal/(kg · °C). Cuando colocamos 1 kg de mercurio sólido en su temperatura de fusión, -39 °C, en un calorímetro de aluminio cuya masa es 500 g, lleno con 1,18 kg de agua a 20 °C, la temperatura final de la mezcla es 16,5 °C. Hallad el calor latente de fusión del mercurio.
- 14** Un alumno cree que el calor es una sustancia que pasa de los cuerpos más calientes a los más fríos. Intentad explicarle por qué sabemos que no es así, haciendo que comprenda los trabajos del conde de Rumford y de Joule.
- 15** Calculad el aumento de temperatura del agua que se producirá en un calorímetro de Joule cuando una pesa de 10 kg ha descendido 8 m, si su velocidad ha variado desde cero a 1 m/s en dicho trayecto. La cantidad de agua del calorímetro es 0,2 kg.

- 16** En unas cataratas, el agua cae desde una altura de 90 m sobre un lago, donde queda prácticamente en reposo. Calculad:
- El máximo aumento de temperatura que puede experimentar el agua debido a la caída.
  - La altura desde la que debería caer para aumentar su temperatura en 1 °C.



- 17** Utilizad las ideas de Joule y la teoría cinético-copular de la materia para explicar a otra persona qué es la energía interna, qué es la temperatura y cómo es posible elevar la temperatura de un cuerpo sin calentarlo. Poned ejemplos en que se produzca una elevación de temperatura mediante trabajo y otros en que se produzca mediante calor.
- 18** Hallad la variación de energía interna de 200 g de agua cuando se enfría desde 20 °C hasta convertirse en hielo a -8 °C.
- 19** Mezclamos, en un calorímetro, tres muestras de agua: 200 g a 30 °C, 100 g a 45 °C y 400 g a 10 °C. Hallad la temperatura de equilibrio, suponiendo despreciable la capacidad térmica del calorímetro. Puesto que ya sabemos que la teoría del calórico es errónea, utilizad el principio de conservación de la energía.
- 20** Un bloque de 2 kg de hierro se lanza por un plano inclinado con rozamiento a una velocidad de 20 m/s y se para cuando ha ascendido verticalmente 12 m. Calculad:
- El aumento de temperatura que experimentaría el bloque de hierro si sólo se calentara él.
  - El aumento de energía interna del bloque si, en la realidad, se mide un aumento de temperatura igual a la mitad de dicho valor.

- 21** Un motor eléctrico es un convertidor que se utiliza para realizar trabajo. Consume una potencia eléctrica de 1,5 kW y realiza trabajo con una potencia de 1,2 kW.
- Hallad su rendimiento.
  - ¿Con qué potencia está realizando calor al medio ambiente?
  - Hallad la energía eléctrica que se le ha suministrado y el trabajo mecánico que ha realizado durante 3 horas de funcionamiento, en kWh y en julios.
  - Si debido a una mala conservación, la potencia útil se reduce a 0,8 kW, ¿cuánto aumenta la potencia con que cede calor al medio ambiente (potencia térmica)?

- 22** Para que nuestro cuerpo funcione necesitamos quemar alimentos en nuestro interior. Dicha energía se utiliza para mantener nuestro cuerpo caliente y para realizar trabajo. Según el tipo de actividad que realicemos, quemamos alimentos a un ritmo distinto. Puesto que la combustión de dichos alimentos produce el dióxido de carbono que exhalamos en distintas actividades, puede saberse la cantidad de alimentos que necesitamos quemar por unidad de tiempo, y también (como se verá en el tema de reacciones químicas) la cantidad de energía que se obtiene de dichos alimentos. Incluso cuando dormimos consumimos 293 kJ/h. Nuestro cuerpo, como toda máquina, no es 100 % eficiente. El rendimiento depende del tipo de actividad, de la destreza del trabajador y del estado físico del mismo, pero casi nunca supera el 25 %. En la siguiente tabla se encuentra el «consumo energético total» de nuestro cuerpo en distintas actividades (persona joven, de constitución y metabolismo medios):

Actividad	Gasto energético
Dormir	293 kJ/h
Estar sentado	418 kJ/h
Permanecer de pie	500 kJ/h
Escribir a máquina rápidamente	585 kJ/h
Andar (5 km/h)	920 kJ/h
Correr rápido	2.510 kJ/h
Cavar una zanja	1.670 kJ/h
Remar en competición	5.020 kJ/h

Hallad el consumo energético total aproximado en una jornada habitual.