

2 Trabajo y potencia

Como hemos visto, la energía puede manifestarse de muchas maneras distintas. Además, se transforma continuamente de una forma a otra. Por ejemplo, al tensar un arco gastamos parte de la energía química de nuestros músculos, que se convierte en energía potencial elástica.

Para llevar a cabo la transformación anterior ha sido preciso realizar un *trabajo*, desarrollado con cierta *potencia*.

2.1. Trabajo

Decimos que se realiza un *trabajo* cuando se ejerce una *fuerza* sobre un cuerpo y éste se *desplaza*. Ambos factores, **fuerza** y **desplazamiento**, son esenciales para que exista trabajo. Observa estos ejemplos.



Una persona eleva un libro para colocarlo en un estante. Observa que aplica una fuerza y desplaza el libro cierta distancia. Por tanto, **realiza un trabajo**.

El trabajo mecánico realizado se transforma en energía mecánica, concretamente en energía potencial gravitatoria.



Una persona sostiene una pesada maleta. Observa que, a pesar de su esfuerzo, no hay desplazamiento. Por tanto, en este caso, **no realiza ningún trabajo**.

La maleta no adquiere energía mecánica alguna.

FÍJATE

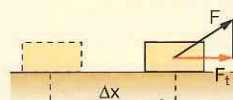
El **trabajo** es una de las formas de **transmisión de energía** entre los cuerpos, pero no algo que éstos poseen.

El trabajo realizado sobre un cuerpo varía la energía que éste tiene.

AMPLÍA

Supón que se aplica a un cuerpo una fuerza constante, y ésta no tiene la misma dirección y sentido que el desplazamiento.

El trabajo de la fuerza es igual al producto de la componente de la fuerza en la dirección del movimiento F_t por el desplazamiento del cuerpo, Δx .



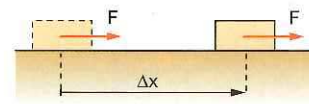
$$W = F_t \cdot \Delta x$$

Debes tener en cuenta que si el desplazamiento y la fuerza no tienen la misma dirección, solamente realiza trabajo la componente de la fuerza en la dirección del desplazamiento, o componente tangencial, F_t .

➔ En el caso de una fuerza constante aplicada a un cuerpo y un desplazamiento rectilíneo del cuerpo en la misma dirección y sentido que la fuerza, el **trabajo** se define como el producto de la fuerza por el desplazamiento.

$$W = F \cdot \Delta x$$

W = trabajo de la fuerza F
 F = fuerza
 Δx = desplazamiento



La unidad de trabajo y, en general, de todas las formas de energía en el Sistema Internacional es el *julio*, que recibe este nombre en honor del físico inglés James P. **Joule** (1818-1889) y se representa con la letra **J**.

Un **julio** es el trabajo realizado por una fuerza de un newton que, aplicada a un cuerpo, lo desplaza un metro en la misma dirección que la fuerza.

$$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot 1 \text{ m}$$

EJEMPLO 1

Una persona empuja el carrito de la compra con una fuerza constante de 450 N en línea recta a lo largo de 25 m. Calcula qué trabajo realiza.

— Datos: $\Delta x = 25 \text{ m}$ $F = 450 \text{ N}$

Para hallar el trabajo multiplicamos la fuerza por el desplazamiento: $W = F \cdot \Delta x = 450 \text{ N} \cdot 25 \text{ m} = 11\,250 \text{ J}$

Esta persona realiza un trabajo de 11 250 J.

2.2. Potencia

Imagina que se quiere instalar un ascensor en un edificio. El ascensor debe ser capaz de elevar una carga máxima de 300 kg hasta una altura de 10 pisos. Estos factores determinan el trabajo que debe realizar, pero en este caso nos interesa, además, que lo haga con la mayor rapidez posible. Decimos que el ascensor debe tener una gran *potencia*.

➔ Llamamos **potencia** a la relación entre el trabajo realizado y el tiempo empleado.

$$P = \frac{W}{t} \quad P = \text{potencia} \quad W = \text{trabajo} \quad t = \text{tiempo}$$

La potencia mide la rapidez con que se efectúa un trabajo, o lo que es lo mismo, la rapidez con que tiene lugar la transferencia de energía desde un cuerpo a otro. Si ésta es energía mecánica, la potencia recibe el nombre de *potencia mecánica*.

La unidad de potencia en el Sistema Internacional es el *vatio*, que se llama así en honor del ingeniero escocés James **Watt** (1736-1819) y se representa con la letra **W**.

Un **vatio** es la potencia de un sistema que realiza el trabajo de un julio en un segundo.

$$1 \text{ W} = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ s}}$$



■ *Cuanto menor sea el tiempo empleado por el ascensor, mayor es su potencia.*

↓ FÍJATE

Algunos múltiplos del vatio muy utilizados son el kilovatio (kW) y el megavatio (MW).

$$1 \text{ kW} = 10^3 \text{ W}$$

$$1 \text{ MW} = 10^6 \text{ W}$$

Otra unidad que se emplea con frecuencia para medir la potencia de los motores, por ejemplo el de los automóviles, es el caballo de vapor (CV).

$$1 \text{ CV} = 735,5 \text{ W}$$

EJEMPLO 2

Calcula la potencia mínima que debe tener un ascensor para elevar una carga de 300 kg hasta una altura de 28 m en un tiempo de 24 s.

— Datos: $m = 300 \text{ kg}$ $\Delta x = 28 \text{ m}$ $t = 24 \text{ s}$

La fuerza que ejerce el ascensor es, como mínimo, igual en módulo que el peso de la carga.

$$F = p = m \cdot g; \quad F = 300 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 2940 \text{ N}$$

— Calculamos el trabajo que realiza el ascensor.

$$W = F \cdot \Delta x = 2940 \text{ N} \cdot 28 \text{ m} = 82\,320 \text{ J}$$

— La potencia del ascensor es igual al trabajo que ha realizado dividido por el tiempo que ha tardado.

$$P = \frac{W}{t} = \frac{82\,320 \text{ J}}{24 \text{ s}} = 3\,430 \text{ W}$$

El ascensor debe tener una potencia mínima de 3 430 W.

Actividades

17 Razona si se realiza trabajo o no en los siguientes casos.

- Una persona, en reposo, sostiene una mochila a su espalda.
- Un alumno dibuja una recta en la pizarra con la tiza.

18 Un mozo de almacén eleva desde el suelo hasta una altura de 80 cm un paquete de 2,5 kg.

- Representa mediante vectores el peso del paquete y la fuerza aplicada para levantarlo.
- Calcula el trabajo que es preciso realizar.

Sol.: b) 19,6 J

19 Un ventilador realiza un trabajo de 17 652 J cada minuto. ¿Cuál es la potencia del ventilador? Exprésala en vatios y en caballos de vapor.

Sol.: 294,2 W; 0,4 CV

20 Una cortadora de césped tiene una potencia de 12,5 CV. ¿Qué trabajo, medido en julios, realizará si funciona durante 5 min?

Sol.: $2,76 \cdot 10^6 \text{ J}$

21 Si una máquina hace un trabajo de 100 J en 1 s y otra, un trabajo de 200 J en 3 s, ¿cuál te parece más eficaz? ¿Por qué?

3 Energía mecánica

Si un cuerpo realiza un trabajo sobre otro, éste adquiere una cantidad de energía equivalente al trabajo realizado. Dicha energía recibe el nombre de **energía mecánica** y puede adoptar diferentes formas según la manera en que se realice el trabajo.

Vamos a estudiar con detenimiento dos de ellas: la *energía cinética* y la *energía potencial gravitatoria*.

3.1. Energía cinética

Observa estas imágenes.



Al impulsar a una niña sentada en un columpio realizamos un trabajo sobre ella. Dicho trabajo es igual a la energía que gana la niña al **ponerse en movimiento**, que llamamos *energía cinética*.



Para demostrar que un cuerpo en movimiento tiene energía, basta comprobar que **es capaz de realizar algún trabajo**. Por ejemplo, un péndulo que oscila puede derribar unos postes situados en el suelo.



La **energía cinética** es la energía que poseen los cuerpos por el hecho de estar en movimiento.

Su valor depende de la masa, m , y la velocidad, v , del cuerpo.

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

EJEMPLO 3

Un carruaje tiene una masa de 190 kg, incluida la carga. Dos caballos tiran de él con una velocidad de 10 km/h. Calcula:

- La energía cinética del carruaje.
- El trabajo que debe realizar el tiro de caballos para aumentar la velocidad desde 10 km/h hasta 15 km/h. Ten en cuenta que, en este caso, el trabajo realizado por el tiro es igual al incremento de la energía cinética del carruaje.

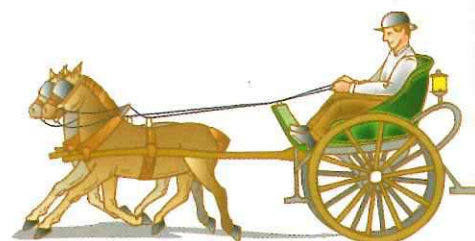
— Datos: $m = 190 \text{ kg}$

$$v_A = 10 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 2,78 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v_B = 15 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 4,17 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- Calculamos la energía cinética a 10 km/h.

$$E_{cA} = \frac{1}{2} m \cdot v_A^2 = \frac{1}{2} 190 \text{ kg} \cdot (2,78 \text{ m/s})^2 = 734,2 \text{ J}$$



- El trabajo que realiza el tiro de caballos es igual a la energía cinética que gana el carruaje. Su E_c a 10 km/h es $E_{cA} = 734,2 \text{ J}$. Hallamos su E_c a 15 km/h.

$$E_{cB} = \frac{1}{2} m \cdot v_B^2 = \frac{1}{2} 190 \text{ kg} \cdot (4,17 \text{ m/s})^2 = 1651,9 \text{ J}$$

Ahora hallamos la diferencia.

$$W = E_{cB} - E_{cA} = 1651,9 \text{ J} - 734,2 \text{ J} = 917,7 \text{ J}$$

El tiro debe realizar un trabajo de 917,7 J.

3.2. Energía potencial gravitatoria

Observa estas fotografías.



Para levantar un jarrón y colocarlo en una estantería tenemos que hacer un trabajo. Dicho trabajo es igual a la energía que gana el jarrón al **elevarse**, que recibe el nombre de energía potencial gravitatoria.



Para demostrar que un cuerpo tiene energía por estar situado a cierta altura, basta comprobar que, al caer, **es capaz de realizar algún trabajo**. Por ejemplo, un martillo puede partir una nuez al caer de golpe.

➔ La **energía potencial gravitatoria** es la energía que posee un cuerpo debido a la posición que ocupa respecto a la superficie de la Tierra.

Su valor depende de la masa, m , del cuerpo, de la aceleración de la gravedad, g , y de la altura, h , a la que se encuentra.

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

↓ FÍJATE

La **energía mecánica** de un cuerpo es la suma de su **energía cinética** y su **energía potencial gravitatoria**.

$$E_m = E_c + E_p$$

EJEMPLO 4

Una grúa eleva verticalmente una carga de 1 000 kg desde el suelo hasta una altura de 20 m. Calcula:

- La energía potencial que adquiere esta carga.
- El trabajo que debe realizar la grúa para elevar la carga desde 20 m hasta 50 m de altura. Ten en cuenta que, en este caso, el trabajo realizado por la grúa es igual al incremento de energía potencial de la carga.

— Datos: $m = 1\,000\text{ kg}$ $h_A = 20\text{ m}$ $h_B = 50\text{ m}$

- Calculamos la energía potencial.

$$E_{p_A} = m \cdot g \cdot h_A = 1\,000\text{ kg} \cdot 9,8\text{ m/s}^2 \cdot 20\text{ m} = 196\,000\text{ J}$$

La carga adquiere una energía potencial de 196 000 J.

- El trabajo que realiza la grúa para elevar la carga es igual a la energía potencial que gana ésta. Su E_p a 20 m es $E_{p_A} = 196\,000\text{ J}$. Hallamos su E_p a 50 m.

$$E_{p_B} = m \cdot g \cdot h_B$$

$$E_{p_B} = 1\,000\text{ kg} \cdot 9,8\text{ m/s}^2 \cdot 50\text{ m} = 490\,000\text{ J}$$

Ahora calculamos la diferencia.

$$W = E_{p_B} - E_{p_A}$$

$$W = 490\,000\text{ J} - 196\,000\text{ J} = 294\,000\text{ J}$$

La grúa debe realizar un trabajo de 294 000 J.

Actividades

- 22** Calcula qué energía cinética tiene una pelota de 250 g cuando se mueve a: a) 60 km/h; b) 150 km/h.

Sol.: a) 34,7 J; b) 217,0 J

- 23** Un camión de 35 t circula a 75 km/h. ¿Qué trabajo deberá realizar el motor para que aumente su velocidad a 100 km/h?

Sol.: $5,9 \cdot 10^6\text{ J}$

- 24** Un montacargas eleva a una persona de 65 kg siete pisos más arriba. Si cada piso mide 3,5 m de altura, ¿qué energía potencial gana la persona?

Sol.: $1,56 \cdot 10^4\text{ J}$

- 25** Determina el trabajo necesario para elevar un jarrón de 3,6 kg desde una altura de 85 cm hasta 1,8 m.

Sol.: 33,5 J

FÍJATE

La energía potencial de un cuerpo depende del **origen de alturas** que escogemos.

Así, un libro de 0,1 kg situado en la estantería de una habitación, a 1 m del suelo, tiene una energía potencial de:

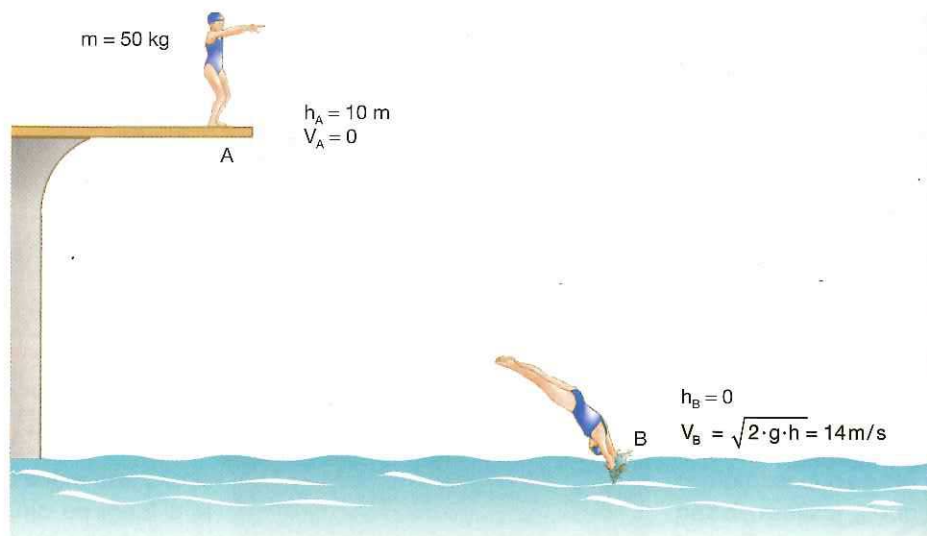
$$0,1 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 1 \text{ m} = 0,98 \text{ J}$$

Sin embargo, si consideramos el origen de energía potencial al nivel de la calle, que se halla 30 m más abajo, obtenemos:

$$0,1 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 31 \text{ m} = 30,38 \text{ J}$$

3.3. Conservación de la energía mecánica

La saltadora de la imagen se lanza a la piscina desde lo alto del trampolín.



En el punto A su energía cinética es nula por estar en reposo y su energía potencial es máxima. Conforme desciende, disminuye su energía potencial a la vez que aumenta su energía cinética. Así, en el punto B, la energía potencial es nula y la cinética es máxima.

Vamos a calcular la energía mecánica en los puntos inicial y final de su recorrido.

Punto A

— Energía cinética nula, $E_{cA} = 0$.

— Energía potencial:

$$E_{pA} = m \cdot g \cdot h = 50 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 10 \text{ m} = 4900 \text{ J}$$

La energía mecánica en el punto A es:

$$E_{mA} = E_{cA} + E_{pA} = 0 + 4900 \text{ J} = 4900 \text{ J}$$

Punto B

— Energía cinética:

$$E_{cB} = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{1}{2} 50 \text{ kg} \cdot (14 \text{ m/s})^2 = 4900 \text{ J}$$

— Energía potencial nula, $E_{pB} = 0$.

La energía mecánica en el punto B es:

$$E_{mB} = E_{cB} + E_{pB} = 4900 \text{ J} + 0 = 4900 \text{ J}$$

Como ves, la energía potencial de la saltadora en A se ha convertido íntegramente en energía cinética en B, de modo que la energía mecánica total se ha mantenido constante. Este hecho está de acuerdo con un principio general que se denomina **principio de conservación de la energía mecánica**.

➔ Si la única fuerza que realiza trabajo sobre un cuerpo es el peso, su **energía mecánica**, es decir, la suma de sus energías cinética y potencial, se mantiene **constante** en todos los puntos de la trayectoria.

$$E_{mA} = E_{mB}$$

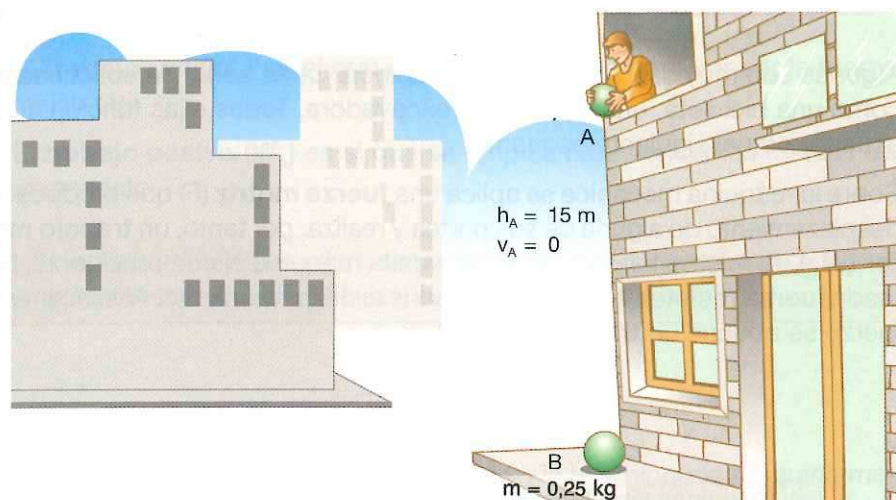
$$E_{cA} + E_{pA} = E_{cB} + E_{pB}$$

EJEMPLO 5

Se deja caer una pelota de 250 g desde una ventana situada a una altura de 15 m. Calcula:

- La energía mecánica en el punto inicial.
- La velocidad en el momento de impactar con el suelo.

— Datos:



- En el punto A la energía cinética es nula, sólo hay energía potencial.

$$E_{p_A} = m \cdot g \cdot h_A = 0,25 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 15 \text{ m} = 36,75 \text{ J}$$

- Aplicamos el principio de conservación de la energía mecánica entre los puntos A y B.

$$E_{c_A} + E_{p_A} = E_{c_B} + E_{p_B}$$

$$0 + m \cdot g \cdot h_A = \frac{1}{2} m \cdot v_B^2 + 0$$

$$m \cdot g \cdot h_A = \frac{1}{2} m \cdot v_B^2$$

$$v_B = \sqrt{2 \cdot g \cdot h_A} = \sqrt{2 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 15 \text{ m}} = 17,15 \text{ m/s}$$

La velocidad de la pelota al llegar al suelo es de 17,15 m/s.

Observa que la masa de la pelota se simplifica al aplicar el principio de conservación de la energía mecánica. La velocidad no depende de la masa de la pelota.

RECUERDA

Principio de conservación de la energía:

La **cantidad total** de energía del universo se mantiene **constante** en cualquier proceso.

Es decir, la energía no se crea ni se destruye, sólo se transfiere entre los cuerpos y se transforma de una forma en otra.

Principio de degradación de la energía:

En cada transformación la **energía pierde calidad** o capacidad para producir nuevas transformaciones.

Actividades

- ¿Qué condición debe cumplirse para que se conserve la energía mecánica de un cuerpo?

- Describe los cambios que experimentan la energía potencial y la energía cinética de un atleta en un salto de pértiga.

- Pon dos ejemplos de movimientos en los que se conserve la energía mecánica y señala los puntos de máxima E_c y máxima E_p .

- Se deja caer una pelota de tenis de 90 g desde 20 m de altura. Determina: a) las energías cinética y potencial cuando se encuentra a 10 m del suelo; b) la velocidad con que llega al suelo.

Sol.: a) 8,82 J, 8,82 J; b) 19,8 m/s

- Se lanza un plato de 120 g verticalmente hacia arriba con una velocidad de 24 m/s. Calcula: a) la energía cinética inicial; b) la altura máxima que alcanza; c) la energía potencial a dicha altura.

Sol.: a) 34,56 J; b) 29,39 m; c) 34,56 J

Ideas clave

- La **energía** es la magnitud física por la que los cuerpos tienen capacidad para realizar transformaciones en ellos mismos o en otros cuerpos.
 - Se manifiesta en la naturaleza de distintas formas: *mecánica, térmica, química, radiante, eléctrica y nuclear.*
- Llamamos **fuentes de energía** a los recursos naturales de los que los seres humanos podemos obtener energía utilizable en nuestras actividades.
 - Las fuentes de energía **no renovables** son aquellas que se encuentran en la Tierra en cantidad limitada y, por tanto, se agotan con su utilización. Ejemplos: *carbón, gas natural, petróleo y materiales fisionables y fusionables.*
 - Las fuentes de energía **renovables** son aquellas que pueden considerarse inagotables debido a que se renuevan de forma continua. Ejemplos: *agua embalsada, radiación solar, viento, agua del mar, biomasa y calor interno de la Tierra.*
- **Principio de conservación de la energía**
La cantidad total de energía del universo se mantiene constante en cualquier proceso.
- **Principio de degradación de la energía**
Con cada transformación, la energía va perdiendo calidad para producir nuevas transformaciones.
- El **trabajo**, W , de una fuerza constante que produce un desplazamiento rectilíneo en la misma dirección y sentido que la fuerza es igual al producto de la fuerza, F , por el desplazamiento, Δx .

$$W = F \cdot \Delta x$$

- La **potencia** es la relación que existe entre el trabajo realizado y el tiempo empleado.

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

- La **energía cinética** es la energía que poseen los cuerpos por el hecho de estar en movimiento.

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

- La **energía potencial gravitatoria** es la energía que posee un cuerpo debido a la posición que ocupa respecto a la superficie de la Tierra.

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

- **Principio de conservación de la energía mecánica**

Si la única fuerza que realiza trabajo sobre un cuerpo es el peso, su **energía mecánica**, es decir, la suma de sus energías cinética y potencial, se mantiene **constante** en todos los puntos de la trayectoria.

$$E_{cA} + E_{pA} = E_{cB} + E_{pB}$$

- Una **máquina mecánica** es un dispositivo que recibe el trabajo procedente de una fuerza externa y lo transmite a algún cuerpo.
- El **rendimiento** de una máquina mecánica es el cociente entre el trabajo que produce (W_u) y el trabajo que se le suministra (W_m).

$$r = \frac{W_u}{W_m}$$

Evaluación

?

1. Nombra las formas de energía en que se divide la energía mecánica. ¿En qué consiste cada una?
2. Cita dos ventajas y dos inconvenientes de las fuentes de energía no renovables. A continuación, haz lo mismo con las fuentes de energía renovables.
3. Clasifica las siguientes fuentes de energía en no renovables o renovables.
biomasa — calor interno de la Tierra — petróleo — agua embalsada — materiales fisionables y fusionables — viento — agua del mar — carbón — gas natural — radiación solar
4. Se desea elevar un vaso de masa igual a 400 g a una altura de 50 cm para guardarlo en el armario. ¿Qué trabajo debemos realizar?
5. Calcula la potencia de una lavadora que realiza un trabajo de 1 557 000 J en 15 min.
6. ¿Cuál es la energía cinética de un automóvil de 975 kg que circula a una velocidad constante de 80,1 km/h?
7. ¿Cuál es la energía potencial gravitatoria de un cuerpo de 50 kg situado a 15 m sobre la superficie de la Tierra?
8. Desde el suelo se lanza una tiza de 10 g verticalmente hacia arriba con una velocidad de 24 m/s. Calcula la altura máxima que alcanza.
9. ¿En cuál de estas máquinas simples la fuerza motriz es igual a la fuerza resistente?
a) La palanca b) La polea c) El torno
10. A una máquina mecánica se le suministra un trabajo motor de 5 000 J. Una parte de éste, igual a 1 800 J, se consume en forma de trabajo pasivo. Determina el trabajo útil y el rendimiento.