TEMA

1

CEDE

TECNOLOGÍA

Desarrollo de los temas

Producción y transformación de las distintas formas de energía.

elaborado por
EL EQUIPO DE PROFESORES
DEL CENTRO DOCUMENTACIÓN

GUIÓN - ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

2. TIPOS DE ENERGÍA

3. CONSERVACIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE LA ENERGÍA

4. CLASIFICACIÓN DE LAS FUENTES DE ENERGÍA

5. FUENTES DE ENERGÍA NO RENOVABLES

5.1. Carbón
5.1.1. El carbón mineral
5.1.2. Problemas medioambientales del carbón
5.2. Petróleo
5.2.1. Problemas medioambientales del petróleo
5.2.2. Localización del petróleo
5.2.3. Proceso de refinado
5.3. Gases combustibles
5.4. Combustible nuclear
5.4.1. Problemas medioambientales de la energía nuclear

6. FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLES

6.1. La energía procedente del Sol
6.2. Biomasa
6.3. Océanos
6.4. Geotérmica
6.5. Eólica
6.6. Hidráulica

7. APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE LOS COMBUSTIBLES FÓSILES Y NUCLEAR

7.1. Centrales térmicas convencionales
7.2. Centrares térmicas nucleares

8. APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE LAS FUENTES RENOVABLES

8.1. Aprovechamiento de la energía solar
8.2. Aprovechamiento de la energía eólica
  8.2.1. Partes de un aerogenerador
8.3. Aprovechamiento de la energía oceánica
8.4. Aprovechamiento de la biomasa
  8.4.1. Residuos sólidos urbanos
  8.4.2. El compostaje
8.5. Aprovechamiento de la energía hidráulica
8.6. Aprovechamiento de a energía geotérmica

BIBLIOGRAFÍA

- ORTEGA, Mario (2007). **Energías Renovables**. Ed. Paraninfo.

- BARRERO, Fermín (2004). **Sistemas de Energía Eléctrica**. Ed. Paraninfo.

- ROLDÁN, José (2008). **Fuentes de Energía**. Ed. Paraninfo.

- MADRID, Vicente (2009). **Energías Renovables. Fundamentos, Tecnologías y Aplicaciones**. Ed. AMVediciones.

- **Artículos de Internet**.

COMENTARIO BIBLIOGRÁFICO

El libro de Ortega es un compendio de conocimientos teóricos y prácticos sobre las tecnologías energéticas renovables más consolidadas. Partiendo siempre de los conceptos de eficiencia y ahorro energético, y del respeto medioambiental, se presta atención a los posibles usos de la edificación y a las instalaciones centralizadas y descentralizadas de generación energética renovable.

El segundo libro Intenta dar una visión rigurosa y actualizada de los sistemas de generación, transporte y distribución de la energía eléctrica en alta tensión.

La obra de Roldán estudia el papel de todas las energías en el desarrollo, pero de forma especial, las energías alternativas (solar, eólica, hidráulica, biomasa y otras). El lector podrá conocer de forma sencilla y práctica todo aquello que se relaciona con la energía, destacando el conocimiento de los principales productos energéticos (renovables y no renovables), las energías alternativas, los procedimientos para la generación de electricidad.

El último libro estudia las energías sucias y las limpias desde un punto de vista técnico. En los primeros capítulos se abordan los siguientes temas: Qué es la energía y sus unidades de medida. Energía procedente de combustibles fósiles (petróleo, gas natural, carbón). Energía de fisión nuclear. Lluvia ácida, destrucción de la capa de ozono, efecto invernadero y cambio climático en general. La electricidad: generación y aplicaciones. En cuanto a las energías limpias, se estudia cada una de ellas con sus fundamentos, tecnologías y aplicaciones.

1. INTRODUCCIÓN

Si observamos a nuestro alrededor, veremos que la energía hace que las cosas sucedan. Si es de día, el Sol nos entrega energía en forma de luz y de calor. Si es de noche, los focos usan energía eléctrica para iluminar. Si ves pasar un coche, piensa que se mueve gracias a la gasolina, un tipo de energía almacenada. Nuestros cuerpos comen alimentos, que tienen energía almacenada. Usamos esa energía para jugar, estudiar... para vivir.

Desde una perspectiva científica, podemos entender la vida como una compleja serie de transacciones energéticas, en las cuales la energía es transformada de una forma a otra, o transferida de un objeto hacia otro.

Tomemos, como ejemplo, un manzano. El árbol absorbe luz (energía) de la radiación solar, convirtiendo la energía luminosa en energía potencial química almacenada en enlaces químicos. Luego utiliza esta energía para producir hojas, ramas y frutos. Cuando una manzana, *llena* de energía potencial química, se cae del árbol al suelo, su energía de posición (almacenada como energía potencial gravitacional) se transforma en energía cinética, la energía del movimiento, a medida que cae. Cuando la manzana golpea el suelo, la energía cinética se transforma en calor (energía calórica) y sonido (energía acústica). Cuando nos comemos la manzana, nuestro cuerpo transforma su energía química almacenada en movimiento para nuestros músculos...

Con las máquinas y las fuentes energéticas sucede lo mismo. El motor de un auto, por ejemplo, transforma la gasolina (que contiene energía química almacenada hace mucho tiempo por seres vivos) en calor. Luego transforma ese calor en, por ejemplo, energía cinética.

¿Qué tienen en común todos los ejemplos que hemos dado? Dos cosas: la transformación (de una energía en otra) y la transferencia (la energía pasa de un objeto hacia otro).

El principio crucial y subyacente en estas series de transformaciones de energía (y en todas las transacciones energéticas) es que la energía puede cambiar su forma, pero no puede surgir de la nada o desaparecer. Si sumamos toda la energía que existe después de una transformación energética, siempre terminaremos con la misma cantidad de energía con la que comenzamos, pese a que la forma puede haber cambiado.

Este principio es una de las piedras angulares de la física, y nos permite relacionar muchos y muy diversos fenómenos. ¿En qué se parecen una pelota de fútbol impulsa-

da por una patada, a la llama de una vela? ¿Cómo podemos comparar cualquiera de ellos con un balón de gas, o con el sándwich que te comiste al almuerzo? La energía cinética de la pelota, la energía calórica de la llama, la energía potencial química del gas y el sándwich pueden medirse y ser todas transformadas y expresadas en trabajo, *en hacer que algo suceda*.

Desde el punto de vista de la Física, la energía se define como **toda causa capaz de producir trabajo**. Trabajo y energía son dos conceptos muy similares y la unidad que los mide es el **julio**; pero para diferenciar uno y otra, emplearemos para medir la energía otra unidad que es el **vatio x segundo**. Vamos a demostrar de dónde se obtiene esta unidad. Sabemos que la potencia es **P = T / t**; despejando en esta expresión el trabajo, se obtiene que:

Trabajo = Energía = Potencia x tiempo

Poniendo esta expresión en su ecuación de dimensiones, es:

1julio = 1 vatio x 1 segundo

Como el vatio es una unidad de potencia muy pequeña, se emplea el kilovatio (KW) o el megavatio (MW). De la misma manera, el **W x s** es una unidad muy pequeña de energía y se usa con frecuencia el **kilovatio x hora**, cuya equivalencia es:

1 KW·h = 1.000 x 3.600 W·s = 3.600.000 W·s

Como resumen de lo comentado sobre las unidades, recordemos que cuando hablemos de julios lo haremos sobre trabajo, y cuando sea sobre vatios x segundo nos referiremos a energía.

Cuando hablamos de electricidad el concepto es el mismo, y la expresión para el cálculo de la energía eléctrica que consume un determinado aparato en función de la tensión en voltios, la corriente en amperios y el tiempo en segundos, es:

$$E = V \cdot I \cdot t$$

2. TIPOS DE ENERGÍA

La energía la podemos observar de diferentes formas y, dependiendo de la manera de manifestarse, así la denominamos. Hay energía luminosa, sonora, eléctrica, etc., que corresponden a la forma en que nosotros la percibimos. En este apartado hablaremos únicamente de las energías más importantes desde el punto de vista de la Tecnología.

• **Energía mecánica.** Es la que hace referencia al movimiento, o posibilidad de él, de los cuerpos y a las fuerzas que provocan éste. Podemos diferenciar dos formas de energía mecánica.

– **Energía cinética.** Es la que se refiere al movimiento en un instante concreto, y su expresión matemática es:

$$E_c = ½ \cdot m \cdot v^2$$

En esta expresión **m**, es la masa del cuerpo y **v** es la velocidad a la que se desplaza el cuerpo.

– **Energía potencial.** Hace referencia a la posibilidad de que un cuerpo tenga energía como consecuencia de estar situado a una determinada altura y ser sometido a la atracción del campo gravitatorio terrestre. La expresión matemática de la energía potencial es:

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

En la que **m** es la masa del cuerpo, **g** es la aceleración de la gravedad, cuyo valor es 9,8 m/s^2, y **h** es la altura a la que está situado el cuerpo.

• **Energía térmica.** Es la energía que hace referencia a la transferencia de calor de un cuerpo con su entorno. Evidentemente, para que se transfiera calor es preciso que exista una diferencia de temperaturas entre éste y su alrededor. La expresión que nos da la transferencia de calor de un cuerpo es:

$$Q = m \cdot C_e \cdot \Delta t$$

En la que **m** es la masa del cuerpo, C_e es el calor específico, que es una constante característica de cada materia y Δt es la diferencia de temperatura desde el estado inicial al final.

Cuando se habla de energía térmica se emplea como unidad la **caloría**, cuya equivalencia es:

$$1\ W \cdot s = 1\ J = 0{,}24\ cal$$

La caloría se define como la cantidad de calor que hay que suministrar a 1 gr de agua para elevar su temperatura 1°C. Esta unidad suele ser muy pequeña para el uso industrial y se emplea con frecuencia la kilocaloría, cuya equivalencia es:

1 kcal = 1.000 cal

• **Energía eléctrica.** Está asociada a la circulación o acumulación de cargas eléctricas. Podemos decir que la energía que consume un receptor de corriente es el producto de la tensión a la que está conectado el aparato, la intensidad de corriente que circula y el tiempo que está conectado:

Energía = tensión · intensidad · tiempo

• **Energía química.** Hace referencia a la energía que se origina en determinados elementos químicos como consecuencia de las fuerzas de enlace que existen entre sus moléculas y átomos. Fundamentalmente se encuentra en los combustibles, explosivos y alimentos.

• **Energía nuclear.** Se refiere a la energía acumulada en el interior de los núcleos de los átomos de la materia y se manifiesta cuando éstos se rompen o se unen. La energía que se libera en una reacción nuclear viene expresada por la famosa fórmula de Albert Einstein:

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

En la que **m** es la masa del cuerpo que se transforma, expresada en kg, y **c** es la velocidad de la luz, cuyo valor es 3×10^8 m/s.

De la expresión de Einstein se deduce que con una pequeña masa, al ser la velocidad de la luz muy grande y estar elevada al cuadrado, se libera gran cantidad de energía.

• **Energía radiante.** Se refiere a la que poseen las ondas electromagnéticas del tipo ultravioleta, infrarroja, ondas de radio, etc. El Sol es una fuente inagotable de energía radiante gracias a la cual se pueden calentar cuerpos expuestos a su radiación (se estima una densidad de radiación superior a los 1.000 W/m^2), además de poderla aprovechar para producir directamente electricidad por medio de las células fotovoltaicas.

3. CONSERVACIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE LA ENERGÍA

Es muy conocida la frase **la energía ni se crea ni se destruye, solamente se transforma**. Vamos a poner un sencillo ejemplo para comprenderlo mejor: supongamos un cohete de pirotecnia en el que su cartucho tiene una determinada cantidad de pólvora y, como ya comentamos con anterioridad, acumula en esa materia una cierta cantidad de energía, en este caso química. Cuando se enciende la mecha, el cohete se eleva (parte de la energía química se convierte en mecánica para producir el movimiento de elevación, y también térmica, sonora y luminosa), a continuación explota produciendo energía sonora y luminosa. La energía química de la pólvora se ha convertido en otros tipos energía, de manera que la suma de la energía mecánica, térmica, sonora y luminosa ha de ser igual a la energía química de la pólvora. A esta afirmación sobre la conservación de la energía se la denomina **primer principio de la Termodinámica** (ciencia que estudia las transformaciones de la energía).

TABLA DE CONVERSIÓN DE ENERGÍAS	
Energía térmica	Mecánica: al accionar las turbinas en las centrales térmicas. Química: a través del mecanismo de regulación de la temperatura del cuerpo.
Energía eléctrica	Mecánica: en los motores eléctricos. Química: en los procesos de electrólisis. Térmica: a través de las resistencias eléctricas. Luminosa: en las bombillas.
Energía química	Mecánica: en los seres vivos a través de los alimentos. Térmica: en la ignición de los combustibles y explosivos. Eléctrica: en las baterías.
Energía nuclear	Térmica: en las reacciones nucleares.
Energía mecánica	Eléctrica: en los generadores de electricidad. Térmica: por el rozamiento entre piezas que friccionan.
Energía radiante	Eléctrica: en las células fotovoltaicas. Térmica: en el calentamiento de los cuerpos. Química: en las plantas por la fotosíntesis.

La afirmación arriba mencionada conviene matizarla en el sentido de que no toda la energía aportada a un sistema se transforma en energía útil, es decir, en producir trabajo aprovechable. Por ejemplo, en un coche, parte de la energía que se libera en la combustión de la gasolina se emplea en mover el automóvil, pero otra parte se disipa en forma de calor y en vencer el rozamiento del aire, de las ruedas sobre el asfalto, el que existe entre las diferentes piezas que rozan entre sí...

Este desperdicio de energía es el que indica la eficacia de una máquina, de forma que cuanto menor sea la energía disipada, mayor será el rendimiento de la máquina. La

relación entre el trabajo útil realizado y la energía suministrada a la máquina se llama rendimiento térmico.

4. CLASIFICACIÓN DE LAS FUENTES DE ENERGÍA

Con las diversas fuentes de energía pueden realizarse varias clasificaciones:

• ***Atendiendo al origen de la energía*** puede distinguirse entre las que su origen está en el núcleo y corteza terrestre, y aquéllas cuyo origen está fuera del planeta.

– **Energía con origen en la Tierra**

· **Geotérmica:** por flujos caloríficos desde el interior del planeta.

· **Nuclear:** por los procesos de desintegración nuclear o reacciones nucleares.

· **Química:** por la diferencia energética entre los agregados atómicos y los átomos individualmente considerados o formando otras combinaciones.

– **Energía con origen fuera de la Tierra**

· **Gravitacional**, fundamentalmente por la Luna, agente principal en las mareas.

· **Solar**, que a su vez puede tener distintas formas:

a) Energía radiante directa y almacenada fotosintéticamente en la biomasa primaria.

b) Energía radiante directa y almacenada geológicamente en forma de combustibles fósiles: carbón, gas natural y petróleo.

c) Energía radiante inducida o indirecta, como es la eólica o la asociada al oleaje.

• ***Atendiendo a su renovación***, cabe distinguir entre:

– **Renovables:** Hidráulica, eólica, solar, biomasa y oceánica.
– **No renovables:** Carbón, petróleo, gas natural, geotérmica y nuclear.

• ***Según una diferenciación basada en la utilidad inmediata***, cabe distinguir entre:

– **Energía primaria**, que se obtiene directamente de la Naturaleza antes de cualquier transformación por medios técnicos, como es el carbón, petróleo, hidráulica, gas natural, solar, eólica, mareomotriz, etc...

– **Energía secundaria**, que se obtiene al realizar sobre la energía primaria operaciones de extracción y de transformación (cadenas energéticas), hasta obtener una energía apta para ser aplicada de la forma deseada.

Vamos a basarnos en el concepto de renovabilidad para proceder a su explicación.

5. FUENTES DE ENERGÍAS NO RENOVABLES

Se denominan así aquellas fuentes de energía que se han formado a lo largo de épocas geológicas pasadas y como consecuencia de condiciones geológicas determinadas. Su condición de no renovables les viene dado por el hecho de que una vez liberada la energía que contienen deberían transcurrir miles de años para que volvieran a generarse. Se dice de estas fuentes que son combustibles porque generalmente se las ha utilizado y se las utiliza como tales.

5.1. CARBÓN

Con el nombre genérico de carbón se designa a un combustible de origen mineral o vegetal, de color negro o pardo muy oscuro, cuyo componente fundamental es el carbono. El carbón vegetal se obtiene por destilación de la madera a temperaturas superiores a los 400°C, obteniéndose un producto duro y ligero (densidad de 0,3 kg/dm^3), muy rico en carbono, que se inflama con facilidad, con un poder calorífico del orden de 8.000 kcal/kg. Aparte del carbón vegetal, en el proceso se obtiene una serie de subproductos como el ácido piroleñoso del que se extrae acetona, alcohol metílico...

El proceso industrial para la obtención del carbón vegetal consiste en introducir la madera, previamente cortada, en hornos cerrados llamados retortas, de sección semi-troncocónica, donde se calienta la madera en ausencia del aire. En países de gran masa forestal se elabora en carboneras, que son montones de leña recubierta de barro en la que el calor necesario para la destilación se produce por la combustión incompleta de la propia leña, aunque en la actualidad se están empleando carboneras portátiles que se desplazan sobre vehículos hasta el lugar de la tala de la leña.

En general, se puede afirmar que las maderas duras producen un carbón vegetal de mayor poder calorífico que el producido por las maderas blandas.

5.1.1. El carbón mineral

El carbón se formó, principalmente, cuando los extensos bosques de helechos y equisetos gigantes que poblaban la Tierra hace unos 300 millones de años, en el periodo Carbonífero de la era Paleozoica, morían y quedaban sepultados en los pantanos en los que vivían. Al ser el terreno una mezcla de agua y barro muy pobre en oxígeno, no-se producía la putrefacción habitual y, poco a poco, se fueron acumulando grandes cantidades de plantas muertas.

Con el tiempo nuevos sedimentos cubrían la capa de plantas muertas, y por la acción combinada de la presión y la temperatura, la materia orgánica se fue convirtiendo en carbón.

La acumulación de carbón se efectuó en forma de capas de espesor y profundidad muy variable, lo que hace que existan explotaciones carboníferas a ciclo abierto o en mina. Los yacimientos cuya beta es de poco espesor, inferior a 30 cm, no son rentables para su explotación industrial, mientras que las betas de gran espesor, entre 20 y 30 m, resulta difícil por el peligro de derrumbamiento y el coste de la (armaduras de madera que se instalan en el interior de la mina para impedir el derrumbe).

Dependiendo del tiempo transcurrido desde la carbonización de los residuos fósiles hasta hoy, se pueden encontrar cuatro tipos de carbón mineral, que van desde el más antiguo y mayor poder calorífico, la antracita, al más joven y de menor poder calorífico, la turba.

- **La antracita:** es el carbón más antiguo, compuesto por 90% de carbono y un 6-8% de materias volátiles, que arde con dificultad, con una llama de color azul anaranjado, y tiene una gran potencia calorífica (8.000 kcal/kg). Es de color negro brillante, aspecto resinoso y no mancha los dedos al tocarlo.

- **La hulla:** es un carbón formado en la mitad y finales de la era Primaria, con un poder calorífico de unas 7.000 kacl/kg y un contenido en carbono del 85%, que se formó en zonas de ambiente húmedo y cálido, que posteriormente fueron cubiertas por aluviones, por lo que es frecuente encontrar acumulaciones de hulla en las proximidades de las grandes cadenas montañosas. Además, es frecuente que estos depósitos de carbón se encuentren desplazados de su situación de origen, provocado por las deformaciones tectónicas producidas en zonas de alta actividad geológica del Primario, razón por la que las betas de carbón se encuentren muy deformadas y quebradas. Esta peculiaridad hace que muchas de las explotaciones de hulla resulten de difícil explotación.

La distribución de los yacimientos de hulla es muy irregular, aunque la mayoría de las reservas se encuentran en América del Norte y en la antigua URSS y China, que cuentan con un 70% del total de las reservas mundiales. En Europa, principalmente en Inglaterra, Polonia y Alemania, se calcula que hay un 15% y el restante 15% está muy irregularmente repartido en países como India, Japón, Sudáfrica, Francia, España (Asturias, León, Córdoba)...

Las explotaciones hulleras pueden encontrarse a cielo abierto o a varios cientos de metros de profundidad. En el primer caso, la extracción, al ser un material blando, se efectúa con grandes máquinas excavadoras, mientras que en el segundo caso es preciso efectuar grandes pozos verticales de los que lateralmente salen las galerías de extracción.

Cuando la explotación se efectúa en forma de mina, la extracción se realiza por medio de martillos neumáticos, siendo preciso instalar unos complejos sistemas de ventilación, no solamente para facilitar la respiración de los mineros, sino para eliminar la posible formación de gas grisú (gas muy inflamable, más ligero que el aire, compuesto principalmente por metano, que se desprende en el arranque del carbón al entrar en contacto la superficie de éste con la atmósfera).

El carbón de hulla se emplea principalmente como combustible en las centrales térmicas de producción de electricidad y para la obtención del carbón de coque, usado en la industria siderúrgica (se obtiene por combustión incompleta de la hulla, en ausencia de aire, lográndose un producto prácticamente libre de materias volátiles y alto poder calorífico). Su empleo para alimentar las máquinas de vapor, uso doméstico y producción de gas ciudad, que en el siglo pasado fue el principal mercado, ha quedado prácticamente en desuso y en la actualidad se emplea únicamente como combustible en los altos hornos.

• **El lignito:** es un carbón de color negro o pardo, de poder calorífico inferior a las 7.000 kcal/kg, con un contenido en carbono próximo al 50% y gran contenido de humedad y materias volátiles, formado en la era Secundaria o Terciaria. Debido a la escasa sedimentación que se produce en su formación, muchos de los yacimientos de lignito están a cielo abierto, lo que a pesar de su desventaja energética respecto a la hulla, en muchas ocasiones es rentable su explotación.

Su principal aplicación es como combustible en las centrales térmicas de producción de electricidad, además de poder obtener determinados productos de sus residuos volátiles en la industria petroquímica, e incluso se ha fabricado coque de lignito para los altos

hornos. En España se estima unas reservas próximas a los 800 millones de toneladas, que se encuentran en los yacimientos de Teruel, de baja calidad (poder calorífico de 3.000 kcal/kg), y en Cataluña, de mayor calidad.

• **La turba:** es un carbón de color negruzco, ligero y poroso, de un contenido en carbono inferior al 50% y con un poder calorífico inferior a tas 2.000 kcal/kg, debido a un menor proceso de carbonización, era Terciaria, y se encuentra en zonas pantanosas con gran contenido en agua. Una vez secado se emplea fundamentalmente como base para la elaboración de abono.

El dato más relevante a la hora de la elección de un determinado tipo de carbón es la potencia calorífica, que es la cantidad de calorías que desprende 1 kg de materia desde el principio de la combustión hasta que ésta se enfría a la temperatura ambiente.

5.1.2. Problemas medioambientales del carbón

La minería del carbón y su combustión causan importantes problemas ambientales y tienen también consecuencias negativas para la salud humana.

Las explotaciones mineras a cielo abierto tienen un gran impacto visual y los líquidos que de ellas se desprenden suelen ser muy contaminantes. En la actualidad en los países desarrollados, las compañías mineras están obligadas a dejar el paisaje restituido cuando han terminado su trabajo. Lo normal suele ser que conforme van dejando una zona vacía al extraer el mineral, la rellenen y reforesten para que no queden a la vista los grandes agujeros, las tierras removidas y las acumulaciones de derrubios de ganga que, hasta ahora, eran la herencia típica de toda industria minera. También es muy importante controlar y depurar el agua de lixiviación, es decir el agua que, después de empapar o recorrer las acumulaciones de mineral y derrubios, sale de la zona de la mina y fluye hacia los ríos o los alrededores. Éste agua va cargada de materiales muy tóxicos, como metales pesados y productos químicos usados en la minería, y es muy contaminante, por lo que debe ser controlada cuidadosamente.

En el proceso de uso del carbón también se producen importantes daños ambientales porque al quemarlo se liberan grandes cantidades de gases que contienen óxidos de azufre, nitrógeno y carbono, y son responsables de efectos tan nocivos como la lluvia ácida, el efecto invernadero, la formación de smog, etc.

5.2. PETRÓLEO

Al igual que el carbón, el petróleo es un producto de origen fósil, formado por una mezcla compleja de hidrocarburos. Es de consistencia muy viscosa, más ligero que el agua (densidad alrededor de 0,8 a 0,95 kg/dm^3), de color negro o pardo muy oscuro y olor penetrante.

El petróleo y el gas natural se forman cuando grandes cantidades de microorganismos acuáticos mueren y son enterrados entre los sedimentos del fondo de estuarios y pantanos, en un ambiente muy pobre en oxígeno. Cuando estos sedimentos son cubiertos por otros que van formando estratos rocosos que los recubren, aumenta la presión y la temperatura y, en un proceso poco conocido, se forman el petróleo y el gas natural. Este último se forma en mayor cantidad cuando las temperaturas de formación son más altas.

El petróleo y el gas, al ser menos densos que la roca, tienden a ascender hasta quedar atrapados debajo de rocas impermeables, formando grandes depósitos en las llamadas **trampas geológicas**, a profundidades que oscilan entre los 7.000 y los 15.000 metros.

Las bolsas de petróleo formadas suelen estar flotando en agua salada y sobre él, una capa de hidrocarburos gaseosos, cuya capacidad es muy variable, siendo este parámetro, junto con la profundidad del yacimiento, los factores que determinan la posible explotación industrial.

Se puede encontrar petróleo y gas natural en todos los continentes distribuidos de forma muy irregular. Enormes campos petrolíferos que contienen alrededor de la mitad del petróleo mundial se encuentran en el Oriente Próximo. También existen grandes cantidades de petróleo en el Golfo de México, Mar del Norte y el Ártico (tanto en Alaska como en Rusia). Se piensa que debe haber notables reservas en las plataformas continentales, aunque por diversos problemas la mayoría de ellos no están todavía localizados y explotados.

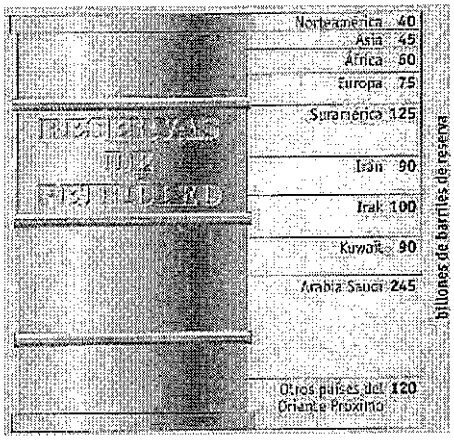

Figura 1.1

Es muy difícil estimar para cuantos años tenemos petróleo y gas natural. Es difícil hacer este cálculo porque depende de muchas variables desconocidas.

Según diversos estudios, en 2002 quedaban en el mundo entre 990.000 millones y 1,1 billones de barriles de crudo por extraer. Esto significa que al ritmo actual de consumo mundial estas reservas se agotarían hacia el año 2043, fecha que podría ser más cercana si el consumo de energía aumentara, como se prevé que ocurra por parte de los países en vías de desarrollo. Sin embargo, estas previsiones no incluyen el hallazgo de nuevos pozos o la posibilidad de extraer petróleo de zonas que en la actualidad son consideradas reservas naturales y, por lo tanto, no perforables.

5.2.1. Problemas medioambientales del petróleo

Estos combustibles causan contaminación tanto al usarlos como al producirlos y transportarlos.

Uno de los problemas más estudiados en la actualidad es el que surge de la inmensa cantidad de CO_2 que estamos emitiendo a la atmósfera al quemar los combustibles fósiles. Este gas tiene un importante efecto invernadero y se podría estar provocando un calentamiento global de todo el planeta con cambios en el clima que podrían ser catastróficos.

Otro impacto negativo asociado a la quema de petróleo y gas natural es la lluvia ácida, en este caso no tanto por la producción de óxidos de azufre, como en el caso del carbón, sino sobre todo por la producción de óxidos de nitrógeno.

Los daños derivados de la producción y el transporte se producen sobre todo por los vertidos de petróleo, accidentales o no, y por el trabajo en las refinerías.

5.2.2. Localización del petróleo

La localización de los yacimientos de petróleo entraña grandes dificultades que requieren fuertes inversiones económicas y, alto conocimiento de técnicas específicas, lo que hace que su explotación esté casi siempre en manos de los países desarrollados. El primer paso es localizar zonas de rocas sedimentarias que se hayan formado en medios acuáticos y en un ambiente físico y químico propicio, y una vez localizada la zona, se efectúan pruebas físicas, que pueden ser magnéticas, sísmicas e incluso perforaciones.

Las pruebas magnéticas se inician con un avión que sobrevuela la zona captando las distorsiones de la susceptibilidad magnética de las rocas, localizándose perturbaciones del te-

rreno donde pueden existir *trampas geológicas* en las que se acumule el petróleo. Los métodos sísmicos se basan en la creación de ondas artificiales por medio de explosivos, que son reflejadas por tas diferentes capas del terreno y recogidas en unos detectores situados en la superficie. Cuando el resultado de los métodos citados es satisfactorio se inician las perforaciones, que en definitiva van a ser las que localicen con exactitud la ubicación de la bolsa de petróleo.

Una vez localizado el yacimiento, se procede a la perforación de los pozos para su extracción. Por lo general, el método más empleado para la perforación de los pozos es el llamado **rotary**, que consiste en ir clavando un tubo que lleva en un extremo un trépano formado por tres muelas dentadas y giratorias o por abrasivo de diamante que van rompiendo el terreno. Este tubo de perforación va roscado en el otro extremo de forma que se puedan ir empalmando tubos a medida que va progresando la perforación hasta llegar al tubo de arrastre, ya en el exterior.

Cuando se comienza la perforación y el peso de los tubos no es suficiente para que el trépano trabaje con eficacia, se emplean tubos más gruesos, e incluso lastrados con pesos supletorios, para lograr la fuerza de penetración necesaria. Una vez que se lleva perforada una cierta profundidad, se entiba el taladro con tubos de acero con el fin de garantizar la consistencia de las paredes y evitar que se produzcan derrumbamientos en el interior.

Cuando el trépano entra en la bolsa donde está depositado el petróleo es frecuente que se produzca una primera emanación de hidrocarburos gaseosos, pero si su volumen no es suficientemente grande, se queman en la propia planta de perforación. La presión interior hace que el petróleo fluya hasta la superficie a través de una serie de tuberías, llamadas árbol de Navidad por su forma arborescente, y es conducido hasta los primeros depósitos de almacenaje, donde se produce una primera separación de gases y petróleo. Debido a la presión interior es posible obtener un 20-30% del total de la bolsa, pero cuando esta presión disminuye, se procede a inyectar gases procedentes de la propia explotación o agua, lográndose extraer hasta el 60-70%. Por último, para poder extraer casi la totalidad del crudo se efectúa el bombeo hasta la superficie, en la que el primer proceso es la separación del gas, que normalmente se quema para, a continuación, separar el crudo del agua, de forma que una vez depurado de las primeras impurezas se almacena en grandes depósitos, de hasta 100.000 metros cúbicos, desde donde se distribuye.

Como ya se ha comentado anteriormente, el coste de las instalaciones petrolíferas es muy elevado y, en muchas ocasiones, los países en los que se encuentra el crudo no disponen de capital y tecnología suficiente, por lo que en la mayoría de las ocasiones las explotaciones están en manos de grandes empresas multinacionales. Estas circunstancias hacen que en muchos casos las operaciones posteriores no se efectúen en los propios pozos, sino que el crudo

es conducido a través de oleoductos, también llamados **pipe line**, a los puertos de mar más próximos, donde es embarcado en grandes barcos petroleros a las refinerías de todo el mundo.

5.2.3. Proceso de refinado

El crudo extraído del pozo no tiene aplicación industrial y es necesario someterlo a un proceso químico de destilación fragmentada continua, llamado refino. Este método consiste en un calentamiento del petróleo crudo a 360°C, donde se produce la primera destilación (**topping**), y a continuación, el petróleo pasa a la torre de fragmentación, donde en los platillos se separan los diferentes productos según su densidad.

En la figura 1.2 se pueden observar los diferentes productos que se obtienen en este proceso. Por la parte superior se extraen gases combustibles como el metano, propano y butano, además de obtenerse hidrógeno para usos industriales. En la parte central se obtienen combustibles líquidos como las gasolinas para vehículos, supercarburantes, gasolinas para motores de explosión de aviones, disolventes, naftas y queroseno (combustibles empleados en algunos motores de reacción), gas-oil para motores de compresión. Por la parte inferior se extraen productos pesados como el fuel-oil para motores pesados, quemadores de centrales térmicas y calefacción, aceites para lubricación, parafinas (aditivo para papel de envolver alimentos, cosmética, preparación de muestras para microscopio, etc.), betunes y asfaltos para las carreteras, e incluso, como último residuo, se obtiene un coque para la industria siderúrgica.

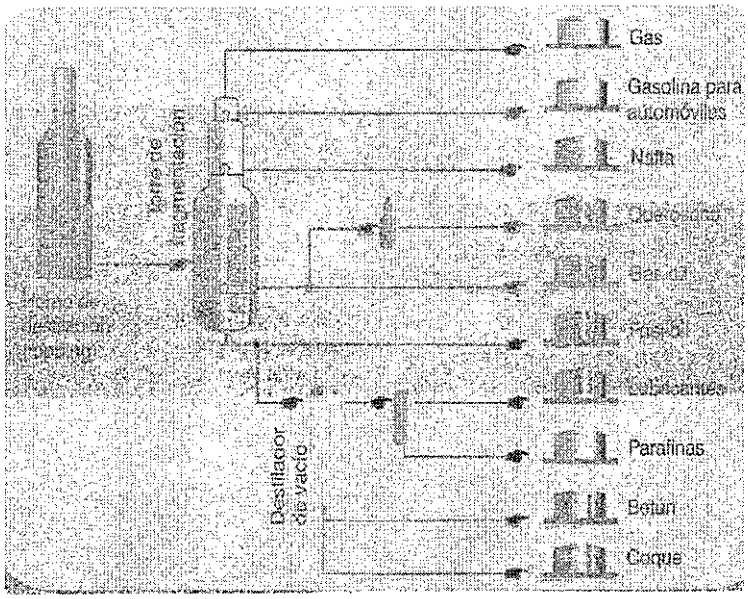

Figura 1.2

Al igual que comentábamos con los carbones, el poder calorífico de los derivados del petróleo es un dato de suma importancia. En la tabla siguiente se indica el poder calorífico de algunos valores de combustibles líquidos empleados en la industria en cal/Kg.

Combustible	P_c	combustible	P_c
Alcohol	7.000	Gasolina	10.500
Benzol	10.000	Nafta	9.500
Fuel-oil	9.000	Gas-oil	10.700

5.3. LOS GASES COMBUSTIBLES

La inestabilidad del mercado del petróleo, así como lo limitado de las reservas existentes, ha provocado que el empleo de los gases combustibles tenga cierto auge en la actualidad. En España, como resultado del convenio de suministro con Argelia y la construcción del gasoducto que une este país con el resto de la Península, se está produciendo un fuerte incremento en la demanda de gas natural en detrimento de los combustibles derivados del petróleo.

Los gases combustibles más empleados son: el gas natural, los gases licuados procedentes de la destilación del petróleo (G.L.P.) como el propano y el butano, y en mucha menor medida el gas de hulla y el gas de carbón.

El gas natural es una mezcla compleja de hidrocarburos, fundamentalmente metano, propano y etano, además de otras impurezas, que, al igual que el petróleo, se formó como consecuencia de la acumulación de detritos orgánicos. Se encuentra encerrado en trampas geológicas en el subsuelo, en forma de grandes bolsas o, como se ha comentado anteriormente, sobre el petróleo. La explotación industrial del gas natural se efectúa cuando el yacimiento se encuentra en forma de bolsas, ya que en el procedente de los yacimientos del petróleo suele tener escaso volumen y está más contaminado.

La localización de los yacimientos de gas natural es similar al del petróleo y sus reservas se calcula que son superiores a las de este último. La explotación industrial del gas natural ha permanecido latente durante muchos años debido a la dificultad que entrañaba su transporte a largas distancias, pero no así en la actualidad, como consecuencia del conocimiento y desarrollo de las técnicas de licuación, además de la posibilidad de construir las grandes conducciones a precios competitivos. La licuación de! gas natural se produce enfriando a –80/90°C y sometiéndolo a presiones de 40/50 kg/cm^2, con lo que se consigue reducir alrededor de 500/600 veces, y de esta forma se puede conducir por los gasoductos o en grandes barcos, llamados metaneros, hasta las plantas de almacenamiento. Una vez almacenado, es preciso

regasificarlo para poder hacer la distribución hasta los puntos de consumo, que a pesar de tener grandes pérdidas en el tratamiento, este combustible ofrece grandes ventajas sobre otros derivados del petróleo (mucho menos contaminante).

Los gases licuados del petróleo se obtienen de la destilación del petróleo, y los de mayor demanda son el propano y el butano. El primero, de fórmula C_3H_3, es un gas de alto poder calorífico (24.000 kcal/m^3), se licúa a –45°C, lo que permite embasarlo fácilmente. Se comercializa en botellas de acero con un peso neto de 11 y 35 kg, o también a granel, suministrado por camiones cisterna hasta los puntos de consumo, donde se ubican los depósitos de almacenamiento, desde los que, por medio de tuberías, se distribuye a las diferentes zonas de consumo. El butano, de fórmula C_4H_{10}, es un gas que en España se comercializa mezclado con propano en botellas de 12,5 kg de peso neto, además de adicionarle un odorizante con el fin de poder detectar posibles fugas en las instalaciones. Su poder calorífico es mayor que el del propano, del orden de 28.000 kcal/m^3, y su empleo está destinado al uso doméstico.

En la tabla siguiente se indica el poder calorífico de algunos valores de gases empleados en cal/Kg.

Gas	P_C	Gas	P_C
Acetileno	12.000	Gas natural	11.400
Butano	11.800	Gas de hulla	8.000
Metano	13.200	Propano	11.600

5.4. COMBUSTIBLE NUCLEAR

Desde el punto de vista de la energía desprendida en las reacciones nucleares, podemos diferenciar dos tipos de éstas:

- **Reacciones de fisión.** Se utiliza principalmente el uranio como combustible. En concreto se usa el isótopo 235 del uranio que es sometido a fisión nuclear en los reactores. En este proceso el núcleo del átomo de uranio (U-235) es bombardeado por neutrones y se rompe originándose dos átomos de un tamaño aproximadamente mitad del de uranio y liberándose dos o tres neutrones que inciden sobre átomos de U-235 vecinos, que vuelven a romperse, originándose una reacción en cadena.

  La fisión controlada del U-235 libera una gran cantidad de energía que se usa en la planta nuclear para convertir agua en vapor. Con este vapor se mueve una turbina que genera electricidad.

El mineral de uranio se encuentra en la naturaleza en cantidades limitadas. Es por tanto un recurso no renovable. Suele hallarse casi siempre junto a rocas sedimentarias. Hay depósitos importantes de este mineral en Norteamérica (27,4% de las reservas mundiales), África (33%) y Australia (22,5%).

El mineral del uranio contiene tres isótopos: U-238 (9928%), U-235 (0,71%) y U-234 (menos que el 0,01%). Dado que el U-235 se encuentra en una pequeña proporción, el mineral debe ser enriquecido (purificado y refinado), hasta aumentar la concentración de U-235 a un 3%, haciéndolo así útil para la reacción.

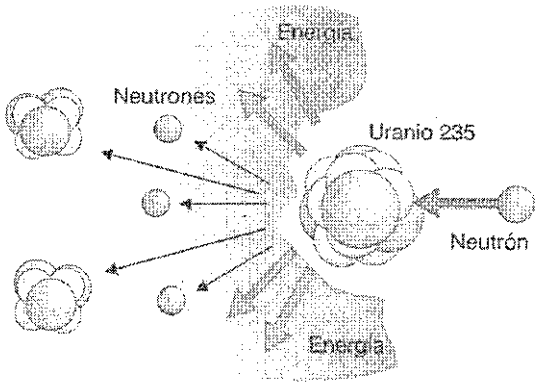

Figura 1.3

El uranio que se va a usar en el reactor se prepara en pequeñas pastillas de dióxido de uranio de unos milímetros, cada una de las cuales contiene la energía equivalente a una tonelada de carbón.

El Uranio 238, que es el principal componente del mineral uranio y además es un subproducto de la fisión del U-235, puede ser convertido en Plutonio, Pu-239, un isótopo artificial que es fisionable y se puede usar como combustible. De esta forma se multiplica por mucho la capacidad de obtener energía del uranio.

• **Reacciones de fusión.** Se parte de un átomo de deuterio (isótopo del hidrógeno) y otro de tritio (isótopo del litio), que se unen para formar uno nuevo átomo, más pesado, de helio con gran desprendimiento de energía. Este tipo de reacciones son las que se están produciendo en el sol y en el resto de las estrellas, emitiendo gigantescas cantidades de energía. Además es un proceso que, en principio, produce muy escasa contaminación radiactiva. La principal dificultad es que estas reacciones son muy difíciles de controlar porque se necesitan temperaturas de decenas de millones de grados centígrados para inducir la fusión y todavía, a pesar de que se está investigando con mucho interés, no hay reactores de fusión trabajando en ningún sitio.

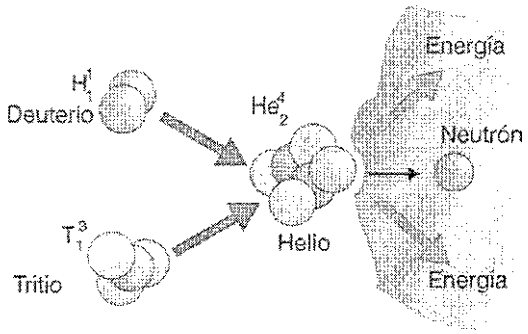

Figura 1.4

5.4.1. Problemas medioambientales de la energía nuclear

Una de las ventajas que los defensores de la energía nuclear le encuentran es que es mucho menos contaminante que los combustibles fósiles. Comparativamente las centrales nucleares emiten muy pocos contaminantes a la atmósfera.

Los que se oponen a la energía nuclear argumentan que el hecho de que el carbón y, en menor medida el petróleo y el gas, sean sucios no es un dato a favor de las centrales nucleares. Que lo que hay que lograr es que se disminuyan las emisiones procedentes de las centrales que usan carbón y otros combustibles fósiles, lo que tecnológicamente es posible, aunque encarece la producción de electricidad.

En una central nuclear que funciona correctamente la liberación de radiactividad es mínima y perfectamente tolerable ya que entra en los márgenes de radiación natural que habitualmente hay en la biosfera.

El problema ha surgido cuando han ocurrido accidentes en algunas de las más de 400 centrales nucleares que hay en funcionamiento. Una planta nuclear típica no puede explotar como si fuera una bomba atómica, pero cuando por un accidente se producen grandes temperaturas en el reactor, el metal que envuelve al uranio se funde y se escapan radiaciones. También puede escapar, por accidente, el agua del circuito primario, que está contenida en el reactor y es radiactiva, a la atmósfera.

La probabilidad de que ocurran estos accidentes es muy baja, pero cuando suceden sus consecuencias son muy graves, porque la radiactividad produce graves daños. Y, de hecho ha habido accidentes graves.

Otro grave problema de este tipo de combustible es el almacenamiento de los residuos radiactivos. Con los adelantos tecnológicos y la experiencia en el uso de las centrales nuclea-

res, la seguridad es cada vez mayor, pero un problema de muy difícil solución permanece: el almacenamiento a largo plazo de los residuos radiactivos que se generan en las centrales, bien sea en el funcionamiento habitual o en el desmantelamiento, cuando la central ya ha cumplido su ciclo de vida y debe ser cerrada.

6. FUENTES DE ENERGÍAS RENOVABLES

Son fuentes de energía renovables aquellas que por más que se utilice siempre, vuelven a estar disponibles para su utilización.

6.1. LA ENERGÍA PROCEDENTE DEL SOL

La energía que procede del sol es fuente directa o indirecta de casi toda la energía que usamos. Los combustibles fósiles existen gracias a la fotosíntesis que convirtió la radiación solar en las plantas y animales de las que se formaron el carbón, gas y petróleo. El ciclo del agua que nos permite obtener energía hidroeléctrica es movido por la energía solar que evapora el agua, forma nubes y las lleva tierra adentro donde caerá en forma de lluvia o nieve. El viento también se forma cuando unas zonas de la atmósfera son calentadas por el sol en mayor medida que otras.

A la Tierra llega únicamente una pequeña cantidad del total de la enorme cantidad de energía que emite el Sol en forma de radiaciones luminosas y de calor (rayos y, infrarrojos, ultravioleta, etc), que depende de la órbita terrestre. Efectivamente, en el punto más cercano al Sol, el 3 de enero, la intensidad solar que incide en la Tierra llega a ser de 1.400 MW/km^2, mientras que en el punto más alejado, el día 4 de julio, desciende a 1.300 MW/km^2. Esta energía es filtrada por la atmósfera, de forma que los rayos infrarrojos son absorbidos en parte por la capa de ozono, situada a 50 km de altura, también los ultravioleta son parcialmente disipados por el vapor de agua y el dióxido de carbono y los rayos y por el propio polvo de la atmósfera y las moléculas de aire. El conjunto de todas estas filtraciones hace que a la superficie de la Tierra llegue una radiación de unos 1.000 MW/km^2 dependiendo de la estación del ano, de la latitud, la hora del día, las nubes, etc. A pesar de todas estas pérdidas, la energía que incide en la Tierra en un período de 15 días es equivalente a las reservas de carbón, petróleo y gas existentes en el planeta.

Con el fin de poder aprovechar parte de esta energía, el hombre ha diseñado una serie de elementos técnicos, que aunque en la actualidad son de un rendimiento bajo, en determinados casos comienzan a ser rentables.

6.2. BIOMASA

Se entiende por biomasa la suma de todos los seres vivos que habitan en un determinado lugar y su valor se suele expresar en toneladas por unidad de superficie (en la tierra) o de volumen (en el mar), dependiendo del medio al que se refiera.

La biomasa es la fuente de energía más importante en términos de cantidad, ya que aproximadamente supone un 55% de la producción de energía dentro del grupo de las renovables.

La biomasa incluye la madera, plantas de crecimiento rápido, algas cultivadas, restos de animales, etc. Es una fuente de energía procedente, en último lugar, del sol, y es renovable siempre que se use adecuadamente.

La biomasa puede ser usada directamente como combustible. Alrededor de la mitad de la población mundial sigue dependiendo de la biomasa como fuente principal de energía. El problema es que en muchos lugares se está quemando la madera y destruyendo los bosques a un ritmo mayor que el que se reponen, por lo que se están causando graves daños ambientales: deforestación, pérdida de biodiversidad, desertificación, degradación de las fuentes de agua, etc.

También se puede usar la biomasa para prepara combustibles líquidos, como el metanol o el etanol, que luego se usan en los motores. El principal problema de este proceso es que su rendimiento es bajo: de un 30 a un 40% de la energía contenida en el material de origen se pierde en la preparación del alcohol.

Otra posibilidad es usar la biomasa para obtener biogás. Esto se hace en depósitos en los que se van acumulando restos orgánicos, residuos de cosechas y otros materiales que pueden descomponerse, en un depósito al que se llama digestor. En ese depósito estos restos fermentan por la acción de los microorganismos y la mezcla de gases producidos se pueden almacenar o transportar para ser usados como combustible.

El uso de biomasa como combustible presenta la ventaja de que los gases producidos en la combustión tienen mucho menor proporción de compuestos de azufre, causantes de la lluvia ácida, que los procedentes de la combustión del carbono. Al ser quemados añaden CO_2 al ambiente, pero este efecto se puede contrarrestar con la siembre de nuevos bosques o plantas que retiran este gas de la atmósfera.

En la actualidad se están haciendo numerosos experimentos con distintos tipos de plantas para aprovechar de la mejor forma posible esta prometedora fuente de energía.

6.3. OCEÁNICA

De los océanos se puede obtener energía por varios procedimientos. Así tenemos:

• **Mareas.** Las mareas pueden tener variaciones de varios metros entre la bajamar y la pleamar. La mayor diferencia se da en la Bahía de Fundy (Nueva Escocia) en la que la diferencia llega a ser de 16 metros.

Para aprovechar las mareas se construyen presas que cierran una bahía y retienen el agua a un lado u otro, dejándola salir en las horas intermareales. En China, Canadá, Francia y Rusia hay sistemas de este tipo en funcionamiento.

Nunca podrá ser una importante fuente de energía a nivel general porque pocas localidades reúnen los requisitos para construir un sistema de este tipo. Por otra parte la construcción de la presa es cara y alterar el ritmo de las mareas puede suponer impactos ambientales negativos en algunos de los más ricos e importantes ecosistemas como son los estuarios y las marismas.

• **Olas.** Se han desarrollado diversas tecnologías experimentales para convertir la energía de las olas en electricidad, aunque todavía no se ha logrado un sistema que sea económicamente rentable.

• **Gradientes de temperatura.** La temperatura del agua es más fría en el fondo que en la superficie, con diferencias que llegan a ser de más de 20ºC. En algunos proyectos y estaciones experimentales se usa agua caliente de la superficie para poner amoniaco en ebullición y se bombea agua fría para refrigerar este amoniaco y devolverlo al estado líquido. En este ciclo el amoniaco pasa por una turbina generando electricidad. Este sistema se encuentra muy poco desarrollado, aunque se ha demostrado que se produce más electricidad que la que se consume en el bombeo del agua fría desde el fondo. También es importante estudiar el impacto ambiental que tendría bombear tanta agua fría a la superficie.

6.4. GEOTÉRMICA

La temperatura de la Tierra aumenta con la profundidad y se puede usar esa energía con las tecnologías apropiadas.

El calor de las fuentes termales se aprovecha por medio de ciclos termodinámicos en aquellos casos en que el manantial sea en forma de vapor. Si el manantial además de vapor y agua lleva en suspensión partículas de polvo, entonces no pueden utilizarse turbinas pero puede obtenerse energía mecánica a partir de los denominados tornillos de salmuera que pueden trabajar en estas condiciones.

No obstante, en muchas regiones los depósitos termales adoptan la forma de rocas y sedimentos calientes, con pocas posibilidades de uso. En el caso de que sean atravesados por un acuífero, se puede extraer calor por medio de agua calentada por su paso a través de la zona caliente; ello se consigue perforando dos pozos, uno de extracción y otro de inyección. La energía térmica extraída de esta forma puede utilizarse directamente por medio de intercambiadores de calor, o ser transformada en energía eléctrica mediante ciclos termodinámicos de baja temperatura.

Algunos países como Islandia o Nueva Zelanda utilizan muy eficazmente esta fuente de energía. Son países situados en zonas en las que a poca profundidad hay temperaturas muy altas y una parte importante de sus necesidades energéticas las obtienen de esta fuente. Otros países están aumentando el uso de esta fuente de energía, aunque la producción mundial sigue siendo muy pequeña.

Desde el punto de vista ambiental la energía geotérmica tiene varios problemas. Por una parte el agua caliente extraída del subsuelo es liberada en la superficie contaminando térmicamente los ecosistemas, al aumentar su temperatura natural. Por otra parte el agua extraída asciende con sales y otros elementos disueltos que contaminan la atmósfera y las aguas si no es purificada.

6.5. EÓLICA

La energía eólica es una forma indirecta de la energía solar ya que se produce como consecuencia de la energía cinética del viento y éste es efecto de las diferencias de temperatura y presión de la atmósfera, originadas por la radiación del sol.

Se ha utilizado ampliamente, y se sigue utilizando, la conversión de energía eólica en movimiento lineal, especialmente en navegación marítima, aeroestática y aeronáutica. Igualmente se ha utilizado a lo largo de los siglos la conversión de la energía eólica en movimiento circular a través de los populares molinos de viento; la conversión del movimiento lineal en circular se consigue mediante la exposición al viento de superficies con una geometría adecuada, y así se han desarrollado sistemas de captación eólica de eje horizontal y de eje vertical.

La energía eólica se empieza a utilizar para producir electricidad durante el siglo pasado aunque siempre aplicada a instalaciones de pequeño tamaño, y principalmente orientadas al autoconsumo. Actualmente la energía eólica es la energía renovable con mayor crecimiento y representa ya una parte importante de la producción eléctrica. España es el 3º mayor productor de energía eólica del mundo, con unas instalaciones que alcanzan los 15.000 MW de potencia y que cubren el 10% de la demanda, sólo superados por los 22.200 MW instalados en Alemania, y de los 16.800 MW que se producen en Estados Unidos.

La energía eólica también se puede transformar en térmica a través de sistemas de agitación de fluidos o por el accionamiento eólico de una bomba que impulsa un líquido viscoso a través de una tobera.

6.6. HIDRÁULICA

La obtención de energía mecánica rotacional a partir de agua que contenga energía cinética, potencial o barométrica se puede conseguir a partir de una turbina. Si la turbina se acopla a un generador eléctrico entonces se obtiene energía eléctrica; a la entrada de la turbina, la energía puede tener la forma de energía cinética o barométrica. La energía potencial del agua a un nivel elevado puede transformarse en energía cinética (caída libre hasta un nivel inferior) o como fuente de presión (caída mediante una tubería forzada).

El aprovechamiento de la energía potencial acumulada en el agua para generar electricidad es una forma clásica de obtener energía. Alrededor del 20% de la electricidad usada en el mundo-procede de esta fuente. Es, por tanto, una energía renovable pero no alternativa, estrictamente hablando, porque se viene usando desde hace muchos años como una de las fuentes principales de electricidad.

La energía hidroeléctrica que se puede obtener en una zona depende de los cauces de agua y desniveles que tenga, y existe, por tanto, una cantidad máxima de energía que podemos obtener por este procedimiento. Se calcula que si se explotara toda la energía hidroeléctrica que el mundo entero puede dar, sólo se cubriría el 15% de la energía total que consumimos. En realidad se está utilizando alrededor del 20% de este potencial, aunque en España y en general en los países desarrollados, el porcentaje de explotación llega a ser de más del 50%.

Desde el punto de vista ambiental la energía hidroeléctrica es una de las más limpias, aunque esto no quiere decir que sea totalmente inocua, porque los pantanos que hay que construir suponen un impacto importante. El pantano altera gravemente el ecosistema fluvial. Se destruyen hábitats, se modifica el caudal del río y cambian las características del agua como su temperatura, grado de oxigenación y otras. También los pantanos producen un impor-

tante impacto paisajístico y humano, porque con frecuencia su construcción exige trasladar a pueblos enteros y sepultar bajo las aguas tierras de cultivo, bosques y otras zonas silvestres.

Los pantanos también tienen algunos impactos ambientales positivos. Así, por ejemplo, han sido muy útiles para algunas aves acuáticas que han sustituido los humedales costeros que usaban para alimentarse o criar, muchos de los cuales han desaparecido, por estos nuevos hábitats. Algunas de estas aves han variado incluso sus hábitos migratorios, buscando nuevas rutas de paso por la Península a través de determinados pantanos.

7. APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE LOS COMBUSTIBLES FÓSILES Y NUCLEARES

Los combustibles fósiles vistos anteriormente (carbón, gases y derivados del petróleo) pueden ser utilizados para obtener de ellos, mediante su combustión, energía mecánica, calorífica o eléctrica.

Un elemento fundamental en todos los casos es la **caldera**. De ellas se puede obtener calor para su uso en calefacciones y para el agua caliente sanitaria. Su funcionamiento es sencillo: las calderas queman el combustible y aportan el calor así generado al agua que circula por su interior, la cual se distribuye a los radiadores para calefacción o como agua caliente para uso sanitario.

Cuando se aplica a la obtención de energía eléctrica o mecánica, las calderas no se limitan a calentar agua a una temperatura más o menos elevada, directamente se desea obtener vapor de agua.

Explicaremos a continuación el funcionamiento de las centrales eléctricas térmicas, donde se verá que uno de los elementos fundamentales es la **caldera de vapor**.

7.1. CENTRALES TÉRMICAS CONVENCIONALES

Las centrales térmicas son factorías de producción de electricidad, cuyo funcionamiento consiste en convertir la energía química de determinados combustibles en energía mecánica sobre los álabes de una turbina, en cuyo eje va acoplado un alternador. Dependiendo del combustible empleado, las centrales térmicas convencionales pueden ser de carbón, fuel-oil, o de gas.

Las centrales térmicas convencionales calientan agua hasta convertirla en vapor a gran presión y temperatura. Este vapor recalentado se hace pasar por una batería de turbinas, en

cuyo eje va montado el generador de corriente. Una vez que el vapor ha perdido parte de presión y temperatura, se refrigera y condensa para cerrar el ciclo.

En cualquiera de los tipos de central, la batería de turbinas suele estar formada por tres grupos. Una primera turbina de alta presión, con muchos álabes de pequeña dimensión, recibe el vapor de la caldera, en la que parte del vapor pasa al condensador de alta y el exceso de vapor es reconducido a la caldera hacia un recalentador secundario que hace funcionar una segunda turbina de media presión. Esta turbina tiene menos álabes que la de alta, pero son de mayor tamaño. El exceso de vapor de la turbina de media, parte va al condensador de media y otra parte va a alimentar una turbina de baja presión, de menos rodetes y paletas más grandes que la de media presión.

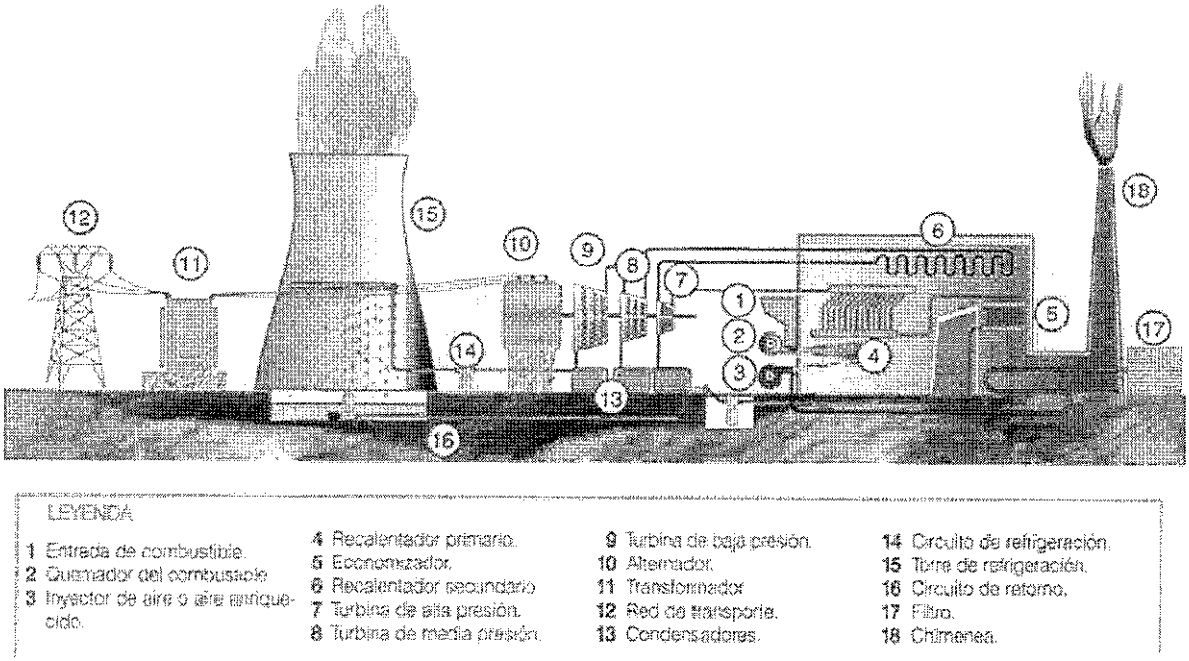

Figura 1.5

Los condensadores están refrigerados por un circuito de agua independiente, que en ocasiones es de ciclo cerrado, o en otras, de ciclo abierto. En este último, el agua caliente procedente de los condensadores se vierte a grandes estanques para refrigerarla y a continuación se vierte a algún río o mar próximos a la central. Cuando el circuito de refrigeración es de ciclo cerrado, el agua caliente de los condensadores es elevada hasta la torre de refrigeración, por donde se deja caer en forma de lluvia en el seno de una corriente de aire ascendente, lo que provoca su rápido enfriamiento. La lluvia de la torre es recogida en un gran depósito en la base y es bombeada al circuito de refrigeración.

7.2. CENTRALES TÉRMICAS NUCLEARES

En este tipo de centrales el calor necesario para obtener el vapor que mueve la turbina y el alternador, no se obtiene de una combustión, sino de una reacción nuclear de fisión.

Una central nuclear tiene cuatro partes:

- El reactor en el que se produce la fisión.
- El generador de vapor en el que el calor producido por la fisión se usa para hacer hervir agua.
- La turbina que produce electricidad con la energía contenida en el vapor.
- El condensador en el cual se enfría el vapor, convirtiéndolo en agua líquida.

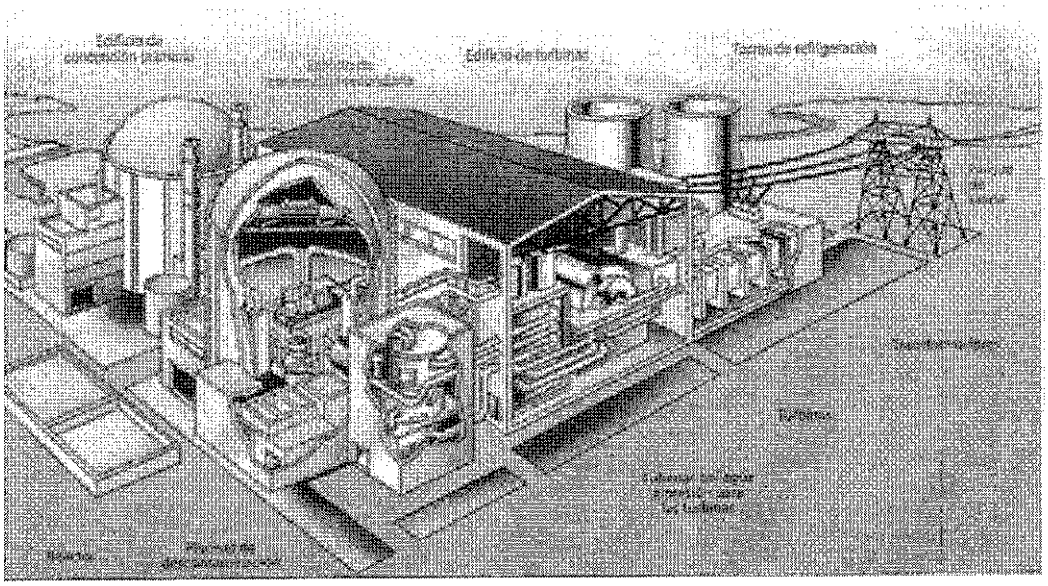

Figura 1.6

El esquema básico de funcionamiento de una central nuclear es como el de las centrales térmicas convencionales: se efectúa un calentamiento de agua hasta producir un vapor recalentado a alta presión que actúa sobre un grupo de turbinas acopladas al eje de un alternador.

El reactor es el recinto donde se ubican las instalaciones para que se efectúe la reacción nuclear, además del circuito de presión primario y el intercambiador de calor con el circuito secundario. Dentro del edificio del reactor se encuentra la **vasija** (figura 1.7), donde se introducen las barras de combustible, y en su interior se produce la reacción nuclear. La vasija es un gran depósito de acero, recubierto en su interior de plomo para absorber las radiaciones que se producen como consecuencia de la fisión nuclear. El combustible, en forma de pastillas, se in-

troduce en su interior dentro de tubos de acero o aleaciones de berilo o circonio cilíndricas, de unos 3 m de longitud.

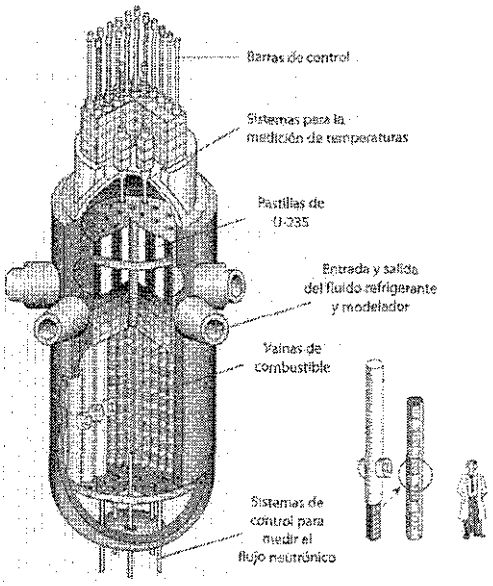

Figura 1.7

Al principio se las bombardea con un neutrón, que inicia la reacción en cadena. En ese momento, se regula y modera la velocidad de la reacción interponiendo un **moderador**, como el grafito o el agua, para que absorba parte de los neutrones emitidos, lo que les impide seguir activos.

Existen también unas barras intermedias de control que contienen una sustancia que captura los neutrones disparados y con la que es posible modular e incluso detener la reacción.

La temperatura de las pastillas de un combustible nuclear llega a alcanzar valores superiores a los 2.000°C y este calor es el que se transfiere a un primer circuito de vapor. El circuito primario de vapor calienta a unos 350°C un segundo circuito dentro de un intercambiador de calor, siendo el vapor de este segundo circuito el que acciona el grupo de turbinas. El ciclo de vapor se efectúa de forma similar al de las centrales térmicas convencionales.

Según el tipo de generador de vapor, podemos clasificar las centrales nucleares en **centrales con reactor de agua a presión** o **PWR** (figura 1.8a), **y centrales con reactor de agua en ebullición** o **BWR** (figura 1.8b).

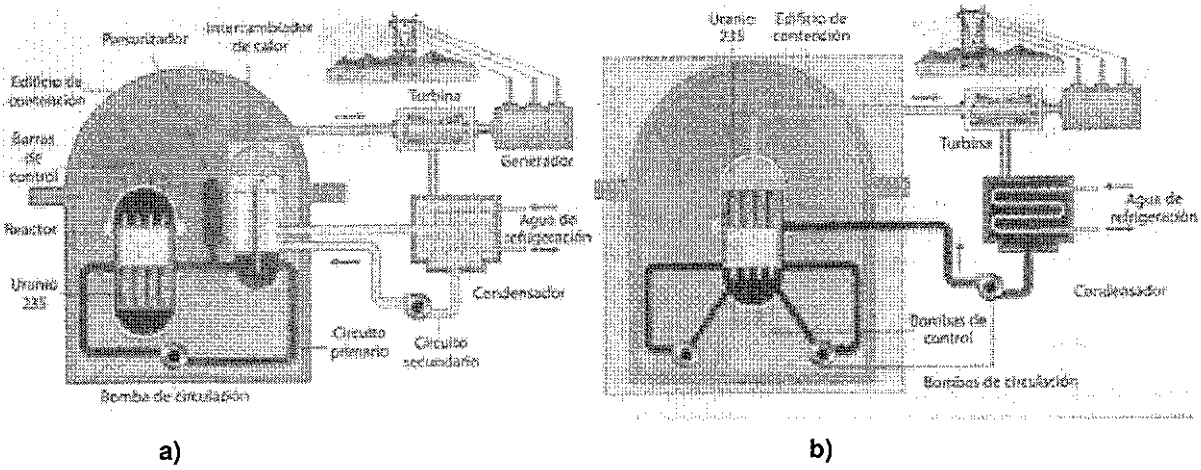

Figura 1.8

8. APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE LAS FUENTES RENOVABLES

8.1. APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR

La energía solar puede ser aprovechada de varias maneras:

• **Calentamiento directo de locales por el sol.** En invernaderos, viviendas y otros locales, se aprovecha el sol para calentar el ambiente. Algunos diseños arquitectónicos buscan aprovechar al máximo este efecto y controlarlo para poder restringir el uso de calefacción o de aire acondicionado.

• **Paneles solares.** Los paneles solares planos o colectores solares, basan su funcionamiento en el llamado efecto invernadero. Estos paneles son colocados en lugares expuestos al sol, como los tejados de las viviendas, y constan básicamente de una placa con un material aislante en su base recubierta de una lámina negra (para absorber la mayor cantidad de rayos solares) por la que circula un tubo en forma de serpentín que contiene un aceite fluido o agua en su interior. Este fluido es calentado por las radiaciones del Sol, aunque parte de esta energía es refractada. Con el fin de aumentar su rendimiento, se instala en la parte superior del panel un cristal que vuelve a refractar parte de las radiaciones, según se observa en la figura 1.9.

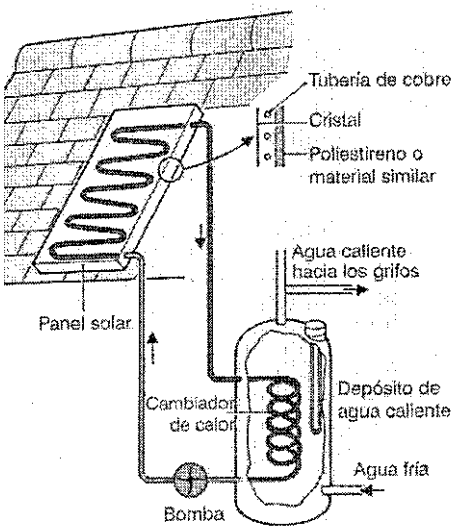

Figura 1.9

Por el interior del serpentín se hace circular el fluido en un circuito primario cerrado que, a través de un intercambiador de calor por donde circula el agua que se va a utilizar en un circuito secundario, se hace la transferencia de calor del circuito primario al secundario. Con este sistema se llegan a alcanzar temperaturas de 75°C y tienen un rendimiento del 50%.

El gran inconveniente que tiene este sistema es que sólo es rentable en zonas que tengan muchas horas de sol al año. Otro problema añadido es el elevado precio de los paneles al no estar estandarizada su fabricación.

• **Generación de electricidad.** Se puede generar electricidad a partir de la energía solar por varios procedimientos.

– En el sistema termal la energía solar se usa para convertir agua en vapor en dispositivos especiales. Los sistemas de concentración condensan la radiación solar en una pequeña superficie, lográndose altas temperaturas, del orden de 250 a 300°C. Con algunos dispositivos se consiguen rendimientos de conversión en energía eléctrica del orden del 20% de la energía calorífica que llega a los colectores. Dentro de éstos se pueden diferenciar dos tipos:

· Los colectores parabólicos están formados por un espejo en forma de parábola cuya misión es recoger las. radiaciones solares y concentrarlas sobre una tubería situada en la línea focal. Por el interior de dicha tubería circula agua o un fluido que recibe el calor y lo transmite en un intercambiador de calor, traspasándolo a un circuito secundario para su utilización. Se

puede producir vapor de agua en el circuito secundario y con éste accionar una turbina para producir electricidad.

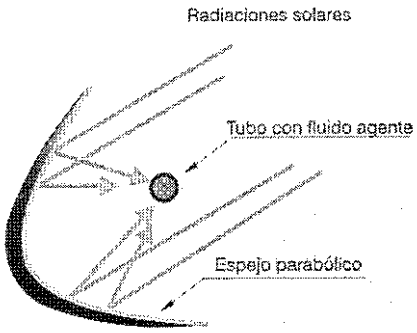

Figura 1.10

En las centrales heliotérmicas de colectores parabólicos la temperatura obtenida en el fluido agente es relativamente baja debido a la gran longitud que debe recorrer éste antes de llegar al generador de vapor, a pesar del aislamiento térmico que recubre las tuberías, de forma que las potencias obtenidas en este tipo de planta son muy bajas. La planta experimental de Tabernas en Almería tiene una potencia dos mil veces menor que una central nuclear.

· Los colectores planos consisten en una serie de espejos planos que se orientan automáticamente siguiendo la dirección del Sol, de forma que la radiación captada es concentrada en un colector situado en una torre que sirve como caldera de calentamiento del fluido agente. En la figura 1.11 se puede ver un esquema de este tipo de central heliotérmica. Las radiaciones recibidas en el colector de la torre calientan el fluido del circuito primario, que a su vez transmite su calor el agua de un circuito secundario en un intercambiador. El vapor a presión generado hace girar el grupo de turbinas que va acoplado al generador de corriente eléctrica. Aunque la potencia de este tipo de instalación es algo mayor que el anteriormente comentado, en la planta experimental de Tabernas, en Almería apenas llega a sobrepasarse el megavatio.

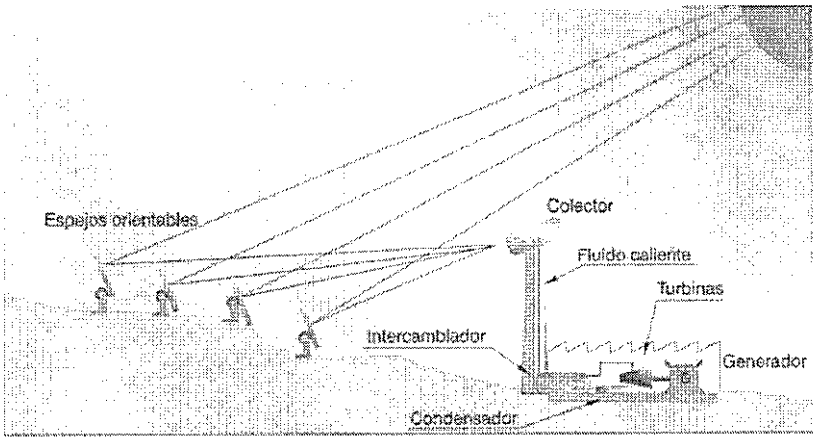

Figura 1.11

– Por medio del efecto fotovoltaico, que consiste en la transformación de la luz del Sol al entrar en contacto con un material semiconductor cristalino directamente en electricidad. El elemento que realiza esta transformación de luz a electricidad es la **célula fotovoltaica**.

La célula fotovoltaica es un dispositivo semiconductor capaz de convertir los fotones en electricidad de una forma directa e inmediata. Esta conversión se conoce con el nombre de efecto fotovoltaico. En las de **tercera generación** el semiconductor no se basa en las uniones **p-n** tradicionales para separar las cargas eléctricas foto-generadas. Estos nuevos dispositivos son del tipo sensibilizado por tinte (dye sensitized solar cells), las células de polímeros orgánicos y las de puntos cuánticos (quantum dot).

El rendimiento de una célula de silicio varía entre el 6% aportado por células de silicio amorfo y el 45% obtenido a partir de células multiunión en laboratorios de investigación. La eficiencia de conversión que se suele obtener en las células disponibles comercialmente (silicio monocristalino) está alrededor del 12%.

Otro de los grandes problemas que plantea la energía obtenida por las células foto-voltaicas es la de no permitir la acumulación de energía. Este inconveniente provoca que estas instalaciones siempre han de tener un sistema paralelo de baterías para acumular la energía eléctrica producida durante las horas diurnas.

La tensión de salida de una célula fotovoltaica es de unos 0,6 V, por lo que para poder lograr voltajes útiles se deben instalar en serie el número suficiente de ellas.

• **Hornos solares.** Es una variante de los sistemas de concentración, consistente en un parque de espejos planos que concentran la radiación solar recibida sobre una gran pantalla en forma de parábola cubierta de espejos. Esta parábola concentra toda la radiación recibida en un punto, lográndose temperaturas muy elevadas. El horno solar de Odeillo, en los Pirineos franceses, está formado por 11.000 espejos planos orientables automáticamente que concentran la radiación sobre una parábola de 9.000 espejos, lográndose, en pocos minutos, temperaturas de 3.323°C. De momento, este sistema es experimental y se emplea para la fundición de determinados metales que resultan exentos de las impurezas de otros sistemas de fusión.

8.2. APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA EÓLICA

Es la producida por el viento. Se ha usado a lo largo de toda la historia de la humanidad para mover molinos, etc. En la actualidad se emplea para la producción de electricidad mediante los **aerogeneradores**.

Existen varios tipos de aerogeneradores:

• Por el tipo de eje:

– **Eje Vertical.** También conocidos como VAWT, que proviene de las siglas en ingles (vertical axis wind turbines), Su principal característica es que el eje de rotación se encuentra en posición perpendicular al suelo y a la dirección del viento. Su principal ventaja es la eliminación de los complejos mecanismos de direccionamiento y las fuerzas a las que se someten las palas ante los cambios de orientación del rotor, y no tienen que desconectarse con velocidades altas de viento. En cambio como desventaja presenta una capacidad pequeña de generar energía.

– **Eje Horizontal.** También conocidos como HAWT, que proviene de las siglas en ingles (horizontal axis wind turbines), Son los más habituales y en ellos se ha centrado el mayor esfuerzo de diseño e investigación en los últimos años. Su característica principal es que el eje de rotación se encuentra paralelo al suelo y a la dirección del viento. Su principal ventaja es, que al estar a una altura de entre 40 y 60 metros del suelo, aprovecha mejor las corrientes de aire, y todos los mecanismos para convertir la energía cinética del viento en otro tipo de energía están ubicados en la torre y la góndola, además de tener una eficacia muy alta. Como desventaja tenemos el transporte por sus grandes dimensiones (torres de 60 metros y palas de 40 metros), la fuerza que tiene que resistir las palas y en velocidades al-

tas de viento, más de 100 Km/h deben de ser parados para evitar daños estructurales.

- Por la orientación con respecto al viento:

  – **A barlovento.** También denominado a proa. La mayoría de los aerogeneradores tienen este tipo de diseño. Consiste en colocar el rotor de cara al viento, siendo la principal ventaja el evitar el abrigo del viento tras la torre. Como desventaja diremos que necesita mecanismo de orientación del rotor, y que esté situado a cierta distancia de la torre.

  – **A sotavento.** También denominado a popa. Como ventaja presenta que el rotor puede ser más flexible, y que no necesita mecanismo de orientación. Su principal inconveniente es la fluctuación de la potencia eólica, debido al paso del rotor por el abrigo de la torre, por lo que crea más cargas de fatiga en la turbina que con el diseño anterior (Barlovento).

- Por el número de palas:

  – **De una pala.** Al tener una sola pala necesitan de un contrapeso. Su velocidad de giro es muy elevada, lo que supone un inconveniente ya que introduce en el eje unos esfuerzos muy variables, lo que supone un acortamiento de la vida de la instalación.

  – **De dos palas.** Los diseños de bipalas tienen la ventaja de ahorro en cuanto a coste y peso, pero por el contrario necesitan una velocidad de giro más alta para producir la misma cantidad de energía.

  – **De tres palas.** La mayoría de los aerogeneradores de hoy día son tripala, con el rotor a barlovento, usando motores eléctricos para sus mecanismos de orientación. El motivo es la fricción con el aire, con tres palas es un 4% más rendible que con dos y con 2 palas es un 10% más rendible que con una.

  – **Multipala.** También conocido como el modelo americano, contiene multitud de palas, y sobre todo es utilizado para la extracción de agua en pozos.

• Por la adecuación de la orientación del equipo a la dirección del viento en cada momento:

– **Mediante conicidad.** Mediante un motor eléctrico y una serie de engranajes permiten el giro de todo el sistema, dejando perfectamente orientado el aerogenerador a la dirección del viento.

– **Mediante una veleta.** Se emplea en equipos pequeños y de tamaño no muy grande, siendo el método más sencillo para orientar los aerogeneradores.

– **Mediante molinos auxiliares.** Sistema no demasiado utilizado, y que consiste en instalar a ambos lados de la góndola dos rotores, los cuales son movidos por la propia fuerza del viento.

• Por el control de potencia:

– **Sistemas de paso variable.** Consiste en que las palas varían su ángulo de incidencia con respecto al viento. De esta forma cuando la potencia del viento es excesiva, se disminuye la resistencia de las palas con respecto al viento, evitando posibles daños estructurales. El mecanismo que rige este sistema funciona de forma hidráulica.

– **Diseño de las palas.** También conocido como diseño de regulación por pérdidas aerodinámicas. En este diseño la pala está ligeramente curvada a lo largo de su eje longitudinal, de esta forma la pala pierde la sustentación de forma paulatina y gradual, en vez de hacerlo bruscamente, cuando la velocidad del viento alcanza valores críticos. Los diseños de bipalas tienen la ventaja de ahorro en cuanto a coste y peso, pero por el contrario necesitan una velocidad de giro más alta para producir la misma cantidad de energía.

– **Regulación activa por perdida aerodinámica.** En este caso se aumenta el ángulo de paso de las palas para llevarlas hasta una posición de mayor pérdida de sustentación, y poder consumir de esta forma el exceso de energía del viento. Sus principales ventajas son que la producción de potencia pude ser controlada de forma más exacta que con la regulación pasiva, y que puede funcionar a la potencia nominal con casi todas las velocidades de viento.

8.2.1. Partes de un aerogenerador

• **La góndola.** Contiene los componentes clave del aerogenerador, incluyendo el multiplicador y el generador eléctrico. El personal de servicio puede entrar en la góndola desde la torre de la turbina.

• **Las palas del rotor.** Capturan el viento y transmiten su potencia hacia el buje. En un aerogenerador moderno de 1500 kw cada pala mide alrededor de 40 metros de longitud y su diseño es muy parecido al del ala de un avión.

• **El buje.** El buje del rotor está acoplado al eje de baja velocidad del aerogenerador.

• **El eje de baja velocidad.** Conecta el buje del rotor al multiplicador. En un aerogenerador moderno de 1500 Kw el rotor gira muy lento, a unas 20 a 35 revoluciones por minuto (r.p.m.) El eje contiene conductos del sistema hidraúlico para permitir el funcionamiento de los frenos aerodinámicos.

• **El multiplicador.** Tiene a su izquierda el eje de baja velocidad. Permite que el eje de alta velocidad que está a su derecha gire 50 veces más rápido que el eje de baja velocidad. El eje de alta velocidad gira aproximadamente a 1.500 r.p.m. lo que permite el funcionamiento del generador eléctrico. Está equipado con un freno de disco mecánico de emergencia. El freno mecánico se utiliza en caso de fallo del freno aerodinámico, o durante las labores de mantenimiento de la turbina.

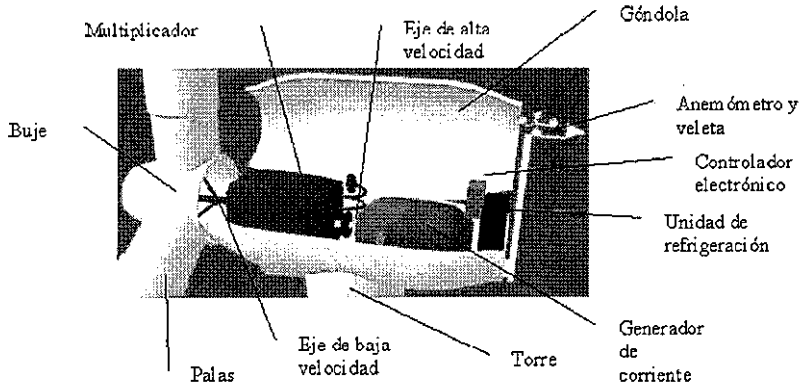

Figura 1.12

• **El generador eléctrico.** Suele ser un generador asíncrono o de inducción. En los aerogeneradores modernos la potencia máxima suele estar entre 500 y 2.000 KW.

• **El controlador electrónico.** Es un ordenador que continuamente monitoriza las condiciones del aerogenerador y que controla el mecanismo de orientación. En caso de cualquier disfunción automáticamente para el aerogenerador y llama al ordenador del operario encargado de la turbina a través de un enlace telefónico mediante módem.

• **La unidad de refrigeración.** Contiene un ventilador eléctrico utilizado para enfriar el generador eléctrico. Además contiene una unidad refrigerante por aceite empleada para enfriar el aceite del multiplicador. Algunas turbinas tienen generadores refrigerados por agua.

• **La torre.** Soporta la góndola y el rotor. Generalmente es una ventaja disponer de una torre alta, dado que la velocidad del viento aumenta conforme nos alejamos del nivel del suelo. Una turbina moderna de 1.500 kw tendrá una torre de unos 60 metros Las torres pueden ser bien torres tubulares o torres de celosía. Las torres tubulares son más seguras para el personal de mantenimiento de las turbinas ya que pueden usar una escalera interior para acceder a la parte superior de la turbina. La principal ventaja de las torres de celosía es que son más baratas. El mecanismo de orientación está activado por el controlador electrónico, que vigila la dirección del viento utilizando la veleta.

• **El anemómetro y la veleta.** Las señales electrónicas del anemómetro son utilizadas por el controlador electrónico del aerogenerador para conectarlo cuando el viento alcanza aproximadamente 5 m/s.

8.3. APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA OCEÁNICA

Los mares podrían ser una solución al problema energético, aunque de momento está es fase de experimentación y los rendimientos obtenidos son escasos.

La energía producida por las olas se puede emplear para producir electricidad. Los sistemas que usan la fuerza de las olas se basan en el movimiento que producen éstas en un flotador o en la impulsión de aire dentro de un sistema generador. Estos procedimientos están muy poco desarrollados y de momento, para acercarse a la producción de una central clásica, se requieren muchos kilómetros de instalación, con el consiguiente impacto ambiental y la interferencia en las rutas marítimas.

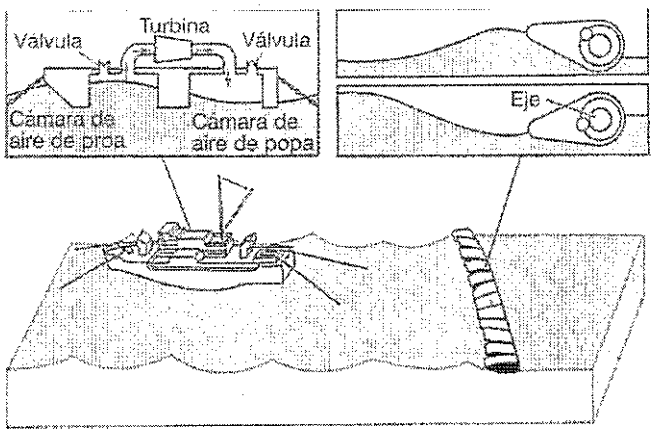

Figura 1.13

Otros procesos de obtención de energía del mar son los llamados mareo-térmicos (figura 1.14), basados en las corrientes de agua verticales que se producen en los mares como consecuencia de la diferencia de temperatura que se crea entre la superficie y las capas profundas.

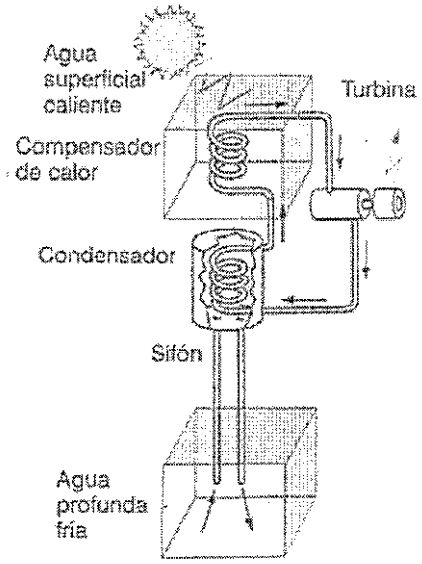

Figura 1.14

La energía producida a partir del movimiento de las mareas se llama mareomotriz. Los sistemas mareomotrices consisten en la situación de una presa, cerrando un estuario, en determinadas zonas donde el desnivel alcanzado por el movimiento de las mareas es muy elevado. En la parte inferior de la presa se sitúan unos grandes orificios por donde puede circular el agua en los dos sentidos, y dentro de éstos, se ubican los turbogeneradores reversibles, que giran al pasar el agua de un nivel a otro.

Uno de los grandes inconvenientes es que sólo pueden generar energía en los momentos de pleamar y bajamar, produciendo unos tiempos muertos en los cambios de marea. Además, la retención de agua que producen genera un retraso en la ocupación original de las orillas, con el consiguiente perjuicio para determinadas aves. Otro problema es que impide la libre circulación de los peces a ambos lados de la presa.

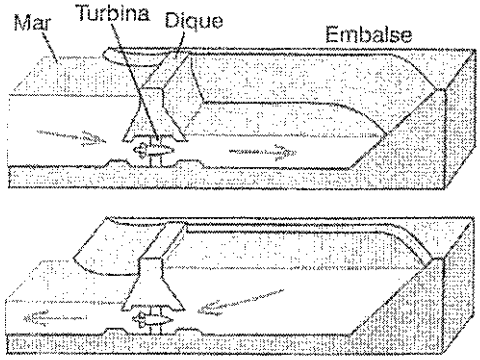

Figura 1.15

A pesar de los inconvenientes citados, las centrales mareomotrices pueden tener un buen futuro, ya que el sistema es de gran rendimiento.

8.4. APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE LA BIOMASA

La biomasa, a efectos energéticos, se encuentra fundamentalmente en los bosques, los cultivos para este fin y en la utilización de residuos agrarios y defecaciones del ganado.

En lo referente a los bosques, la única posibilidad de explotación, sin llegar a la aniquilación de éstos, sería posible en países de gran superficie forestal y poca densidad de población (Tercer Mundo y península escandinava). En España, dada su poca masa boscosa, únicamente se podrían explotar empleando la leña extraída de la limpieza de los bosques.

Los cultivos energéticos son plantaciones específicas para producir plantas que puedan ser rentables en los procesos de tratamientos energéticos. De momento, la experimentación se está efectuando con la cana de azúcar y el sorgo dulce, pero estos cultivos no pueden competir en cuanto a rendimiento económico con las plantaciones para alimentación. También se está experimentando con plantas acuáticas como el jacinto de agua y algunas algas, obteniéndose resultados bastante satisfactorios.

En cuanto a los residuos agrícolas y ganaderos, en nuestro país únicamente se podría emplear la paja del cereal y el estiércol, siempre que estos productos fueran excedentes de los empleados como abono natural.

La forma de producir energía a partir de la biomasa podríamos dividirla en dos procesos:

- Los químicos.
- Los biológicos.

Los procesos químicos de utilización de la biomasa con fines energéticos se conocen con el nombre genérico de pirólisis, que consiste en una combustión incompleta de la masa, en ausencia de oxígeno a temperaturas próximas a los 500°C. De esta forma se obtiene un gas pobre, de poco poder calorífico, pero que puede utilizarse como combustible para motores diesel o producir electricidad. Una evolución de la pirólisis, llamada pirólisis flash, consiste en alcanzar temperaturas del orden de 1.000°C durante un brevísimo espacio de tiempo, consiguiendo una gasificación casi total de la biomasa, y obteniéndose un gas de mayor calidad que se puede utilizar como elemento de partida para la posterior obtención de metanol.

Los métodos biológicos están fundamentados en la fermentación de la biomasa. De la fermentación de la celulosa o el almidón se obtiene alcohol etílico, que aunque de momento su rentabilidad no está conseguida, países como Estados Unidos o Brasil están efectuando importantes inversiones para producir un tipo de carburante, llamado gasohol, con mezclas de gasolina y etanol. Por fermentación con bacterias de la biomasa, en ausencia de aire (anaerobia), se puede obtener gases orgánicos como el metano. Fundamentalmente este proceso se utiliza en las plantas depuradoras de aguas fecales, manteniendo los residuos con un porcentaje alto de humedad a temperaturas de 30-35°C.

8.4.1. Residuos sólidos urbanos

Los Residuos Sólidos Urbanos (RSU), son el resultado de las basuras domésticas que, en un porcentaje elevado, lo forman materias orgánicas y constituyen un caso particular de biomasa.

La incineración de residuos sólidos urbanos es uno de los métodos más adecuados para ayudar a resolver el problema de las basuras domésticas. El proceso completo incluye la recogida selectiva de las basuras y la de aquellos productos que no poseen aplicación en otros sectores.

La incineración consiste en una *vaporización* de los RSU de la que, aparte del calor propio de la combustión, se puede producir calor para obtener vapor en una caldera. El vapor recalentado acciona una turbina y ésta un alternador, de forma similar al proceso seguido en las centrales térmicas convencionales. El problema fundamental de este tipo de plantas de tra-

tamiento de residuos es el alto grado de partículas sólidas que contienen los humos procedentes de la combustión, cuestión que requiere un filtrado costoso.

8.4.2. El compostaje

El compostaje es un proceso que consiste en la fermentación aerobia de residuos orgánicos contenidos en las basuras, de forma que se eliminan los gérmenes patógenos y se genera un humus que puede usarse como fertilizante para la agricultura.

El proceso consiste en introducir la materia orgánica en recipientes (digestores) con un cierto grado de humedad para que se produzca la fermentación. Los microorganismos contenidos en la masa orgánica provocan una elevación de la temperatura, pudiendo llegar a los 65°C, y una semidescomposición.

El producto obtenido es de un alto valor en nutrientes: nitrógeno, potasio, fósforo, etc., así como un activador de las autodefensas bacterianas de las plantas, de manera que las plantas tratadas con compost son más inmunes a las enfermedades.

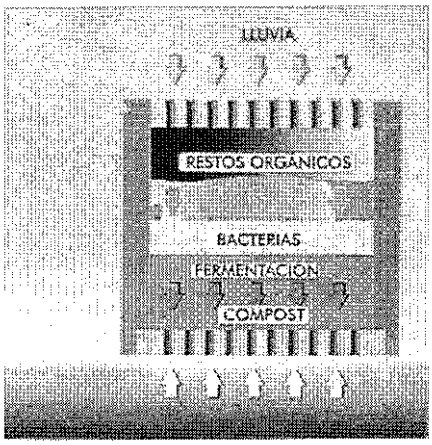

Figura 1.16

8.5. APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA HIDRÁULICA

Desde un punto de vista estricto, la energía hidráulica se refiere a la energía producida por el movimiento del agua, aunque en la actualidad este término queda restringido al agua de los ríos. Ya se ha comentado que los flujos de agua han servido en la antigüedad para mover molinos y mecanismos diversos, pero hoy en día su uso es casi exclusivo para la obtención de la energía eléctrica.

La técnica consiste en la creación de una presa en un lugar adecuado y acumular agua, de forma que la energía potencial almacenada en esa agua sea transformada en energía cinética al ser soltada. Esta energía mueve un equipo de turbinas que acciona los alternadores. Dependiendo de la forma de soltar el agua, las centrales hidroeléctricas pueden ser de canal de derivación o de fondo. En las primeras, se construye la presa para elevar el nivel del agua y por un lateral de ésta se hace un canal horizontal que transporta el agua a un depósito regulador situado al mayor nivel posible sobre el cauce del río. El agua es soltada por tuberías desde el depósito hasta las turbinas que producen la electricidad.

Las presas de fondo disponen de orificios de entrada del agua a poca altura del fondo de la presa y accionan directamente las turbinas que están situadas en su interior o en edificios anexos a ésta.

La posibilidad de generar energía hidráulica en una determinada zona depende de factores como un régimen regular de los ríos, así como de condiciones topográficas que posibiliten la ubicación de ésta. Un factor determinante es el subsuelo, que ha de ser resistente y muy impermeable con el fin de que no se produzcan filtraciones debajo o en los laterales de la presa que puedan desestabilizarla.

Las partes más destacables de una presa son:

- **Aliviaderos.** Son las salidas de agua para regular la cantidad de agua acumulada. Están formados por una serie de compuertas regulables que permiten mantener el nivel de la superficie del embalse a la altura deseada. Este nivel siempre tiene unos márgenes de seguridad para controlar las posibles crecidas inesperadas del caudal del río. Por el aliviadero inferior se alimenta a las turbinas, mientras que por el superior se vierte directamente el agua al río.

- **Tubería forzada.** Es el conducto que canaliza el agua desde el aliviadero inferior con las turbinas. Dispone de un sistema de compuertas para regular el caudal de entrada, así como unas rejas para evitar la entrada de objetos que puedan dañar las turbinas.

- **Sala de máquinas.** En ella se alojan las turbinas y los alternadores que producen la electricidad. En la figura 1.17 se puede observar una sección de una central hidroeléctrica.

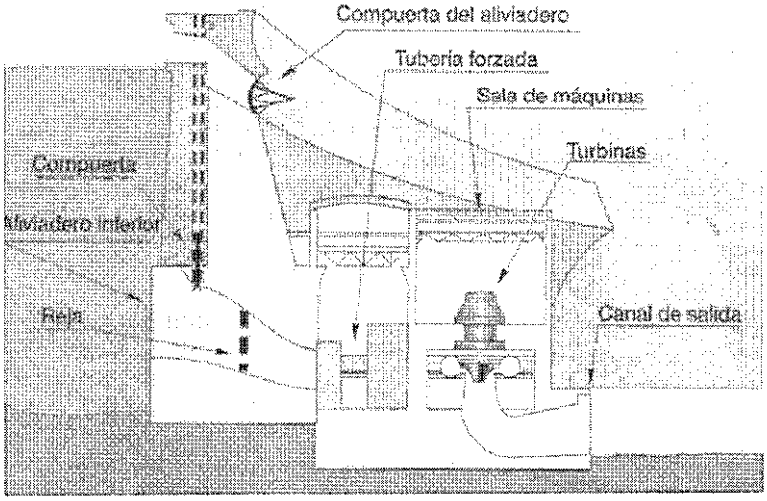

Figura 1.17

La potencia de una central hidroeléctrica es directamente proporcional al caudal de agua y a la altura del nivel del agua respecto al de las turbinas, y se puede calcular por la expresión:

$$\mathbf{P\ [Kgm/s] = Q\ [1/s] \times h\ [m]}$$

En la que **P** representa la potencia, **Q** es el caudal de agua desalojada y **h** es la altura.

En España, debido al escaso caudal de los ríos, la energía hidroeléctrica es escasa. Teniendo en cuenta que el global de las energías renovables supone únicamente el 8% del total de energía consumida, la energía hidroeléctrica representa aproximadamente el 1,8%.

En países con mayores ríos, la energía hidroeléctrica supone un importante suministro. En la actualidad, la mayor presa del mundo se encuentra en China, denominada de *Las Tres Gargantas* que tiene 22.500 MW. El dique tiene 2.300 m de longitud y una altura máxima de 185 m. La segunda está en Brasil, la presa de *Itaipu* con una potencia de 14.000 MW.

8.6. APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA

Es la energía procedente del interior de la Tierra. En algunos lugares (Islandia y Nueva Zelanda), el agua aprisionada bajo tierra se encuentra caliente, a unos 250°C, como consecuencia de la actividad interior, y sale a la superficie por presión en forma de géiser. Este sistema está poco desarrollado y es utilizado para pequeñas instalaciones.

El sistema que es posible que tenga implantación es el de llegar a las rocas calientes del interior de la Tierra e inyectar agua a presión, que al contacto con éstas se calienta y sube a la superficie por la presión suministrada.

De momento está lejos de ser rentable, ya que la pérdida de temperatura se estima en unos 100°C por kilómetro de profundidad y sólo sería rentable para calefactar barrios de viviendas o determinadas zonas industriales. Las instalaciones serían limpias-y no sería necesaria la instalación de redes de transporte adicionales.

La central geotérmica de San Miguel, en las islas Azores (Portugal), dispone de una potencia útil de 5 MW obtenida en un alternador movido por la expansión de pentano recalentado por el vapor extraído de una perforación a 4 Km de profundidad.

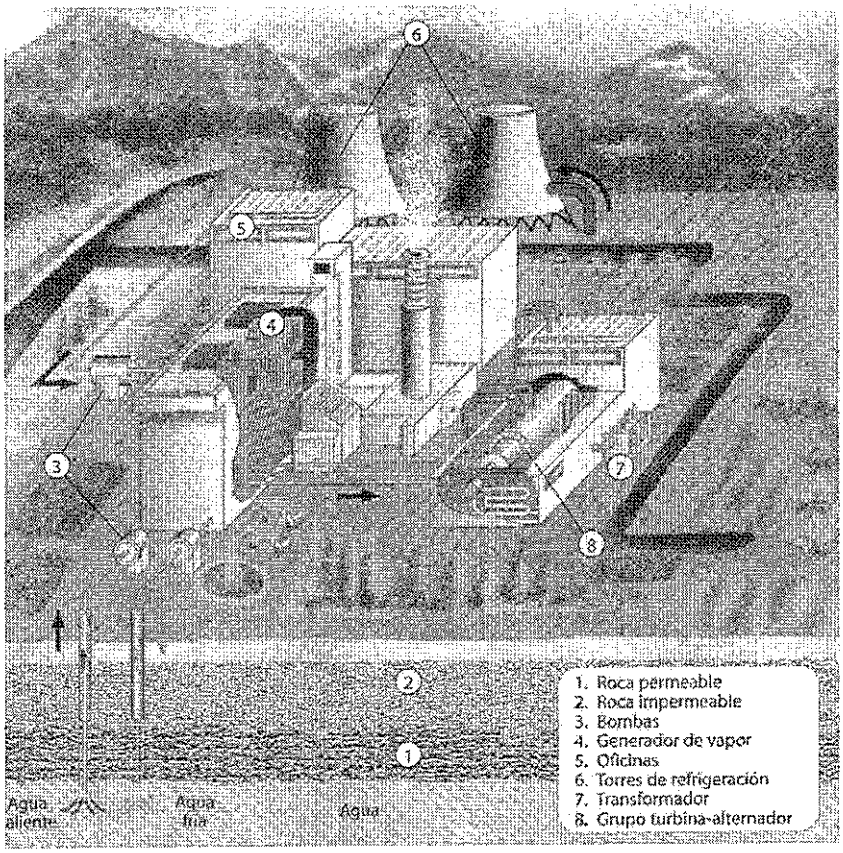

Figura 1.18

RESUMEN

Desde el punto de vista de la Física, la energía se define como **toda causa capaz de producir trabajo**.

Las energías más importantes desde el punto de vista de la Tecnología son:

- Energía mecánica:
  - Energía cinética.
  - Energía potencial.
- Energía térmica.
- Energía eléctrica.
- Energía química.
- Energía nuclear.
- Energía radiante.

Con las diversas fuentes de energía pueden realizarse varias clasificaciones:

- *Atendiendo al origen de la energía:*
  - Energía con origen en la Tierra:
    - Geotérmica.
    - Nuclear.
    - Química.
  - Energía con origen fuera de la Tierra:
    - Gravitacional.
    - Solar.

- *Atendiendo a su renovación:*
  - Renovables.
  - No renovables.

- *Según una diferenciación basada en la utilidad inmediata:*
  - Energía primaria.
  - Energía secundaria.

Las fuentes de energía no renovable se han formado a lo largo de épocas geológicas pasadas y como consecuencia de condiciones geológicas determinadas. Su condición de no renovables les viene dado por el hecho de que una vez liberada la energía que contienen deberían transcurrir miles de años para que volvieran a generarse. Se dice de estas fuentes que son combustibles porque generalmente se las ha utilizado y se las utiliza como tales. Entre ellas esta: el petróleo, el carbón y los gases, así como los combustibles nucleares.

Dependiendo del tiempo transcurrido desde la carbonización de los residuos fósiles hasta hoy, se pueden encontrar cuatro tipos de carbón mineral:

- La antracita.
- La hulla.
- El lignito.
- La turba.

Al igual que el carbón, el petróleo es un producto de origen fósil, formado por una mezcla compleja de hidrocarburos. Es de consistencia muy viscosa, más ligero que el agua (densidad alrededor de 0,8 a 0,95 kg/dm^3), de color negro o pardo muy oscuro y olor penetrante.

Los gases combustibles más empleados son: el gas natural, los gases licuados procedentes de la destilación del petróleo (G.L.P.) como el propano y el butano, y en mucha menor medida el gas de hulla y el gas de carbón. El gas natural es una mezcla compleja de hidrocarburos, fundamentalmente metano, propano y etano, además de otras impurezas, que, al igual que el petróleo, se formó como consecuencia de la acumulación de detritos orgánicos.

Desde el punto de vista de la energía desprendida en las reacciones nucleares, podemos diferenciar dos tipos de éstas: las Reacciones de fisión y las reacciones de fusión.

Son fuentes de energía renovables aquellas que por más que se utilice siempre vuelven a estar disponibles para su utilización. Entre ellas:

- La energía procedente del Sol.
- Biomasa.
- Océanos:
  - Olas.
  - Gradientes de temperatura.
  - Mareas.
- Geotérmica.
- Eólica.
- Hidráulica.

En la realidad, la energía que procede del sol es fuente directa o indirecta de casi toda la energía que usamos. Los combustibles fósiles existen gracias a la fotosíntesis que convirtió la radiación solar en las plantas y animales de las que se formaron el carbón, gas y petróleo. El ciclo del agua que nos permite obtener energía hidroeléctrica es movido por la energía solar que evapora el agua, forma nubes y las lleva tierra adentro donde caerá en forma de lluvia o nieve. El viento también se forma cuando unas zonas de la atmósfera son calentadas por el sol en mayor medida que otras.

Las centrales térmicas son factorías de producción de electricidad. Pueden ser convencionales, cuyo funcionamiento consiste en convertir la energía química de determinados combustibles en energía mecánica sobre los álabes de una turbina, en cuyo eje va acoplado un alternador, y nucleares donde se aprovecha la enorme cantidad de energía de la desintegración del átomo.

Una central nuclear tiene cuatro partes:

- El reactor.
- El generador de vapor.
- La turbina-alternador.
- El condensador.

La energía solar puede aprovecharse de diversas formas:

- Calentamiento directo de locales por el sol.
- Paneles solares, para calentar agua.
- Generación de electricidad.

EDITA Y DISTRIBUYE:

CENTRO DOCUMENTACIÓN DE ESTUDIOS Y OPOSICIONES - C/ CARTAGENA, 129 – 28002 MADRID
www.cede.es – e-mail: oposiciones@cede.es – TEL.: 91 564 42 94