

# ENERGÍA Y DESARROLLO SOSTENIBLE-3

Por Hugo CONTRERAS NAVARRO

## SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

### 1. Las fuentes primarias de la energía.

Como hemos podido comprobar, a lo largo de los siglos la Humanidad ha utilizado los diferentes recursos energéticos existentes en la Naturaleza. Bien en forma de energía de la biomasa, presente en combustibles de origen vegetal o en la fuerza de los animales, o en forma de energía de los vientos o las corrientes. En cualquier caso el origen común podemos identificarlo en la energía proveniente del Sol, un auténtico reactor nuclear de fusión por confinamiento gravitatorio que a millones de kilómetros de distancia de la Tierra actúa de motor del clima y de la fotosíntesis, sustento de la vida en el planeta.

Cuando, siglos después, el hombre empezó a explotar los combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural) no hizo otra cosa que seguir utilizando esta energía solar acumulada por los ecosistemas de un pasado remoto, hace millones de años. En tiempos recientes, con el descubrimiento de la energía nuclear, el hombre ha sido capaz por primera vez de generar y utilizar una fuente de energía completamente independiente del Sol. Sin embargo, la mayor parte de la energía primaria utilizada en la actualidad (2000) en el mundo sigue proviniendo, en última instancia, del Sol: un 93% (88% de los combustibles fósiles más un 5% de fuentes renovables), frente a un 7% proveniente de la energía nuclear y de energías renovables como la geotérmica y la mareomotriz que son ajenas al sol.

Como ya hemos señalado las fuentes primarias de energía son aquellas que son de uso directo o bien se emplean para generar electricidad. El criterio básico que se ha establecido para su clasificación es el de su finitud.

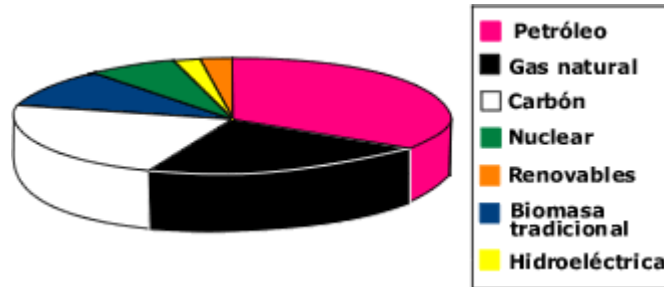
Así se distinguen dos tipos fundamentales:

- Energías no renovables.
- Energías renovables.

Las primeras son finitas porque su consumo disminuye las existencias disponibles. Las segundas tienen su origen en el flujo continuo de la energía del Sol y se disipan a través de los ciclos naturales. Su uso es por tanto ilimitado. Entre las primeras se distinguen los combustibles fósiles y los nucleares. Las renovables incluyen todas las restantes.

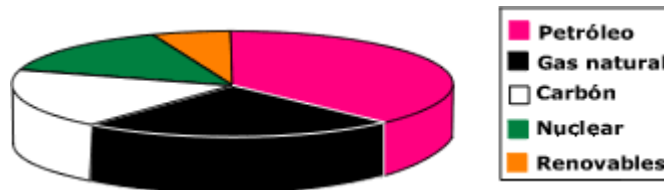
La distribución del consumo de energía primaria en el mundo en 2000 fue la siguiente (Fuente: Informe BP):

- 34,6% petróleo.
- 21,6% carbón.
- 21,4% gas natural.
- 11,3% biomasa tradicional.
- 6,6% nuclear.
- 2,3% energía hidroeléctrica.
- 2,1% las nuevas energías renovables.



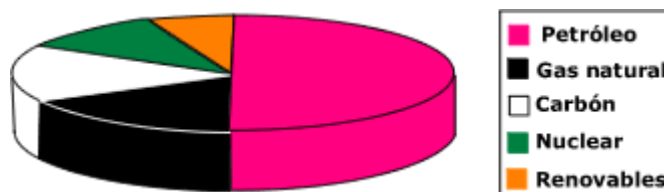
La distribución del consumo de energía primaria en la UE en 2004 fue la siguiente (Fuente: Informe Anual 2004 Sedigas):

- 37,4% petróleo.
- 23,5% gas natural.
- 18,1% carbón.
- 14,7% nuclear.
- 6,1% renovables.



En España y para 2004, las cifras varían, con una mayor peso del petróleo y una menor proporción generada por la nuclear (Fuente: Secretaría General de la Energía. Mº de Industria, Turismo y Comercio):

- 50% petróleo.
- 17,3% gas natural.
- 14,9% carbón.
- 11,7% nuclear.
- 6,3% renovables.
- 0,2 (saldo electr. imp/exp)



## **1.1. Los combustibles fósiles.**

Los combustibles fósiles han sido históricamente la base sobre la que se han edificado las sucesivas revoluciones industriales y hoy día continúan siendo a pesar de todo, el principal recurso energético de las sociedades industrializadas. Se consideran combustibles fósiles el carbón, el petróleo y el gas natural.

Su origen es el siguiente: en etapas tempranas de la historia biológica del planeta Tierra, la fotosíntesis sobrepasó, en determinados periodos, la actividad de los organismos consumidores y descomponedores. En consecuencia, enormes cantidades de materia orgánica, se acumularon en el fondo de ciénagas y mares poco profundos. Gradualmente, fueron sepultadas bajo capas de sedimentos y después de millones de años, se convirtieron en carbón, petróleo y gas natural en función de las condiciones geológicas específicas.

Este proceso dio lugar a las actuales reservas de combustibles fósiles, en base a las cuales se ha desarrollado en gran medida nuestra civilización industrial. La energía solar captada por los ecosistemas de épocas remotas, quedó en parte almacenada en forma de energía química en estas reservas de gas, petróleo y carbón. De su combustión obtenemos gran parte de nuestra energía hoy día, pero también se derivan graves afecciones medioambientales como el calentamiento global o la polución de la atmósfera, el suelo y las aguas.

Como es fácilmente observable, los combustibles fósiles son fuentes de energía no renovables ya que sus existencias no pueden reponerse o por lo menos no en un plazo de tiempo asumible a escala humana.

### **1.1.1. El carbón.**

El primero de los combustibles fósiles en explotarse fue el carbón y durante largos años constituyó la base del sistema energético de los países industrializados. En 1900 suponía el 68% del consumo mundial de energía primaria mundial, frente a sólo un 3% del petróleo y un 1% del gas natural. Tras la 2ª Guerra Mundial el petróleo desplazó por primera vez al carbón. En 2000 el petróleo suponía un 39%, el carbón mantenía un importante 25% y el gas un 24% del total.

El carbón es una roca sedimentaria que contiene de un 40% a un 90% de carbono en peso. Se origina por el depósito en zonas húmedas (deltas, lagos y llanuras costeras) de restos vegetales y animales a un ritmo muy lento. Se originan así turberas, con sucesivas capas de sedimentos que al acumularse se comprimen, aumentando su densidad, dureza, negrura y contenido en carbono. Se crea entonces una jerarquía en los carbones:

- Turba. No es propiamente carbón y su contenido energético (PCI) es bajo.
- Lignito pardo. Es el carbón más joven y su PCI es algo superior, 2000 kcal/kg.
- Lignito negro. PCI 4000 kcal/kg.
- Hulla. PCI 7000 kcal/kg.
- Antracita. El más duro y negro de los carbones y de PCI similar a la hulla.

La extracción del carbón se verifica en dos tipos de explotaciones: subterráneas y a cielo abierto. Sus reservas son mucho más abundantes que las de petróleo o de gas natural y están distribuidas de forma más homogénea por el mundo. Se estima que son suficientes para satisfacer la demanda actual durante más de 200 años.

Sus aplicaciones son las siguientes:

- Generación de electricidad (2/3 partes).
- Industria siderúrgica.
- Fabricación de cemento.

### **1.1.2. El petróleo y el gas natural.**

El petróleo y el gas natural tienen su origen, según la teoría más extendida entre los geólogos, en sedimentos orgánicos marinos acumulados en mares poco profundos y tranquilos, donde en un periodo de millones de años se han ido transformando en hidrocarburos por la acción de bacterias anaerobias, la presión y la temperatura. En etapas posteriores se han ido produciendo migraciones a regiones más próximas a la superficie, que se han detenido al alcanzar una capa de roca impermeable. Se han originado así yacimientos y agrupaciones de estos, denominados campos. Esta teoría explica porqué todas las acumulaciones comerciales de petróleo y gas se encuentran en cuencas sedimentarias.

Los yacimientos de hidrocarburos están formados por una rica mezcla de moléculas de hidrocarburos, compuestos formados por átomos de carbono e hidrógeno en diferentes números y configuraciones, junto con otras sustancias como agua salada, sulfuro de hidrógeno, dióxido de carbono, etc.

Se distinguen dos tipos de depósitos:

- Los que contienen principalmente hidrocarburos líquidos en condiciones normales, depósitos petrolíferos.
- Los que contienen hidrocarburos gaseosos, depósitos de gas natural.

Lo más habitual es encontrar estructuras que tienen zonas de diferencias verticales de petróleo y gas. En ocasiones los gases y los líquidos más ligeros se han liberado a la atmósfera y los hidrocarburos más pesados y alquitranes han quedado en el yacimiento, formando depósitos llamados bituminosos. Los hidrocarburos se encuentran bajo la superficie bajo unas presiones y temperaturas más elevadas. Normalmente no ocupan grandes cavidades sino que están en pequeños poros de las rocas. A veces se les ha comparado con un terrón de azúcar mojado en el café.

Previa a la explotación se hace necesaria una etapa de exploración, que puede durar varios años. Existen pocas diferencias entre la búsqueda de petróleo y gas. Una vez localizado el yacimiento y tomada la decisión de explotarlo es necesaria una infraestructura para su explotación (pozos, depósitos, oleoductos, etc.).

Finalmente se hace necesario un proceso de refinación para separar la mezcla de hidrocarburos en que consiste el crudo. Se obtienen así los siguientes productos:

- Gases del petróleo: utilizados sobre todo en la calefacción, cocina y ciertos procesos petroquímicos.

- Nafta. Producto intermedio.
- Gasolina: en motores convencionales.
- Queroseno: en motores de aviación y en vehículos terrestres muy pesados.
- Gasóleo: en motores diesel y para calefacción.
- Lubricantes.
- Fuelóleo: combustible industrial.
- Elementos residuales: asfalto, alquitrán, ceras, coque.

El transporte del petróleo se realiza mediante oleoductos y barcos petroleros (la mitad del volumen en toneladas del comercio marítimo mundial).

Las reservas de petróleo están fuertemente concentradas: las dos terceras partes en Oriente próximo y de hecho un 25% del total en un solo país, Arabia Saudí. Después otros países como Iraq, Kuwait, EAU e Irán, con un 10% cada uno. Por detrás están países como Venezuela (7%) o Rusia (5%). El resto de países tienen reservas inferiores a un 5%.

En los últimos 25 años las reservas de petróleo crecieron de 90.000 millones de toneladas a 140.000 millones. En cualquier caso existe una gran incertidumbre sobre las reservas de petróleo remanentes. Existen posturas más pesimistas que consideran que han tocado techo y no se producirán grandes hallazgos, frente a otras que, más optimistas confían en nuevas tecnologías que permitan la recuperación de recursos cuya explotación es económicamente inviable hoy día, además de la explotación de otras formas como las pizarras bituminosas.

El gas natural se transporta mediante gasoductos y barcos metaneros y su transporte es más costoso que el del petróleo. Por eso con frecuencia se dice que es un combustible para países ricos, capaces de hacer frente a la gran inversión inicial que implica. La distribución se realiza mediante canalizaciones que funcionan a presiones inferiores a 16 bares que los llevan a otras redes intermedias. Estas funcionan a medias presiones y alimentan a otras de baja presión que finalmente las conducen a las industrias y los hogares. Las grandes centrales productoras de energía pueden hallarse directamente conectadas a las redes de transporte.

El gas natural está mejor distribuido que el petróleo, aunque la mayoría de las reservas se reparten entre Rusia, las repúblicas del Cáucaso y Asia Central y Oriente Próximo. Entre Rusia (31%) e Irán (15%) reúnen casi la mitad de las reservas mundiales. Existe en el caso del gas la misma disparidad de opiniones sobre el monto total de las reservas existentes, aunque las predicciones son más optimistas que en el caso del petróleo.

## **1.2.La energía nuclear.**

La energía nuclear es de todas, la que despierta una mayor polémica en el mundo. En el año 2000, casi el 20% de la electricidad se producía en centrales nucleares. Incluso en algunos países como Francia el porcentaje asciende al 76%, o en el caso de Suecia al 51%. Su crecimiento se ha visto sin embargo detenido en Europa y Norteamérica tras la catástrofe de Chernobil.

El principio con el que funciona es totalmente diferente a la quema de combustibles o cualquier otra reacción química. En estas los materiales envueltos no se ven alterados a nivel atómico, aunque se produzcan recombinaciones de átomos para formar otros compuestos distintos, liberando energía. La energía nuclear implica cambios en los átomos en dos formas: la fisión o la fusión nuclear.

### **1.2.1 La fisión.**

En el primer proceso un átomo de un elemento determinado se rompe, fisión, al recibir un neutrón adicional, para producir dos átomos más pequeños liberando energía y dos o tres neutrones capaces de inducir la fisión de otros núcleos adicionales.

En la mayor parte de los reactores nucleares hoy existentes se utiliza uranio 235,  $^{235}\text{U}$ . Normalmente, en una proporción de 3% de  $^{235}\text{U}$  y el 97% restante de  $^{238}\text{U}$ , más estable. En la naturaleza sólo un 0,7% del uranio natural es  $^{235}\text{U}$ , por lo que se hace necesaria una etapa previa denominada enriquecimiento.

Dado que para que los núcleos de  $^{235}\text{U}$  absorban los neutrones con más eficiencia, éstos deben reducir la alta velocidad con la que resultan de la fisión, se utiliza una sustancia adicional conocida como moderador, con cuyos núcleos de sus átomos chocan los neutrones. Este moderador puede ser los núcleos de los átomos de hidrógeno del agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), los del deuterio (isótopo del hidrógeno formado por un protón y un neutrón) del agua pesada ( $\text{D}_2\text{O}$ ) o el grafito.

Como consecuencia del proceso de fisión se pueden producir nuevos materiales fisionables como el plutonio 239,  $^{239}\text{Pu}$  o el  $^{233}\text{U}$ , según los casos.

Cuando la reacción se produce a ritmo constante para que el reactor produzca una potencia constante, es necesario que cada núcleo fisionado produzca un solo neutrón que a su vez fisionará otro núcleo. Se dice entonces que el reactor está en estado crítico, que es el normal. Como quiera que cada núcleo genera de media 2,5 neutrones, es necesario eliminar los sobrantes, para lo que se insertan materiales que absorben con gran facilidad los neutrones, en forma de barras de control de cadmio o boro. Si por la razón que fuera este sistema fallara, el número de neutrones crecería y se produciría una reacción en cadena. Lo cual constituye un grave accidente que puede provocar la rotura de la vasija del reactor y una fuga radiactiva, aunque por sí mismo no puede conducir a una explosión nuclear, ya que el excesivo calor generado por la reacción provoca que el material fisionable se separe.

El reactor se refrigera mediante un fluido, agua, dióxido de carbono o sodio líquido, en un circuito cerrado. Este circuito transfiere la energía térmica a través de un intercambiador estanco, que evita fugas radiactivas. El vapor de agua así generado es el que como en cualquier otra central térmica acciona las turbinas que mueven el generador eléctrico que transforma la energía mecánica en electricidad.

Existen dos tipos básicos de reactores:

- Reactores térmicos.
- Reactores reproductores rápidos.

Los primeros son los más extendidos. Los más frecuentes son de agua ligera (Light Water Reactor). También existen reactores que utilizan agua pesada como moderador (Pressured Heavy Water Reactor) y agua ligera o pesada como refrigerante. Por último existen reactores que utilizan como moderador grafito.

Los reactores reproductores rápidos son muy poco frecuentes y prácticamente carecen de moderador. En ellos se puede producir más material fisionable que el que se introdujo inicialmente.

Para saber más. ([Información sobre la energía nuclear ofrecida por el Foro nuclear](#))

### **1.2.2. La fusión.**

La fusión es la fuente de la inmensa cantidad de energía emitida por el Sol y las estrellas. Pese a los intensos trabajos realizados por los científicos hasta la fecha, la fusión nuclear no es todavía una fuente de energía viable comercialmente. De conseguirse podría ser la solución para los problemas energéticos de la Humanidad, con una generación mínima de residuos.

El principio básico consiste en la unión, fusión, de los núcleos de dos isótopos del hidrógeno (deuterio y tritio) para formar otro núcleo más pesado (helio), conocido como partícula alfa, y un neutrón. En el proceso se liberan grandes cantidades de energía. Se calcula que con 1 gm de combustible de fusión se pueden obtener, 100.000 Kilowatios hora de electricidad, equivalente a la obtenida quemando 8 Tm de carbón.

En el núcleo del deuterio, a diferencia del del hidrógeno normal en el que hay un solo protón, hay además un neutrón. En el caso del tritio hay dos neutrones. El proceso se representa mediante la siguiente ecuación:

Tritio (3H) + Deuterio (2H) -- >> Helio (4He) + un neutrón con alta energía (n)

En un reactor de fusión se utiliza como combustible deuterio y litio. El primero se encuentra espontáneamente en ríos y mares, aunque muy diluido. Se calcula que haría falta procesar 100 Tm de agua para obtener 1 Kg de deuterio puro. El litio, es un metal ligero muy frecuente, a partir del cual se genera tritio en el reactor, bombardeándolo con los neutrones obtenidos.

Las reacciones de fusión se dan a altísimas temperaturas, cuando los núcleos colisionan con la suficiente energía para superar las fuerzas de repulsión motivadas por su carga eléctrica. En el interior del Sol, a temperaturas de entre 5 y 10 millones de °C, este mecanismo se da de forma natural, gracias a las inmensas fuerzas gravitatorias que comprimen y calientan el combustible nuclear. Como en la Tierra estas condiciones de gravedad son imposibles de reproducir, se sustituyen calentando un plasma de baja densidad a 100 millones de °C, una temperatura diez veces superior a la del núcleo del Sol. A estas temperaturas cualquier gas está completamente ionizado y se convierte en un plasma, el cuarto estado de la materia, formado por los núcleos cargados positivamente y los electrones cargados negativamente que se mueven libremente como las moléculas de un gas.

El reto tecnológico es conseguir estas temperaturas elevadísimas y mantener el plasma aislado térmicamente, es lo que se conoce como confinamiento, de modo que se mantengan las condiciones adecuadas para la fusión.

En la actualidad existen dos alternativas:

- Confinamiento magnético.

- Confinamiento inercial.

El **confinamiento magnético**, se basa en el uso de campos magnéticos para controlar el plasma. El hecho de que el plasma esté formado por partículas cargadas positiva y negativamente, permite hacer que éste se desplace a lo largo de las líneas del campo magnético y evita que se produzcan pérdidas de plasma en dirección perpendicular al mismo. El campo se crea mediante imanes superconductores dispuestos alrededor del reactor y corrientes eléctricas que fluyen por el plasma, que por estar formado por partículas cargadas es un excelente conductor.

Inicialmente se utilizaron diseños cilíndricos para el reactor, que se fueron sustituyendo por otras formas toroidales (en forma de anillo) más eficaces. La más sofisticada entre las utilizadas hoy día es la conocida como tokamak, aunque se investiga en otras formas alternativas como la tokamak esférica o la conocida como stellarator.

En este sistema, fueron precursores los trabajos de los científicos rusos Andrei Sakharov e Igor Tamm en los años 60. Es el método utilizado en el JET (Joint European Torus) en Gran Bretaña y en el TFTR (Tokamak Fusion Test Reactor) en Princetown (EE.UU.). Ambos han conseguido la fusión durante periodos extremadamente cortos, aunque ninguno ha producido más energía de la consumida en poner en marcha el sistema.

Por último es el sistema escogido para el proyecto internacional **ITER**, en el que participan la UE, EE.UU, la Federación Rusa, Japón, China, la India y Korea. Este proyecto supondrá la creación de un reactor experimental tokamak en la localidad de Cadache, en el sur de Francia.

Otra opción que se ha desarrollado es el **confinamiento inercial**, un sistema que reproduce en pequeño el sistema usado en la bomba de hidrógeno. En ella, el núcleo de deuterio-tritio está rodeado por una bomba de fisión nuclear. Al hacer ésta explosión comprime el núcleo, haciendo posibles las condiciones necesarias para la fusión. Lo que se pretende es conseguir esta implosión de forma controlada. El Lawrence Livermore National Laboratory de California ha sido líder en este sistema empleando la intensa radiación originada por un conjunto de lasers que se proyectan contra una esfera que contiene el combustible de tritio y deuterio. No hay que perder de vista que este sistema tiene implicaciones de uso militar. Igual que el sistema anterior hasta la fecha no se ha conseguido que el saldo neto de energía sea positivo.

En un reactor de fusión la mayor parte de la energía obtenida en las reacciones que ocurren en el plasma es transportada por los neutrones generados, que son capturados y su energía transformada en energía térmica que en un circuito auxiliar produce vapor y se utiliza para generar electricidad como en cualquier otro dispositivo convencional. Parte de los neutrones se emplean para obtener tritio a partir del litio. La energía restante, presente en las partículas de helio, mantiene la alta temperatura del plasma, del que hay que retirar las impurezas generadas e inyectar continuamente deuterio y tritio.

A pesar de los grandes avances es mucho lo que queda todavía por investigar y la opinión unánime de la comunidad científica es que todavía serán necesarios 50 años más de investigaciones para conseguir que la fusión sea viable a gran escala.

En los últimos años se ha especulado mucho con la posibilidad de conseguir la fusión a temperatura ambiente y en determinadas condiciones. Algunos científicos han anunciado haberlo conseguido, en medio de una gran controversia ya que sus experimentos no han podido ser reproducidos con éxito por otros en condiciones objetivas por lo que se han rechazado.

Para saber más. (**Información de la Comisión Europea sobre proyectos europeos de investigación sobre la fusión nuclear**)

### **1.3. Las energías renovables.**

#### **1.3.1. La energía solar.**

La energía solar es la energía radiante producida en el Sol como resultado de reacciones nucleares de fusión. Llega a la Tierra a través del espacio en cuantos de energía llamados fotones que interactúan con la atmósfera y la superficie terrestres. La cantidad de energía que se recibe del sol anualmente se estima en  $1,49 \cdot 10^8$  KWh. Se trata de una energía limpia, que utiliza una fuente, o combustible, inagotable y que no cuesta. Sin embargo el problema en relación a esta forma de energía radica en como poder aprovecharla de forma eficiente.

Dos son las direcciones actualmente utilizadas: conversión eléctrica y conversión térmica. Ambas dan lugar a los dos tipos de aprovechamiento hoy existentes:

- Energía solar fotovoltaica.
- Energía solar térmica.

La energía solar como fuente de energía presenta ciertas ventajas e inconvenientes en función de las cuales llegará a asentarse de manera mas regular. Entre las ventajas destacamos la elevada calidad energética, el nulo impacto ecológico y su carácter inagotable a escala humana. Por otra parte, la forma semialeatoria en la que la tenemos disponible (sometida a ciclos de día-noche y estacionales), su forma dispersa de llegar a la tierra y que al no poderse almacenar de forma directa requiere una transformación energética, restringen moderadamente su uso.

La energía solar fotovoltaica es un tipo de energía solar renovable basada en la aplicación del llamado efecto fotovoltaico, que se produce al incidir la luz sobre unos materiales denominados semiconductores, de tal modo que se genera un flujo de electrones en el interior del material, y ,en condiciones adecuadas , una diferencia de potencial que puede ser aprovechada. Como el resto de las energía renovables se caracteriza por presentar un impacto ambiental muy limitado y por ser inagotable a escala humana. Como ventajas adicionales presenta una elevada calidad energética y una ausencia total de ruidos en los procesos energéticos. Debido a su sencillez , fiabilidad y operatividad , la energía solar fotovoltaica se emplea comercialmente para la generación eléctrica en el mismo lugar de la demanda, satisfaciendo pequeños consumos. Además , tiene la ventaja de no necesitar ningún suministros exterior ni la presencia de otro tipo de recursos.

Atendiendo a sus aplicaciones actuales, podemos dividir este tipo de energía en tres grandes grupos:

- Aplicaciones tradicionales, como el suministro eléctrico en emplazamientos de difícil acceso para la red eléctrica convencional o con áreas de difícil abastecimiento eléctrico: electrificación de viviendas o explotaciones rurales o suministro de diferentes sistemas de telecomunicaciones, señalización...
- Aplicaciones conectadas a la red: centrales de potencia o centrales fotovoltaicas y pequeñas instalaciones asociadas a consumidores domésticos o industrias.
- Aplicaciones singulares, dedicadas a la alimentación energética de objetos particulares, y que abarcaría desde los satélites artificiales a las pequeñas aplicaciones de objetos de bolsillo.

La energía solar térmica se basa en el efecto térmico producido por la luz solar. La naturaleza de la energía solar hace posible que el hombre la utilice directamente mediante diferentes dispositivos artificiales que concentran los rayos solares y transfieren la energía a los fluidos que le interesan.

Se distinguen tres clases en función del nivel de temperatura alcanzado:

- Baja: ( $T < 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).
- Media: ( $100\text{ }^{\circ}\text{C} < T < 400^{\circ}\text{C}$ ).
- Alta: ( $T > 400^{\circ}\text{C}$ ).

Existe otra clasificación equivalente a la anterior, en función de la necesidad de seguimiento y concentración del sol en el colector:

- Sin seguimiento y pequeña concentración (baja temperatura).
- Con seguimiento continuo del sol en uno de los ejes y concentración de la energía solar en un eje (media temperatura).
- Con seguimiento en dos ejes y foco puntual (alta temperatura).

En el primer caso, los que emplean fluidos de baja temperatura, los colectores empleados son de placa plana, seguidos de tubos de vacío y colectores de baja concentración. Para las aplicaciones de media temperatura, se emplean colectores cilindro parabólicos. Y para la alta temperatura, discos parabólicos o centrales de torre con heliostatos.

Hay que hacer constar que la principal aplicación de la energía solar térmica de media y alta temperatura es la producción de vapor que se emplea en diferentes fines, fundamentalmente la producción de energía eléctrica de modo similar a las centrales convencionales.

Las aplicaciones de los sistemas de baja temperatura son la producción de agua caliente sanitaria.

Por último existe una variedad de la energía solar térmica de baja temperatura, consistente en su aprovechamiento pasivo. Consiste éste en introducir modificaciones en su diseño y los materiales empleados, para que se convierta en un instrumento de captación, acumulación y distribución de energía.

### **1.3.2. Eólica.**

El viento es consecuencia de la radiación solar. Las diferencias de insolación entre los distintos puntos de la tierra generan diferentes áreas térmicas y los

desequilibrios producen diferencia de densidad en las masas de aire que se traducen en diferencias de presión.

Como todo gas, por tanto también el aire, se mueve desde las zonas de alta presión a las de baja presión y esto provoca el desplazamiento que origina el viento (aire en movimiento). Sin embargo, es el conjunto de las fuerzas (fuerza ejercida por las diferencias de presión, fuerza gravitacional, de rozamiento o de fricción, de coriolis) que intervienen en las masas de aire lo que determina su circulación en la atmósfera, que es de dos tipos:

- Circulación planetaria: es debida a la incidencia de los rayos del sol sobre la tierra y al efecto de rotación de esta, teniendo en cuenta también el movimiento de translación y la presencia de las masas continentales y oceánicas.
- Circulación a pequeña escala: es la producida por la orografía del terreno, que puede alterar el movimiento en las capas bajas de la atmósfera.

En síntesis, los factores que determinan los vientos de un punto determinado pueden resumirse en: situación geográfica, características climáticas locales, estructura topográfica de la zona, irregularidades puntuales del suelo, altura sobre el nivel del suelo.

De la energía solar que llega a la tierra, aproximadamente el 2% se convierte en energía eólica, un 35% de esta se disipa en la capa inferior de la atmósfera, y se considera que solo un 10% del total de energía eólica es aprovechable. Sin embargo estos datos son optimistas para la energía eólica, pues ese, aparentemente, pequeño porcentaje supone un potencial energético de  $1,3 \cdot 10^{11}$  Kw. que equivale a 20 veces la producción mundial de energía.

### **1.3.3. Hidráulica.**

El papel del sol en esta fuente renovable de energía es indirecto, actuando sobre el ciclo hidrológico.

Este ciclo comienza cuando el sol calienta el agua de los mares, ríos y lagos, produciendo su evaporación. Después, el agua evaporada es distribuida por el aire caliente, formando las nubes. Al enfriarse estas el agua cae y vuelve a ríos lagos y mares; y el ciclo hidrológico comienza de nuevo. La energía que circula por un río se presenta en forma de energía cinética y potencial.

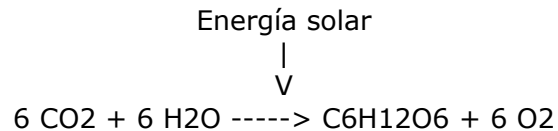
Esta última, que es la que se utiliza en la práctica, no se puede aprovechar en su totalidad debido a que parte se disipa con el rozamiento. Por ello, cuando se crea una instalación de aprovechamiento de este tipo de energía se suele modificar el recorrido natural del agua. La cantidad de energía aprovechable de una corriente de agua depende de la altura disponible y de la cantidad de agua. Sin embargo no es fácil calcular el potencial disponible de esta fuente de energía, ya que habríamos de conocer el caudal total de los ríos recorridos, etc.

### **1.3.4 Biomasa.**

El término biomasa hace referencia al material vivo presente en un organismo u organismos, incluidas también las partes de material inerte, es decir, es toda la materia viva existente en un momento determinado. Por otra parte, biomasa

energética alude a todo aquello que siendo biomasa es susceptible de ser utilizado con fines energéticos.

La biomasa, como el resto de las energías renovables (salvo la geotermia), proviene en última instancia de la energía solar ya que cualquier tipo de biomasa (animal o vegetal) tiene su origen en la fotosíntesis, proceso gracias al cual se producen moléculas de alto contenido energético, en forma de energía química, cuyo coste de almacenamiento es nulo y sin pérdidas.



Así pues, la actividad fotosintética de los vegetales produce la masa viviente vegetal que, transformada, da lugar a los distintos niveles de seres vivos que se conocen. De este modo, podemos hablar de biomasa vegetal cuando se produce como consecuencia directa de la fotosíntesis y de biomasa animal para designar aquella que producen los seres que utilizan en su alimentación biomasa vegetal y, finalmente, biomasa fósil (que no se tratara en este apartado por ser una fuente de energía no- renovable: carbón gas natural, petróleo: combustibles fósiles.

Por otra parte los animales utilizan solo una parte de la biomasa energética a su disposición, constituyendo el resto un residuo orgánico no utilizado que abarca tanto a los residuos de producción y de consumo, y que da lugar a un cuarto tipo de biomasa la biomasa residual. La obtención de energía a partir de la biomasa se consigue indirectamente, a través de su transformación en productos industriales que sustituyan a otros, o directamente, utilizándola como combustible. En este último caso se abren dos interesantes posibilidades:

- Utilización de residuos como fuente de biomasa. Los distintos tipos de residuos se pueden clasificar según el tipo de actividad en: residuos agrarios, industriales y urbanos. El desarrollo de esta fuente de energía resulta muy interesante ya que tiene en cuenta aspectos y rendimientos económicos, sociales y medioambientales.
- Utilización de los cultivos energéticos como fuente de biomasa.

Actualmente solo se obtienen pequeñas cantidades de energía procedentes de esta fuente y por diversos motivos solo podrá alcanzar una importancia significativa a medio o largo plazo. Los cultivos que se pueden aprovechar con fines energéticos se dividen en:

- Cultivos tradicionales.
- Cultivos poco frecuentes.
- Cultivos acuáticos.
- Cultivos de plantas productoras de combustibles líquidos.

Gran parte de la biomasa, ya sea recolectada directamente o recuperada de los residuos, no es adecuada para reemplazar a los combustibles fósiles, debido a su baja densidad física y energética y a su alto contenido en humedad, por esta razón se hace necesaria una transformación de la biomasa en combustibles de mayor densidad energética y física. De esta forma, aunque algunos combustibles pueden obtenerse de la biomasa directamente por extracción, lo más frecuente es someterla a distintos procesos para su transformación en combustible. Estas transformaciones pueden realizarse a través de procesos termoquímicos de conversión (combustión, gasificación o pirolisis) o mediante procesos bioquímicos (fermentación alcohólica o

digestión anaerobia) en el caso de la biomasa con alto grado de humedad. En resumen la biomasa puede tener una aplicación directa como combustible por extracción, o elaborándola a través de procesos termoquímicos (biomasa seca) o bioquímicos (biomasa húmeda).

### **1.3.5 Marina.**

Parte de la energía contenida en la radiación solar que incide sobre la superficie de la tierra es absorbida por el mar. Aunque esta energía es intermitente y de baja densidad suponen una acumulación energética bastante superior a las necesidades actuales. Como los océanos actúan tanto como sistemas captadores como acumuladores de energía, muestran varias facetas respecto al aprovechamiento de esta como son: los gradientes de térmicos y salinos, corrientes de agua, el fenómeno de las mareas, las olas, los vientos oceánicos y la bioconversión. De este modo, podemos clasificar y analizar la energía de origen marino en tres grandes tipos:

1. Energía maremotérmica.
2. Energía mareomotriz.
3. Energía de las olas.

La energía maremotérmica es la procedente de la radiación del sol es absorbida en una estrecha franja de agua superficial que se calienta, creándose un gradiente térmico con la profundidad. Como los gradientes térmicos son bajos, no se obtienen rendimientos elevados en las instalaciones desarrolladas (generalmente se recurre al uso de motores térmicos que operan entre los dos focos de calor que los océanos ofrecen. Sin embargo, se han realizado estudios sobre posibles diseños para instalaciones maremotérmicas que permiten mejorar su rendimiento que se concretan en el desarrollo de dos sistemas: los de ciclo abierto (ciclo de Claude) y los de ciclo cerrado (ciclo de Anderson. Por otro lado la gran inercia térmica de los océanos hacen que estos tengan una gran estabilidad térmica independientemente de momento del día, lo que evita la necesidad de un sistema de almacenamiento.

La energía mareomotriz es la energía marina asociada a las mareas. Estas se originan debido a la variación de las fuerzas de atracción ejercida por la luna y la tierra sobre un punto concreto de la tierra a medida que esta va girando. En este caso se intenta aprovechar la energía potencial del agua, que se puede evaluar en unos  $3 \cdot 10^{12} W$ , aunque la técnicamente explotable se reduce a  $53 \cdot 10^9 W$ . El aprovechamiento de la energía mareomotriz requiere una variación en la altura del nivel del mar de al menos 5 m, siendo necesario la existencia de un estuario, que permita la recogida y almacenamiento de agua cuando la marea sube, y que dicho estuario tenga la situación geográfica, extensión y profundidad que permitan el establecimiento de la instalación.

La energía de las olas, que son producidas por la acción del viento sobre la superficie del mar, tienen energía mecánica que, a diferencia de lo que le ocurre a otras fuentes de energía renovable, tiene una alta densidad de energía. Esto repercute en los dispositivos que se utilizan para la transformación energética, haciendo que presenten una alta densidad de potencia. Por otra parte, al contrario de lo que sucede con la energía mareomotérmica, el valor de la amplitud y la frecuencia de las mismas varía de un punto a otro y de un instante a otro, lo que dificulta el diseño de máquinas e instalaciones que permitan su aprovechamiento. Sin embargo se han desarrollado diversos sistemas para convertir la fuerza de las olas en energía mecánica de rotación en un eje para accionamiento de máquinas.

Aunque existen numerosas clasificaciones de dichos dispositivos (convertidores) solo destacaremos las mas utilizadas. La primera clasificación tiene en cuenta el modo de funcionamiento basado en si el convertidor es susceptible o no al movimiento de las olas; en este caso podremos distinguir entre convertidores activos y pasivos.

La segunda clasificación tiene en cuenta su posición respecto al frente de olas. En este caso distinguimos entre:

1. Totalizadores. Se encuentran en paralelo con el frente de la ola, absorbiendo la energía de la ola de una sola vez.
2. Atenuadores. Se encuentran en dirección perpendicular a la del movimiento de la ola, absorbiendo la energía del frente de modo progresivo.
3. Absorbedores puntuales. Capta la energía no solo del frente de la ola, sino también de una porción de mar que rodea al dispositivo.

### **1.3.6. Geotérmica.**

Se denomina energía geotérmica a aquella derivada del calor almacenado en el interior de la tierra. Este calor se produce, principalmente por la desintegración espontánea, natural y continua de los isótopos radioactivos que existen en muy pequeña proporción en todas las rocas naturales.

En el núcleo de la tierra el nivel térmico es muy superior al de la superficie. En él se pueden alcanzar temperaturas de hasta 4000°C , disminuyendo a medida que se asciende hacia la superficie. Se denomina gradiente térmico a la variación de la temperatura con la profundidad, siendo el valor medio normal 3°C por cada 100 metros. La diferencia de temperatura entre el núcleo y la superficie da lugar a un flujo de calor transfiriéndose la energía térmica por conducción. Las temperaturas que se alcanzan en el interior de la Tierra justifican el interés por utilizar su energía térmica, Sin embargo, el bajo flujo de calor, debido a la baja conductividad de sus materiales, hace que sea muy difícil su aprovechamiento. Por otra parte, hay zonas donde se producen anomalías geotérmicas que dan lugar a un gradiente de temperatura superior al habitual y constituyen una excepción; estas reciben el nombre de yacimientos geotérmicos (generalmente son zonas volcánicas).

La forma de extraer la energía térmica del yacimiento es por medio de un fluido que pueda circular por las proximidades del mismo, calentándose, y que después pueda alcanzar la superficie donde se aprovechara su energía térmica. Sus aplicaciones dependerán del estado en que se encuentre el fluido, vapor o mezcla de ambas fases. Según el yacimiento, fluido formara parte de él o será inyectado artificialmente. De este modo podemos clasificar los sistemas de obtención de energía geotérmica según las diferentes posibilidades de yacimientos:

1. Sistemas hidrotérmicos.
2. Sistemas geopresurizados.
3. Sistemas de roca caliente.

Sistemas hidrotérmicos: Tienen en su interior el fluido portador de calor (agua procedente de la lluvia o deshielos), pudiendo encontrarse este en estado líquido o gaseoso en función del calor y/o presión del yacimiento. Estos son los únicos que se encuentran en etapa comercial de los tres que se exponen.

Sistemas geopresurizados: Son similares a los anteriores con la salvedad de que se encuentran a mayor profundidad. Este tipo de sistemas presentan una serie de inconvenientes que dificultan la explotación y el desarrollo de una tecnología apta para su uso, como son: su difícil acceso, alto grado de minerales disueltos y su bajo nivel térmico. Por otra parte, también ofrece la ventaja de una variedad de energías diferentes de manera simultánea: energía de presión del agua, energía térmica del agua y el gas natural.

Sistemas de roca caliente: Están hechos por formaciones rocosas impermeables que tienen una temperatura elevada (150-300°C) sin que exista en su interior ningún fluido que las recorra. Aunque estos sistemas tienen un alto potencial térmico, la profundidad a la que se encuentran y el carácter impermeable de la roca dificultan su aprovechamiento, y aun se encuentra en vías de desarrollo.

## **2. Las fuentes secundarias de energía.**

Las fuentes secundarias de energía no se encuentran de modo espontáneo en la naturaleza y el ser humano las utiliza para poder distribuir o almacenar la energía procedente de las fuentes primarias. Básicamente son dos: la energía eléctrica, ampliamente utilizada hasta la fecha y el hidrógeno poco extendido todavía pero con un futuro muy prometedor.

### **2.1. La energía eléctrica.**

En cuanto a la generación de electricidad, existen diversos sistemas:

- La forma más usual es generar vapor a alta presión, que mueve una turbina conectada a un generador (turbogenerador). La energía generada por la combustión de los combustibles fósiles como el carbón o el petróleo y la producida en un reactor nuclear son las fuentes primarias más utilizadas para ello con una abrumadora diferencia. Pero cada vez cobra más importancia el empleo de fuentes renovables como la biomasa, la solar de alta temperatura o la geotérmica.
- Las turbinas propulsadas por agua o gas. En el primer caso la energía potencial almacenada en el agua embalsada en un salto de agua acciona el turbogenerador. En el segundo son los gases producidos por la combustión de gas los que mueven la turbina.
- Los aerogeneradores movidos por el viento (energía eólica).
- Las células fotovoltaicas que transforman la energía de la luz solar en electricidad.

La electricidad así producida se distribuye mediante sistemas de transmisión de energía eléctrica, formados por redes de distribución, que pueden ser de alta o de baja tensión. Las primeras conducen la electricidad de alto voltaje a través de grandes distancias, hasta estaciones transformadoras, que tras convertirla la transmiten a las redes de baja tensión, que son las que distribuyen la electricidad dentro de las poblaciones. Sus usos son múltiples: en los hogares (alumbrado, electrodomésticos, etc), en las industrias y los servicios.

El proceso de producir electricidad es bastante ineficiente. Para poder mover la turbina con el vapor, éste ha de pasar desde la alta presión de la caldera a la baja presión del punto donde se condensa. Esta caída en la presión implica un aumento de la entropía y una pérdida de calor, de acuerdo con el 2º Principio de la Termodinámica, que ha de liberarse en el medio ambiente. Esta pérdida oscila

entre el 60 y el 70% de la energía primaria consumida. De este modo, sólo entre un 30 y un 40% de la energía original se convierte en electricidad. Incluso después un 10% de la potencia generada se disipa en las líneas de transmisión en forma de calor. Y aún después se producirán importantes pérdidas en los dispositivos que han de utilizar esa electricidad generada, como motores, lámparas, etc.

Como veremos en el próximo epígrafe existen sistemas para mejorar la eficiencia de este proceso.

Un porcentaje considerable de la energía primaria se destina a la producción de electricidad. En el conjunto de la UE y en el año 2004, un 31,9% provino de la energía nuclear, un 29,7% del carbón, un 6,2% del petróleo y sus derivados, un 17% del gas natural, un 10,9% de la energía hidráulica y 4,3 % de las restantes renovables (eólica, solar, geotérmica, biomasa y residuos urbanos e industriales).

## **2.2. El hidrógeno.**

El hidrógeno no es una fuente de energía primaria. Su principal característica es la de actuar como vector de almacenamiento energético. Este hecho unido a la nula producción de contaminantes en su uso, ya sea en su combustión, generando sólo calor y vapor de agua y en algunos casos pequeñas cantidades de óxidos de nitrógeno, o en las llamadas pilas de combustible generando electricidad, supone una importante baza a su favor para determinados usos.

Esta capacidad de almacenamiento, le permite competir con éxito en dos campos muy concretos: como combustible para motores de combustión interna, turbinas, etc. especialmente en la automoción, y como alternativa a dispositivos como las baterías eléctricas, en el caso de las pilas de combustible.

La generación, transporte y aplicación del hidrógeno son técnicas ya desarrolladas desde hace algún tiempo pero no ocurre lo mismo con su aplicación práctica en otros sectores como el transporte. Su generalización implicaría grandes beneficios pero en las condiciones actuales implicaría un elevado coste y por ello se está trabajando intensamente en su abaratamiento.

Dado que el hidrógeno no se encuentra de forma espontánea en la naturaleza es preciso generarlo a partir de ciertas materias primas (agua, biomasa o hidrocarburos), consumiendo energía primaria de otras fuentes, renovables o no. Existen tres formas básicas de producir hidrógeno:

1. Por electrólisis: el paso de la corriente eléctrica disocia las moléculas de agua:  $H_2O + \text{energía} \rightarrow H_2 + O_2$ . También se puede utilizar la luz solar para producir la corriente eléctrica que cause la electrólisis (fotoelectrólisis).
2. Mediante procesos químicos a partir de materiales que contienen hidrógeno:
  1. Reformado por vapor (steam reforming). A partir de gas natural, separando el hidrógeno del metano ( $CH_4$ ) y obteniendo como resultado hidrógeno y  $CO_2$ . Es el sistema más empleado hoy día por la industria química.
  2. A partir de la biomasa, por gasificación o por pirólisis.
  3. A partir de metanol mediante oxidación parcial, reformado con vapor de agua o descomposición.
3. Por procedimientos biológicos: mediante algas verdes y cianobacterias que a partir de la luz solar producen hidrógeno a partir del agua y de la enzima hidrogenasa.

Las pilas de combustible son dispositivos en los que la energía de una reacción química se transforma en electricidad. No funcionan como las baterías convencionales que se gastan y deben sustituirse o recargarse. En este caso mientras se inyecte combustible y oxidante el sistema continúa funcionando. Su funcionamiento es el opuesto a la electrólisis, la reacción del hidrógeno y el oxígeno para formar agua produce en este caso electricidad. Están formadas por un ánodo y un cátodo separados por un fluido electrolito conductor. En el ánodo se inyecta el combustible, hidrógeno, amoníaco o hidracina; mientras que en el cátodo se introduce el oxidante, aire u oxígeno. El resultado es una mayor eficiencia energética, entre un 30 y un 40% que en un motor térmico convencional que utilice combustibles fósiles.

Existen diversos tipos de pilas de combustible:

- Membrana polimérica (PEM)
- Ácido fosfórico (PAFC)
- Conversión directa de metanol (DMFC)
- Alcalina (AFC)
- Carbonato fundido (MFCF)
- Óxido sólido (SOFC)
- Reversible (Regenerativa)

Entre las aplicaciones futuras de las pilas de combustible podemos citar:

- Dispositivos portátiles para alimentar aparatos de todo tipo: ordenadores, videocámaras, teléfonos móviles, etc, sustituyendo las baterías tradicionales.
- El transporte, especialmente la automoción.
- Aplicaciones especiales: militares y viajes espaciales.
- Abastecimiento energético en aplicaciones fijas: áreas residenciales, hospitales, empresas, etc.

Las ventajas de las pilas de combustible son:

1. Su elevada eficiencia energética. De entre el 30 y el 90%.
2. Emisiones de contaminantes muy inferiores a las que generan los combustibles fósiles. En el caso de utilizar hidrógeno puro sólo se producen H<sub>2</sub>O y calor. Hay que hacer notar que para generar éste sí se producen emisiones de CO<sub>2</sub> y otros contaminantes, pero en un nivel muy inferior que si se utilizaran como combustibles en un sistemas convencional.
3. Bajo nivel de ruido producido en su funcionamiento.
4. Modularidad.
5. Alta densidad energética.
6. Operan a bajas temperaturas y presiones, comparadas con los motores convencionales: entre 80 y 1000° C, frente a los 2500°C de un motor convencional.
7. Son flexibles en la localización de su instalación.
8. Permiten la cogeneración, alcanzando niveles de eficiencia del 90%.
9. Admiten diversos combustibles: gas natural, metanol, etc.
10. No se reemplazan al agotarse ni es necesario un largo periodo de recarga como les ocurre a las baterías eléctricas, basta con inyectar más combustible.
11. Rápida respuesta: permiten obtener más energía si se inyecta más combustible.

Los inconvenientes se centran hoy por hoy en el elevado coste al tratarse de una tecnología muy nueva y de escasa implantación que aún no ha generado un mercado suficiente para abaratar los precios. Existen además problemas técnicos, que son susceptibles de perfeccionamiento, como el elevado peso de las pilas actuales u otros como la llamada sensibilidad de los venenos catalíticos, problema que afecta a ciertos catalizadores necesarios en su funcionamiento, al reaccionar con compuestos como el monóxido de azufre o de carbono, dejándolos inservibles.

El hidrógeno usado en las pilas de combustible puede ser producido a través del reformado de gas natural o la electrólisis del agua a partir de energía obtenida de fuentes no renovables. El reto actual es hacer rentable su obtención a partir de fuentes renovables como la energía eólica o la solar fotovoltaica o térmica. Su implantación a gran escala si se consiguen reducir los costes podría ayudar a reducir la dependencia de la sociedad actual de los combustibles fósiles.

Para saber más. (**Especial Tecnociencia sobre el hidrógeno y las pilas de combustible**)

## **2.2. Eficiencia energética.**

Como tuvimos ocasión de comprobar al estudiar la 2ª ley de la Termodinámica, en ninguna conversión de energía se puede obtener nunca el 100% de eficiencia, puesto que una parte se degrada indefectiblemente y se pierde en forma de calor. La eficiencia energética trata de reducir este porcentaje que en ocasiones puede llegar a ser muy importante.

La eficiencia energética permite reducir el consumo de recursos energéticos para obtener la misma cantidad final de energía utilizable. O en otras palabras obtener más consumiendo lo mismo. Las ventajas evidentes que se derivan de este hecho tienen importantes implicaciones económicas y medioambientales.

Abundan los ejemplos de los beneficios obtenidos: grandes empresas como Dupont han sido capaces de incrementar su producción un 30% en la última década, reduciendo el gasto energético en un 7%, y con él las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 72%, lo que ha supuesto un ahorro aproximado de 2000 millones de dólares; otras multinacionales como British Telecom o IBM han sido capaces de reducir sus emisiones considerablemente, ahorrando millones de dólares.

La eficiencia energética tiene una doble vertiente:

- Desde el punto de vista de la producción de energía.
- Desde el punto de vista del consumo final de energía.

Si nos centramos en la generación de energía eléctrica podemos comprobar que hay un elevado potencial para mejorar la eficiencia. De hecho la producción de energía eléctrica es muy ineficiente aun cuando ha ido mejorando progresivamente con el paso del tiempo y las innovaciones tecnológicas. La eficiencia en una planta eléctrica se mide por el porcentaje de la energía contenida en el combustible que se convierte en electricidad en un periodo determinado.

Las pérdidas que se producen en el proceso oscilan entre el 60 y el 70% de la energía primaria consumida. De este modo, sólo entre un 30 y un 40% de la energía original se convierte en electricidad.

Las centrales eléctricas basadas en combustibles fósiles más eficientes hoy día son las de ciclo combinado, con más de un 50% de eficiencia. Podemos compararlas con las tradicionales, las más extendidas, que tienen una eficiencia de sólo un 30%. Tienen además la ventaja de funcionar con gas natural, lo que supone una menor emisión de CO2 adicional. Funcionan con turbinas convencionales, que se mueven con los gases producto de la combustión del gas, sólo que aprovechan el calor de estos gases de escape para producir vapor que mueve otra turbina adicional.

Otro sistema para aprovechar el calor desprendido en la conversión, que habitualmente se disipa en el medio gracias a grandes torres de refrigeración, es utilizarlo para la calefacción de bloques de edificios próximos a la central. Esta opción está bastante extendida en países como Dinamarca.

Otro coste añadido es el de la distribución de la electricidad. Incluso después de este proceso, un 10% de la potencia generada se disipará en las líneas de transmisión en forma de calor. El resultado final es que se habrá llevado al punto de destino una cantidad de energía que será en el mejor de los casos inferior al 50% de la contenida en el combustible original y en el peor del orden del 25%.

Una alternativa en la misma línea que las anteriormente comentadas es la cogeneración, que se define como un sistema que permite el aprovechamiento dual de la energía del combustible para producir por un lado electricidad y por otro energía térmica aprovechable en forma de vapor, agua caliente, etc. Esta energía térmica se utiliza en otros procesos industriales.

Una central de cogeneración de electricidad-calor funciona con turbinas o motores de gas. El gas natural es la energía primaria más utilizada corrientemente para hacer funcionar las centrales de cogeneración. Pero también pueden utilizarse fuentes de energía renovables y residuos. Al contrario que la central eléctrica tradicional, cuyos humos salen directamente por la chimenea, los gases de escape de la cogeneración son primero enfriados y transmiten su energía a un circuito de agua caliente/vapor, antes de verse a la atmósfera. Las centrales de cogeneración de electricidad-calor pueden alcanzar un rendimiento energético del orden del 90%.

El carbón, el petróleo y el gas cuando se usan directamente también implican un gasto de energía en su proceso, refino, limpieza y distribución. Sin embargo este gasto es del orden del 10% del total, lo que implica que las posibilidades de aumento de la eficiencia son aquí menores.

Desde el punto de vista del consumo de energía puede incrementarse la eficiencia energética en:

- Los procesos industriales.
- El transporte.
- Los servicios.
- Los hogares.
- La agricultura, la pesca, etc.

En el ámbito de la industria es posible realizar avances significativos en amplios sectores. Dentro de la Estrategia de eficiencia energética en España 2005-2012, el Plan 2005-2007 estima que, para el caso de la industria española, los mayores

porcentajes de reducción del consumo podrían darse en la industria alimentaria (10,6%), la siderurgia (7,2%), la industria de los minerales no metálicos (5,1) y la industria química (3,80%). Dada la diversidad de situaciones no las analizaremos aquí en profundidad. Baste decir que el instrumento fundamental de control que se adopta es la auditoría energética, que permite examinar los consumos en los procesos y detectar las ineficiencias energéticas para su corrección.

Un procedimiento muy eficaz para reducir el consumo energético es potenciar el **reciclaje de los residuos** tanto industriales como agrícolas o urbanos.

En el campo del transporte, que no olvidemos supone por sí solo el mayor porcentaje de consumo energético en la UE (un 40% en España) son posibles grandes avances. El citado plan contempla, entre otras las siguientes medidas:

Medidas de cambio modal:

- Potenciando el uso de los transportes colectivos en el ámbito urbano mediante planes de movilidad urbana.
  - Implantando planes de transporte en las empresas de más de 200 trabajadores.
  - Potenciando el transporte ferroviario interurbano.
  - Potenciando el tráfico marítimo de mercancías.
- Medidas de uso más eficiente de los sistemas de transporte:
  - En el tráfico aéreo y marítimo.
  - Mejoras en la gestión de las infraestructuras, incluyendo la introducción de peajes.
  - Implantando herramientas de gestión en las flotas de vehículos.
  - Potenciando los hábitos eficientes de conducción en el vehículo privado y entre los profesionales del transporte.
- Medidas que aumenten la eficiencia energética de los vehículos:
  - Renovación de flotas aéreas y marítimas.
  - Renovación de flotas de transporte por carretera.
  - Renovación del parque automovilístico privado.

En cuanto a los aspectos técnicos, si nos centramos en los vehículos terrestres con motor de explosión podemos apreciar que son muy ineficientes. De la energía total del combustible sólo llega a las ruedas una pequeña fracción (13%) el resto se disipa en forma de calor, en el motor y la transmisión y aún de esta energía, una parte sustancial se pierde en el rozamiento con el suelo y el aire. Además tenemos que tener en cuenta que la mayor parte de la energía resultante se emplea en desplazar la masa del vehículo. Existe pues un extenso campo sobre el que los fabricantes llevan años trabajando.

Las estrategias seguidas para reducir el consumo inciden en la eficiencia de los motores, la aerodinámica, el peso total y en los neumáticos.

Ya existen en el mercado vehículos híbridos que funcionan de modo mixto con un motor de combustión interna y otro eléctrico aumentando la eficiencia. En algunos casos recuperan incluso la energía cinética que se pierde en el frenado. La fuente última de energía es el motor de combustión pero existen dos tipos en paralelo y en serie. En el primero ambos motores impulsan el vehículo y en el segundo el motor térmico genera la electricidad que se almacena en baterías que luego alimentan el motor eléctrico. Otra alternativa son los vehículos impulsados por hidrógeno, con una eficiencia un 22% superior a los equivalentes que utilizan gasolina.

El peso es otro factor muy importante. Sin embargo los intentos de reducirlo, a pesar de los éxitos logrados, chocan a menudo con problemas de seguridad. El empleo de nuevos materiales (nuevas aleaciones y polímeros) pueden ser la solución al problema de compatibilizar ambas. En cualquier caso entran también aquí en juego otras consideraciones relacionadas con las preferencias de los usuarios y los comportamientos sociales. Por último la fricción de los neumáticos con la calzada puede llegar a suponer una parte muy significativa del consumo total y el uso de unos neumáticos adecuados puede significar una reducción en éste del 5%.

Según datos del Libro Verde sobre la eficiencia energética de la Comisión Europea, el consumo por término medio de los vehículos nuevos comercializados en la UE será de 5,8 l de gasolina por cada 100 km, lo que supondrá una reducción del consumo de combustible del 25% con respecto a 1998.

En cuanto a los servicios y hogares, que consumen en nuestro país un 20% del total de la energía final, es posible reducir el consumo energético en los siguientes aspectos:

- Calefacción, climatización y suministro de agua caliente sanitaria.
- Iluminación.
- Reducción en el consumo de los electrodomésticos.

Para mejorar el primer punto, que supone en España un 66% del gasto en los hogares, es necesario incidir sobre la eficiencia de calderas, equipos de refrigeración, ventilación, etc. Igualmente hay un amplio campo en la mejora del aislamiento térmico de los edificios y en el desarrollo de la arquitectura bioclimática.

La iluminación implica un 7% del consumo energético en un hogar medio. Las lámparas incandescentes tradicionales sólo convierten en luz un 12% de la electricidad que consumen, el resto se disipa en forma de calor. Las modernas lámparas eficientes consumen la quinta parte y tienen una duración diez veces mayor. Existen diversos modelos para diversos usos. Las electrónicas se encienden instantáneamente mientras que las fluorescentes compactas tardan algo más. Los fluorescentes son aptos para zonas que necesitan una mayor iluminación durante más horas.

Los electrodomésticos (de gama blanca, marrón, pequeño electrodoméstico y material informático) suponen una parte importante del consumo total en el hogar, en nuestro país un 26 %. En muchos países, como es el caso del nuestro, se ha implantado un sistema de etiquetado, al igual que con los automóviles, que informa a los consumidores sobre la eficiencia energética de los electrodomésticos.

Para terminar cabe decir que en lo que atañe a los hogares y el transporte es fundamental la participación de los ciudadanos que pueden con su comportamiento influir de una forma muy significativa en que se haga un uso racional y eficiente de la energía. Muchos organismos, como por ejemplo el **IDAE** (Instituto para la Diversificación y el Ahorro Energético) en España, facilitan **consejos** en este sentido.

#### 4. Bibliografía

BARQUÍN, Julián. Energía: técnica, economía y sociedad. Madrid: Universidad Pontificia de Comillas, 2004. 294 p. ISBN 84-8468-8134-3

CASSEDY, Edwards S. ; GROSMANN, Peter Z. Introduction to energy: resources, technology and society. Cambridge: Cambridge University Press, 1990. XI, 338 p. ISBN 0-5213-5941-4

CASTRO GIL, Manuel ; Sánchez Naranjo, Consuelo. Biocombustibles. Madrid: PROGENSA, 1997. 44 p. Monografías técnicas de energías renovables ; 3. ISBN 84-86505-70-4

CASTRO GIL, Manuel ; Colmenar Santos, Antonio ; Sánchez Naranjo, Consuelo. Energía eólica. 1ª reimp. Madrid: PROGENSA, 2001. 50 p. Monografías técnicas de energías renovables ; 1. ISBN 84-86505-68-2

CASTRO GIL, Manuel ; Sánchez Naranjo, Consuelo. Energías geotérmica y de origen marino. Madrid: PROGENSA, 1997. 32 p. Monografías técnicas de energías renovables ; 4. ISBN 84-86505-71-2

CASTRO GIL, Manuel ; Sánchez Naranjo, Consuelo. Energía hidráulica. Madrid: PROGENSA, 1997. 35 p. Monografías técnicas de energías renovables ; 2. ISBN 84-86505-69-0

CASTRO GIL, Manuel ; Colmenar Santos, Antonio. Energía solar térmica de baja temperatura. Madrid: PROGENSA, 2000. 94 p. Monografías técnicas de energías renovables ; 5. ISBN 84-86505-81-X

Energía y desarrollo. Rojas Rodríguez, Sebastián (coord.). Cáceres: Universidad de Extremadura, 2001. 202 p. ISBN 84-772-3465-5

Especial energía [en línea]. [s.l.] : Tecnociencia, 2002. [ref. de 25 de noviembre de 2005]. Disponible en web: [http://www.tecnociencia.es/fecyt/public/home\\_especiales.jsp](http://www.tecnociencia.es/fecyt/public/home_especiales.jsp)

Especial gas natural [en línea]. [s.l.] : Tecnociencia, 2006. [ref. de 25 de noviembre de 2005]. Disponible en web: [http://www.tecnociencia.es/fecyt/public/home\\_especiales.jsp](http://www.tecnociencia.es/fecyt/public/home_especiales.jsp)

Estrategia de ahorro y eficiencia energética en España 2004-2012 : plan de acción 2005-2007. Madrid: Ministerio de Industria y Comercio: IDAE, 2005. [ref. de 25 de noviembre de 2005]. Disponible en web: <http://www.idae.es/central.asp?a=p4&i=es#>

Guía solar: cómo disponer de energía solar fotovoltaica conectada a la red eléctrica. 2ª ed. Madrid: Greenpeace, 2005. 100 p. ISBN 84-95693-23-2

JARABO FRIEDRICH, Francisco. Energías renovables. Elortegui Escartín, Nicolás. 2ª ed. Madrid: SAPT Publicaciones Técnicas, 2000. 292 p. ISBN 84-4869-1307-1

Jornadas sobre el futuro de la energía: 28-29 de octubre 2003. Madrid: Real Academia de Ingeniería, 2004. ISBN 84-9566-227-2

Libro verde sobre eficiencia energética o como hacer más con menos [en línea]. Bruselas: Comisión de las Comunidades Europeas, 2005. [ref. de 25 de noviembre de 2005]. Disponible en web: <http://www.idae.es/central.asp?a=p4&i=es#>

El libro de las energías renovables. Francisco Jarabo Friedrich... [et al.]. Madrid: SAPT, 1988. 261 p. ISBN 84-8691301-2

Manual de energía de la biomasa. Madrid: IDAE, 1996. 155 p. Manuales de energías renovables ; 3. ISBN 84-8036-414-9

Manual de energía eólica. Madrid: IDAE, 1996. 152 p. Manuales de energías renovables ; 2. ISBN 84-8036-413-0

Manual de energía solar fotovoltaica. Madrid: IDAE, 1996. 139 p. Manuales de energías renovables ; 6. ISBN 84-8036-417-3

Manual de energía solar térmica. Madrid: IDAE, 1996. 123 p. Manuales de energías renovables ; 5. ISBN 84-8036-416-5

MARCO MONTORO, José. Instalaciones solares térmicas de baja temperatura: diseño y aplicaciones. Madrid: SAPT, 2005. 235 p. Era solar. Energías renovables. ISBN 84-86913-13-6

ORTEGA RODRÍGUEZ, Mario. Energías renovables. Madrid: Paraninfo, 2000. 328 p. ISBN 84-283-2582-0

Photovoltaics: design and instalation manual. Solar Energy International. XVIII, 315 p. ISBN 0-86571-520-3

Pilas de combustible de hidrógeno [en línea]. [s.l.]: Tecnociencia, 2005. [ref. de 25 de noviembre de 2005]. Disponible en web: [http://www.tecnociencia.es/fecyt/public/home\\_especiales.jsp](http://www.tecnociencia.es/fecyt/public/home_especiales.jsp)

RAMSEY, Dan. Solar power for your home. Indianapolis, IN: Alpha, 2003. XXI, 309 p. ISBN 0-02-864393-3

Renovables 2050 : un informe sobre el potencial de las energías renovables en la España peninsular [en línea]. Informe elaborado por el IIT bajo contrato de Greenpeace ; coordinador del proyecto por parte de Greenpeace José Luis García Ortega. [S.l.] : Greenpeace, [2005?]. Disponible en web: <http://www.greenpeace.org/raw/content/espana/reports/renovables-2050.pdf>

SEVILLA, Alfonso. La energía del sol y del viento. Madrid: Alción, 1992. 111 p. ISBN 84-862445-08-5

Solar electricity. Markvart, Tomas (ed.). Chichester: John Wiley & Sons, 1994. XIV, 280 p. ISBN 0-471-98853-7

**Hugo CONTRERAS NAVARRO**  
[hcontreras@pas.uned.es](mailto:hcontreras@pas.uned.es)

Biblioteca de Ingenierías de la UNED (Universidad Nacional de Educación a Distancia)  
<http://www.uned.es/biblioteca/energiarenovable3/index.htm>