

## TEMA 3

# EL CONSUMO DE ENERGÍA EN ESPAÑA Y EN EL MUNDO. CRITERIOS Y TÉCNICAS DE AHORRO ENERGÉTICO. ENERGÍAS ALTERNATIVAS

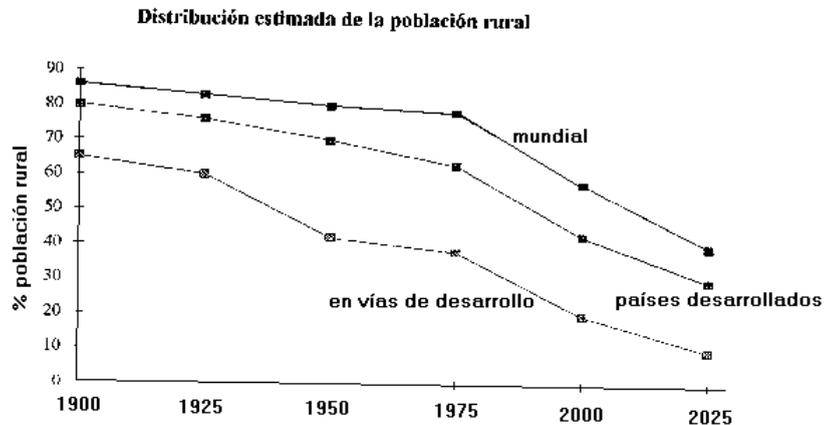
### Índice:

|   |    |
|---|----|
| 1. LA ENERGÍA EN EL MUNDO .....                               | 2  |
| 2. LA ENERGÍA EN ESPAÑA.....                                  | 4  |
| 2.1. Rasgos básicos de la estructura energética española..... | 5  |
| 3. TÉCNICAS DE AHORRO ENERGÉTICO.....                         | 12 |
| 3.1. Técnicas Activas:.....                                   | 13 |
| 3.1.1. Regulación.....  | 13 |
| 3.1.2. Ciclos combinados. Cogeneración.....                   | 13 |
| 3.1.3. Otras técnicas.....                                    | 14 |
| 3.2. Técnicas Pasivas:.....                                   | 15 |
| 3.2.1. Aislamiento.....                                       | 15 |
| 3.2.2. Arquitectura solar.....                                | 16 |
| 3.2.3. Otros sistemas.....                                    | 17 |
| 3.3. Otras técnicas de ahorro energético.....                 | 17 |
| 4. ENERGÍAS ALTERNATIVAS.....                                 | 17 |
| 4.1. Fuentes de energía. Clasificación.....                   | 17 |
| 4.2. Fuentes de energía de recursos renovables.....           | 18 |
| 4.2.1. Energía hidráulica.....                                | 18 |
| 4.2.2. Energía solar.....                                     | 19 |
| 4.2.3. Energía Eólica.....                                    | 23 |
| 4.2.4. Biomasa.....   | 24 |
| 4.2.5. Energía mareomotriz.....                               | 25 |
| 4.2.6. Energía geotérmica.....                                | 26 |

## 1. LA ENERGÍA EN EL MUNDO

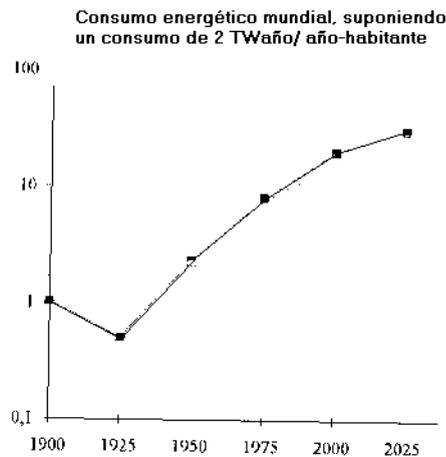
Las implicaciones económicas, ecológicas y de desarrollo y equilibrio mundial que se tocan desde el tema de las fuentes de energía, no permiten abordar el problema de la energía desde un punto de vista parcial:

-El desarrollo humano ha venido tradicionalmente ligado al consumo energético. El consumo energético a nivel mundial dista mucho de ser homogéneo, de modo que la distinción entre "primer" "segundo" y "tercer mundo" bien se podría realizar desde el nivel de consumo de energía, que conlleva un cambio en el medio de vida que pasa a ser urbano, con un progresivo abandono del medio rural. A esto hay que añadir una explosión demográfica mundial, que tiende a

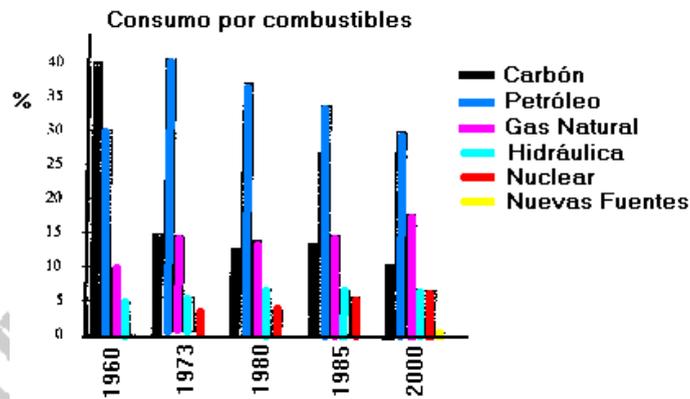


concentrarse en ciudades, y que afecta de modo desigual siendo especialmente acentuada en zonas de bajo desarrollo económico y tecnológico.

-Por otra parte, Las fuentes de energía convencionales (petróleo, carbón, incluso nuclear) se basan en la explotación de recursos



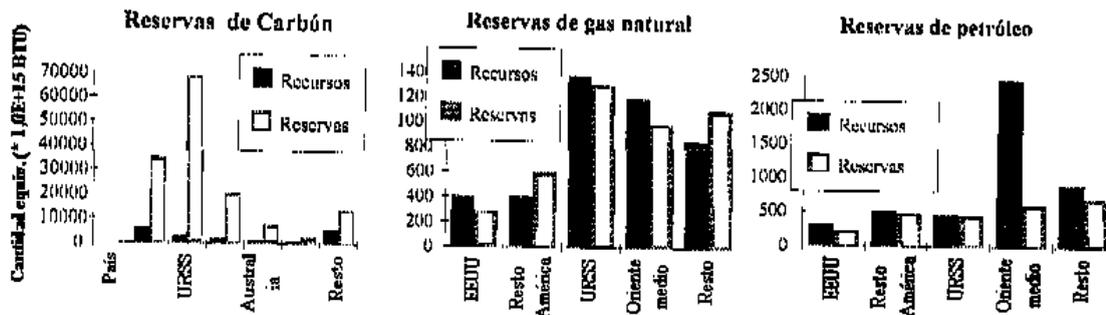
naturales finitos que se agotarán. Además su utilización como combustibles, supone una terrible carga ambiental que la Tierra no puede contrarrestar con sus mecanismos naturales que funcionan en términos de tiempo mucho más lentos que el vertiginoso desarrollo humano.



-Es imposible, a corto plazo sustituir estas fuentes de energía, ya que eso supondría una ralentización de los procesos de desarrollo de países y la renuncia (por parte de los demás países) a un grado de bienestar ya conquistado.

-Como respuesta a esta situación, desde diversos ámbitos científicos y tecnológicos se suceden las propuestas de explotación de otros recursos más limpios, que puedan dar prestaciones parecidas a los modos habituales de obtener calor para las viviendas, movimiento a los vehículos y electricidad. Son las energías alternativas o renovables, que son conceptos distintos que han venido a unirse; alternativas en

cuanto a que intentan servir como sustitutas del carbón, petróleo y nuclear, renovables en cuanto a que pretenden aprovechar recursos naturales que se regeneran de forma natural, o que son inagotables en términos de tiempo referidos a la existencia humana en la Tierra (energía solar)



## 2. LA ENERGÍA EN ESPAÑA

El enfoque localizado (en un país, en una región o en una ciudad) del problema energético, sin duda será un reflejo de un problema global, localizado a las condiciones propias de la zona, sólo cabe este estudio aislado en términos económicos, los cuales sí se refieren a países. No tiene sentido plantear desde un punto de vista medioambiental, la situación de un país como coto cerrado, las políticas económicas lo son de cada país, las políticas medioambientales, si tienen vocación de eficacia, deben ser globales.

En España, no es una excepción, el sector energético tiene una gran importancia en el conjunto de la economía. Dos razones justifican esa relevancia, por un lado, porque en toda economía industrial, como es el caso de la española-- la energía tiene un destacado papel, al ser indispensable en la práctica totalidad de los procesos productivos, Pero a importancia de la energía dentro de la estructura económica española no queda arteramente aclarada por lo que se acaba de señalar; es preciso, asimismo, aludir a la escasez de recursos energéticos de nuestro subsuelo y a sus implicaciones. Nuestro marco natural resulta bastante pobre en hidrocarburos a lo que se une lo deficiente calidad y carestía de explotación de otros recursos fósiles; esto origina un enorme déficit por contraste entre la débil producción propia y unas necesidades relativamente elevadas, con negativas implicaciones sobre la economía, e incluso nos atreveríamos a afirmar, que también sobre la sociedad española, porque trasciende de lo estrictamente económico para influir sobre otros aspectos de esa sociedad, como lo prueban los efectos de la crisis energética en los años setenta sobre la vida del país.

## **2.1. Rasgos básicos de la estructura energética española**

Al contemplar lo que el sector energético en su conjunto supone en la estructura económica de España, el primer rasgo destacable es la posición clave que aquel ocupa dentro de ésta. Con ello se quiere significar que nuestro sistema productivo -como el de cualquier economía desarrollada- depende de la energía para su funcionamiento, de tal manera que cualquier corte en su suministro podría acarrear la inmediata paralización de toda actividad productiva.

Se puede apreciar que los sectores económicos en los que se utiliza energía no producida en España, el consumo por este concepto supone un valor superior a los 1.000 millones de pesetas al año. Como excepciones a esta regla sólo encontramos, entre los 33 sectores identificados, la fabricación de tractores y maquinaria agrícola, la fabricación de aeronaves y otro material de transporte, y la industria tabaquera, cuyas compras energéticas son del orden de unos cientos de millones de pesetas; a ellos se añade el peculiar caso del sector producción imputada a servicios bancarios que tiene su columna vacía.

El segundo rasgo importante es el ya señalado déficit energético, que implica una elevada dependencia del exterior, al tener que importar grandes cantidades de energía para cubrir el consumo interior. En el cuadro I se ha tratado de precisar la cuantía de esa dependencia, comparándola con la que también sufren los países de la CEE., para que sirva como término de referencia al juzgar la situación española.

Como se puede apreciar, el grado de dependencia energética se mantiene sistemáticamente en los últimos doce años por encima del 60 por 100, alcanzando como media valores próximos al 65 por 100. Estas cifras son suficientemente expresivas por sí mismas como para no requerir comentarios adicionales. En todo caso cabe señalar una progresiva tendencia a la baja, especialmente perceptible en los últimos años resultando no casual sino consecuencia de un permanente esfuerzo para reducir esa dependencia, objetivo común a todos los planes energéticos elaborados desde el comienzo de la crisis, desde el PEN-75 hasta el actual.

Evolución comparada del grado de dependencia energética de España

A) Consumo interior bruto (en 10<sup>6</sup> tep)

| Año  | Consumo interior bruto (en 10 <sup>6</sup> tep) | Producción interior bruta (en 10 <sup>6</sup> tep) | Grado de dependencia energética española | Grado de dependencia energética UE |
|------|---|--|--|------------------------------------|
| 1973 | 57,68   | 15,18  | 73,7                                     | 62,3                               |
| 1975 | 60,78   | 16,39  | 68,1                                     | 56,7                               |
| 1977 | 67,36   | 19,30  | 71,4                                     | 55,1                               |
| 1979 | 73,15   | 21,95  | 70                                       | 54,1                               |
| 1981 | 70,72   | 20,64  | 70,8                                     | 46,9                               |
| 1983 | 73,07   | 26,44  | 63,8                                     | 42                                 |
| 1984 | 74,34   | 29,43  | 60,4                                     | 44,9                               |
| 1985 | 73,18   | 29,48  | 59,7                                     | 41,9                               |
| 1986 | 73,18   | 29,48  | 59,7                                     | 41,9                               |
| 1987 | 79,45   | 29,11  | 63,4                                     | 43,2                               |

Las implicaciones de la alta dependencia energética española son muy importantes, Dejando de momento aparte las relativas a su coste e incidencia en la balanza de pagos, de las que nos ocuparemos más adelante, tener supeditados los 2/3 de nuestro consumo energético a los abastecimientos desde el exterior supone un grave riesgo ante cualquier problema en los mercados energéticos internacionales, y precisamente hemos venido asistiendo en los últimos dos decenios a grandes conmociones esos mercados, más graves en el caso del petróleo, pero no menos comprometidas las ocurridas en el gas natural o en el combustible nuclear, aunque en estos casos han trascendido menos a la opinión pública, quizás por el menor peso que estas energías primarias tienen en nuestro balance energético- Incluso se puede afirmar que cuando la evolución de los precios es a la baja - como viene sucediendo en los últimos años- la situación no está tampoco exenta de riesgos- Las incertidumbres creadas por la espectacular caída de los precios de los crudos en los primeros meses de 1986 son un ejemplo de lo que se acaba de afirmar.

Un problema relacionado con el de la dependencia es el de la vulnerabilidad de los suministros exteriores. La vulnerabilidad se define en función del grado de dependencia, pero también de la concentración de las importaciones por países, áreas económicas y sistemas políticos; de la afinidad geográfica, cultural y política de los Estados que nos venden energía, y de las distorsiones en los mercados energéticos. Considerando estos criterios se puede evaluar la vulnerabilidad de nuestros suministros del exterior como muy elevada, superior en el caso del gas natural a la que se sufre en el del petróleo, aunque la mayor difusión de los avatares que suceden en este mercado y la importancia cuantitativa y cualitativa de las importaciones de crudo dan una imagen menos tranquilizadora en este caso que en aquél.

Evolución de las importaciones energéticas durante el periodo 1970-1986

| Año  | Importaciones de energía (millones de ptas) | Porcentaje respecto al valor total de las importaciones |
|------|---|---|
| 1972 | 63103                                       | 14.4  |
| 1973 | 72988                                       | 13  |
| 1974 | 22852                                       | 25.3  |
| 1975 | 240469                                      | 25.8  |
| 1976 | 341569                                      | 29.2  |
| 1977 | 383166                                      | 28.4  |
| 1978 | 406443                                      | 28.4  |
| 1979 | 515982                                      | 30.2  |
| 1980 | 942615                                      | 41.2  |
| 1981 | 1258812                                     | 42.4  |
| 1982 | 1376051                                     | 39.7  |
| 1983 | 1671335                                     | 40  |
| 1984 | 1741615                                     | 37.6  |
| 1985 | 1807947                                     | 35.6  |
| 1986 | 930194                                      | 19  |
| 1987 | 985506                                      | 16.3  |
| 1988 | 802072                                      | 11.4  |

Íntimamente vinculado con la dependencia exterior en materia energética, medida en términos físicos, está el elevado coste de nuestras importaciones de estas materias primas y de los productos derivados. El coste de esas compras energéticas reúne dos características negativas: es muy elevado y ha seguido una clara tendencia creciente hasta 1985. En cuanto a la primera, se puede afirmar que en 1985 los desembolsos efectuados para adquirir en el exterior energía equivalieron a casi 1.808.000.000.000 pesetas, cifra que se expresa por sí misma. No obstante, para precisar aún más su alcance la relacionaremos con otras magnitudes económicas. Así, en el quinquenio 1980-84 las citadas compras:

- Se aproximaron al 40 por 100 de valor total de las importaciones de mercancías.
- Supusieron entre el 50 y el 67 por 100 del valor total de nuestras exportaciones de mercancías.
- Superaron claramente el saldo negativo de nuestra balanza de mercancías. Si excluimos el comercio exterior energético de la misma su saldo seña positivo.
- Superaron holgadamente la suma de los ingresos por turismo y transferencias, tradicionales partidas compensatorias de la deficitaria balanza de mercancías.

Todo lo anterior adquiere su verdadero sentido si se tiene en cuenta que la factura energética no se puede pagar en pesetas, sino en dólares y para adquirirlos es necesario lograr superávit en alguna o algunas balanzas.

La tendencia creciente de la factura energética española es consecuencia de la evolución de los precios de las principales energías importadas, especialmente de los crudos de petróleo, que entre 1973 y 1982 se multiplicaron por diez en términos monetarios y por cinco en dólares (referente económico mundial, constante). Las implicaciones de estas alzas de precios sobre nuestra economía fueron muy importantes, constituyendo uno de los factores básicos que explican el progreso contractivo-inflacionista en el que se vio inmersa durante una década, con caída de casi cinco puntos en la tasa de crecimiento alcanzada entre 1960 y 1973, con aumento del paro hasta casi los tres millones y con tasa de inflación de dos dígitos. En definitiva, convulsionando totalmente nuestra estructura productiva y sumiendo al país en una crisis aguda y duradera. A partir de 1986 la caída del precio de los crudos y la depreciación del dólar respecto a la peseta han aliviado de forma notoria la factura energética, que aún alcanza cifras bastante elevadas.

## **2.2. Demanda y producción energética**

Si nos centramos en el análisis de la demanda energética española, lo primero que nos surge es el fuerte e ininterrumpido crecimiento que experimenta hasta el año 1979, año en el que se alcanza un máximo que no será superado hasta cinco años después. Este proceso expansivo no sólo coincide con la época de desarrollo económico acelerado, sino que incluso se mantiene durante los primeros años de crisis, síntoma de las rigideces de nuestro sistema económico y de la ineficacia de las escasas medidas orientadas a reducir el consumo. Es preciso esperar hasta la década actual (1991-2000) para que se puedan apreciar, tanto en la disminución del consumo energético como en el menor uso del petróleo, los resultados de las medidas adoptadas a partir de finales de 1977, pero sobre todo en 1979, para ajustar nuestra economía al nuevo marco impuesto por la evolución alcista de los precios energéticos. Así pues, en el caso español el ajuste se produce con varios años de retraso respecto al comienzo de la crisis y bastante tiempo después de la articulación en casi todos los países de la Europa Occidental de políticas anticrisis.

Un segundo punto de interés es la composición y evolución de la demanda según energías primarias, sobre lo que cabe realizar toda una serie de consideraciones. Aunque con algún retraso, España se incorpora al proceso de sustitución del carbón por el petróleo desde comienzos de la década de los cincuenta. Esta sustitución era ineludible ante los altos costes de extracción de nuestros carbones, su deficiente calidad y el bajo coste del petróleo durante el cuarto de siglo posterior a la II Guerra Mundial. Sin embargo, ese proceso, muy útil e indispensable para apoyar el gran desarrollo económico español del periodo 1960-1973, mostraría a la larga sus riesgos, al hacer depender nuestro consumo de una energía importada. Cabe añadir que los riesgos se acumularon por la débil aportación de otras fuentes energéticas primarias como el gas natural y la energía nuclear a la demanda global.

Durante esos años la única ventaja residió en una importante participación hidroeléctrica muy superior a la que como media obtenían los países europeos occidentales, lograda gracias a la acelerada construcción de centrales hidráulicas realizada durante la década de los sesenta. En definitiva, al agravarse la crisis energética en 1973 -puesto que realmente se había iniciado en el invierno de 1971-72- la situación energética española era muy vulnerable y esto se pudo comprobar inmediatamente cuando a pesar del apoyo español a la causa árabe los desvíos de crudos por las multinacionales del petróleo a los dos países boicoteados por la OPEP situaron nuestras reservas en un nivel crítico.

Durante los primeros años de la crisis energética, con el petróleo encarecido hasta niveles nunca imaginados nuestro consumo de este hidrocarburo alcanza niveles record, que sólo en los años del segundo «shock» petrolero serán sobrepasados en términos absolutos, porque en términos relativos su participación en el consumo interior bruto asciende en 1976 por encima del 72 por 100, máximo que no volverá a repetirse. Al logro de este indeseable record contribuyeron diversos factores: por un lado, la fuerte inercia alcista de la demanda energética que en plena crisis, con un PIB prácticamente estancado en términos reales, creció a tasas superiores al 6 por 100 anual. Pero quizá los factores más relevantes actuaron desde el lado de la oferta. En primer lugar destacaremos la fuerte rigidez al alza de la producción de hulla y antracita, al menos a corto y medio plazo. En segundo lugar, la coincidencia de una climatología adversa en esos años -la sequía que de forma más o menos periódica azota nuestra geografía- y cuyos efectos inmediatos sobre la producción hidroeléctrica fueron muy apreciables, haciendo necesario su sustitución por producción térmica, quemando fuel. Por otro lado, la lentitud en la ampliación de la red de distribución de gas natural coartó una mayor participación de esta energía primaria en la satisfacción de la demanda total. Finalmente, otro importante factor, la desaceleración del programa nuclear al iniciarse la transición política. Como consecuencia de esta moratoria no declarada, pero real, las centrales de la segunda generación se han conectado a la red con varios años de retraso sobre las fechas inicialmente previstas; esto en el mejor de los casos. Posteriormente, el Gobierno salido de las elecciones de octubre de 1982 elaboró un nuevo plan energético -el PEN-83-- que ha supuesto la paralización de la construcción de tres de los cinco grupos nucleares autorizados dentro de la llamada tercera generación de reactores.

Ya en la década de los 80 el panorama empezará a cambiar, la explotación intensiva a cielo abierto de los yacimientos de lignito pardo descubiertos en Galicia y el Plan Acelerado de Construcción de Centrales de Carbón, junto a importaciones de carbones térmicos y a medidas de fomento para reemplazar el uso de fuel por carbón en sectores altamente consumidores de energía (caso de la industria del cemento), invertirán el proceso de sustitución de carbón por petróleo, permitiendo reducir en unos diez puntos porcentuales el consumo relativo de éste y aumentando en una cuantía similar el uso de aquél. Obviamente, todo ello en el marco de una demanda energética estancada.

El comportamiento de la demanda en relación a la renta constituye otro punto de interés, especialmente por sus repercusiones en la estimación de la demanda futura. Hasta 1979 la elasticidad-renta de la demanda energética ha sido positiva y superior a la unidad, lo que supuso que la tasa de crecimiento de ésta quedó por encima de la tasa

de aumento del PIB. Sin embargo, la política de precios realistas adoptada por entonces, repercutiendo a los consumidores intermedios y finales las fuertes alzas que se dieron en los mercados de hidrocarburos influyó positivamente en el comportamiento del consumidor, sobre todo en el industrial, que tomó medidas muy enérgicas para ahorrar consumos superfluos e invirtió en nuevo equipo mucho más eficiente desde la perspectiva energética. Así pues, durante los últimos años la elasticidad renta de la demanda de energía se ha reducido, aunque sea prematuro predecir el comportamiento futuro a la vista de la evolución más reciente.

Como colofón a este examen del consumo es preciso destacar dos hechos, en primer lugar, el aumento de la participación relativa de la energía nuclear al entrar en producción cinco de los siete grupos de la segunda generación. Sin embargo, este crecimiento va a quedar frenado en los próximos años al paralizarse la construcción de varios grupos termonucleares de la tercera generación, moratoria incluida en el PEN-83. En segundo lugar, la puesta en explotación del yacimiento de gas de Serrablo y de otros descubiertos en el golfo de Vizcaya, unido a la ampliación de la infraestructura de distribución de esta energía, permitirá en un inmediato futuro un ligero aumento de su participación en el consumo global.

Para examinar la relación entre producción y consumo utilizaremos la técnica del balance energético. En el cuadro adjunto aparece el relativo a 1984; de su análisis se pueden extraer varias conclusiones que de forma resumida expondremos.

En primer lugar, es destacable que la tasa de cobertura alcanzada -del 39,6 por 100- es la más alta de los últimos quince años, dato realmente positivo que se va incluso a superar en 1985 a la vista de las cifras acumuladas hasta noviembre! últimas que se han podido consultar.

Respecto a la producción interior bruta se puede afirmar que en un año hidrológico casi normal -como fue 1984-los hidrocarburos no superaron el 8,6 por 100 del total. Así pues, entre el carbón y la electricidad primaria (de origen hidráulico y nuclear) se obtiene el 91,5 de la producción energética española. Este hecho tiene una indudable trascendencia de cara al futuro, pues si se considera -lo que parece bastante razonable- que las posibilidades de incrementar la producción de carbón y de hidroelectricidad son muy reducidas, los crecimientos futuros de producción únicamente pueden provenir de la electricidad nuclear, precisamente la producción frenada por criterios políticos de racionalidad dudosa, pues esta energía es la de coste de generación más bajo. Es obvio, que tal razonamiento descansa en el supuesto -bastante realista- de las limitadas posibilidades de encontrar yacimientos importantes de hidrocarburos en suelo español o en la

plataforma continental situada dentro de nuestro mar territorial. En el mejor de los casos sólo es previsible ir sustituyendo los recursos que se van agotando por explotación con nuevos descubrimientos.

Balance energético de España en 1984 (en M tep)

| Fuentes energéticas primarias | Consumo interior bruto | %    | Producción interior bruta | %    | Saldo comercio |
|-------------------------------|------------------------|------|---------------------------|------|----------------|
| Carbón                        | 19,22                  | 25,9 | 14,30                     | 48,6 |                |
| Hidroeléctrica                | 8 16                   | 11   | 7,45                      | 25,4 |                |
| Nuclear                       | 5,02                   | 6,8  | 5,18                      | 17,5 |                |
| Petróleo                      | 40.03                  | 53,8 | 2,32                      | 7,9  |                |
| Gas natural                   | 1,90                   | 2,5  | 0,16                      | 0,5  |                |
| Total                         | 74,34                  | 100  | 29,44                     | 100  |                |

(1) El saldo negativo indica exportaciones netas y el positivo importaciones netas. No se ha tenido en cuenta la elaboración de «stocks».

Comentario aparte merece el Plan de Energías Renovables (PER), cuyas previsiones sitúan el consumo de estas en 0,911 millones de tep, en 1988, y 2,73 1 millones de tep, en 1992.

Para finalizar, haremos una breve reflexión sobre la más reciente evolución de los precios de los crudos, que no trata, ni de lejos, de especular sobre un futuro cuya evolución se resiste a encajar en las más sofisticadas previsiones de los economistas. La bonanza de los mercados petrolíferos a partir de diciembre de 1985 y su benéfica influencia en los precios de las restantes energías primarias - con claras secuelas en nuestras importaciones- no debe hacernos olvidar ni pasadas angustias energéticas, ni el deficiente marco natural de nuestro país en lo relativo a estos recursos. Por tanto, continúan teniendo plena validez las medidas de ahorro energético, de aprovechamiento racional de nuestros recursos y de diversificación de proveedores y de fuentes energéticas.

### 3. TÉCNICAS DE AHORRO ENERGÉTICO

A la vista de la situación, se plantea como solución la propuesta de un "desarrollo sostenible" que ralentice el consumo indiscriminado de energía mediante un ahorro energético y se plantea la necesidad de una diversificación de las fuentes energéticas, para de forma gradual, pasar del consumo de energías fósiles, limitadas y contaminantes, a favor del consumo de energías alternativas, renovables y limpias.

Centrándonos en el primer aspecto del ahorro energético, se exponen las distintas técnicas: activas y pasivas.

### **3.1. Técnicas Activas:**

Son aquellas que se sirven de mecanismos ajenos al sistema al que se quiere transferir la energía y que consumen, en el proceso, una parte de la misma. También se incluyen los diseños de procesos que aprovechan al máximo sus productos residuales, siendo implementados con instalaciones auxiliares que hacen una mejora sustancial del rendimiento global de la planta.

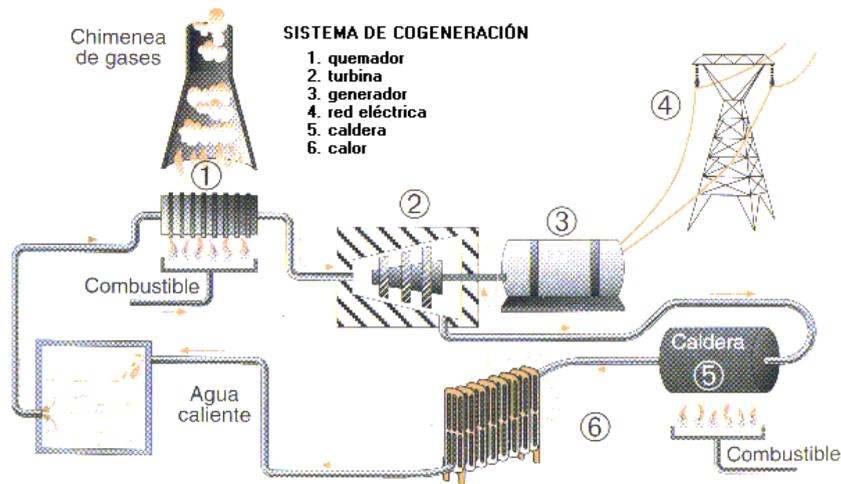
#### **3.1.1. Regulación**

La limitación del consumo de una manera racional constituye la técnica más elemental de ahorro energético. Cualquier sistema que consuma ó genere energía dispone de un subsistema de control que decide cuándo se necesita realmente esa energía y cuándo no.

Dentro de esta dosificación tienen cabida conceptos como el fraccionamiento en varios escalones de potencia en los equipos, regulación modulante, ó la zonificación. Los sistemas pueden llegar a ser todo lo complejos que se quiera, aunque predominan los sistemas electrónicos de regulación y control en todo tipo de aplicaciones.

#### **3.1.2. Ciclos combinados. Cogeneración**

La cogeneración consiste en la generación simultánea de electricidad y calor (bien en forma de vapor ó de agua caliente). El aprovechamiento del calor residual es usado en algunos procesos industriales (industrias petroquímicas, de alimentación, etc.) y la electricidad es bien para consumo propio ó bien para ponerla a disposición de la red eléctrica nacional. Suele estar ligada a una turbina de gas ó de vapor



El desarrollo de los ciclos combinados obedece al aprovechamiento que se puede realizar en un ciclo termodinámico de un fluido del calor que se desprende en una parte del mismo e invertirlo en cederlo a otro ciclo, de otro fluido de propiedades termodinámicas diferentes, en la parte en que éste último precise una aportación de calor.

La combinación más utilizada es la del ciclo de Rankine o de vapor de agua y el ciclo de Bryton o de gas. El aporte de entalpía para pasar el agua a estado vapor proviene en parte de la entalpía residual de los gases de escape de una turbina de gas.

### 3.1.3. Otras técnicas

#### 3.1.3.1. Combustión en lecho fluido presurizado

Técnica utilizada para reducir las emisiones de SO<sub>x</sub> y NO<sub>x</sub>. Se trata de un ciclo convencional con turbina de vapor en donde el generador de vapor consume una mezcla de piedra caliza o dolomita y carbón de alto contenido en azufre, la cual se quema sin llama, a alta presión (12 bar) y baja temperatura (850 °C) produciendo unas burbujas en el seno de la mezcla, con apariencia fluida, al inyectar el aire para la combustión.

La caliza reduce el azufre de los productos de combustión de manera notable y la baja temperatura impide la formación de los óxidos de nitrógeno. Las altas presiones permiten una caldera compacta y el rendimiento térmico es grande, debido a la presencia de un ciclo combinado.

#### 3.1.3.2. Gasificación del carbón

El proceso consiste en calentar progresivamente el carbón, previamente tratado, el cual desprende unos gases que son

aprovechados en una turbina de gas. Se suele utilizar en ciclo combinado con turbina de vapor.

### **3.1.3.3. Celdas de combustible**

Son sistemas, aún en estudio de rentabilidad, que permiten una conversión directa en energía eléctrica a partir de reacciones químicas diversas, en presencia de un electrolito.

## **3.2. Técnicas Pasivas:**

Son aquellas que no precisan de componentes especialmente diseñados que consuman parte de la energía que deben de transmitir. Es el propio diseño del sistema el que favorece el aprovechamiento de las energías gratuitas (solar, geotérmica) y residuales.

### **3.2.1. Aislamiento**

El minimizar las pérdidas de calor que se producen en las distintas transformaciones por las que pasa la energía es un punto vital para el ahorro.

Tanto para generar electricidad, como energía mecánica como cualquier otra, el paso casi obligado es la energía en forma de calor y, como en todo proceso, existe un rendimiento que supone el desaprovechamiento de una parte. Los rozamientos entre los distintos elementos mecánicos y las fugas de fluido caloportador son aspectos en mayor o menor grado inevitables. Sin embargo la transmisión de calor a través de los componentes del sistema de transformación no lo son y en el caso más sencillo de una superficie plana las pérdidas de potencia calorífica se rigen según la ecuación:

$$Q = K S (t_2 - t_1) \text{ en Watos}$$

donde K es la conductividad térmica del aislante, en  $W / ^\circ C m^2$ . Se entiende que a menor valor de K, peor conduce el calor, luego mejor aislante es. Los más utilizados son la arcilla expandida, espumas elastoméricas y fenólicas, poliuretano, fibra de vidrio, poliestirenos y perlita.

La colocación de barreras de vapor es otro tipo de aislamiento que se debe tener muy en cuenta en algunos procesos.

Mediante estas sustancias se protegen las superficies de paredes y tuberías de las posibles condensaciones de la humedad del aire sobre las mismas. Es sabido que al existir un cambio de estado, el calor latente cedido o absorbido es mayor que el calor sensible

resultante de un cambio de temperatura. Por tanto, las condensaciones no son deseables y se deben evitar.

### 3.2.2. Arquitectura solar

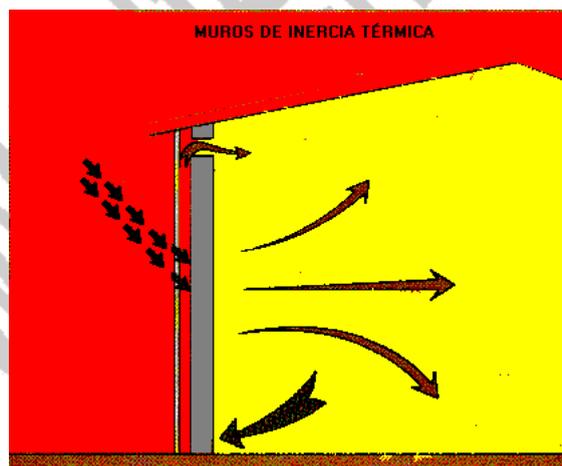
La llamada "arquitectura solar" o "bioclimática" no es sino un conjunto de técnicas de diseño para la construcción de viviendas y locales habitados, en las cuales se tienen primordialmente en cuenta los factores climáticos de la zona geográfica en la que se encuentra con objeto de minimizar las pérdidas energéticas y aprovechar al máximo la energía solar, tanto para la iluminación como para la climatización de esos locales.

Esto se puede hacer de dos formas:

A) Con criterios pasivos, obteniendo un rendimiento máximo de los sistemas convencionales mediante aislamientos adecuados.

B) Con criterios activos, generando energía, a partir de la energía solar para satisfacer las necesidades propias del edificio. Dentro de este grupo podemos incluir los muros de inercia térmica (muros Trombe), el efecto de invernadero y las cubiertas de inercia térmica.

En los edificios construidos con criterios activos de aprovechamiento energético, es necesario captar la energía solar sin concentrarla, pero reteniéndola de forma directa en superficies mates y oscuras.



La arquitectura solar tiene su aprovechamiento fundamental en viviendas. En determinadas condiciones geográficas y climatológicas, puede resultar un sistema competitivo para suministrar calefacción o refrigeración y agua caliente a edificios de viviendas. Sin embargo, por

razones técnicas y económicas es difícil que resulte rentable sustituir la instalación de un edificio ya construido por una de tipo solar. Además, como los periodos de más demanda de calefacción y agua caliente no se corresponden con los de máxima disponibilidad de energía solar, es necesario para garantizar el servicio, disponer de otras fuentes energéticas. De todas formas, el rendimiento en estos casos es superior al 50 por 100.

### **3.2.3. Otros sistemas**

Por último, en lo que a sistemas pasivos se refiere, debemos considerar los llamados "sistemas de aporte aislado", que consisten en una superficie de absorción "separada" de la casa para captar la energía y distribuirla a través de una red de agua ó aire hasta el interior de la vivienda.

La aplicación más habitual es el circuito de circulación natural por termosifón, con un colector plano y un tanque de almacenamiento para el agua caliente sanitaria de uso doméstico; ó bien un lecho poroso de rocas para caldeo del suelo, a modo de "gloria"

Se estudia por separado porque el colector, a pesar de poder estar integrado en el edificio, no forma parte de él realmente, como en los otros casos.

### **3.3. Otras técnicas de ahorro energético**

Existen múltiples trucos de ahorro energético que se aplican tanto en la generación como en el consumo de energía. Valga como ejemplo el siguiente:

Elevar la tensión en las redes de distribución eléctrica, mediante los correspondientes transformadores. Las pérdidas de potencia en la línea vienen dadas en porcentajes, con lo cual se entiende que no es lo mismo un 5% de 20 KV que de 220 V. Las tolerancias del aparato de consumo se ven directamente en conflicto con las de la red en el segundo caso, mientras que en el primero, al haber una etapa previa de transformación, la tensión que llega al aparato es

## **4. ENERGÍAS ALTERNATIVAS**

### **4.1. Fuentes de energía. Clasificación**

Las distintas fuentes de energía se pueden clasificar

- a) Según sean o no renovables.
- b) Según su incidencia en la economía del país

En el primer caso, hablaremos de montes de energía renovables por llegar de forma continua a la Tierra y ser inagotables (por ejemplo la energía solar), y no renovables aquellas que se encuentran de forma fija en el planeta, agotándose al consumirlas (por ejemplo, el carbón).

En el segundo caso, llamaremos fuentes convencionales a aquellas que tienen una participación importante en los balances energéticos de los países industrializados. Se llaman fuentes de energía no convencionales, o nuevas fuentes de energía, a las que por estar en una etapa de desarrollo en cuanto a su utilización generalizada, no cuentan con una participación apreciable en la cobertura de la demanda energética de esos países.

Desde el punto de vista de su utilización concreta, las distintas fuentes pueden ser utilizadas o no sustitutivamente entre sí. Por ejemplo, para la producción de energía eléctrica podemos utilizar carbón, petróleo, uranio...; sin embargo, en un proceso siderúrgico, el uranio nunca podrá sustituir al carbón.

En cada caso será necesario realizar un estudio pormenorizado analizando los recursos, los precios, seguridad de abastecimiento, etc.

#### FUENTES DE ENERGIA

##### RENOVABLES

- Hidráulica
- Solar
- Eólica
- Biomasa
- Mareomotriz

#### FUENTES DE ENERGIA

##### NO RENOVABLES

- Carbón
- Petróleo
- Gas
- Geotérmica
- Nuclear

natural

## 4.2. Fuentes de energía de recursos renovables

### 4.2.1. Energía hidráulica

Podemos considerar la energía hidráulica como la energía que se obtiene a partir de corrientes de agua de los ríos. Una gran masa de agua situada a una cierta altura sobre un nivel dado, posee una gran cantidad de energía (energía potencial), equivalente al trabajo empleado en elevar esa masa de agua hasta la altura mencionada ( $E=mgh$ ). Si dejamos caer esa masa de agua hasta el nivel del que procede, desarrollará una energía cinética igual a la energía potencial almacenada.

El mayor aprovechamiento de esta energía se realiza en los saltos de agua de las presas. El agua se encuentra generalmente retenida en embalses o pantanos. Estos son unos grandes depósitos

que se forman, generalmente, de manera artificial cerrando la boca de un valle mediante un dique o presa en el que quedan retenidas las aguas de un río. Esta agua almacenada puede ser utilizada posteriormente para el riego, abastecimiento de poblaciones o para la producción de energía eléctrica en una central hidroeléctrica.

Un gran número de países obtienen la mayor parte de la producción de electricidad de centrales hidroeléctricas. Estas son instalaciones en las que la energía potencial del agua almacenada se transforma en energía eléctrica. Aunque debido a la topografía y a la cantidad y distribución del flujo hidráulico anual, las centrales tendrán unas determinadas características de construcción, todas deberán cumplir el mismo principio básico: el agua que fluye por acción de la gravedad, se utiliza para impulsar las turbinas, que, a su vez, accionarán generadores eléctricos.

Una serie ininterrumpida de mejoras técnicas ha permitido construir centrales de rendimientos tan elevados que transforman en energía eléctrica más del 90 por 100 de la energía mecánica del agua del salto

Aunque el aprovechamiento de la energía hidráulica para la generación de electricidad presenta grandes ventajas de abastecimiento, por ser el agua un recurso inagotable y que se renueva de forma continua y gratuita en la naturaleza, la producción hidroeléctrica presenta ciertos inconvenientes. Como depende de la disponibilidad de agua, en años de sequía, al disminuir el flujo hidráulico, ha sido necesario disminuir la producción. Tampoco se pueden hacer previsiones, ya que no es posible prever si el suministro de agua se mantendrá constante en años sucesivos. Los emplazamientos hidroeléctricos adecuados rara vez coinciden con los centros de consumo, por lo que suele ser necesario instalar amplias redes distribuidoras que transmitan la energía eléctrica al punto de utilización.

Todos estos inconvenientes, unidos a las grandes inversiones necesarias para la construcción de este tipo de centrales, han limitado la expansión de estos sistemas hidroeléctricos. Sin embargo, la energía hidráulica sigue siendo la más empleada entre las fuentes de energías renovables para la producción de energía eléctrica

#### **4.2.2. Energía solar**

##### **4.2.2.1. Descripción de la energía solar**

Energía solar es la energía que llega a la Tierra en forma de radiación electromagnética procedente del Sol, en donde es generada por un proceso de fisión nuclear.

Prácticamente, toda la energía de la Tierra procede de forma directa o indirecta del SM. Sin embargo hoy se investiga la forma de utilizar directamente la energía solar.

El aprovechamiento de esta fuente de energía presenta unas características especiales. La materia prima (el Sol) tiene un carácter inagotable y gratuito y es de una gran calidad energética (mediante la concentración de la energía solar se pueden alcanzar temperaturas de hasta 3.000 °C). Frente a estas ventajas, presenta también serios inconvenientes para su aprovechamiento: es una energía que llega a la tierra en forma poco regular y dispersa. No puede ser almacenada directamente, sino que exige ser transformada inmediatamente en otra forma de energía (calor, electricidad), y, además, para poder utilizarla a gran escala es necesario instalar diversos sistemas de captación.

En 1 m<sup>2</sup> de superficie horizontal situada en el exterior de la atmósfera se recibe una energía de unos 1.350 W. Sin embargo, la cantidad de energía que se recibe sobre un metro cuadrado de superficie horizontal sobre el suelo, oscila entre 0 y 1.100 W, debido a que entre el Sol y nosotros existe un cierto número de obstáculos variables. Unos previsibles: alternancia día/noche, ciclo de las estaciones, otros aleatorios: impureza de la atmósfera, capa nubosa.

#### **4.2.2.2. Aprovechamiento de la energía solar**

Las tres formas características de aprovechamiento de la energía solar son:

- Arquitectura solar.
- Conversión térmica,
- Conversión fotovoltaica.

#### **4.2.2.3. Arquitectura solar**

Es el conjunto de soluciones arquitectónicas que permiten la captura, almacenamiento y distribución de la energía solar que incide sobre un edificio.

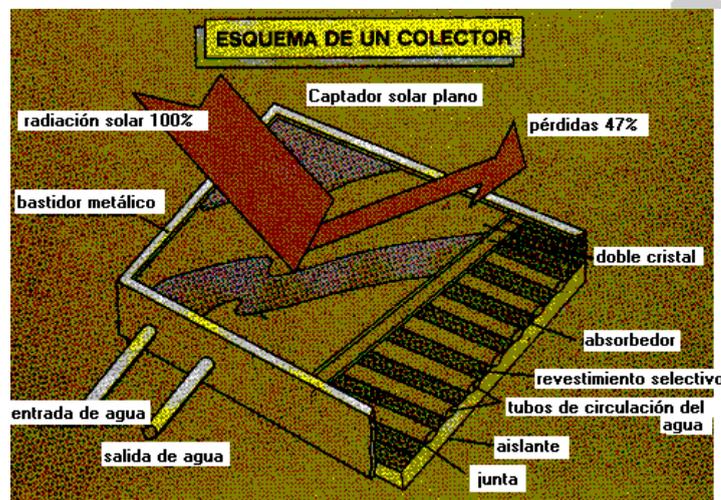
La arquitectura solar se ha tratado en profundidad como una técnica de ahorro energético.

#### **4.2.2.4. Conversión térmica**

Es la transformación de la energía solar en energía térmica almacenada en un fluido, Según la temperatura a la que queramos llevar la temperatura de éste, los dispositivos empleados serán diferentes. Por eso debemos distinguir tres formas de conversión térmica: a baja, media y alta temperatura.

### Conversión a baja temperatura

Se entiende por tal la conversión a temperaturas inferiores a 90 °C; en este intervalo de temperatura es necesario utilizar un colector solar plano, dispositivo destinado a captar la radiación solar incidente para convertirla por lo general en energía térmica y transferirla a un portador de calor. El colector solar plano está formado por una placa de color oscuro, capaz de absorber la radiación solar y convertirla en calor y una serie de tubos por los que circula un fluido (agua, aire, aceite, disolución anticongelante). Este fluido que circula por los canales de distribución sirve para transmitir el calor absorbido por la placa a un sistema de producción de agua caliente o a un sistema de calefacción. El conjunto está cubierto por una o varias láminas transparentes de vidrio o de plástico para asegurar el efecto de invernadero del colector.



El aprovechamiento de este tipo de colectores se produce en el calentamiento del agua de las piscinas, en la obtención de agua caliente en viviendas y hospitales, en el calentamiento de agua en procesos industriales con temperaturas inferiores a 90 °C, siendo el rendimiento en todos estos procesos superior al 50 por 100. Dado el carácter intermitente de la radiación solar, este sistema se utiliza fundamentalmente como productor de agua caliente para usos sanitarios o como apoyo en sistemas clásicos de calefacción.

### Conversión a media temperatura

Entendemos por tal la conversión a temperaturas comprendidas entre 90 y 200 °C. Para aprovechar la energía solar en este intervalo de temperaturas es necesario captarla sobre, una superficie relativamente grande y concentrarla sobre otra más pequeña que encierra un fluido caloportador.

Los concentradores pueden ser de refracción y de reflexión, siendo estos últimos los más utilizados. Entre estos concentradores de reflexión, los más extendidos son los cilindro-parabólicos, los helióstatos y los parabólicos,

Este tipo de colectores necesita un sistema de seguimiento que les permita recibir óptimamente la radiación solar si a lo largo del día. Este sistema suele ser un reloj o un sensor óptico combinado con un servomotor que hace girar el colector siguiendo la dirección del sol.

En el colector cilindro-parabólico, los rayos que inciden en la superficie se reflejan convergiendo en los focos de cada una de las distintas parábolas que se obtienen al hacer una sección transversal del dispositivo. Esta serie de focos es una línea recta, materializada por un tubo de color negro mate por el que circula el líquido a calentar.

Los helióstatos son sistemas formados generalmente por espejos orientables, de forma que la radiación incidente sea reflejada en un punto fijo.

Las aplicaciones de este tipo de colectores son fundamentalmente industriales. El principal inconveniente que presentan es que sólo aprovechan la radiación directa del Sol, pero no la difusa.

Tiene especial interés el empleo de estos sistemas en procesos de esterilización, destilación del agua del mar, obtención de vapor industrial, procesos en los que el rendimiento puede llegar a ser superior al 60 %.

#### Conversión a alta temperatura

Se estudia aquí la conversión a temperaturas superiores a 200 °C. Se capta la energía solar y se transfiere a un fluido portador de calor. La energía térmica así conseguida se transformará posteriormente en energía eléctrica, mediante un proceso análogo al de una central térmica convencional. La captación de energía solar, en este tipo de centrales, se hace mediante los colectores de concentración cilindro-parabólicos, los de concentración puntual (parabólica) o mediante un sistema de helióstatos que siguen constantemente el movimiento del sol, de forma que todos los rayos reflejados converjan en un punto llamado reflector. En la actualidad, las aplicaciones a alta temperatura, incluida la generación de electricidad y la fundición en los hornos solares, no permiten, por su alto costo, la utilización de las mismas a un precio y en cantidad aceptable, por lo que podemos afirmar que la casi totalidad de las instalaciones en servicio, lo son con fines de investigación y su explotación comercial no parece viable de forma inmediata. El rendimiento de estas instalaciones es aproximadamente del 20 %.

#### **4.2.2.5. Conversión fotovoltaica**

Es la transformación directa de la energía luminosa en energía eléctrica en unas células llamadas células solares o fotovoltaicas. El efecto fotovoltaico se produce cuando la radiación solar entra en contacto con un material semiconductor cristalino.

La luz transporta energía en forma de fotones. Estos al incidir sobre determinados materiales (por ejemplo, silicio dopado con fósforo y boro, y transformado, por tanto, en un semiconductor), produce un movimiento de electrones en su interior, apareciendo en sus extremos una diferencia de potencial, lo que les convierte en una pequeña pila o generador eléctrico. La mayoría de estas pilas fotovoltaicas son de silicio monocristalino, de alto costo y en las que el rendimiento es del 15 al 25 %.

El inicio de los sistemas fotovoltaicos está ligado al desarrollo de los satélites artificiales. En una primera etapa, dada la elevada fiabilidad de su funcionamiento, su reducido peso y sus escasas necesidades de mantenimiento, estos sistemas fueron utilizados para cubrir las necesidades energéticas de los satélites.

Las líneas actuales de investigación sobre conversión fotovoltaica están intentando utilizar células de mayor rendimiento (por ejemplo, las de arseniuro de galio, bifaciales...) y de menor costo (por ejemplo, las de sulfuro de cadmio y el silicio policristalino).

Sin embargo, aunque las perspectivas de utilización de pilas fotovoltaicas para producir electricidad de forma competitiva con los sistemas convencionales son muy esperanzadoras a largo plazo, su desarrollo se lleva a cabo de forma lenta y debido a sus altos costos, no se puede esperar que aumente su utilización. Por el momento este procedimiento es insustituible como generador de electricidad en satélites artificiales y en cápsulas espaciales. Se ha utilizado también en balizas eléctricas, en boyas marinas y para instalaciones de baja potencia en lugares de difícil acceso.

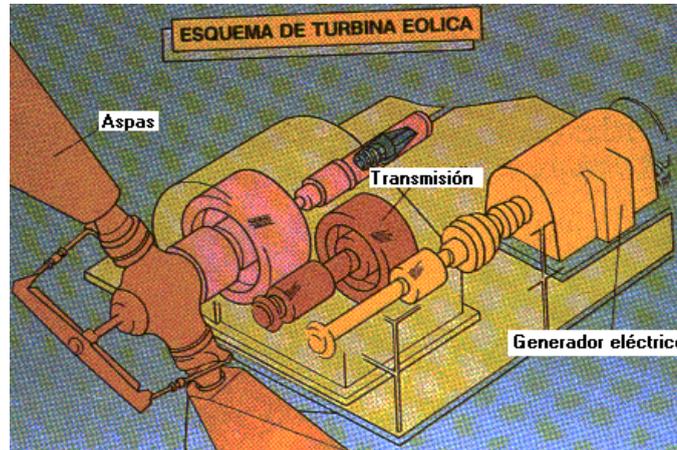
#### **4.2.3. Energía Eólica**

Es la energía producida por el viento. Se ha utilizado a lo largo de toda la historia de la humanidad: la propulsión náutica y los molinos de viento nos hablan de ello.

La energía eólica presenta las ventajas y los inconvenientes de la energía solar: es inagotable y limpia una vez hecha la instalación, gratuita; pero al mismo tiempo es dispersa, intermitente y aleatoria. Además de estos inconvenientes, la energía eólica presenta un problema específico, y es que a mayor cantidad de materia prima (viento), aumentan los problemas de corrosión, de erosión y de

esfuerzo, así como el de la orientación, aspectos que hay que tener en cuenta al realizar el diseño de máquinas eólicas.

La energía eólica se aprovecha para accionar molinos, y pequeñas dinamos. La mayoría de los molinos de viento de los Países



Bajos accionan bombas que sirven para elevar el agua de los «polder».

Como proyecto de tipo experimental y para producir energía eléctrica a pequeña escala y en lugares aislados, existen sistemas de transformación de energía eólica en energía eléctrica.

Los problemas de control del régimen de funcionamiento de estas centrales, así como el almacenamiento de la energía eléctrica producida, son los más importantes escollos para el desarrollo de esta energía renovable.

Una variante de la conversión de la energía eólica en energía eléctrica es la conversión eólico-solar en una central solar de chimenea.

#### 4.2.4. Biomasa

Es la energía que se obtiene o se puede obtener por los procesos naturales que se producen en la tierra sobre los compuestos orgánicos. Se pueden distinguir:

- Biomasa primaria: es la que se desarrolla a partir de la fotosíntesis, Constituye, por tanto, el conjunto del reino vegetal.

- Biomasa secundaria: es la que a través de cadenas biológicas, más o menos complejas, se desarrolla y sostiene sobre la biomasa primaria y sobre si misma. Constituye, por tanto, el conjunto del reino animal.

- Biomasa residual: es la parte no aprovechada en los procesos que el hombre realiza sobre la biomasa primaria y secundaria.

- Biomasa renovable: es la cantidad de biomasa, primaria o secundaria residual o no, que la naturaleza es capaz de renovar en el periodo de un año.

La energía de la biomasa se puede obtener a través de dos vías:

- Estableciendo determinados cultivos transformables en combustibles.

- Por aprovechamiento de residuos (forestales, agrícolas, sólidos urbanos, biodegradables...).

La utilización energética de la biomasa se consigue a través de dos tipos de procesos tecnológicos:

- Procesos termoquímicos, entre los que destacan la combustión directa y la gasificación de residuos con posterior síntesis a metanol.

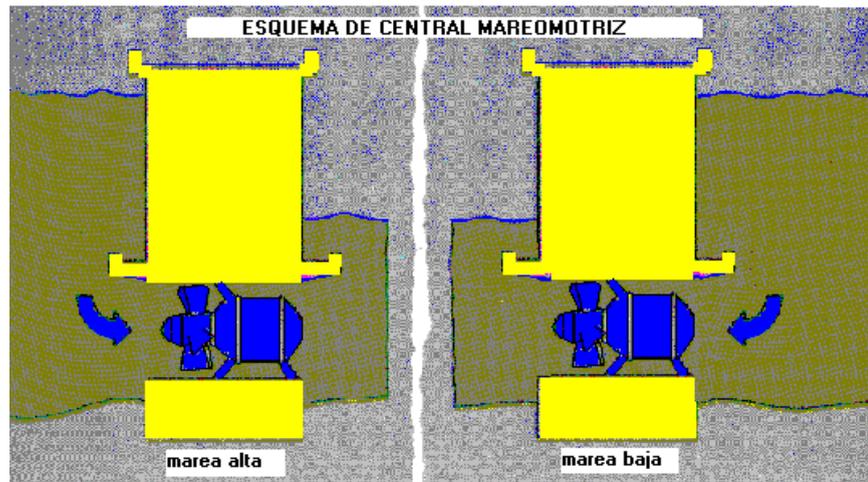
- Procesos bioquímicos, entre los que destacan la hidrólisis y la fermentación de residuos vegetales para obtener etanol, la pirolisis de residuos urbanos y la hidrogenación y gasificación de productos primarios.

La biomasa residual ofrece grandes perspectivas en cuanto a su aprovechamiento energético ya que se produce de forma continua como consecuencia de la actividad humana. La eliminación de recursos naturales constituye normalmente un problema cuya solución requiere grandes desembolsos. El aprovechamiento energético de los residuos además de proporcionar energía, ahorrará los costes de su eliminación.

#### **4.2.5. Energía mareomotriz**

Otra fuente energética apenas utilizada, pero de recursos prácticamente inagotables, es el mar. Esta energía puede ser aprovechada de tres formas: mareas, olas y diferencias térmicas de sus diferentes capas.

Las mareas son el resultado de la atracción gravitatoria ejercida por el Sol y la Luna sobre nuestro planeta. En algunos litorales de la Tierra, el desnivel de las mareas alcanza con frecuencia varios metros entre bajamar y pleamar. Si esto ocurre en lugares aptos geográficamente para poder controlar mediante una presa grandes masas de agua en recintos naturales cerrados, nos encontramos con la posibilidad de explotar la energía mareomotriz.



El aprovechamiento de la energía de las olas y el aprovechamiento de la diferencia de temperaturas entre las distintas capas marinas, presenta el grave inconveniente del alto costo en las instalaciones requeridas y el poco desarrollo de la tecnología necesaria.

#### 4.2.6. Energía geotérmica

Aunque se trata de una energía no renovable, la incluimos dentro del estudio como energía alternativa en el sentido de que no contamina, y en el escaso desarrollo de su técnica de explotación y aplicaciones.

Es la contenida en el interior de la Tierra. Se produce, de forma natural, en la desintegración isótopos radiactivos alcanzándose unos niveles muy altos de temperaturas.

La salida al exterior de esta energía se puede producir:

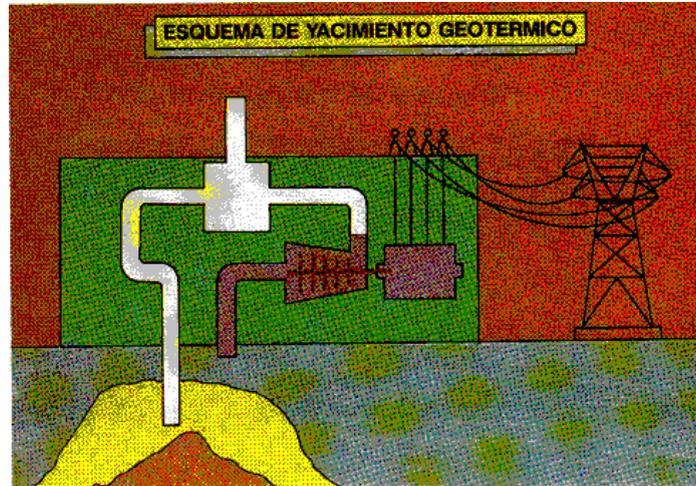
- En forma de gases a altas temperaturas: fumarolas y solfataras.
- En forma de vapor y agua hirviendo: géiseres
- En forma de agua caliente: fuentes termales.

Los yacimientos se pueden agrupar en dos tipos:

- Yacimientos húmedos.
- Rocas calientes y secas.

El aprovechamiento de los yacimientos húmedos se puede hacer a distintas temperaturas. Los de baja temperatura (50 a 90 °C) se utilizan para calefacciones urbanas, piscinas, secaderos, invernaderos y tienen bastantes dificultades para su explotación debido a que arrastran

sales disueltas en agua, por lo que hay un riesgo grave de corrosión de las instalaciones y sensible emisión de contaminantes gaseosos.



Los yacimientos de media temperatura (90 a 150 °C) sí necesitan para su extracción un fluido intermedio (amoníaco, freón). El rendimiento es muy bajo. Como posible aprovechamiento está la obtención de energía eléctrica.

En los de alta temperatura (> 150 °C) el vapor a presión o el agua a esta temperatura tienen suficiente fuerza motriz como para alimentar una central eléctrica.

Las rocas calientes y secas se encuentran a profundidades de hasta 6.000 m y temperaturas de 300 °C. Con ellas se puede obtener energía eléctrica, pero su explotación presenta grandes dificultades.