

EL RETO ENERGÉTICO

Jornadas organizadas por la Academia Malagueña de Ciencias durante el mes de noviembre de 2007. Además de un conjunto de conferencias se proyectó la película “Una verdad incómoda” de Al Gore

ENERGÍA Y DESARROLLO

Ilmo. Sr. D. Francisco Serrano Casares. Instituto Andaluz de Energías Renovables.
Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Universidad de Málaga.
Académico de Número de la Malagueña de Ciencias

LA ESTRUCTURA ENERGÉTICA

La estructura fundamental de nuestro esquema energético, base del actual desarrollo económico, está cimentada en dos tecnologías generadas en los siglos XVIII y XIX: la máquina de vapor construida por Thomas NEWCOMEN en Inglaterra en 1707 y la conexión entre sí de dos dinamos Gramme para producir electricidad con la primera y su transmisión para convertirla en trabajo mecánico con la segunda.

Otra característica singular de nuestro sistema energético está representada por la simbiosis tecnológica entre los motores térmicos y los generadores eléctricos para producir a gran escala un vector energético, que conocemos como electricidad, que nos permite alimentar a las máquinas eléctricas motoras, generar calor y producir luz.

Por tanto, las bases científicas que mueven nuestro sistema energético tienen sus raíces en el Principio de la Inducción Electromagnética y en los Principios de la Termodinámica, aunque prácticamente es la Termodinámica la que sostiene el edificio energético, concretada en las tecnologías del calor que sólo sabemos obtener mediante tres métodos: la combustión química (calor o movimiento), la reacción nuclear (calor) y la irradiación solar (calor o electricidad). Esto constituye lo que se considera el paradigma tecnológico-científico de nuestro esquema energético: el binomio máquina térmica-máquina eléctrica.

Sin embargo, esta estructura energética que ha permitido llegar al actual desarrollo presenta una serie de problemas entre los que podemos destacar los siguientes:

- El bajo rendimiento de las transformaciones energéticas que tienen lugar en los motores térmicos.
- Las elevadas cantidades de gases perniciosos emitidos por los combustibles fósiles, usados mayoritariamente en los motores térmicos.
- La posibilidad de agotamiento de los combustibles fósiles.

LA SITUACIÓN ENERGÉTICA

Los comienzos del siglo XXI se están caracterizando por un escenario de precios elevados del petróleo que arrastra a algunos de sus productos sustitutivos, como el gas natural, tal como se muestra en la figura 1. El precio actual del petróleo (cerca de los 100\$ el barril) es muy superior al coste marginal de extracción, lo que indica que hay factores de escasez a medio plazo, a lo que hay que añadir el riesgo geopolítico asociado a las incertidumbres políticas que afectan al área geográfica del Oriente Medio, donde se concentra el 62% de las reservas mundiales de petróleo.

No obstante, aunque una reducción de la tensión política en la zona moderaría el precio del petróleo a corto o medio plazo, el principal obstáculo lo presenta la potencial escasez a largo plazo. El pico de extracción se prevé que se pueda alcanzar hacia la mitad del siglo, pudiéndose alargar si se considera el petróleo no convencional, hoy difícil de extraer. Las estimaciones realizadas por la AIE consideran que, al ritmo actual de consumo con aumentos del 2% anual, las reservas de petróleo pueden alcanzar los 120 años y las de gas natural 210 años en el mejor de los escenarios.



Fig. 1. Variación del precio del barril de petróleo desde 1970

Aunque el precio de la energía y el crecimiento económico son los factores sobre los que está sustentada la demanda energética, también deben ser tenidos en cuenta otros factores como el nivel de desarrollo, el crecimiento demográfico, la tecnología y el clima. Esto queda reflejado en la figura 2 que muestra el índice de desarrollo humano en función del consumo per capita de electricidad. Como es bien conocido, los países menos desarrollados tienen el consumo eléctrico más bajo (Mozambique, Nigeria, casi todos los países africanos y muchos de Asia). Después nos encontramos los países de nivel de desarrollo medio (en general, las economías emergentes como puede ser Brasil) con consumos medios de electricidad. Por último, en el nivel más alto, están los países desarrollados (el llamado primer mundo) en los que el consumo de electricidad oscila desde los niveles más bajos de España, Italia o Francia, pasando por Estados Unidos que los duplica, hasta llegar a Islandia que triplica el consumo por habitante.

Nos podemos hacer la siguiente pregunta: ¿hay tanta diferencia en los niveles de bienestar entre los países desarrollados para que se produzcan esas grandes diferencias en el consumo de electricidad? O, más concretamente,

¿se vive el doble mejor en Estados Unidos que en Francia o España?

Según los datos publicados por la Agencia Internacional de la Energía (AIE) en el informe estadístico sobre la energía en el mundo de 2007, en el año 2005 el consumo anual medio por habitante fue de 20,16 kWh, 20 veces superior al mínimo necesario para la subsistencia, estando además muy mal distribuido como se pone de manifiesto en la figura 2. Considerando el aumento del consumo energético del año 2005 respecto del 2004, representa la energía producida por 500 plantas de potencia funcionando continuamente todo el año, que equivalen a la mitad de la producción eléctrica mundial con las plantas nucleares.

Otro aspecto que caracteriza la situación energética actual es el papel destacado que van a tener las nuevas economías emergentes, que van a contribuir de forma muy importante en el crecimiento de la demanda energética que el Departamento de Energía de EEUU prevé que será del orden del 60% en el primer cuarto de este siglo. Este crecimiento nos llevaría a más que doblar el consumo energético actual a nivel mundial, lo que suscita grandes interrogantes en relación a la sostenibilidad de la estructura de suministro de energía primaria y a la capacidad

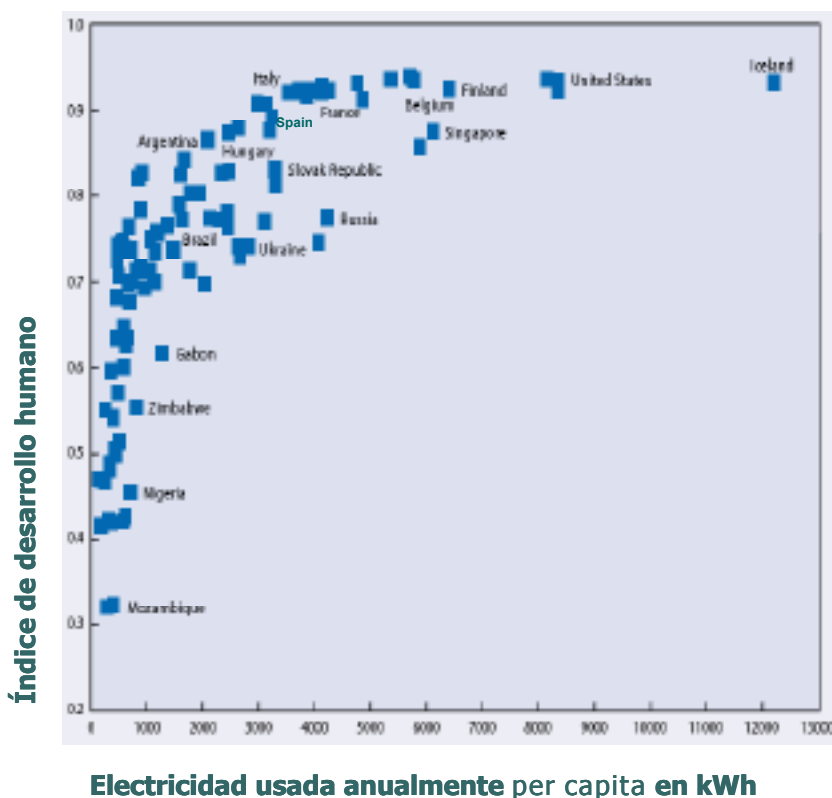


Fig. 2. Índice de desarrollo vs. electricidad usada per capita

de cumplir con los objetivos medioambientales fijados en el Protocolo de Kyoto.

Según los datos de la AIE del año 2007 que se presentan en la figura 3, la energía primaria que se consumió en el mundo en 2005 procede en un 81% de combustibles fósiles (fundamentalmente petróleo y gas natural), un 12,2% de recursos renovables y un 6,3% de centrales nucleares.

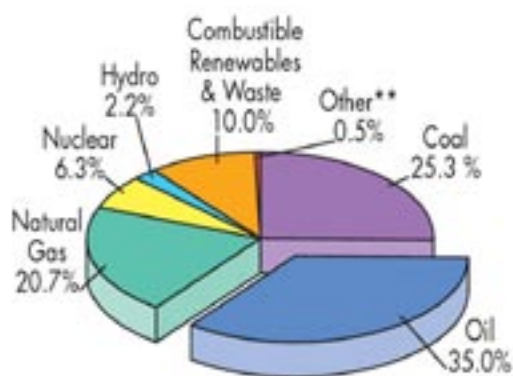


Fig. 3. Distribución del consumo de energía primaria en el mundo en 2005. (AIE, *Key world energy statistics*, 2007)

Como muestra la figura 4, la situación energética en España es muy similar, con una contribución de las energías renovables, en términos de energía primaria, estabilizada en el 5,9% en los últimos años.

Pero la situación energética española se caracteriza, además, porque el 85,1% de la energía primaria procede del exterior (en 1990 era el 67%) con lo que la dependencia energética de los recursos externos es enorme.

En Andalucía esta situación es todavía más acusada ya que el autoabastecimiento no llega al 10%.

La dependencia exterior, y por lo tanto, la falta de seguridad en el suministro, es norma general en la mayoría de los países occidentales. A esto hay que añadir los efectos que causan las actividades del hombre sobre el clima, que están dando lugar a cambios en el medio ambiente que no se habían observado anteriormente.

Según el último informe del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (PICC), hay consenso entre los científicos de que están apareciendo una serie de evidencias que ponen de manifiesto este cambio climático, entre las que podemos mencionar las siguientes:

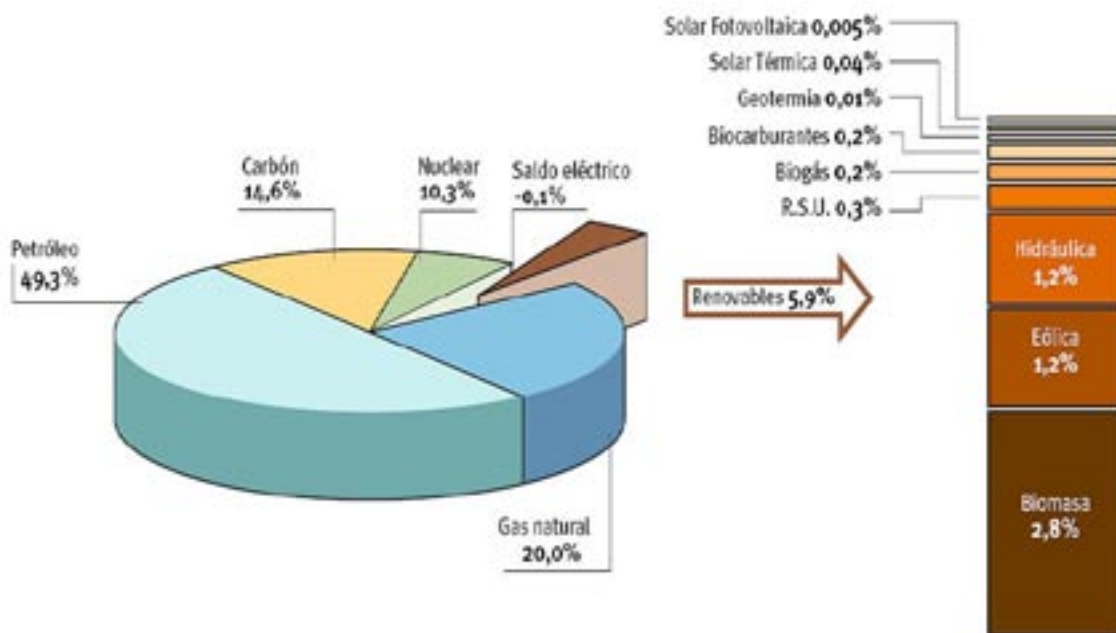


Fig. 4. Consumo de energía primaria en España en 2005 (IDAE)

- Aumento de la temperatura media superficial de la tierra (figura 5).
- Menor amplitud del margen de variación de la temperatura diurna.
- Más episodios de precipitación intensa.
- Aumento del índice de calor en algunas zonas.
- Mayor desecación continental estival y riesgo asociado de sequía.
- Aumento de las intensidades máximas de los vientos de los ciclones tropicales.
- Aumento de las intensidades máximas y medias de las precipitaciones de los ciclones tropicales.

Todo ello nos permite afirmar que el escenario energético actual no es sostenible y que un desarrollo sostenible no será posible sin la participación de las instituciones y los ciudadanos.

Desde el punto de vista político una de las principales herramientas es el Protocolo de Kyoto que se firma en 1997 pero que no entró en vigor hasta el 16 de febrero de 2005, al ser aprobado por un número de países que representan más del 55% de las emisiones mundiales. Su objetivo es la reducción mundial de las emisiones de un 5,2% entre 2008 y 2012, frente a las emisiones de 1990.

Con relación a España se tiene que limitar el incremento de sus gases de efecto invernadero entre 2008 y 2012, respecto a las emisiones de 1990 a un 15%. Hoy en día las emisiones en España han aumentado más del 50%, muy por encima de lo permitido, aunque se ha producido una ligera disminución en 2006.

UN NUEVO MODELO ENERGÉTICO

De todo lo dicho anteriormente se llega a la evidencia de que hay que plantear un nuevo modelo de desarrollo energético más sostenible. Este nuevo modelo tiene que estar asentado en tres pilares:

- Desarrollo de las energías renovables.
- Políticas de ahorro y eficiencia energética.
- Tecnologías energéticas avanzadas.

En los próximos apartados serán tratados con más profundidad los dos primeros aspectos.

Con relación al concepto de tecnologías energéticas avanzadas, éste incluye los ciclos combinados con gas, la cogeneración, la tecnología del hidrógeno, la fusión nuclear, etc. Algunas de estas tecnologías son de aplicación inmediata, como los ciclos combinados o la cogeneración, que si bien utilizan gas natural que produce emisiones contaminantes, los

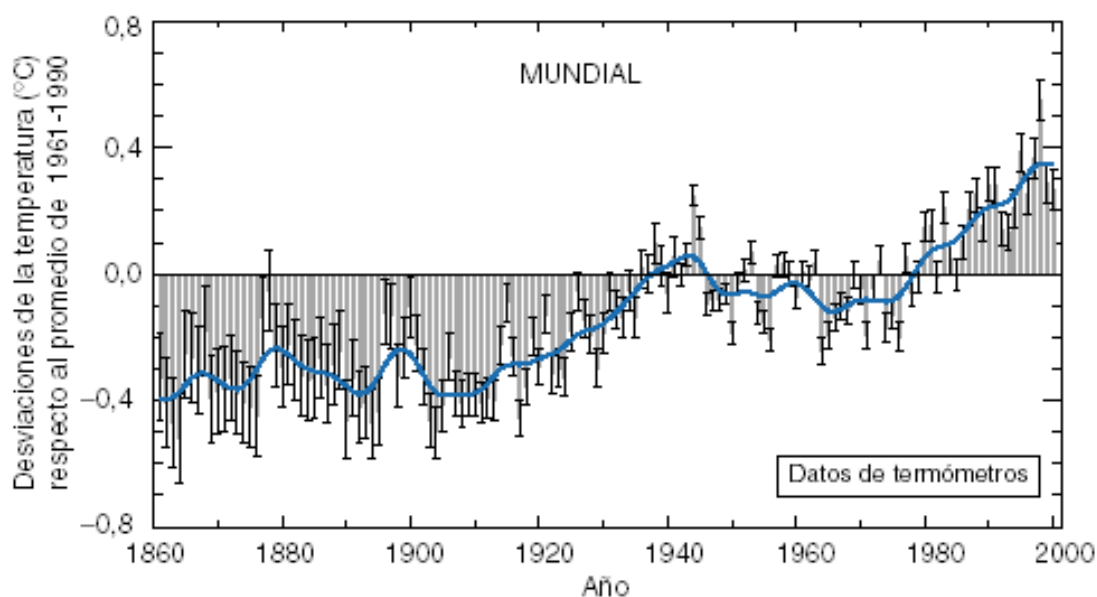


Fig. 5. Evolución de la temperatura de la tierra: aumento de 0,6°C sobre el promedio de los últimos 100 años según los expertos del PICC

rendimientos de las instalaciones son mejores que los ciclos convencionales, con lo que se lleva a cabo un mejor uso de la energía fósil, consiguiéndose rendimientos que pueden alcanzar un 50%, frente a rendimientos del 30% de los ciclos tradicionales.

Por el contrario, otras como el hidrógeno, que realmente no es una fuente de energía ya que no se encuentra libre en la naturaleza y hay que producirlo, y la fusión nuclear serán posibles en un horizonte más lejano que podemos estimar en unos 50 años.

LAS ENERGÍAS RENOVABLES

Se pueden definir las energías renovables como aquellas que se producen de manera natural y de forma continua a partir de fuentes que la Naturaleza nos ha dado.

Las energías renovables presentan ventajas medioambientales (no producen emisiones contaminantes, no generan residuos importantes, son inagotables), estratégicas (son autóctonas, evitan la dependencia exterior) y sociales (creación de empleo, contribuyen al equilibrio interterritorial, son autóctonas). Enfrente, las fuentes de energía tradicionales son contaminantes, agotables y están distribuidas muy irregularmente.

Se consideran energías renovables las siguientes:

- La energía hidráulica (procedente de los saltos de agua).
- La energía geotérmica (procedente del interior de la tierra).
- La energía del mar (procedente de las olas y de las mareas y la que se obtiene de las diferencias de temperatura entre las aguas superficiales y las profundas).
- La energía solar térmica y fotovoltaica.
- La energía eólica.
- La energía de la biomasa.

En estos momentos, el desarrollo de las energías renovables necesita un apoyo directo por parte de las Administraciones. A nivel europeo se publicó el Libro blanco de las energías renovables que ha sido trasladado en forma de distintos planes a los países de la Unión Europea.

En España, en el Plan de Fomento de las Energías Renovables se pretende que el 12% de la energía que se genere en España en el 2010 sea de origen renovable y se establecen como mecanismos de ayuda las subvenciones a las instalaciones y las primas a la producción.

Algunas comunidades autónomas han creado sus propios planes, como el Plan Energético de Andalucía 2002-2006 (PLEAN), que establece que el 15% de la energía total demandada por los andaluces en el año 2010

tenga su origen en fuentes renovables. Este plan ha sido posteriormente complementado con el Plan Andaluz de Sostenibilidad Energética 2007-2013.

Las energías renovables más implantadas en España, al igual que en Andalucía son la energía solar, tanto térmica como fotovoltaica, la energía eólica y la biomasa, cuyos aspectos esenciales se analizan en los próximos apartados.

ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

En este concepto se incluyen las tecnologías que transforman la energía solar en energía térmica de un fluido de trabajo. Tradicionalmente, los modos de aprovechamiento térmico de la energía solar se clasifican en función del nivel de temperatura que se pretende alcanzar.

Las aplicaciones más extendidas son las de baja temperatura en las que las temperaturas no superan los 100 °C, nivel en el que se produce la ebullición del agua a la presión atmosférica normal, mediante la utilización de los captadores solares planos para producir agua caliente como los que se muestran en la figura 6.

Las posibilidades de aplicación de esta fuente de energía en Málaga son extraordinariamente importantes, ya que se dispone de un nivel de radiación al año que supera en más de 650 veces el consumo anual de energía, en una provincia en el que la dependencia energética del exterior es casi total.

Además, en Málaga existen fabricantes e instaladores con cualificación suficiente y un número importante de usuarios potenciales como son el sector hotelero y el sector residencial. En el sector hotelero se puede utilizar para la preparación de agua caliente sanitaria, que representa la cuarta parte del consumo energético de un hotel medio, y la climatización de piscinas.

Con respecto al sector residencial, el agua caliente sanitaria necesaria en una vivienda tipo se puede obtener con una superficie de colectores de 2 a 4 m² y un depósito de almacenamiento de 150 a 300 litros, situándose el coste de la instalación entre los 1.100 y los 2.400 €.

El Código Técnico de la Edificación (CTE) estableció la obligatoriedad de estas instalaciones en todas las nuevas edificaciones



Fig. 6. Instalación solar térmica de agua caliente sanitaria en un bloque de viviendas



Fig. 7. Central de torre de Sanlúcar la Mayor (izda.) y central de cilindro-parabólicos Andasol

desde septiembre de 2006, ya sean edificios unifamiliares, bloques de viviendas o edificios públicos, existiendo herramientas informáticas que permiten realizar diseños óptimos de estas instalaciones adecuadas a los distintos tipos de edificaciones.

Andalucía a finales de 2006 tenía ya instalados más de 350.000 m² solares térmicos, cerca del 40% de la superficie solar total en España, de los que unos 50.000 m² corresponden a Málaga, lo que la sitúa en el tercer lugar después de Sevilla (160.000 m²) y Cádiz (53.000 m²).

Otras aplicaciones de la energía solar térmica, en las que se alcanza un mayor nivel de temperaturas, son las de concentradores cilindro parabólicos y las centrales de torre, como las de la figura 7. En este tipo de instalaciones el calor se utiliza para generar vapor en un fluido y utilizar ese vapor para producir electricidad en una planta de potencia.

Andalucía es, hoy en día, pionera en el desarrollo de ese tipo de instalaciones a nivel comercial, con algunas en funcionamiento como la planta de central de torre de Sanlúcar la Mayor en Sevilla o como la planta de cilindro parabólicos cerca de Guadix en Granada, en fase de construcción muy avanzada.

ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

La energía solar fotovoltaica está basada en el aprovechamiento del efecto fotovoltaico, que se produce al incidir la radiación solar sobre unos dispositivos especiales de semiconductores conocidos como células solares, produciéndose electricidad.

Aunque donde la energía solar fotovoltaica ha conocido un desarrollo más espectacular ha sido en la electrificación de emplazamientos aislados, el futuro está representado por las denominadas aplicaciones conectadas a la red, que incluyen desde grandes centrales fotovoltaicas como la de la figura 8 hasta pequeñas instalaciones asociadas a consumidores domésticos o industriales.

El mecanismo que ha elegido el Gobierno Central para fomentar la generación de energía fotovoltaica es el de incentivar con ayudas directas las instalaciones aisladas y a los sistemas conectados a la red mediante una prima fija a la producción que se recibe de las compañías eléctricas, al estar obligadas a comprar la energía producida por las instalaciones fotovoltaicas (actualmente 0,44 €/kW h para instalaciones de hasta 100 kW_e durante los primeros 25 años y 0,35 €/kWh a partir de entonces hasta el final de la vida útil). En Andalucía las ayudas están contempladas en el programa de Incentivos de la Consejería de Innovación.

Con relación a los fabricantes e instaladores, la situación de la energía solar fotovoltaica es, en principio, similar a la comentada en la energía solar térmica, estando radicada en Málaga la empresa Isofotón, uno de los mayores fabricantes del sector fundada por un malagueño, situado en el undécimo lugar a nivel mundial, pero en el que se da la paradoja de que el 80% de la producción se dedica a la exportación.

LA ENERGÍA EÓLICA

La energía eólica convierte la energía del viento en energía útil (normalmente



Fig. 8. Central fotovoltaica conectada a la red convencional

electricidad) mediante la utilización de unas máquinas llamadas aerogeneradores del tipo de los mostrados en la figura 9.



Entre las energías renovables, la energía eólica, por su grado de desarrollo, sus costes y su carácter limpio e inagotable, presenta un alto nivel de aplicación en aquellos lugares que

disponen de los vientos necesarios para hacer rentable la inversión.

Como reconocimiento de sus ventajas medioambientales, muchos países han apoyado el desarrollo de la energía eólica con subvenciones estatales. El objetivo de estas subvenciones ha sido impulsar el mercado, reducir los costes y compensar la injusta ventaja que actualmente tienen los combustibles fósiles. El camino seguido por esta tecnología es un claro ejemplo de lo que debe ocurrir con las otras energías renovables. La competitividad ha provocado nuevos desarrollos que han favorecido el avance tecnológico y la han hecho más competitiva, habiéndose alcanzado una alta rentabilidad, situándose hoy en día a un nivel equiparable al de las energías convencionales.

El avance tecnológico ha permitido que la provincia de Málaga se haya convertido en uno de los lugares de mayor capacidad de generación por las características de los vientos reinantes en determinados lugares.

Hay un gran número de peticiones administrativas de instalaciones de parques eólicos que se encuentran concentradas, fundamentalmente, en las comarcas de Ronda y Antequera, previéndose alcanzar los 1.000 MW en el año 2012. Hoy en día están en funcionamiento el Parque eólico de Casares que con las dos ampliaciones llega a los 39 MW y el Parque eólico de Casarabonela-Álora, cerca de Carratraca, de 13,6 MW.

LA BIOMASA

La biomasa, desde el punto de vista energético, se refiere al aprovechamiento de los residuos forestales y agrícolas, los producidos en industrias de transformación agropecuaria o de la madera para producir energía en plantas como la de la figura 10.

La biomasa constituye la principal fuente de energía renovable de nuestro país, ya que supone más del 55% de la producción de energía mediante fuentes de energías renovables.

El consumo de biomasa es principalmente doméstico y para fines térmicos, pero el uso energético de la biomasa ofrece un amplio abanico de posibilidades que va desde la aplicación doméstica tradicional hasta la de las tecnologías más novedosas (gasificación-ciclo combinado, producción de biocarburantes, etc.).

El tratamiento de los residuos es, en general, una actividad costosa, que hasta ahora no se ha llevado a cabo con eficacia. Por ello la gestión, adecuada a cada caso, de la biomasa residual con fines energéticos puede convertirse en una actividad de interés económico, social y medioambiental dados los beneficios que podría generar su aprovechamiento.

Los vertederos de residuos sólidos urbanos y las estaciones depuradoras de aguas residuales, en los que se producen cantidades

importantes de biogas constituyen un aprovechamiento importante de la biomasa.

Una de las aplicaciones de la biomasa más interesantes hoy en día la constituye la producción de biocombustibles, mediante la puesta en valor de zonas sin cultivar o con excedentes agrícolas y el reciclado de aceites vegetales usados para producir el bioetanol y el biodiesel. Este tipo de industria podría ser de promoción pública y utilizar el producto en las flotas de transporte público.

EL AHORRO Y LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Otra de las soluciones apuntadas más arriba para conseguir un desarrollo sostenible está basada en el fomento de políticas o actuaciones que permitan invertir la tendencia actual del creciente consumo de energía. En concreto se trata de fomentar el ahorro y la eficiencia energética.

Estos dos conceptos no son exactamente sinónimos sino que se distinguen en que el ahorro trata de reducir la necesidad energética sin reducir el nivel de vida de los ciudadanos, mientras que la eficiencia energética es aplicar la manera más óptima de satisfacer una necesidad energética con el objetivo de reducir el consumo de recursos, sea cual sea el tipo de éstos (renovables o no renovables).



Fig. 10. Planta de producción de energía con biomasa

A la vista de estas consideraciones, está claro que el orden de prioridades en cuanto a las soluciones energéticas debe de comenzar por reducir "en lo posible" la necesidad de energía (demanda energética) para cada aplicación, donde haga falta, mediante el planteamiento de medidas de ahorro o reducción de demanda. El siguiente paso es satisfacer, en todo o en parte, la demanda energética mediante recursos renovables. Por último, optimizar la utilización de recursos no renovables para satisfacer la necesidad energética con el objeto de minimizar el consumo de aquellos.

El ahorro y la eficiencia energética están siendo tratados actualmente como una de las bases de la política energética a todos los niveles, desde la Unión Europea hasta gran número de municipios. El sector de la vivienda y de los servicios, compuesto en su mayoría por edificios, absorbe más del 40% del consumo final de energía. Por ello, el CTE obliga a que todos los edificios nuevos deban cumplir unos requisitos mínimos de eficiencia energética adaptados a las condiciones climáticas locales.

En última instancia, lo que se pretende es aplicar en los edificios unos conceptos constructivos que ya utilizaron los romanos y los árabes hace cientos de años, y de los que en nuestra Comunidad hay ejemplos señeros, que, incluyendo otros elementos, constituye lo que se ha dado en llamar arquitectura bioclimática.

La arquitectura bioclimática (o de elevada eficiencia energética) es aquella que tiene por objeto la consecución de un gran nivel de confort térmico mediante la adecuación del diseño, la geometría, la orientación y la construcción del edificio a las condiciones climáticas de su entorno. Se trata, pues de una arquitectura adaptada al medio ambiente, sensible al impacto que provoca en la naturaleza, y que intenta minimizar el consumo energético y con él, la contaminación ambiental.

CONCLUSIONES

El modelo energético actual basado en el uso masivo de combustibles fósiles puede provocar importantes alteraciones en el clima actual, debido a las alteraciones que se pueden producir en el medio ambiente por la ineficiencia de los sistemas de producción de energía útil. Por ello es necesario modificar el modelo energético para conseguir un desarrollo energético sostenible, basado en el uso de las

energías renovables y en el fomento de medidas de ahorro y eficiencia energética.

Las Administraciones deben ser las impulsoras de actuaciones estratégicas para conseguir un mayor desarrollo de las energías renovables y del ahorro y la eficiencia energética. Para ello deben contar con los ciudadanos, de manera que éstos tomen conciencia de los grandes beneficios que estas tecnologías representan para el desarrollo de las generaciones futuras.

Hay que ser conscientes de que los efectos que sobre el clima ha provocado la acción del hombre, han ido acelerándose desde el inicio de la revolución industrial hasta nuestros días con el uso masivo de los combustibles fósiles. Aunque la eficacia de las medidas que se tomen no va a poder ser percibida por las generaciones actuales, no por ello han de dejar de tomarse las medidas necesarias para que los cambios climáticos que los expertos están observando no lleven a situaciones irreversibles.

BIBLIOGRAFÍA

- DIRECTIVA 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 16/12/2002, DOCE L1/65 de 4 de enero de 2003.
- ESTRATEGIA DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ESPAÑA (2007): Plan de Acción 2008-2012. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, Madrid.
- IPCC (2007): Climate Change 2007. The Physical Science Basis. Traducción de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, Sevilla.
- KEY WORLD ENERGY STATISTICS (2007): International Energy Agency, París.
- LIBRO BLANCO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES (1997): Unión Europea.
- PLAN ANDALUZ DE SOSTENIBILIDAD ENERGÉTICA 2007-2013. BOJA nº 117, pp. 4 y ss.
- PLAN ENERGÍAS RENOVABLES EN ESPAÑA 2005-2010 (2005): Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, Madrid.
- PROGRAMA DE INCENTIVOS PARA EL DESARROLLO ENERGÉTICO SOSTENIBLE EN ANDALUCÍA (2007): BOJA número 234 de 28 de noviembre de 2007. Junta de Andalucía, Sevilla.

REAL DECRETO 314/2006, BOE 074 de 28/03/2006.
Código Técnico de la Edificación.
Ministerio de la Vivienda, Madrid.

REAL DECRETO 661/2007, de 25 de mayo, por el
que se regula la actividad de producción
de energía eléctrica en régimen especial
(BOE nº126 de 26 mayo 2007).

RENEWABLE ENERGY (2001): Best Practice Projects
Yearbook 1997-2000, IDAE, Madrid.

V.V.A.A. (2006): La energía y el medio ambiente.
Ed. Fundación Ben Rosch, Córdoba.

WORLD ENERGY ASSESSMENT (2000): Energy and
the Challenge of Sustainability, United
Nations Development Programme, Nueva
York.