

# Energía de la biomasa



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE INDUSTRIA, TURISMO  
Y COMERCIO



Instituto para la  
Diversificación y  
Ahorro de la Energía



# Energía

---

## de la biomasa

## **TÍTULO**

Energía de la biomasa

## **DIRECCIÓN TÉCNICA**

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía

## **COLABORADOR DE APIA**

Javier Rico

## **AGRADECIMIENTOS**

AENOR, Acciona Energía, Allarluz, S.A., Aserradero de Valsaín, Excmo. Ayuntamiento de Cuéllar, BioEbro, S. L., Calordom, CENER, Centrales Térmicas y Redes, S.L., CGC Gestión de Biomasa, Ciemat, Cortijo La Colorá, EMPA, S.A., ENAMORA, S.L., Endesa Cogeneración y Renovables (ECyR), EREN, Fundació Territori i Paisatge” (Caixa Catalunya), GRUPO GUASCOR, HC ingeniería, ICAEN, JOAQUÍN PALACÍN, S.L., L. Solé, S.A., Maicerías Españolas - Dacsa, Molins Energía, S.L., Nova Energía, PASTGUREN, S.L., Puertas DAYFOR, S.L., Resifor, S.A., TAIM-TFG, S.A., TRABISA, S.L., VULCANO SADECA, S.A.

.....  
Este manual forma parte de una colección de 7 títulos dedicados a las energías renovables; uno de carácter general y seis monografías sobre las diferentes tecnologías.

La colección es fruto de un convenio de colaboración firmado por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) y la Asociación de Periodistas de Información Ambiental (APIA).

Esta publicación ha sido producida por el IDAE y está incluida en su fondo editorial, dentro de la Serie “Manuales de Energías Renovables”.

Cualquier reproducción, total o parcial, de la presente publicación debe contar con la aprobación del IDAE.

Depósito Legal: M-44500-2007

ISBN: 978-84-96680-15-9

## **IDAE**

**Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía**

**C/ Madera, 8**

**E-28004-Madrid**

**comunicacion@idae.es**

**www.idae.es**

Madrid, octubre de 2007

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>5</b>
<b>1 SITUACIÓN ACTUAL</b> .....	<b>9</b>
1.1 En el contexto mundial .....	11
1.2 En Europa .....	13
1.3 En España .....	15
<b>2 TECNOLOGÍAS Y APLICACIONES</b> .....	<b>17</b>
2.1 Características. De la astilla al hueso de aceituna .....	19
2.2 Usos y aplicaciones. Calor y electricidad .....	22
2.3 Aspectos técnicos. Integración desde su origen hasta su uso .....	26
2.4 Aspectos económicos .....	33
<b>3 VENTAJAS DE LA BIOMASA</b> .....	<b>41</b>
3.1 Aspectos medioambientales .....	43
3.2 Beneficios socioeconómicos .....	46
<b>4 INSTALACIONES MÁS REPRESENTATIVAS</b> .....	<b>49</b>
<b>5 FUTURO DE LA BIOMASA</b> .....	<b>101</b>
5.1 Plan de Acción de la Biomasa .....	103
5.2 Plan de Energías Renovables 2005-2010 .....	105
5.3 Desarrollo del recurso .....	108
5.4 Avances tecnológicos .....	110
5.5 Colaboración ciudadana y consejos prácticos .....	112

<b>6 SABER MÁS</b> .....	<b>115</b>
6.1 Orígenes .....	117
6.2 Curiosidades y preguntas más frecuentes .....	119
6.3 Glosario de términos .....	122
<b>ANEXOS</b> .....	<b>125</b>
I. Normativa .....	127
II. Direcciones de interés .....	130
III. Bibliografía e internet .....	134



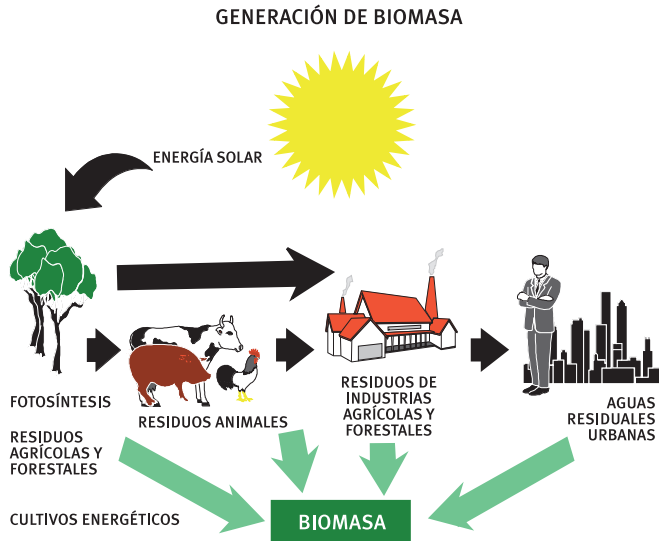
Esta heterogeneidad, tanto de recursos como de aplicaciones, es apuntada en el Plan de Energías Renovables en España 2005-2010 como la principal característica de la biomasa. En los objetivos finales del PER también destaca la participación del sector de la biomasa, suponiendo en términos de energía primaria cerca del 50% de los incrementos fijados por este Plan.

Conviene tener muy presente esta diversidad cuando se quiere realizar una aproximación a una energía que comienza su amplio perfil desde la definición, ya que biomasa, sin la acepción energética, es la cantidad de materia viva presente en un medio o en un organismo.

La Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), utiliza la definición de la Especificación Técnica Europea CEN/TS 14588 para catalogar la “biomasa” como “todo material

de origen biológico excluyendo aquellos que han sido englobados en formaciones geológicas sufriendo un proceso de mineralización”. Entre estos últimos estarían el carbón, el petróleo y el gas, cuya formación y composición hace miles de años no es comparable con lo que llamamos “el balance neutro de la biomasa” en las emisiones de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). La combustión de biomasa no contribuye al aumento del efecto invernadero porque el carbono que se libera forma parte de la atmósfera actual (es el que absorben y liberan continuamente las plantas durante su crecimiento) y no del subsuelo, capturado en épocas remotas, precisamente como el gas o el petróleo.

La energía que contiene la biomasa es energía solar almacenada a través de la fotosíntesis, proceso por el cual algunos organismos vivos, como las plantas, utilizan la energía solar para convertir los compuestos inorgánicos que asimilan (como el  $\text{CO}_2$ ) en compuestos orgánicos.



Como se verá más adelante, las instalaciones de producción energética con biomasa se abastecen de una amplia gama de biocombustibles, desde astillas hasta cardos y paja, pasando por huesos de aceituna y cáscaras de almendra. Esta heterogeneidad continúa en los usos de la energía producida con biomasa, pudiendo utilizarse para calefacción y producción de agua caliente en el sector doméstico (viviendas unifamiliares, comunidades de vecinos, barrios o municipios enteros), calor para procesos industriales y generación de electricidad.

Dentro de los principales biocombustibles sólidos españoles destacan los orujillos (de aceite y de uva), los huesos de aceituna, las cáscaras de frutos secos (tanto agrícolas, almendra; como forestales, piñón) y por supuesto los residuos de nuestros montes y de las industrias forestales (desde cortezas hasta astillas, pasando por costeros y serrines).



### Definición de biomasa según la Especificación Técnica Europea CEN/TS 14588:

“Todo material de origen biológico excluyendo aquellos que han sido englobados en formaciones geológicas sufriendo un proceso de mineralización”

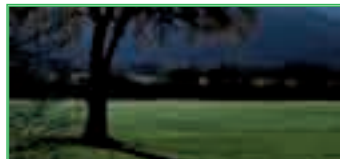
Los recursos potenciales de biomasa calculados por IDAE para el desarrollo del PER superan los 17 millones de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep), más de tres veces el incremento establecido en el PER para el año 2010.

Entre estos recursos destacan los cultivos energéticos, que con un potencial superior a los 7 Mtep constituyen una alternativa a los cultivos agrícolas tradicionales actualmente en recesión.

El uso de la biomasa como recurso energético, en lugar de los combustibles fósiles comúnmente utilizados, supone unas ventajas medioambientales de primer orden, como son:

- Disminución de las emisiones de azufre.
- Disminución de las emisiones de partículas.
- Emisiones reducidas de contaminantes como CO, HC y NO<sub>x</sub>.
- Ciclo neutro de CO<sub>2</sub>, sin contribución al efecto invernadero.
- Reducción del mantenimiento y de los peligros derivados del escape de gases tóxicos y combustibles en las casas.
- Reducción de riesgos de incendios forestales y de plagas de insectos.
- Aprovechamiento de residuos agrícolas, evitando su quema en el terreno.
- Posibilidad de utilización de tierras de barbecho con cultivos energéticos.
- Independencia de las fluctuaciones de los precios de los combustibles provenientes del exterior (no son combustibles importados).
- Mejora socioeconómica de las áreas rurales.

Estas ventajas convierten a la biomasa en una de las fuentes potenciales de empleo en el futuro, siendo un elemento de gran importancia para el equilibrio territorial, en especial en las zonas rurales.











países pobres y en desarrollo, donde resulta ser la materia prima más utilizada para la producción de energía, justo en aquellos países donde se prevé un mayor aumento de la demanda energética.

Según datos del Fondo de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), “algunos países pobres obtienen el 90% de su energía de la leña y otros biocombustibles”. En África, Asia y Latinoamérica representa la tercera parte del consumo energético y para 2.000 millones de personas es la principal fuente de energía en el ámbito doméstico. Pero, en muchas ocasiones, esta utilización masiva no se realiza mediante un uso racional y sostenible de los recursos, sino como una búsqueda desesperada de energía que provoca la deforestación de grandes áreas, dejando indefenso al suelo frente a la erosión. La propia FAO reconoce que “la mejora del uso eficiente de los recursos de la energía de la biomasa - incluidos los residuos agrícolas y las plantaciones de materiales energéticos - ofrece oportunidades de empleo, beneficios ambientales y una mejor infraestructura rural”. Incluso va más allá al considerar que el uso eficiente de estas fuentes de energía ayudarían a alcanzar dos de los objetivos de desarrollo del milenio: “erradicar la pobreza y el hambre y garantizar la sostenibilidad del medio ambiente”. Volviendo al principio, la biomasa podría ser el vector energético que permitiera el desarrollo de los países pobres, evitando que el aumento del consumo energético asociado a este desarrollo pusiera en peligro el medio ambiente y la seguridad de abastecimiento energético de nuestra sociedad.

Mientras esta apuesta se hace realidad, las previsiones concretas de futuro las marca, entre otros, el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático, estableciendo que antes de 2100 la cuota de participación de la biomasa en la producción mundial de energía debe estar entre el 25 y el 46%.



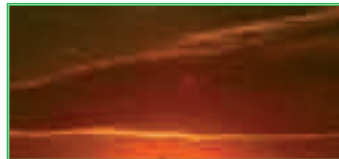




Igualmente, tanto en aplicaciones eléctricas como térmicas los recursos más utilizados son los residuos procedentes de industrias forestales y agrícolas. El escaso aprovechamiento de los residuos agrícolas y de los cultivos energéticos ha motivado los malos resultados de la biomasa en general.

Andalucía, Galicia y Castilla y León son las Comunidades Autónomas que registran un mayor consumo debido principalmente a la presencia en ellas de empresas que utilizan grandes cantidades de biomasa (por ejemplo, del sector de la celulosa), a la existencia de un sector forestal desarrollado y la diseminación de la población que facilita el uso de la biomasa doméstica.

El PER toma como punto de partida el año 2004 y marca un nuevo crecimiento hasta 2010 de 5.040,3 ktep, de las que 4.457,8 ktep serían para aplicaciones eléctricas y 582,5 ktep térmicas. En el parque eléctrico, se pretende incrementar la potencia actual (344 MW instalados) en 1.695 MW. Como novedad, una parte importante del reparto de potencia se adjudica a la co-combustión (introducción de dos combustibles distintos en la caldera de una central para producción de energía, que en España se enfoca principalmente al uso de biomasa y carbón en centrales térmicas convencionales), una de las muchas innovaciones tecnológicas, logísticas y económicas que el PER quiere impulsar para la consolidación definitiva de la biomasa. No se deja de apostar tampoco por otras medidas contenidas en el anterior plan, como la potenciación de los cultivos energéticos.





2

# Tecnologías y aplicaciones



# 2

## Tecnologías y aplicaciones

### 2.1 CARACTERÍSTICAS. DE LA ASTILLA AL HUESO DE ACEITUNA

Como se ha comentado, la heterogeneidad de recursos aprovechables es una característica intrínseca de los sistemas de producción de energía asociados a la biomasa. Ello aumenta su complejidad ya que cada proyecto necesita análisis específicos de disponibilidad, extracción, transporte y distribución. De hecho, la forma de extraer y utilizar como combustible los restos de una actividad forestal es distinta al uso de los residuos de una industria forestal o al aprovechamiento energético de la cáscara de almendra o del alperujo generado al producir aceite de oliva. En España, los principales desarrollos en el área de biomasa se han centrado en el uso de residuos industriales, tanto forestales como agrícolas. Respecto a la biomasa forestal, ha sido utilizada tradicionalmente en el sector doméstico mediante sistemas poco eficientes, algo que está cambiando debido a la llegada al mercado de sistemas de calefacción y agua caliente modernos, de alta eficiencia y comodidad para el

usuario. Todavía no se ha generalizado el uso de residuos agrícolas como biomasa, aunque existen algunos proyectos con paja o podas de olivo, mientras que los desarrollos en cultivos energéticos no han alcanzado el nivel comercial, existiendo varios proyectos con este objetivo.

Para entender mejor el origen y composición de cada uno de los residuos y materiales, susceptibles de ser utilizados en la producción de energía, conviene analizarlos uno a uno.

### Residuos forestales

Se originan en los tratamientos y aprovechamientos de las masas vegetales, tanto para la defensa y mejora de éstas como para la obtención de materias primas para el sector forestal (madera, resinas, etc.). Los residuos generados en las operaciones de limpieza, poda, corta de los montes pueden utilizarse para usos energéticos dadas sus excelentes características como combustibles. Con la maquinaria apropiada se puede astillar o empaçar para mejorar las condiciones económicas del transporte al obtener un producto más manejable y de tamaño homogéneo. En la actualidad, los inconvenientes asociados a estos residuos, como la dispersión, la ubicación en terrenos de difícil accesibilidad, la variedad de tamaños y composición, el aprovechamiento para otros fines (fábricas de tableros o industrias papeleras), las impurezas (piedra, arena, metales) o el elevado grado de humedad han impedido su utilización generalizada como biocombustibles sólidos.

### Residuos agrícolas leñosos

Las podas de olivos, viñedos y árboles frutales constituyen su principal fuente de suministro. Al igual que en el caso anterior, es necesario realizar un astillado o empaçado previo a su transporte que unido a la estacionalidad de los cultivos aconseja la existencia de centros de acopio de biomasa donde centralizar su distribución.



## Residuos agrícolas herbáceos

Se obtienen durante la cosecha de algunos cultivos, como los de cereales (paja) o maíz (cañote). También en este caso la disponibilidad del recurso depende de la época de recolección y de la variación de la producción agrícola.

## Residuos de industrias forestales y agrícolas

Las astillas, las cortezas o el serrín de las industrias de primera y segunda transformación de la madera y los huesos, cáscaras y otros residuos de la industria agroalimentaria (aceite de oliva, conservera, frutos secos...) son parte de los biocombustibles sólidos industriales. En estos casos la estacionalidad se debe a las variaciones de la actividad industrial que los genera.

## Cultivos energéticos

Son cultivos de especies vegetales destinados específicamente a la producción de biomasa para uso energético. En España, aunque existen experiencias en diversos lugares asociadas a distintos proyectos, aún no han pasado del campo de la experimentación. Entre las distintas especies agrícolas herbáceas susceptibles de convertirse en cultivos energéticos destacan el cardo, el sorgo y la colza etíope. Además también pueden utilizarse especies forestales leñosas, como los chopos, en zonas de regadío, y los eucaliptos, en terrenos de secano.



## 2.2 USOS Y APLICACIONES. CALOR Y ELECTRICIDAD



Las aplicaciones térmicas con producción de calor y agua caliente sanitaria son las más comunes dentro del sector de la biomasa. En un nivel menor de desarrollo se sitúa la producción de electricidad.

La producción térmica sigue una escala de usos que comienza en las calderas o estufas individuales utilizadas tradicionalmente en los hogares. Hoy en día existen aparatos tanto de aire, (las estufas de toda la vida, mejoradas y actualizadas a las necesidades de los usuarios de hoy) que calientan una única estancia, como de agua, que permiten su adaptación a un sistema de radiadores o de suelo radiante y a otros sistemas con producción de agua caliente sanitaria.

En un segundo escalafón se sitúan las calderas diseñadas para un bloque o edificio de viviendas, equiparables en su funcionamiento a las habituales de gasóleo C o gas natural, que proveen a las viviendas de calefacción y agua caliente. Debido a la necesidad de disponer de un lugar amplio y seco para el almacenamiento del biocombustible este tipo de instalaciones pueden tener problemas en edificios con salas de calderas pequeñas y poco espacio aprovechable. En cambio son una buena solución, tanto económica como medioambiental, para edificios de nueva construcción, sobre todo si se atienden a las nuevas ordenanzas y reglamentos elaborados o en proceso de elaboración, como las Ordenanzas de Energía Solar (que permiten utilizar biomasa en lugar de la citada energía renovable) o la revisión que se está realizando del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE). Otra aplicación importante de estas calderas es la conversión de las antiguas calefacciones de carbón o gasóleo C a instalaciones de biomasa, existiendo muchos ejemplos en nuestro país. La buena disposición de los vecinos que encontrarán un ahorro económico en su consumo de calefacción y agua caliente, un acertado asesoramiento profesional y espacio suficiente para el almacenamiento forman la base para este tipo de cambios.

Una red de calefacción centralizada, conocida en inglés como *district heating*, supone el siguiente nivel dentro de las aplicaciones térmicas de la biomasa. Este tipo de instalaciones están muy extendidas en el Centro y Norte de Europa. La red de calor y agua caliente llega no sólo a urbanizaciones y otras viviendas residenciales sino también a edificios públicos, centros deportivos, complejos comerciales y un amplio elenco de edificios e incluso industrias. El mayor tamaño, tanto de las calderas como de los silos de almacenamiento del combustible, requiere de instalaciones exclusivas para estas centrales térmicas. Dadas las características de nuestro país, en España están iniciándose las primeras redes de climatización centralizada alimentadas con biomasa, las cuáles no sólo proveen de calefacción en invierno a los usuarios sino que permiten la distribución de frío para la climatización de las viviendas y otros edificios en verano.



Por último, los consumos térmicos de determinadas industrias también son abastecidos por calderas de biomasa. Se trata principalmente del aprovechamiento de residuos de las industrias agroforestales para producción de calor que, en ocasiones, es acompañado de producción eléctrica (cogeneración con biomasa).

Las materias más utilizadas para las aplicaciones térmicas de la biomasa son los residuos de las industrias agrícolas (cáscaras de almendras, huesos de aceitunas...) y forestales (astillas, serrines...) y los residuos de actividades selvícolas (podas, claras, limpieza de bosques,...) y de cultivos leñosos (podas, arranques,...). En muchas ocasiones algunos de estos residuos se transforman en pelets y briquetas, astillas molturadas y compactadas que facilitan su transporte, almacenamiento y manipulación pero que requieren de un tratamiento previo encareciendo el producto final. Hay bolsas de pelets de hasta 15 kg disponibles en hipermercados o gasolineras, otras de mayor tamaño, denominadas “*big bag*”, que pueden alcanzar los 1.000 kg, finalmente también pueden adquirirse a granel siendo transportados en camiones normales o en camiones cisterna hasta un silo de almacenamiento.



La producción de electricidad precisa de sistemas aún más complejos dado el bajo poder calorífico de la biomasa, su alto porcentaje de humedad y su gran contenido en volátiles. Para ello se necesitan centrales térmicas específicas con grandes calderas, con volúmenes de hogar mayores que si utilizaran un combustible convencional, que conllevan inversiones elevadas y reducen su rendimiento. Todo ello, unido a la dificultad de aprovisionamiento de la biomasa, explica el poco peso de la biomasa eléctrica en el cómputo global de esta energía, 680 ktep de consumo en 2004 frente a los 3.487 ktep de las aplicaciones térmicas. La gran demanda de combustible de este tipo de plantas obliga a asegurar un abastecimiento continuo, que tiene la dualidad de encarecer su precio por la distancia a la que se debe buscar el suministro, pero también puede reducirlo al adquirir grandes cantidades.

Son pocas las plantas de producción eléctrica que existen en España y la mayor parte de la potencia instalada procede de instalaciones ubicadas en industrias que tienen asegurado el combustible con su propia producción. Es el caso de la industria papelera y, en menor medida, de otras industrias forestales y agroalimentarias, que aprovechan los residuos generados en sus procesos de fabricación para reutilizarlos como combustibles.

Una de las explicaciones para este escaso avance es la inexistencia de cultivos energéticos que suministren combustible de manera continuada, en cantidad y calidad, a determinadas plantas. Con el fin de mejorar el rendimiento de las instalaciones y por tanto su rentabilidad económica, la innovación tecnológica en este campo está orientada hacia el desarrollo de la gasificación de biomasa y posterior conversión en electricidad a través de motogeneradores u otros sistemas de combustión del gas de síntesis producido. Como se verá más adelante, el futuro inmediato, según contempla el PER, incluye la promoción de la co-combustión de biomasa, es decir, la combustión conjunta de biomasa y otro combustible (en concreto carbón para el caso español) en centrales térmicas ya instaladas.

Entre los combustibles más utilizados en aplicaciones eléctricas se encuentran los residuos de la industria del aceite de oliva, como el orujillo y el alperujo, existiendo plantas de gran tamaño en el Sur de España que se alimentan de estos combustibles. Otra de las mayores plantas de nuestro país se sitúa en Sangüesa, en este caso alimentada con paja de cereal. Como ya se ha dicho, las industrias forestales y otras industrias agroalimentarias (como por ejemplo las maicerías y las alcoholeras) también tienen su cuota de importancia al producir energía eléctrica con sus propios residuos (astillas, serrín, cascarilla de arroz, granilla de uva,...).

### Cultivo energético de chopos



TABLA 3. Potencia eléctrica con biomasa y previsiones (MW)

Año	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2010
Potencia instalada	141,8	147,5	150,3	172,9	287,6	331,3	344,0	1.849,8

Fuente: Plan de Energías Renovables 2005-2010.

TABLA 4. Biomasa eléctrica: proyectos en explotación (1999-2004)

Combustible	Número de proyectos	Energía primaria (tep)
Residuos forestales	2	5.733
Residuos agrícolas leñosos	0	0
Residuos agrícolas herbáceos	1	55.500
Residuos de industrias forestales	8	166.578
Residuos de industrias agrícolas	11	241.005
Cultivos energéticos	0	0
<b>Total</b>	<b>22</b>	<b>468.856</b>

Fuente: Plan de Energías Renovables 2005-2010.

### 2.3 ASPECTOS TÉCNICOS. INTEGRACIÓN DESDE SU ORIGEN HASTA SU USO

Los procesos de extracción y transformación de los combustibles derivados de la biomasa son tan variados como las características de cada uno de ellos. En general, los que requieren sistemas

más complejos son los residuos derivados de las actividades forestales y agrícolas, y entre éstas últimas los de cultivos leñosos. Para su recolección adecuada se emplean una serie de trabajos que empiezan con la extracción de las zonas donde se encuentran, en muchos casos con grandes pendientes u otros impedimentos geográficos; siguen con el astillado o con el empaclado y continúan con su transporte a plantas de transformación; su secado, natural o forzado, para eliminar al máximo el grado de humedad; y su adecuación para el consumo ya sea mediante un nuevo astillado o molturado, una peletización u otros procesos. Todo este proceso requiere de una maquinaria específica como tractores (forestales o agrícolas), autocargadores, astilladoras, empacadoras, camiones y, ya en las plantas de tratamiento, equipos de triturado (astilladoras fijas), molienda, secado y peletizado.

Las plantas de tratamiento de biomasa no sólo reciben biomasa forestal o agrícola sino que también obtienen su materia prima de industrias forestales o agrícolas. Respecto a los residuos de industrias forestales, estas plantas utilizan principalmente los procedentes de industrias de primera transformación de la madera, entre las que se encuentran los aserraderos. Las industrias de segunda transformación, como las del tablero y el mueble, aprovechan generalmente sus residuos como combustibles para autoabastecerse de calor y, en ocasiones, producir energía eléctrica, por tanto no necesitan enviarlo a plantas de tratamiento. Algo parecido ocurre con algunas industrias agrícolas o agroalimentarias, que aprovechan sus propios residuos como combustibles. Es el caso del orujillo derivado de la extracción de aceite de orujo de oliva; de la cascarilla de arroz de las maicerías; de la cáscara de piñón en la elaboración de frutos secos; o de los





huesos de frutas de la industria conservera. Aquellos residuos que no son utilizados en estas fábricas entran en el mercado de los biocombustibles y son comercializados por empresas de almacenamiento y distribución que deben procurar que la biomasa no pierda sus propiedades. Para ello es necesario evitar la fermentación y la autocombustión en su almacenamiento, siendo necesario, en muchas ocasiones, utilizar sistemas de secado, astillado o peletizado / briquetado.

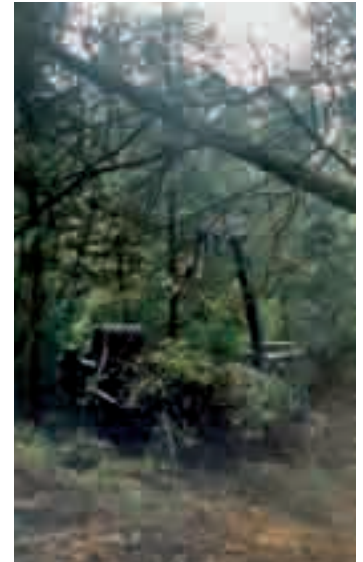
Una vez obtenido el biocombustible resulta esencial seguir unas normas específicas para su caracterización, exigible no sólo por las diferencias entre ellos sino también con los combustibles de origen fósil (carbón, coque, gas natural, petróleo). Dentro de AENOR existe un comité técnico dedicado a la elaboración y publicación de normas que permitan caracterizar los biocombustibles sólidos españoles. Esta caracterización dará fiabilidad a la calidad de estos biocombustibles, permitirá establecer su precio en el mercado y definir su comportamiento en los procesos de conversión energética, indispensable para optimizar el diseño de los equipos energéticos y definir sus especificaciones técnicas.

Una de las principales características de un biocombustible sólido es su poder calorífico, tanto superior como inferior. El poder calorífico superior (PCS) se define como la energía liberada cuando una masa unitaria de biocombustible se quema con oxígeno en una bomba calorimétrica en condiciones normalizadas. Este PCS, obtenido en laboratorios especializados, permite conocer la energía contenida en la biomasa estudiada incluyendo aquella que se consumirá en evaporar el agua producida en la combustión. Sin embargo, la energía realmente aprovechable es aquella que se obtiene una vez evaporada el agua producida en la combustión. A esta energía se la denomina poder calorífico inferior (PCI) y es necesario utilizar fórmulas empíricas para su determinación a partir del PCS. La determinación de la humedad de la biomasa es fundamental ya que influye en la disminución del poder calorífico y en el aumento del consumo de combustible.

Una vez caracterizado el combustible puede utilizarse siguiendo distintos procesos. El más común es la combustión de la biomasa para producción de energía, que también presenta sus particularidades dependiendo de si se realiza en el ámbito doméstico y residencial, en las industrias productoras del residuo o en centrales térmicas exclusivas. La gran diferencia radica en el uso final de la energía producida, ya que el sistema variará si se trata de aplicaciones térmicas, para generar calor y agua caliente sanitaria, o eléctricas, para generar electricidad. En general los equipos que existen en el mercado permiten unos rendimientos de combustión que pueden alcanzar el 85% si cuentan con sistemas de recuperación de calor.

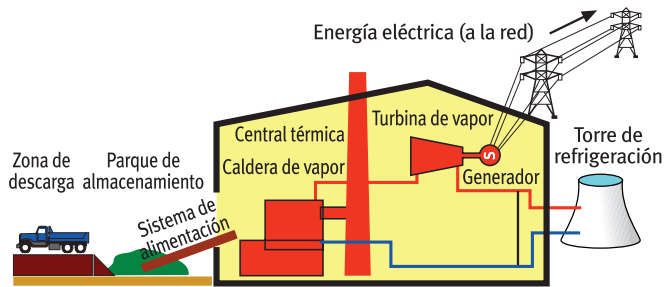
En el caso de las aplicaciones térmicas en el sector residencial el equipo se compone básicamente de un silo de almacenamiento de la biomasa, un sistema de alimentación (tornillos sinfín, cintas transportadoras, canchales, sistemas neumáticos,...) que lo llevan a las calderas, en cuyo interior se encuentra el hogar de combustión y los intercambiadores donde se calienta el fluido destinado a calefacción y/o ACS. En el caso de las redes de calefacción centralizadas, el agua caliente se impulsa hasta las viviendas mediante un sistema de bombas mayor, utilizando una doble tubería aislada y colocando intercambiadores de placas en los edificios o en las viviendas. Una vez cedido el calor el agua fría retorna a la central térmica para iniciar nuevamente el ciclo. A todo ello hay que añadir algunos equipos auxiliares como los sistemas de limpieza de humos y un recuperador de calor.

El almacenamiento y la alimentación para sistemas de generación eléctrica son parecidos a los utilizados en procesos térmicos. Las principales diferencias se centran en la cantidad de biomasa necesaria, el sistema de combustión (es necesario generar vapor con una calidad determinada en vez de agua caliente) y los equipos para transformar la energía térmica producida en energía eléctrica (cuyos elementos principales son normalmente una turbina de vapor y un alternador). El sistema se basa en generar vapor mediante la combustión de la biomasa, produciendo energía mecánica a través de las turbinas y finalmente energía eléctrica en los alternadores.



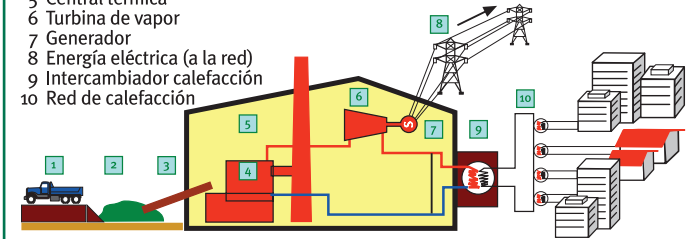
Por último, las tecnologías relacionadas con la gasificación utilizan un reactor-gasificador en el que se introduce la biomasa. La gasificación produce un gas pobre que una vez filtrado y tratado podría utilizarse en motogeneradores para producir energía eléctrica.

### Esquema de una planta de producción de electricidad con biomasa

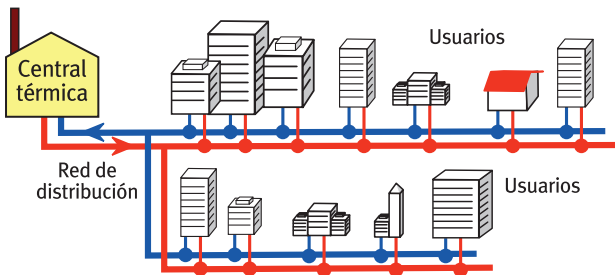


### Esquema de un sistema mixto de red de calefacción centralizada y producción de electricidad

- 1 Zona de descarga
- 2 Parque de almacenamiento
- 3 Sistema de alimentación
- 4 Caldera de vapor
- 5 Central térmica
- 6 Turbina de vapor
- 7 Generador
- 8 Energía eléctrica (a la red)
- 9 Intercambiador calefacción
- 10 Red de calefacción



### Esquema de una red de calefacción centralizada con biomasa



### Gráfico de la central térmica de una red de calefacción centralizada con biomasa

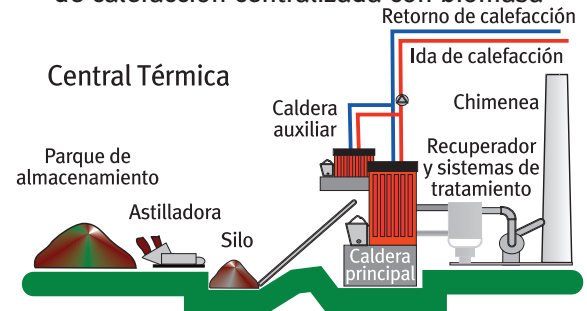


TABLA 5. Poderes caloríficos de diferentes tipos de biomasa

Producto	PCS (kcal/kg) Humedad = 0%	PCI a la humedad x (kcal/kg)			
		x	PCI	x	PCI
<i>Leñas y ramas</i>					
Coníferas	4.950	20%	3.590	40%	2.550
Frondosas	4.600	20%	3.331	40%	2.340
<i>Serrines y virutas</i>					
Coníferas	4.880	15%	3.790	35%	2.760
Frondosas autóctonas	4.630	15%	3.580	35%	2.600
Frondosas tropicales	4.870	15%	3.780	35%	2.760
<i>Corteza</i>					
Coníferas	5.030	20%	3.650	40%	2.650
Frondosas	4.670	20%	3.370	40%	2.380
<i>Vid</i>					
Sarmientos	4.560	20%	3.280	40%	2.310
Ramilla de uva	4.440	25%	2.950	50%	1.770
Orujo de uva	4.820	25%	3.240	50%	1.960
<i>Aceite</i>					
Hueso	4.960	15%	3.860	35%	2.810
Orujillo	4.870	15%	3.780	35%	2.760
<i>Cáscaras frutos secos</i>					
Almendra	4.760	10%	3.940	15%	3.690
Avellana	4.500	10%	3.710	15%	3.470
Piñón	4.930	10%	4.060	15%	3.830
Cacahuete	4.250	10%	3.480	15%	3.260
<i>Paja de cereales</i>					
	4.420	10%	3.630	20%	3.160
	4.420	30%	2.700		
<i>Cascarilla de arroz</i>	4.130	10%	3.337	15%	3.150
<i>Girasol</i>					
<i>Residuo de campo</i>	4.060	10%	3.310	15%	3.090

Para el cálculo del PCI se considera un contenido de hidrógeno en base seca del 6%.

Fuente: IER / Biomasa. Manuales de Energías Renovables 5. IDAE. 1992.



### Requisitos recomendados para elegir una caldera de biomasa para un bloque de viviendas

- Rendimiento: mayor del 75%.
- Emisiones de CO: menores de 200 mg/m<sup>3</sup>.
- Emisiones de partículas: menores de 150 mg/m<sup>3</sup>.
- Sistema automático de limpieza de los intercambiadores de calor y de extracción de cenizas.
- Control remoto de la caldera por el fabricante o instalador.
- Alta fiabilidad y fácil operación y mantenimiento confirmado por experiencias en proyectos similares no industriales.
- Cumplimiento por parte de los equipos de todas las normativas europeas, nacionales, regionales y locales vigentes a la fecha de la instalación.
- Antes de instalar una caldera de biomasa en su domicilio asegure el suministro de biomasa por un proveedor de confianza.

## 2.4 ASPECTOS ECONÓMICOS

En general, los costes de inversión para instalaciones de biomasa son superiores a sus homólogos para instalaciones de combustibles convencionales. Esto se debe, no sólo a la falta de desarrollo de sistemas de producción en serie para algunos componentes, sino que también influyen las características especiales requeridas por los equipos para poder utilizar biomasa de forma eficiente.

En cambio, cuando nos referimos a los costes de operación o explotación de plantas de biomasa, su comparación frente a combustibles convencionales puede ser favorable o no según el tipo de aplicación. La principal componente de los costes de explotación en este tipo de instalaciones es la compra de la biomasa. Los costes debidos al suministro de la biomasa varían según la cantidad demandada, la distancia de transporte y los posibles tratamientos para mejorar su calidad, como el secado, el astillado o la peletización. A ello hay que añadir la disponibilidad del combustible, su estacionalidad y la variación de los precios, íntimamente ligados al comportamiento de las cosechas, en el caso de residuos agrícolas y de la industria agroalimentaria.



## Usos Térmicos

Los costes de inversión dependen del uso final de la energía, de tal manera que siempre serán más altos para usos térmicos domésticos (alrededor de 450 €/kW) que para industriales (en el entorno de los 100 €/kW). En cuanto al combustible, imputable a los gastos de explotación, cuanto más elaborado, envasado, limpio y fácil de transportar sea más se encarece. En usos domésticos la diferencia de precio oscila entre los 60 €/t de las biomásas menos elaboradas y empleadas en grandes redes de calefacción y los 200 €/t para pelets envasados con destino a las calderas o estufas de viviendas unifamiliares, que es donde más se consumen. En los próximos años se espera que el desarrollo tecnológico y la extensión de los sistemas domésticos suponga un abaratamiento de los precios y un mejor servicio en calidad y rapidez. Igualmente, el aprovechamiento en España de residuos con grandes producciones, como el hueso de aceituna, la cáscara de almendra o la granilla de uva, está permitiendo diversificar el suministro y contribuir a establecer precios más asequibles.



Por el momento, para el sector doméstico, los combustibles de mayor eficacia y rendimiento son los pelets y los huesos de aceituna molidos. El precio del kilogramo de pelets es mayor, fluctuando entre los 0,11 €/kg si se adquiere directamente en fábrica y los 0,20 €/kg si se compra en hipermercados o gasolineras. Aunque en España no existe un mercado desarrollado y estable como en algunos países del centro y norte de Europa, existen buenas expectativas para su crecimiento. La calefacción en edificios puede favorecer el desarrollo de un mercado más competitivo en lo que se refiere a la materia prima.

En los usos industriales, la demanda de mayores cantidades de biocombustible con menos requisitos de calidad (se quema en calderas industriales menos automatizadas pero más robustas y con menos demandas de calidad en el servicio por parte del usuario) reduce notablemente el precio (alrededor de los 35 €/t) hasta llegar al “coste o” para aquellas industrias cuyos residuos proceden de la propia actividad industrial cuando no necesitan de ningún tratamiento previo a su combustión.

## Principales parámetros que definen las instalaciones tipo de aprovechamiento térmico de biomasa.

Fuente: Plan de Energías Renovables 2005-2010.

*TABLA 6. Aplicación térmica industrial*

Potencia bruta		1.000 kW
Rendimiento global		80,0%
Vida útil		20 años
Horas operación anual		5.000 h/año
Cantidad de biomasa consumida	$PCI_h = 3.000 \text{ kcal/kg}$	1.792 t/año
Costes biomasa	84,8 €/tep	36.000 €/año
Costes operación y mantenimiento	114 €/tep	49.000 €/año
Inversión	73 €/kW	72.740 €□
Producción energética		430 tep/año

*TABLA 7. Red de calefacción centralizada*

Potencia bruta		6.000 kW
Rendimiento transformación		85,0%
Rendimiento transporte		90,0%
Vida útil		20 años
Horas operación anual		820 h/año
Cantidad de biomasa consumida	$PCI_h = 3.500 \text{ kcal/kg}$	1.580 t/año
Costes biomasa	224 €/tep	94.800 €/año
Costes de explotación	384 €/tep	162.450 €/año
Inversión	282 €/kW	1,69 M€□
Producción energética		423 tep/año

## Usos Eléctricos

Los costes de inversión en el caso de la generación eléctrica tienen una clara división según se trate de instalaciones de generación eléctrica específicas de biomasa o instalaciones de co-combustión de biomasa y carbón en centrales térmicas convencionales.



## Instalaciones específicas

Las instalaciones específicas de biomasa requieren sistemas más complejos, lo que obliga a diseñar calderas con un mayor hogar que reduce a su vez el rendimiento. El mayor tamaño del hogar, unido al resto de componentes para el tratamiento y movimiento de la biomasa en la planta, dan lugar a unos costes de inversión en torno a los 1.800 €/kW instalado.

La principal componente de los gastos de explotación en las instalaciones de generación eléctrica es siempre el coste de la biomasa utilizada, aún cuando se trate de residuos industriales. Dada la gran demanda de biomasa de este tipo de instalaciones el área de influencia para su suministro es muy grande, lo que implica una gran repercusión del coste de transporte en el coste final de la biomasa, que por otro lado, al ser adquirida en mayores cantidades puede sufrir una reducción de su precio en origen.

En estos casos, considerando una distancia media de transporte asequible para la instalación y según el tipo de biomasa los costes de suministro de ésta varían entre los 80 €/t para el caso de cultivos energéticos y los 50 €/t cuando se utilizan residuos de cultivos agrícolas o forestales. Un caso aparte son las aplicaciones eléctricas industriales, cuyas condiciones se asemejan a los usos térmicos industriales situándose sus costes en el intervalo ya descrito entre 0 y 35 €/t.



*Principales parámetros que definen las instalaciones tipo de aprovechamiento eléctrico con biomasa. Fuente: Plan de Energías Renovables 2005-2010.*

*TABLA 8. Generación eléctrica con cultivos energéticos*

Potencia eléctrica		5 MW
Rendimiento global		21,6%
Vida útil		20 años
Cantidad de biomasa consumida		53.500 t/año
Costes de combustible	0,061753 €/kWh	2.315.737 €/año
Costes operación y mantenimiento	0,009306 €/kWh	348.975 €/año
Inversión	1.803 €/kW	9.015.200 €□
Producción eléctrica		37.500 MWh/año

*TABLA 9. Generación eléctrica con residuos forestales y agrícolas*

Potencia eléctrica		5 MW
Rendimiento global		21,6%
Vida útil		20 años
Cantidad de biomasa consumida		53.500 t/año
Costes de combustible	0,044942 €/kWh	1.685.325 €/año
Costes operación y mantenimiento	0,009306 €/kWh	348.975 €/año
Inversión	1.803 €/kW	9.015.200 €□
Producción eléctrica		37.500 MWh/año

TABLA 10. Generación eléctrica con residuos de industrias agrícolas

Potencia eléctrica		5 MW
Rendimiento global		21,6%
Vida útil		20 años
Cantidad de biomasa consumida		53.500 t/año
Costes de combustible	0,044942 €/kWh	1.685.325 €/año
Costes operación y mantenimiento	0,009306 €/kWh	348.975 €/año
Inversión	1.803 €/kW	9.015.200 €□
Producción eléctrica		37.500 MWh/año

TABLA 11. Generación eléctrica con residuos de industrias forestales

Potencia eléctrica		5 MW
Rendimiento global		21,6%
Vida útil		20 años
Cantidad de biomasa consumida		45.900 t/año
Costes de combustible	0,018820 €/kWh	705.750 €/año
Costes operación y mantenimiento	0,009306 €/kWh	348.975 €/año
Inversión	1.803 €/kW	9.015.200 €□
Producción eléctrica		37.500 MWh/año

## Instalaciones de co-combustión

Los gastos de inversión asociados a los procesos de co-combustión se limitan a los equipos destinados a preparar la biomasa para su inyección a la caldera de carbón (en torno a 856 €/kW instalado) más los trabajos necesarios de adaptación de la caldera existente y sus auxiliares. El resto de los equipos forman parte de la instalación convencional. La co-combustión facilita un mayor rendimiento en la generación (del 30% frente al 23% de las instalaciones específicas o industriales) y una mayor potencia instalada por central, pero también implica una mayor demanda de biomasa, que debe ser transportada desde distancias mayores con costes medios en torno a los 50 €/t.

*Principales parámetros que definen una instalación tipo de co-combustión de biomasa y carbón en una central térmica convencional. Fuente: Plan de Energías Renovables 2005-2010.*

**TABLA 12. Generación eléctrica (Co-combustión en central térmica de carbón)**

Potencia eléctrica		56 MW
Rendimiento global		30%
Vida útil		20 años
Cantidad de biomasa consumida		340.300 t/año
Costes de combustible	0,038000 €/kWh	15.960.000 €/año
Costes operación y mantenimiento	0,007600 €/kWh	3.192.000 €/año
Inversión	856 €/kW	47.936.000 €□
Producción eléctrica		420.000 MWh/año



# 3

## Ventajas de la biomasa



# 3

## Ventajas de la biomasa

### 3.1 ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES

Si normalmente a los sistemas de producción de energías renovables se les otorga un beneficio claro, la disminución de la carga contaminante provocada por los combustibles fósiles, en el caso de la biomasa existen otros beneficios como propiciar el desarrollo rural y proporcionar el tratamiento adecuado de residuos, en algunos casos contaminantes, o gestionar los residuos procedentes de podas y limpiezas de bosques limitando la propagación de incendios. El aprovechamiento de la masa forestal residual como combustible para calderas de biomasa es una de las soluciones para facilitar el saneamiento de los bosques. En este último caso podrían incluirse los rastrojos y podas agrícolas, cuya quema tradicional en el campo conlleva un riesgo añadido de incendios, y que pueden encontrar un nuevo mercado en la producción de energía.

Otro aspecto a tener en cuenta es la posible reforestación de tierras agrícolas o desforestadas con cultivos energéticos, herbáceos o leñosos, con destino a la producción de biomasa, que aumentarían la retención de agua y la disminución de la degradación y erosión del suelo.

Respecto a las aplicaciones energéticas, las calderas modernas de biomasa no producen humos como las antiguas chimeneas de leña, y sus emisiones son comparables a los sistemas modernos de gasóleo C y gas. La composición de estas emisiones es básicamente parte del CO<sub>2</sub> captado por la planta origen de la biomasa y agua, con una baja presencia de compuestos de nitrógeno y con bajas o nulas cantidades de azufre, uno de los grandes problemas de otros combustibles. La mayor ventaja es el balance neutro de las

emisiones de CO<sub>2</sub>, al cerrar el ciclo del carbono que comenzaron las plantas al absorberlo durante su crecimiento, ya que este CO<sub>2</sub> sólo proviene de la atmósfera en la que vivimos y necesita ser absorbido continuamente por las plantas si se desea mantener en funcionamiento la producción energética con biomasa. Según datos del PER, en el año 2010, con un incremento de la potencia eléctrica con biomasa de 1.695 MW y un incremento en la energía primaria procedente de biomasa térmica de 582,5 ktep, las emisiones evitadas de CO<sub>2</sub> superarían los nueve millones de toneladas.

Por otro lado, todas las nuevas plantas cuya actividad principal sea el aprovechamiento energético o la manipulación y transformación de la biomasa deben presentar un estudio de impacto ambiental en el que, entre otras cuestiones, se constate las características del entorno en el que se va a ubicar, el análisis del proyecto, la previsión de las alteraciones y las medidas correctoras, los impactos residuales y el plan de vigilancia.

### Ciclo del CO<sub>2</sub>

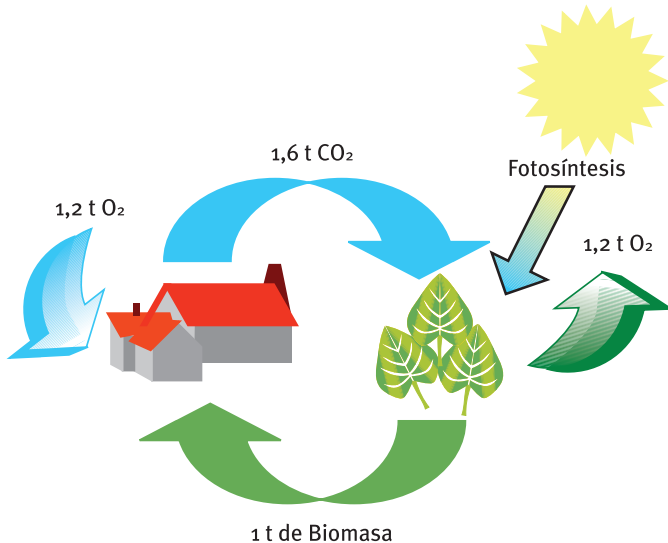


TABLA 13. Emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas y generación de empleo

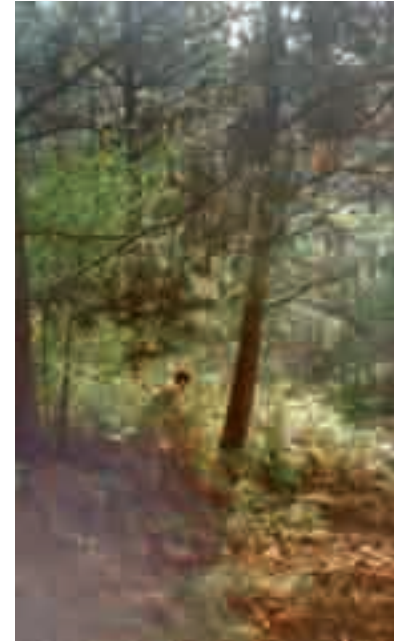
Emisiones de CO <sub>2</sub> evitadas (Biomasa Eléctrica)	(t CO <sub>2</sub> )	7.364.191
Emisiones de CO <sub>2</sub> evitadas (Biomasa Térmica)	(t CO <sub>2</sub> )	1.788.326
Generación de empleo (Biomasa Eléctrica)	(hombres-año)	39.816
Generación de empleo (Biomasa Térmica)	(hombres-año)	17.277

Fuente: Plan de Energías Renovables 2005-2010.

TABLA 14. Ventajas de los trabajos de limpieza de residuos forestales con destino a la producción de biomasa

- Favorece la regeneración natural de la masa principal
- Facilita la repoblación artificial de la masa forestal
- Posibilita el crecimiento del arbolado
- Mejora la calidad del arbolado y de sus productos derivados
- Disminuye considerablemente el peligro de plagas e incendios
- Facilita el resto de las operaciones selvícolas
- Incrementa la capacidad de aprovechamiento de productos forestales
- Facilita los movimientos por el monte
- Incrementa el hábitat de cierta fauna silvestre
- Mejora estéticamente el monte
- Aumenta la capacidad de acogida recreativa

Fuente: IDAE.



*El fomento de la producción de biomasa para uso energético permite el desarrollo de una nueva actividad en las áreas rurales*

### 3.2 BENEFICIOS SOCIOECONÓMICOS

A lo largo de la Historia de la Humanidad, la aparición de los núcleos rurales, en primer lugar, y posteriormente de las grandes urbes ha estado asociada a las actividades productivas y mercantiles de las distintas regiones. Cuanto mayor fuera esta actividad, mayor sería el núcleo de población. De forma inversa, durante estos últimos años la mejora de las técnicas de producción en el sector agroforestal ha disminuido las necesidades de una población estable, cercana a las áreas de producción. La disminución de los precios de muchos productos rurales ha provocado un descenso en los ingresos de este sector, quedando en muchos casos como empleo marginal.

El fomento de la producción de biomasa para uso energético permite el desarrollo de una nueva actividad en las áreas rurales, sobre la base de un mercado con una demanda continua y sin fluctuaciones, que genera puestos de trabajo estables, bien remunerados y supone una nueva fuente de ingresos para las industrias locales. De acuerdo con lo expuesto por el Comité de las Regiones en su dictamen sobre el Libro Blanco de las Energías Renovables, a igual potencia instalada se crean hasta cinco veces más puestos de trabajo con energías renovables que con combustibles convencionales.

Esta oferta de empleo permite fijar la población en los núcleos rurales evitando algunos de los problemas sociales derivados de la migración hacia las grandes ciudades, como son el abandono de las actividades del mundo rural, el abandono de nuestros pueblos y la aparición de zonas marginales y desempleo en las grandes ciudades.

El aumento de ingresos de las industrias locales y el aumento de la población dan lugar a la aparición de nuevas infraestructuras y servicios en áreas rurales, como son las carreteras, los centros hospitalarios y educativos, y los servicios a la población en general. Esta sinergia aumenta aún más el empleo y la calidad de vida en los núcleos rurales.

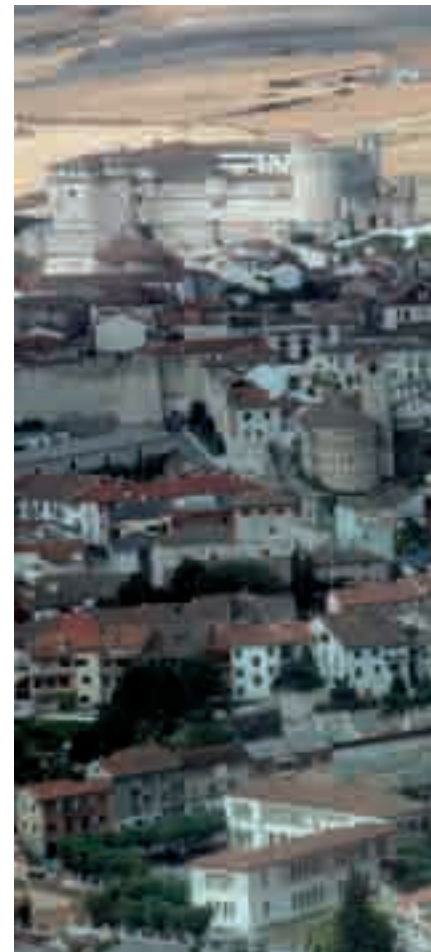
Por otro lado, la aparición de una segunda fuente de ingresos en las industrias agrícolas y forestales, a través de la venta de sus residuos para la generación de energía, equilibra las fluctuaciones de los mercados de los productos principales de las citadas industrias, dando una mayor seguridad a empresarios y empleados.

Desde el punto de vista de los agricultores, la posibilidad de dedicar parte de sus terrenos a prácticas distintas de las tradicionales (alimentación humana o animal, sector del papel, del mueble, etc.) supone un equilibrio en sus ingresos anuales a través de un mercado más amplio para sus productos. En definitiva, se incentiva el desarrollo rural al poner en valor tierras yermas o nuevas áreas agrícolas en las que se pueden implantar cultivos energéticos. A su vez, se le da un valor a los residuos para que sean aprovechados y reutilizados, como los rastrojos y los restos de trabajos selvícolas.

El desarrollo efectivo de la biomasa, tanto en el sector doméstico como en el industrial, puede dar lugar, durante el período de vigencia del Plan de Energías Renovables (2005-2010), a la aparición de 57.000 puestos de trabajo de carácter anual.

Por otro lado, la contribución a una menor dependencia externa en el suministro de combustibles, además de facilitar el desarrollo rural, es una de las bazas macroeconómicas más sobresalientes de la energía procedente de la biomasa. Tanto el uso de biomasa en calefacciones de viviendas unifamiliares, como en calefacciones centralizadas de edificios o en redes de calefacción centralizadas son alternativas viables al consumo de gas natural y otros combustibles fósiles, como el gasóleo de calefacción, que pueden verse favorecidas y ampliadas si se desarrollan normas que promuevan e incentiven su implantación a nivel local, regional y nacional.

En la misma situación se encuentran las centrales de producción eléctrica específicas de biomasa, las de co-combustión y las instalaciones industriales alimentadas con biomasa. Cualquier medida que incentive y ayude estos procesos conllevará una mayor producción y un incremento de la contribución de las energías renovables.



Actualmente la mayoría de las aplicaciones térmicas en edificios o redes centralizadas con biomasa generan un ahorro, derivado del consumo de energía, superior al 10% respecto a uso de combustibles fósiles, pudiendo alcanzar niveles aún mayores según el tipo de biomasa, la localidad y el combustible fósil sustituido.

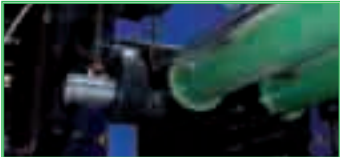
Como ha ocurrido con la eólica y la solar, la implantación de la biomasa en determinados territorios facilita también el desarrollo de experiencias y proyectos de educación ambiental en los que se intenta resaltar la importancia de esta fuente energética. En este mismo ámbito se inscriben experiencias de visitas escolares y de vecinos a las plantas de biomasa para enseñar y demostrar sus ventajas ambientales, energéticas y sociales.





**4**

# **Instalaciones más representativas**

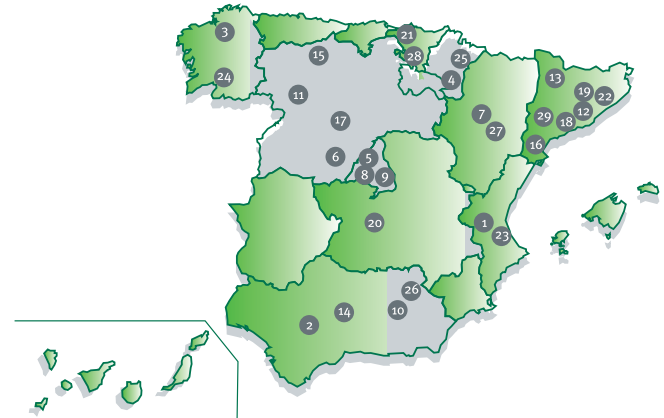


# 4

## Instalaciones más representativas

A continuación se expone una muestra de la heterogeneidad de aplicaciones existente en el sector de la biomasa. Se recogen ejemplos de instalaciones en viviendas unifamiliares, comunidades de vecinos, polideportivos, hoteles, procesos térmicos y cogeneración en industrias, así como centrales de producción eléctrica con diversos biocombustibles sólidos.

Mapa de distribución de los ejemplos de instalaciones considerados





4.1 Instalaciones de tratamiento y producción de biocombustibles sólidos .....	54
4.2 Calefacciones en viviendas unifamiliares .....	60
4.3 Calefacciones en comunidades de vecinos .....	63
4.4 Calefacción con biomasa en edificios públicos y hostelería .....	68
4.5 Redes de calefacción centralizada alimentadas con biomasa .....	77
4.6 Instalaciones industriales alimentadas con biomasa .....	84
4.7 Centrales de producción eléctrica con biomasa .....	91
4.8 Nuevas tecnologías de producción eléctrica con biomasa. La gasificación .....	96

#### 4.1 INSTALACIONES DE TRATAMIENTO Y PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES SÓLIDOS

Los sistemas modernos de aprovechamiento de biomasa han mejorado esencialmente su rendimiento y prestaciones para los usuarios. Estas mejoras requieren que el biocombustible que utilicen tenga unas características físico-químicas más adecuadas, lo que implica la necesidad de realizar una serie de pretratamientos antes de su consumo. A continuación se muestran algunos ejemplos de instalaciones dedicadas a estos tratamientos.



## 1 Extracción y tratamiento de biomasa leñosa en Utiel (Valencia)

### Identificación

Ubicación:	Utiel (Valencia)
Propietario:	TRABISA, S.L.
Año de instalación:	2006 (Renovación de la antigua planta)
Materia prima:	Residuos forestales, agrícolas, industriales y de jardinería
Producción:	100.000 t/año de astillas

### Descripción general

TRABISA, S.L. es una de las empresas pioneras en España en la extracción y tratamiento de biomasa procedente de residuos forestales, agrícolas, industriales y de jardinería. Esta actividad no sólo ha llevado a TRABISA, S.L. a la ampliación y mejora de sus instalaciones para alcanzar producciones cercanas a las 100.000 t/año de astilla, sino que en el camino le ha impulsado a desarrollar nuevos tipos de maquinaria para la extracción y compactación de los residuos leñosos con una importante mejora en los rendimientos de estas operaciones y su consecuente disminución de costes.

La versatilidad de los sistemas de logística de esta empresa les permite tratar desde residuos forestales procedentes de tratamientos en los montes hasta residuos de jardinería, pasando por podas de frutales y otros residuos leñosos.



## 2 Centros Temporales de Aprovisionamiento (CTA) de biomasa sólida

### Identificación

<b>Ubicación:</b>	Jaén - Jerez - Sevilla (Andalucía)
<b>Propietario:</b>	CGC Gestión de Biomasa
<b>Año de instalación:</b>	1995
<b>Materia prima:</b>	Residuos de la industria del olivar (orujillo, hueso, etc.), vinícola (orujo) y otras agroalimentarias. Residuos de industrias forestales
<b>Producción:</b>	A partir de 25 t (aprox. un camión, dependiendo de la densidad) hasta 500.000 t/año, según tipo de biomasa y suministro. Posibilidades de suministro en container y big-bags

### Descripción general

Desde hace algo más de 15 años, CGC Gestión de Biomasa (Grupo Compañía General de Carbones) ha desarrollado la actividad de gestor logístico de biomasa sólida con fines energéticos. Dadas las sinergias con la actividad principal del Grupo (gestión y logística de combustibles sólidos fósiles) el correcto suministro del biocombustible requerido por el consumidor debe ser en ocasiones almacenado y preacondicionado en una red de almacenes y centros de aprovisionamiento.

Dependiendo de la localización y de la situación del mercado en dichas zonas los centros son mixtos “carbón-coque-biomasa”, pero a lo largo de la última década ha sido obligatorio para el correcto enlace generación-suministro de biomasa sólida, en las condiciones requeridas por el consumidor, disponer de estos Centros Logísticos, estratégicamente localizados, bien de modo temporal o fijo según requiera el mercado. Dichos Centros se adaptan al tipo de biomasa



sa suministrada, requerimientos de preacondicionamiento de la biomasa, estacionalidad de producción y suministro, necesidades de densificación, etc.

La disponibilidad en el almacén dependerá de la época del año, tipo de campaña, cantidad y necesidad de preacondicionamiento. Existen posibilidades de preacondicionamiento (cribado, secado, molienda, granulado, etc.) según condiciones establecidas con el cliente (cantidades a suministrar, disponibilidad, etc.).



### 3 Planta de producción de pelets en Brión (La Coruña)

#### Identificación

Ubicación:	San Xulián de Bastavales. Brión (La Coruña)
Propietario:	RESIFOR, S.A.
Año de instalación:	1986
Materia prima:	Fundamentalmente serrín de pino, eucalipto y maderas tropicales
Producción:	3.000 kg/h

#### Descripción general

La empresa Resifor, S.A. comenzó en 1986 con la fabricación y comercialización de pelets de madera. En la actualidad dispone de una capacidad de producción de unos 3.000 kg/h.

Se fabrican pelets de 6 mm y 12 mm, utilizando para ello fundamentalmente serrín de pino, eucalipto y maderas tropicales. Sus productos se comercializan en España, Portugal, Francia e Italia.



## 4 Planta de producción de pelets en Villafranca (Navarra)

### Identificación

Ubicación:	Villafranca (Navarra)
Propietario:	EMPA, S.A.
Año de instalación:	1999
Materia prima:	Fundamentalmente residuos de pino, roble, haya y chopo
Producción:	8.000 kg/h

### Descripción general

La empresa EMPA, S.A. inició su producción de pelets para energía a finales de los años noventa. La instalación de 20.000 m<sup>2</sup> de superficie, con unos almacenes de 7.000 m<sup>2</sup>, puede alcanzar una producción anual de 20.000 toneladas de pelets. Las expectativas de este mercado están provocando que EMPA, S.A. se plantease una ampliación de la producción para atender la demanda creciente de biomasa en forma de pelets en nuestro país. Actualmente la producción de esta empresa se sitúa en torno a los 8.000 kg/h.

La materia prima utilizada son residuos de pino, roble, haya e incluso chopo procedentes de distintas industrias forestales.



## 4.2 CALEFACCIONES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES

Entre los usos tradicionales de la biomasa destaca el aprovechamiento de leñas en viviendas unifamiliares. Estos usos han evolucionado en las últimas décadas incorporando equipos modernos, más eficientes y versátiles, con las mismas prestaciones que las instalaciones de combustibles convencionales.



## 5 Calefacción y ACS para un chalet en Madrid

### Identificación

Ubicación:	Pozuelo (Madrid)
Propietario:	Particular
Año de instalación:	2005 (Proyecto y ejecución 1 mes)
Materia prima:	Hueso de aceituna que puede sustituirse por otros tipos de biomasa
Potencia:	93 kW (80.000 kcal/h)

### Descripción general

Sustitución de una caldera de gas propano por una caldera mixta de calefacción y agua caliente sanitaria en un chalet de Somosaguas con 800 m<sup>2</sup> de superficie. La caldera debe alimentarse de la tolva mediante accionamiento manual, lo que disminuye su coste de inversión inicial (coste de la caldera 6.000 €). El coste total del proyecto de modificación y sustitución de la sala de calderas fue de 12.000 €. Este tipo de sustituciones no necesita modificar la red de distribución de calor dentro de la casa ni los sistemas de radiadores utilizados, ya que las instalaciones de biomasa calientan agua a la temperatura de uso, igual que cualquier otro sistema convencional (como los de gasóleo C o gas).

Este proyecto desarrollado por Calordom ha supuesto un ahorro anual en la factura de calefacción y ACS del usuario cercana a los 4.000 € anuales. Los antiguos gastos con gas propano eran 7.200 €/año mientras que con biomasa han bajado hasta 3.670 €/año.



## 6 Calefacción y ACS en vivienda unifamiliar de Ávila

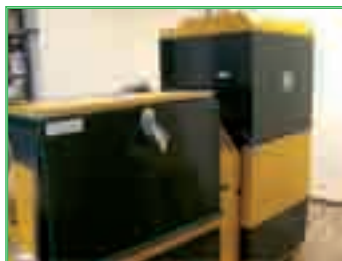
### Identificación

Ubicación:	Ávila
Año de instalación:	2004
Materia prima:	Varios tipos de biomasa
Potencia:	Caldera de biomasa de 40 kW y sistema solar para ACS en verano

### Descripción general

La concienciación ambiental del propietario de esta vivienda le motivó para buscar un combustible con balance de emisiones “cero” como es la biomasa. Esta instalación, desarrollada por HC ingeniería, es un ejemplo de integración de dos energías renovables como son la biomasa y la energía solar térmica. La instalación de biomasa proporciona calefacción por radiadores a los 200 m<sup>2</sup> de la vivienda y suministra ACS combinada con energía solar térmica. La vivienda, situada en el casco histórico de Ávila, comparte medianera con otras dos casas pero no es un chalet adosado. La caldera sustituida era de gasóleo y tenía un consumo de 2.000 l/año sin alcanzar condiciones de confort suficientes.

La instalación puede operar con distintos tipos de biomasa, lo que le ha permitido utilizar pellets, astillas, huesos de aceituna, cáscaras de nuez y piñas trituradas mezcladas con cáscaras de piñón. En año y medio ha consumido 7.000 kg de biomasa residual con un mínima producción de cenizas (40 kg), lo que permite pasar un año entero sin vaciar el recipiente de la misma. La caldera maneja automáticamente el combustible, la limpieza y la gestión de las cenizas sin producir humo ni en el cuarto de calderas ni en la chimenea.



### 4.3 CALEFACCIONES EN COMUNIDADES DE VECINOS

Una de las mejores aplicaciones de la biomasa es su uso para producción de calefacción y agua caliente en edificios, en especial los destinados a vivienda en grandes ciudades. En España dos capitales de provincia destacan por el número de edificios donde se han sustituido instalaciones de combustibles convencionales (carbón y gasóleo C principalmente) por biomasa. Estas ciudades, donde ya existen empresas de suministro y distribución de biomasa desarrolladas, son Zaragoza y Madrid. A continuación se presentan algunas instalaciones de estas características.



## 7 Calefacción para un bloque de viviendas en Zaragoza

### Identificación

<b>Ubicación:</b>	Zaragoza
<b>Año de instalación:</b>	2003 (Proyecto y ejecución en 1 año)
<b>Materia prima:</b>	Cáscara de almendra que puede sustituirse por otros residuos de la industria agroalimentaria como huesos de melocotón y aceituna
<b>Potencia:</b>	400 kW (350.000 kcal/h)

### Descripción general

Este proyecto desarrollado por BioEbro, S.L. con un contrato de mantenimiento de diez años se ha realizado para dar servicio de calefacción a un edificio de 88 viviendas.

En el edificio situado en la Avenida de Navarra, 63-65 de la ciudad de Zaragoza, se sustituyó una antigua caldera de carbón por otra adecuada para el consumo de biomasa sólida. La antigua carbonera se transformó en un silo herméticamente cerrado al que se han añadido bajantes metálicos para facilitar el arrastre del combustible mediante tornillos sinfín.

El sistema de alimentación es totalmente automático, con un equipo de termostatos, temporizadores y contadores que realizan los movimientos mecánicos necesarios. La utilización del quemador Biosystem (desarrollado por BioEbro, S.L.) conjuntamente con la caldera de sólidos hace posible un proceso de combustión más eficaz de los distintos componentes de la biomasa, incluidos los volátiles. De esta forma se optimiza el aprovechamiento del biocombustible disminuyendo sensiblemente las cantidades de CO (monóxido de carbono) y partículas en la corriente de salida.



Los resultados obtenidos son la reducción de la factura energética en un 30% al utilizar un combustible barato con un precio estable (biomasa) y la mejora del rendimiento de los equipos de la instalación así como del proceso de combustión. Además, se genera riqueza entre las empresas agroindustriales aragonesas gracias a las 100 t de residuos agrícolas que son convertidos en renta para la economía rural.



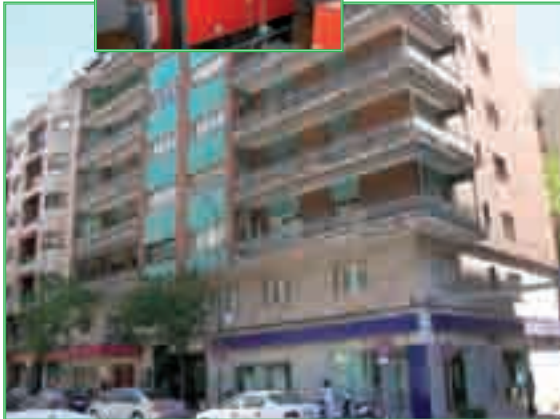
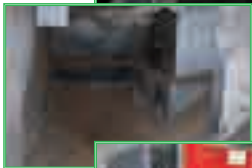
## 8 Calefacción y ACS para una comunidad de vecinos en Madrid

### Identificación

<b>Ubicación:</b>	Madrid
<b>Año de instalación:</b>	2003 - 2004 (Proyecto y ejecución en 1 año)
<b>Materia prima:</b>	Hueso de aceituna que puede sustituirse por otros tipos de biomasa
<b>Potencia:</b>	580 kW (500.000 kcal/h) divididos en dos calderas, una de 465 kW (400.000 kcal/h) para calefacción y otra de 115 kW (100.000 kcal/h) para agua caliente sanitaria

### Descripción general

El proyecto ha sido desarrollado por Calordom en el edificio situado en Paseo de la Habana 12 de la ciudad de Madrid, donde se sustituyó una antigua sala de calderas de carbón por otra adecuada para el consumo de biomasa sólida que permite dar calefacción y agua caliente. La antigua carbonera es actualmente el silo de hueso de aceituna molido que, a través de un sistema de tornillos sinfín, alimenta a las dos calderas de biomasa de forma automática y controlada vía modem. La calefacción no requiere un sistema automático de encendido aunque es una posibilidad ofrecida por la citada empresa. El contrato de calefacción firmado con la comunidad de vecinos genera un ahorro en su factura de calefacción y ACS en el entorno de los 7.000 € anuales respecto a los antiguos gastos con carbón.



## 9 Calefacción para una comunidad de vecinos en Madrid

### Identificación

Ubicación:	Madrid
Año de instalación:	2004 - 2005 (Proyecto y ejecución en 1 año)
Materia prima:	Hueso de aceituna que puede sustituirse por otros tipos de biomasa
Potencia:	116 kW (100.000 kcal/h)

### Descripción general

El proyecto se ha desarrollado por Calordom en el edificio situado en la calle Mirlo, 8 de la ciudad de Madrid, donde se sustituyó una antigua sala de calderas por otra adecuada para el consumo de biomasa sólida. Este cambio ha permitido a la comunidad de vecinos un ahorro en su factura de calefacción en el entorno de los 4.000 €/año respecto a los antiguos gastos de la caldera de carbón sustituida (de 9.000 €/año se ha pasado a 5.000 €/año).



#### 4.4 CALEFACCIÓN CON BIOMASA EN EDIFICIOS PÚBLICOS Y HOSTELERÍA

Al igual que en las comunidades de vecinos, la calefacción y el agua caliente sanitaria de edificios para usos no residenciales puede ser una buena opción. De hecho muchas de las actividades ejemplarizantes para los ayuntamientos y otros organismos oficiales pasan por la incorporación de las energías renovables en sus edificios. Por otro lado, la demanda de soluciones medioambientales de nuestra sociedad ha motivado el uso de las energías renovables en el sector de la hostelería, siendo uno de los principales reclamos en hoteles y casas rurales. A continuación pueden verse varios ejemplos de estas actuaciones.



## 10 Calefacción y ACS en dos Colegios Públicos de Quesada (Jaén)

### Identificación

Ubicación:	Quesada (Jaén)
Año de instalación:	1999 - 2000
Materia prima:	Orujillo - Hueso de aceituna
Potencia:	Tres calderas, una de 297 kW y dos de 174 kW (producen 756.000 kWh en 5 meses de calefacción)

### Descripción general

Durante los años 1999 y 2000, el Ayuntamiento de Quesada decidió apostar por el uso de energías renovables dentro del municipio, mediante el uso de recursos autóctonos. La aplicación se realizó para el suministro de calefacción y agua caliente sanitaria en dos colegios públicos, uno de ellos con tres centros de estudios de 400 m<sup>2</sup> cada uno y una instalación común que alberga despachos y el comedor de alumnos.

Se instalaron tres calderas de la marca VULCANO SADECA, S.A. con quemadores de JOAQUÍN PALACÍN, S.L. (una de 296 kW de potencia para el comedor y dos de 174 kW que suministran energía en el resto de los edificios). Estas instalaciones son independientes con silos subterráneos para 5.000 kg de biomasa. Las instalaciones, controladas por un sistema de sondas, tienen calderas automatizadas por medio de termostatos de contacto.

La logística de suministro del combustible se ha optimizado, disminuyendo las necesidades de espacio para almacenamiento.



Este proyecto permite el uso de los residuos agroindustriales de la zona (orujillo y hueso de aceituna), con un coste de materia prima inferior al uso de combustibles convencionales. Asimismo, se reduce la contaminación que se generaría si se hubiera optado por la otra opción existente, el uso de gasóleo.



## 11 Calefacción por suelo radiante y radiadores en un Colegio Público de Tabuyo del Monte (León)

### Identificación

Ubicación:	Tabuyo del Monte (León)
Año de instalación:	2005
Materia prima:	Biomasa forestal
Potencia:	40 kW para calefacción por suelo radiante y radiadores

### Descripción general

Instalación de biomasa para calefacción en un colegio público con tres zonas diferenciadas: un gimnasio de unos 40 m<sup>2</sup>, con calefacción por suelo radiante, una zona de aulas de unos 80 m<sup>2</sup>, con radiadores y un salón de actos de unos 150 m<sup>2</sup>, con suelo radiante. La demanda en cada una de esas zonas depende de la ocupación, por lo que se ha utilizado un sistema que permite independizar horarios y temperaturas.



## 12 Calefacción y ACS en un Polideportivo Municipal de Sant Antoni de Vilamajor (Barcelona)

### Identificación

<b>Ubicación:</b>	Sant Antoni de Vilamajor (Barcelona)
<b>Año de instalación:</b>	2005
<b>Materia prima:</b>	Varios tipos de biomasa
<b>Potencia:</b>	Una caldera de 60 kW de biomasa y un sistema de captadores solares térmicos para calefacción y ACS

### Descripción general

El ayuntamiento de Sant Antoni de Vilamajor decidió en el año 2004 realizar una instalación ejemplarizante para la concienciación ambiental dentro del municipio. El pabellón deportivo municipal que se utiliza a lo largo de todo el día, todos los días de la semana, fue la dependencia municipal elegida.

Por ello, en el año 2005 comenzó a operar una instalación de biomasa y energía solar térmica que presta el servicio de calefacción a las zonas deportivas y a los vestuarios (con una superficie de 800 m<sup>2</sup>), así como el agua caliente sanitaria necesaria para las duchas del citado polideportivo.



### 13 Calefacción y ACS en un Centro de Naturaleza y Desarrollo Sostenible en Les Planes del Son (Lérida)

#### Identificación

Ubicación:	Son (Lérida)
Año de instalación:	2001
Materia prima:	Serrines y virutas de industrias forestales
Potencia:	Una caldera de 175 kW para calefacción por suelo radiante y ACS integrada con captadores solares térmicos

#### Descripción general

En el año 2001 se finalizó la instalación de una caldera de biomasa de L. SOLÉ para un centro de nueva construcción de la “Fundació Territori i Paisatge” de Caixa Catalunya, situado en Son (Alt Àneu, Pallars Sobirà) en el Alto Pirineo Leridano.

Este edificio, con 92 plazas de alojamiento, dispone de un laboratorio de investigación, un centro de documentación, una biblioteca, un planetario, un observatorio astronómico y un auditorio para 200 personas. La construcción está integrada visualmente con el paisaje incluyendo principios bioclimáticos, y se localiza en un paraje de montaña. En el centro se combinan varias tecnologías renovables: solar térmica, solar fotovoltaica y biomasa.

La caldera, de 175 kW de potencia, suministra calefacción a través de suelo radiante y agua caliente sanitaria al edificio, utilizando biomasa de dos aserraderos locales. El silo es una construcción subterránea de 30 m<sup>3</sup>, dotado de un sistema de descarga hidráulico. La alimentación de la caldera es automática mediante un suelo móvil y una canal con un tornillo sinfín.



## 14 Calefacción y ACS en un establecimiento de turismo rural en Montoro (Córdoba)

### Identificación

<b>Ubicación:</b>	Montoro (Córdoba)
<b>Año de instalación:</b>	2000
<b>Materia prima:</b>	Poda de olivar y orujillo
<b>Potencia:</b>	Una caldera de 291 kW para calefacción y ACS

### Descripción general

El uso de biomasa para calefacción está vinculado a una buena imagen medioambiental, básica para el fomento del turismo y la promoción de la vivienda en la sociedad actual. Los propietarios del “Cortijo La Colorá” conocen esto muy bien, por ello rehabilitaron este cortijo del siglo XVIII para su uso en actividades de turismo rural, con abastecimiento energético mediante energías renovables. La edificación se finalizó en el año 2000. La leña de la poda de los olivos y del monte se utiliza en un horno de pan tradicional y se ha instalado una caldera de biomasa con 291 kW de potencia. Esta caldera, alimentada con restos de poda y orujillos de la producción de aceite, suministra calefacción y ACS a las 12 viviendas turísticas que componen este centro de desarrollo rural.

En total puede abastecerse de calefacción y ACS a 50 personas y a los distintos locales del cortijo. La instalación de calefacción ha sido suministrada por un proveedor local, Industrias de la Rosa. Toda la biomasa consumida procede de suministradores de la zona.



## 15 Calefacción y ACS en una casa rural en Boca de Huérgano (León)

### Identificación

Ubicación:	Boca de Huérgano (León)
Año de instalación:	2005
Materia prima:	Varios tipos de biomasa
Potencia:	Caldera de biomasa de 50 kW y captadores solares térmicos

### Descripción general

La casa rural “El Casar del Puente” está constituida por tres viviendas independientes cuya demanda depende de la ocupación, por lo que la empresa HC ingeniería ha diseñado un sistema que permite independizar horarios y temperaturas. La producción de agua caliente sanitaria se realiza de manera conjunta para las tres viviendas. El sistema de calefacción utiliza suelo radiante, lo que permite trabajar a baja temperatura (puede aprovechar energía solar térmica), incrementando el ahorro de energía.

El sistema mixto biomasa-solar suministra calefacción a los 250 m<sup>2</sup> de superficie habitable y abastece de ACS a los usuarios. Sólo se necesita extraer las cenizas una vez al mes.



## 16 Calefacción y ACS en el Hotel Flamingo de La Ampolla (Tarragona)

### Identificación

Ubicación:	La Ampolla (Tarragona)
Año de instalación:	2005
Materia prima:	Varios tipos de biomasa
Potencia:	Dos calderas de biomasa de 100 kW y captadores solares térmicos



### Descripción general

La instalación de biomasa y energía solar térmica abastece al hotel con ACS, calentamiento de piscina y calefacción de las zonas comunes del hotel (recepción, restaurantes, gimnasio, etc).

La superficie total calefactada supera los 1.000 m<sup>2</sup>. El ahorro de la factura energética anual supera los 50.000 €, lo que permite entender la rapidez de amortización de estas instalaciones, sobre todo considerando la constante subida de precios de los combustibles fósiles.

## 4.5 REDES DE CALEFACCIÓN CENTRALIZADA ALIMENTADAS CON BIOMASA

Este tipo de instalaciones, muy común en el centro y norte de Europa, está iniciando su despegue en España donde ya se cuenta con varios proyectos en operación, además de otros en proyecto.



## 17 Red de calefacción centralizada en Cuéllar (Segovia)

### Identificación

<b>Ubicación:</b>	Cuéllar (Segovia)
<b>Entidades involucradas:</b>	Ayuntamiento de Cuéllar, Ente Regional de la Energía de Castilla y León (EREN) e Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE)
<b>Año de instalación:</b>	1999
<b>Materia prima:</b>	Residuos forestales, residuos de industrias forestales y otras fuentes de biomasa de la zona
<b>Potencia:</b>	Dos calderas, 4.500.000 kcal/h (caldera de invierno) y 600.000 kcal/h (caldera de verano para ACS)



### Descripción general

De acuerdo con los estudios sobre potencial de biomasa desarrollados por IDAE en los años noventa, el municipio de Cuéllar, con 9.200 habitantes, era uno de los lugares adecuados para iniciar la promoción de redes de calefacción centralizada con biomasa. Este municipio, situado al norte de la provincia de Segovia en el límite con la provincia de Valladolid, está rodeado de una importante masa forestal (el 50% del mismo está rodeado de pino negro).

Por ello, el IDAE y el EREN propusieron al Ayuntamiento de Cuéllar la realización de una red de calefacción centralizada en un barrio del municipio, construido en los años 70, con bloques de viviendas, un centro escolar, un polideportivo cubierto y un centro cultural. Todos los edificios tenían calefacción de gasóleo C y pérdidas energéticas por aislamientos inadecuados.

El consumo de biomasa de la instalación es aproximadamente 2.100 toneladas al año, a través de un sistema formado por dos calderas, una principal destinada a suministrar calefacción y ACS en invierno y otra auxiliar que funciona en verano para producir ACS. El agua calentada en la instalación se impulsa mediante bombas por una doble tubería que llega hasta los intercambiadores de cada vivienda o edificio para transferir la energía térmica a su circuito interno. Cuenta con un sistema de limpieza de humos con un ciclón y un recuperador de calor.

Actualmente se benefician del suministro de calefacción y agua caliente trece viviendas unifamiliares, cinco cooperativas de viviendas, un centro social, un colegio con 600 alumnos, un polideportivo y una piscina cubierta recientemente construida.

Se ha demostrado con creces que se genera energía suficiente para todos los usuarios conectados. Además, se han eliminado los gastos de mantenimiento y se ha incrementado la comodidad en el servicio, que precisa sólo de la manipulación de un termostato.



## 18 Red de calefacción centralizada en Molins de Rei (Barcelona)

### Identificación

<b>Ubicación:</b>	Molins de Rei (Barcelona)
<b>Entidades involucradas:</b>	Ayuntamiento de Molins de Rei, Área Metropolitana de Barcelona (Entidad del Medio Ambiente), ICAEN (Instituto Catalán de la Energía) y el Grup Cassa (Compañía Aguas de Sabadell). Estas entidades y empresas privadas formaron la empresa Molins Energía, S.L.
<b>Año de instalación:</b>	2001
<b>Materia prima:</b>	Piña “triturada” (una vez extraídos los piñones), cáscaras de frutos secos, orujillo, biomasa proveniente de gestión forestal, poda, etc.
<b>Potencia:</b>	Una caldera de biomasa de 2.250 kW y dos calderas de gas de 817 kW de apoyo. En 2006 se ha ampliado la potencia de biomasa con una nueva caldera de 2.000 kW

### Descripción general

El objetivo principal de este proyecto es la producción y distribución de calor a partir de biomasa a un barrio residencial de 695 pisos denominado “La Granja”, para su uso individual en agua caliente sanitaria y/o calefacción. El proyecto, promovido en 1997, comenzó a funcionar en enero de 2001.



El sistema consta de tres elementos básicos:

- 1 Central de generación de calor. Aquí se ubican el almacén de biomasa, las calderas para su combustión, los depósitos de acumulación de calor, el equipo de bombeo y las calderas de emergencia de gas natural, así como el sistema automatizado de gestión y seguimiento.
- 2 Red de distribución del calor. Formada por una red de tuberías aisladas de 4.734 metros que transmite la energía a los usuarios a través de agua caliente a una temperatura entre 80 y 90 °C. La distancia entre la central y el barrio es de unos 800 metros.
- 3 Módulos de intercambio de calor individuales. Estos módulos permiten transferir el calor del agua calentada en la central, para su uso en agua caliente sanitaria y/o calefacción. Mediante contadores de calor individuales se controla y se factura el calor consumido por cada vivienda.

El abastecimiento del total de 695 pisos, unas 2.000 personas, implica un consumo de biomasa entre 2.300 y 2.500 toneladas de biomasa al año, con una producción de calor entre 6.500 y 7.000 MWh/año, sustituyendo unas 800 toneladas equivalentes de petróleo al año por biomasa y evitando la emisión de 1.900 toneladas de CO<sub>2</sub>. La inversión total realizada en este proyecto ha ascendido a 2.132.000 €.



## 19 Red de calefacción centralizada en Sant Pere de Torelló (Barcelona)

### Identificación

<b>Ubicación:</b>	Sant Pere de Torelló (Barcelona)
<b>Entidades involucradas:</b>	Ayuntamiento de Sant Pere de Torelló, CERR, S.L.
<b>Año de instalación:</b>	2002
<b>Materia prima:</b>	Residuos forestales y de industrias del mueble y de la construcción
<b>Potencia:</b>	Una caldera de agua caliente de 6 MW

### Descripción general

En sus inicios el proyecto de Sant Pere de Torelló, una población de la provincia de Barcelona de unos 2.300 habitantes, buscó realizar la planta de biomasa más innovadora y ambiciosa del momento, diseñándose para generar electricidad y calefacción centralizada con una misma instalación. Actualmente el proyecto está centrado en la generación de calefacción a través de una red de calefacción centralizada. En estos últimos años, la empresa CERR, S.L. asumió el desarrollo y gestión del proyecto y sacó a concurso el suministro del sistema automático de combustión de biomasa, que fue ganado por la empresa L. Solé, S.A.

El sistema de combustión consiste en un horno y una caldera de agua caliente de 6 MW que puede consumir alrededor de 6.000 toneladas al año de biomasa, lo que supone una producción anual de calor del orden de 23.000 MWh. Un aspecto destacable de la caldera es el uso de un sistema de parrilla móvil refrigerado por agua que permite optimizar el aprovechamiento de la energía de la biomasa al tiempo que brindar al sistema una elevada disponibilidad.



Alrededor de 520 usuarios, entre empresas y particulares, están conectados a la red de energía que proporciona la central térmica. Al principio, los usuarios pagaban una tarifa plana de 60 €/mes independientemente del consumo. Este método no resulta viable económicamente y va en contra de la filosofía de fomentar la concienciación de ahorro energético en los consumidores. Por ello, posteriormente se optó por implementar un sistema de medición del consumo a través de contadores de energía térmica con capacidad de lectura inalámbrica.

La nueva fórmula de gestión del proyecto, junto con la tecnología utilizada, permitirá un ahorro en el gasto energético entre un 15% y un 25%, lo que evitará la emisión de unas 5.000 toneladas de CO<sub>2</sub> anuales que se producirían con fuentes no renovables.



## 4.6 INSTALACIONES INDUSTRIALES ALIMENTADAS CON BIOMASA

Una de las aplicaciones más rentables y sencillas de realizar en el sector de la biomasa es el autoconsumo de los residuos generados en una industria. Tradicionalmente se han realizado este tipo de aplicaciones en la industria forestal y agroalimentaria, aunque actualmente se está sufriendo una importante revolución debida a la mejora en la eficiencia y sistemas de control de los equipos de biomasa.



## 20 Planta de aprovechamiento térmico de Puertas Dayfor (Daimiel, Ciudad Real)

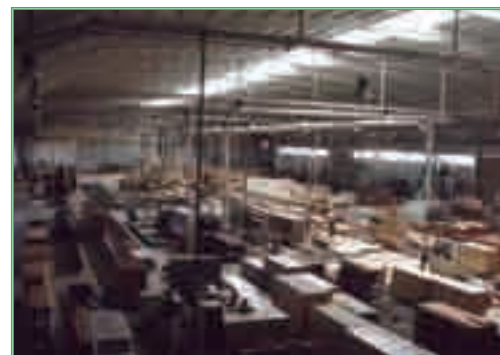
### Identificación

Ubicación:	Daimiel (Ciudad Real)
Propietario:	Puertas DAYFOR, S.L. El proyecto ha sido financiado por el IDAE a través del programa Pymes-FEDER
Año de instalación:	2001
Materia prima:	Serrines y virutas derivadas del proceso industrial de la fábrica
Potencia:	2.200.000 kcal/h (dos calderas para uso industrial y calefacción)

### Descripción general

Puertas DAYFOR, S.L. pertenece al grupo DAYFOR y lleva más de 30 años de innovación tecnológica continua, factor que motivó la puesta en marcha del proyecto en 1999 y su ejecución en 2001. Las dos calderas Sugimat (una de 600.000 kcal/h y otra de 1.600.000 kcal/h) proporcionan calor al fluido térmico para tres prensas y calefacción a las dos naves de la empresa. Los recortes de madera maciza, tableros de fibra y de partículas que son desechados se astillan mediante una trituradora acoplada al silo de alimentación de la caldera. Dentro de los sistemas auxiliares, además de un sistema de depuración de gases con multiciclones, la instalación consta de un sistema de aspiración y almacenamiento de la biomasa que la recoge y almacena para su posterior uso. El aire de este sistema también es reutilizado para calefacción.

A todos los componentes ambientales asociados al aprovechamiento de los residuos se añade la producción anual de 255 tep de energía primaria con una fuente renovable, evitando el consumo de 207.000 litros de gasóleo.



## 21 Planta de cogeneración en Pastguren, S.L. (Aranguren, Vizcaya)

### Identificación

<b>Ubicación:</b>	Aranguren (Vizcaya)
<b>Propietario:</b>	Pastguren, S.L. El IDAE participó en el proyecto financiando la turbina de vapor y sus sistemas auxiliares
<b>Año de instalación:</b>	2001
<b>Materia prima:</b>	Corteza y licor negro (sector de pasta y papel)
<b>Potencia:</b>	10,5 MW (bruta) con una producción teórica de 80.000 MWh/año (27.520 tep/año de energía primaria)

### Descripción general

En noviembre de 1999 se firmó un contrato mercantil de financiación por terceros entre IDAE y la sociedad PASTGUREN, S.L., para la adquisición de una turbina con sus correspondientes elementos auxiliares, como parte de una planta de cogeneración alimentada con biomasa (licor negro y cortezas) que PASTGUREN instalaría en su factoría. Una vez realizada la instalación la planta inició su actividad en el año 2001.

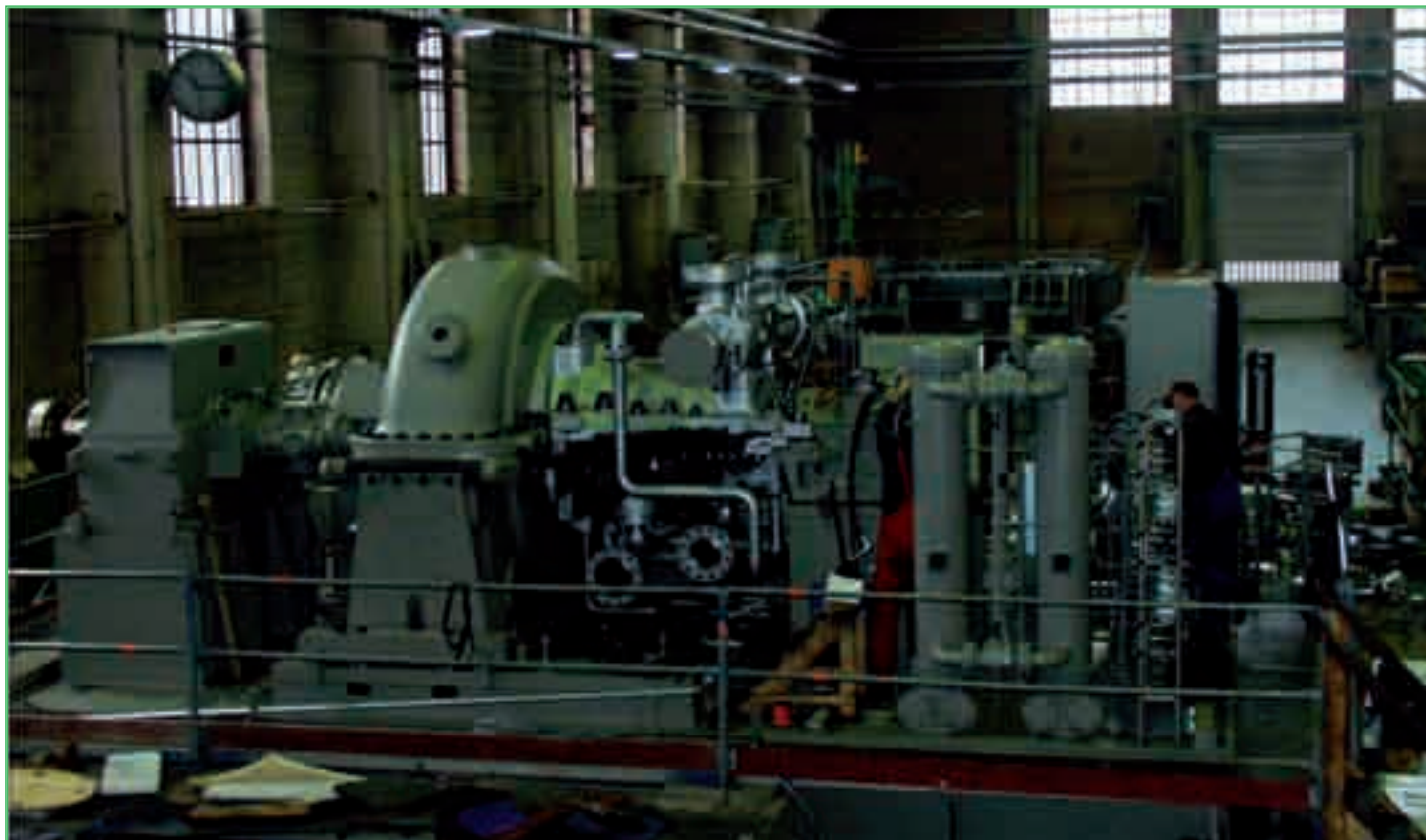
Se trata de una instalación de generación de energía eléctrica con biomasa en una fábrica de papel, con una potencia de 10,6 MW, situada en el municipio de Aranguren (Vizcaya).

Las características técnicas del vapor utilizado son:

- Vapor a turbina: 55 t/h, 41 kg/cm<sup>2</sup>, 420 °C.
- Extracción de vapor (máx.): 18 t/h, 4 kg/cm<sup>2</sup>.



Aunque las estimaciones iniciales de producción establecían 80.000 MWh/año, los datos reales medidos se sitúan en el entorno de los 51.000 MWh/año.



## 22 Planta de aprovechamiento térmico para tratamiento fitosanitario de palets

### Identificación

Ubicación:	Manlleu (Barcelona)
Propietario:	Tole Catalana, S.A.
Año de instalación:	2004
Materia prima:	Astillas de madera
Potencia:	Una caldera de agua caliente de 880 kW, con una producción anual de 1.434 MWh

### Descripción general



Tole Catalana, S.A. es una empresa dedicada a la fabricación de palets. La materia prima utilizada en este sector suele ser madera sin tratar, con altos contenidos de humedad y de baja calidad, por lo que representan una vía de alto riesgo para la introducción y diseminación de plagas.

La nueva reglamentación fitosanitaria de la ONU (NIMF 15) del año 2005 para este tipo de productos, exige dos requisitos imprescindibles: un certificado de origen de la madera y aplicar un tratamiento para su desinfección. Este segundo requisito puede cumplirse utilizando un tratamiento de fumigación con bromuro de metilo o mediante el calentamiento del producto a 56 °C durante 30 minutos.

El alto coste que supone el proceso de secado utilizando gasóleo o gas natural y el hecho de disponer residuos de madera en abundancia, fue decisivo para poner en marcha un sistema que utilizara biomasa como combustible. Por su larga experiencia en el sector, L. Solé, S.A. fue

la empresa seleccionada para el suministro e instalación de un horno de secado utilizando un sistema de combustión automático que en sólo dos años ha permitido amortizar la inversión.

Unas breves cifras permiten comprobar esta afirmación:

Coste del tratamiento de 1 palet mediante biomasa: 0,026 €.

Coste del tratamiento de 1 palet mediante gasóleo: 0,093 €.

Número de tratamientos anuales: 450 tratamientos.

Número de palets por tratamiento: 2.016 palets.

Palets tratados anualmente: 907.200 palets.

Ahorro: 60.782,4 €/año.

Inversión en planta biomasa: 112.400 €.

Emisiones evitadas: 517.623 kg de CO<sub>2</sub>/año.



## 23 Planta de cogeneración en Almàssera (Valencia)

### Identificación

<b>Ubicación:</b>	Almàssera (Valencia)
<b>Propietario:</b>	Maicerías Españolas - Dacsa. Con un contrato de FPT con IDAE para el desarrollo de la instalación de biomasa
<b>Año de instalación:</b>	2002
<b>Materia prima:</b>	Cascarilla de arroz procedente del tratamiento de arroz
<b>Potencia:</b>	2 MW (1,7 MW eléctricos y 0,3 MW para proceso)

### Descripción general

En 1995 Maicerías Españolas - Dacsa encargó al IDAE un estudio para determinar la viabilidad de una planta de cogeneración que empleara cascarilla de arroz como combustible. En 2002 este estudio se hizo realidad y desde entonces 15.000 toneladas al año de cascarilla entran en la caldera (construida por VULCANO-SADECA) a través de un transporte neumático desde los silos de almacenamiento.

Para completar las ventajas de la instalación se decidió instalar una caldera de lecho fluido, ya que la fusión de las cenizas en la combustión de la cascarilla de arroz produce depósitos difíciles de eliminar en un sistema de parrillas. Un conjunto de ciclones y filtros de mangas optimiza la limpieza de los humos de manera que las emisiones de partículas contaminantes se reduzcan al máximo. En el cierre del ciclo a la ceniza producida se le da un valor comercial, ya que su alto contenido en sílice es muy apreciado en las industrias siderúrgica, cementera, cerámica y del vidrio, contribuyendo a la rentabilidad del proyecto.



## 4.7 CENTRALES DE PRODUCCIÓN ELÉCTRICA CON BIOMASA

Además de las aplicaciones de cogeneración en industrias productoras de residuos existe la posibilidad de generar energía eléctrica en plantas dedicadas específicamente a este fin. Estas plantas se localizan en zonas con un alto potencial de generación de biomasa ya que su demanda suele ser muy superior a las instalaciones presentadas anteriormente, sin contar las existentes en las grandes industrias del papel y la celulosa.



## 24 Planta de generación eléctrica de Allariz (Orense)

### Identificación

<b>Ubicación:</b>	Allariz (Orense)
<b>Propietario:</b>	Sociedad Allarluz, S.A., participada por organismos institucionales y empresas del sector energético con participación del IDAE
<b>Año de instalación:</b>	1998
<b>Materia prima:</b>	Residuos de origen forestal y subproductos de industrias forestales
<b>Potencia:</b>	2,35 MW

### Descripción general



Las instalaciones de esta planta de generación eléctrica se ubican en el Polígono Industrial de Allariz. El Concello de Allariz está situado en el suroeste de la provincia de Orense, en la carretera que une la capital y la localidad de Xinzo de Limia. Con una población de algo más de 5.000 habitantes, basa buena parte de su economía en la explotación de cerca de 1.400 ha de superficie forestal.

El mes de abril de 1998 marcó el punto de partida para un ambicioso proyecto madurado durante varios años en el Concello de Allariz: la construcción de una central térmica alimentada con biomasa forestal. Un proyecto innovador con el objetivo de impulsar la economía y la creación de empleo en el municipio a través de la mejora de la gestión forestal y la calidad ambiental.

Teniendo en cuenta estas premisas establecidas, el Concello de Allariz se planteó la construcción de una central térmica de pequeña potencia que permitiese rentabilizar las operaciones de limpieza de los montes y valorizar los residuos procedentes de las industrias

forestales de la zona. Con ese fin impulsó la constitución de la sociedad Allarluz, S.A., con organismos institucionales y empresas del sector energético. Entre ellas, el IDAE participó en esta sociedad con un 8,5%.

Los elementos básicos de la central térmica de Allariz son un sistema de tratamiento y almacenamiento del combustible, una caldera de vapor, un grupo turbogenerador de vapor para la producción de energía eléctrica y un condensador con torre de refrigeración. La disposición física de estos elementos consta de dos cuerpos diferenciados; en el primero se sitúan el condensador, el turbogruppo y los transformadores, y en el segundo todo lo correspondiente a tratamiento del combustible, caldera y equipos asociados.

Los combustibles a emplear en la planta son residuos de origen forestal y, sobre todo, subproductos de industrias forestales, principalmente cortezas.

Por lo que respecta al control de la contaminación producida en la planta, ésta incorpora un sistema de tratamiento de aguas y un depurador de humos multiciclón diseñado para la separación de partículas. Asimismo, el nivel sonoro en el exterior de la nave que alberga el grupo turbogenerador se ha estimado en 30 dB, valor aceptable, máxime si tenemos en cuenta que las instalaciones se localizan en una zona de carácter industrial, relativamente aislada y alejada de núcleos de población.



## 25 Planta de generación eléctrica de Sangüesa (Navarra)

### Identificación

<b>Ubicación:</b>	Sangüesa (Navarra)
<b>Propietario:</b>	Energía Hidroeléctrica de Navarra (EHN) con participación del IDAE
<b>Año de instalación:</b>	2002
<b>Materia prima:</b>	Pacas de paja de cereales
<b>Potencia:</b>	25 MW

### Descripción general

Primera experiencia en España de una planta de generación de electricidad con biomasa procedente de paja de cereal. En 2002 se conectó a la red esta planta, que se abastece al año con 150.000 toneladas de combustible y produce el 5% del consumo eléctrico de Navarra (200.000 MWh/año). El vapor generado por la combustión de la paja se transforma en energía eléctrica que se traslada a una subestación de Iberdrola para su incorporación a la red general. La fracción de inquemados y cenizas son aprovechados para la fabricación de fertilizantes. Gracias a este proceso se evita la emisión de 200.000 toneladas de CO<sub>2</sub> al año.

Para asegurar el suministro EHN ha firmado contratos de cesión de la paja en campo con agricultores y cooperativas y de suministro con profesionales del mercado de este residuo agrícola. En el mismo sentido ha adquirido equipos de recogida compuestos de empacadoras, tractores, rastrillos y remolques autocargadores. Todas estas iniciativas son indispensables porque la paja tiene una baja densidad energética, lo que obliga a gestionar grandes cantidades de combustible.



## 26 Planta de generación eléctrica de Villanueva del Arzobispo (Jaén)

### Identificación

Ubicación:	Villanueva del Arzobispo (Jaén)
Propietario:	Energía de La Loma, S.A., con Endesa Cogeneración y Renovables (ECyR)
Año de instalación:	2002
Materia prima:	Orujillo de extracción de aceite
Potencia:	16 MW

### Descripción general

La planta de biomasa La Loma, que entró en funcionamiento en 2002, contribuye al uso del orujillo de forma controlada y limpia. El orujillo es un residuo sólido procedente de la aceituna después de ser extraído el aceite de oliva, en una primera fase, y el aceite de orujo en una segunda. Las 100.000 toneladas anuales de este residuo producen 113.000 MWh al año de electricidad, el consumo equivalente a entre 30.000 y 50.000 habitantes.

Para un mejor aprovechamiento del orujillo en la instalación se le somete a un pretratamiento que consiste en molerlo hasta una dimensión máxima de 1 mm. Con el objetivo de eliminar las partículas sólidas presentes en los gases de combustión existen dos filtros multiciclones a la salida de la caldera y a continuación un filtro de mangas. El proyecto ha contemplado, además, la construcción de una subestación y una línea eléctrica de evacuación, una planta de depuración de aguas y un parque de almacenamiento de combustible.

Hay otra planta de similares características en Villarta de San Juan (Ciudad Real) en la que también está ECyR como promotor, siendo propiedad de Energía de La Mancha, S.A.



## 4.8 NUEVAS TECNOLOGÍAS DE PRODUCCIÓN ELÉCTRICA CON BIOMASA. LA GASIFICACIÓN

Actualmente se están buscando nuevas soluciones que mejoren el rendimiento de las instalaciones dedicadas a la producción de energía eléctrica con biomasa. Además, se quiere disminuir la potencia de los grupos de generación de forma que sea necesaria una menor cantidad de biomasa para poder desarrollar proyectos de generación eléctrica. En este sentido se están promoviendo diversos proyectos para optimizar la tecnología de gasificación como los presentados a continuación.



## 27 Planta de generación eléctrica a partir de la gasificación en Zaragoza

### Identificación

Ubicación:	Zaragoza
Propietario:	Convenio de colaboración entre TAIM-TFG, S.A. y el IDAE
Año de instalación:	En fase de desarrollo
Materia prima:	Residuos agrícolas leñosos (podas) y de industrias forestales de la zona
Potencia:	0,6 MW y 3.500 MWh/año

### Descripción general

Este proyecto, pionero en el desarrollo de una instalación de gasificación de carácter comercial, se está llevando a cabo mediante un convenio firmado entre IDAE y TAIM-TFG, S.A. en 2003.

La planta consta de un gasificador de biomasa, desarrollado por la Universidad Politécnica de Zaragoza, un sistema de lavado del gas obtenido, y un motor alternativo de 600 kW mediante la combustión del gas de síntesis. Actualmente se encuentra en fase de desarrollo, realizando las optimizaciones necesarias del equipo de gasificación que permitan una limpieza de gases sencilla antes de conectarse al motor.



## 28 Planta de generación eléctrica a partir de la gasificación en Vitoria (Álava)

### Identificación

<b>Ubicación:</b>	Vitoria (Álava)
<b>Propietario:</b>	Convenio de desarrollo tecnológico entre GUASCOR y el IDAE
<b>Año de instalación:</b>	En fase de desarrollo
<b>Materia prima:</b>	Residuos agrícolas leñosos (podas) y de industrias forestales de la zona
<b>Potencia:</b>	350 kW inicial modulable con el objetivo de desarrollar una instalación comercial final de 750 kW

### Descripción general

Este proyecto tiene como objetivo el desarrollo de un prototipo de planta de gasificación de biomasa modular, al objeto de producir energía térmica y eléctrica. El prototipo tendrá una potencia de 350 kW eléctricos, aunque la finalidad es desarrollar una instalación tipo de 750 kW. Para ello el IDAE y GUASCOR firmaron un convenio de desarrollo tecnológico en el año 2005. Actualmente se están realizando las primeras pruebas de gasificación.



## 29 Planta de generación eléctrica a partir de la gasificación en Mora de Ebro (Tarragona)

### Identificación

Ubicación:	Mora de Ebro (Tarragona)
Propietario:	Energía Natural de Mora, S.L. (ENAMORA)
Año de instalación:	1997 con distintas modificaciones posteriores para su mejora
Materia prima:	Residuos de industrias agrícolas (cáscaras de almendra) y otros tipos de biomasa
Potencia:	750 kW escalable

### Descripción general

En 1997 la empresa ENERGÍA NATURAL DE MORA, S.L., desarrolló una instalación de gasificación de cáscara de almendra para la empresa PERE ESCRIBÁ, S.A., con el fin de producir energía eléctrica. Desde entonces se han realizado distintas experiencias y modificaciones que han hecho de esta planta la primera aplicación española de gasificación para electricidad de pequeña potencia.

Esta tecnología abre un amplio intervalo de posibilidades que permiten realizar aplicaciones, tanto térmicas como eléctricas, en el ámbito agroindustrial así como en el desarrollo de la generación eléctrica distribuida con biomasa.

Actualmente la planta tiene una potencia de 750 kW eléctricos a través de tres grupos motogenerador de gas de síntesis, de 250 kW cada uno, alimentados por un gasificador de biomasa de 3.500 kW térmicos.







# 5

## Futuro de la biomasa



# 5

## Futuro de la biomasa

### 5.1 PLAN DE ACCIÓN DE BIOMASA

El Libro Blanco de la Unión Europea de 1997, por el que se establece una estrategia y un Plan de Acción comunitario en el campo de las energías renovables, es el marco de referencia para el resto de planes sectoriales y nacionales de los países miembros. Una vez fijado como objetivo a alcanzar en 2010, una cuota renovable del 12% en la producción de energía, se plantearon metas para cada fuente de energía renovable. Si se mantiene el ritmo de crecimiento actual, las 69.000 ktep procedentes de biomasa previstas para 2010 quedarán muy lejos de las 100.000 ktep establecidas por el Libro Blanco.

El Plan Europeo de Acción de la Biomasa intenta corregir esta tendencia y basa sus objetivos en garantizar un abastecimiento adecuado actuando en todos los sectores afectados, no sólo en el energético, sino también en la agricultura, la generación de residuos, la silvicultura, la industria, el desarrollo rural y el medio ambiente en general.

El 28 de febrero de 2006 finalizó el plazo dado a los Estados

Miembros para enviar sus contribuciones al debate sobre el Plan que aprobó la Comisión en diciembre de 2005. Desde esta fecha dos han sido los documentos fundamentales que estructuran el proceso de debate. En primer lugar el documento 7446/06, que sintetiza en unas pocas páginas las contribuciones remitidas por 22 de los 25 Estados Miembros (Letonia, Malta y Luxemburgo no enviaron sus informes nacionales), y en segundo lugar el documento 7824/06, que es el primer borrador de conclusiones del Consejo sobre el Plan.

Así, y teniendo en cuenta que el documento 7446/06 fue aceptado de forma general en el Grupo de Trabajo de Energía, el primer borrador de conclusiones del Consejo es poco más que un resumen de aquel, sin que presente diferencias importantes respecto al anexo de medidas recogidas por la versión del Plan de Acción de diciembre.

La Comisión refleja una serie de puntos en este Plan que pretenden:

- Trabajar en una propuesta legislativa para fomentar el uso de energías renovables, incluyendo la biomasa, en calefacción y refrigeración.
- Examinar la posibilidad de enmendar la directiva de edificios para incrementar los incentivos al uso de energía renovable.
- Estudiar cómo mejorar los resultados de las calderas de biomasa domésticas y reducir la contaminación, con el objetivo de establecer requisitos en el marco de la directiva de eco-diseño.
- Animar a los propietarios de redes de calefacción centralizadas para que las modernicen y empleen como combustible biomasa.
- Animar a los Estados Miembros que aplican un IVA reducido al gas y la electricidad para que apliquen la misma reducción a los sistemas de redes de calefacción centralizada.
- Pondrá especial atención a la implementación de la directiva sobre la electricidad producida con fuentes de energía renovable.

- Animar a los Estados Miembros a aprovechar el potencial de todas las formas rentables de generación eléctrica con biomasa.
- Animar a los Estados Miembros a tener en cuenta, en sus sistemas de apoyo, que las plantas de cogeneración con biomasa pueden proporcionar calor y electricidad al mismo tiempo.

Además de estas prácticas, la Comisión pretende estudiar el desarrollo del esquema de cultivos energéticos y financiar una campaña para informar a los agricultores y propietarios forestales sobre las propiedades de los cultivos energéticos y las oportunidades que ofrecen. Por otro lado, la Comisión ha presentado un Plan de Acción Forestal en el que el uso energético del material forestal tiene una parte importante.

## 5.2 PLAN DE ENERGÍAS RENOVABLES 2005-2010

En una línea similar se inscribe el actual Plan de Energías Renovables (PER) 2005-2010, que aporta la herramienta idónea para que la biomasa alcance en España los niveles de desarrollo necesarios, en especial acorde con los recursos forestales y agrícolas disponibles. Para ello, es necesario que se lleven a cabo las medidas propuestas en este texto y en el Plan Europeo de Acción de la Biomasa.

Dentro del PER la aportación de la biomasa es una de las bases para lograr el cumplimiento de los objetivos de aportación de energía primaria en el año 2010. Sobre un objetivo total de 10.481 ktep/año de producción de energía primaria renovable, la contribución de la biomasa en el PER se establece en 5.040 ktep/año, casi la mitad, a lo que debe añadirse la participación del biogás (188 ktep/año) y los biocarburantes (1.972 ktep/año). Dicho de otra forma, la participación de las energías renovables no relacionadas con aprovechamiento de fuentes de origen orgánico (eólica, hidráulica, minihidráulica y energía solar) suma un total de 3.281 ktep/año,

*Informar a los agricultores y propietarios forestales sobre las propiedades de los cultivos energéticos y las oportunidades que ofrecen*



valor inferior a la aportación exclusiva con biomasa. Esto nos puede dar una visión de la importancia que tendrá en un futuro próximo el uso de estos recursos renovables.

Para poder alcanzar los valores establecidos para la biomasa en el PER, se analizaron las barreras que impiden su desarrollo. Estas barreras pueden dividirse en dos grupos: las relacionadas con la fase de producción y las relacionadas con la fase de transformación. De todas ellas cabe destacar algunas, como la inexistencia de un mercado desarrollado de logística de biomasa; la falta de disponibilidad de biomasa en cantidades, calidades y precios adecuados; la falta de normativas y la competencia con otros combustibles más desarrollados.

Cada barrera fue asociada a una medida, de forma que pudieran solventarse los impedimentos que hasta este momento no habían permitido un desarrollo adecuado de la biomasa. La consolidación de la Comisión Interministerial para el Aprovechamiento Energético de la Biomasa, creada en febrero de 2004, aparece como la primera medida de carácter general con el objetivo de evaluar anualmente todos los aspectos relacionados con el avance o retroceso del sector. Otras medidas a destacar son las mejoras y ayudas para la mecanización de la recogida de la biomasa, el desarrollo normativo y reglamentario de instalaciones de biomasa térmica doméstica, la modificación de la Ley 54/1997 y del RD 436/2004 a fin de dar una retribución adecuada a la producción eléctrica

con biomasa y la promoción de la tecnología de co-combustión con biomasa en las centrales térmicas de carbón.

Todo ello ayudará a lograr los objetivos del PER para biomasa que, además de la ya comentada aportación energética, supondrán la realización de inversiones por un valor superior a los 2.700 M€ y una reducción de emisiones de más de 9 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> al año.

*TABLA 15. Incremento de energía primaria previsto por el PER hasta 2010*

### OBJETIVOS (tep)

Recursos	
Residuos forestales	462.000
Residuos agrícolas leñosos	670.000
Residuos agrícolas herbáceos	660.000
Residuos de industrias forestales	670.000
Residuos de industrias agrícolas	670.000
Cultivos energéticos	1.908.300
Aplicaciones	
Aplicaciones térmicas	582.514
Aplicaciones eléctricas	4.457.786
TOTALES	
Energía primaria	5.040.300

Fuente: Plan de Energías Renovables de España 2005-2010.

**TABLA 16. Objetivos por potencia eléctrica instalada durante el periodo 2005-2010 (MW)**

Generación distribuida	
Desglose por tipo de recurso	
Residuos forestales	60
Residuos agrícolas leñosos	100
Residuos agrícolas herbáceos	100
Residuos de industrias forestales	100
Residuos de industrias agrícolas	100
Cultivos energéticos	513
Total generación distribuida (MW)	973
Co-combustión (MW)	
Total co-combustión (MW)	722
Total generación eléctrica con biomasa	
TOTAL (MW)	1.695

Fuente: Plan de Energías Renovables de España 2005-2010.

### 5.3 DESARROLLO DEL RECURSO

La creación de empresas de logística que lleven a cabo la recogida de la biomasa y los pretratamientos que la habiliten como biocombustible, y que la distribuyan de manera adecuada y rentable, aparece como el gran reto en este apartado. Mejoras en la mecanización de la recogida, programas de ayudas a la adquisición de maquinaria o la formalización de contratos tipo

para la compra de biomasa son algunas de las medidas más relevantes contempladas en el PER. En el sector doméstico, el progresivo reciclado del gremio de los carboneros en distribuidores de biomasa puede contribuir a mejorar su suministro y abaratar los costes. En el apartado de los residuos forestales resulta de gran utilidad que se desarrolle una de las disposiciones de la Ley 43/2003 de Montes, que favorecería el aprovechamiento de cantidades concretas, evaluadas y localizadas de esa biomasa y disponer de los sistemas de explotación y logística adecuados para su uso energético. La creación de un grupo de trabajo con las Comunidades Autónomas para elaborar una estrategia para el desarrollo del uso energético de la biomasa forestal es otro de los aspectos fundamentales de este apartado de la Ley de Montes.

El Plan Nacional de Investigación Científica (2004-2007) cita textualmente a los cultivos energéticos y los biocombustibles sólidos como áreas de atención prioritaria. En este marco general, dos organismos vinculados al Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) son un referente en España de las investigaciones encaminadas a mejorar rentabilidad y rendimiento de las especies productoras de biomasa en cultivos energéticos, así como la obtención de biocombustibles a partir de residuos agroforestales. El Departamento de Energía de la Biomasa del Centro Nacional de Energías Renovables (CENER), con sede en Sarriguren (Navarra), abarca toda la cadena del aprovechamiento energético de la biomasa incluyendo la viabilidad de cultivos energéticos para la producción de biocombustibles. En la zona conocida como Altos de Lubia, en la provincia de Soria, se encuentra



el Centro para el Desarrollo de las Energías Renovables (CEDER) que también desarrolla iniciativas de relieve en el campo de la innovación tecnológica. El CEDER cuenta con varias líneas de I+D incluyendo los aspectos más relevantes del ciclo de la biomasa como combustible para la producción de energía térmica y eléctrica. Aparte de estudios concretos sobre el recurso, como la posible introducción en el mercado de pelets producidos a partir de biomasa no convencional, el CEDER también desarrolla proyectos en el área de la co-combustión.

Además de estos centros de investigación, en España existe un importante elenco de centros de I+D, universidades y grupos de investigación que están realizando una importante labor, siendo pioneros en varios campos de aplicación de las tecnologías de aprovechamiento de la biomasa desde su producción hasta su uso final.

## 5.4 AVANCES TECNOLÓGICOS

Además de los avances en el campo de la producción y manipulación de la biomasa, el establecimiento de estándares de calidad y la caracterización de los biocombustibles como tales, es necesaria la optimización en los procesos de transformación de la biomasa a energía.

En este sentido el PER señala que las principales líneas de investigación deben dirigirse hacia la mejora de los sistemas de manipulación y alimentación de la biomasa en planta, el diseño de equipos más eficientes para uso doméstico y el desarrollo de tecnologías de lecho fluido y gasificación para producción de energía eléctrica eficientes y competitivas.

A corto plazo el desarrollo tecnológico más importante es la aplicación de la tecnología de co-combustión de biomasa y carbón en centrales térmicas convencionales.



El Plan de Energías Renovables confía en esta tecnología para que contribuya con 722 MW al logro del incremento total de 1.695 MW hasta 2010.

Además de la co-combustión y de otras tecnologías como la gasificación, el sector empresarial también avanza en la fabricación de pequeñas plantas móviles formadas por módulos de 1 a 6 MW que permiten ubicarlas en el punto de producción, lo que las convierte en idóneas para pequeños y medianos productores de biomasa y para una producción local que favorezca el desarrollo de la zona.



### Ventajas de la co-combustión frente a una central sólo de biomasa

- Menor inversión por unidad de potencia instalada. Se utiliza gran parte de la infraestructura existente de la central.
- Generación de energía eléctrica con un rendimiento superior. En una planta de biomasa se obtienen rendimientos en el entorno del 23% mientras que en las centrales de co-combustión los rendimientos se sitúan en el 30%.
- Mayor flexibilidad en la operación, ya que una central de co-combustión se adapta fácilmente a la disponibilidad de biomasa en cada momento gracias a que puede seguir operando con combustible convencional en mayor proporción o de forma exclusiva.

*Fuente: CIRCE (Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos) e IDAE.*

## 5.5 COLABORACIÓN CIUDADANA Y CONSEJOS PRÁCTICOS

La primera oportunidad de colaboración para el desarrollo de la biomasa tiene lugar en las áreas rurales, lugar habitual de generación de los residuos agroforestales. En algunos casos la gestión eficaz de los mismos contribuye a prevenir el inicio o propagación de incendios, como ocurre con los rastrojos o los restos de trabajos selvícolas. Una quema incontrolada, el abandono en el bosque o un erróneo almacenamiento de esta biomasa aumentan esos riesgos y en

ocasiones destruyen la posibilidad de reutilizarlos con posterioridad. Cada vez se extiende más el mercado de recogida de determinados residuos agrícolas, agroindustriales y forestales, por lo que es conveniente estar informado sobre la mejor y más respetuosa manera de gestionarlos en lugar de deshacerse de ellos. Es necesario conocer el potencial energético de la paja del cereal, los sarmientos o las cáscaras de frutos secos y otros residuos para que sean aprovechados adecuadamente y no se desperdicien con su quema al aire libre.

La segunda contribución a favor de la biomasa puede realizarse en el sector doméstico al optar por la biomasa en casas de nueva construcción o antiguas con posibilidades de implantarla. Las calderas de biomasa suministran calor y agua caliente y pueden combinarse con otras energías renovables como la energía

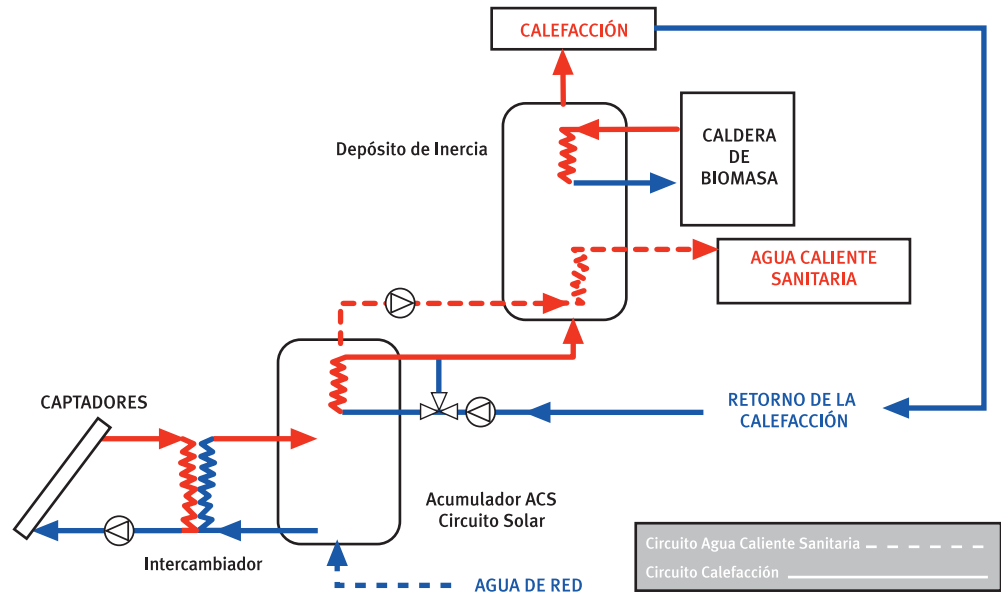


solar térmica. Hoy en día existen en el mercado varias marcas y modelos de chimeneas, estufas, y calderas con diseños atractivos y de fácil instalación que permiten tanto la distribución de calor a una determinada estancia como la conexión a una red de calefacción, con suelo radiante o radiadores, o la producción de agua caliente sanitaria. Previamente hay que sopesar las condiciones climatológicas que influyen en la vivienda, las características del sistema de calefacción y el aislamiento de la casa. Si la instalación incluye un cuarto de calderas, éste tiene que ser amplio, estar aireado y cumplir toda la normativa al respecto, principalmente la expuesta en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. Hay que sopesar muy bien el tipo de biocombustible que se va a utilizar, su disponibilidad y la manera más efectiva de almacenarlo para que ni la humedad ni otros posibles residuos o impurezas mermen su poder calorífico.

Cuando se trata de edificios con calderas convencionales instaladas se puede plantear la posibilidad de transformar las salas de calderas anticuadas por nuevas instalaciones de biomasa, especialmente cuando se trata de viejas calderas de carbón o calderas de gasóleo C. Siempre conviene asesorarse primero sobre la viabilidad de esta instalación y mediante técnicos especializados comprobar las necesidades reales de energía térmica y la disponibilidad de combustible.



## Sistema combinado de energía solar térmica y biomasa para calefacción y ACS centralizada



A person wearing a green jacket is using a yellow handheld device, possibly a moisture meter or a similar agricultural instrument, on a blue metal structure. The background shows a large pile of straw or hay.

6

**Saber más**



# 6

## Saber más

### 6.1 ORÍGENES

Si la antigüedad fuera un grado en el sector energético, la biomasa sería la primera. Fueron los troncos, ramas, hojas y raíces de árboles y arbustos los primeros combustibles que calentaron a los hombres y les sirvieron para cocinar los alimentos o ahuyentar a los animales. Aún hoy, esos mismos combustibles, entre otros muchos, se utilizan para satisfacer nuestras necesidades básicas (calor, agua caliente y alimento). Sin embargo, como es evidente y se ha comprobado en esta guía, las condiciones no son las mismas que hace 150.000 años, cuando el hombre de Neandertal empezó a dominar el fuego. Posiblemente, la tecnología aplicada a las energías renovables ofrezca en el área de la biomasa los sistemas más variados y complejos de uso y transformación de los combustibles, muy alejados desde luego de aquel simple frotamiento de palos.

Desde el descubrimiento del fuego la biomasa ha acompañado al hombre suministrándole energía para



calentarse, para alimentarse y para iluminar sus pasos. No podemos olvidar que la primera luz artificial generada por el hombre fue el resplandor de sus fogatas. Esta dependencia de la biomasa ha durado miles de años, en concreto hasta la segunda mitad del siglo XIX cuando fue ampliamente sustituida por el carbón y más tarde por otras fuentes energéticas como el petróleo.

A partir de entonces la reducción del uso de biomasa en los países desarrollados relegó su uso a los países más pobres. Dentro de los países ricos solamente algunos sectores mantuvieron su consumo como el sector forestal y en algunos casos el agroalimentario o las cerámicas. La mayor parte de los residuos del sector forestal han tenido tradicionalmente un uso energético. Podemos recordar las leñas, pero también las calderas de biomasa de muchas industrias forestales, o aplicaciones más ambiciosas como las antiguas calderas de biomasa del aserradero de Valsaín, que generaban un movimiento rotativo para accionar las sierras.

Muchas de estas aplicaciones terminaron abandonándose por falta de rendimiento o por los menores costes de otros combustibles convencionales alternativos. Pero las circunstancias han cambiado en la actualidad. La subida de precios de los combustibles convencionales, las necesidades de autosuficiencia energética y sobre todo los objetivos medioambientales de nuestra sociedad hacen patente la necesidad de volver a utilizar nuestros productos energéticos naturales. También ha cambiado el estado tecnológico de la biomasa, y esto hace que su uso tenga un alto rendimiento (comparable a los combustibles convencionales) y por tanto con un umbral de rentabilidad económica que en muchos casos supera a las alternativas convencionales (especialmente en aplicaciones térmicas). Por todo ello, es bueno concluir intentando despejar las dudas en torno a tan heterogénea energía.

## 6.2 CURIOSIDADES Y PREGUNTAS MÁS FRECUENTES

El carbón vegetal no sólo ha tenido usos energéticos desde los inicios de la humanidad, los primeros dibujos del hombre se realizaron con este material entre otros. Los egipcios no sólo lo utilizaron en sus grabados sino que también le dieron usos medicinales. Actualmente este material es utilizado en la fabricación de los filtros de carbón activo cuyas aplicaciones abarcan un gran grupo de actividades industriales.

Tres mil años antes del nacimiento de Cristo ya se utilizaba carbón vegetal para la fundición del cobre y más tarde del hierro (sobre el año 700 a.C.).

A finales del siglo XVIII y principios del XIX, Philippe Lebon registró una patente para el uso del gas de madera o carbón de madera para alumbrado o calefacción. Este desarrollo propició posteriormente la aparición del gas de hulla, o gas ciudad, cuyos costes de producción eran inferiores.

En 1829 en la localidad de Valsaín se puso en marcha un sistema de aserrío con rueda hidráulica que accionaba 13 sierras. Este sistema cesó su actividad en 1833, retomándose en 1894 cuando el Patrimonio Real construye un aserradero accionado a vapor. El vapor se generaba mediante dos calderas alimentadas con residuos de la actividad de aserrío, desde las cortezas hasta los residuos de aserrado. Una máquina de vapor, de origen belga, basada en la patente norteamericana de G. H. Corliss, con un gran volante de inercia de 4,9 metros de diámetro, hacía funcionar las sierras a través de una correa transmisora y poleas.

En España al finalizar la Guerra Civil las dificultades de abastecimiento de petróleo dieron lugar al uso del gasógeno. Este sistema permite obtener gas a partir de biocombustibles sólidos, como la madera, y con él alimentar el motor de los automóviles. Para ello, fue necesaria la adaptación de los vehículos que debían transportar estos biocombustibles sólidos en remolques.



A continuación se responden algunas de las preguntas más frecuentes sobre la biomasa:

- *¿La combustión de la biomasa emite CO<sub>2</sub>?*

Su contribución a las emisiones se considera neutra porque el CO<sub>2</sub> emitido ha sido captado de la atmósfera previamente por las plantas y tiene que volver a captarse por las plantas si se quiere seguir utilizando biomasa.

- *¿Se puede quemar cualquier residuo forestal, agrícola o de la industria de ambas en cualquier caldera?*

Aunque en muchos países de Europa se utilizan calderas específicas que sólo pueden utilizar algunos biocombustibles sólidos muy concretos, en España dada la heterogeneidad de los recursos de biomasa se buscan calderas que puedan utilizar la mayoría de los biocombustibles sólidos disponibles. El uso final de la energía (térmica o eléctrica) no influye en la elección del tipo de biocombustible aunque su precio puede ser un limitante, especialmente para usos eléctricos.

- *¿Los residuos se queman según son extraídos y transportados a la planta?*

Dependiendo del tipo de residuo puede necesitarse algún tratamiento previo en el mismo lugar de extracción, en una planta intermedia de acondicionamiento o en las instalaciones de la central de biomasa. Estos tratamientos son el secado natural o forzado, la trituración (astillado), la homogenización (molturación) y la densificación (peletización o briquetado).

- *¿Qué es la co-combustión?*

La introducción de dos combustibles distintos en la caldera de una central para producción de energía térmica que podrá utilizarse en distintas aplicaciones, entre ellas la producción de electricidad. En España la co-combustión está especialmente enfocada al uso conjunto de carbón y biomasa en las calderas de centrales térmicas convencionales para producción de energía eléctrica.

- *¿Puede una caldera doméstica de biomasa calentar toda la casa y suministrar agua caliente sanitaria (ACS)?*

Sí. Existen distintos dispositivos, desde estufas que calientan una habitación, hasta calderas que suministran calor a cualquier sistema de calefacción (desde suelo radiante a radiadores) y producen ACS. Estas últimas también se fabrican en tamaños mayores para calentar bloques de viviendas y otros edificios.

- *¿Dónde se encuentra el combustible para calderas domésticas?*

Hay disponibles bolsas y sacos de pelets en hipermercados, gasolineras y grandes cadenas de bricolaje. Dependiendo del consumo se puede contactar con distribuidores a domicilio por si pudiera compensar este tipo de suministro. Cuando se trata de comunidades de vecinos, el suministro se realiza a través de camiones que pueden ser de tipo cisterna con alimentación neumática al silo del edificio para más comodidad.

- *¿Es posible combinar la biomasa con otras energías renovables?*

Sí. Una opción muy interesante en España, dentro del ámbito doméstico, es la combinación de una instalación de solar térmica con una caldera de biomasa para su uso en calefacción y agua caliente sanitaria.

## 6.2 GLOSARIO DE TÉRMINOS

**ACS:** Siglas comúnmente utilizadas para designar al agua caliente sanitaria.

**Alpeorajo o alperujo:** Residuo húmedo obtenido durante la producción del aceite de oliva mediante el proceso denominado de “dos fases”. Está formado por los residuos de la oliva una vez extractado el aceite más el agua utilizada en el proceso de extracción.

**Briquetas:** Cilindros de 50 a 130 mm de longitud y de 5 a 30 mm de diámetro hechos con serrín, astillas molturadas u otros residuos comprimidos que pueden utilizarse como combustibles, generalmente en chimeneas y barbacoas.

**Co-combustión:** Introducción de dos combustibles distintos en la caldera de una central para producción de energía. En España se enfoca principalmente al uso de biomasa y carbón en centrales térmicas convencionales.

**Gasificación:** Proceso a través del cual una materia es sometida a una oxidación incompleta generando un gas combustible “pobre” (con bajo poder calorífico).

**Hogar:** Parte de la caldera donde se produce la combustión.

**Lecho fluidizado:** Tecnología utilizada para la combustión de la biomasa que permite utilizar una amplia variedad de combustibles muy heterogéneos con un buen rendimiento.

**Orujillo:** Residuo sólido procedente de la extracción de aceite de orujo.

**Parrilla:** Tecnología utilizada para la combustión de biomasa apropiado para materiales homogéneos y humedades bajas.

**Pelets:** Pequeños cilindros de 6 a 12 mm de diámetro y de 10 a 30 mm de longitud hechos con serrín, astillas molturadas u otros residuos comprimidos que pueden utilizarse como combustibles.

**Pirólisis:** Proceso de descomposición de materiales a través de una oxidación incompleta en ausencia de oxígeno que genera compuestos sólidos, líquidos y gaseosos aptos como materiales para distintas industrias o como combustibles.

**Poder calorífico:** Es la cantidad de energía que desprende la unidad de masa de un combustible cuando éste se quema. Se diferencia el poder calorífico superior (PCS), que supone la energía bruta generada, sin descontar la utilizada en la evaporación del agua producida en la combustión, del poder calorífico inferior (PCI), que es la energía neta generada, descontando la que se utilizará en evaporar el agua producida en la combustión.

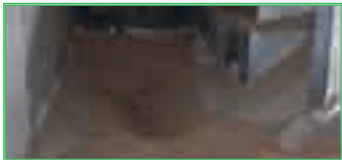
**Red de calefacción centralizada (*District heating*):** Sistemas centralizados de generación térmica para su posterior uso en viviendas unifamiliares, comunidades de vecinos y otros edificios privados y públicos, como bibliotecas o polideportivos, así como en industrias.







# Anexos



# Anexos

## ANEXO I. NORMATIVA

### AI.1 Legislación internacional

- Protocolo de Kioto.

### AI.2 Legislación europea

- Energía para el futuro: fuentes de energía renovables. Libro Blanco para una Estrategia y un Plan de Acción Comunitarios COM(97) 599 final. COMISIÓN EUROPEA. Bruselas 26.11.97.
- Directiva 2001/77/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de septiembre de 2001, relativa a la promoción de la electricidad generada a partir de fuentes de energía renovables en el mercado interior de la electricidad (Diario Oficial L 283 de 27.10.2001).
- Reglamento (CE) nº 1782/2003 del Consejo, de 29 de septiembre de 2003, donde se recoge el grueso

de la última reforma de la PAC y se incluye por primera vez una línea de ayudas encaminada al desarrollo de cultivos energéticos.

- Reglamento (CE) nº 2237/2003 de la Comisión, de 23 de diciembre de 2003, que desarrolla las ayudas a cultivos energéticos del Reglamento (CE) nº 1782/2003.
- Reglamento (CE) nº 1973/2004 de la Comisión, de 29 de octubre de 2004, que desarrolla las ayudas a cultivos energéticos del Reglamento (CE) nº 1782/2003.
- Comunicación de la Comisión de las Comunidades Europeas COM(2005) 628 final, de 7 de diciembre de 2005. Plan de acción sobre biomasa

### Al.3 Legislación nacional

- Ley 82/80, de 30 de diciembre de 1980, (Jefatura del Estado) Conservación de la Energía. Establece el marco jurídico general para potenciar la adopción de las energías renovables.
- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico (BOE nº 285, 28/11/97).
- Real Decreto-Ley 6/2000, de 23 de junio, de medidas urgentes de intensificación de la competencia en Mercados de bienes y servicios. (BOE nº 151, 24/06/00).
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica (BOE nº 310, 27/12/00).
- Real Decreto 6/2001, sobre fomento de la forestación en tierras agrícolas, donde se traspone la legislación de ayudas del FEOGA para implantación de cultivos forestales, incluyendo cultivos energéticos forestales.

- Ley 6/2001, de 8 de mayo, de modificación del Real Decreto legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental (BOE nº 111, 09/05/01).
- Real Decreto 1218/2002, de 22 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 1751/1998, de 31 de julio, por el que se aprobó el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios y sus Instrucciones Técnicas Complementarias y se crea la Comisión Asesora para las Instalaciones Térmicas de los Edificios.
- Real Decreto 1432/2002, de 27 de diciembre, por el que se establece la metodología para la aprobación o modificación de la tarifa eléctrica media o de referencia (BOE nº 313, 31/12/02).
- Ley 36/2003, de 11 de noviembre, de medidas de reforma económica (BOE nº 271, 12/11/03).
- Disposición Adicional Cuarta de la Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes, que establece la necesidad de una estrategia para el desarrollo del uso energético de la biomasa forestal residual.
- Real Decreto 436/2004, de 12 de marzo, por el que se establece la metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- Real Decreto 2392/2004, de 30 de diciembre, por el que se establece la tarifa eléctrica para 2005 (BOE nº 315, 31/12/04).
- Ley 24/2005, de 18 de noviembre, de reformas para el impulso a la productividad (BOE nº 277, 19/11/05).

## ANEXO II. DIRECCIONES DE INTERÉS

### Asociaciones de ámbito nacional

Asociación de Agencias Españolas de Gestión de la Energía (EnerAgen)  
C/ de la Madera, 8  
28004 Madrid  
Tel.: 914 564 900 / Fax: 915 230 414  
comunicacion@idae.es  
www.idae.es

### Agencias y organismos de ámbito regional

#### Andalucía

##### AAE

Agencia Andaluza de la Energía  
C/ Isaac Newton, s/n. (Pabellón Portugal)  
Isla de la Cartuja  
41092 Sevilla  
Tel.: 954 786 335 / Fax: 954 460 628  
informacion.aae@juntadeandalucia.es  
www.juntadeandalucia.es

#### Castilla-La Mancha

##### AGECAM, S.A.

Agencia de Gestión de la Energía de Castilla-La Mancha, S.A.  
C/ Tesifonte Gallego, 10 -1º  
02002 Albacete  
Tel.: 967 550 484 / Fax: 967 550 485  
agecam@agecam.jccm.es  
www.agecam.es

#### Castilla y León

##### EREN

Ente Regional de la Energía de Castilla y León  
Avda. Reyes Leoneses, 11. 24008 León  
Tel.: 987 849 393 / Fax: 987 849 390  
eren@cict.jcyl.es  
www.eren@jcyl.es

#### Canarias

##### ITC

Instituto Tecnológico de Canarias  
Sede de Pozo Izquierdo  
Playa de Pozo Izquierdo s/n.  
35119 Santa Lucía. Las Palmas  
Tel.: 928 727 500 / Fax: 928 727 517  
itc@itccanarias.org  
www.itccanarias.org

**AECO**

Agencia de Energía de las Canarias Occidentales  
C/ El Pilar, nº 4  
38700 Santa Cruz de Tenerife  
Tel.: 922 418 070 / Fax: 922 417 565  
www.itccanarias.org

**Cataluña****ICAEN**

Institut Català d'Energia  
Avda. Diagonal, 453 bis, Atic.  
08036 Barcelona  
Tel.: 936 220 500 / Fax: 934 197 253  
icaen@icaen.es  
www.icaen.es

**Comunidad de Madrid****CAEEM**

Centro de Ahorro y Eficiencia Energética  
de la Comunidad de Madrid  
C/ Valentín Beato, 16  
28037 Madrid  
Tel.: 91 327 27 36 / Fax: 91 327 19 74  
lab.caem@clysims.com  
www.madrid.org

**Comunidad Foral de Navarra****AEMPA**

Agencia Energética Municipal de Pamplona  
C/ Mayor, 20 bajo  
31001 Pamplona  
Tel.: 948 229 572 / Fax: 948 212 679  
agencia.energetica@ayto-pamplona.es  
www.aempa.com

**Comunidad Valenciana****AVEN**

Agencia Valenciana de la Energía  
C/ Colón, 1. Planta 4ª  
46004 Valencia  
Tel.: 963 427 906 / Fax: 963 427 901  
info\_aven@gva.es  
www.aven.es

**Extremadura****AGENEX**

Agencia Extremeña de la Energía  
C/ Sor Agustina, s/n  
06002 Badajoz  
Tel.: 924 262 161 / Fax: 924 258 421  
agenex@dip-badajoz.es  
www.dip-badajoz.es

## **Galicia**

### **INEGA**

Instituto Enerxético de Galicia  
Rúa Ourense, 6. A Rosaleda  
15701 Santiago de Compostela (La Coruña)  
Tel.: 981 541 500 / Fax: 981 541 515  
info@inega.es  
www.inega.es

## **País Vasco**

### **EVE**

Ente Vasco de la Energía  
C/ San Vicente, 8 - Edificio Albia I - Planta 14  
48001 Bilbao (Vizcaya)  
Tel.: 944 035 600 / Fax: 944 249 733  
publicaciones@eve.es  
www.eve.es

## **Principado de Asturias**

### **FAEN**

Fundación Asturiana de la Energía  
C/ Fray Paulino, s/n  
33600 Mieres (Asturias)  
Tel.: 985 467 180 / Fax: 985 453 888  
faen@faen.info  
www.faen.info

## **Región de Murcia**

### **ARGEM**

Fundación Agencia Regional de Gestión  
de la Energía de Murcia  
C/ Pintor Manuel Avellaneda (antigua Montijo), 1-1º izda  
30001 Murcia  
Tel.: 968 223 831 / Fax: 968 223 834  
info@argem.regionmurcia.net  
www.argem.regionmurcia.net

## Otros organismos de interés

### Asociación de Productores de Energías Renovables

C/ París, 205  
08008 Barcelona  
Tel.: 93 414 22 77  
[www.appa.es](http://www.appa.es)

### AENOR

Asociación Española de Normalización y Certificación  
C/Génova, 6  
28004 Madrid  
Tel.: 902 102 201  
[www.aenor.es](http://www.aenor.es)

### ADABE

Asociación para la Difusión del Aprovechamiento de la Biomasa en España  
Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos.  
Botánica Agrícola  
Avenida Complutense, s/n  
28040 Madrid  
Tel.: 91 549 26 92  
[www.adabe.net](http://www.adabe.net)

### Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas

Avda. Complutense, 22  
28040 Madrid  
[www.ciemat.es](http://www.ciemat.es)

### CENER

Centro Nacional de Energías Renovables  
Ciudad de la Innovación  
31621 Sarriguren (Navarra)  
Tel.: 948 25 28 00  
[www.cener.com](http://www.cener.com)

### CEDER

Centro de Desarrollo de Energías Renovables  
C/ Altos de Lubia  
42290 Lubia (Soria)  
Tel.: 975 28 10 13  
[www.ciemat.es/sweb/ceder/webceder.htm](http://www.ciemat.es/sweb/ceder/webceder.htm)

### AVEBIOM

Asociación Española de Valorización Energética de la Biomasa  
C/Fray Luís de León, 22. Patio de las Columnas  
47002 Valladolid  
Tel.: 983 399 629  
[www.avebiom.org](http://www.avebiom.org)

### Asociación Europea para la Biomasa

[www.ecop.ucl.ac.be/aebiom](http://www.ecop.ucl.ac.be/aebiom)

### Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial

[www.cdti.es](http://www.cdti.es)

### Comisión Nacional de Energía

[www.cne.es](http://www.cne.es)

## EUBIONET

Red Europea de Bionergía  
[www.eubionet.net](http://www.eubionet.net).

## EurObserv'ER

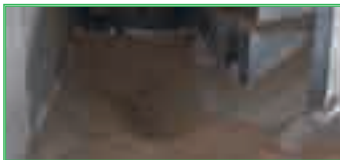
Observatorio europeo de las energías renovables  
[www.europa.eu.int/comm/energy/res/publications/barometers\\_en.htm](http://www.europa.eu.int/comm/energy/res/publications/barometers_en.htm)

## IEA Bioenergy

Sección de biomasa y biocombustibles de la Agencia Internacional de la Energía  
[www.ieabioenergy.com](http://www.ieabioenergy.com)

## ANEXO III. BIBLIOGRAFÍA E INTERNET

- Secretaría General de la Energía y Recursos Minerales. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). *Biomasa. Manuales de Energías Renovables 5*. Edición Especial Cinco Días. 1996.
- AENOR Ediciones. *Norma UNE 164001 EX. Biocombustibles sólidos: método para la determinación del poder calorífico. Elaboración y comentarios a la norma*. 2005.
- IDAE. *Memoria anual 2005*. Madrid.
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). *Plan de Energías Renovables en España 2005-2010*. 2005.
- José Ignacio Pérez Arriaga. *Libro Blanco sobre la reforma del marco regulatorio de la generación eléctrica en España*. 2005.
- *Barómetros sobre energías renovables de EurObserv'ER*. Disponibles en la siguiente página web de la Unión Europea: [http://europa.eu.int/comm/energy/res/publications/barometers\\_en.htm](http://europa.eu.int/comm/energy/res/publications/barometers_en.htm)











c/ Madera, 8 - 28004 Madrid  
Tel.: 91 456 49 00. Fax: 91 523 04 14  
comunicacion@idae.es  
www.idae.es



P.V.P.: 6 € (IVA incluido)