

OBRA SOCIAL CAJA MADRID

www.obrasocialcajamadrid.es

DIRECCIÓN GENERAL DE INDUSTRIA,
ENERGÍA Y MINAS

www.madrid.org



Esta versión forma parte de la Biblioteca Virtual de la Comunidad de Madrid y las condiciones de su distribución y difusión se encuentran amparadas por el marco legal de la misma.

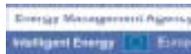


comunidad.madrid/publicamadrid



Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid

www.fenercom.com



GUÍA DE LA BIOENERGÍA



OBRA SOCIAL CAJA MADRID

Guía de la Bioenergía



Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid

Guía de la Bioenergía

Depósito legal: M-34897-2007
Diseño e Impresión: Gráficas Elisa, S.A.

PRÓLOGO

GUÍA DE LA BIOENERGÍA

El acceso a los servicios que proporciona la energía es indispensable para el bienestar de las personas y el desarrollo de los pueblos pues, a través de la iluminación, calefacción, refrigeración y transporte, contribuyen de forma esencial al progreso de la educación, la salud, la comunicación y los procesos productivos. Sin un acceso estable y seguro a la energía no es posible garantizar los derechos establecidos en el Convenio Internacional sobre Derechos Económicos, Sociales y Culturales, que ofrece cobertura legal a la Declaración Universal de los Derechos Humanos.

El acceso a sistemas energéticos influye de forma directa en nuestra calidad de vida, siendo un requisito imprescindible para superar la pobreza y promover el desarrollo. No obstante, el modelo energético imperante, basado en la explotación de fuentes de energía no renovables, geográficamente concentradas y fuertemente contaminantes, acompañado por un incremento desenfrenado en la demanda energética, están ocasionando graves problemas sociales y ambientales. La crisis ambiental, con manifestaciones a escala planetaria, ha forzado un replanteamiento no sólo en el sector energético sino también del modelo de desarrollo, con la obligada incorporación de la dimensión de la sostenibilidad.

Es en este contexto donde las energías renovables comienzan a adquirir un mayor protagonismo: la energía eólica, la biomasa, la fotovoltaica, la termosolar, la geotérmica, la de las olas y la hidroeléctrica. Todas ellas tienen algo en común: producen cantidades muy pequeñas o ninguna cantidad de gases de efecto invernadero, y se basan en fuentes naturales prácticamente inagotables como combustible, bondades que dan respuesta a la necesidad de garantizar la seguridad energética, controlar la contaminación provocada por la quema de combustibles y poner freno al cambio climático. Se impone la transformación del actual modelo energético hacia un sistema sostenible, que combine el empleo de fuentes de energía renovables y descentralizadas a gran escala con un consumo eficiente y responsable.

Décadas de investigación han contribuido a la madurez de las tecnologías renovables (como turbinas eólicas, paneles fotovoltaicos solares, centrales de bioma-

sa y colectores térmicos solares). La biomasa, utilizada principalmente para el calentamiento, es la fuente de energía renovable más importante, aunque su explotación tradicional sigue siendo altamente ineficiente. Las técnicas modernas de aprovechamiento de la biomasa (como bioenergía o biocombustible) contribuyen de forma decisiva a mejorar la salud ambiental, tanto en entornos urbanos como rurales, y al desarrollo socioeconómico de poblaciones y países empobrecidos.

Obra Social Caja Madrid, comprometida con el Medio Ambiente, se complace en prestar su colaboración a la Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid para la edición de esta "Guía de la Bioenergía", en respuesta a la creciente preocupación por el futuro energético y la necesidad de cambio en los patrones de producción y uso de la energía.





NDICE

0. INTRODUCCIÓN	4
1. LAS ENERGÍAS RENOVABLES	
1.1 Energía eólica	6
1.2 Energía solar	7
1.3 Energía hidráulica	8
1.4 Energía geotérmica	8
1.5 Energía de las olas y mareas	9
1.6 Biomasa	9
2. LA BIOENERGÍA COMO RECURSO RENOVABLE	
2.1 Biomasa residual seca	13
2.2 Biocombustibles para automoción	17
2.3 Biogás	21
2.4 Biocombustibles de segunda generación	22
2.5 Biorrefinería	23
3. LAS VENTAJAS DE USAR BIOMASA	24
4. EJEMPLOS Y APLICACIONES BIOENERGÉTICAS	
4.1 Central térmica en Ciudad Pegaso	25
4.2 Vivienda unifamiliar	27
4.3 Producción y utilización energética de pellets en villanueva de la cañada	27
4.4 Incorporación de caldera de biomasa en un hospital	28
4.5 Producción y autoconsumo de biocombustibles sólidos en los campos de prácticas de la E.T.S.I. Agrónomos de Madrid	30
4.6 Gasificación de biomasa para generar energía eléctrica	31
4.7 Planta de cogeneración de 2,3 MW con residuos forestales	33
4.8 Cultivos energéticos	33
4.9 Producción de biogás en el vertedero controlado de valdemingómez	36
4.10 Planta de biometanización y compostaje de pinto	37
4.11 Producción de biogás mediante digestión anaerobia de purines	38
4.12 Producción de biogás mediante digestión anaerobia en estación depuradora de aguas residuales (EDAR)	39
4.13 Producción de electricidad con biomasa del olivo	39
4.14 Biocombustibles líquidos para automoción	40
4.15 Planta de producción de biodiésel	41
4.16 Obtención de bioetanol a partir de biomasa de cereal	41
5. DESARROLLO DE LA BIOENERGÍA EN LA COMUNIDAD DE MADRID	43
6. INCENTIVOS Y AYUDAS AL DESARROLLO DE LA BIOENERGÍA	45
7. ANEXOS	47



O INTRODUCCIÓN

En relación con las energías renovables se pueden distinguir tres generaciones. La primera generación emerge con la Revolución Industrial a finales del siglo XIX e incluye la energía hidráulica, la combustión de biomasa y la geotermia para producir calor y electricidad.

La segunda generación incluye la energía solar térmica, la energía eólica, la bioenergía y la energía solar fotovoltaica. Estas tecnologías entran de lleno en el mercado a partir de 1980 como resultado de las inversiones en investigación y desarrollo realizadas por los países industrializados. El continuo aumento del uso de las energías renovables es debido, al menos en parte, a los beneficios ambientales que su uso provoca.

La tercera generación está todavía en fase de investigación, e incluye la concentración de la energía solar, la energía del océano, los sistemas optimizados geotérmicos y los sistemas integrados de la bioenergía.

La bioenergía incluye la producción de calor y electricidad a partir de la biomasa, la co-combustión (mezclando biomasa con otros combustibles, por ejemplo carbón), la producción de biocombustibles para el transporte y los cultivos energéticos. La biomasa es atractiva porque puede utilizarse como único combustible o en mezcla con otros combustibles sólidos. También permite que se pueda mezclar el bioalcohol o biodiésel con los productos convencionales derivados del petróleo y así disminuir la contaminación en el sector transporte.

Los gases obtenidos por digestión anaeróbica en vertederos y estaciones depuradoras de aguas residuales también se utilizan para producir energía. A su vez, los residuos agrícolas y los cultivos de corta rotación son transformados en bioenergía, facilitando el desarrollo de grandes extensiones rurales.

Los llamados biocombustibles se caracterizan por una combustión limpia, un efecto neutral en cuanto a gases de efecto invernadero (el CO₂ que producen está compensado por el CO₂ que absorben los vegetales de los que proceden) y pueden utilizarse como alternativa a los combustibles fósiles, por ejemplo en los motores diésel, turbinas de gas y calderas.



Con la presente Guía de la Bioenergía se pretende informar brevemente de los diferentes aspectos de esta fuente energética, animando a los emprendedores y a los usuarios a profundizar en su conocimiento y aplicar las ventajas de su uso en la Comunidad de Madrid.

La Guía de la Bioenergía ha sido realizada por iniciativa de la Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid y de la Obra Social de Caja Madrid. La elaboración técnica ha sido encomendada a la empresa Escan, S.A.

1

LAS ENERGÍAS RENOVABLES



Las fuentes de energía renovable son por definición las que con el transcurso de los años se regeneran o renuevan. Por el contrario, las fuentes de energía fósiles o no renovables tienden a agotarse con el paso del tiempo y la explotación que de ellas hace el hombre.

Una clasificación de ambas sería:

Energías renovables:
SOLAR – HIDRÁULICA – EÓLICA – BIOMASA – MAREOMOTRIZ – ENERGÍA DE LAS OLAS - GEOTÉRMICA
Energías no renovables:
CARBÓN – PETRÓLEO – GAS NATURAL

Figura 1. Clasificación de las energías.

Para la producción de calor y de electricidad se utilizan principalmente energías no renovables, como el carbón, derivados del petróleo y gas natural. No obstante, como es lógico, se debe tratar de adaptar las tecnologías existentes para que puedan funcionar consumiendo energías renovables.

Las oportunidades que presentan estas energías se pueden resumir con las siguientes afirmaciones:

- Menor e incluso nula contaminación atmosférica.
- Cantidad "infinita" de energía.
- Mayor creación de puestos de empleo.
- Reducción de la dependencia de los países productores.
- Precios estables al ser energías autóctonas.
- Mayor conciencia ecológica de la sociedad.



Hasta que la ciencia y la tecnología no encuentren nuevas fuentes de energía, el ahorro energético debe combinarse con el aumento en el uso de las energías renovables, energías más limpias para un mundo más sostenible.

"Las energías renovables son nuestra alternativa contra el cambio climático".

El objetivo a medio plazo es que estas energías sean una parte importante de nuestro consumo energético, reduciendo así en gran medida las emisiones de CO₂ producidas por las energías convencionales, en especial para la generación de electricidad.

Aprovechar la energía del viento, la luz solar o instalar una caldera de biomasa que recupere energía de sustancias residuales hará disminuir el consumo energético tradicional en viviendas y edificios, sustituyendo una parte de los combustibles más contaminantes.

Actualmente existen en la Comunidad de Madrid multitud de viviendas, instalaciones hoteleras, edificios de oficinas y otros equipamientos que ya están aprovechando los beneficios de las energías renovables, siendo cada vez mayor el número de edificios públicos que instalan estas nuevas energías.

Con el fomento de estas energías por parte de la Comunidad de Madrid se pretende no sólo contribuir al ahorro y a la reducción del gasto energético autonómico, sino también fomentar el interés por las energías renovables y la protección ambiental entre los ciudadanos y los usuarios de las instalaciones.

"Derrochar energía se lleva muy mal con la ecología".

I.1 ENERGÍA EÓLICA

La energía eólica, como la mayoría de las energías renovables, tiene su origen en la radiación que alcanza nuestro planeta procedente del Sol. La energía eólica se genera debido a que no todas las partes del planeta se calientan de igual modo, lo que produce diferencias de presión en la atmósfera.



Estas diferencias de presión crean corrientes de viento que pueden ser transformadas por aerogeneradores en energía eléctrica.

Pese a que existe un grado de incertidumbre para este tipo de energía (no se puede asegurar que "vaya a haber viento"), con un adecuado y detallado estudio estadístico se puede minimizar este efecto de la aleatoriedad.

Básicamente los usos de la energía eólica son:

- Aerogeneradores aislados para autoabastecimiento de viviendas, granjas, etc.
- Grandes parques eólicos para vender la energía generada a la red.

La principal diferencia estructural entre un sistema conectado a red y uno aislado es que este último necesita un sistema de almacenamiento de energía, para adaptar la generación de la energía al consumo, mientras que los parques eólicos venden toda la energía a la red eléctrica.

1.2 ENERGÍA SOLAR

El Sol es un gigantesco reactor nuclear en el que la masa se convierte en energía radiante continuamente. De esta energía, sólo una parte llega de manera efectiva a la superficie de la Tierra en forma de radiación. Aún así, la potencia que llega es unas 10.000 veces mayor que la que proporcionan todas las fuentes energéticas que el hombre emplea.

Ahora bien, la energía llega a la Tierra de una manera bastante dispersa, y además presenta oscilaciones. Según las horas del día, las condiciones climatológicas, las coordenadas en que nos encontremos y la estación del año se recibirán cantidades diferentes de radiación solar. La energía que llega en realidad es una radiación electromagnética (por eso es llamada radiación solar).

Dependiendo de la forma de aprovechar esta radiación que nos llega del Sol se distinguen:

- **ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA:** la conversión fotovoltaica se basa en el efecto fotovoltaico, es decir, en la conversión de la energía lumínica proveniente del Sol en energía eléctrica. Para llevar a cabo esta conversión se utilizan unos dispositivos denominados células solares, constituidos por materiales semiconductores. Su campo de aplicación es muy amplio: desde la utilización en productos de consumo, como relojes y calculadoras, hasta la electrificación de viviendas aisladas o pequeñas comunidades de vecinos, pasando por las señalizaciones terrestres y marítimas, las comunicaciones o el alumbrado público.



- **ENERGÍA SOLAR TÉRMICA:** consiste en la captación de la radiación del Sol y su transformación en calor para su aprovechamiento en diversas aplicaciones. Esta transformación se realiza por medio de unos dispositivos específicamente diseñados denominados captadores solares. Un captador solar es un dispositivo capaz de

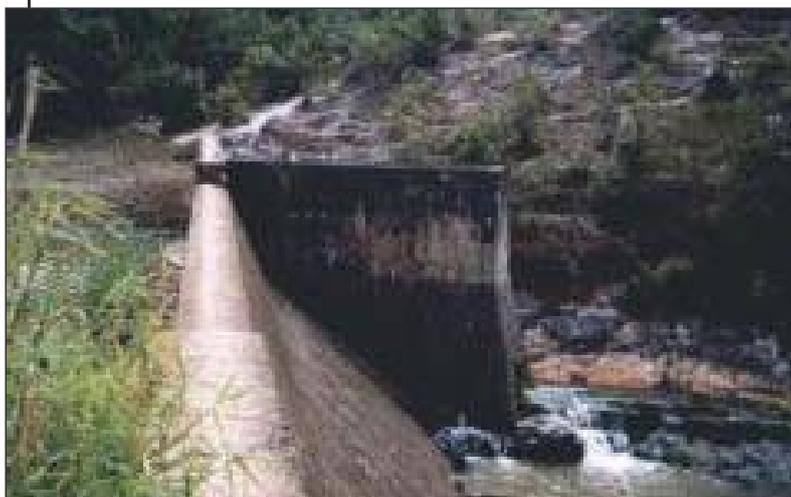




captar la energía que aporta la radiación solar, utilizándola para calentar un determinado fluido (generalmente agua) a una cierta temperatura. La aplicación más generalizada de la energía solar térmica es complementar la producción de Agua Caliente Sanitaria (ACS), pero también se usa para calefacción a baja temperatura, calentamiento de agua de piscinas o aire acondicionado (utilizando máquinas de absorción).

I.3 ENERGÍA HIDRÁULICA

El aprovechamiento de la energía potencial del agua procedente de un salto para producir energía eléctrica es lo que se conoce como Energía Hidráulica. El agua mueve una turbina cuyo movimiento de rotación es transferido mediante un eje a un generador de electricidad. Se considera que este tipo de energía es renovable cuando la potencia es inferior a 10 MW (Energía Minihidráulica).



Existen fundamentalmente dos tipos de centrales hidroeléctricas:

- **Centrales de agua fluyente:** aquéllas que captan una parte del caudal circulante por un río y lo conducen a la central para ser turbinado. Después, este caudal es devuelto al cauce del río.

- **Centrales a pie de**

presa: aquéllas situadas aguas abajo de los embalses destinados a usos hidroeléctricos o a otros fines como abastecimiento de agua a poblaciones o riegos. Tienen la ventaja de almacenar la energía (el agua) y poder emplearla en los momentos en los que más se necesite.

En la Comunidad de Madrid existen 11 minicentrales hidroeléctricas con una potencia instalada de 46,33 MW.

I.4 ENERGÍA GEOTÉRMICA

En la actualidad, el desarrollo de la energía geotérmica, producida a partir del calor del interior de la Tierra, ha dado lugar a varios tipos de centrales, para un mejor aprovechamiento de las diferentes temperaturas y presiones de las reservas subterráneas, géiseres o grietas. En cualquier caso, la idea básica consiste en perforar bajo tierra, y canalizar el agua y el vapor, que se encuentran a elevada temperatura y presión. Al pasar por una turbina conectada a un generador, se produce finalmente energía.

Principales tipos de campos geotérmicos:

- La energía geotérmica de alta temperatura existe en las zonas activas de la corteza terrestre. Su temperatura está comprendida entre 150 y 400 °C, se produce vapor en la superficie y mediante una turbina, genera electricidad.
- La energía geotérmica de temperaturas medias es aquella en que los fluidos de los acuíferos están a temperaturas menos elevadas, normalmente entre 70 y 150 °C. Por consiguiente, la conversión vapor-electricidad se realiza a un menor rendimiento, y debe utilizarse como intermediario un fluido volátil. Pequeñas centrales eléctricas pueden explotar estos recursos.
- La energía geotérmica de temperaturas bajas es aprovechable en zonas más amplias que las anteriores; por ejemplo, en todas las cuencas sedimentarias. Es debida al gradiente geotérmico. Los fluidos están a temperaturas de 50 a 70 °C.
- La energía geotérmica de muy baja temperatura se considera cuando los fluidos se calientan a temperaturas entre 20 y 50 °C. Esta energía se utiliza para necesidades domésticas, urbanas o agrícolas.

La frontera entre las diferentes energías geotérmicas es arbitraria; la temperatura por debajo de la cual no es posible ya producir electricidad con un rendimiento aceptable está entre 120 y 180 °C.

Los usos más típicos son:

- ▶ Generación de electricidad.
- ▶ Aprovechamiento directo del calor:
 - Calefacción y ACS.
 - Refrigeración por absorción.

I.5 ENERGÍA DE LAS OLAS Y MAREAS (MAREOMOTRIZ)

En esta tecnología se aprovecha la gran masa que son los océanos y mares. En ellos, los movimientos debidos a oleaje, mareas, etc., y los cambios de temperaturas debidos a gradientes geotérmicos, pueden ser empleados para producir energía.

La energía liberada por el agua de mar en sus movimientos de ascenso y descenso de las mareas (flujo y reflujo) se aprovecha en las centrales mareomotrices, haciendo pasar el agua a través de turbinas hidráulicas.

La energía de las olas es producida por los vientos y resulta muy irregular. Esto ha llevado a multitud de tipos de máquinas para su aprovechamiento.

También existen diversos mecanismos para aprovechar la energía de las olas (mucho más irregular e impredecible por su dependencia del viento que las mareas). El mar es muy profundo en ciertas zonas y su temperatura cambia con la profundidad. No obstante, con un cambio de 20 °C en 100 m de profundidad es suficiente para generar electricidad. La gran utilidad de esta situación es que el salto térmico es constante y aprovechable continuamente. El impacto ambiental es nulo.



I.6 BIOMASA

La biomasa tiene carácter de energía renovable ya que su contenido energético procede en última instancia de la energía solar fijada por los vegetales en el proceso fotosintético y acumulada en los enlaces de las moléculas orgánicas que forman su biomasa.

La biomasa, sustancia orgánica renovable de origen animal o vegetal, era la fuente energética más importante para la Humanidad y en ella se basaba la actividad manufacturera hasta el inicio de la revolución industrial. Con la introducción de los combustibles fósiles el aprovechamiento energético de la biomasa fue disminuyendo progresivamente, llegando a caer prácticamente en desuso en el sector industrial.



La biomasa trata de aprovechar las materias orgánicas tanto de origen animal como vegetal y sus subproductos tras su empleo por el hombre. Entre los elementos que se incluyen en el término biomasa están: residuos forestales, residuos agrícolas, residuos industriales, residuos sólidos urbanos, cultivos energéticos, etc.

No obstante, en los últimos años el panorama energético mundial ha variado notablemente. El elevado coste de los combustibles

fósiles y los avances técnicos han posibilitado la aparición de sistemas de aprovechamiento energético de la biomasa cada vez más eficientes, fiables y limpios. Esto ha causado que esta fuente de energía renovable se empiece a considerar por las empresas como una alternativa, total o parcial, a los combustibles fósiles. En el capítulo siguiente se trata la biomasa para la producción de energía; esto es, la bioenergía.

2 LA BIOENERGÍA COMO RECURSO RENOVABLE



La bioenergía es la energía que se obtiene a partir de biomasa, que es la materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía.

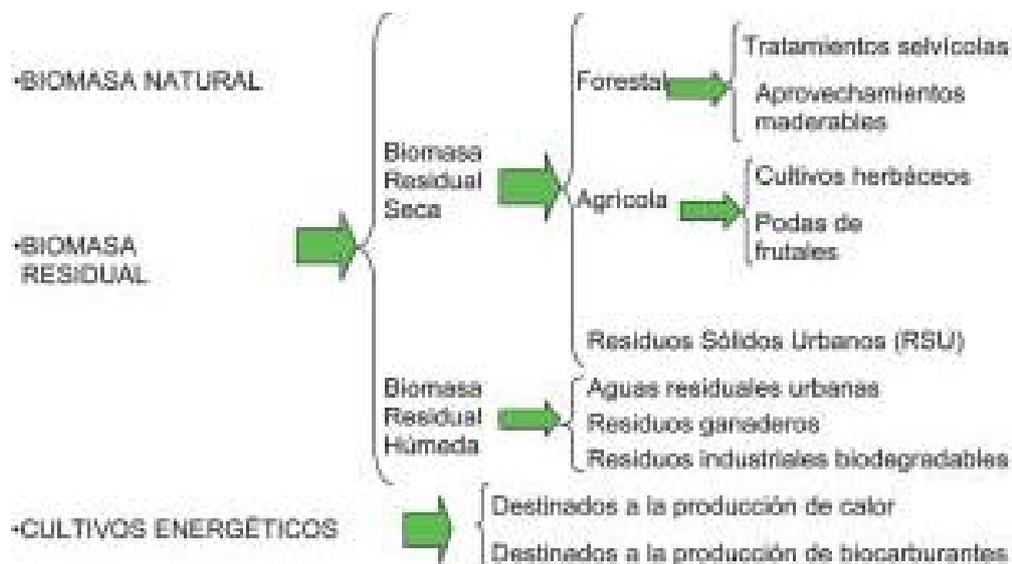


Figura 2. Clasificación de la biomasa según su origen.

Se entiende por biomasa natural aquella que no ha tenido un proceso de transformación previo (por ejemplo, la leña obtenida directamente del tronco de los árboles). Actualmente sólo se utiliza en países en vía de desarrollo para cocinar, calentar, etc. Todavía en dichos países forma parte importante de su balance energético.

La biomasa se utiliza para generación de calor, frío, electricidad o transporte. Para facilitar su uso se transforma en biocombustible:

- **Sólido:** pellets, briquetas o astillas.
- **Líquido:** biodiésel o bioetanol.
- **Gaseoso:** biogás.



En muchos sentidos, la biomasa puede considerarse como una forma de energía solar almacenada, ya que las plantas utilizan esta energía para capturar CO₂ y agua a través de la fotosíntesis. Además, es un combustible no fósil, neutro desde el punto de vista del ciclo del carbono, es decir, se considera que no aumenta ni disminuye la cantidad de CO₂ en la atmósfera. Por el contrario, cuando sustituye a un combustible fósil contribuye a disminuir las emisiones de CO₂ y a que disminuya el llamado "efecto invernadero".

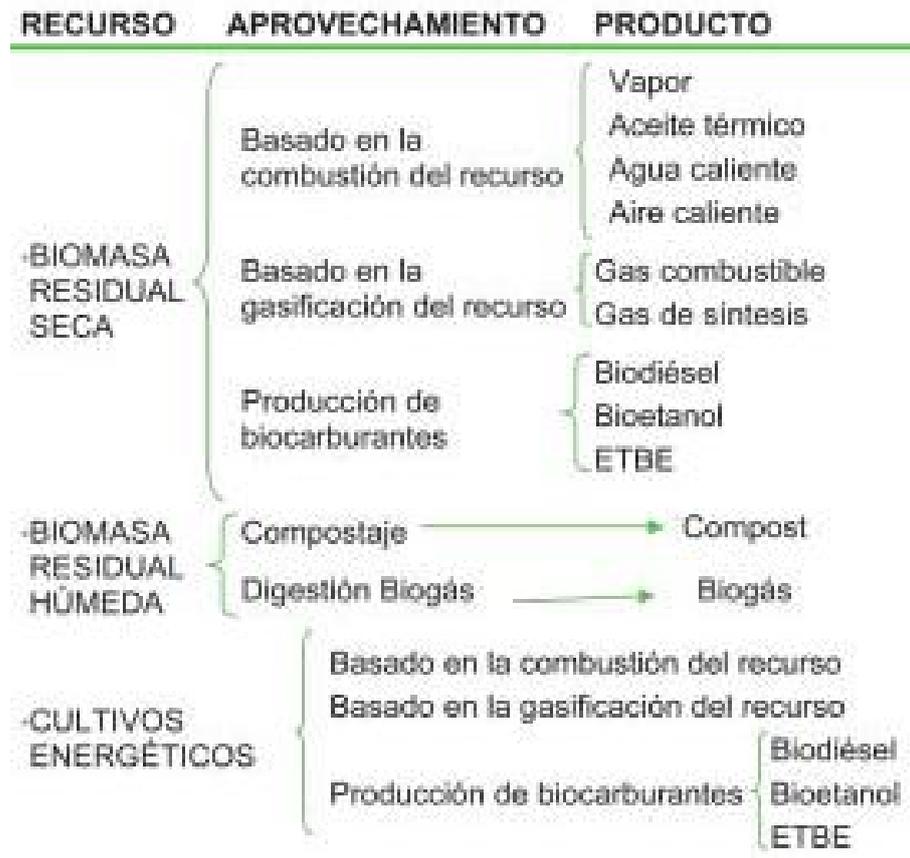


Figura 3. Clasificación de la biomasa según el producto obtenido.

Los productos obtenidos mediante la combustión de la biomasa (vapor, agua caliente, etc.) pueden utilizarse para calefacción y también para generar energía eléctrica.

Los productos obtenidos mediante el sistema de aprovechamiento de producción de biocombustibles (Aceite vegetal, Biodiésel, Bioetanol, ETBE) se pueden emplear para generar energía mecánica en un eje (motor de combustión interna).

Los productos basados en la gasificación del recurso (gas combustible y gas de síntesis) y el Biogás pueden ser empleados para producir energía térmica o mecánica en un eje.

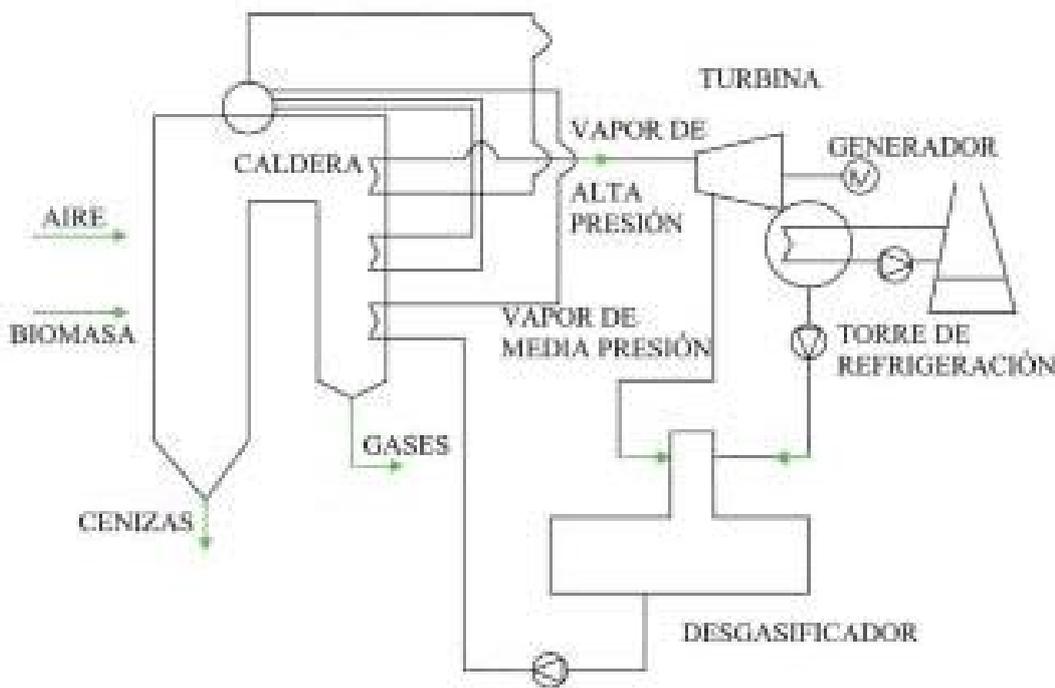


Figura 4. Esquema típico con turbina de vapor y caldera para generar energía eléctrica.

2.1 BIOMASA RESIDUAL SECA

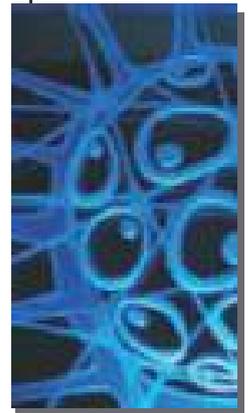
Se entiende por biomasa residual seca la que proviene de los tratamientos selvícolas, de los procesos forestales y de los residuos de las industrias de transformación de la madera. También la que proviene de los residuos agrícolas, de los residuos de las industrias agroalimentarias y de los residuos sólidos urbanos. En la utilización de la biomasa residual, generalmente es necesario realizar una serie de operaciones previas de transformación física y acondicionamiento.

El secado natural se basa en aprovechar las condiciones ambientales favorables para facilitar la deshidratación de los residuos. En el caso de los residuos forestales procedente de las cortas existen dos posibilidades: realizar el secado directamente en el monte, o realizar el secado después de haberlos convertido en astillas.

En los países nórdicos, se suele realizar un apilado de los restos de corta en grandes pilas que se cubren con un film de papel encerado para evitar que penetre el agua de la lluvia. En otros casos, debido al sistema de trabajo utilizado para la recogida y aprovechamiento de los residuos, el secado natural se realiza después del astillado del material.

Para el secado del material astillado se recomienda:

- Hacer pilas de no más de 40-50 m³, evitando el apelmazamiento del material.
- Evitar la presencia de finos que impiden la entrada de aire en la pila.
- Controlar la temperatura en el interior de la pila, y voltear el material cuando se registren temperaturas superiores a 60 °C.





Con el secado natural no es posible alcanzar normalmente humedades por debajo del 20% en base húmeda. Cuando la humedad conseguida con el secado natural no es la adecuada para el procesado del material, o bien no se disponen de las condiciones necesarias para su realización, es necesario recurrir al *secado forzado*.

Para el secado forzado de biomasa, los equipos más utilizados se clasifican en:

- Secaderos directos: la transferencia de calor es por contacto directo entre el material húmedo y los gases calientes.
- Secaderos indirectos: la transferencia de calor se realiza a través de una pared de retención.

Los diseños que mejor se ajustan a estos tipos de transferencia de calor, y suelen resultar más adecuados para el secado de biomasa son los de tambor rotatorio o "trómel" y los de tipo neumático.

A continuación se exponen los valores "tipo" correspondientes a astilla de pino y eucalipto en un secadero industrial tipo "trómel".

Tabla de Resultados

PARAMETRO	PINO	EUCALIPTO	
Capacidad	1280	1292	kg/h
Humedad Inicial	38,8	23,7	% B.H.
Humedad Final	6,3	6,6	% B.H.
Temperatura Horno	438	458	°C
Temperatura Gas de Entrada	385	410	°C
Temperatura Gas Salida	66,8	68,6	°C
Potencia Consumida	40	63	kW
Agua Evaporada	443,9	236,5	kg/h
Consumo de Pellets	203	183	kg/h

Tabla I. Comparación Pino - Eucalipto.

Hay que indicar que el Poder Calorífico Inferior (PCI) tomado para los pellets es de 3.849 kcal/kg.

Con los precios actuales de mercado, en estos momentos sólo estaría justificado el secado artificial del material cuando se utilice para aplicaciones energéticas de mayor valor añadido como pueden ser los elementos densificados, pellets y briquetas.

ASTILLAS - BRIQUETAS - PELLETS

I. Astillas: en algunos casos es posible el astillado en el monte. Es un proceso mediante el que se consigue una primera etapa de reducción granulométrica, que

permite obtener astillas (chips) con un tamaño máximo de partícula que posibilita el manejo, almacenaje, carga y transporte de los residuos de una forma técnicamente viable. Es necesario realizar el estudio económico de este proceso porque puede resultar técnicamente posible pero con un coste muy elevado.

2. Briquetas: son unos elementos normalmente de forma cilíndrica, con diámetros comprendidos habitualmente entre 5 y 10 cm y de gran densidad, formados por materiales prensados que se utilizan como combustible. Estos elementos densificados presentan una serie de ventajas con respecto al material del que provienen, ya que su

mayor densidad permite disminuir el coste de transporte y almacenamiento, además de ser productos más homogéneos en características y propiedades, más limpios, y mucho más fáciles de manejar.

Actualmente la tendencia es producir briquetas de combustible de bajo coste económico, a partir de residuos no utilizados para otros usos de mayor valor. Existen distintas tecnologías de briquetado, siendo las más utilizadas las siguientes:

a) Densificación por impacto - Briquetadoras de pistón: la compactación del material se consigue mediante el golpeteo, producido sobre la biomasa, por un pistón accionado a través de un volante de inercia. Las densidades conseguidas suelen estar entre 1.000 y 1.200 kg/m³.

b) Densificación por extrusión - Briquetadora de tornillo: se basa en la presión ejercida por un tornillo sinfín especial, que hace avanzar el material hasta una cámara que se estrecha progresivamente (forma cónica). Este tipo de equipos permite realizar briquetas con orificios interiores que favorecen su combustión. Las densidades conseguidas mediante este método están comprendidas entre 1.300-1.400 kg/m³.

c) Briquetadoras hidráulicas o neumáticas: la presión es producida por uno o varios cilindros accionados por sistemas hidráulicos o neumáticos. Se suelen utilizar cuando los residuos son de muy mala calidad, o están húmedos y no se requiere una gran cali-





dad de la briqueta final. Se producen briquetas con densidades del orden de 700-900 kg/m³.

3. Pellets: son biocombustibles estandarizados a nivel internacional, tienen forma cilíndrica y proceden de la pelletización de serrines y virutas. Normalmente provienen de serrerías u otras industrias forestales u agroforestales. La pelletización consiste en la compactación de la biomasa de madera natural, mediante la aplicación de una gran presión (superior a 100 bar) con unos rodillos sobre una matriz perforada, a través de la cual se hace pasar el material.



La viabilidad técnica en cuanto a la obtención de densificados de calidad a partir de residuos forestales ha sido puesta de manifiesto en todas las pruebas realizadas con las diferentes fracciones granulométricas de las muestras utilizadas, obteniéndose productos de características cualitativas perfectamente

comerciales. El único problema limitante es la presencia masiva de corteza de eucalipto, que impide el correcto funcionamiento de los diferentes equipos empleados en el proceso industrial de densificación. En el resto de los casos estudiados, incluso con una presencia limitada de corteza de eucalipto, no se presentan mayores problemas que los habituales en cualquier proceso industrial.



Los costes de recogida y transporte hasta la planta de transformación, son generalmente superiores en el caso de residuos forestales con respecto a los industriales, si bien, la tendencia creciente en los precios de éstos últimos podría llegar a hacer competitivos los residuos forestales a medio plazo. Por tanto, en función del desarrollo de las técnicas de aprovechamiento forestal y de la garantía de aprovisionamiento continuado y asegurado en términos de calidad, estos residuos podrían llegar a sustituir a los que hoy en día se utilizan y que son en su práctica totalidad residuos de la industria de la madera.

CULTIVOS ENERGÉTICOS

Los cultivos energéticos son aquéllos realizados con la finalidad de producir biomasa transformable en combustible o carburante (en lugar de producir alimentos, como ha sido la actividad tradicional de la agricultura). El abandono de tierras de cultivo ha tenido lugar en superficies dedicadas tradicionalmente a la producción de alimentos, debido a la saturación de los mercados, por lo que es de esperar que en un futuro próximo, la actividad agraria se derive en una cierta parte hacia la producción de energía. Las últimas reformas de la Política Agraria Común de la Unión Europea

(PAC) prevén la desvinculación parcial de las ayudas y las producciones de cultivos herbáceos, lo que puede traer la liberación de nuevas superficies de cultivo hacia otras especies más rentables que las tradicionales, como puede ser las dedicadas a producción de biomasa. Es de esperar que las ayudas previstas en la nueva PAC para los cultivos energéticos (45 €/ha) se aumenten en un futuro, lo que haría más atractiva esta nueva actividad agrícola.

España es el país de la Unión Europea que más extensión de terreno tiene sin cultivar, lo que le sitúa en unas condiciones idóneas para impulsar los cultivos energéticos. Cada hectárea que se siembre nueva es un aumento importante de captura de CO₂, que puede computarse en el balance de efecto invernadero, además de conseguir dar uso a las tierras de retirada marcadas por la PAC.



En la actualidad, los cultivos energéticos pueden agruparse en tres tipos fundamentales en función del destino final de la biomasa:

- Cultivos oleaginosos para la producción biodiésel para la automoción.
- Cultivos alcoholígenos, para la producción de bioetanol utilizable para la sustitución parcial o total de las gasolinas de automoción o para la producción de aditivos anti-detonantes exentos de plomo como el Etil-Ter-Butil-Éter (ETBE).
- Cultivos lignocelulósicos para la producción de biocombustibles sólidos utilizables con fines térmicos, producción de electricidad (agroelectricidad) o ambas cosas simultáneamente (cogeneración).

En el total nacional se ha pasado de una superficie dedicada a cultivos energéticos de 25.610 ha (2005/06) a 223.467 ha (2006/07). En la Comunidad de Madrid apenas existen superficies dedicadas a ello, aproximadamente 530 ha en el año 2006.

2.2 BIOCMBUSTIBLES PARA AUTOMOCIÓN

La automoción y el transporte por carretera representan en España el 33% del consumo de energía final. En Europa el 22% de las emisiones de CO₂ son debidas al transporte por carretera. La necesidad de alcanzar una mayor eficiencia energética y evitar el incremento del cambio climático, impulsan hoy la innovación tecnológica en el campo de combustibles destinados a automoción.

El estudio y desarrollo de los biocombustibles de primera generación como el bioetanol y el biodiésel, capaces de hacer disminuir el consumo de los productos petrolíferos en la automoción, seguirá siendo tarea primordial en los próximos años.

Actualmente, en España, se encuentran en producción diez plantas de biodiésel con una capacidad de producción total, a pleno rendimiento, de 300.000 litros anuales y cuatro de bioetanol con una capacidad total de producción aproximada de 78 millones de litros.





a) Biodiésel: en una primera aproximación se puede definir el biodiésel como combustible elaborado a partir de aceites vegetales o grasas animales, apto como sustituyente parcial o total del gasóleo en motores diésel, sin que resulten necesarias conversiones, ajustes o regulaciones especiales.



Figura 5. Principales materias para producir biodiésel.

Las propiedades del biodiésel son parecidas a las del gasóleo de automoción, en cuanto a densidad y número de cetanos. Además, presenta un punto de inflamación superior al gasóleo fósil. Gracias a estas características el biodiésel puede sustituir totalmente al gasóleo o ser mezclado en distintas proporciones con él para su uso en motores diésel.

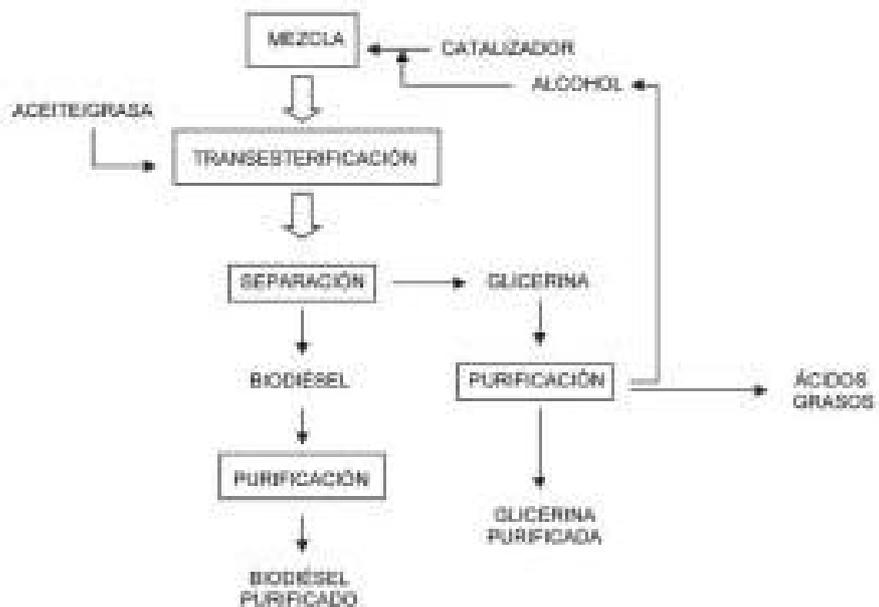


Figura 6. Esquema simplificado de la producción de biodiésel.

El balance energético del biodiésel, considerando la diferencia entre la energía que genera 1 kg de biodiésel y la energía necesaria para la producción del mismo, desde la fase agrícola hasta la fase industrial es positivo al menos en un 30%. Por lo tanto, puede ser considerada una actividad sostenible.

Se desprenden grandes ventajas ecológicas debidas al uso del biodiésel. La principal es la reducción de emisiones gaseosas contaminantes. No obstante, el biodiésel propicia un leve incremento en óxidos de nitrógeno dependiendo del tipo de motor.

Otra ventaja importante desde el punto de vista ambiental es que el biodiésel es biodegradable en solución acuosa; el 95% desaparece en 28 días. De esta forma se evita, además de la contaminación de las tierras, la contaminación de las aguas subterráneas, que cada día son más escasas, manteniendo su potabilidad actual.



El principal problema para la utilización de biodiésel a partir de aceites vegetales es su coste de producción mayor en comparación con el diésel convencional del petróleo. Sin embargo, el precio del gasóleo (con impuestos) y el del biodiésel procedente de aceites vegetales (sin impuestos) son aproximadamente iguales.

b) Bioetanol: es un alcohol producido a partir de alcohol vínico, maíz, sorgo, patatas, cereales, remolacha, caña de azúcar, e incluso de la biomasa, como los tallos de maíz y residuos vegetales. En mezclas con gasolina, aumenta el número de octanos mientras que promueve una mejor combustión, reduciendo las emisiones contaminantes por el tubo de escape, como monóxido de carbono e hidrocarburos. El bioetanol reduce extraordinariamente, comparado con la gasolina convencional, la emisión de gases de efecto invernadero. La mezcla E-85 (se denomina así a la mezcla compuesta por un 85% de bioetanol y 15% de gasolina convencional) emite un 79% menos de CO₂ que la gasolina.

El empleo del etanol como único combustible debe realizarse en motores específicamente diseñados para el biocombustible. Sin embargo, el uso de mezclas no requiere cambios significativos en los vehículos, si bien, en estos casos el alcohol debe ser deshidratado a fin de eliminar los efectos indeseables sobre la mezcla producidos por el agua.

En España la producción industrial emplea principalmente cereal como materia prima básica, con posibilidad de utilizar los excedentes de la industria remolachera transformados en jugos azucarados de bajo coste.

El producto obtenido puede utilizarse como alcohol puro o en mezclas, y también mediante su transformación en Etil-Ter-Butil-Éter (ETBE) como elemento oxigenador añadido a las gasolinas.



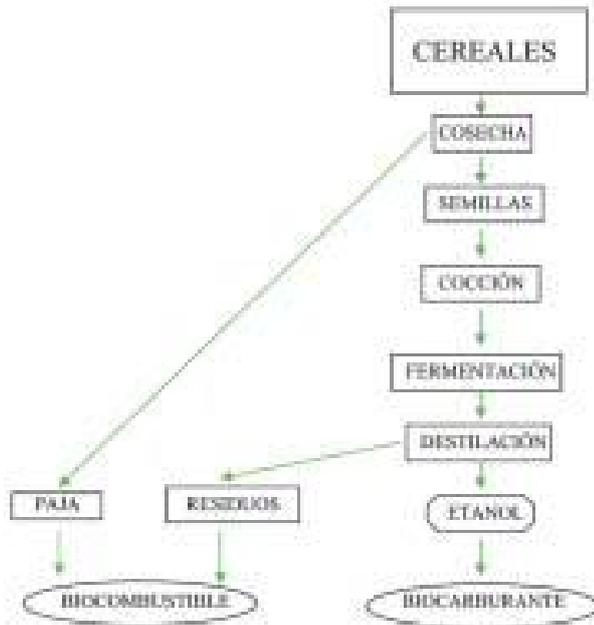


Figura 7. Obtención de bioetanol a partir de cereales.

2.3 BIOGÁS

El gas que se produce mediante un proceso metabólico de descomposición de la materia orgánica sin la presencia del oxígeno del aire se denomina biogás. Está compuesto principalmente por: metano (CH_4) y anhídrido carbónico (CO_2).

Para mejorar el poder calorífico del biogás hay que eliminar el CO_2 . De esta forma se logra obtener metano al 95%, con un poder calorífico de 8.260 kcal/m^3 .

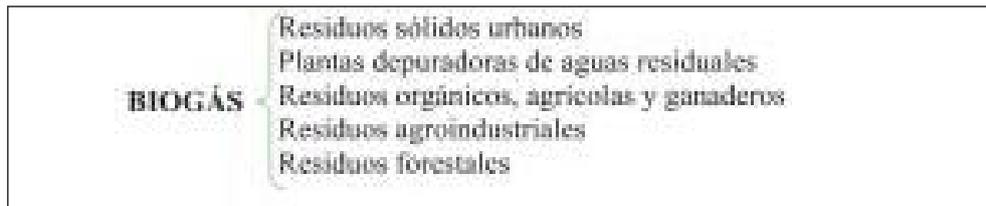


Figura 8. Materias primas para la obtención de biogás.



Figura 9. Equivalencia energética del biogás frente a otros combustibles.

2.4 BIOCOMBUSTIBLES DE SEGUNDA GENERACIÓN

Se denomina así a una serie de productos que no son derivados del petróleo. Entre ellos se encuentra en fase de pruebas la obtención de combustibles líquidos y otros elementos a partir de una síntesis de la biomasa.

Actualmente existen tres tipos en fase de demostración previa a su posible comercialización:

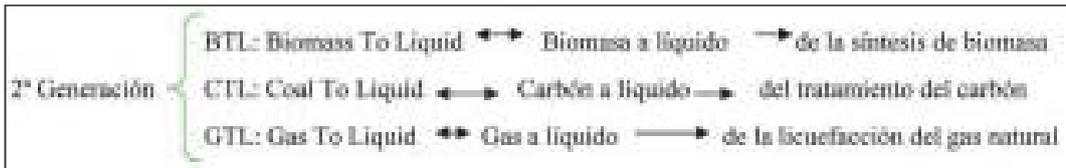


Figura 10. Biocombustibles de 2ª Generación.

La producción de biocombustibles sintéticos se puede obtener mediante la gasificación de biomasa lignocelulósica. También se pueden tratar otras materias primas como por ejemplo el "licor negro" de la industria papelera. En la primera etapa de gasificación se produce un gas de síntesis limpio y, posteriormente, en una serie de etapas se obtienen los biocombustibles. Dependiendo de estas etapas, se pueden obtener diversos productos, como por ejemplo el biocombustible de síntesis. Este producto final podrá ser utilizado en motores de combustión interna o en vehículos, siempre que cumpla los estándares técnicos y las condiciones necesarias para su comercialización.

El proceso de producción suele seguir el sistema Fischer - Tropsch, un protocolo físico - químico que permite aprovechar el contenido en hidrocarburos de diferentes materiales.

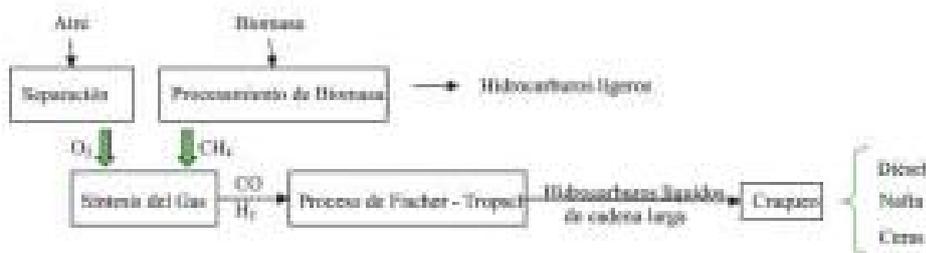


Figura 11. Obtención de biocombustible de síntesis.

Estos nuevos combustibles permitirán reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, de óxido de nitrógeno, de partículas, de monóxido de carbono y de azufre.

2.5 BIORREFINERÍA

La biorrefinería es una instalación donde se procesa la biomasa "bruta" mediante un proceso de fraccionamiento y varios procesos de conversión para la obtención de energía: combustibles, calor y electricidad.





Con estos procesos se maximiza el valor de la biomasa aprovechando todos sus componentes.

Para concluir conviene destacar que, dentro de la rama de la bioenergía, las tecnologías críticas identificadas para un horizonte de 5 a 10 años son:

- Optimización biológica de la producción de bioetanol a partir de almidón.
- Desarrollo de nuevas tecnologías enzimáticas de hidrólisis de celulosa y hemicelulosa para la producción de biocombustibles.
- Desarrollo de enzimas y procesos microbianos de transformación para la producción de biocombustibles a partir de residuos orgánicos.

3

LAS VENTAJAS DE USAR BIOMASA



Entre las principales ventajas de usar biomasa se encuentran:

1. Una parte de la biomasa para fines energéticos procede de materiales residuales que es necesario eliminar. El aprovechamiento energético supone convertir un residuo en un recurso.
2. Reduce la dependencia respecto a los países productores de petróleo.
3. Las energías renovables crean cinco veces más puestos de trabajo que las convencionales.
4. Es un importante campo de innovación tecnológica.
5. Su proceso de producción primaria y elaboración industrial determina un balance de carbono menos contaminante que los combustibles fósiles.
6. Reducen emisiones de azufre (lluvia ácida), CO₂ (efecto invernadero) e hidrocarburos aromáticos. No produce apenas partículas sólidas.
7. En el caso del biodiésel:
 - a. Puede emplearse puro o combinado con los combustibles fósiles en cualquier proporción.
 - b. Mejor combustión, que reduce el humo visible del arranque en un 30%.
 - c. Su transporte y almacenamiento resulta más seguro que el de los petroderivados ya que posee un punto de ignición más elevado. El biodiésel puro posee un punto de ignición de 148 °C contra los escasos 55 °C del gasóleo.
8. En el caso de la obtención de biogás:
 - a. Fácil control de la producción, puede adecuarse a la demanda.



- b. Producción barata.
- c. Reduce la deforestación.
- d. El residuo digerido seco puede utilizarse como abono.

9. En cuanto a la gasificación:

- a. Tiene un campo de uso muy amplio (igual al del gas natural).
- b. Puede utilizarse para producir vapor y calor o para generar electricidad.



4 EJEMPLOS Y APLICACIONES BIOENERGÉTICAS

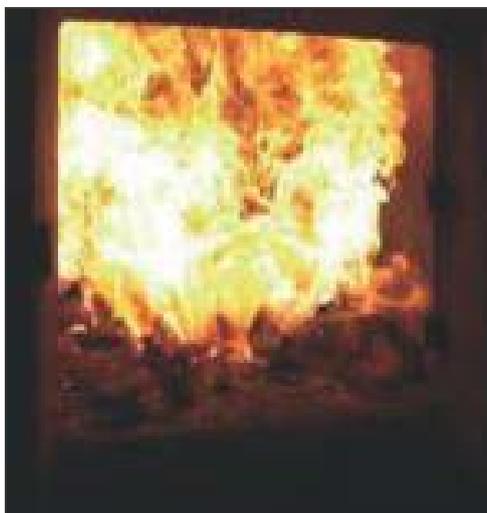
4.1 CENTRAL TÉRMICA EN CIUDAD PEGASO

En el edificio de la imagen se ha procedido a la sustitución de calderas de carbón antiguas por una central térmica que utiliza de combustible hueso de aceituna, el cual ha sido seleccionado como combustible debido a que no existen problemas de espacio,



su suministro está asegurado debido a la superficie de olivares nacional, cuenta con un Poder Calorífico Inferior (PCI) de 4.400 kcal/kg, es inocuo, inodoro, reduce la emisión de partículas y permite la regulación de las calderas.

Desde enero de 2007 la instalación da servicio a 160 viviendas en la Ciudad Pegaso de Madrid. Está prevista la instalación de otra similar que sustituya a 3 calderas de carbón que están actualmente en funcionamiento y dé cobertura energética a otras 300 viviendas.



La comunidad de vecinos es propietaria de la instalación y ha contratado con la empresa autora de la instalación una gestión energética integral por 10 años, es decir un precio de horas de calefacción por año (en concreto 12 horas en 151 días), con actualización del precio en función del IPC. De este modo, la comunidad de vecinos se despreocupa de su mantenimiento y suministro.

El sistema consta de dos calderas con una capacidad de 460.000 kcal/h cada una, y con dos economizadores que aportan,



además, 70.000 kcal/h cada uno. El rendimiento de las calderas es del 88%. Debido a la alta automatización del sistema, son los consumos de los usuarios los que determinan la puesta en marcha o no de los distintos elementos.

El consumo máximo de biomasa es de 50 - 80 t/mes, dependiendo del frío. Las principales ventajas radican en el menor coste de la biomasa frente al carbón y en la reducción del consumo energético total de la instalación al haber sustituido calderas de carbón obsoletas (además de todos los beneficios medioambientales).

La zona de Ciudad Pegaso es "Zona de Rehabilitación Integral", por lo que se ha solicitado una subvención a la Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo de Madrid del 60%. También se han solicitado subvenciones debido a la sustitución del sistema y el combustible a la Comunidad de Madrid y al Ayuntamiento que podrían alcanzar hasta el 40%.



4.2 VIVIENDA UNIFAMILIAR

Esta vivienda unifamiliar dispone de 300 m² construidos, distribuidos en cuatro plantas. Dispone de una caldera de 40.000 kcal/h, para calefacción y agua caliente sanitaria. La calefacción se produce directamente en la caldera mediante la combustión atmosférica de la biomasa en la parrilla, y se regula en función de la temperatura de consigna del termostato situado en el interior de la vivienda. La producción de agua caliente sanitaria se realiza mediante un serpentín, que calienta el agua del depósito acumulador a la temperatura de uso.

La sala de calderas está situada en el jardín, en una sala compacta (tipo módulo) ocupando poco espacio, tan sólo 6 m².

La caldera consume pellets, aunque puede consumir otras biomásas, como hueso de aceituna o cáscara de almendras. El almacenamiento de la biomasa se realiza en una tolva metálica exterior, situada sobre rasante, en la que se introduce mediante una bomba neumática.

4.3 PRODUCCIÓN Y UTILIZACIÓN ENERGÉTICA DE PELLETS EN VILLANUEVA DE LA CAÑADA

La planta de compostaje está gestionada por la Comunidad de Madrid y fue inaugurada en Noviembre de 2001 para el tratamiento de los residuos vegetales procedentes de podas de los municipios de la zona Noroeste de la Comunidad, a los que se añade una determinada proporción de lodos de depuración de las aguas residuales de la zona.



Existe también un proyecto para instalar una planta pelletizadora en los terrenos ocupados por la planta de compostaje. En ella se procesarán los rechazos leñosos de la planta de compostaje, estimados actualmente en 1.600 toneladas anuales y los restos leñosos que no entran en la planta, estimados en otras tantas 1.600 toneladas/año.

Como proyecto piloto de demostración se podrían utilizar los pellets producidos para la calefacción del Polideportivo Municipal, que consume anualmente unos 12.500 litros de gasóleo en dos calderas, una de agua caliente (350.000 kcal/h) y otra de calefacción (750.000 kcal/h). Existen firmas que podrían comercializar el resto de los pellets producidos, ya que existe un mercado emergente en España, y con gran experiencia en Europa.



El coste total de la planta pelletizadora con capacidad para 1.000 kg/h se estima en unos 250.000 €. La inversión para instalar dos calderas de biomasa en el Polideportivo incluyendo caseta de instalación y silo de almacenamiento del biocombustible y elementos de control, mediciones y seguridad sería de unos 50.000 €.

4.4 INCORPORACIÓN DE CALDERA DE BIOMASA EN UN HOSPITAL



Es un hospital con 80 camas y con un promedio de 3.000 consultas externas anuales. La edificación es de tipo convencional situada en un entorno rural. El proyecto consiste en la instalación de una caldera de biomasa sustituyendo otra caldera de gasóleo para cubrir las necesidades de calefacción en la zona de Consultas Externas.





La caldera es de 500 kW de potencia calorífica y puede ser alimentada con astillas, pellets y otras biomasa preparadas. Su consumo medio es de 310 t anuales de biomasa. En la Fig. 12 se muestra el ahorro conseguido con esta sustitución, habiéndose previsto una ayuda del 30% de la inversión inicial:

SITUACIÓN ACTUAL		
COMBUSTIBLE (gasóleo)	45.750,00	€/AÑO
MEJORA PROPUESTA		
INVERSIÓN (caldera >= 90% Eficiencia)	157.829,60	€
COMBUSTIBLE (precio medio biomasa)	22.500,00	€/AÑO
AHORRO ANUAL	23.250,00	€
PERIODO DE RETORNO (sin subvención)	6,79	AÑOS
PERIODO DE RETORNO (30% subvención)	4,75	AÑOS

Figura 12. Periodo de retorno para cambio caldera biomasa-gasóleo.

La caldera y la biomasa pueden ser adquiridas directamente por el hospital, aunque otra alternativa es acudir a una empresa de servicios energéticos que se encargue de instalar la caldera, asegurar el suministro de combustible, el mantenimiento, etc., recibiendo un pago mensual por todos estos servicios, y no obligando a realizar una inversión inicial.



En la Fig. 13 se muestra la estimación de las distintas evoluciones de gastos para un periodo de 20 años comparando el sistema con gasóleo y con biomasa. Asimismo se observa la curva de ahorro de la instalación con biomasa.



Figura 13. Diferencia del gasto acumulado.

4.5 PRODUCCIÓN Y AUTOCONSUMO DE BIOCOMBUSTIBLES SÓLIDOS EN LOS CAMPOS DE PRÁCTICAS DE LA E.T.S. DE INGENIEROS AGRÓNOMOS DE MADRID

Las instalaciones del Grupo de Agroenergética de la Universidad Politécnica de Madrid y los campos de cultivo anexos, ambos situados en los Campos de Prácticas de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, en conjunto pueden ser representativos de lo que sería la vivienda e instalaciones de una explotación agrícola.



Los campos de prácticas tienen una superficie total de unas 23 ha, de las cuales más de la mitad están dedicadas al cultivo de especies agrícolas y ornamentales.

La biomasa disponible para fines energéticos es aproximadamente de 52 t brutas al año, equivalentes a 11,5 tep, procedentes de biomasa de cultivos y biomasa residual.

La biomasa herbácea es recogida y empacada en el campo, mientras que la procedente de podas de frutales o sarmientos de vid se seca antes de su almacenamiento.



La biomasa se almacena por especie vegetal en sacos especiales ("big-bags") dentro de soportes apilables depositados bajo cubierta en una nave abierta.

Posteriormente, la biomasa se muele, y se mezcla, para obtener finalmente los pellets que alimentan tres calderas y aportan calefacción a los laboratorios, invernaderos y despachos del Grupo de Agroenergética.

4.6 GASIFICACIÓN DE BIOMASA PARA GENERAR ENERGÍA ELÉCTRICA

Una instalación de gasificación de biomasa (cáscara de almendra) está en funcionamiento desde el año 1997, asociada a una fábrica de frutos secos en Tarragona.

La instalación ha obtenido buenos resultados en este período y se plantea una ampliación para duplicar la potencia. Actualmente la potencia instalada es de 500



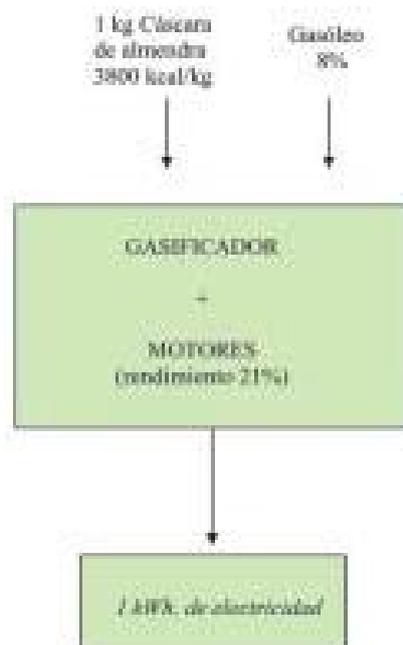


kW que permite a la empresa autoabastecerse y vender el excedente a la red eléctrica.

Las cáscaras de almendra son reducidas hasta un tamaño máximo de 4 x 4 mm para facilitar su tratamiento. Posteriormente son conducidas a tolvas que alimentan directamente al gasificador.

El agente gasificante es aire ambiental precalentado a 250 °C. El gas producido sale a 700 °C, debiendo ser limpiado y enfriado para llegar en buenas condiciones al motor. Finalmente, el gas pobre es mezclado con aire de combustión para ser introducido en los motogeneradores. Los motores requieren una inyección de gasóleo adicional del 5 - 8 %.

El consumo anual de cáscara de almendra es de 2.150 t y la producción de energía eléctrica anual es de 2,4 GWh. Con el aprovechamiento de esta biomasa la fábrica de frutos secos ahorra anualmente 640 tep y se evita la emisión a la atmósfera de 2.000 t de CO₂ por año.



En la Fig. 14 se muestra el rendimiento energético de la planta:

4.7 PLANTA DE COGENERACIÓN DE 2,3 MW CON RESIDUOS FORESTALES

Se destaca por ser prácticamente la única instalación en España que genera energía eléctrica a partir de residuos forestales. En concreto, esta planta utiliza de combustible fitomasa procedente de la limpieza de montes y residuos industriales de los aserraderos y fábricas de tableros en la zona de Allariz (Orense).

Figura 14. Rendimiento energético de la planta.

Al llegar a la planta, los residuos se depositan en un parque de madera preparado para ello. Posteriormente se transportan mediante una cargadora diésel hasta un equipo de clasificación por granulometría, para almacenarlos finalmente en un silo de 75 t, desde el que se envían directamente a la caldera, donde serán quemados.



Esta central de cogeneración está diseñada para funcionar de forma continua las 24 horas del día. Además de los 2,3 MW de potencia, dicha planta genera 1,8 t/h de vapor a 3,8 bar que cede a una granja de cultivo intensivo de angulas y a un secadero de madera a baja temperatura.

Dicha planta ha supuesto la generación de 25 puestos de trabajo directos (18 para limpieza de montes y 7 al mantenimiento de la planta) y un impacto socioeconómico positivo importante para la zona.

4.8 CULTIVOS ENERGÉTICOS



Ante la posibilidad de producir biomasa para fines energéticos por el sector agrario surge el concepto de agroenergética, que se puede definir como una nueva faceta de la agricultura en la que se pretende la producción de biomasa mediante cultivos específicos y la transformación de ésta en productos energéticos de fácil utilización en los sistemas convencionales en sustitución de los

combustibles tradicionales. Los cultivos energéticos son una buena forma para conseguir una energía renovable y limpia.

Dadas las características edafológicas y climatológicas de la Comunidad de Madrid, los cultivos más adecuados son el cardo (*Cynara cardunculus* L.) para cultivos herbáceos, la pataca (*Helianthus tuberosus* L.) y biomasas de tipo azucarado para cultivos alcoholígenos (producción de bioetanol) y girasol o cardo para la producción de biodiésel.

Las aproximadamente 800.000 ha que comprende la Comunidad de Madrid están repartidas en 6 comarcas como sigue:



Comarca Agraria	Número de Municipios	Superficie (ha)
I. Lozoya – Somosierra	48	153.356
II. Guadarrama	21	96.621
III. Área Metropolitana de Madrid	24	173.576
IV. Campiña	31	107.548
V. Sur-Occidental	34	139.539
VI. Vegas	21	129.500
TOTAL	179	799.499

Tabla 2. Madrid en Comarcas.

La potencialidad de cultivos energéticos se reparte como sigue:

- **Comarca Lozoya - Somosierra:** esta zona no ha destacado tradicionalmente por su desarrollo agrícola; no obstante se puede considerar como potenciales cultivos energéticos el 20% de la superficie cultivada en la actualidad (tierras actualmente en barbecho). En esta zona la especie más adecuada para crear un cultivo energético sería el cardo.



Luego se podrían cultivar 517 ha (correspondiente al 20% de los cultivados actualmente). El rendimiento medio es de unas 13.8 t/ha y el Poder Calorífico Inferior (en adelante PCI) de la biomasa de este tipo es 3.200 kcal/kg.

En conclusión, habría 7.135 t que en energía serían como 2.283 tep.

- **Comarca Guadarrama:** debido a su situación geográfica, actualmente esta región sólo tiene 150 ha dedicadas a cultivos, luego no es viable plantear ningún tipo de cultivo energético en esta región.

- **Comarca Área Metropolitana:** en esta región la dedicación agrícola también es escasa (aunque sustancialmente mayor a la de Lozoya-Somosierra), luego se toma el mismo parámetro que en dicha región (20% de la tierra cultivada). La superficie en este caso para cultivos energéticos es de 1975 ha. Teniendo en cuenta que el PCI y el rendimiento (en t/ha) se pueden considerar iguales, en este caso resultarían 27.255 t de biomasa y 8.722 tep.



- **Comarca Campiña:** esta comarca es bastante más agrícola, con gran cantidad de cultivos de secano, luego tomando los mismos parámetros, se podrían dedicar 5.048 ha a cultivos energéticos, lo que produciría 69.622 t de biomasa y 22.219 tep.

- **Sur Occidental:** tampoco en esta parte los cultivos de regadío son muy importantes, por lo que no es viable dedicar parte de éstos para cultivos energéticos. Tomando el 20% de la superficie cultivada en secano actualmente, se podría disponer de 2.183 ha para dedicar a cultivos energéticos, con obtención de 30.125 t y 9.640 tep.
- **Vegas:** en esta comarca la superficie dedicada a usos agrícolas es de 73.750 ha (56 % del total), luego aquí se podría usar parte de las tierras dedicadas a regadíos para cultivos energéticos. Si se toman 2.223 ha para cultivos energéticos, se obtendrían 30.667 t de biomasa equivalentes a 9.817 tep.

4.9 PRODUCCIÓN DE BIOGÁS EN EL VERTEDERO CONTROLADO DE VALDEMINGÓMEZ

Los objetivos de este proyecto son extraer el gas procedente de la descomposición de los materiales orgánicos depositados en el vertedero para producir energía eléctrica y evitar su emisión a la atmósfera, además de la recuperación medioambiental y paisajística.

En la planta de compostaje, con una superficie de 52.265 m², la materia orgánica fermenta tras un proceso de oxigenación (proceso conocido como aireación), que durará cuatro semanas. Así se obtiene compost, que servirá como abono en agricultura, y también los llamados lixiviados, que son los líquidos que sueltan las basuras en su proceso de descomposición. En Valdemingómez, los lixiviados también son reutilizados, ya que, tras someterlos a un sistema de depuración de osmosis inversa, el agua depurada se usa para el riego de las zonas ajardinadas de la propia planta. Dará servicio a un millón de personas.



Con el gas que se extraiga del antiguo vertedero sellado se producirá energía eléctrica suficiente para cubrir el 75% del consumo anual del alumbrado público municipal.

La energía eléctrica se genera mediante 8 motogeneradores de combustión interna y a través de la recuperación del calor contenido en los gases de escape de dichos motores. La producción anual está estimada en 140 millones de kWh.



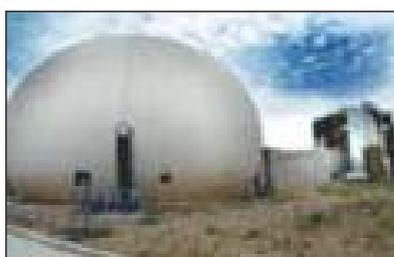


El mantenimiento desde el punto de vista medioambiental y de seguridad del antiguo vertedero está garantizado por la adjudicataria del proyecto durante un mínimo de 30 años, tal y como establece la Directiva de Vertidos de Residuos de la Unión Europea aprobada en abril de 1999. Este control tiene como objetivo garantizar que el medio ambiente circundante al depósito de basura no sufra ningún impacto negativo, así como vigilar el estado de las infraestructuras implantadas.

4.10 PLANTA DE BIOMETANIZACIÓN Y COMPOSTAJE DE PINTO

La planta de Biometanización y Compostaje de Pinto entró en funcionamiento en enero de 2003 y desde entonces trata los residuos de los municipios de la Zona Sur de la Comunidad de Madrid.

En ella se genera energía eléctrica a partir del metano producido en el proceso de biometanización, así como del obtenido del vertedero adyacente mediante procesos de desgasificación. También se fabrica compost procedente de la degradación de la materia orgánica y son recuperados para su reciclaje diversos materiales, tales como metales, plásticos o papel y cartón.



En el proceso de biometanización la fracción fina (residuos orgánicos tratados) se introduce en los digestores. En dichos equipos se produce la fermentación anaeróbica (en ausencia de oxígeno) de los compuestos biodegradables, con la consiguiente producción de metano. El tiempo de residencia en ellos es aproximadamente de 21 días. Por la parte inferior de los tanques se recoge el digestado y por la parte superior el biogás, que se somete a filtración y enfriamiento previo a su acumulación en el gasómetro.

El gas procedente de los digestores se mezcla con el procedente del vertedero a la entrada del edificio de motogeneradores, produciendo energía eléctrica que se vierte a la red.

Capacidad de Tratamiento	140.000 t/año
Producción de Compost	19.500 t/año
Energía producida	117.000 kWh/año
Población	40.000 hogares

Tabla 3. Datos técnicos de la planta de Pinto.

4.II PRODUCCIÓN DE BIOGÁS MEDIANTE DIGESTIÓN ANAEROBIA DE PURINES

Pese a que en la Comunidad de Madrid no existen grandes granjas de cerdos, se está estudiando la obtención de biogás mediante el tratamiento de purines. Hasta ahora, la legislación sobre producción eléctrica en régimen especial prevé importantes ventajas fiscales, y a ellas se pueden acoger los ganaderos que aprovechen estos purines para una instalación de cogeneración, siempre que ésta no sea mayor a 25 MW. La planta de cogeneración tiene como fin el cubrir las demandas térmica y eléctrica de la instalación, así como vender el excedente a la red eléctrica.



Uno de los sistemas más interesantes es el proceso patentado "Valpuren".

Este proceso es el único que combina la digestión anaerobia con los procesos de tratamiento térmico (concentración y secado). También es aplicable a diferentes tipos de residuos orgánicos en general.

Las etapas de este proceso son las siguientes:

- Recepción del purín.
- Tratamiento anaerobio.
- Separación líquido-sólido.
- Acidificación y desgasificación.
- Evaporación-concentración.
- Secado.
- Valorización de los productos.



En la etapa de tratamiento anaerobio el purín pasa a los digestores donde reside 20 días a 35 °C. En ésta se produce biogás que se almacena en un gasómetro de 500 m³ de capacidad para ser usado posteriormente en los motores de cogeneración.

<i>Capacidad de tratamiento</i>	100.000 t/año
<i>Potencia Eléctrica</i>	16 MW
<i>Producción de fertilizante</i>	8.000 t/año
<i>Consumo de gas natural</i>	250 Mte/año
<i>Autoconsumo de biogás</i>	2 MNm ³ /año
<i>Puestos de empleo creados</i>	15
<i>Superficie</i>	15.000 m ²
<i>Inversión</i>	17 M€

Tabla 4. Planta típica con proceso "Valpuren".



4.12 PRODUCCIÓN DE BIOGÁS MEDIANTE DIGESTIÓN ANAEROBIA EN ESTACIÓN DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES (EDAR)

Debido al aumento de plantas depuradoras se está produciendo un aumento asimismo de fango producido. Este fango cada vez tiene menos destinos y plantea mayores problemas debido a las restricciones medioambientales. Una de las soluciones más atractivas es la valorización energética de estos fangos mediante digestión anaerobia para la producción de energía eléctrica. Las ventajas principales son:

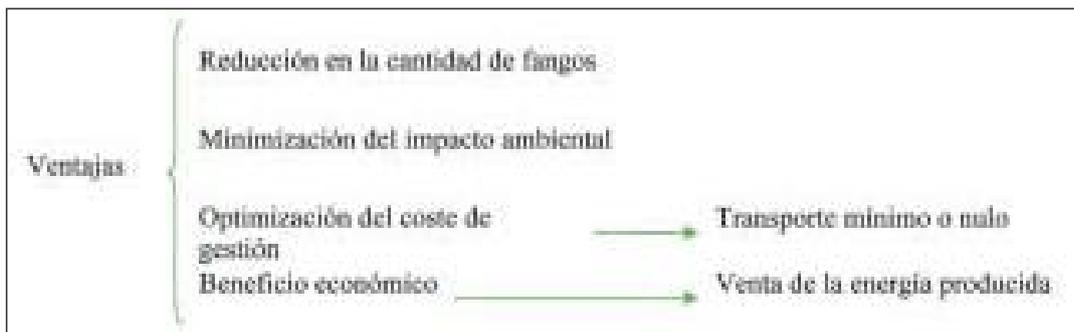


Figura 15. Ventajas del tratamiento de fangos en EDAR.

Una planta de este tipo tiene dos partes principales: la instalación de biogás y la planta de cogeneración. La instalación de biogás está formada por digestores en los que se realiza la fermentación y recoge el gas. Los digestores están conectados entre sí y, a su vez, a un gasómetro. En un ejemplo concreto, el gasómetro es de doble membrana con capacidad de reserva energética de 14.500 kcal. Existe un aislante de doble capa para mantener presurizado el gasómetro ante cualquier condición de llenado o vaciado. A su vez existe una soplante cuya función es impulsar el gas por las conducciones y con capacidad de 200 mbar de sobrepresión. A su vez, existe un sistema de desulfuración mediante óxidos de hierro para evitar la corrosión en las conducciones.

Por su parte, la planta de cogeneración consiste en tres motores alternativos de 500 kW (1,5 MW en total). Los motores tienen un rendimiento del 35,5%. La energía eléctrica se produce a 380 V, y con esta tensión se alimentan los auxiliares de la planta. El resto de la energía se eleva a 20 kV en una estación transformadora y de ésta se conecta a la red de la compañía eléctrica. La recuperación del calor se produce mediante tres circuitos independientes que acaban cada uno en una caldera de recuperación. Mediante un intercambiador de calor se produce agua caliente para el secado de fangos. También existe una torre de refrigeración para disipar todo el calor en caso de emergencia o si no hay demanda para el secado de fangos.

4.13 PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD CON BIOMASA DEL OLIVO

La producción de energía a partir de biomasa residual de la industria oleícola es una de las técnicas más desarrolladas en España.

Un ejemplo de este tipo de instalaciones de producción eléctrica consiste en una planta asociada a una almazara y extractora de aceite de orujo que produce unas

15.000 toneladas por año de "orujillo" como residuo final del proceso de extracción oleícola. En este caso el mismo fabricante que produce el residuo biomasa también realizó la inversión para la planta de producción eléctrica y se encarga de la operación de la misma. La inversión fue de 1.700.000 €.

La central cubre las necesidades energéticas de la industria y produce un importante excedente que se vende a la red. Está acogida al régimen especial en el grupo correspondiente a centrales que utilizan biomasa.

Los datos técnicos de la planta son:

- **Caldera:**
 - Producción de vapor 12.000 kg/h.
 - Presión 17 bar.
 - Temperatura 320 °C.
- **Grupo turbogenerador:**
 - Potencia 1.778 kW.
 - Caudal de vapor 11 t/h.
 - Velocidad 6.500/1.500 r/min
 - Presión de entrada 16 bar.
 - Temperatura del vapor de entrada 300 °C.
 - Consumo específico de vapor 6,19 kg/kWh.



4.14 BIOCOMBUSTIBLES LÍQUIDOS PARA AUTOMOCIÓN

El consumo de biocarburantes en España en 2005 representó tan sólo el 0,44% del mercado nacional de gasolina y gasóleo para transporte (fuente: APPA). Ello significa que España deberá multiplicar por 16 su actual cifra de biocarburantes para cumplir el objetivo de alcanzar en 2010 el 5,83% del mercado nacional de combustible fijado en el PER. El dato confirma el ya anticipado incumplimiento por parte española del objetivo de que los biocarburantes alcanzaran una cuota de mercado del 2% en 2005, tal como indicaba la Directiva Europea 2003/30/CE.

La relación de plantas de biocarburantes en España en orden decreciente de producción y ventas a Marzo de 2006 son:



BIODIÉSEL:

- Planta de producción de biodiésel en Alcalá de Henares (Alcalá de Henares, Madrid).
- Bionet Europa (Reus, Tarragona).
- Acciona Biocombustibles (Catarroso, Navarra).
- Bionor Transformación (Berantevilla, Álava).
- Stocks del Vallés (Montmeló, Barcelona).
- Biodiésel Castilla-La Mancha (Santa Olalla, Toledo).
- Bionorte (San Martín del Rey Aurelio, Asturias).
- Grupo Ecológico Natural (Llucmajor, Mallorca).
- Biocarburantes Almadén (Almadén, Ciudad Real).

BIOETANOL:

- Bioetanol Galicia (Teixeiro, A Coruña).
- Ecocarburantes Españoles (Cartagena, Murcia).
- Biocarburantes de Castilla León (Babilafuente, Salamanca).
- Bioetanol de La Mancha (Alcázar de San Juan, Ciudad Real).

En el Anexo III se muestran las biogasolineras de la Comunidad de Madrid.

4.15 PLANTA DE PRODUCCIÓN DE BIODIÉSEL

Como se ha comentado, el sector de los biocombustibles se encuentra en plena fase de despegue. En este panorama destaca por su carácter innovador la planta de producción de biodiésel en Alcalá de Henares, que es la primera que se construyó en nuestro país, a partir de aceites vegetales usando una tecnología de origen nacional, desarrollada por la Universidad Complutense de Madrid. La planta también puede procesar aceites vegetales usados, con el consiguiente beneficio para la protección del medioambiente.



Este biodiésel se utiliza, mezclado con gasóleo, como combustible en autobuses públicos en Alcalá de Henares y Madrid. La planta dispone también de captadores solares térmicos para producir Agua Caliente Sanitaria (ACS) y agua para calefacción.

La Empresa Municipal de Transportes de Madrid cuenta con 209 autobuses de su flota que funcionan con combustible ecológico. También se está pensando en la implantación de este biocombustible en pequeñas empresas dedicadas al transporte, como las flotas de taxis.

La inversión total realizada por el IDAE para la construcción y puesta en marcha de la planta fue de 4,8 M€. La Dirección General de Industria, Energía y Minas de

la Comunidad de Madrid ha subvencionado esta planta por un importe total de 300.000 €.

4.16 OBTENCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE BIOMASA DE CEREAL

Existen varias plantas en la actualidad dedicadas a la obtención de bioetanol a partir de la biomasa cereal. La más importante se encuentra en Babilafuente (Salamanca). Dicha planta tiene una capacidad anual de producción de 200 millones de litros, de los cuales 5 millones de litros serán obtenidos a partir de la conversión de biomasa de cereal en bioetanol mediante una nueva tecnología.



Esta planta es una de las primeras del mundo con esta capacidad de producir bioetanol a partir de biomasa, en particular utilizando paja de cereal, con tecnología de hidrólisis enzimática. La puesta en marcha con grano comenzó el 7 de abril de 2006 superando el test de prestaciones en el mes de julio.

A continuación se muestran los principales datos de esta instalación:

- Inversión de 170 millones de euros.
- El etanol producido está destinado a la producción de bioetanol E5.
- Capacidad instalada de 200.000 m³ anuales de bioetanol y 120.000 toneladas de Ecoproteína.
- Consumo de cereal de 585.000 toneladas anuales.





5 DESARROLLO DE LA BIOENERGÍA EN LA COMUNIDAD DE MADRID

Básicamente, el desarrollo de la bioenergía en la Comunidad de Madrid está determinado por el Plan Energético de la Comunidad de Madrid 2004 - 2012.

Las energías renovables están empezando a implantarse con fuerza en la Comunidad, en gran parte por el esfuerzo de la Administración Autonómica en este aspecto. Éste es uno de los puntos fuertes del Plan Energético de la Comunidad de Madrid.

Éstos son los datos del 2003, último año antes de la implantación del Plan (fuente: Plan Energético de la Comunidad de Madrid):

Producción de Energías por Fuentes Renovables en la Comunidad de Madrid				
Fuente	2003		2012	
	Energía anual (ktep)		Energía anual	(ktep)
Hidrocarburos	0	0	60 ktep	60
Biomasa eléctrica	0	0	50 GWh	10
Biomasa térmica	93,5 ktep	91,5	120 ktep	120
Eólica	0	0	400 GWh	35
Híbrida	275 GWh	21,7	280 GWh	24
Residuos (RSU + Biogás)	345 GWh	83	500 GWh	128
Solar Fotovoltaica	3,8 GWh	0,3	30 GWh	2,6
Solar térmica de baja temperatura	3 ktep	3	20 ktep	20
Solar termoeléctrica	0	0	25 GWh	6,4
Total		203,8		406

Tabla 5. Producción de energías renovables.

La producción de biogás es una de las fuentes energéticas más importantes de la Comunidad. Existe un Plan específico de lodos y depuradoras de aguas residuales 2003 - 2008. En estas instalaciones se emplea parte de la energía generada en producir electricidad y calor, con un aprovechamiento energético bruto de 143 ktep/año y neto de 83 ktep/año.

El incremento en la producción de energía mediante biomasa está basado en la implantación de cultivos energéticos y tratamientos específicos tanto para estos cultivos como para otros residuos biomásicos.

En el Plan Energético de la Comunidad de Madrid se prevén varias experiencias piloto:

- Instalación de una planta peletizadora complementaria a una planta de compostaje.
- Proyectos de demostración de calefacción residencial y de servicios, así como de invernaderos, a realizar en entidades municipales y de I + D.
- Estudios de viabilidad para la instalación de plantas de producción de biodiésel y bioetanol a partir de cultivos oleaginosos y alcohólicos potencialmente producibles en la Comunidad de Madrid.
- Estudios de viabilidad de gasificadores de biomasa de baja potencia unitaria.
- Realización de los anteproyectos para posibles centrales de agroelectricidad.

Respecto a la producción de biocombustibles (bioetanol y biodiésel), su implantación en la Comunidad de Madrid es incipiente, contándose con la planta de biodiésel en Alcalá de Henares, con una producción de 5.000 t/año. El potencial máximo de producción de bioetanol con cultivos alcohólicos se ha evaluado en algo más de 100.000 m³ (equivalente a 56 ktep/año), siendo la comarca más favorable la Comarca de las Vegas.

La promoción de biomasa se realizará mediante un programa integrado de I + DT (Investigación y Desarrollo Tecnológico), que aborde las aplicaciones térmicas directas, así como la obtención de biocombustibles y las posibilidades de la agroelectricidad.

La Comunidad de Madrid consume más del 24% del total nacional de biogás procedente de los vertederos de residuos sólidos urbanos y de las depuradoras de aguas residuales. La potencia eléctrica obtenida a partir de este biogás alcanza los 55.885 kW en la Comunidad de Madrid, que representa el 37% de la potencia instalada con biogás a nivel nacional. La alta potencia instalada en Madrid se debe en gran parte a la apertura de tres plantas en 2003 que supusieron 37 MW. Las instalaciones más significativas en este aspecto son el vertedero del Valdemingómez y la planta de residuos sólidos urbanos de Pinto.

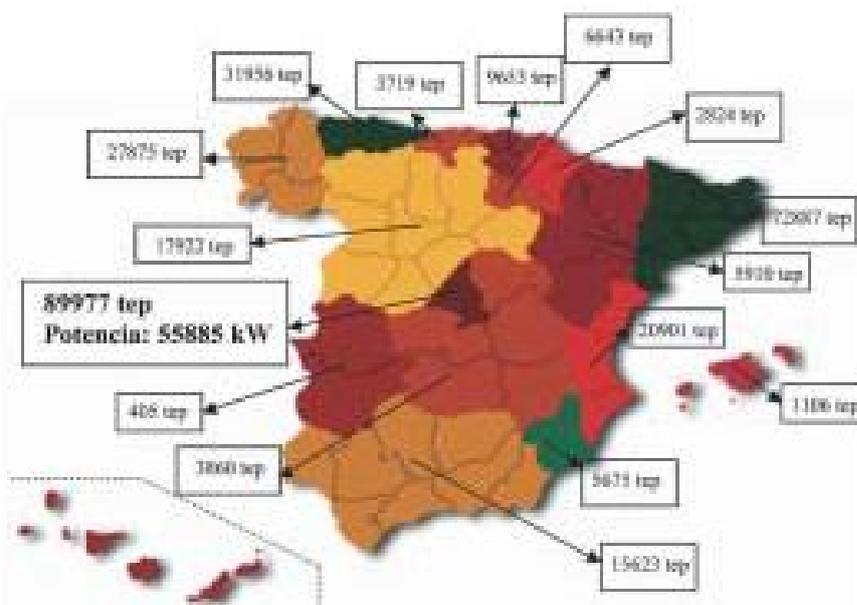


Figura 16. Consumo de biogás en España





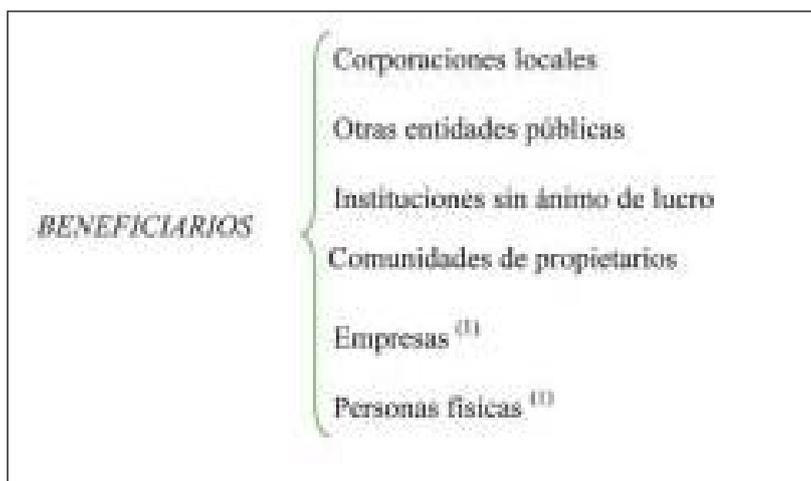
6 INCENTIVOS Y AYUDAS AL DESARROLLO DE LA BIOENERGÍA

La reforma de la PAC de 2003 introdujo una ayuda especial para los cultivos energéticos que consiste en una prima de 45 € por hectárea, con una superficie máxima garantizada de 1,5 millones de hectáreas como límite máximo presupuestario.

Por otro lado, la Comunidad de Madrid ha previsto para 2007 el Programa de Ayudas para la Promoción de las Energías Renovables.

El objeto del Programa es la concesión de ayudas para promover actuaciones de utilización de fuentes de energía renovables en el ámbito territorial de la Comunidad de Madrid, incentivando el autoabastecimiento energético y protección del medio ambiente.

Se pueden acoger a estas ayudas:



⁽¹⁾: están excluidas aquellas cuyo fin sea la creación de instalaciones de producción de energía eléctrica en Régimen Especial.

Figura 17. Beneficiarios de las ayudas de la Comunidad de Madrid.

Para las actuaciones en el área de la biomasa, las ayudas son las siguientes:

- Biomasa y residuos: 30% de la inversión es subvencionable.
- Proyectos de inversión, desarrollo y demostración: 40% de la inversión es subvencionable.

- Estudios, consultorías, actividades divulgativas y actuaciones de carácter general (Ayuntamientos e instituciones varias sin ánimo de lucro): 40% de la inversión es subvencionable.

La cuantía máxima de las ayudas será del 70% de la inversión en todos los casos, con un máximo de 200.000 € para las personas físicas, con un máximo de 200.000 € en tres años para empresas y 300.000 € para el resto de beneficiarios.

Para poder acogerse a este plan de ayudas es necesaria la realización de la inversión desde el 15 de Octubre de 2006 hasta el 15 de Noviembre de 2007.

El plazo para presentar las solicitudes es de un mes a partir de su publicación en el BOCM.

Aparte de estas ayudas, el Plan Energético de la Comunidad de Madrid propone destinar aproximadamente entre 2004 y 2012 las siguientes cantidades para el impulso de la bioenergía:

- 500.000 € a la ejecución de estudios de viabilidad y proyectos piloto.
- 4 M€ en subvenciones a la biomasa térmica para alcanzar los objetivos establecidos.
- 8 M€ de ayudas al fomento de biocombustibles para alcanzar los objetivos establecidos.
- Impulsar la construcción de una central de producción eléctrica a partir de biomasa de 10 MW de potencia eléctrica, a través de una subvención de 5 M€ de la inversión total necesaria.

AVALMADRID

Avalmadrid es una entidad financiera constituida por y para pequeñas y medianas empresas (PYMES) con un doble objetivo. Por un lado, facilitar el acceso a la financiación y, por otro, mejorar las condiciones financieras tanto en coste como en plazo.

La actividad de la Sociedad de Garantía Recíproca, Avalmadrid, iniciada en 1985 en la Comunidad de Madrid, pone de manifiesto que es una entidad que constituye una referencia clave en el acceso de las pequeñas y medianas empresas a la financiación a largo plazo y en la mejora de su estructura y condiciones financieras.

El objeto de la ayuda de Avalmadrid es fomentar la promoción de las energías renovables en la Comunidad de Madrid, facilitando el acceso, a Pymes y autónomos, a una financiación preferente a bajo coste y largo plazo.

Las inversiones realizables para poder acogerse a las ayudas de Avalmadrid son: instalaciones de aprovechamiento de energías renovables tales como aprovechamiento de biomasa y residuos, solar térmica, solar fotovoltaica, eólica, geotérmica, hidráulica e instalaciones mixtas.





Las condiciones financieras que ofrecen son:

- Tipo de interés: EURIBOR + 0,5%, con una bonificación de hasta 2 puntos del tipo de interés.
- Comisión de apertura: 0%.
- Coste del Aval: 0%.
- Plazo: máximo 10 años tanto para préstamo como para leasing.
- Importe máximo: 600.000 €.
- Participaciones Sociales: 1% (recuperables a la cancelación de la operación).

7 ANEXOS



I. DEFINICIONES

- **ACS (Agua Caliente Sanitaria):** agua potable doméstica. Destinada al uso de personas en hogares, hoteles, hospitales, polideportivos, etc.
- **Biocombustible:** combustible de origen biomásico apto para uso en quemadores o motores de combustión interna.
- **Bioetanol:** etanol producido para su uso como biocombustible a partir de la biomasa o de la fracción biodegradable de residuos.
- **Biodiésel:** combustible líquido similar al gasóleo producido, para su uso como biocombustible, a partir de la biomasa o de aceites de fritura usados.
- **Biogás:** gas producido, para uso como biocombustible, mediante fermentación anaerobia de la biomasa o de la fracción biodegradable de los residuos.
- **Combustibles fósiles:** carbón, petróleo y gas natural. Son recursos no renovables y su utilización es la principal responsable de las emisiones contaminantes a la atmósfera.
- **Cultivo Energético:** tipo de cultivo cuyo fin es exclusivamente el aprovechamiento energético, bien directamente o mediante procesos intermedios como la fermentación u otros.
- **Dióxido de Carbono:** o anhídrido carbónico. Gas incoloro e incombustible. Es uno de los gases responsable del efecto invernadero. Fórmula: CO_2 .
- **Efecto invernadero:** calentamiento de la atmósfera producido por la alteración del balance térmico debido al aumento de la concentración de gases como el vapor de agua, el dióxido de carbono y el metano.
- **Eficiencia energética:** utilización racional de energía, que incorpora los conceptos de ahorro energético, innovación energética, y los relacionados con el aprovechamiento integral de la energía, como es la cogeneración.
- **Energías renovables:** son aquellas energías que encontrándose en la naturaleza se renuevan constantemente y, por ello, constituyen un recurso energético inagotable.



- **Poder Calorífico Inferior (P.C.I.):** es la cantidad de calor desprendida por unidad de combustible, sin enfriar o condensar los productos de la combustión, con lo que se pierde el calor contenido en el vapor de agua.
- **Tonelada Equivalente de Petróleo (tep):** unidad de energía que equivale a la cantidad de energía que se puede obtener quemando una tonelada de petróleo, esto es, 107 kcal.
- **Valorización:** todo procedimiento que permita el aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar métodos que puedan causar perjuicio al medio ambiente.

ANEXO II: EQUIVALENCIAS

<i>BIODIÉSEL</i> : 1 t	0,86 tep
1 m ³	0,78 tep
<i>BIOETANOL</i> : 1 t	0,64 tep
1 m ³	0,51 tep
<i>BIODIÉSEL</i> : 1 t	1,01 tep
1 m ³	0,98 tep
<i>PETRÓLEO</i> : 1 t	1,05 tep
1 m ³	0,86 tep

Tabla 6. Equivalencia entre combustibles (fuente: MITYC).

ANEXO III: BIOGASOLINERAS EN LA COMUNIDAD DE MADRID

- Estación de Servicio TOP OIL (RI: 28/109424):
 - Dirección: Ctra. M-203, pk. 3,700 - 28036, Vicálvaro.
 - Biocombustible: Biodiésel.
- Estación de Nuestra Señora de Fátima (RI: 28/34505):
 - Dirección: Avda. Nuestra Señora de Fátima, 22 - Madrid.
 - Biocombustible: Biodiésel.
- Estación de Servicio Valdebernardo I (Multipetróleos, S.L.) (RI:28/035845):
 - Dirección: Avda. de la Democracia, 41 (Margen. derecho) ,28032 Madrid.
 - Biocombustible: Biodiésel.
- Estación de Servicio Valdebernardo 2 (Multipetróleos, S.L.) (RI:28/107833):
 - Dirección: Avda. de la Democracia, 62 (Margen. Izquierdo), 28032 Madrid.
 - Biocombustible: Biodiésel.

- Estación de Servicio Ibérica de Enclaves (RI:25/100649):
 - Ctra. Arganda-Chinchón (Arganda del Rey), pk 3.
 - Biocombustible: Biodiésel.

- Estación de Servicio Miraflores (RI:125812):
 - Ctra. M-611, km 7,6 28792 Miraflores de la Sierra (Madrid).
 - Biocombustible: Biodiésel.

En la Fig. 18 se representa su ubicación aproximada en la Comunidad de Madrid:



Figura 18. Ubicación de las biogasolineras en la Comunidad de Madrid.

ANEXO IV: AYUDAS

AYUDAS RECOGIDAS EN EL PLAN DE ENERGÍAS RENOVABLES EN ESPAÑA 2005-2010 (millones de €):

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	TOTAL
BIOMASA ELÉCTRICA	2,3	15,6	46,0	122,9	210,3	350,8	776,8
CO-COMBUSTIÓN	0	7,8	27,6	48,0	81,1	118,7	283,2
BIOMASA TÉRMICA SECTOR RESIDENCIAL	32,0	45,7	50,6	48,1	52,2	55,4	284
TOTAL	34,3	69,1	124,2	343,2	363,6	533,9	1.344

Tabla 7. Ayudas a la biomasa para generación eléctrica.





Agradecimientos y Referencias:

- Abengoa.
- APPA Biocarburantes.
- Arqa.
- Biocarburantes Magazine.
- Calordom.
- El Biodiésel, una alternativa al transporte, por Miguel Ángel López Díaz.
- FIDA.
- Grupo de Agroenergética de la Universidad Politécnica de Madrid.
- Guía de las energías renovables aplicadas a las PYMES (CIRCE).
- IDAE.
- InfoPOWER.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Ministerio de Industria Turismo y Comercio.
- Nuevas Tecnologías.
- Plan Energético de la Comunidad de Madrid 2004-2012.
- Plantas de valorización energética de la biomasa, por J.M. Sala Lizarraga y L. M. López González.
- Progreso Forestal.