



GRUPO DE TRABAJO
-
SITUACIÓN ACTUAL DE LA BIOMASA
Y TENDENCIAS DE FUTURO

Congreso Nacional de Medio Ambiente 2010
Noviembre 2010

Participantes:

Coordinador

- Raúl de la Calle Santillana – Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Forestales

Relatores

- Antonio Gonzalo Pérez Asociación Española de Valorización Energética de la Biomasa
- Ignacio Macicior Tellechea – Asociación Nacional de Empresa Forestales de España - ASEMFO
- Margarita de Gregorio - APPA - Asociación de Productores de Energías Renovables

Colaboradores técnicos

- Ángeles Pontes Pazos - Fundación Global Nature
- Aránzazu Fernández González – Asociación Nacional de Fabricantes de Tablero - Anfta
- Belén Chacel Díaz - Federación de Asociaciones Forestales de Castilla y León (FAFCYLE)
- Carles Vilaseca Padrós - Apropellets
- Carlos Rodríguez Casals - Fundación CONAMA
- Dimas Vallina García - FUNDACIÓN CEMA
- Eduardo Iglesias Rubio - Federación Española de Asociaciones de Empresas Forestales FEEF
- Eulogio Castro Galiano - Universidad Jaén
- Eva Sevillano Marco - Federación de Asociaciones Forestales de Castilla y León (FAFCYLE)
- Fernando Molina - Confederación de Organizaciones de Selvicultores de España, COSE
- Francisco Javier Loscertales Fernandez - Federación Española de Asociaciones de Empresas Forestales, FEEF
- Gabriel Poveda Portilla - Confederación Española de Empresarios de la Madera, CONFEMADERA
- Gregorio Montero González - Instituto Nacional de Investigación Agraria y Tecnología Alimentaria (INIA)
- Hortensia Sixto - Centro de Investigación Forestal (CIFOR)-INIA
- Isabel Cañellas - Centro de Investigación Forestal (CIFOR)-INIA
- Isidro García - Grupo ENCE

- Ismael Muñoz Linares - Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Forestales
- Jorge Tinas Gálvez - Asociación de Empresas para el Desimpacto Ambiental de los Purines, ADAP
- José Causí Rielo - ASPAPEL
- José Luis López Moreno - Federación Española de Asociaciones de Empresas Forestales FEEF
- Laura Martín Linares - Confederación Española de Empresarios de la Madera, CONFEMADERA
- Manuel J. Díaz Villanueva - Centro Tecnológico Avanzado de Energías Renovables (Fundación CTAER)
- Marcos Martín Larrañaga - Asociación Española de Valorización Energética de la Biomasa (AVEBIOM)
- María García Mínguez - FUNDACIÓN CEMA
- Mario Iglesias - EnergyLab
- Pablo Cubillo Manzanero - Confederación Española de Empresarios de la Madera, CONFEMADERA
- Pablo Sanjuanbenito García - Colegio de Ingenieros de Montes
- Patricia Gómez - Confederación de Organizaciones de Selvicultores de España, COSE
- Ricardo Ruiz-Peinado Gertrudix - Instituto Nacional de Investigación Agraria y Tecnología Alimentaria (INIA)
- Sheila Rodríguez del Moral - Asociación Española de Gestores de Biomasa de Madera Recuperada (ASERMA)
- Yolanda Ambrosio - Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal de Madrid

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	6
2. OBJETIVOS	7
3. SITUACIÓN ACTUAL Y FUTURA DE LA BIOMASA COMO RECURSO ENERGÉTICO	8
3.1. FUENTES Y TIPOS DE BIOMASA. RECURSOS POTENCIALES Y APROVECHABLES. DISPONIBILIDAD Y MOVILIZACIÓN	8
3.2. IMPLICACIONES MEDIOAMBIENTALES Y SOCIALES DE LA PRODUCCIÓN Y USO DE LA BIOMASA. VALORACIÓN DE COSTES ASOCIADOS	9
3.3. CULTIVOS ENERGÉTICOS EN ESPAÑA	12
3.3.1. Valoración y selección zonal	14
3.3.2. Requerimientos de suelo y clima	15
3.3.3. Ubicación de la plantación	15
3.3.4. Densidad, diseño y turno	15
3.3.5. Elección y preparación del material vegetal	16
3.3.6. Labores de acondicionamiento previo del terreno	16
3.3.7. La plantación	17
3.3.8. Tratamientos culturales	17
3.3.9. Cosecha	19
3.3.10. Manejo de la plantación tras la corta	20
3.4. BIOCARBURANTES	22
3.5. PROYECTOS EMPRESARIALES PARA LA UTILIZACIÓN ENERGÉTICA DE LA BIOMASA	25
3.5.1. Proyectos empresariales en biomasa térmica	25
3.5.2. Proyectos empresariales en biomasa eléctrica	35
3.5.3 Co Combustión	48
3.5.4. Uso de bioetanol y biodiesel de primera generación	51
3.5.4.1 Uso del bioetanol	54
3.5.4.2 Uso del biodiésel	55
3.6. PRINCIPALES BARRERAS Y RETOS PARA EL DESARROLLO COMERCIAL DE LA BIOMASA.	56

<u>4. PLANES DE FOMENTO PARA EL DESARROLLO DE LA BIOMASA EN ESPAÑA</u>	<u>59</u>
<u>5. INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN BIOMASA COMO ENERGÍA RENOVABLE</u>	<u>67</u>
<u>5.1 JUSTIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES EN I+D EN LA BIOMASA COMO ENERGÍA RENOVABLE</u>	<u>67</u>
<u>5.2 PRODUCCIÓN DE MATERIA PRIMA PARA APLICACIONES ENERGÉTICAS</u>	<u>68</u>
<u>5.3 PROCESOS AVANZADOS DE CONVERSIÓN TERMOELÉCTRICA</u>	<u>73</u>
<u>5.4 BIOCOMBUSTIBLES DE SEGUNDA GENERACIÓN</u>	<u>75</u>
<u>5.5. INTEGRACIÓN Y USO FINAL. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS</u>	<u>76</u>
<u>6. PLANTAS DE BIOMASA INDUSTRIALES (ELÉCTRICAS, TÉRMICAS Y BIOGAS)</u>	<u>80</u>
<u>6.1 Plantas de biomasa industriales de generación eléctrica.</u>	<u>82</u>
<u>6.2 Plantas de biomasa industriales de generación térmica.</u>	<u>83</u>
<u>6.3 Plantas de biomasa industriales de generación térmica y eléctrica.</u>	<u>83</u>
<u>6.4 Plantas de biomasa industriales de generación eléctrica con biogas.</u>	<u>84</u>
<u>7. CONCLUSIONES</u>	<u>86</u>
<u>8. BIBLIOGRAFÍA</u>	<u>88</u>

1. INTRODUCCIÓN

El documento elaborado por este Grupo de Trabajo trata de ofrecer una panorámica actual sobre la situación de la biomasa en nuestro país y plantear los retos de futuro que se aproximan bajo el escenario actual de alcanzar el objetivo de un 20% de renovables en el consumo final de energía para el año 2020 abordando aspectos tales como recursos, tecnologías, mercados y políticas. Existe una inquietud de un sector que considera la biomasa como un reto de futuro para el profesional del sector del medio rural y natural. Sin lugar a dudas, la biomasa es un sector clave para España y la UE a la hora de alcanzar sus objetivos en materia de energías renovables y sostenibilidad. Al igual que otras energías renovables, permite disminuir la dependencia energética externa, así como reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Además, favorece el mantenimiento y diversificación del sector forestal, contribuyendo así al desarrollo de empleo especialmente en el ámbito rural.

La biomasa es, desde el punto de vista energético, un combustible procedente de productos y residuos naturales (agrícolas o forestales). El Diccionario de la Real Academia Española lo define como “materia total de los seres que viven en un lugar determinado, expresada en peso por unidad de área o de volumen” y también como “materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía”.

Hay varios tipos de biomasa utilizables como fuente de energía, distinguiéndose los que corresponden al entorno forestal de los del agrícola. La biomasa de origen forestal permite diversas clasificaciones, según proceda de cortas de masas no comerciales, de restos de corta de otras especies comerciales o de residuos de las industrias forestales (serrerías, polvo de lijado, etc.). La agrícola también presenta diferentes orígenes (orujo, paja, cardo, maíz) e igualmente aporta residuos de sus industrias (alpechines, cáscaras de frutos secos, harineras, etc.). Por último, también se obtiene biomasa de cultivos energéticos, tanto forestales (chopo, eucalipto, paulonia, acacia, salix, etc.) como agrícolas (sorgo, colza, etc.).

Los desarrollos tecnológicos que repercutan en una mejora de la eficiencia y coste de las instalaciones, la aplicación de criterios medioambientales y socio-económicos en los usos de la biomasa así como los incentivos a su producción son aspectos fundamentales para su desarrollo. La selección e implantación de cultivos energéticos y la optimización de los sistemas de aprovechamiento de los residuos, tanto agrarios, ganaderos como forestales, permitirán aumentar el potencial de producción de biomasa necesaria para hacer frente a los objetivos propuestos.

La energía que se produce a partir de la biomasa puede ser básicamente eléctrica, eléctrica y térmica o sólo térmica. La principal tecnología empleada es la cogeneración. En Europa representa alrededor de tres cuartas partes de la energía eléctrica total y los principales productores de energía con biomasa tienen más potencia instalada en cogeneración que en electricidad. Suecia, Alemania y Dinamarca, entre otros, no tienen plantas que sólo produzcan electricidad. Respecto al aprovechamiento eléctrico, la materia combustible que se considera biomasa a los efectos del Régimen Especial de Generación de Electricidad presenta un abanico muy amplio y se clasifica en tres subgrupos que, resumidamente, con sus orígenes más característicos, se detallan a continuación:

- Cultivos energéticos agrícolas, básicamente herbáceos o leñosos, así como los residuos de actividades agrícolas y forestales.

- Biogás procedente de vertederos incluidos los de residuos sólidos urbanos, así como de la biodigestión anaerobia de residuos biodegradables industriales, ganaderos y agrícolas.
- Residuos de las empresas agroindustriales, de instalaciones industriales del sector forestal y los licores negros de la industria papelera.

Respecto al uso final térmico, dada la dificultad de asegurar grandes volúmenes a través de empresas de logística y de abastecimiento de biomasa, sólo aquellas empresas que pueden autoconsumir sus residuos o el sector doméstico, cuyo sistema de distribución es menos complicado, pueden presentar cifras relevantes e consumo.

En España, el “Plan de Fomento de las Energía Renovables para el periodo 2000-2010” (IDAE, 1999) establecía como objetivo producir con energías renovables el 12% de la energía primaria consumida. Tras su revisión, el “Plan de Energías Renovables-PER-2005-2010” establece dos cifras a alcanzar en la producción con energías renovables: el 12,1% de la energía primaria consumida y el 30,3% del consumo bruto de electricidad (IDAE, 2005). El plan incluye el sector de la biomasa entre los que se deben dinamizar para cumplir dichos objetivos, reflejando un ambicioso reto de producción de energía eléctrica con biomasa (incremento de la producción en 1695 Mw) y un más reducido objetivo de producción de energía térmica con biomasa (583 Ktep).

2. OBJETIVOS

Con este documento hemos pretendido analizar el potencial y los limitantes de la biomasa forestal residual y de los cultivos energéticos leñosos como un recurso más del monte y una fuente de energía renovable, para después proponer unas líneas estratégicas y actuaciones concretas.

Se ha realizado una descripción de la situación actual del aprovechamiento de la biomasa forestal a través de conocer las fuentes y tipos de biomasa, los recursos potenciales y aprovechables y su disponibilidad y movilización.

Se ha considerado fundamental conocer la situación actual de los cultivos energéticos forestales en España y todo lo relacionado con los biocarburantes. También se ha pretendido plasmar las tendencias de futuro de la biomasa en nuestro país, abordando aspectos tales como recursos, tecnologías, mercados y políticas, fomentando el uso de la biomasa como recurso energético y aumentando la visibilidad social de la biomasa como recurso energético renovable.

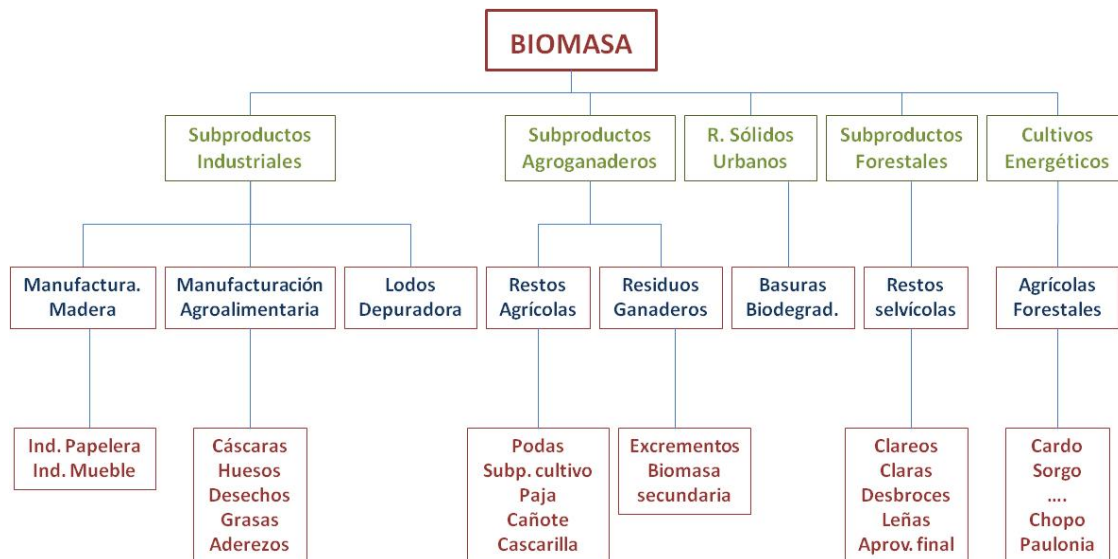
No podíamos dejar de lado el estudio de las consecuencias ambientales y sociales de este aprovechamiento y la valoración de costes asociados así como las pretensiones en cuanto a investigación y desarrollo de la biomasa como energía renovable.

3. SITUACIÓN ACTUAL Y FUTURA DE LA BIOMASA COMO RECURSO ENERGÉTICO

3.1. FUENTES Y TIPOS DE BIOMASA. RECURSOS POTENCIALES Y APROVECHABLES. DISPONIBILIDAD Y MOVILIZACIÓN

La definición que en la Directiva 2009/28 del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de abril de 2009 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables define la biomasa como “la fracción biodegradable de los productos, desechos y residuos de origen biológico procedentes de actividades agrarias (incluidas las sustancias de origen vegetal y de origen animal), de la silvicultura y de las industrias conexas, incluidas la pesca y la acuicultura, así como la fracción biodegradable de los residuos industriales y municipales.”

En esta amplia definición se engloban múltiples y variadas materias susceptibles de ser utilizadas en la producción de energía, como queda reflejado en el siguiente esquema:



- *Biomasa procedente de actividades forestales directas.* Incluyen los productos derivados de la gestión de masas forestales (biomasa procedente de clareos, claros o aprovechamientos finales), los subproductos y restos generados en las actividades selvícolas (leñas, ramas y ramillas, tocones, desbroces de matorral y herbáceas, madera de incendios, etc.) y los cultivos energéticos forestales (plantaciones forestales de turno corto).
- *Biomasa procedente de actividades agrícolas directas y ganaderas.* Tanto los cultivos energéticos agrícolas como aquella biomasa procedente del aprovechamiento de los restos de actividades agrícolas y los restos de la actividad ganadera.
- *Biomasa procedente de subproductos industriales* (industrias de la madera e industrias agroalimentarias, básicamente) *y de residuos orgánicos* (residuos urbanos, lodos de depuradora,...) aptos para la producción de energía.

Se puede definir biomasa potencial como la totalidad del recurso que sería posible obtener, de manera teórica, si todos los recursos de biomasa fueran utilizables de forma óptima, sin pérdidas en la explotación, transporte y preparación del recurso. Las diversas procedencias del recurso (esquema anterior) hacen que realizar una cuantificación de la biomasa potencial sea complicada, al encontrarse inmersos múltiples actores (agrícolas y ganaderos, forestales, industriales, residuos sólidos,...).

La cantidad de biomasa aprovechable se refiere a aquella cantidad de biomasa que esta disponible realmente, debido a que su obtención total es imposible por imposibilidades tecnológicas, de transporte y transformación.

En relación a la disponibilidad de biomasa, hay que reseñar que otras industrias realizan un aprovechamiento de este recurso, por tanto no toda la biomasa aprovechable es biomasa disponible para fines energéticos. Actualmente, tanto la producción de energía con biomasa como la industria de producción de papel y la industria de la madera (fundamentalmente el sector de fabricación de tableros) requieren biomasa en la fabricación de sus productos finales. De igual manera, en todos los procesos de la cadena de transformación de madera se ha utilizado una parte de la biomasa para aprovechamientos térmicos o termoeléctricos y esto ocurre actualmente en ambos sectores comentados.

La cantidad de biomasa que puede ser utilizada, a partir de los diferentes orígenes, siendo técnicamente aprovechable y existente en el mercado, es aquella que denominaremos biomasa disponible.

El término movilización hace referencia a la acción y efecto de poner en actividad o movimiento. Cuando hablamos de movilización de la biomasa expresamos la incorporación de este recurso en el proceso productivo energético, nos referimos a la puesta en el mercado de la biomasa como materia prima para la producción de energía.

La Directiva 2009/28 del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de abril de 2009 hace referencia explícita en varios puntos del texto a la necesidad de establecer medidas específicas para movilizar “nueva” biomasa que aumente la biomasa disponible, en el marco de cumplimiento de los objetivos nacionales sectoriales establecidos en los planes de acción nacional en materia de energía renovable.

3.2. IMPLICACIONES MEDIOAMBIENTALES Y SOCIALES DE LA PRODUCCIÓN Y USO DE LA BIOMASA. VALORACIÓN DE COSTES ASOCIADOS

La producción y uso de la biomasa tiene que apoyarse en criterios de lógica económica, ecológica y social.

Desde un punto de vista económico la utilización de biomasa supone:

- Mejora de la garantía de suministro ya que es un combustible local.
- Disminución de costes de suministro energético respecto a combustibles de importación.
- Mayor estabilidad de precios.
- Mejora de la rentabilidad de la industria que genera subproductos biomásicos aumentando su competitividad.
- Disminución del déficit exterior.

Desde una perspectiva social:

- Genera puestos de trabajo en el medio rural en mucha mayor medida que cualquier otro combustible alternativo
- Genera puestos de trabajo en actividades de mantenimiento en mucha mayor medida que los combustibles fósiles pero de forma competitiva por el menor coste de la biomasa sobre los combustibles alternativos.
- Avanza hacia una economía libre en carbono sin afectar a la calidad de vida ya que es básicamente la energía renovable gestionable.

Desde una óptica medioambiental:

- Contribuye al mejor cumplimiento de los compromisos de España en los objetivos 20-20-20, En particular:
 - Reducción de emisiones de CO₂: mitigación del cambio climático.
 - Utilización de energías renovables
 - Mayor eficiencia energética desde el momento que una parte significativa de la biomasa se pudre o quema en las cunetas para su destrucción.
- Es una energía renovable, totalmente compatible con la protección de nuestro entorno.
- La utilización energética de subproductos domésticos y de la industria que actualmente van a vertedero reduce el volumen de material desechado y aumenta la duración de dichos depósitos de rechazos.
- Facilita la gestión de los montes colaborando al aprovechamiento sostenible de sus productos, especialmente para masas forestales de especies con aprovechamiento energético tradicional que se abandonó con la generalización del butano.
- Facilita la recogida de restos del cultivo agrícola.
- Disminuye los riesgos de incendio mejorando por tanto a largo plazo la biodiversidad.
- Mejora el estado fitosanitario de los montes reduciendo el riesgo de plagas.
- Pone en valor amplias superficies agrícolas y forestales marginales que actualmente están sumidas en el abandono.

A modo de ejemplo y sin pretender ser exhaustivos exponemos tres posibilidades:
Biomasa forestal primaria

La disponibilidad de biomasa forestal primaria en nuestros montes disponible para usos energéticos es muy alta. Se puede estimar en más de 10 millones de toneladas anuales, las mínimas necesarias para recuperar un nivel de gestión silvícola razonable, totalmente necesario para la mejora de nuestras masas. Estas cantidades se pueden multiplicar con los cultivos energéticos.

La utilización de esta biomasa se autofinancia en precios de 15-20 €/MWh generando aproximadamente 10.000 puestos de trabajo directos en monte.

Se crean, sólo en los trabajos de recogida, tratamiento y distribución del combustible, 10.000 puestos de trabajo. Estos trabajadores generan cotizaciones sociales y fiscales que no se producen con combustibles de importación.

También hay que tener en cuenta que, solo con esta parte de la biomasa forestal, se evita la importación de algo más de veinte millones de barriles de petróleo por valor de

1.200 millones de euros/año a los precios actuales, (80 \$/barril a 1,35 \$/€) impidiendo una importante salida de divisas.

Al mismo tiempo se deja de emitir a la atmósfera más de 8,7 millones de toneladas de CO₂/año si consideramos sustitución de gasóleo para usos térmicos. El coste de estas emisiones a 16 €/tm asciende a 140 millones de euros anuales.

En la estimación de empleo generado no se ha tenido en cuenta los empleos generados en la construcción o mantenimiento de las instalaciones de consumo.

Subproductos industriales

Resulta más difícil realizar una cuantificación de los empleos generados en aprovechamiento de subproductos industriales como orujillo, cáscara de almendra, corteza de madera, serrines, cascarilla de arroz, restos de maíz, etc. dada su diversidad de características y costes de valorización.

No obstante resulta evidente que las incipientes redes de comercialización en España del orujillo o hueso de aceituna como combustible, que mayoritariamente se destina a la exportación, están transformando un problema ambiental serio de eliminación de una gran cantidad de residuo con importantes costes de gestión en una oportunidad de negocio con un subproducto que genera ingresos no despreciables.

Por una parte esta gestión genera puestos de trabajo en acondicionamiento del orujillo y transporte que se financian con los ingresos de la venta. Por otra la eliminación de costes de gestión y/o obtención de ingresos por parte de las almazaras permite a estas aumentar su competitividad. Resulta difícil valorar la capacidad de generación de empleo del aumento de competitividad pero puede ser mucho más importante que el empleo directo generado.

De igual modo podríamos analizar la evolución actual o futura de muchos otros de los subproductos indicados. El aumento de la demanda va a suponer un aumento de precio hasta alcanzar los precios de equilibrio con el aprovechamiento de biomasa primaria.

Lamentablemente muchos de estos subproductos debidamente acondicionados se destinan a la exportación a países como Gran Bretaña, Francia, Italia o Bélgica por la falta de consumo local.

El incipiente mercado de consumo, granjas industriales, secaderos, etc. se está beneficiando de costes de energía inferiores a los que asumía utilizando gasóleo o GLP, aumentando igualmente su competitividad.

Instalaciones de consumo y valorización

Los sistemas en los que de forma más eficiente se puede utilizar la biomasa, redes de calor con cogeneración, se basan en la utilización de combustibles más económicos y gestión más sofisticada, lo que requiere por una parte importantes inversiones y, por otra, genera más empleo y además de calidad. La biomasa en estos sistemas es perfectamente compatible con energía solar, geotérmica, calor residual de la industria o combustibles fósiles. Destacar, por ejemplo, que el master plan de la red de calefacción de Copenhague prevé para 2025 que la red de calefacción que, abastece

al 98% de los habitantes, se suministre en un 70% con biomasa, dos millones de toneladas¹.

Comarcas de Austria como Estyria donde la biomasa se ha generalizado para usos térmicos, electricidad y biocombustibles demuestran que se generan 14 empleos por cada empleo que se sustituye en los sectores basados en combustibles fósiles obteniendo la energía a precios iguales o inferiores a los anteriores y niveles de confort iguales o superiores dado el elevado componente tecnológico de la implantación.

En España la generación eléctrica con biomasa esta permitiendo a empresas como ENCE, aprovechando las sinergias con su actividad principal afirmar sin ambages que la E final de su acrónimo ahora hace referencia a Energía y es la base de su plan de inversiones.

En conclusión:

La biomasa ofrece muchas oportunidades a nuestro país. La biomasa se autofinancia, no incrementa el déficit tarifario, es una energía autóctona, ecológica y más barata que el gasóleo o el gas y supone claramente una mayor eficiencia energética como país. Se debe apostar, en el momento actual y de cara al futuro, por la promoción del uso y aprovechamiento de la biomasa, desde el enfoque de eficiencia y las oportunidades que ofrece esta fuente de energía en el ámbito de la sostenibilidad urbanística.

La valorización de la biomasa y la constitución de un mercado para este recurso energético es posible y deseable a partir del momento en que se creen los instrumentos de apoyo políticos y económicos necesarios. Es necesaria una participación activa de particulares, empresas y administración. El reto a partir de ahora se centra en potenciar la biomasa en el nuevo PER 2011-2020, llevar a cabo una importante labor de comunicación y divulgación a la sociedad, de cara a fomentar la demanda de este producto con la Administración en un papel demostrativo promoviendo el uso de esta energía en edificios públicos.

3.3. CULTIVOS ENERGÉTICOS EN ESPAÑA

El sector bioenergético en España mantiene su protagonismo en el nuevo Plan de Acción Nacional de Energías Renovables (PANER 2.011-2.020).

Las biomásas de origen natural provenientes de nuestros recursos forestales y muchos de los subproductos que se originan de la actividad del sector agrario y agroindustrial y de los sectores del aprovechamiento de la madera, han sido y siguen siendo los principales recursos que abastecen a los numerosos y variados centros de generación energética con biomasa.

La necesidad de garantizar, complementar o focalizar una logística de suministro adecuada, sobre todo en los centros de gran demanda, como son las plantas de producción eléctrica con biomasa, ha promovido el desarrollo de los cultivos

1.-Heat plan for the capital area of Denmark. Lars Gullev. Hot Cool 3-09. Revista de la Asociación Danesa de District Heating (DBDH).

energéticos, que cuentan con la ventaja de que su producción puede planificarse y optimizarse de acuerdo a las necesidades planteadas por dicha demanda.

Esta característica les va a proporcionar un enorme protagonismo dentro del sector bioenergético, pero además, con una enorme repercusión positiva en los sectores agrícola y forestal, muy necesitados de nuevas alternativas y oportunidades.

DEFINICIÓN DE CULTIVO ENERGÉTICO

El RD 661/2007 de 25 de mayo, que regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial, estimula de forma directa la implantación y desarrollo de los cultivos energéticos, al favorecer con primas diferenciadas las producciones provenientes de dichos cultivos (subgrupo b.6.1). Esta discriminación positiva, obliga a definir y a clasificar cultivo energético. Así, dicha normativa define separadamente cultivo energético agrícola y cultivo energético forestal, de la siguiente manera:

a) Cultivo energético agrícola

Biomasa, de origen agrícola, producida expresa y únicamente con fines energéticos, mediante las actividades de cultivo, cosecha y, en caso necesario, procesado de materias primas recolectadas. Según su origen se dividen en: herbáceos o leñosos.

b) Cultivo energético forestal

Biomasa de origen forestal, procedente del aprovechamiento principal de masas forestales, originadas mediante actividades de cultivo, cosecha y en caso necesario, procesado de las materias primas recolectadas y cuyo destino final sea el energético. Una definición genérica, propia de una normativa de este tipo, puede acarrear diferentes interpretaciones. Así, en el sector forestal han surgido matices y posturas encontradas respecto a la definición de cultivo energético forestal. De esta manera, en bosques donde predominan especies del género *Quercus*, que tradicionalmente fueron aprovechados para leñas y carboneo, ya no tienen este uso y en la actualidad se les dota únicamente de un valor medioambiental, y por tanto, su aprovechamiento no puede desligarse de un manejo y un uso condicionados. De igual manera, en las superficies repobladas de coníferas o eucalipto, cuyo uso principal no es el energético, pueden establecerse fases en su manejo donde se obtienen grandes cantidades de biomasa perfectamente caracterizables con destino energético.

Por tanto, es necesario puntualizar, redefinir y consensuar este nuevo concepto de cultivo energético forestal, que bien podría llamarse cultivo energético <<de oportunidad>>, de cara a su inclusión en los subgrupos del RD 661/2007.

El cultivo energético agrícola no tiene dudas en la interpretación de su definición. Dentro de este grupo, nos vamos a centrar en los cultivos energéticos leñosos cultivados en alta densidad y turno corto. Esta línea de trabajo está alcanzando un desarrollo importante debido a su enorme capacidad productiva en biomasa y a sus buenas características de cara a su valorización energética.

Esta tipología de cultivo utiliza especies de crecimiento rápido (chopo, eucalipto, paulownia, sauce, etc.), bajo un sistema de manejo intensivo y con un turno de corta muy reducido. Además estas especies cumplen otros requisitos necesarios para garantizar la viabilidad de un cultivo energético, como son:

- La facilidad de establecimiento de la plantación.
- Ser especies de crecimiento rápido con elevadas producciones potenciales.
- Ser capaces de producir un rebrote vigoroso después de cada turno.

- Presentar balances energéticos positivos.
- Tener necesidades de agroquímicos reducidas, en comparación con especies agrícolas.
- La posibilidad de ser utilizados para otros usos medioambientales complementarios.

Tabla de especies leñosas susceptibles de aprovechamiento como cultivo energético.

NOMBRE COMÚN	GENERO BOTÁNICO
Chopo	Populus spp.
Eucalipto	Eucalyptus spp.
Paulonia	Paulownia spp.
Sauce	Salix spp.
Robinia	Robinia spp.
Olmo de Siberia	Ulmus pumila L.
Aliso	Alnus spp.
Plátano de paseo	Platanus spp.
Fresno	Fraxinus spp.
Abedul	Betula spp.
Haya	Fagus spp.
Liquidámbar	Liquidambar spp.
Castaño	Castanea spp.
Ailanto	Ailanthus spp.
Higuera	Ficus spp.

PROCESOS Y REQUERIMIENTOS GENÉRICOS PARA EL ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DE LA PLANTACIÓN DE UN CULTIVO ENERGÉTICO LEÑOSO

Para dar forma a este apartado se han tenido en cuenta los trabajos y experiencias que con cultivos energéticos leñosos han llevado a cabo con chopo en el INIA y con eucalipto en la empresa ENCE.

3.3.1. Valoración y selección zonal

Antes de establecer un cultivo energético hay que comprobar que se cumplen unos requisitos mínimos de aptitud (climática y edáfica) para el crecimiento de la especie, así como la adecuación de la parcela en relación a las prácticas de manejo que se van a derivar de su aprovechamiento.

3.3.2. Requerimientos de suelo y clima

Cada uno de los géneros planteados como cultivo energético plantea condiciones edafoclimáticas diferentes. A su vez, en cada género, se van identificando las especies, híbridos y/o clones con mayor potencial para la producción de biomasa de acuerdo a las características ecológicas y su tolerancia a los diferentes parámetros edáficos y regímenes de cultivo (secano-regadío) de cada lugar. Gracias a esta plasticidad ecológica, se hace posible la elección del material vegetal a cultivar de acuerdo a las condiciones de cultivo del área elegida. Con ello, conseguimos optimizar la gestión del territorio a cultivar y garantizar de este modo la mayor respuesta en rendimiento energético para cada sitio.

Para conocer las características del suelo, es prescriptivo realizar un análisis de una o varias muestras. La forma de realizarlo será por procedimientos habituales, ya sea mediante la toma de muestras ayudándonos de una barrena o la apertura de una calicata, tomando las muestras necesarias según los horizontes visualizados.

Respecto al clima, nos vamos a encontrar climas mediterráneos con mayor o menor grado de continentalidad en gran parte de la geografía española, pero en cualquier caso siempre con una marcada sequía estival, es decir, con varios meses sin precipitaciones durante el periodo vegetativo y con altas temperaturas en verano. Esta característica hace imprescindible el riego, y por tanto, la producción final estará en buena medida condicionada por la disponibilidad hídrica durante el periodo vegetativo.

3.3.3. Ubicación de la plantación

La elección de la parcela requiere de una serie de consideraciones derivadas de su manejo, como son:

- La facilidad de acceso a la parcela por parte de la maquinaria.
- Disponer de una red de carreteras próxima para reducir tiempos de transporte.
- Una distancia óptima a la planta de valorización.
- Evitar los vuelos de los tendidos eléctricos, o en su caso evitar la plantación bajo dichos tendidos.
- Evitar pendientes superiores al 10%.
- Dar preferencia a las parcelas con formas regulares, para lograr mayor eficiencia y/o movilidad en el manejo del cultivo con la maquinaria.
- Considerar posibles restricciones ambientales y paisajísticas.

3.3.4. Densidad, diseño y turno

Seleccionado el emplazamiento de la plantación, hay que plantearse qué densidad de plantación se va a utilizar, con qué diseño y cual será el turno de corta más conveniente. Las posibilidades son diversas y la decisión última está sujeta a la definición correcta del sistema de manejo, de las diferentes hipótesis de rendimiento económico y de la eficiencia energética y ambiental.

Todavía surgen dudas en la implantación de los cultivos en muchas de nuestras zonas con capacidad productiva, ya que se está trabajando en la realización de ensayos demostrativos previos a una implementación masiva.

	Chopo	Eucalipto	Paulonia
Densidad (plantas/ha)	Entre 6.000 y 12.000	Entre 2.500 y 3.333	1.666 (2 m x 3 m)
Las densidades han sido identificadas en cada caso a partir de ensayos experimentales en los que se ha estudiado la influencia de esta variable en la tasa de crecimiento, calidad de la biomasa producida, edad de culminación del crecimiento medio anual (IMA) y en el conjunto de tratamientos necesarios para su gestión y aprovechamiento y, consecuentemente, en los costes de producción.			
Diseño	Hilera Simple. Hilera Doble.	Marco rectangular. Hilera simple. La separación entre líneas \geq 3 m.	Hilera Simple
La fila Simple ofrece mayor facilidad de manejo en las tareas del cultivo, mientras que la fila Doble hace más eficiente la tarea de la recolección.			
Turno y rotación	2-5 años y al menos 5 rotaciones de cultivo	3 años y al menos 5 rotaciones de cultivo.	3 años y prevista 7 rotaciones de cultivo
La elección del turno de corta va ligada a la densidad inicial y viceversa: densidades elevadas turnos cortos (mayor competencia por agua, luz y nutrientes). El sistema es flexible dado que en ningún caso el turno elegido compromete la capacidad de rebrote del cultivo, aunque pueden presentarse limitaciones en cuanto al diámetro de corta. La fijación del turno en cada rotación y el número de éstas puede adaptarse a condicionantes técnicos (maximización del crecimiento medio de la plantación, de cosecha, mecanización,...), ambientales (los particulares de cada rotación) y económicos (variables de acuerdo a la inversión realizada) en cada situación.			

3.3.5. Elección y preparación del material vegetal

En buena medida, el cultivo en alta densidad y turnos cortos se ha estado realizando a partir del material seleccionado para el cultivo tradicional de producción de madera, buscando entre aquellos que muestran características adecuadas como son el crecimiento juvenil rápido, producción elevada y continua de brotes, capacidad de crecer en densidades altas, amplia utilización del periodo vegetativo, respuesta positiva a los tratamientos culturales, aptitud para el recepe, la resistencia a enfermedades y plagas, etc.

Es necesaria una correcta conservación del material vegetal hasta el momento de plantar. Es uno de los factores que contribuye al éxito de la plantación.

3.3.6. Labores de acondicionamiento previo del terreno

Una vez seleccionada la parcela, el material vegetal a emplear y el diseño, se pasa a la preparación del terreno y al establecimiento del sistema de riego a emplear.

Las prescripciones técnicas para la correcta preparación del terreno son bien distintas dependiendo de la especie y de las características del sitio de plantación. En general, se deben aplicar preferentemente cuando el suelo tenga tempero.

En todos los casos, el tratamiento se centra en la eliminación de la vegetación pre-existente y el posterior control de malas hierbas y malezas. Esta es una labor crítica para conseguir una buena implantación y desarrollo del cultivo. El objetivo último es realizar ésta con ausencia absoluta de hierba en el terreno. De acuerdo con el tipo de maleza y el sitio se considera la posibilidad de emplear herbicidas de pre-emergencia.

	Labor en el terreno	Apero / Profundidad
SUBSOLADO	Descompacta y aumenta la profundidad útil del perfil del suelo, aumentando el volumen útil de suelo a explorar por el sistema radicular. Necesario cuando se detectan zonas muy compactas en profundidad.	Rejón subsolador / > 50 cm.
ALZADO	Permite mullir el suelo aumentando su aireación Incorpora al suelo la materia orgánica procedente de restos vegetales. Mejora la estructura y capacidad de retención de agua del suelo.	Arado discos / 20 cm. Arado vertedera / 30 cm.
GRADEO	Deja mullida la capa arable facilitando la colocación y contacto de la estaquilla y/o plantón con el suelo para un mejor arraigue. Elimina último brote de malas hierbas antes de plantación.	Cultivador (labor cruzada superficial) / 15 cm.

3.3.7. La plantación

La plantación se suele realizar al finalizar el invierno e incluso, en algunas zonas, al inicio de la primavera, intentando evitar daños por heladas.

Se pueden realizar de manera manual, aunque ya existen máquinas plantadoras de diferentes tipologías que facilitan la labor y acrecientan la efectividad de la plantación.

En el caso de utilizar estaquillas, en plantaciones de chopo, es muy importante que no estén brotadas cuando se vaya a plantar para evitar altos porcentajes de marras. Esta particularidad es significativa por dos razones: se rompen muchas yemas durante el proceso y además, existe un desequilibrio entre la actividad de la parte aérea y la actividad radicular. También pueden existir incidencias sobre las yemas cuando se aplican herbicidas.

La orientación de las yemas (con una o dos yemas por estaquilla) es un detalle a tener muy en cuenta. Para evitar fallos debidos a descuidos de los operarios, es interesante cortar el extremo inferior de la estaquilla en ángulo. Por otra parte, deben situarse hacia arriba sobresaliendo del terreno entre 2-4 cm., o incluso cubrirlas con tierra cuando la zona tenga alto riesgo de helada.

3.3.8. Tratamientos culturales.

Reposición de marras

El éxito de una plantación puede valorarse en función del porcentaje de marras. Si dicho porcentaje supera el 15% habría que plantearse levantar la plantación y volver a instalarla la campaña siguiente. Con un porcentaje inferior, entre el 5 y el 15% habría

que valorar el motivo de dicha incidencia (mala conservación de la estaquilla, mala elección del momento de plantación, inadecuación del terreno, competencia por malas hierbas, etc.) y realizar la reposición lo antes posible para evitar la desventaja competitiva del período vegetativo al año siguiente. Para ello, es conveniente disponer de material vegetal en cámaras de frío (latencia de yemas de la estaquilla) para realizar la plantación incluso en verano, o poner plantas de una savia en cartucho.

Eliminación de la vegetación competidora

Es necesario un control eficaz de las malas hierbas mediante labores mecánicas con cultivador, o la aplicación de tratamientos herbicidas no residuales, no selectivos y translocables, que minimizarán el problema a lo largo del periodo vegetativo del cultivo. La materia activa glifosato cumple con estos requisitos, estando autorizado su uso para esta finalidad, si bien hay que tener en cuenta su alta solubilidad si existen cursos de agua próximos. La dosis para el control de malas hierbas perennes oscila entre 6 y 12 l/ha, dependiendo del estadio en el que se encuentren.

Fertilización

La aplicación de fertilizantes debe ser determinada en función de los resultados de los análisis de suelo, de tal forma que se eviten tratamientos innecesarios que suponen un elevado coste tanto en términos económicos como medioambientales. La fertilización debe de asegurar las necesidades nutritivas del cultivo a la par que mantener los niveles de fertilidad del suelo.

Para las plantaciones de cultivos energéticos se proyectan fertilizaciones de implantación y de mantenimiento. Las primeras tratan de asegurar el arranque y desarrollo de la plantación atendiendo a satisfacer las demandas iniciales de la planta. La fertilización de mantenimiento trata de asegurar la reposición de los elementos deficitarios en el sistema de acuerdo al balance de fijaciones y exportaciones del cultivo. Por este motivo se realiza al menos una fertilización de mantenimiento en cada rotación del cultivo.

Gestión del riego

La optimización de la gestión en el uso del agua en plantaciones de cultivos energéticos permite alcanzar resultados muy buenos con el empleo de cuotas de riego muy bajas. En plantaciones de eucalipto gestionadas por ENCE en el SO de España, se han completado ciclos de cultivo exitosos con el uso de menos de 2.000 m³ de agua/ha/año. Esto se consigue con la aplicación de técnicas modernas de riego localizado (goteo), y la gestión específica del riego de acuerdo a la ecología de cada especie.

Este tipo de riego de bajo caudal y alta frecuencia, a pesar de su mayor coste inicial de instalación, permite el ahorro de un considerable volumen de agua (suelo mojado en torno al 35%), lo que evita pérdidas por evaporación, el menor lavado de nutrientes del suelo, y la menor presencia de malas hierbas competidoras. Paralelamente, este sistema de riego posibilita la aplicación de fertilizante a través del mismo.

Control de daños bióticos y abióticos

La presencia de plagas o enfermedades que provoquen pérdidas significativas de follaje durante el periodo vegetativo o perforaciones significativas en la madera, pueden tener repercusiones muy negativas en términos de producción, por lo que constituyen uno de los principales focos de atención en las plantaciones de cultivos energéticos en alta densidad.

Las medidas preventivas para evitar problemas fitopatológicos pasan por la utilización de material tolerante, así como el favorecer la mayor diversidad genética del material que se emplea en las plantaciones, siendo para ello aconsejable introducir al menos 5 variedades distintas.

Chopo	Eucalipto	Paulonia
Hongos		
<i>Melampsora sp.</i>		
Insectos defoliadores		
<i>Venturia populina</i> (Vuill.) <i>Marsonnina brunnea</i> (Ell. et Ev.) <i>Melasoma populi</i> L., <i>Leucoma salicis</i> L., <i>Lymantria dispar</i> L., <i>Dicranura iberica</i> L	Gonipterus scutellatus. control biológico a partir del parasitoide <i>Anaphes nitens</i> .	

Chopo	Eucalipto	Paulonia
Insectos perforadores		
<i>Cryptorrhynchus lapathi</i> L. <i>Saperda carcharias</i> L. <i>Paranthrene tabaniformis</i> Rott.	<i>Phoracantha semipunctata</i> <i>Phoracantha recurva</i> control biológico a partir del himenoptero parasitoide <i>Avetianella longoi</i>	
Insectos chupadores		
	<i>Glycaspis brimblecombei</i> . control biológico a partir del parasitoide <i>Psyllaephagus bliteus</i>	

También podemos tener posibles daños abióticos (producidos por adversidades de tipo físico):

- Riesgo por heladas, que pueden provocar ennegrecimientos en las nuevas hojas así como resquebrajamientos en la corteza.
- Riesgo por granizadas intensas que pueden provocar defoliaciones importantes.
- Inadecuación de terrenos, por malas condiciones edafológicas en la estructura, textura, concentración salina, deficiencias en micronutrientes, etc.
- Daños por sequía, provocados por la falta de agua en los momentos críticos del periodo vegetativo.

3.3.9. Cosecha

Una vez alcanzado el turno se realiza la cosecha. Se ejecutará de manera mecanizada, ya que una corta manual será inviable desde el punto de vista económico. Existen máquinas para cosecha con astillado directo y máquinas para cosecha de planta entera ya sean de varas [cortadoras y cortadoras-compactadoras] o de tronco mediante multitaladoras forestales convencionales.

El período propicio será durante la parada vegetativa, después de la caída de la hoja y antes de que las nuevas yemas empiecen a brotar, evitando los momentos de alta humedad en el suelo ya que con el paso de las máquinas se produce una compactación excesiva del mismo.

Para asegurar viabilidad futura de la cepa, el corte se realizará a una altura entre los 5 y 10 cm sobre el suelo. La importancia de la altura de corte radica en no dañar el tocón

para el brote venidero por una parte, y por otra, no dificultar las tareas de corta venideras si la altura es excesiva.

	Chopo	Eucalipto	Paulonia
Rendimiento	35 t/ha/año	40 t/ha/año en regadío 15 t/ha/año en secano	35 t/ha/año

3.3.10. Manejo de la plantación tras la corta

El nuevo ciclo o turno comienza tras el nuevo rebrote de las cepas. La inexistencia de sombreo volverá a plantear el control de malas hierbas. Su incidencia se amortiguará mediante escarda química utilizando herbicidas de pre-emergencia y/o de post-emergencia, o mediante escarda mecánica con aperos de labor.

Agotados los ciclos de producción, se procedería al levantamiento de las cepas ayudándonos de aperos destocadores de vivero o utilizando retroexcavadora.

Clarificación de la normativa legal

Un sector que arranca junto a una normativa legal que ha de redactarse de manera genérica, puede plantear diferentes interpretaciones, que si no son resueltas, provocan incertidumbres en el sector. Por ello, es imprescindible unificar criterios, aclarar interrogantes y proporcionar confianza entre los productores que ya han introducido o se están planteando introducir cultivos energéticos para la producción de biomasa sólida orientada a la generación de energía térmica o eléctrica.

Algunas de las cuestiones que nos hemos planteado respecto a la producción y al uso de los <<cultivos energéticos>> son:

Relacionadas con la producción.

- ¿Se contempla en los supuestos PAC los cultivos energéticos (chopo, sauce, robinia,...) plurianuales en alta densidad y a rotación corta, en los supuestos de solicitud de ayuda?
- ¿Dichos cultivos recibirán cada año la ayuda establecida sin ningún problema?
- ¿Existirá algún impedimento administrativo para que las parcelas cultivadas con cultivos energéticos admitan el Pago Único?
- ¿Las parcelas en las que se realicen estos cultivos agroforestales tendrán algún tipo de modificación en cuanto a su ordenación productiva a la hora de su introducción?. ¿Pueden dejar de ser agrícolas?. ¿Cuáles serán las posibles repercusiones futuras?.

Relacionadas con la generación eléctrica

- ¿Cómo se acreditan las cantidades de cada tipo de biomasa en cada régimen?
- ¿Hay limitaciones, penalizaciones o repercusiones económicas si finalmente no se llegan a consumir las cuotas de cada biomasa previstas?
- ¿Es necesario presentar estadísticas mensuales de consumos y de producción eléctrica?.

Gestión de superficie cultivada

Conocer el comportamiento de los distintos cultivos energéticos en los diversos emplazamientos es una tarea importante cuando un cultivo comienza a desarrollarse.

Llevarla a cabo supone dotar de mayor eficiencia una gestión geocompartida del propio cultivo. Al mismo tiempo, se estaría dando cobertura al proceso de trazabilidad del material cosechado apoyándonos en herramientas SIG.

El seguimiento de la superficie cultivada es conveniente para poder realizar las intervenciones precisas en los momentos necesarios, así como disponer de datos que permitan efectuar una valoración final en términos económicos, energéticos y medioambientales.

Entre ellos podemos enumerar:

- Datos generales de la parcela: planos, registros, análisis de suelo, datos de cultivos o vegetación precedente, labores previas realizadas, etc.
- Replanteo adecuado de la parcela: distancia entre filas y entre plantas para garantizar la densidad deseada.
- Datos relativos a la adquisición y conservación del material vegetal.
- Información relativa a la tarea de plantación.
- Valoración del porcentaje de marras, eficiencia del control de las malas hierbas y vigor general de la plantación.
- Instalación y aplicación adecuada del riego. Cuantificación del mismo.
- Seguimiento de daños bióticos o abióticos.
- Anotación de otro tipo de intervenciones realizadas en la parcela.
- Turno de las cepas.

Estudios económicos implantación de cultivos energéticos

La implantación de un cultivo energético, siguiendo nuevos procesos productivos, necesita estar apoyada por estudios de viabilidad lo más precisos posible. Por ello, es conveniente conocer los costes y rentabilidad de los mismos. Se pueden plantear estudios promedio (generales) y por zonas en función de condiciones agro-edafometeorológicas e igualmente plantear toda la casuística, teniendo en cuenta parámetros como: densidad, volumen de riego, turno de corte, etc. Estos estudios aportarán criterios de racionalidad para establecer acuerdos comerciales justos entre las empresas productoras y las valorizadoras.

I+D+i + Demostración

Necesario un plan de coordinación intercentros y de asignación económica para el I+D+i en cultivos energéticos. Estudios sobre el material vegetal (clones), la utilización de micorrizas, dosis de riego, diseño y/o adaptación de maquinaria y equipos, etc.

Infraestructura para la producción y el consumo posterior de la biomasa producida

La potenciación de: una red de viveros, red de empresas de servicios agroforestales, red de centros logísticos polivalentes para la adecuación y primera transformación de la biomasa recolectada, red de consumidores (electricidad-calor).

Ejemplos

CHOPO. La Asociación Granadina de Cultivadores de Chopo, junto a GESTAMP BIOTÉRMICA, S.A., impulsan una planta bioeléctrica de 10 MWe en la Vega de Granada. Existen varias empresas de suministro de material vegetal como los viveros de TIPLAN, C.B. y BIOPAPLAR IBÉRICA, S.L.

En la actualidad, se están llevando a cabo en el CIFOR-INIA tareas de selección clonal que permitirán una mejor adecuación de los diferentes genotipos a los distintos ambientes.

EUCALIPTO. La empresa ENCE gestiona ya más de 7.000 ha dedicadas a la producción de eucaliptos, bajo este sistema de cultivo, en la zona del Sur-Oeste de España. La biomasa cosechada en dichos campos servirá para abastecer a la planta de generación eléctrica de 50 MWe que estará ubicada junto a la planta de fabricación de pasta de celulosa que dicha empresa tiene en Huelva. El propio grupo empresarial tiene una empresa orientada a la producción de material vegetal de reproducción, que es la empresa IBERSILVA, S.A. Esta empresa, después de varios años de desarrollo experimental, ha identificado diferentes especies del género eucalipto como las más eficientes para la producción energética en cultivos de ciclo corto, a partir de más de 50 ha dedicadas a ensayos con diferentes regímenes de cultivo y especies.

PAULONIA. La empresa RWE Innogy Iberia, S.L., tiene plantadas ya varios cientos de hectáreas en las provincias de Cádiz y Sevilla para su proyectada planta de Lebrija (Sevilla) de 10 MWe. Existe un vivero especializado en el material vegetal de paulonia que es la empresa COTEVISA, S.A.

CONCLUSIONES

- Los sectores agrícola y forestal necesitan con urgencia nuevas alternativas de cultivos. Los cultivos energéticos leñosos son una opción real.
- La evolución del desarrollo de los cultivos energéticos leñosos irá pareja a la puesta en funcionamiento de las plantas de generación eléctrica con biomasa.
- Existen un buen número de experiencias de estos cultivos en España, algunos auspiciados por la Administración Pública en diversos programas de experimentación y demostración y otros sostenidos por un pequeño grupo de empresas interesadas.
- El conocimiento del manejo de los cultivos en todas sus fases y los rendimientos obtenidos en las primeras cosechas, están facilitando el análisis de la viabilidad económica de estos cultivos.
- Las incertidumbres para su puesta en producción son asumibles dependiendo en qué zonas.
- Es necesario revisar la tarifa asignada para la producción bioeléctrica con cultivos energéticos, al menos durante los primeros años de arranque, para crear la estructura productiva en campo e impulsar el sector bioeléctrico.
- Existe una organización incipiente (empresas de valorización, productores y empresas auxiliares) que garantiza y facilita el proceso de implementación.

3.4. BIOCARBURANTES

Partiendo de la definición de combustible como cualquier sustancia que reacciona con el oxígeno del aire desprendiendo gran cantidad de calor (energía térmica), pueden definirse los biocombustibles como aquellas sustancias procedentes de materias orgánicas renovables (generalmente vegetales) que pueden ser empleadas como combustibles.

Existen biocombustibles sólidos, como la biomasa; gaseosos, como el biogás o el gas de gasificación; y líquidos, como los biocarburantes. En sentido estricto, por definición el petróleo también es un biocombustible, aunque se reserva este término para los combustibles obtenidos a partir de fuentes renovables de energía.

Se entiende por biocarburantes al conjunto de combustibles líquidos provenientes de distintas transformaciones de la biomasa y que, al presentar determinadas características físico-químicas similares a los carburantes convencionales derivados del petróleo, puede ser utilizados en motores de vehículos en sustitución de éstos (IDAE, 2005).

Los principales biocarburantes son el **bioetanol** y sus derivados, que puede sustituir parcial o totalmente a las gasolinas o a los aditivos que se utilizan en los motores de explosión para aumentar el índice de octano; y el **biodiésel**, como sucedáneo del gasóleo de automoción (también denominado biogasóleo o diéster), producido por transesterificación (reacción entre un éster y un alcohol) de aceites vegetales, naturales o usados. Otros productos líquidos tales como el metanol obtenido a partir de la biomasa tratada por procesos termoquímicos, los ésteres producidos con grasas animales o los aceites vegetales sin transesterificar, pueden ser considerados también como biocarburantes, pero en su uso actual como tales tienen poca importancia relativa (Fernández *et al.*, 2003).

En 2003, la Comisión Europea aprobó una Directiva (2003/30/CE), para fomentar el uso de biocarburantes en el sector del transporte (principalmente biodiésel y bioetanol), que es el sector responsable de la mayor parte de las emisiones de CO₂ con una tendencia continuamente creciente. Esta Directiva insta a los Estados miembros para que tomen las medidas necesarias para asegurar que en el año 2010 un porcentaje mínimo del 5,75% del combustible para el transporte vendido en su territorio sean biocarburantes.

Según la Ley 34/1998 del sector de hidrocarburos, se consideran biocombustibles los productos que a continuación se relacionan y que se destinen a su uso como carburante, directamente o mezclados con carburantes convencionales:

- a) El alcohol etílico producido a partir de productos agrícolas o de origen vegetal (bioetanol) ya se utilice como tal o previa modificación química.
- b) El alcohol metílico (metanol), obtenido a partir de productos de origen agrícola o vegetal, ya se utilice como tal o previa modificación química.
- c) Los aceites vegetales.
- d) El aceite vegetal, modificado químicamente.

Desde el punto de vista técnico, respecto a su uso en automoción, los biocarburantes empleados en las condiciones que determina la legislación vigente (RD 61/2006) tienen prestaciones similares a los combustibles fósiles que sustituyen. El biodiésel puede ser mezclado con diesel tradicional o incluso sustituirlo totalmente en los motores diesel y el bioetanol puede ser mezclado en diferentes proporciones con la gasolina, si bien a partir de porcentajes de entre el 15 y el 20% pueden requerirse pequeñas modificaciones en el motor. La normativa europea establece una máxima cantidad de bioetanol en gasolina del 5%. Además de su uso directo como combustible, el bioetanol se puede utilizar para fabricar ETBE, un aditivo oxigenado que se añade a la gasolina para aumentar el índice de octano de la mezcla, reduciendo la necesidad de añadir otros aditivos tóxicos con la misma finalidad.

Actualmente a nivel mundial la producción de bioetanol está basada en la utilización de materias primas azucaradas (caña de azúcar) o cereales (maíz, trigo y cebada). Estados Unidos es el principal productor mundial de bioetanol abarcando el 50% de la producción siendo el maíz la principal materia prima, mientras que Brasil, segundo productor mundial, con un 39% de la producción, la materia prima principal es la caña de azúcar (Gnansounou, 2010). En España la mayor parte de las plantas productoras utilizan cereales como materia prima, principalmente trigo y cebada.

Cuando la materia prima que se emplea es el cereal existen dos vías principales de obtención de bioetanol, las cuales se diferencian básicamente en el proceso inicial de

molienda, ya sea por vía húmeda o por vía seca (Elander y Putsche, 1996). El aumento a nivel mundial de la demanda de bioetanol ha hecho que la producción industrial se decante por la molienda seca, debido a que la alternativa seca está mucho más orientada a la obtención de bioetanol con un menor coste de inversión y operación asociado (Ballesteros, 2006). De hecho en España la totalidad de las plantas de producción que utilizan cereal emplean el proceso de molienda seca.

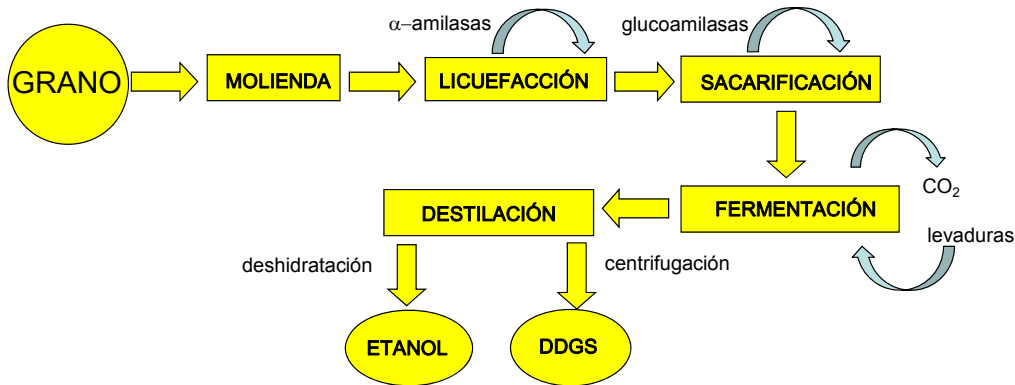


Figura 1. Esquema general del proceso de obtención de etanol por vía seca (García-Aparicio, 2008)

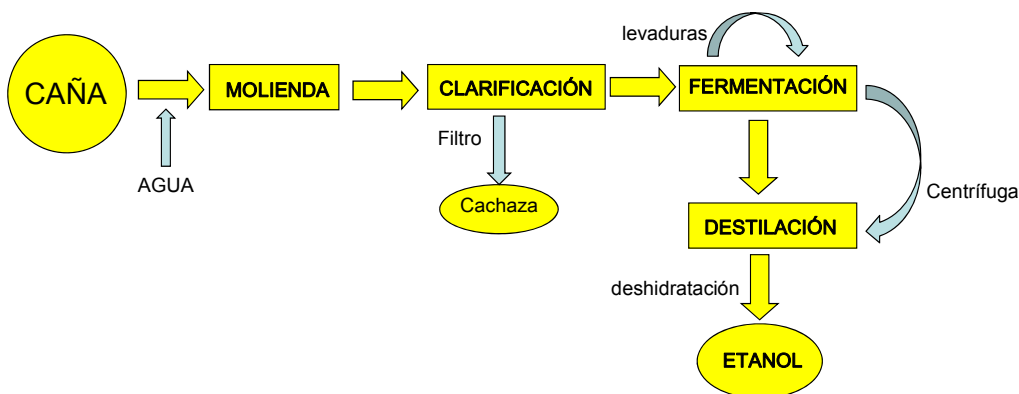


Figura 2. Esquema general del proceso de obtención de etanol a partir de caña de azúcar (García-Aparicio, 2008)

La posibilidad de utilizar aceites vegetales como combustibles es conocida desde la aparición de los motores diésel, si bien el uso directo de aceites vegetales o grasas de origen animal puede suponer diferentes problemas para los motores, como reducción de potencia o de la eficiencia energética del motor, depósitos de carbón o problemas derivados de una alta viscosidad y menor volatilidad que el diésel de origen fósil. El proceso de transesterificación reduce estos inconvenientes. La preparación del biodiésel se realiza por transesterificación de los glicéridos con alcoholes de cadena corta en presencia de un catalizador. Esta reacción puede ser catalizada por ácidos o bases. Industrialmente se emplean hidróxido de sodio o de potasio, debido a su bajo coste y efectividad. El proceso se muestra esquemáticamente en la Figura 3.

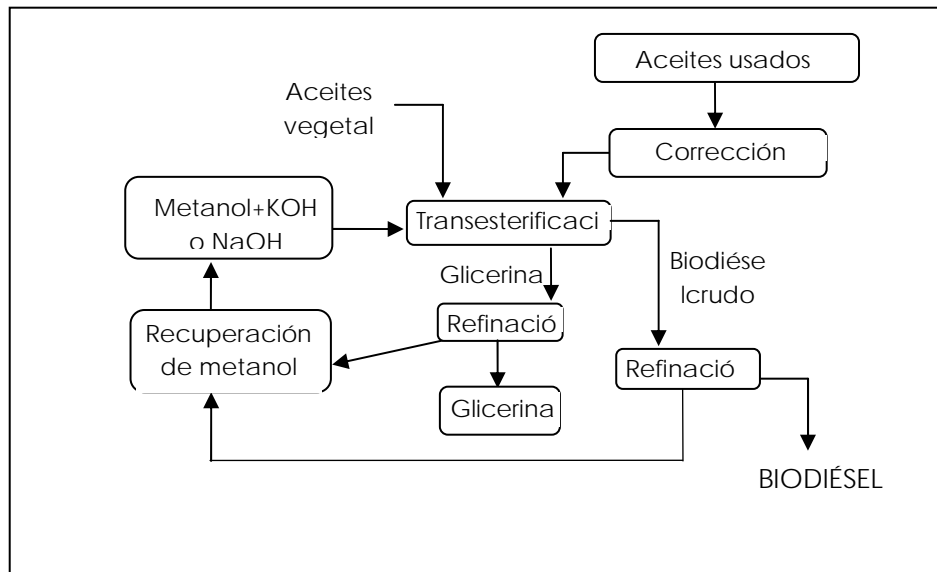


Figura 3. Proceso de producción de biodiésel (Cara, 2007)

3.5. PROYECTOS EMPRESARIALES PARA LA UTILIZACIÓN ENERGÉTICA DE LA BIOMASA

3.5.1. Proyectos empresariales en biomasa térmica

Caso 1. Ahorro sin arriesgar: las empresas de servicios energéticos.

El usuario de un sistema de ACS o calefacción demanda confort y/o agua caliente, no la compra de una caldera. El principio de las empresas de servicios energéticos (ESE) o del denominado "contracting" en inglés, es suministrar calor y cobrar por los kilowatios hora consumidos. La instalación, el mantenimiento y la gestión de la planta, así como el suministro del biocombustible corren por cuenta del instalador, que es el propietario de todos los equipos.

El District Heating o Calefacción de Distrito es un sistema de generación y distribución de agua caliente para calefacción y agua caliente sanitaria (ACS) generado desde una caldera centralizada.

Se trata de un sistema de calefacción ampliamente utilizado en los países del Norte de Europa, con experiencias satisfactorias desde hace unas tres décadas.

DH en Europa

En Dinamarca, el District Heating (DH) cubre el 60% de las necesidades de calefacción y ACS del País. En Copenhague existe uno de los DH más grandes de Europa; da servicio a 275.000 casas (90% de los habitantes) a través de una red de tuberías de 54 km, con picos de consumo de 663 Mw.

En Finlandia, el DH cubre aproximadamente el 50% del total del mercado de calefacción y ACS. Aproximadamente el 90% de los bloques de viviendas, el 50% de las casas unifamiliares, y la mayoría de los edificios públicos están conectados a una red DH.

La cuota de penetración del DH en cada país depende en gran medida de factores medioambientales, disponibilidad de combustibles y fuentes de calor naturales, factores económicos y factores legales.

Viviendas conectadas a DH 2003

Islandia *	95%
Dinamarca	60%
Finlandia	50%
Estonia	52%
Polonia	52%
Suecia	50%
Eslovaquia	40%
Hungría	16%
Austria	13%
Alemania	12%
<i>*poseen aguas termales subterráneas de fácil acceso y utilización</i>	

El sistema DH

El calor se obtiene normalmente de la combustión de biomasa, aguas termales o paneles solares térmicos. El agua caliente se distribuye a través de una red de tuberías altamente aislada a cada punto de consumo (viviendas, polideportivos, empresas,...)

Se coloca siempre un circuito de tuberías de ida y retorno (doble tubo). Dependiendo del tamaño de las comunidades a calefactar es necesario prever la instalación de depósitos de almacenamiento intermedio de agua caliente para poder hacer frente a los picos de demanda. Normalmente, la red de distribución va enterrada en el suelo a unos 60 cm de profundidad aunque se pueden ejecutar redes aéreas.

En la acometida a cada vivienda se coloca un intercambiador de calor, de manera que el agua del circuito primario no entra en cada vivienda, sólo cede calor. En cada acometida se coloca también un contador para controlar el consumo de cada vecino. De esta forma se individualizan los costes y cada consumidor es consciente de su gasto y puede poner en practica medidas para reducir su consumo energético.

Mediante la utilización de una instalación de biomasa para producción de ACS y calefacción, se evita tener un depósito de gas o gasoil cercano a las viviendas y se eliminan todas las conducciones de gas dentro y fuera de la vivienda.

Gracias a este sistema centralizado, el espacio que ocuparía la caldera individual en cada vivienda queda libre, aunque es necesario colocar un pequeño armario con elementos hidráulicos.

Ventajas del DH

- Es más económico y ecológico que cualquier otro basado en energías convencionales.

- Consigue mejores rendimientos y provoca menos contaminación que los sistemas de calefacción individuales.
- Suministra energía directamente al usuario, evitándole la necesidad de manipular y almacenar combustibles, con los problemas de suciedad y peligro que ello supone.
- No genera malos olores.
- Es una instalación más silenciosa que las convencionales.
- Se evita la supervisión y mantenimiento de la caldera de cada vecino, mejorando así la eficiencia del sistema.
- No afecta a la instalación interior en cada vivienda, pudiéndose utilizar sin ningún cambio importante.
- Las calderas utilizadas, al ser de potencias mayores se equipan con sistemas de limpieza de humos más avanzados que en las calderas individuales.

Inconvenientes del District Heating

- El espacio necesario para la instalación es mayor que con energías convencionales.
- Es necesario mayor volumen de almacenamiento de combustible para la misma autonomía que con combustibles fósiles.
- Requiere de obra civil para apertura y cierre de zanjas.

District Heating en España, algunos ejemplos

- Cuéllar, Segovia: 239 viviendas, polideportivo, piscina cubierta, colegio y centro cultural.
- Molins de Rei, Barcelona: 695 viviendas y piscina cubierta.
- Oviedo: 500 viviendas y gimnasio.

¿Qué son las ESE's o Contracting?

Primeramente se realiza un estudio básico para la producción de ACS y calefacción para las viviendas, edificios públicos o empresas que lo hayan requerido. Con estos primeros datos se comienza a definir un proyecto para el diseño de la central térmica y la distribución óptima de tuberías para la red de District Heating.

La ESE realiza todo el desembolso necesario para llevar a cabo la instalación y recupera esa inversión cobrando el agua caliente que consume cada cliente enganchado a la red. Para la explotación y gestión de la instalación, así como la lectura de contadores y cobros de agua caliente a cada cliente, se dispone de un sistema remoto de lectura de contadores, de manera que desde una oficina se controlan los consumos y se generan las facturas correspondientes a cada consumidor.

La explotación de la instalación sería en principio de entre 15 y 20 años; a partir de entonces pasaría a ser propiedad del ayuntamiento, si así se desea, o se alargaría el período de explotación.

Funcionamiento

La producción del agua caliente se realiza desde una caldera centralizada. En esa central térmica se ubican la sala de calderas y el depósito de biomasa. De ahí, mediante tubería enterrada se lleva el agua caliente desde esta sala de calderas hasta cada uno de los edificios a calentar.

A la entrada a cada una de las viviendas se coloca un intercambiador, de manera que nunca hay una conexión directa entre el agua caliente producida en la sala de calderas

y el agua que entra en cada casa.

En cada una de las viviendas se coloca un contador que mide el caudal de agua caliente que entra y la diferencia de temperaturas entre el agua de entrada y el de salida. De esta manera obtenemos una lectura real de la energía consumida por cada vivienda y no se consideran las pérdidas que puedan existir en las conducciones exteriores.

Así también, aunque la temperatura del agua de entrada a cada vivienda sea la misma, sólo se le cobra a cada vecino por la energía “entregada” en cada vivienda (se conoce midiendo la diferencia de temperatura entre el agua caliente de entrada y de salida de cada vivienda).

Este servicio de asistencia técnica y mantenimiento contratado por la ESE, cubre toda la instalación de producción de agua caliente y distribución hasta la entrada a cada edificio. El mantenimiento del circuito interior es responsabilidad de cada cliente.

Costes

El usuario final paga una cuota fija y otra variable. La cuota fija viene fijada por los costes de uso de las instalaciones comunes (tuberías de reparto, calderas, contadores,...) y la cuota variable se fija en función del consumo de agua caliente.

Del estudio realizado se concluye el precio de venta del kw·h generado, sujeto a revisión de acuerdo con el convenio que se firme. Esta cifra depende de la inversión necesaria, el consumo estimado, y otros factores.

Finalmente el coste del kwh producido mediante biomasa es más barato para el cliente que el producido mediante propano o gasóleo.

El objetivo final es que el usuario final, además de colaborar con el medio ambiente, se beneficie de una factura de producción de agua caliente y ACS más barata que la que tendría con propano o gasóleo.

Caso 2. Calor centralizado con pellets

La experiencia de una comunidad de vecinos

La biomasa como combustible alternativo a los de origen fósil –gasóleo, gas natural o carbón- se abre paso no sólo en la industria sino en el ámbito doméstico, debido sobre todo a la impresionante subida de los precios del petróleo del año 2008 y a la inestabilidad del mercado de los combustibles fósiles. Este duro invierno ha sido la prueba de fuego para las calderas de biomasa que una comunidad de más de 400 vecinos de Oviedo decidió instalar hace 3 años. Su presidente y el administrador nos cuentan la experiencia.

Preocupados por el alza del precio del gasoil, hace tres años, cuando estaba aún a 60 céntimos el litro, la cooperativa de consumo Alfonso II de Oviedo, con su presidente Avelino Ojanguren y el administrador-contable Miguel Sanz a la cabeza, decidió buscar una alternativa al gasto que se avecinaba, sobre todo durante los inviernos.

Estudiaron varias posibilidades: placas solares, pero resultaban difíciles de instalar, e incluso en algunos casos imposible; gas natural, pero la oferta que recibieron de la compañía no les satisfizo. Finalmente llegaron a la opción de la bionergía. No fue fácil convencer a la comunidad de vecinos con algo tan novedoso, pero al final los números

hablaron.

Sustituir el gasóleo

La sustitución de las 4 calderas de gasoil por 2 calderas de biomasa Danstoker de 2000 kw cada una, supuso una inversión de 800.000 €, financiados mediante un leasing a 5 años con la Caja Rural de Asturias y una subvención de 240.000 € concedida por el Principado de Asturias. Cuando la instalación empezó a funcionar, el gasóleo de calefacción estaba a 80 cent/litro, lo que hubiera supuesto un importante incremento de la cuota de haber continuado con la caldera de gasoil. De momento los vecinos seguirán pagando lo mismo que pagaban antes hasta finalizar el leasing, pero el ahorro anual conseguido con el cambio de sistema en 2008 fue de 120.000 €. Hay que recordar que en 2008 el gasóleo llegó a pagarse a 93 céntimos.

Con el precio actual del gasóleo (diciembre 2009) el ahorro no es tan importante, aunque Miguel se muestra totalmente convencido de que “la caída del precio del gasóleo es totalmente transitoria, y la historia demuestra que la tendencia del precio del petróleo es siempre ascendente”. Aún con todo, piensa que el precio de los biocombustibles sólidos es alto y que con el gasóleo a un precio medio de 50 cent/litro, hoy no sería tan rentable hacer el cambio.

422 viviendas

La instalación suministra ACS y calefacción a 422 viviendas y un gimnasio distribuidas en 15 bloques. La potencia instalada es suficiente para proveer de calor a un grupo mayor de usuarios y, de hecho, la cooperativa Alfonso II está dando precios a comunidades próximas que se calientan con carbón o gasóleo. Sobre todo en este último caso, los potenciales nuevos usuarios están estudiando conectarse a este district heating, pues están viendo la rentabilidad de utilizar biomasa. Estas nuevas comunidades no tendrían que preocuparse siquiera por el suministro, que está centralizado en el primero de los bloques de la comunidad inicial.

Combustible

Las calderas están preparadas para quemar pellets, hueso de aceituna, biomasa en general, de pequeño tamaño y baja humedad. El IDAE les facilitó el listado de suministradores de pellets de España. Hasta ahora han utilizado pellet de pino de 6 mm, de Salamanca, aunque el último pellet que están utilizando es de madera de roble de Portugal, y aseguran que también les va muy bien. Calculan que la cenizas producidas están en torno a un 0,5%.

En una ocasión emplearon orujillo y tuvieron algunos problemas de humo y olor. La comunidad se encuentra en una zona céntrica, muy cerca de un hospital, por lo que no pueden generar ningún tipo de emisión, aunque se trate únicamente de vapor de agua.

De hecho el resto del tiempo no han tenido ningún problema de emisiones, y “sabemos que estamos por debajo de las emisiones que causaría el gas natural, por unas mediciones que se han hecho recientemente. Es prácticamente imposible saber desde afuera si la caldera está apagada o encendida”.

El rendimiento de las calderas es muy bueno, gastan un poco por debajo de los 2 kg de biomasa equivalente al litro de gasoil que gastaban antes. El suministro llega en camiones cisterna completos de 25 tn, una o dos veces en semana.

El precio de los pellets en este año de funcionamiento no ha variado significativamente, aunque ha subido algo. “Hay muchas biomasa, de muchas

calidades y precios. Si quieres un producto bueno que se pueda quemar sin problemas, hay que pagarlo”, asegura Miguel Sanz.

La instalación

El silo donde se almacena el pellet previo a la entrada a la sala de calderas tiene 250 m³ y está enterrado en el lugar donde se ubicaban los antiguos tanques de gasóleo. El silo tiene un sistema de arrastradotes hidráulicos que mueven el pellet hacia el centro del mismo desde donde entran a un tornillo sinfín y de ahí a otro más grande que desplaza el pellet hasta el minisilo situado a la entrada de las calderas.

Ordenador central

Cuando el minisilo está bajo de combustible, unos sensores -una sonda lambda-, mandan una señal al ordenador que manda la orden de cargar pellets hasta que alcancen el nivel establecido para que se detenga la carga. El ordenador controla también la cantidad de oxígeno que se necesita para una correcta combustión mediante un sistema SCADA.

Por otro tornillo sinfín el material entra en la caldera. En la entrada hay una válvula rotativa que impide que haya retrocesos. Los alimentadores introducen la cantidad de pellet a la caldera que el ordenador calcula a cada momento.

Las calderas están equipadas con horno de combustión refrigerado, quemadores Linka y cámara de depresión.

Sistemas de seguridad y limpieza

La instalación consta de tres sistemas, el primero evita que el sistema se apague y las calderas se queden sin combustible. Un segundo dispositivo, en caso de aumento de la temperatura o presión de la caldera, hace parar la caldera. Y, en caso de que fallen los anteriores, un tercer sistema inundaría de agua la caldera para evitar cualquier posibilidad de incendio.

Cada caldera lleva un sistema automático de limpieza a través de unos pirotubos que cada cierto tiempo meten aire a presión para retirar hacia atrás los restos de cenizas, mejorando el rendimiento de la caldera y retrasando la limpieza manual de la caldera.

No existe un sistema de recuperación de calor de los humos. El sistema de ciclones aprovecha un poco mejor la temperatura, pero “no podemos emitir temperatura de humos por debajo de esto, porque si no habría sulfuración en la chimenea”.

En los ciclones se eliminan todas las partículas de ceniza que salen de la chimenea que sobrepasen las 2 micras. “De emisiones estamos muy, muy por debajo de lo que sería gas natural”.

Por unos sinfines se conducen las cenizas del sistema de limpieza de las calderas hacia los ceniceros. Las cenizas procedentes de la limpieza de los humos en los ciclones también son recogidas en estos contenedores.

Mantenimiento

Una vez realizados todos los ajustes en la instalación, ésta no ha dado ningún problema, si bien el mantenimiento es más laborioso que el de una caldera de gasóleo o gas, sobre todo por las cenizas y la limpieza que necesitan las calderas. A pesar de ello, “consideramos que merece la pena frente al uso de los combustibles fósiles”, asegura Miguel Sanz.

La limpieza manual de las calderas se realiza una vez al mes o cada 200 toneladas de pellets consumidos. Las cenizas se retiran cuando se llenan los contenedores, lo que ocurre cada mes y medio. El mantenimiento de la sala de calderas lo lleva una empresa y un operario propio.

La ceniza se lleva a un punto verde mediante un camión contenedor que los visita de vez en cuando.

La longitud total de la red es de 4 km. Las pérdidas de calor se consideran muy pequeñas, puesto que las tuberías están muy bien aisladas. “Desde que el agua sale de aquí hasta el último punto, en la zona de impulsión, tenemos una diferencia de temperatura de 1 grado”.

La tubería es la misma que existía, salvo en algunos puntos en los que se ha renovado porque era necesario. Son tubos de 12 pulgadas, de acero, recubierto de fibra de vidrio y una capa de “alquitrán” y el protector de aluminio. No emplean doble tubo, pero el que pongan nuevo a partir de ahora será de polietileno.

Emisiones

Los vecinos de la cooperativa Alfonso II de Oviedo han cambiado su instalación por un motivo fundamentalmente económico, pero al mismo tiempo han dejado de utilizar 750.000 litros de gasoil al año, lo que equivale a un ahorro de 2000 toneladas de emisiones de CO₂ al año.

Equivalencia pellets/gasóleo: 1 litro de gasóleo = 2,1 kg de pellets
Precio de 2,1 kg de pellets: 29,4 céntimos (140 euros/ton)
Precio de 1 litro de gasóleo: 50 céntimos

Ahorro por cada litro de gasoil sustituido por pellet: $50 - 29,4 = 20,6$ céntimos

Caso 3: Ultzama, autosuficiencia energética. Un municipio de Navarra se decide por la biomasa y el biogás

El Valle de Ultzama es un municipio del Pirineo navarro formado por 14 concejos y habitado por 1600 vecinos, que ha optado por aprovechar sus “biorrecursos” para ahorrar en la factura energética, generar empleos y reducir sus emisiones de CO₂. Un proyecto de district heating para los edificios municipales a partir de la gasificación de los residuos forestales de sus montes ya está en marcha, y otro de cogeneración a partir del biogás de las explotaciones ganaderas, pronto comenzará a funcionar.

El Alcalde Independiente de Ultzama, Patxi Pérez, ha sido el principal impulsor de esta inteligente iniciativa. Junto a él y al ingeniero Joseba Sagastibeltza de la empresa Levenser, adjudicataria de los dos proyectos, recorrimos todas las instalaciones y conocimos de primera mano las posibilidades de la bioenergía en el ámbito municipal.

Calentar con biomasa forestal

El 80% de las 9.700 hectáreas del Valle del Ultzama está arbolado y protegido por el ZEC (Zona de Especial Conservación) “Robledales de Ultzama” y el LIC (Lugar de Interés Comunitario) “Belate,” de la Red Natura 2000. El 65% de esta masa forestal es comunal (más de 5000 hectáreas) y requiere una serie de trabajos anuales de mantenimiento, definidos en el Plan de Ordenación vigente desde 2002, lo que implica un coste de 130.000 €/año. El Plan establece también qué parte de la biomasa obtenida cada año puede destinarse a fines energéticos.

Por otro lado, el Ayuntamiento venía consumiendo anualmente 150.000 litros de gasoil para calentar todas sus dependencias, lo que en los últimos años conllevaba un gasto en continuo aumento, casi inaceptable cuando hace dos el precio del gasoil alcanzó su valor más alto.

Fue entonces cuando vieron la perfecta combinación entre la ejecución de los trabajos de mantenimiento en el bosque comunal y el cambio de sistema de calefacción y ACS en las dependencias municipales: la biomasa procedente de las operaciones selvícolas –cortas, podas- se utilizaría, una vez astillada, como combustible en una nueva y única caldera de gasificación que sustituiría a todas las calderas individuales de gasoil instaladas en cada edificio.

El ahorro esperado se sitúa en torno a los 100.000 euros anuales. “Somos uno de los pocos Ayuntamientos que sigue actuando en los montes hoy en día, cuando la madera no vale nada,” afirma Patxi Pérez, y añade que “la iniciativa puede ser un ejemplo para otros ayuntamientos, si ven que realmente funciona bien”.

Financiación

El proyecto ha sido financiado en un 50% por el gobierno de Navarra; un 10% de Fondos Leader, y el 40% restante a cargo del Ayuntamiento. “Con el ahorro que esperamos, amortizaremos la inversión en tres años,” asegura el Alcalde.

Objetivos sociales

“Yo creo que el objetivo de una entidad local no es buscar la rentabilidad puramente económica. Comprar la astilla a un distribuidor es más barato que si el ayuntamiento se ocupa de sacar los residuos forestales, secarlos y astillarlos –él calcula que sale por unos 9 céntimos de euro/kg-, pero de esta forma conseguimos una rentabilidad social, creamos empleo, limpiamos los montes y disminuimos el riesgo de incendio”.

“El suministro de gasoil a todo el Valle de Ultzama crea un sólo puesto de trabajo, el del conductor del camión que distribuye el gasóleo, mientras que con la opción de la biomasa se generarán, como mínimo, 55 puestos de trabajo”, asegura Patxi Pérez.

“De momento ya se han creado en Ultzama, que yo sepa, tres empresas a raíz de esta iniciativa que van a fabricar astillas, pellets o briquetas”, añade.

Calderas

La instalación cuenta con tres calderas. Una caldera de gasificación policombustible de 600 kW y dos de pellet, de 50 kW cada una. Este sistema modular permite optimizar el rendimiento del sistema, pues se adapta fácilmente a las variaciones de consumo de agua caliente a lo largo del año.

La caldera de gasificación podría quemar diferentes materiales -paja, pellets o leña suministrada de forma manual-, aunque se utilizará normalmente astilla de hasta 5 cm.

Las calderas son de fabricación checa: Ponast, las de pellets y Gemos, la robusta cámara de gasificación que se alimentará con astillas.

Joseba S. apunta que el control de la combustión de las astillas es más complejo que el de los pellets, y por ello es necesario una cámara de combustión mayor y más robusta. Las calderas de gasoil se mantendrán hasta que todo el sistema de biomasa esté funcionando perfectamente de forma rutinaria.

Tecnología de gasificación

La gasificación es una tecnología que mejora el rendimiento de la combustión de la biomasa. La mayor parte de la biomasa (80%) se gasifica y lo que se quema verdaderamente es el gas. La gasificación es más eficiente energéticamente y produce menos inquemados y cenizas que la combustión normal.

La cámara de gasificación está recubierta interiormente por 2000 kg de cerámica refractaria que permite que se alcancen temperaturas de hasta 1600°C, necesarias para que se desarrolle el proceso de gasificación.

De la caldera de gasificación, el gas pasa al quemador de gas. Los humos recorren un intercambiador vertical de doble paso, donde el agua recupera su calor residual antes de que salgan por el conducto que los dirige al ciclón, donde se separan las partes sólidas, y al ventilador que conduce los humos al exterior.

Los humos de escape cumplen la normativa ambiental de la Comunidad Foral que, según el alcalde, “es la más exigente, en cuanto a emisiones, de toda Europa”.

Características de la astilla

Joseba Sagastibeltza señala también la importancia de “controlar el origen del combustible que se emplea, porque dentro de las astillas puede haber muchas calidades”. Por ello, el ayuntamiento tiene previsto adquirir una astilladora industrial que admitirá troncos con diámetros de hasta 10 cm, y que le permitirá obtener su propio combustible a partir de la biomasa de sus montes.

“Cuanta más superficie de contacto tenga el material que se va a gasificar, más rápidamente absorberá el calor y se gasificará. Es decisivo el contenido en humedad del material, puesto que cuanto mayor es, más tarda en producirse la gasificación, ya que primero es necesario secar el combustible”, explica Joseba.

Los mejores rendimientos de gasificación se obtienen con humedades inferiores al 15% (normalmente el combustible ha sido sometido a algún proceso previo de secado), aunque el fabricante de la caldera no marca ningún límite al grado de humedad con el que puede entrar el combustible: podría emplearse directamente el material astillado en monte con humedad del 30% e incluso del 50%.

La caldera, a pleno rendimiento, consume unos 300 kg de biomasa al día. Y, según Joseba, podría admitir hasta un 1,5-2% de hojas sin causar problemas.

La astilla que han utilizado para hacer las pruebas de la puesta en marcha proviene de palets, un residuo de buena calidad que, si no está mezclado con RSU, tiene un interesante valor como combustible una vez separados los clavos. Equivalencia: 1 litro de gasoil son 3 kg de astilla.

En el exterior hay una gran explanada donde se ubicará la astilladora y parte del material que será el combustible. Un depósito de suelo móvil almacena bajo cubierta hasta 100 m³ de astilla.

El movimiento del pistón arrastra el material hasta la cinta transportadora que eleva las astillas al depósito previo a la caldera, desde donde se suministra al quemador del gasificador en función de la demanda energética –un sensor de temperatura controla la velocidad de alimentación–.

Seguridad ante el retroceso del fuego

Para evitar que un retroceso del fuego alcance el depósito existen varios sistemas de seguridad: un sistema mecánico, preparado para verter una cantidad de agua en el sector situado entre el depósito de alimentación y la entrada al quemador si la sonda detecta que la temperatura se eleva por encima de los 55°C. Otro sistema, en este caso eléctrico, está conectado a la red general de agua y entraría en funcionamiento incluso si no hubiera suministro eléctrico. Y por último, en el caso de que estos dos sistemas fallaran, se podría operar de forma manual un dispositivo que actuaría en el interior del depósito.

Calderas de pellets

En verano, cuando sólo hace falta calentar el agua de las piscinas municipales –se mantiene el agua a unos 24°C-, y producir ACS para el resto de edificios, es suficiente con las calderas de pellets. El sistema de alimentación de las calderas de pellets tiene cinco velocidades para ajustar el suministro en función de la temperatura demandada por el consumo en cada momento.

El sistema hidráulico controla las temperaturas de retorno del agua a las calderas mediante válvulas de tres vías. “En las calderas de biomasa es muy importante que el agua no retorne fría a la caldera, para evitar condensaciones y corrosiones,” explica Joseba S.

El circuito primario consta de un depósito de inercia de 2500 litros, donde se mantiene el agua a una temperatura de 70-80°C. De aquí salen dos circuitos secundarios, -los circuitos primarios de cada grupo de edificios: piscina, polideportivo y escuela, por un lado, y frontón, centro cívico, centro de salud, ayuntamiento y edificios de usos múltiples, por otro-.

La guardería, el único edificio municipal alejado del grupo principal de edificios suministrados por el district heating, tendrá en breve una caldera individual de pellet.

El pellet que consume la instalación se fabrica en el cercano polígono industrial de Iraizotz. Una industria de fabricación de premarcos emplea sus residuos para obtener una pequeña producción de pellets bajo el nombre de Arkea Pellets.

Tuberías

La red de canalizaciones tiene una longitud inferior al 1 km, con el tramo más largo de 100 m. Los tubos son de hierro –se eligió esta opción en lugar de la más económica de tubo flexible por su mayor durabilidad y facilidad para detectar fugas-, tienen un diámetro de 100mm, van enterrados y llevan un aislamiento de 10 cm de espesor. Las tuberías llevan instalado un sistema de detección de fugas: dos hilos metálicos que recorren toda la longitud de tubería y que en presencia de agua hacen un cortocircuito que es registrado por una centralita de control, de manera que se puede acceder al punto exacto donde se ha producido la avería

Eficiencia en el uso de la energía

En breve los edificios estarán conectados con fibra óptica lo que permitirá controlar desde la centralita general, consumos, necesidades y otras variables de manera que se optimice al máximo el uso de la energía.

Según la temperatura exterior y la predicción meteorológica y conociendo las necesidades –número de salas que se van a utilizar, por ejemplo- los circuitos trabajarán a la temperatura más adecuada para lograr las condiciones de confort

requeridas.

Otros proyectos

“También tenemos previsto construir una planta de biomasa forestal para cogeneración en conjunto con los valles de Anué y Lantz”.

Será una planta construida por módulos de 300 Kw. para ajustarse lo mejor posible a la demanda de calor. El alcalde es partidario de apoyar la construcción de pequeñas plantas de cogeneración por gasificación de materias primas locales, ya que “producir sólo electricidad tiene una viabilidad dudosa, si no se va a plantas de gran tamaño. Sabemos que si producimos 500 Kw. de energía eléctrica, generamos 1 MW térmico que es posible aprovechar y rentabilizar”.

De forma paralela a la planta de cogeneración proyectada se ha planteado construir una fábrica de pellets que utilizaría parte del calor de la central para secar el material con el que luego se elaborarían los pellets.

3.5.2. Proyectos empresariales en biomasa eléctrica

CASO 1. BIOMASAS DE PUENTE GENIL: COMBUSTIÓN DIRECTA. UN COMPLEJO INDUSTRIAL PIONERO DEDICADO A LA VALORIZACION ENERGÉTICA INTEGRAL DE LA INDUSTRIA OLEÍCOLA Y RESTO DE BIOMASAS MEDITERRÁNEAS.

En el término cordobés de Puente Genil, corazón del olivar andaluz, Valoriza Energía, empresa del grupo Sacyr Vallehermoso, puso en marcha en otoño del 2006 un complejo industrial pionero. Un buen ejemplo del aprovechamiento energético de las múltiples biomosas mediterráneas existentes.

La planta utiliza tecnologías para conseguir la máxima eficiencia energética, y es un auténtico laboratorio de investigación para la valorización de diferentes tipos de biomasa. Gracias a un sistema de alimentación de doble entrada que permite regular en tiempo real la proporción de los biocombustibles utilizados según recetas predefinidas, y a la disponibilidad de un combustible homogéneo como el orujillo seco - 45.000 T/año, al 10% de humedad- y homogeneizado, es posible mezclar y experimentar con múltiples biomosas sin correr el riesgo de una caída de potencia crítica.

La mitad de la biomasa valorizada en 2007 fue diferente al orujillo. Ya se ha experimentado con astillas de pino, astillas de chopo, sarmientos, podas de frutales, hoja de olivo, astillas de olivo, descepes de olivo, descepes de viñas, orujos de uva, cáscara de almendra, rastrojos de algodón, girasol, ajos, sorgo etc.

Biomosas mediterráneas

En España -primer productor mundial de aceite de oliva- hay más de 280 millones de olivos plantados que producen alrededor de un millón de toneladas de aceite al año.

Esto configura un paisaje de 2 millones de hectáreas de olivares, una cuarta parte de la superficie olivarera mundial, de los que 1.6 millones de hectáreas pertenecen a Andalucía (16% de su superficie).

La capacidad de captación de CO₂ del olivar en Andalucía es de un enorme potencial,

Su ubicación en el sur de España supone una barrera a la desertificación y a la erosión. Su expansión en Andalucía es creciente, con nuevas plantaciones en zonas tradicionales de cereal y en fase de renovación para mejorar su mecanización.

Los olivares generan cantidades importantes de diferentes biomásas ya manipuladas, por lo que sus costes logísticos se reducen. Una estimación del potencial energético de una hectárea de olivo sería:

- Producción media de olivas: 4 T/ha/año
- Orujo de oliva; 3,2 T/ha/año, 65% humedad
- Hueso de Aceituna: 100 Kg/ha/año, 15-25% humedad; PCI 4.600 Kcal/Kg
- Orujillo: 1.100 Kg/ha/año; PCI 3.800 Kcal./Kg.
- Podas: 2.500 Kg/ha/año; PCI 3.500 Kcal./Kg.
- Descepes: 500 Kg/ha/año; PCI 3.500 Kcal./Kg.

De acuerdo con estas cifras, el potencial energético total de los 2 millones de hectáreas del olivar español es de 1.625 Ktep/año.

La planta

El presupuesto total del proyecto fue de 46 millones de euros, se tardó 18 meses en su construcción y ocupa una extensión de 18 Ha.

El objetivo del proceso industrial es el aprovechamiento integral del orujo de aceituna, un residuo del primer centrifugado de la masa de la aceituna que se genera en grandes cantidades en las almazaras y que hasta hace poco suponía un grave problema medioambiental por el vertido a los ríos de agua vegetativa de la aceituna.

La planta está explotada por tres sociedades de las cuales Valoriza es socio mayoritario: Secaderos de Biomasa, S.A. (SEDEBISA) es la compañía que desarrollará las actividades relacionadas con la obtención de aceite de orujo de oliva. Compañía Energética Pata de Mulo, SL. (CEPALO) explotadora de una planta de tratamiento y reducción de lodos oleícolas con cogeneración en ciclo combinado. Los gases de combustión de la turbina de gas se utilizan en los secaderos de alperujo.

Biomásas de Puente Geníl, SL. dedicada a la explotación de una planta de valorización energética de biomasa.

En la planta son procesados anualmente entre 150.000 y 200.000 T de orujos de aceituna –alperujo-. La planta cubre totalmente su demanda térmica y eléctrica, y genera un excedente de energía eléctrica que vierte a la red pública.

Del alperujo, que tiene una humedad relativa del 70%, se obtiene, tras los procesos de secado y extracción, el aceite de orujo y el orujillo seco que sirve de combustible para la caldera de biomasa.

El proceso industrial

El alperujo almacenado en las balsas 1 y 2, con capacidades de 75.000 y 80.000 m³ respectivamente, es centrifugado en dos fases. En la primera se obtiene 10.000 T/año de un primer subproducto interesantísimo, el “hueso partido de aceituna”. Este biocombustible de altísima calidad, tiene una humedad del 15% a 25% y un pci de 4.600 Kcal/Kg, y está muy solicitado para calderas de pequeña y mediana potencia

A continuación, el “alperujo sin hueso” se centrifuga de nuevo para obtener aceite de

orujillo por medios mecánicos. En la nave de secado se reduce su contenido en agua hasta el 10%, aprovechando la temperatura de los gases de escape de la turbina de gas, y se peletiza para ser procesado químicamente y obtener como producto principal "aceite de orujillo por extracción". En este proceso se genera, como subproducto, entre 50.000 y 70.000 T/año de "orujillo", un biocombustible muy homogéneo, con un 10% de humedad y pci de 3.800 Kcal/Kg.

Finalmente el orujillo, junto con otras biomásas, es valorizado energéticamente en una caldera y el vapor generado se pasa por una turbina de 9,8 Mw, transformándose en energía eléctrica que se vierte a la red.

La planta eléctrica

La central de generación eléctrica con la que cuenta la planta está formada, básicamente, por una caldera de vapor de parrilla de tipo oscilante, que utiliza como combustible principal orujillo, y un grupo turbogenerador de vapor a condensación.

La instalación consiste en un ciclo de vapor de agua que acciona una turbina de 9,8 MW de potencia eléctrica.

La caldera de vapor ha sido diseñada por la firma Standard Biomasa. Quema aproximadamente 10.350 kg/h de biomasa, produciendo 41,6 T/h netas de vapor en marcha continua, a 42 bar (a) de presión y 403 °C de temperatura. El vapor se conduce a la turbina, la cual lo expande hasta 0,1 bar (a), salvo una extracción no controlada, a 3 bar (a), para alimentación del desgasificador del ciclo de 2 T/h. La caldera tiene una disponibilidad de 7.800 h/año a plena carga.

El sistema de combustión emplea una parrilla móvil de tipo oscilante accionada hidráulicamente, y un sistema de lanzadores alimentadores de biomasa que lanzan el combustible en suspensión. La combustión es uniforme, quemándose sobre parrilla las partículas de mayor granulometría y humedad.

La distribución del aire de combustión en la caldera es óptima. Dispone de cuatro ventiladores centrífugos diferentes para este fin, más un potente ventilador de tiro inducido, dando una enorme flexibilidad de funcionamiento y de control sobre las temperaturas de los gases en cada zona. Todos estos ventiladores van controlados por variadores de frecuencia, lo que optimiza, tanto el punto de trabajo de los mismos como los autoconsumos de la instalación.

La extracción de escorias se realiza de forma automática por la parte inferior de parrilla y pasos de gases siguientes. El recogedor es de tipo redler, con cámara inundada de agua que permite el enfriamiento de las cenizas y la estanqueidad del sistema con el hogar. Está construido íntegramente en acero inoxidable.

La caldera lleva incorporado un sistema de control Siemens Simatic S7 + Scada que controla la carga de caldera, control de nivel, temperatura de vapor sobrecalentado etc.

El sistema automático de alimentación de combustible permite introducir el combustible a la parrilla desde el punto de almacenamiento. Está compuesto por los siguientes elementos: fondos móviles, sinfines, redler, cinta transportadora, zaranda y silo- dosificador de alimentación de combustible al hogar.

Beneficios ambientales

El residuo del orujillo es eliminado al ser valorizado energéticamente, disminuyendo el impacto respecto a las instalaciones convencionales.

El sistema de enfriamiento de aguas del proceso industrial se hace mediante aerocondensadores, minimizando el consumo de agua y el vertido industrial de proceso.

La cubeta de la planta recoge todas las escorrentías por lo que no existe vertido de efluentes. Todo el agua de lluvia en contacto con el orujillo y otras biomásas genera lixiviados tintados que se almacenan durante el invierno en una balsa destinada exclusivamente a este uso. En verano, los lixiviados almacenados son sometidos a un proceso continuo de evaporación para su eliminación.

En consecuencia, además del beneficio económico derivado de la obtención de aceite de orujo y del medioambiental, por la eliminación del alpechin, incorporado en el orujo que recibe la planta, se obtiene energía eléctrica, tanto en la planta de cogeneración con gas natural en ciclo combinado asociada, como en la planta de generación directa para valorizar el orujillo y otras biomásas recibidas del entorno de la fabrica, en especial las procedentes del olivar.

Algunos datos técnicos de la planta eléctrica

- Presión de vapor de salida 0,08 bar (a)
- Velocidad de la turbina 8.760 rpm
- Velocidad del alternador 1.500 rpm.
- Disponibilidad de combustible 82.800 t/año
- Operación 8.000 h/año
- Consumo de combustible 36.661 t/h PCI
- Potencia eléctrica de turbina 10.235 kW
- Potencia media de auxiliares 921 kW
- Rendimiento bruto 24%
- Rendimiento neto 21,8%

CASO 2. COGENERACIÓN EN UNA INDUSTRIA DE XÁTIVA: GASIFICACIÓN DE BIOMASA.

LA PRIMERA PLANTA DE COGENERACIÓN ELÉCTRICA POR GASIFICACIÓN DE BIOMASA DE LA COMUNITAT VALENCIANA, Y LA MAYOR DE ESPAÑA, SE INAUGURÓ EN MARZO EN XÁTIVA. CON UNA POTENCIA DE 1,6 MWE PRODUCIRÁ 13.000 MWH AL AÑO, SUFICIENTES PARA DAR SERVICIO A 3.000 HOGARES.

El fundamento de la planta es la producción de un Syngas a partir de la gasificación de biomasa forestal, que se aprovecha en motores de combustión interna de alto rendimiento para generar electricidad. La planta tiene una potencia eléctrica de 1,6 MWe y una potencia térmica disponible de 2,0 MWt. El rendimiento eléctrico global es del 27%, desde que entra la biomasa hasta que se vierte la electricidad a la red.

Inversiones Setabeneses Mollá, SL, del Grupo Cerámica Mollá -dedicado a la fabricación y venta de ladrillo cerámico- es la promotora de esta innovadora instalación, que ha contado con una subvención del AVEN.

Materia prima

La planta consume 11.000 t/año de biomasa forestal, que llega astillada en camiones de unos 50 km a la redonda. Para asegurarse la continuidad del suministro han firmado contratos a largo plazo con gestores de biomasa y, en el futuro, piensan emplear también cultivos energéticos de Paulownia. La astilla debe tener un tamaño inferior a 70 mm, y se paga al peso y en función del contenido en humedad, que suele estar entre el 20% y el 40%.

Cuentan con una capacidad de almacenaje de 500 m³, lo que les da una autonomía de funcionamiento de 4 días.

En un secador estático de lecho profundo retiran la humedad excesiva de la biomasa, aunque el gasificador admite material con una humedad de hasta el 25%.

De astilla a electricidad

La biomasa se descarga, astillada y cribada, en la tolva de almacenamiento; luego se seca en una sección de esta tolva, antes de ser transportada al sistema de gasificación. El sistema de gasificación es del tipo lecho fluido burbujeante con aire atmosférico. El reactor de gasificación es alimentado con la biomasa y con aire precalentado, manteniendo una temperatura de reacción entre 800 y 850°C.

El producto de esta reacción es un gas de síntesis (Syngas) o gas de madera. Su composición es H₂, CO, CH₄, CO₂, N₂ y H₂O, y tiene un PCI aproximado de 1,6 kWh/Nm³. El Syngas sale del gasificador y entra en el sistema de acondicionamiento para eliminar partículas y condensados.

A la salida del sistema de acondicionamiento, este Syngas es utilizado como combustible en dos motores GE-Jenbacher JMC-320 GS-SL, que generan una potencia eléctrica de 1,6MWe. Estos motores tienen una eficiencia eléctrica del 37%.

Ventaja del sistema

Para potencias inferiores a 6 MWe, la gasificación asociada a un motor de combustión interna tiene un rendimiento eléctrico global un 30% superior al de una planta de biomasa convencional.

Además, el calor útil disponible, al provenir en su mayoría de los gases de escape de los motores, se puede aprovechar en aplicaciones industriales que requieren demandas de calor de alta temperatura, como en este caso la industria cerámica. De momento, no se aprovecha este excedente térmico, pero está previsto derivarlo a la fábrica de cerámica contigua. Ahora mismo, se aprovecha parte del calor de los motores para el secado de la biomasa. La planta genera 5 empleos directos, y se estima que favorecerá la creación de 20 empleos indirectos, principalmente en el sector forestal.

Ampliación

Está previsto instalar una nueva planta de gasificación de biomasa para la producción de Syngas destinado exclusivamente a alimentar el horno de cocción de Cerámicas Mollá.

El objetivo es reducir las emisiones de CO₂ en la producción de la cerámica estructural, empleando combustibles renovables como la biomasa.

CASO 3. CENTRAL ELÉCTRICA DE BRIVIESCA: ENERGÍA DE LA PAJA

LA PRIMERA PLANTA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA A PARTIR DE PAJA DE CASTILLA Y LEÓN SE UBICA EN BRIVIESCA, CAPITAL DE LA COMARCA CEREALISTA BURGALESA DE LA BUREBA. APROVECHANDO EL GRAN POTENCIAL DE PRODUCCIÓN DE PAJA Y LA TRADICIÓN INDUSTRIAL DE LA ZONA, EL ENTE REGIONAL DE LA ENERGÍA (EREN) Y ACCIONA ENERGÍA, PRINCIPAL SOCIO PROPIETARIO, HAN ELEGIDO ESTE ENCLAVE PARA CONSTRUIR UNA PLANTA DE 16 MW DE POTENCIA Y 49 MILL.€ DE INVERSIÓN, QUE GENERARÁ ANUALMENTE 128 MILLONES DE KWH, EQUIVALENTES AL CONSUMO DE 50.000 HOGARES, A PARTIR DE LA COMBUSTIÓN DE 100.000 TONELADAS DE PAJA AL AÑO.

Joseba Lezameta, ingeniero de Ingeteam Power Plants, SA, representante de Acciona en las obras de la planta, y Santiago Diez, del EREN, nos mostraron la planta, explicándonos las bases de su funcionamiento y cómo han resuelto los “puntos críticos” para garantizar el óptimo funcionamiento de la instalación, la planta entró en funcionamiento en septiembre de 2010.

Puntos críticos: agua y paja

Los limitantes principales para el funcionamiento de la planta son dos elementos sencillos y conocidos: agua y paja. ¿De dónde se obtienen?

El consumo neto de agua de la instalación es de 18 l/sg, es decir, más de 550.000 m³/año. La mayor parte del agua bruta llega de la vecina EDAR, que depura las aguas del municipio y del polígono industrial. La central podrá usar un caudal de 20 l/sg, de los 50 l/sg que la EDAR vierte al río Oca. Para garantizar el suministro continuo de agua se cuenta, además, con una concesión de aguas sobre el río Oca, que abastecería alrededor del 20% de las necesidades. Un sondeo previo para detectar agua en profundidad fue negativo.

El agua bruta se almacenará en un depósito de 3.600 m³, que también cumple la función de seguridad contra incendios.

Previo a su entrada en la caldera, el agua pasará por una planta de filtración donde se eliminarán partículas y sales minerales para disminuir su conductividad al máximo y así evitar corrosiones en la caldera.

La planta, a pleno rendimiento, consumirá 100.000 toneladas de paja al año (13 t/hora), lo que equivale a la producción de 30.000 ha. La comarca de la Bureba cuenta con 70.000 ha dedicadas a cereal y será el principal abastecedor de la planta.

El radio de suministro previsto no debería sobrepasar los 75 km, siendo lo habitual que se ciña a 30-50 km.

Parte de la paja que va a utilizar la planta se dejaba en el terreno y era triturada o, hasta hace pocos años, incluso quemada para su eliminación en el mismo campo (ahora está prohibido).

Las pacas de paja se guardarán en pajeras, almacenes satélite a la intemperie, cercanos a vías de comunicación y distribuidos estratégicamente a lo largo y ancho de la comarca de la Bureba.

Asegurar el biocombustible

Para asegurar el suministro del biocombustible se suscribirán contratos con agricultores o intermediarios a medio y largo plazo, en los que se acordará un precio estable, no sujeto a las oscilaciones del mercado, y relacionado con el contenido energético de las pacas. Éste se calculará fundamentalmente en función del peso y el contenido en humedad.

Hibridación

Los productores de paja deberán generar unas pacas de dimensiones 1250x880x2450 mm y 380 kg de peso; para ello, algunos deberán modificar sus tecnologías actuales.

Santiago Díez señala que “hubo un punto crítico cuando estábamos diseñando la instalación y surgió la posibilidad de utilizar también biomasa forestal, pues la zona ofrece posibilidades interesantes en este sentido”. La opción se descartó pues apenas reducía el riesgo en el suministro de biocombustible y encarecía la inversión, al hacerse necesarios sistemas de alimentación diferentes.

La planta admite otras biomásas herbáceas, como cultivos energéticos, cuyo manejo sea similar al de la paja de cereal. Al respecto de la paja, según Díez, “la aparición de nuevos consumidores puede suponer un aumento del precio de la paja y de los ingresos de los agricultores y/o un aumento en la producción y mejoras tecnológicas como el desarrollo de variedades capaces de producir más cantidad de paja”.

Elegir la ubicación

La planta se ubica en una parcela que fue necesario expropiar, a las afueras de Briviesca, junto a la EDAR de la localidad, cerca del polígono industrial y junto al río Oca, a la antigua N-I y a la vía del tren. Díez explica que “los criterios más importantes para elegir el sitio fueron la proximidad de un río, que la comarca fuera rica en paja, la cercanía de conexión eléctrica, accesos buenos para los camiones de suministro, un terreno llano para evitar la obra civil excesiva y que no estuviese sometido a protección ambiental especial.” Y asegura que “con todos estos requerimientos, si los pusiéramos en un localizador hipotético de parcelas, no creo que salieran tantas ubicaciones adecuadas...”

La planta

La de Briviesca es la segunda central eléctrica de biomasa de España (Acciona está construyendo otra en Miajadas, Extremadura), tras la de Sangüesa en Navarra, que funcionará sólo con paja de cereal. En el momento de la visita, en agosto de 2009, las obras daban trabajo a 100 personas. Cuando esté funcionando, dará empleo directo a unas 25 personas y generará otros 100 empleos indirectos (agricultores, transportistas, gestores de las pajeras).

Consta de almacén de paja, caldera, turbina, condensador, generador, depósito de agua, torres de refrigeración y otros edificios auxiliares.

El almacén de paja tiene capacidad para asegurar el abastecimiento de tres días de consumo. Tres grúas pesan y manipulan las pacas de paja que llegan en los camiones y las colocan sobre la cinta transportadora que sale del almacén hacia la caldera. Las pacas pasan por unos tornillos desmenuzadores –no trituradores- y caen por gravedad, ya deshilachadas, a las entradas de acceso a la parrilla, inclinada y vibratoria, dentro del hogar de combustión.

Caldera y sobrecalentadores

La caldera acuotubular es de la casa Termisa, de Barcelona y ha sido diseñada “a medida”, al igual que el resto de equipos principales de la planta, en función de la potencia proyectada.

Consta de varios módulos soldados entre sí. “Hemos intentado que la tecnología, y no sólo la obra civil y las estructuras de los edificios, fuera nacional, siempre que la relación calidad/precio fuera adecuada,” señala Santiago Diez.

Para la puesta en marcha de la caldera, tras las operaciones de mantenimiento que pueden tener lugar una o dos veces al año, se ha instalado un “mechero” de gasoil. De esta forma se consigue de forma rápida que el hogar alcance la presión y temperatura adecuadas para empezar a quemar paja.

En el hogar de combustión se alcanzará una temperatura de 912°C. El vapor para mover la turbina debe llegar con unas determinadas características de temperatura y presión que no se consiguen simplemente en el primer paso por los tubos de la pared del hogar de combustión.

Aumentando su temperatura, el vapor aumenta su poder calorífico y el valor de la entalpía de vaporización (kJ/kg), de forma que la turbina será capaz de generar más energía por unidad de masa. Para que el vapor saturado (vapor a la temperatura de ebullición del agua) alcance esta temperatura -522°C- se le obliga a volver al hogar y a circular por los sobrecalentadores, donde es recalentado con la energía de los gases de combustión, aprovechando así el intercambio energético en forma de calor lo máximo posible.

Menos CO₂

Un decantador de partículas y un filtro de mangas depurarán los gases de escape de la combustión antes de ser liberados al ambiente exterior por la chimenea. Un medidor de niveles de partículas y gases emitidos –CO₂, algo de H₂, CO si la combustión no ha sido perfecta- controlará que se encuentren dentro de los márgenes permitidos. La combustión de paja en lugar de combustibles fósiles evitará la emisión a la atmósfera de 115.000 ton/año de CO₂.

Sala de turbina, generador y condensador

Se ha instalado una turbina de acción, a diferencia de la de Sangüesa que es de reacción. La expansión experimentada en el vapor sobresaturado que circula por los alabes fijos hace girar los alabes móviles, produciendo un giro continuo del rotor de la turbina. Las paletas de la turbina están diseñadas para una temperatura máxima de trabajo -522°C-. Si el vapor tiene una temperatura excesiva se mezcla con agua saturada, y si alcanza 545°C, una válvula de control corta el suministro de vapor para evitar averías.

El generador, accionado por el movimiento en la turbina, produce electricidad a 11 kV. Parte de esta electricidad se transforma en baja tensión para consumo de la planta mediante dos transformadores a 0,40 y 0,69 kV.

Otro transformador-amplificador, colocado en la subestación que se construirá junto a la central, transformará la corriente de 11 kV a 45 kV, la tensión de transporte de la línea de evacuación hasta el distribuidor local.

El vapor de escape, una vez que ha trabajado la turbina y ha perdido energía, entra

parcialmente saturado al condensador, donde se consigue un vacío de 0,053 Pa y se transforma de nuevo en agua que vuelve a la caldera, completando el circuito cerrado de la instalación.

El agua caliente del circuito refrigerante del condensador es, a su vez, enfriada en las torres de refrigeración por contacto con aire atmosférico. En esta fase es donde se consume la mayor parte del agua que pierde el sistema (18 l/sg).

Cogenerar o no cogenerar

Preguntado por la posibilidad de cogenerar en la planta de Briviesca, Santiago Díez, Jefe del Área de Biomasa del EREN, perteneciente a la Junta de Castilla y León, explicaba que “como no puede ser de otra manera, se estuvo valorando la posibilidad de abastecer de calor a determinadas industrias del cercano polígono industrial, pero en este caso no resultaba rentable”.

“La tubería que era necesario instalar tenía unos costes de inversión superiores a los ingresos esperados por la venta de calor”, y por ello se descartó la opción de cogenerar.

No obstante, a medio plazo, se está planteando colaborar con el Ayuntamiento de Briviesca para calefactar una piscina municipal cubierta que se construiría en alguna parcela cercana. La planta le vendería el excedente de calor a un precio simbólico. En el futuro también podría vender calor a invernaderos que se instalaran cerca.

CASO 3. ORC: UN EJEMPLO DE GENERACIÓN A PEQUEÑA ESCALA

SE TRATA DE LA PRIMERA INSTALACIÓN QUE EMPLEA UN MÓDULO ORC (CICLO ORGÁNICO DE RANKINE) DE PEQUEÑA GENERACIÓN ELÉCTRICA (125 KWE) UTILIZANDO EL CALOR PROCEDENTE DEL PROCESO DE COMBUSTIÓN DE BIOMASA EN UNA CALDERA DE ACEITE TÉRMICO.

El Proyecto BIOCOM, desarrollado por la empresa Nicolás Correa Service, S.A., tiene como objetivo principal diseñar y construir una instalación de pequeña potencia (125kWe), de carácter modular, automatizada y telemonitorizada, que permita la demostración técnica y económica del aprovechamiento energético de biomasa para producción eléctrica, y en algunos casos calor, mediante el Ciclo Orgánico de Rankine (ORC), un proceso innovador y respetuoso con el medio ambiente.

Se trata de una instalación prototipo en la que, además de demostrar la viabilidad técnica del proceso a escala real, se podrán realizar pruebas con distintas biomásas y bajo diversas condiciones.

Generación eléctrica a pequeña escala

La principal innovación del proyecto es la generación eléctrica a pequeña escala, que pretende minimizar los elevados costes y la problemática de logística de biomasa de las grandes instalaciones.

De este modo, se posibilita el uso de pequeñas plantas de producción eléctrica en zonas cercanas al origen de biomasa, como pequeñas cooperativas, asociaciones, empresas forestales, etc.

Instalación con ORC

El sistema de alimentación de biomasa abastece al equipo de generación de calor, que consta de un horno de incineración de parrilla fija con revestimiento refractario. El calor de la combustión se transmite a una caldera de 1.000 kWt de aceite térmico, de diseño vertical, automática y con tres pasos de humos. El circuito de aceite térmico conduce el calor hasta el sistema de producción eléctrica.

Lo más novedoso de esta instalación es este equipo de generación eléctrico: un Ciclo Orgánico de Rankine de pequeña potencia (125 kWe) que emplea una fuente de calor para evaporar un fluido orgánico y expandirse después en una turbina para generar electricidad. El vapor expandido es condensado y bombeado de nuevo al evaporador presurizado. Una de sus principales ventajas es que no precisa de limpieza de humos, lo que simplifica y abarata la instalación.

El equipo ORC instalado se ubica en el interior de un contenedor junto al intercambiador que evapora el fluido orgánico. Para condensar este fluido se instaló un evaporador-condensativo, aunque lo ideal para futuras instalaciones es aprovechar el calor del ciclo, aumentándose así el rendimiento de la instalación.

Se diseñó una planta finalmente ubicada en las instalaciones de NC Service en Burgos. Bajo este diseño, la planta fue construida a principios de 2010, ocupando una superficie aproximada de 100 m².

Se han realizado pruebas y ensayos, demostrando la viabilidad del proceso y de la generación eléctrica y, actualmente, la instalación está en fase de optimización y ajuste. La planta cuenta, además, con un sistema de automatización y telemonitorización.

Ventajas y aplicaciones

En cuanto a la biomasa, el éxito de estas instalaciones pasa por conseguir abaratar su coste, ubicándolas en zonas cercanas al origen de su aprovechamiento.

Otra opción sería que, para plantas de biomasa de pequeña generación, mejoraran las primas de producción o que las condiciones de REE fueran menos exigentes, como ya ocurre en países como Alemania e Italia.

También es importante que el usuario final pueda emplear el calor sobrante en alguno de sus procesos. Por otra parte, este módulo ORC permite un funcionamiento a carga parcial y el autoconsumo desde el primer kW generado, evitando los costosos trámites de conexión a red.

Presenta un bajo mantenimiento y permite la producción de electricidad a partir de cualquier foco de calor, incluso calor residual, por lo que su utilidad no sólo se centra en el aprovechamiento de biomasa.

Participantes

Nicolás Correa Service, S.A., cuya actividad principal es la reparación, instalación y puesta en marcha de maquinaria de alta precisión, comenzó en 2006 a diversificar su actividad industrial, desarrollando una línea de I+D dentro del sector de las EE.RR., centrada principalmente en el aprovechamiento energético de biomasa a pequeña escala.

Para el desarrollo del prototipo del proyecto se ha contado con la ayuda del Ministerio

de Ciencia e Innovación (MICINN), de la Agencia de Inversiones y Servicios de Castilla y León (ADE) y cofinanciado con fondos FEDER.

CASO 4. BIOGÁS: PLANTA ELÉCTRICA DE DIGESTIÓN ANAEROBIA CON ESTIÉRCOL DE VACUNO

INPER s.l. ha finalizado la construcción y puesta en marcha de la primera Planta de Biogás en España de 499 kW/h por digestión anaerobia utilizando como sustrato principal purín de vacuno, funcionando en régimen mesofílico.

La planta está ubicada en el término municipal de Requena, en la provincia de Valencia y es propiedad de la Granja San Ramón. Dispone de dos digestores. El primero es un fermentador horizontal, del tipo flujo-pistón, con una capacidad de 800 m³. Estos digestores aportan una gran versatilidad a las plantas ya que permiten el tratamiento de sustratos con porcentajes de materia seca superiores al 25%, pudiendo llegar hasta porcentajes entorno al 30 %.

El segundo es un digestor cilíndrico, con una capacidad de 2.200 m³ y una doble membrana para almacenar el gas producido en ambos digestores donde además tiene lugar la desulfuración biológica del gas.

En el interior de los digestores no hay ningún elemento que pueda requerir mantenimiento, como motores, bombas, calefacción, etc. Esto redundará en una mayor disponibilidad de la planta, estando previsto un funcionamiento superior a las 8.000 horas anuales.

La calefacción del sustrato tiene lugar fuera de los digestores. Posteriormente el gas es deshumidificado en un condensador y comprimido antes de ser inyectado al motor. El motor-generador es un GEJenbacher modelo JMC 312 GS-B.L de 499 kW con un rendimiento eléctrico del 40,4 % y un rendimiento térmico del 42,6 %.

La supervisión y control de la planta se efectúa centralizadamente desde una sala de control, pudiendo realizarse localmente o en modo remoto.

Tanto en el diseño como en la construcción de la planta se ha previsto una futura ampliación de la misma.

CASO 5: GASIFICACIÓN con CAMARA TORSIONAL en CENTRAL TERMICA DE BIOMASA DE VILLACAÑAS

Térmica AFAP, S.A. es titular, en el paraje de Matadero de la localidad de Villacañas (Toledo), de una central de generación eléctrica alimentada por biomasa acogida al Régimen Especial de acuerdo con la Resolución de 15 de marzo de 2004 de la Dirección General de Industria y Energía de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha².

La Central Térmica de Biomasa de Villacañas nació para dar una solución a los residuos de madera generados en las fábricas de puertas de la localidad.

En los últimos años, debido a la baja producción de las fábricas de puertas y a la investigación de nuevos productos de biomasa, Térmica AFAP utiliza otros tipos de residuos de biomasa.

Los combustibles utilizados son; los residuos de industrias de madera, con los que ya viene trabajando actualmente la central, y, como dos nuevos combustibles, sarmientos derivados del cultivo de viñedos y masa forestal (masas forestales y espacios verdes).

1.- DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN Y LA TECNOLOGÍA

La parcela donde se encuentra la central de Térmica AFAP, S.A., tiene una planta rectangular de 144 m de largo por 83 m de ancho, lo que supone una superficie mínima aproximada de 12.000 m². Las instalaciones que conforman la central son:

- Recepción, báscula y parking.
- Oficinas y despachos.
- Zona de acopio de serrín.
- Pista de acceso a trituradora y acopio de retales de madera.
- Aseos y sanitarios.
- Sala de control de producción eléctrica (turbinas y condensadores).
- Sala de control de las torres de refrigeración.
- Taller de mantenimiento y almacenamiento de productos/residuos.
- Triturador, alimentador serrín, silos de serrín, alimentador gas natural, caldera, ciclón, condensador, torres de refrigeración, desgasificador.
- Depósitos de agua.
- Tanque de gasoil.
- Sala contra incendios.

DATOS DE LA CALDERA:

TITULAR: Térmica AFAP, S.A.

TIPO: Biomasa.

GRUPO: b.7.

HIDRIDACIÓN: b.8.2; b.6.2 y b.6.3

POTENCIA: 7.800 kW.

COMPONENTES: Turbina de vapor con alternador síncrono.

UBICACIÓN: Villacañas (Toledo)

BREVE DESCRIPCIÓN: Central compuesta por alternador de 7.800 kW accionado por turbina de vapor, con transformador de 10.000 KVA y relación de transformación 6,3/15 kV para distribución exterior y transformador para servicios auxiliares 6,3/0,4 kV y demás características reflejadas en la documentación presentada.

La planta de generación eléctrica consta de una caldera acuotubular de producción de vapor y su correspondiente turbina a condensación con una extracción de vapor para el desgasificador. Todo el equipamiento dispone de los sistemas auxiliares necesarios: sistema de tratamiento de aguas, torres de refrigeración, condensador, desgasificador, sistema de alimentación de combustible, aire de admisión, estación de aire comprimido, estación receptora de gas natural con ERM de media presión, conductos, tuberías, obra civil, instalación eléctrica y de control, etc.

La central, aprovecha los residuos de madera procedentes de la fabricación de puertas, los sarmientos y masa forestal, como combustibles para la caldera acuotubular de producción de vapor sobrecalentado a alta presión, que se expansiona

en un turbogenerador produciendo electricidad. Parte de esta electricidad y de este vapor se utiliza como consumo interno y el excedente de electricidad es exportado a la Red Eléctrica.

La instalación esta diseñada para un funcionamiento de 24 horas diarias, con paradas para el mantenimiento de la planta, siendo el total de horas anuales de funcionamiento previstas de 8.000.

CASO 6. BIOGÁS: COGENERAR Y ELIMINAR PURINES

EL PROBLEMA DE LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS GENERADOS EN LAS EXPLOTACIONES GANADERAS SE TRANSFORMA EN UNA OPORTUNIDAD ENERGÉTICA ACOGIDA CON ENTUSIASMO POR LOS 15 GANADEROS DE LOS VALLES DE ULZAMA, ODIETA Y BASABURUA EN NAVARRA: CONSTRUIR UNA PLANTA DE COGENERACIÓN DE 500 KW A PARTIR DEL BIOGÁS PRODUCIDO. “TODAS LAS EXPLOTACIONES SE ADHIRIERON AL PROYECTO, SUPERANDO NUESTRAS EXPECTATIVAS MÁS OPTIMISTAS,” ADMITE EL ALCALDE, PATXI PÉREZ.

En la planta se producirá electricidad y calor a partir de la digestión de los purines procedentes de las explotaciones ganaderas de los tres Valles, que con sus 3000 vacas frisonas producen el 25% de la leche de Navarra. La planta da solución a dos cuestiones: eliminar los purines en una zona con un elevado estatus de protección y rentabilizar la eliminación.

Para la gestión de la planta y los purines se ha constituido la empresa “Bioenergía Ultzama, SA,” participada en un 44% por la Cooperativa de ganaderos; en un 20% por Levenger; las empresas que consumirán el calor generado también participan en la sociedad con un 5% como máximo, así como otros socios tecnológicos, algunos vecinos del Valle y colectivos relacionados con el sector como el Grupo Veterinario Ultzama o fábricas de piensos.

“El Ayuntamiento tenía previsto participar, pero dado el interés suscitado entre todos estos colectivos, no ha sido posible”, señala el Alcalde.

El purín será recogido de las explotaciones cada dos días como máximo y transportado en camiones hasta el depósito de entrada de la planta, desde donde se controla su ingreso a los dos digestores. En ellos las bacterias gasifican el purín en una fase que dura 28 días.

El digestato obtenido pasa a otro depósito semicubierto con lona y cercano a la balsa de sólidos donde se realiza la separación de las dos fracciones, sólida y líquida.

Los digestores-gasómetros tienen una cubierta de lona donde se almacena el biogás, que se bombea al motor de cogeneración situado en el edificio principal para obtener la electricidad –unos 40 kW- y el calor necesarios para los procesos de la planta.

Venta de calor y electricidad

El biogás restante se conduce por un gaseoducto hasta el polígono industrial de Elordi, en Iráizoz, donde hay otros tres motores de cogeneración –es más eficiente trasladar el gas y producir el calor más cerca del punto de consumo, en este caso las empresas Danone, Goshua y Bel que comprarán la energía térmica que necesitan para sus procesos. La electricidad generada por los motores -500 kW- es convertida de 3,8kV a 13,2 kV para ser vertida a la red más cercana.

Abono de calidad

De la fracción sólida se quiere obtener compost organo-mineralizado, fácilmente asimilable por las plantas, de muy alta calidad y libre de patógenos. “Estamos pensando incluso en hacer granulado. La ceniza obtenida de la caldera de biomasa podría aportar potasio al abono, rico en nitrógeno, obtenido en la planta de biogás”, señala Patxi Pérez.

Para los líquidos se construirán cinco balsas repartidas por los tres municipios, de acuerdo con el Plan de Gestión.

Limitantes

La planta se beneficiará de la retribución por producción eléctrica en Régimen Especial establecida en el RD 661/2007 para centrales de biogás de hasta 500 kW. “Si la planta admitiese todos los residuos generados en la zona, incluidos lactosueros de las fábricas de queso, multiplicaríamos la producción, pero entonces, además de obtener un 40% menos en el precio del kW, necesitaríamos transportar la electricidad a mayor tensión y más lejos, y así las cuentas no salen”, explica Patxi Pérez.

3.5.3. Co Combustión

La co combustión consiste en la **combustión conjunta de dos combustibles en un mismo dispositivo**.

Actualmente, y ante el creciente empuje de la biomasa como fuente renovable de energía, se denomina co combustión a la combustión de biomasa (u otro combustible alternativo) sustituyendo parte del combustible original en una caldera u horno diseñado para operar con combustible fósil.

El término co combustión, surgió en Estados Unidos y Europa durante los años 80, llamando co combustión al uso de combustibles de biomasa o residuos sólidos en centrales diseñadas para uso exclusivo de carbón, reemplazando parte del combustible original. Este hecho se ha acentuado con el incremento del interés internacional por la **reducción de emisión de gases de efecto invernadero (GEI)** producido por el uso de combustibles fósiles.

Las tecnologías usualmente empleadas en co combustión suelen diferenciarse entre las que efectúan **co combustión directa e indirecta**. En el primer caso el combustible secundario (biomasa, por ejemplo) se introduce mediante el mismo sistema de combustión (mezclado con combustible fósil) o de manera separada (quemadores específicos) dentro de la misma caldera u horno, realizándose el proceso de combustión conjuntamente.

En el caso de la co combustión indirecta, la combustión no se realiza de manera conjunta. Dentro de los sistemas de co combustión indirecta están aquellos en los que, una vez obtenidos los productos de combustión de ambos combustibles, éstos se mezclan y se utilizan conjuntamente para transmitir la energía térmica a un fluido (caso por ejemplo de las centrales térmicas o sistemas de producción de calor) o a un producto (caso de los hornos de clínker para cemento y la industria siderúrgica).

A continuación, vamos a dar más información acerca del **ejemplo de la co combustión de residuos de biomasa en el sector cementero**.

El núcleo del proceso de fabricación de cemento (una vez llevada a cabo la obtención, preparación y molienda de materias primas) es el horno. En el mismo se produce la combustión de la materia prima a muy altas temperaturas (2.000 ° C de temperatura en la llama principal y 1.450 ° C de temperatura media).

Por tanto, la fabricación de cemento es una actividad que requiere de un consumo intensivo de energía, tanto en forma de energía térmica como en forma de electricidad.

Esta aportación energética puede ser realizada a partir de diferentes fuentes:

- Por el uso de combustibles tradicionales, fundamentalmente coque de petróleo y en menor medida, carbón, fuel oil o gasoil.
- Por el uso de combustibles alternativos constituidos por diferentes tipos de residuos recuperados (muchos de ellos, total o parcialmente biomasa), con un poder energético suficientemente elevado para realizar una aportación energética neta al proceso de producción.

En función del contenido en biomasa de los residuos autorizados para ser usados en plantas cementeras, podemos dividir los mismos en tres grandes grupos:

Residuos totalmente biomasa:

- Biomasa forestal y restos vegetales procesados de la industria alimentaria
- Residuos de industrias cárnicas, que incluyen harinas cárnicas y grasas animales
- Lodos de depuradora de aguas residuales urbanas

Residuos con contenido parcial de biomasa

- Lodos de papelera, procedentes del procesado de la pasta de papel y que contienen celulosa y plástico
- Combustibles preparados a partir del rechazo de plantas de tratamiento de residuos municipales
- Neumáticos fuera de uso
- Residuos de fragmentación de vehículos fuera de uso

Residuos de origen fósil

- Residuos de hidrocarburos
- Aceites minerales usados
- Plásticos
- Disolventes, pinturas, barnices y otros residuos líquidos

Actualmente, 29 de las 36 cementeras integrales que operan en nuestro país están autorizadas para emplear combustibles alternativos.

Los **beneficios ambientales, económicos y sociales derivados del uso de residuos de biomasa en el sector cementero** son numerosos, entre otros:

- **Evita el depósito de residuos en vertedero** y sus consecuencias adversas asociadas, ya los residuos depositados en vertedero emiten metano al fermentar, un gas de efecto invernadero que contamina 20 veces más que el CO₂.
- **Recupera la energía que contienen los residuos** que ya no se pueden reutilizar ni reciclar. Se recuerda que según datos de la Agencia estadística de la Unión Europea, EUROSTAT del año 2009, un 57% de los residuos de nuestro país acaban en vertedero.

- **Disminuye el consumo de combustibles fósiles** porque aprovecha el poder calorífico de los residuos y se deja de utilizar otros combustibles fósiles y finitos.
- **Mejora la competitividad de la industria cementera** porque reduce los costes de fabricación. Los costes energéticos suponen actualmente el 35% de los costes totales de una fábrica de cemento

No obstante, si tuviésemos que destacar un único beneficio, sin ninguna duda este sería la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, puesto que **la utilización de combustibles con biomasa se considera neutra en cuanto a sus emisiones de CO₂**. Esto quiere decir que el CO₂ emitido por la combustión de combustibles alternativos procedentes de biomasa no es computable, debido a que éste CO₂ está en equilibrio con la cantidad de CO₂ que toman las plantas del aire en el proceso de fotosíntesis, por lo que no se incrementa la cantidad total de CO₂ atmosférico.

El sector cementero español utilizó durante el año 2009 más de 300.000 toneladas de residuos que eran cien por cien biomasa o parcialmente biomasa. Estos combustibles permitieron **ahorrar la emisión de 367.663 toneladas de CO₂ a la atmósfera, lo que equivale a las emisiones anuales de 122.550 coches.**

Inyección de pellets en CHP de carbón

La central de Amager, en Copenhague y propiedad de la empresa sueca Vattenfall tiene 3 unidades. La unidad 1 construida en 1971, la unidad 2 en 1972 y la unidad 3 en 1989. En total 350 MW que consumen 700.000 t/año de carbón y 400.000 t/año de biomasa y dan electricidad, calefacción y ACS a unas 500.000 personas distribuidas en 115.000 casas. Antonio Gonzalo, de AVEBIOM ha visitado la planta coincidiendo con la feria World Bioenergy.

En 2003 la unidad 2, se transformó de carbón a biomasa. Con una potencia de 95 MWe consume 400.000 toneladas de pellets al año, de las cuales 300.000 tm las compran a terceros y 100.000 produce la empresa sueca VATERFALL en sus propias fábricas de pellets. Tiene una capacidad de DH de 166 MJ/s y consume 60 t/hora de pellets. La presión de vapor es de 90 a 110 bar y la temperatura de vapor es de 480°. Consume pellets de paja (50%) y de madera (50%). En los dos silos guardan 85.000 tm y 12.000 tm.

La logística del pellet

En visita realizada a la planta y según el responsable de logística, el pellet de madera es mejor que el de paja porque se rompe menos y genera menos polvo. Se encuentran en fase de modificación de filtros y de silos para reducir la cantidad de polvo. Se calcula que el 5% del pellet se disgrega en polvo.

El pellet es descargado desde el barco a la zona de carga en el Puerto que está dentro de las instalaciones de la central, desde ahí se lleva mediante una cinta transportadora tipo "banana" hasta los silos. En los silos tienen medidores de CO como medida de seguridad.

Un millón de toneladas

En la unidad 1 se ha instalado una nueva caldera marca BME "policombustible" de 80 MWe capaz de utilizar carbón, fueloil o pellets de madera o de paja indistintamente (75 toneladas/hora) y 94,5% de eficiencia, la intención es el cambio progresivo 100% a biomasa.

La puesta en marcha de esta unidad 1 supondrá la reducción de más de 600.000 toneladas de CO₂/año. La idea es utilizar un millón de toneladas/año en los próximos años hasta conseguir un 40% de biomasa. Con la renovación de la unidad 1, se reducirán las emisiones de SO₂ y NOX. Las cenizas de la combustión van a la industria cementera y las cenizas de los gases de escape, para prefabricados de yeso laminado tipo "Pladur". La unidad 1 se ha conectado a al sistema de district heating mediante un "túnel de vapor" desde la planta hasta Copenhague de 4 km de largo y 4 metros de diámetro para llevar calefacción y ACS.

3.5.4. Uso de bioetanol y biodiesel de primera generación

De manera general los posibles usos de los Biocarburantes se pueden resumir en las siguientes alternativas:

1. Mezclar el biocarburante, en pequeñas proporciones, con los combustibles tradicionales de manera que permita su utilización en los motores actuales (principal opción)
2. Transformación del biocarburante para obtener otro más adecuado para su uso en los motores existentes.
3. Adaptación del motor al combustible.

La producción de bioetanol de primera generación predomina sobre la de biodiesel con un 75% del total de biocombustibles generados a nivel mundial (IEA, 2009). Se estima que en el año 2009 la obtención de bioetanol ascendió a más de 72.000.000 m³ (IDEA), siendo EEUU y Brasil los principales productores.

Tabla 1. Producción de bioetanol en el mundo (x 1.000 m³) (IDAE)

País	2007	2008	2009
EEUU	24.552	34.968	38.600
Brasil	20.000	24.200	25.200
Unión Europea	1.796	2.822	3.830
China	1.700	1.900	1.750
Canadá	720	950	1.100
Colombia	275	258	315
India	140	350	380
Tailandia	176	322	450
Australia	80	120	200
Otros	198	447	956
TOTAL	49.637	66.336	72.781
<i>Crecimiento anual</i>	27,4%	33,6%	9,7%

Por otra parte, en lo que respecta al biodiesel los países que conforman la Unión Europea son la principal fuente de este biocarburante en todo el mundo, con más del 50% de la producción total.

Tabla 2. Producción de biodiésel en el mundo (x 1.000 t) (IDAE)

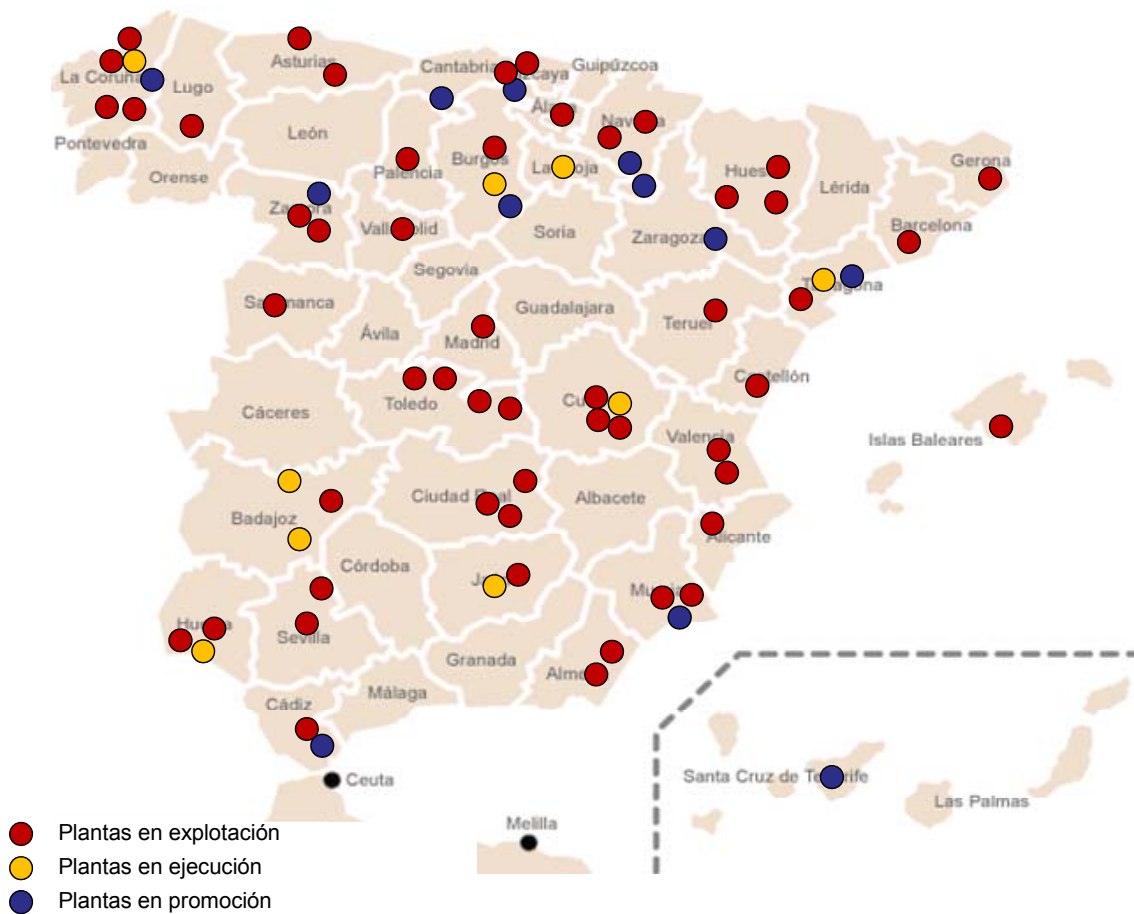
País	2007	2008	2009
Unión Europea	5.486	7.038	7.116
EEUU	1.705	2.370	1.500
Brasil	354	1.025	1.370
Argentina	384	810	800
Indonesia	125	350	650
Tailandia	45	410	400
Malasia	130	200	300
Corea del Sur	80	120	160
Colombia	8	100	150
Otros	424	528	631
TOTAL	8.741	12.951	13.077
<i>Crecimiento anual</i>	47,3%	48,2%	1,0%

A pesar de las múltiples ventajas del uso del bioetanol, hasta el momento sólo Brasil y Estados Unidos producen grandes cantidades, cubriendo entre ambos el 89% de la producción mundial de bioetanol (Gnansounou *et al.* 2010). En la Unión Europea, según datos de Euroserv'ER (2009), los principales países productores son Francia, Alemania y España, como se observa en la Tabla siguiente.

Tabla 3. Producción de biocombustibles en la Unión Europea en el año 2009 (Euroserv'ER).

País	Bioetanol (millones l)	Biodiesel (miles t)
Francia	840	1.815
Alemania	425	2.819
España	373	207
Polonia	100	275
Eslovaquia	94	146
Austria	89	213
Reino Unido	72	192
Suecia/Dinamarca	70	231
República Checa	62	104
Italia	60	595
Lituania	22	66
Bulgaria	16	11
Portugal	13	268
Holanda	9	101
Hungría	8	105
Bélgica	6	277
Irlanda	3	24
Finlandia	-	85
Grecia	-	107
Rumania	-	65
Letonia	-	30
Chipre	-	9
Eslovenia	-	9
Malta	-	1
Total UE 27	2.261	7.755

En España hay múltiples pantas de producción de biocombustibles repartidas por todo el territorio nacional (Mapa 1). Según estimaciones del IDAE, en noviembre del año 2009 existían un total de 3.661.440 tep/año instaladas en España. Además se calcula que con los proyectos de futuras plantas que actualmente están en ejecución y promoción esta capacidad instalada podría ascender a 1.863.739 tep/año más, siendo el total de capacidad instalada mayor a 5.500.000 tep/año.



Mapa 1. Distribución de las plantas de biocombustibles en España (IDAE y APPA).

Con respecto a la capacidad de producción de las plantas de biocombustibles hay que señalar que, según estimaciones de la APPA, en el año 2008 el ratio de utilización real con respecto a la capacidad teórica instalada en las plantas productoras de biodiesel se situó en torno al 16%. A esto hay que sumarle, otro hecho, y es que el 61% del biodiesel consumido en España para ese mismo año procedía de otros países, quedando el porcentaje restante en manos de los productores españoles (Tabla 4). A diferencia de lo que sucede con el biodiésel, la industria española de bioetanol no padece, de momento, un problema de importaciones.

Tabla 4. Capacidad, producción y consumo de biocombustibles en España durante el año 2008 (IDAE) (datos en tep)

Biocombustible	Capacidad	Producción	Consumo
Bioetanol	294.100	176.300	125.000
Biodiésel	1.518.900	168.600	519.000

3.5.4.1 Uso del bioetanol

En el caso de los motores de encendido provocado, el biocarburante más utilizado es el bioetanol, empleado en mezcla junto a la gasolina, usualmente en porcentajes entre 5 y 10%. También existen vehículos llamados flexibles en cuanto al combustible (*FlexiFuel Vehicles*, FFV) que pueden emplear mezclas de bioetanol de hasta el 85% y vehículos especiales que funcionan con mayores porcentajes llegando incluso hasta el 100%.

Tabla 5. Principales características de bioetanol como combustible frente a la gasolina.

	Gasolina	Etanol
Fórmula	C _n H _m (n=4-12)	CH ₂ -CH ₂ OH
Peso molecular	100/105	46
Oxígeno (% en peso)	0	34,8
P. C. I. (kJ/kg)	42700	26800
Densidad a 20°C (kg/m ³)	720/780	794
Solubilidad en agua (%)	0,1	100
Calor latente de vaporización (kJ/kg)	330	850
T ^a ebullición	30/215	78

A continuación se resumen los principales efectos y causas del uso de bioetanol en los motores.

Tabla 6. Efecto de la utilización del bioetanol en los motores

Efecto	Causa
Disminución del consumo de combustible en recorridos urbanos	Mejora del llenado de aire del motor con bioetanol por disminución de la temperatura de admisión ocasionado por el mayor calor de vaporización del bioetanol
Posibles problemas de arranque en frío a baja temperatura	El elevado calor de vaporización del bioetanol enfría el aire de admisión
Posibles problemas de deterioro de juntas del circuito de combustible y/o corrosión.	Efecto del ataque químico del alcohol a ciertos materiales, además de la mayor presencia de agua por la afinidad con el alcohol
Posibles problemas de ensuciamiento de filtros	Mayor arrastre de residuos por el efecto disolvente y detergente del bioetanol
Mala carburación en motores con sistema de carburador	Necesidad de adaptar el sistema a la nueva relación estequiométrica aire-combustible.
Problemas de conducción a elevada altitud	La mayor volatilidad del bioetanol puede ocasionar la aparición de bolsas de combustible vaporizado en el sistema de alimentación

3.5.4.2 Uso del biodiésel

Normalmente el biodiésel se encuentra en las estaciones de servicio mezclado con gasóleo en porcentajes variables entre 5 y 30%, así como al 100% en algunos casos. La actual legislación (Real Decreto 61/2006) permite la mezcla de hasta el 5% en volumen de biodiésel en el gasóleo A sin necesidad de indicación para el usuario, mientras que la propuesta de modificación de esta legislación permitirá hasta el 7% en volumen de biodiésel, tal y como establece la directiva europea 2009/30/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de abril de 2009.

Tabla 7.: Principales propiedades como combustible diésel de los aceites vegetales y sus ésteres derivados (biodiésel) en comparación con el gasóleo

	Gasóleo	Aceites vegetales	Ésteres metílicos (Biodiésel)
Densidad a 20°C (kg/m ³)	840	910/930	870/890
Viscosidad a 40°C (Cst)	3/4,5	25/35	3,5/4,5
P. C. I. (MJ/kg)	43	35/38	36/39
P. C. I. (MJ/l)	36	32/35	32/34
Número de cetano	48/51	30/40	49/54
P. O. F. F. (°C)	-20	10720	0/-15
Residuo carbonoso	0,1	>10	0,25/0,42
Punto Inflamación (°C)	65	>200	120/170
Contenido en azufre (% peso)	0,05	0	0

Por otra parte, en la tabla siguiente se muestran los principales efectos y causas del uso de biodiésel en los motores.

Tabla 8. Efecto de la utilización del bioedésel en los motores.

Efecto	Causa
Disminución de ruido del motor	Mayor número de cetano del biodiésel, lo que provoca un menor pico en la presión instantánea de combustión y menor ruido
Disminución de la emisión de humos negros.	La disminución de la opacidad de los humos de escape se debe al mayor aporte de oxígeno del biodiésel.
Posible disminución de la potencia máxima del motor	Menor poder calorífico del biodiésel, que reduce la entrega máxima de potencia del motor, aunque se compensa por la mayor densidad
Aumento del consumo másico de combustible	Menor poder calorífico del biodiésel provoca un aumento del consumo másico de combustible, pero no del consumo energético
Posibles problemas de arranque en frío y marcha irregular a bajas temperaturas	La mayor viscosidad y POFF (Punto de Obstrucción del Filtro en Frío) del biodiésel frente al gasóleo hace que a bajas temperaturas disminuya la filtrabilidad del combustible
Posibles problemas de ensuciamiento de filtros	La menor estabilidad a la oxidación del biodiésel provoca la formación de sedimentos y gomas que aumentan el ensuciamiento de los filtros de combustible.
Posible deterioro de juntas y latiguillos del circuito de combustible	El biodiésel es agresivo con los materiales de caucho y similares provocando el deterioro de los mismos

3.6. PRINCIPALES BARRERAS Y RETOS PARA EL DESARROLLO COMERCIAL DE LA BIOMASA.

El aprovechamiento de los restos de tratamientos culturales en los montes, presenta algunas dificultades entre las que se pueden citar:

- La mayoría de la superficie forestal de España se encuentra en manos privadas. Así, más del 70% de la superficie forestal es privada encontrándose dificultades para su movilización. Además, en muchos casos, esa propiedad es de pequeño tamaño, siendo otro problema añadido para la movilización de biomasa forestal. En la actualidad, se están realizando proyectos de concentración parcelaria forestal (por ejemplo en el municipio de Nieva de la provincia de Segovia) para favorecer la gestión forestal.
- La superficie forestal en España tiene una fisiografía compleja con más de un 36% en pendientes superiores al 35%, y cerca de un 39% con pendientes entre 12,5 y 35%. Esto supone una gran proporción de superficie con importantes dificultades para el aprovechamiento de la madera y de la biomasa. (Tolosana et al 2004).
- El tamaño medio de la propiedad privada en España es muy pequeño. En Galicia, País Vasco y Cataluña el tamaño medio por propietario es de 3,0 ha,

3,1 ha y 9,5 ha respectivamente (Enersilva, 2007). Como, además, esta superficie puede estar dividida en numerosas parcelas, el tamaño real y operativo es incluso inferior. Véase como ejemplo el caso de Galicia en que, para los terrenos más productivos forestalmente, la superficie media por propietario particular es de 2 ha divididas en 10 parcelas, y los montes vecinales en mano común están divididos entre 2835 comunidades, lo que les proporciona un tamaño medio de 237 ha (Rodríguez y Marey, 2008). Y en este caso el tamaño sí importa ya que, para un mismo precio de la madera en parque de fábrica, una vez descontados los costes de transporte, saca y elaboración, el valor residual por tonelada que le quedaría al propietario por la venta de la madera en pie para una corta de 20 t sería del 19% del valor de la madera en fábrica. Sin embargo para una corta de 10.000 t este valor sería del 54% (Villapol, 1997).

- El envejecimiento de los propietarios forestales integrados en el medio rural supone que, debido a la escasa rentabilidad de las propiedades forestales, los descendientes no continúen con la actividad. Para la mayoría de expertos, es fundamental buscar herramientas que faciliten la gestión de los montes en manos privadas. Se deben fomentar asociaciones, agrupaciones, cooperativas o comunidades de montes así como dar ayudas a modelos de gestión con mínima intervención del propietario. Un ejemplo puede ser la mancomunidad de productores de biomasa forestal primaria del sur de Galicia, creada en 2007, que agrupa a 52 comunidades de montes con 13.500 ha.
- Existe competencia por el recurso con otras industrias del sector forestal, con la fabricación de tableros y la producción de papel. Aún existiendo suficientes recursos en los montes, la baja disponibilidad en el mercado hace que existan retenciones al aumento de la demanda de biomasa forestal para la producción de energía.
- No es sencillo hacer buenos estudios de disponibilidad de biomasa. Existe un desfase importante entre el inicio del proyecto y el comienzo de consumo de biomasa.
- Las restricciones a las cortas y su estacionalidad es otro de los problemas. Las figuras de protección son muchas, y suponen o pueden suponer limitaciones importantes a la extracción de productos.
- Las tramitaciones de cualquier proyecto son muy largas y la rentabilidad es muy ajustada.
- La financiación externa es muy complicada ya que existe miedo a la garantía de suministro a largo plazo.
- La tecnología es cara y no es apta para varios tipos de biomasa.
- La densidad de vías es un parámetro importante porque en la extracción de biomasa la distancia de desembosque debe ser pequeña ante el poco valor añadido del producto. En España, el valor medio de la densidad de vías es de 10 m/ha. Su desglose es desigual, siendo claramente inferior a la media en el centro y sur de la Península. En cambio en el norte, la fragmentación de la propiedad provoca un alto valor de densidad de vías, lo que supone una pérdida de superficie productiva y un elevado coste de mantenimiento. Debido

a ello muchas no están en adecuadas condiciones para su utilización en el momento de las cortas. Esto alarga las distancias de desembarco y origina acarreos intermedios con un incremento considerable del coste al no ser accesible a camión (Picos et al, 2007). Como ejemplo práctico, en una concentración parcelaria realizada en 700 ha del municipio de Trabada (Lugo), el paso de una superficie media de parcela por propietario de 0,16 ha a otra de 2,15 ha y la existencia de algunas con más de 10 ha de superficie provocó que la densidad de vías alcanzara 40 m/ha.

- Las limitaciones para la construcción de pistas y la falta de infraestructuras adecuadas (con zonas de carga y descarga) son dos de los problemas más destacados en opinión de las empresas españolas de aprovechamiento forestal. La mejora de las infraestructuras (pistas y cargaderos) es unánimemente considerada una medida adecuada para el fomento y desarrollo del trabajo que realizan estas empresas (Ambrosio y Tolosana, 2005). La dificultad añadida de encontrar espacio adecuado para situar grandes cargaderos es otro grave problema. La maquinaria de astillado y transporte precisa áreas relativamente extensas de trabajo. La baja densidad volumétrica de los residuos, que oscila entre 0,05 y 0,25 t/estéreo (Rodríguez et al. 2007) agrava esta necesidad. El problema se manifiesta muy especialmente en el norte donde es común acudir al alquiler de fincas para hacer de cargaderos. De ahí, también, la importancia de la logística para el astillado en cargadero y posterior traslado que evite la acumulación de mucha biomasa. Además, se ha sugerido por algunos sectores implicados que la Administración incluya en los pliegos de condiciones localizaciones adecuadas para situar los cargaderos.
- Se necesita el desarrollo de maquinaria adecuada para las condiciones españolas. La maquinaria procedente del norte de Europa está pensada para grandes superficies forestales y pendientes reducidas. Sería útil poder emplear máquinas más pequeñas y específicas, tanto en el interior del monte como en su transporte por carretera donde la exigencia de camiones-góndola complica la movilidad. Debe decirse, sin embargo, que ya existen actuaciones de mejora de la maquinaria en algunas labores concretas, con iniciativas como las institucionales gallegas de maquinaria para recoger matorral (Cis-madera) o las privadas de recogida de residuos con empacadora (Trabisa). La ayuda a la adquisición de maquinaria es una de las medidas de desarrollo a la que mejor responden las empresas de aprovechamiento. La renovación gradual del parque de maquinaria en los últimos años ha alcanzado a un 30% de las empresas de aprovechamientos forestales en Galicia, con una inversión presupuestaria en torno a 26,8 millones de euros en el periodo 2001-2006. Igualmente favorecidas se han visto las empresas de aprovechamientos que trabajan en Asturias, con más de 3,5 millones de euros de inversión en el periodo 2002-2006. (Ambrosio y Tolosana, 2005).
- La falta de gestión en muchas zonas es uno de los factores que más dificulta la movilización de la biomasa y de la madera. Para las empresas de aprovechamiento, existe un conflicto recurrente con muchos gestores y administraciones que abarca amplios aspectos del trabajo diario, siendo especialmente reseñables la discrepancia entre el volumen de madera que se oferta y el que debería ofertarse, la falta de previsión en esa oferta y los requisitos recaudatorios y burocráticos que implica (Ambrosio y Tolosana, 2005). En particular, la falta de transparencia en la información de fechas de

subastas y volúmenes previstos les lleva a acumular gran cantidad de lotes para asegurar que la maquinaria no pare de trabajar a lo largo del año.

- Los **costes de saca y transporte** de la biomasa son muy elevados por numerosos motivos, habiéndose ya reflejado la mayoría en otros lugares de este documento: escaso valor añadido del producto, desconocimiento por parte de los gestores y de las empresas de aprovechamiento de cómo deben realizar la extracción y el transporte, inadecuación de la maquinaria empleada, coste de transporte muy elevado,... En cualquier caso, un análisis detallado de estos costes es esencial para poder sacar conclusiones sobre la situación.

Un posible método para aumentar la disponibilidad de biomasa forestal en el mercado es el aumento de las extracciones de madera en las masas forestales. Actualmente, la media de las extracciones generales en España, para el periodo 2004-2007, frente al incremento anual de volumen se sitúa sobre el 25%, con grandes variaciones entre Comunidades Autónomas. Los valores mínimos se sitúan en el 2.1% de Murcia, alcanzándose un máximo del 52% en Galicia. En otras autonomías, el volumen de cortas extraído representa, también, un porcentaje muy bajo respecto al crecimiento anual en volumen. Así, se está produciendo un aumento de los stocks de madera en el monte, lo que representa un aumento de la biomasa en las masas forestales. El incremento de las cortas de madera de forma sostenible, guiado por planes de gestión, permitirá la mejora de esas masas forestales garantizando su persistencia, con el consiguiente aumento de madera y biomasa forestal en el mercado.

Los principales retos son la mejora tecnológica que permita procesar diferentes tipos de combustibles, que de una mayor eficiencia a todo el proceso y por tanto una disminución de todos los costes. Se necesita un mercado de biomasa seguro y estable pudiéndose utilizar cultivos energéticos y que la contratos sean a largo plazo, sin especulación y con estabilidad. Sería muy interesante tener detallado la trazabilidad de toda la biomasa.

Entre las **medidas más importantes** a considerar como retos de futuro:

- Fomento de la agrupación de montes de propiedad privada en unidades de gestión más efectivas.
- Incremento de la superficie gestionada con implantación de instrumentos de gestión y previsión de cortas.
- Aumento del límite de transporte de la carga a un máximo de 60 t y aumento del tamaño de los camiones.
- Investigación y desarrollo de maquinaria adecuada a las características de nuestros montes.
- Investigación de métodos y logística idónea.

4. PLANES DE FOMENTO PARA EL DESARROLLO DE LA BIOMASA EN ESPAÑA

Las diferentes administraciones públicas, local, autonómica, estatal, europea, han desarrollado todo tipo de acciones y planes de fomento para desarrollar la biomasa como fuente de energía renovable. Algunas de estas medidas son fiscales y de regulación de mercados, primando unos kilowatios si y otros no, o estableciendo diferentes tipos e importes en las primas. Otras son de planificación, orientando al posible interesado sobre donde está el recurso y como puede ser explotado. En otros

casos, pasa la administración a ser actor al constituir empresas públicas para la extracción, logística y primera transformación de la biomasa o en consumidores, al instalar en los edificios públicos calderas de biomasa.

Plan de Energías Renovables (PER) 2005-2010

El 26 de agosto de 2005 es aprobado por Acuerdo del Consejo de Ministros el vigente Plan de Energías Renovables para el período 2005-2010.

El Plan de Energías Renovables en España (PER) 2005-2010 constituye la revisión del Plan de Fomento de las Energías Renovables en España 2000-2010. Con esta revisión, se trata de mantener el compromiso de cubrir con fuentes renovables al menos el 12% del consumo total de energía en 2010, así como de incorporar los otros dos objetivos indicativos —29,4% de generación eléctrica con renovables y 5,75% de biocarburantes en transporte para ese año— adoptados con posterioridad al anterior plan. El PER es elaborado con el propósito de reforzar los objetivos prioritarios de la política energética, que son la garantía de la seguridad y calidad del suministro eléctrico y el respeto al medio ambiente, y con la determinación de dar cumplimiento a los compromisos de España en el ámbito internacional (Protocolo de Kioto, Plan Nacional de Asignación) y a los que se derivan de nuestra pertenencia a la Unión Europea.

Este Plan formula tres escenarios posibles de evolución tecnológica en cada área renovable para vislumbrar la posible evolución futura y establecer e integrar los objetivos de la política energética de acuerdo con las perspectivas de evolución de la estructura energética general. Los objetivos energéticos para cada área renovable, las medidas necesarias para su cumplimiento —incluida la financiación—, así como las líneas de innovación tecnológica y los beneficios derivados de su aplicación también son presentados.

De acuerdo con el análisis del contexto energético general y sus perspectivas de evolución, de las posibilidades de desarrollo de cada área, y del objetivo global sobre consumo de energías renovables se definen los objetivos de desarrollo de cada una de las fuentes renovables desde la situación en 2005 hasta el año 2010.

Con respecto a la biomasa hay que hacer la diferenciación entre la destinada a generación de electricidad y la de usos térmicos. En la primera, el objetivo de crecimiento en el periodo 2005-2010 se sitúa en 1.695 MW, para cuyo desarrollo se cuenta, entre otros, con tres elementos:

- La puesta en marcha de un programa de co-combustión, para la combustión conjunta de biomasa y carbón en centrales existentes de este combustible fósil.
- Un sensible incremento de la retribución a la electricidad generada en instalaciones de biomasa eléctrica, que se propone.
- La ya existente Comisión Interministerial de la Biomasa, cuyo funcionamiento se espera dinamice el mercado potencial.

Por lo que respecta a la biomasa térmica, el objetivo de incremento hasta 2010 asciende a 583 ktep, y para ello se cuenta, entre otras actuaciones, con mejorar la logística de suministro de los residuos y con una nueva línea de apoyo a la inversión a fondo perdido que se propone.

La biomasa tiene una aportación fundamental dentro del total de energías renovables. Según el actual Plan de Energías Renovables (PER) 2005-2010, la bioenergía debería suponer más del 50 % del de aporte de renovables, fijado en un 12 % del consumo total de energía en España. Los objetivos de generación de electricidad con biomasa y biogás son 5.593 ktep, un 41,20 % del total de la metas fijadas por el PER 2005-2010 para la producción renovable de energía eléctrica. En cuanto a usos térmicos, la biomasa debería aportar un 91,56 % del total.

Según los datos publicados por la Comisión Nacional de la Energía -CNE-, a fecha de junio de 2010 había instalados 511 MW de potencia en sistemas de generación eléctrica con biomasa (grupos b.6 y b.8 del Real Decreto 661/2007 por el que se regula la producción de electricidad en régimen especial), mientras que a finales de 2010, según lo fijado en el PER 2005-2010, debería haber 1.317 MW. Esto quiere decir que se está en el 39 % del objetivo marcado, y que sería necesario instalar otros 806 MW. El biogás tampoco consigue alcanzar sus metas fijadas en el PER 2005-2010. Este objetivo está fijado en 250 MW. En junio de 2010 había 203 MW instalados conforme a la CNE, lo que supone un 81 % de dicho objetivo. Además, el PER 2005-2010 apunta, en cuanto a usos térmicos, que la biomasa debería aportar un 91,56 % del total aportado por fuentes renovables.

En lo que concierne a las medidas propuestas para fomentar el uso de la biomasa para la producción de biocarburantes, el Plan se basa únicamente en las ayudas comunitarias que se otorgaban en el marco de la Política Agrícola Común (PAC). Se propone, por lo tanto, aprovechar al máximo todas las posibilidades que ofrece la PAC para incentivar la producción de cultivos energéticos. Dichas ayudas europeas (45 €/ha) se crearon para incentivar el establecimiento de cultivos energéticos y se concedieron sólo hasta el 1 de enero de 2010.

Aunque el PER propone incentivar la innovación tecnológica con el fin de conseguir variedades y especies más adaptadas a las condiciones agronómicas españolas, que ofrezcan mejores rendimientos, no expone ningún instrumento para poder implementar dicha medida.

En cuanto a los objetivos energéticos propuestos para el desarrollo de la producción de cereales y biomasa con destino biocarburantes, el Plan prevé que el incremento de energía primaria durante el periodo 2005-2010 para los mismos debería ser de 550.000 tep.

Real Decreto 661/2007

La publicación del Real Decreto 661/2007 del 25 de mayo de 2007, que es el Decreto por el que se regula la producción de energía eléctrica en régimen especial (que es el régimen en el que se considera están encuadradas las fuentes de energía renovables, régimen que cuenta con una regulación distinta al régimen ordinario de generación de energía), supone en general una mejora del marco legislativo y retributivo que para la biomasa estaba establecido en el anterior Real Decreto 436/2004.

El marco económico establecido en este real decreto desarrolla los principios recogidos en la Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico, garantizando a los titulares de instalaciones en régimen especial una retribución razonable para sus inversiones y a los consumidores eléctricos una asignación también razonable de los costes imputables al sistema eléctrico, si bien se incentiva la participación en el mercado, por estimarse que con ello se consigue una menor intervención administrativa en la fijación de los precios de la electricidad, así como una mejor y más

eficiente imputación de los costes del sistema, en especial en lo referido a gestión de desvíos y a la prestación de servicios complementarios.

Por otra parte, para salvaguardar la seguridad y calidad del suministro eléctrico en el sistema, se establecen unos objetivos de potencia instalada de referencia, coincidente con los objetivos del Plan de Energías Renovables 2005-2010 y de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España (E4), para los que será de aplicación el régimen retributivo establecido en este real decreto.

El Real Decreto se estructura sistemáticamente en cuatro capítulos. El capítulo I define el alcance objetivo de la norma y especifica las instalaciones que tienen la consideración de régimen especial, clasificándolas en categorías, grupos y subgrupos; el capítulo II regula el procedimiento para la inclusión de una instalación de producción de energía eléctrica en el régimen especial; el capítulo III, los derechos y obligaciones de los productores en régimen especial, y el capítulo IV, el régimen económico.

Con este real decreto se pretende que en el año 2010 se alcance el objetivo indicativo nacional incluido en la 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, de manera que al menos el 29,4 % del consumo bruto de electricidad en 2010 provenga de fuentes de energía renovables.

En lo que respecta a la biomasa, el RD 661/2007 clasifica los combustibles en distintos subgrupos de una forma más apropiada, las retribuciones para todos estos subgrupos se incrementan en mayor o menor medida, además permite la hibridación de distintos combustibles, establece una definición de cultivo energético abierta, el grupo del biogás se divide en otros dos en función de la procedencia del mismo –biogás procedente de biodigestores y biogás procedente de vertederos-, y se tiene una especial consideración con las plantas de biomasa de pequeño tamaño.

Todo el sector de la biomasa en España entendió, en el momento de su publicación, estas mejoras regulatorias como una verdadera voluntad política para conseguir hacer arrancar de una vez por todas a la biomasa en España. Sin embargo, persisten algunas dificultades de distinta naturaleza que continúan contribuyendo a alimentar la fama de complicada que tiene esta energía renovable.

Plan de Acción Nacional de Energías Renovables (PANER) 2011-2020

La Directiva 2009/28/CE del Parlamento europeo y del Consejo, de 23 de abril, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, establece que cada Estado Miembro elaborará un Plan de Acción Nacional en materia de Energías Renovables (PANER) para conseguir los objetivos nacionales fijados en la propia Directiva.

El PANER responde a los requerimientos y metodología de la Directiva de energías renovables y se ajusta al modelo de planes de acción nacionales de energías renovables adoptado por la Comisión Europea, y establece objetivos para cada uno de los Estados miembros en el año 2020 y una trayectoria mínima indicativa hasta ese año. Para ello cada país miembro de la UE ha notificado a la Comisión una previsión en la que se indica:

- Su estimación del exceso de producción de energía procedente de fuentes renovables con respecto a su trayectoria indicativa que podría transferirse a

otros Estados Miembro, así como su potencial estimado para proyectos conjuntos hasta 2020.

- Su estimación de la demanda de energía procedente de fuentes renovables que deberá satisfacer por medios distintos de la producción nacional hasta 2020.

En España, el objetivo se traduce en que las fuentes renovables representen al menos el 20% del consumo de energía final en el año 2020, mismo objetivo que para la media de la UE, junto a una contribución del 10% de fuentes de energía renovables en el transporte para ese año.

Más concretamente, los objetivos fijados en el PANER para 2020 en cuanto a las biomasa son 591 MW de biomasa y 156 MW de biogás, lo que representa el 2,6% del total en el mix renovable en 2020, lo que supone un descenso del objetivo de las biomasas un 45,2% respecto al establecido en el PER vigente 2005-2010.

Esto plantea una crítica situación de esta tecnología ante la disminución de sus objetivos en el Plan de Acción Nacional de Energías Renovables 2011-2020 y la falta de revisión de su marco retributivo, dado que el actual no ha propiciado su desarrollo.

A pesar de la evidente necesidad de fomentar el desarrollo de biomasa con destino biocarburantes, el PANER no contempla ningún tipo de medida en este sentido. Aunque el Plan incluye una serie de medidas para incrementar la disponibilidad de biomasa con fines energéticos, no se menciona en ningún momento la necesidad de búsqueda y selección de especies oleaginosas, productoras de azúcar y lignocelulósicas que permitan una producción de biocarburantes de calidad a bajo coste.

Plan de Energías Renovables (PER) 2011-2020

El propio RD 661/2007, que regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial, fija el compromiso de elaboración del PER 2011-2020. El PER 2011-2020 incluiría los elementos esenciales del PANER así como análisis adicionales no contemplados en el mismo y un detallado análisis sectorial que contendrá, entre otros aspectos, las perspectivas de evolución tecnológica y la evolución esperada de costes.

La aprobación del PER 2011-2020 no estaría prevista hasta finales de 2010, habiendo incorporado para entonces las determinaciones finales que contenga la Memoria Ambiental, y dando la oportunidad de incluir posibles sugerencias de la Comisión Europea al Plan de Acción Nacional de Energías Renovables (PANER).

Por lo tanto, coexistirían dos documentos, PANER y PER, con dos orientaciones distintas, acordes con las necesidades de los receptores de estos documentos: la Comisión Europea y el conjunto de la sociedad española.

Planes Autonómicos y Regionales

Plan Regional de Ámbito Sectorial de la Bioenergía de Castilla y León

La Junta de Castilla y León pretende otorgar, mediante este plan, el rango adecuado a un conjunto de medidas que contribuyan a desarrollar el aprovechamiento energético de la biomasa en Castilla y León y, consecuentemente, favorezcan al desarrollo sostenible, rural y económico de la Comunidad Autónoma bajo unos principios rectores de carácter básico y fundamental.

La bioenergía en Castilla y León requiere de un apoyo institucional con la doble finalidad de resolver o minimizar barreras preexistentes y favorecer activamente al sector. En este sentido, la Junta de Castilla y León propone el Plan Regional de Ámbito Sectorial de la Bioenergía de Castilla y León (PBCyL), como la herramienta para articular medidas a favor del sector.

El documento se estructura es una serie de capítulos que incluyen un análisis detallado de los recursos biomásicos susceptibles de valoración energética y sus posibles aplicaciones, realizando un diagnóstico de situación del sector de la bioenergía y el contexto que le rodea, proponiendo objetivos cuantitativos para el año 2020 (con una revisión ya programada en 2015), especificando las barreras y problemas existentes y previstos para alcanzar dichos objetivos así como estableciendo medidas y acciones concretas.

Es de destacar que existen otros planes autonómicos como en Andalucía y Galicia. Se desconoce de momento la existencia de Planes Autonómicos que fomenten el desarrollo de la biomasa con destino biocarburantes.

Reglamento Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE)

La necesidad de transponer la Directiva 2002/91/CE, de 16 de diciembre, de eficiencia energética de los edificios y la aprobación del Código Técnico de la Edificación por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, aconsejaron redactar un nuevo texto que derogue y sustituya al antiguo Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), aprobado por Real Decreto 1751/1998, de 31 de julio y que incorpore, además, la experiencia de su aplicación práctica durante los últimos años.

Por ello el Consejo de Ministros del 20 de julio de 2007 aprueba el Real Decreto 1027/2007 por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. El Real Decreto ha sido elaborado conjuntamente por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio conjuntamente con el Ministerio de la Vivienda.

El Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), establece las condiciones que deben cumplir las instalaciones destinadas a atender la demanda de bienestar térmico e higiene a través de las instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria, para conseguir un uso racional de la energía.

Las mayores exigencias en eficiencia energética que establece el Real Decreto se plasman en:

- Mayor rendimiento energético en los equipos de generación de calor y frío, así como los destinados al movimiento y transporte de fluidos. Mejor aislamiento en los equipos y conducciones de los fluidos térmicos.
- Mejor regulación y control para mantener las condiciones de diseño previstas en los locales climatizados.
- Utilización de energías renovables disponibles
- Incorporación de subsistemas de recuperación de energía y el aprovechamiento de energías residuales.
- Sistemas obligatorios de contabilización de consumos en el caso de instalaciones colectivas. Desaparición gradual de combustibles sólidos más contaminantes.
- Desaparición gradual de equipos generadores menos eficientes.

El RITE en su artículo 12 *Eficiencia energética*, dicta lo siguiente: "las instalaciones térmicas deben diseñarse y calcularse, ejecutarse, mantenerse y utilizarse de tal forma que se reduzca el consumo de energía convencional de las instalaciones térmicas y, como consecuencia, las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes atmosféricos, mediante la utilización de sistemas eficientes energéticamente, de sistemas que permitan la recuperación de energía y la utilización de las energías renovables y de las energías residuales, cumpliendo, entre otros, el requisito siguiente: Utilización de energías renovables: las instalaciones térmicas aprovecharán las energías renovables disponibles, con el objetivo de cubrir con estas energías una parte de las necesidades del edificio".

Dentro de las Instrucciones Técnicas de este RITE se encuentran algunos ejemplos de fomento de la utilización de energías renovables. En la IT 2.4.6 *Aprovechamiento de energías renovables*, está situado el punto IT 2.4.6.4 *Climatización de espacios abiertos*, según el cual este tipo de espacios sólo podrán climatizarse mediante la utilización de energías renovables o residuales. Otro ejemplo sería la IT 2.4.7 *Limitación de la utilización de energía convencional para la producción de calefacción*, por la que la utilización de energía eléctrica por efecto "joule" para instalaciones centralizadas, sólo está permitida, entre otros casos, en el caso de ser una fuente auxiliar que cuente con una fuente principal de energía renovable o residual, al menos de dos tercios del total.

Código Técnico de Edificación (CTE)

El Código Técnico de la Edificación (CTE), aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, es el marco normativo que establece las exigencias que deben cumplir los edificios en relación con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad, establecidos a su vez en la Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación (LOE). Para fomentar la innovación y el desarrollo tecnológico, el CTE adopta el enfoque internacional más moderno en materia de normativa de edificación: los códigos basados en prestaciones u objetivos.

Por Real Decreto 315/2006, de 17 de marzo, se crea también el Consejo para la Sostenibilidad, Innovación y Calidad de la Edificación. De este Consejo depende la Comisión del Código Técnico de la Edificación para todo lo relacionado con la asistencia y asesoramiento para su aplicación, desarrollo y actualización.

El Código Técnico contiene un Documento Básico de Ahorro de Energía donde se establecen las exigencias básicas en eficiencia energética y energías renovables que deben cumplir los nuevos edificios y los que se reformen o rehabiliten.

Este Documento Básico consta de las siguientes secciones:

- HE.1: Limitación de demanda energética (calefacción y refrigeración).
- HE.2: Rendimiento de las instalaciones térmicas.
- HE.3: Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación.
- HE.4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.
- HE.5: Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica.

Dentro de la sección HE4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria, existen la obligación, por ejemplo de que entre el 30-70% de la demanda de generación de agua caliente sanitaria se realice mediante aporte solar térmico u otras fuentes de energía renovable como la biomasa.

Certificación Eficiencia Energética

La Certificación de eficiencia energética de los edificios es una exigencia derivada de la Directiva 2002/91/CE.

En lo referente a Certificación Energética, esta Directiva se transpone parcialmente al ordenamiento jurídico español a través del Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción.

La determinación del nivel de eficiencia energética correspondiente a un edificio puede realizarse empleando el programa informático denominado CALENER, que tiene la consideración de documento reconocido, de aplicación en todo el territorio nacional, y cuya correcta aplicación es suficiente para acreditar el cumplimiento de los requisitos establecidos en el procedimiento básico.

CALENER es la herramienta promovida por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, a través del IDAE, y por el Ministerio de Vivienda, para calcular la calificación energética de los edificios.

Este software, además de calcular la calificación correspondiente, ofrece resultados de consumos de energía primaria, final y emisiones de CO₂, anuales y mensuales, desglosadas según el uso final de la Energía: Calefacción, Refrigeración, ACS, Ventilación, Sistemas de Condensación, Bombas e Iluminación.

CALENER calcula las emisiones de CO₂ mediante los coeficientes de paso de kWh a kg de CO₂, dados por la *International Energy Agency* – IEA.

- 1 kWh eléctrico equivale a 649 gr. de CO₂
- Las emisiones producidas por la biomasa se consideran nulas, según se aprecia en la tabla siguiente.

Tipo de energía	Coefficientes de paso a energía primaria (kWh/kWh)	Coefficientes de paso a emisiones (kg CO ₂ /kWh)
Carbón de uso doméstico	1,000	0,347
GLP	1,081	0,244
Gasóleo	1,081	0,287
Fueloil	1,081	0,28
Gas Natural	1,011	0,204
Biomasa y biocarburantes*	1,000	0,00
Electricidad	2,603 (peninsular)	0,649 (peninsular)
	3,347 (extra-peninsular)**	0,981 (extra-peninsular)**

* Para la biomasa, el biogás y los biocarburantes, se considera un saldo neutro, realizando la hipótesis de que las emisiones de CO₂ en el proceso de combustión se compensan con la absorción de este gas durante la fase de crecimiento vegetal.

** Extra-peninsular: Baleares, Canarias, Ceuta y Melilla.

Fuente: IDAE

5. INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN BIOMASA COMO ENERGÍA RENOVABLE

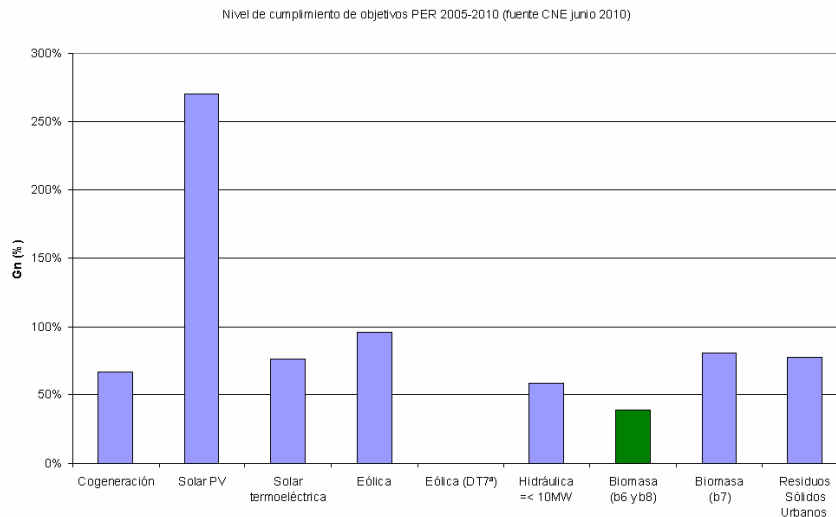
5.1 JUSTIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES EN I+D EN LA BIOMASA COMO ENERGÍA RENOVABLE

La biomasa es una fuente de energía renovable clave en el cumplimiento de los objetivos energéticos planteados, tanto en Europa como en España. Dichos objetivos se centran en la diversificación energética y disminución de la dependencia externa, y en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

La importancia de la bioenergía en España es innegable, sólo hace falta echar un vistazo al Plan de Energías Renovables (PER) 2005-2010, según el cual a finales de 2010 la biomasa debería suponer un 57% dentro de una aportación global de las energías renovables del 12,6% sobre el consumo de energía primaria.

Los objetivos marcados por este PER para la generación de electricidad con biomasa y biogás son 5593 ktep, un 41,20 % del total de la metas fijadas por el PER para la producción renovable de energía eléctrica.

A pesar de ello, según los datos publicados por la Comisión Nacional de la Energía - CNE-, a fecha de junio de 2010 había instalados 511 MW de potencia en sistemas de generación eléctrica con biomasa, mientras que a finales de 2010, según lo fijado en el PER, debería haber 1317 MW. Esto quiere decir que se está en el 39 % del objetivo marcado. El biogás tampoco consigue alcanzar sus metas fijadas en el PER 2005-2010. Este objetivo está fijado en 250 MW. En junio de 2010 había 203 MW instalados conforme a la CNE, lo que supone un 81 % de dicho objetivo.



Además, el PER 2005-2010 apunta, en cuanto a usos térmicos, que la biomasa debería aportar un 91,56 % del total aportado por fuentes renovables. Por tanto, podría decirse que la bioenergía es la base sobre la que se asienta el todavía vigente PER.

Por otra parte, los objetivos marcados por la Unión Europea para 2010 son los siguientes:

- Participación de la Biomasa en un 10% al consumo de energía primaria, según el Plan de Acción de la Biomasa (COM(2005)628 final).

- Participación de los biocarburantes en un 5,75% dentro del sector del transporte según la Directiva 2003/30/CE relativa al fomento del uso de biocarburantes u otros combustibles renovables en el transporte.

A medio plazo (horizonte 2020), la nueva Directiva Europea de Energías Renovables 2009/28/CE propone las siguientes metas:

- Utilización del 20% de energías renovables en el total de producción energética europea.
- El 10% del total de la energía consumida por el sector transporte deberá proceder de fuentes de energía renovable.

A pesar de estos datos, paradójicamente la bioenergía es la tecnología renovable menos desarrollada en los últimos años. Para conseguir variar esta tendencia es necesario empezar por la base, apostando claramente por la I+D: el desarrollo tecnológico, las mejoras en eficiencia energética y la reducción de costes de producción o de costes de los productos biomásicos, el desarrollo e implantación de criterios de sostenibilidad en todo el ciclo de vida de los diferentes usos de la biomasa y la aplicación estable de medidas de fomento de su uso de la biomasa como fuente energética, serán aspectos decisivos en el desarrollo de esta fuente de energía.

A este respecto, es recomendable tomar en consideración el trabajo desarrollado por la Plataforma Tecnológica Española de la Biomasa -BIOPLAT-. BIOPLAT es una herramienta del Ministerio de Ciencia e Innovación para el desarrollo de la I+D+i en bioenergía. Actualmente agrupa a 248 entidades, incluyendo empresas, universidades, centros tecnológicos, etc.

Esta Plataforma ha definido, en su documento *Líneas Estratégicas de Investigación*, una serie de iniciativas en investigación calificadas como prioritarias, cuya finalidad es indicar aquellas áreas o segmentos del sector de la bioenergía en las que se considera que la inversión en I+D+i supondría un gran avance en la eliminación de las barreras que están impidiendo el avance del sector en la actualidad (este documento puede descargarse gratuitamente en la web de BIOPLAT: www.bioplat.org).

En los apartados siguientes se detallarán las líneas que guardan relación con los respectivos contenidos de esos apartados. Cada línea está compuesta por una actuación, que define de forma general el objetivo último de la línea de investigación. Para cada actuación se han definido una serie de objetivos concretos. Estos últimos llevan asociados unos hitos a corto (5 años), medio (10 años) y largo plazo (15 a 20 años) que constituyen las metas que deben alcanzarse en los intervalos de tiempo establecidos para permitir el progreso deseado del sector.

5.2 PRODUCCIÓN DE MATERIA PRIMA PARA APLICACIONES ENERGÉTICAS

La biomasa abarca un amplio conjunto de materias orgánicas que se caracteriza por su heterogeneidad, tanto por su origen como por su naturaleza. En el contexto energético, la biomasa puede considerarse como la materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía. Estos recursos biomásicos pueden agruparse de forma general en agrícolas y forestales. También tienen consideración de biomasa la materia orgánica de las aguas residuales y los lodos de depuradora, así como la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (FORSU), y otros residuos derivados de diversas industrias.

Esta heterogeneidad inherente a la naturaleza propia de las diversas fuentes biomásicas hace difícil disponer de una evaluación fiable de la disponibilidad global del

recurso. De acuerdo al estudio *How much bioenergy can Europe produce without harming the environment? (¿Cuánta bioenergía puede producir Europa sin dañar el medio ambiente?)* de la European Environment Agency -EEA- (Agencia Europea del Medio Ambiente) publicado en 2006, en la Unión Europea se prevén potenciales sostenibles para la biomasa de aproximadamente 190 Mtep para el año 2010, que se incrementan hasta las 293 Mtep aproximadamente en 2030, para la Europa de los 25. Este aumento se produce principalmente, teniendo en cuenta la aportación de los cultivos energéticos. En España, las cifras previstas para el año 2010 se sitúan en torno a las 17 Mtep, que ascienden a 25,1 Mtep en 2030. Aunque este potencial cubre, en términos de energía primaria la demanda de los objetivos marcados por el Plan de Energías Renovables (PER) 2005-2010, es necesario analizar la disponibilidad de los diferentes tipos de biomasa para cada proceso de conversión, a fin de determinar la energía final disponible en términos reales.

En base a estos planteamientos previos, tomando como referencia el documento de *Líneas Estratégicas de Investigación* de BIOPLAT, pueden identificarse las siguientes actuaciones de investigación dentro de este campo de acción:

- Estudios de potencial de producción y potencial de mercado con criterios de sostenibilidad.

Objetivos	Hitos		
	Corto Plazo (5 años)	Medio Plazo (10 años)	Largo Plazo (15 a 20 años)
1. Identificar una metodología de trabajo que permita el establecimiento de objetivos reales.	Elaboración de un documento que recoja la metodología y los objetivos.		
2. Conocer la potencialidad y caracterizar los parámetros de disponibilidad de cada tipo de biomasa.	<ul style="list-style-type: none"> • Realización de una base de datos asociada a la disponibilidad la biomasa a pequeña escala: <ul style="list-style-type: none"> ○ Fisiografía y sostenibilidad. ○ Terrenos de cultivo y competencia con otros usos. ○ Tecnología de recolección y tratamiento. ○ Políticas sobre gestión y uso. ○ Industrias productoras de biomasa residual. ○ Rendimientos a gran escala de cultivos energéticos. ○ Distribución de tierras, superficie de cultivos, barbecho, etc. • Realización de inventarios sobre la potencialidad actual de los distintos tipos de biomasa. • Estimar el potencial de cultivos energéticos sostenibles en España. 	<ul style="list-style-type: none"> • Integración de los resultados como datos en estadísticas, informes e inventarios sectoriales. • Propuesta de estrategias de mejora de los criterios de disponibilidad de la biomasa. 	Establecimiento de normas de manejo y gestión en los sectores implicados para la generación eficaz y sostenida de biomasa para usos energéticos.
3. Fomentar el cultivo en tierras degradadas, abandonadas o contaminadas.	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboración de un inventario y caracterización de tierras. • Identificación de especies comerciales aptas para estas tierras. 	Puesta en producción de áreas seleccionadas de demostración con cultivos energéticos.	Lanzamiento de un programa de puesta en producción de estas tierras.
4. Cubrir la demanda energética con la biomasa disponible.	Análisis de la situación de oferta y demanda de biomasa energética actual y proyección de escenarios futuros en el marco de las energías renovables.	Análisis de la situación de oferta y demanda de biomasa energética actual y proyección de escenarios futuros en el marco de las energías renovables.	Análisis de la situación de oferta y demanda de biomasa energética actual y proyección de escenarios futuros en el marco de las energías renovables.

- Desarrollo de las prácticas agrícolas y forestales de la biomasa producida a partir de cultivos y otras fuentes biomásicas adicionales.

Objetivos	Hitos		
	Corto Plazo (5 años)	Medio Plazo (10 años)	Largo Plazo (15 a 20 años)
1. Desarrollar programas de mejora genética y selección de especies orientadas a su uso energético y adaptadas a las características territoriales.	<ul style="list-style-type: none"> Definición de los criterios e indicadores de sostenibilidad como objetivo integrado en los programas de mejora. Valoración y selección de progenitores de interés potencial. 	<ul style="list-style-type: none"> Obtención de variedades eficientes de acuerdo a criterios energéticos sostenibles. Evaluación en campo de estas variedades. 	Integración en el mercado e implementación de materiales mejorados específicamente para la producción energética.
2. Optimizar las prácticas culturales aplicadas a la producción de biomasa y a las necesidades y requerimientos territoriales.	Definición de las mejores prácticas de acuerdo a criterios de sostenibilidad aplicadas a cultivos energéticos.	Diseño metodológico y aplicación de prácticas de manejo sostenible en la producción de biomasa para energía a nivel local.	Extensión de las prácticas de manejo sostenible.
3. Caracterizar energéticamente las principales fuentes de biomasa bajo criterios normalizados.	<ul style="list-style-type: none"> Definición y normalización de parámetros de calidad y valorización aplicables a las biomásas. Realización de una base de datos pública que contenga la caracterización de las distintas biomásas. 		

- Estudio/análisis de un sistema de certificación de materias primas, productos y co-productos.

Objetivos	Hitos		
	Corto Plazo (5 años)	Medio Plazo (10 años)	Largo Plazo (15 a 20 años)
1. Analizar todos los combustibles biomásicos potenciales.	Identificarlos, cualificarlos y cuantificarlos.	Facilitar su uso.	Identificar y valorizar los residuos producidos.
2. Desarrollar sistemas de medida para conocer la trazabilidad de las biomásas en planta.	Instalación en planta de sistemas de control/medida de las biomásas que se van a valorizar que sean económicamente viables y de instalación y uso sencillo.		
3. Valorar la sostenibilidad de los cultivos mediante indicadores de sostenibilidad de la biomasa.	Caracterización de los indicadores que compongan un programa de seguimiento de sostenibilidad en el uso de la biomasa.	<ul style="list-style-type: none"> Desarrollo de un procedimiento estándar para la certificación de la sostenibilidad de la biomasa. Estudio/planificación para la creación de un organismo de control de la trazabilidad que garantice la sostenibilidad de las biomásas tanto autóctonas como importadas. 	Implementación de un sistema de certificación de la biomasa producida bajo criterios de sostenibilidad.
4. Aplicar en España el empleo los trazadores químicos para biocarburantes.	Desarrollo de procedimientos de identificación del trazador.		

- Mejora de la logística (maquinaria y pretratamiento en campo, métodos de recogida, transporte y almacenamiento) y sus procesos asociados para el abastecimiento de plantas de biomasa.

Objetivos	Hitos		
	Corto Plazo (5 años)	Medio Plazo (10 años)	Largo Plazo (15 a 20 años)
1. Mejorar la viabilidad técnica y económica en el manejo y gestión en origen de las biomásas a fin de incrementar su disponibilidad y asegurar el suministro.	<ul style="list-style-type: none"> • Valoración de los parámetros que determinan los costes de manejo y gestión de los recursos técnicos y humanos en la generación de biomásas. • Identificación y valoración de puntos críticos de las cadenas logísticas existentes y definición de mejoras y nuevas alternativas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Proyectos demostrativos de mecanización optimizada en la recogida de las principales biomásas. • Proyectos demostrativos de maquinaria optimizada para el cultivo, manejo y tratamiento de distintas biomásas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cosecha y manejo integrado de la biomasa para valorización diferencial del producto biomásico a nivel comercial. • Implantación en el mercado de oferta de maquinaria específica o adaptada al aprovechamiento de biomásas energéticas.
2. Desarrollar maquinaria específica para el aprovechamiento y manejo de la biomasa.	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de maquinaria optimizada para el cultivo, recogida, y tratamiento a nivel precomercial. • Implementación de sistemas de almacenamiento óptimo para cada una de las biomásas. 		
3. Optimizar el transporte de biomásas hasta las plantas de transformación.	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de sistemas de densificación de la biomasa por medio de tratamientos físicos y termoquímicos. • Desarrollo de herramientas de gestión informatizada de cálculo de rutas óptimas y críticas de logística. • Especificación de medidas óptimas para la logística en el transporte específico de biomasa: <ul style="list-style-type: none"> ○ Valoración de los medios de transporte más eficaces y propuesta técnica de las medidas necesarias para su consecución. ○ Valoración de las vías de transporte y propuesta de medidas de mejora y gestión. 	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidad de medios de transporte optimizados para el transporte eficiente de biomásas. 	

➤ Análisis de Ciclo de Vida: materias primas, procesos.

Objetivos	Hitos		
	Corto Plazo (5 años)	Medio Plazo (10 años)	Largo Plazo (20 años)
1. Desarrollar una metodología armonizada de cálculo de ACV (de acuerdo al estado del arte a nivel internacional).	<ul style="list-style-type: none"> Creación de una base de datos que incluya datos de procesos y tecnologías emergentes. Introducción de parámetros a considerar en el análisis de ciclo de vida bajo criterios de sostenibilidad. 	Implantación de la certificación con los límites prefijados.	
2. Mejorar la eficiencia energética y reducción de emisiones en diferentes cadenas de producción.	Determinación de los límites actuales y establecimiento de objetivos.	Consecución de los nuevos objetivos establecidos.	
3. Incluir las estimaciones económicas de cada fase del análisis.	Definir las herramientas que permitan la cuantificación de los distintos costes que supone el análisis en cada fase del ACV.		
4. Incluir los certificados de sostenibilidad para el caso de los biocombustibles.	Definir el modelo de certificado, que incluya información sobre los resultados del ACV, ligándolos a sus correspondientes partidas de materias primas o producto acabado (biocombustible).		

➤ Desarrollo de la producción de biocombustibles sólidos comerciales a partir de materias primas y procesos no convencionales y desarrollo de tecnología para su utilización energética.

Objetivos	Hitos		
	Corto Plazo (5 años)	Medio Plazo (10 años)	Largo Plazo (15 a 20 años)
1. Determinar las condiciones de proceso y costos energéticos y económicos de la producción con biomasa y procesos no convencionales, de pelets y otros biocombustibles sólidos comerciables. Desarrollo y validación de tecnologías para su utilización.	Producción de pelets y otros biocombustibles sólidos. Definición de estándares de calidad.	Producción de pelets y otros biocombustibles sólidos con estándares de calidad.	

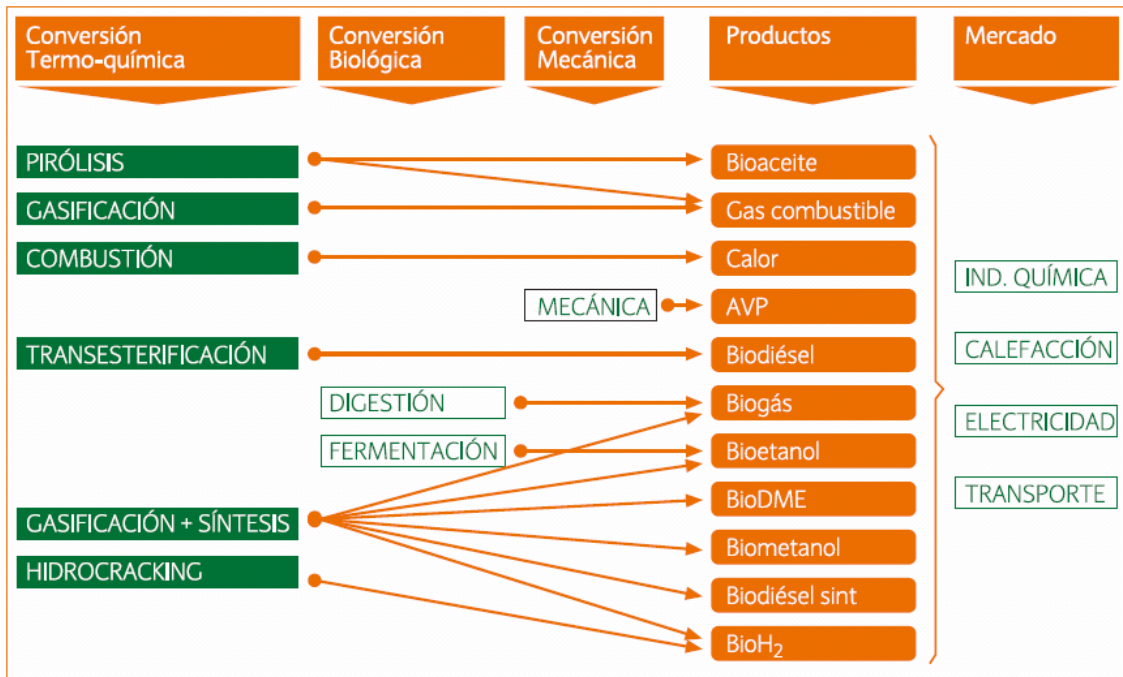
➤ Reciclado y aprovechamiento del digestato.

Objetivos	Hitos		
	Corto Plazo (5 años)	Medio Plazo (10 años)	Largo Plazo (15 a 20 años)
Uso normalizado como fertilizante en distintos cultivos (cultivos energéticos y tradicionales), contribuyendo a la sostenibilidad de los sistemas.	<ul style="list-style-type: none"> Ensayos de tratamiento, caracterización y valorización agronómica del digestato. Ensayos en campo y análisis de los parámetros de control previamente establecidos. 	Obtención de información y conclusiones sobre comportamiento de las plantas y los digestatos empleados.	

5.3 PROCESOS AVANZADOS DE CONVERSIÓN TERMOELÉCTRICA

Es preciso el desarrollo de tecnologías de conversión más flexibles que las actuales en cuanto al rango de biomasa a utilizar, lo que permitiría la consecución de los objetivos planteados más fácilmente: mayor seguridad de suministro de materia prima, disponibilidad de biomasa de menor coste o menor interferencia con otros mercados.

Más allá de los pretratamientos a los que puede someterse a las diferentes biomasa para optimizar su manejo y logística, las principales tecnologías de conversión energética que se utilizan en el área de la biomasa se resumen en el gráfico siguiente:



Fuente: "Biomass: Green Energy for Europe" DG for Research-EC-2005 y Elaboración propia.

Existen cuatro procesos básicos mediante los que la biomasa puede transformarse en calor y electricidad: combustión, gasificación, pirólisis y digestión anaerobia. Los tres primeros, denominados genéricamente como procesos de conversión termoquímica, implican una descomposición térmica de los componentes de la biomasa, con oxidación de los mismos y liberación asociada de energía en forma de calor, en el caso de la combustión, o la obtención de biocombustibles intermedios, como ocurre en la gasificación o la pirólisis.

A partir del documento de *Líneas Estratégicas de Investigación* de BIOPLAT se pueden definir las siguientes prioridades de investigación englobadas bajo este apartado:

- Desarrollo y demostración de sistemas de valorización de cenizas y escorias producidas durante la combustión.

Objetivos	Hitos		
	Corto Plazo (5 años)	Medio Plazo (10 años)	Largo Plazo (15 a 20 años)
Valorizar las cenizas y escorias.	Caracterización de las cenizas y escorias, y determinación de opciones viables para su aprovechamiento.	Construcción de entre 2 y 4 plantas de mezcla y tratamiento de cenizas de varias procedencias que generen productos de alto valor añadido.	<ul style="list-style-type: none"> Definición de mezclas de combustibles que producen cenizas "óptimas" para determinados usos, así como las mezclas de cenizas procedentes de diferentes calderas con mayor valor añadido. Definición de tratamientos de cenizas que aumenten su valor añadido.

- Optimización de las instalaciones de pretratamiento, sistemas de alimentación y quemadores para combustión y co-combustión de biomasa, con objeto de reducir sus costes.

Objetivos	Hitos		
	Corto Plazo (5 años)	Medio Plazo (10 años)	Largo Plazo (15 a 20 años)
Minimizar la sinterización.	Identificación de los mecanismos que conducen a la formación de sinterizados en las instalaciones de combustión, y desarrollo de alternativas para disminuir o evitar estos fenómenos.	Implementación de estos mecanismos en las calderas.	

- Mejora de los sistemas de gasificación flexible para el aprovechamiento de las diferentes biomásas, ya sea de forma independiente o combinada.

Objetivos	Hitos		
	Corto Plazo (5 años)	Medio Plazo (10 años)	Largo Plazo (15 a 20 años)
Mejorar la eficiencia y versatilidad de los sistemas de gasificación para distintos combustibles biomásicos.	<ul style="list-style-type: none"> Caracterización de los gasificadores en función de la presentación o el pretratamiento de la materia prima. Determinación de las condiciones óptimas de procesos según la configuración de la instalación y presentación de las materias primas. 	Construcción de planta de demostración a escala piloto de sistemas de gasificación y generación eléctrica.	

- Viabilidad de la utilización del biogás en vehículos y motores de generación eléctrica incluyendo la limpieza del gas.

Objetivos	Hitos		
	Corto Plazo (5 años)	Medio Plazo (10 años)	Largo Plazo (15 a 20 años)
Incrementar la viabilidad del uso del biogás de vertederos y de plantas de biometanización para generación eléctrica y transporte.	<ul style="list-style-type: none"> Desarrollar sistemas de limpieza del biogás para su uso en motores. Construcción de plantas y ensayos de metodologías de seguimiento y control de los motores, así como de mejora de la calidad del biogás suministrado a los mismos. Análisis de los parámetros de control previamente establecidos. 	<ul style="list-style-type: none"> Obtención de datos sobre el programa de ensayos de los motores. Obtención de datos sobre pruebas en prototipo. 	Validación y homologación de los motores.

5.4. BIOCOMBUSTIBLES DE SEGUNDA GENERACIÓN

Con el fin de aprovechar cultivos no alimentarios, se estima conveniente la puesta en marcha a escala industrial de las tecnologías de transformación de materias primas lignocelulósicas y alternativas, así como aumentar la eficiencia de los procesos y las tecnologías, y su competitividad. Todos estos avances deberán establecerse con criterios y restricciones que garanticen la sostenibilidad de los cultivos.

A corto plazo se prevé la utilización de las tierras en desuso, incentivando su uso energético, y la consideración del aprovechamiento de materias primas agrícolas y forestales alternativas con posibilidad de presentar un uso energético específico, así como aumentar el aprovechamiento de la biomasa residual.

A largo plazo, fuentes alternativas a las actuales, como por ejemplo los cultivos marinos y en general nuevos cultivos energéticos más productivos y competitivos, podrían aportar cantidades importantes de biomasa requerida. Las algas se han cultivado desde hace muchos años, habiendo encontrado amplias aplicaciones a nivel industrial en los campos de alimentación y en la fabricación de compuestos de alto valor añadido. Los altos rendimientos por hectárea obtenidos frente a los rendimientos de los cultivos tradicionales, las convierten hoy en una opción muy interesante para la producción de biocombustibles. Hay que señalar que en este campo la mayor parte de los estudios, muy prometedores en cuanto a rendimientos, se han realizado a nivel de laboratorio. Cuando se ha tratado de realizar un escalado a nivel de planta piloto o a nivel industrial los resultados todavía no han sido completamente contrastados. Existe un problema real de escalado, por lo que el trabajo actualmente en este área se enfoca tanto a la selección de especies generadoras de altos volúmenes de biomasa así como la optimización de los procesos industriales que permitan la viabilidad económica de este tipo de industrias para la producción de biocombustibles.

Existe un Grupo de Trabajo dedicado en exclusiva a la investigación en biomasa de algas dentro de BIOPLAT. Recientemente este Grupo ha elaborado una hoja de ruta del sector, donde se expone la situación actual y se definen una serie de desafíos que es necesario abordar (este documento puede descargarse en el apartado de *Documentación* de la web de BIOPLAT: www.bioplat.org).

Del informe de *Líneas Estratégicas de Investigación* de BIOPLAT, dentro de este apartado se señalan las siguientes actuaciones de investigación:

- Producción de biocarburantes a partir de materias primas alternativas y mediante tecnologías convencionales.

Objetivos	Hitos		
	Corto Plazo (5 años)	Medio Plazo (10 años)	Largo Plazo (15 a 20 años)
Buscar nuevas materias primas.	Elaboración de una base de datos de materias primas y caracterización de las mismas.	Producción a media escala de biocarburantes a partir de estas materias primas.	Implementación de un proyecto de producción a gran escala con implantación de las tecnologías adaptadas.
Adaptar las tecnologías a las nuevas materias primas.	Determinación de las necesidades de adaptación de las tecnologías.	Adaptación de las tecnologías.	

➤ Tecnologías de producción de biocarburantes a partir de biomasa lignocelulósica.

Objetivos	Hitos		
	Corto Plazo (5 años)	Medio Plazo (10 años)	Largo Plazo (15 a 20 años)
Desarrollo de tecnologías de producción de biocarburantes mediante procesos bioquímicos de conversión a partir de biomasa lignocelulósica.	<ul style="list-style-type: none"> Generación de conocimiento e infraestructura de investigación, nuevos procesos de los puntos críticos de la tecnología: <ul style="list-style-type: none"> Pretratamiento termoquímico y biológico. Producción y mezclas de enzimas de hidrólisis. Fermentaciones innovadoras. 	Integración de los procesos en plantas piloto y de demostración.	Implementación a escala industrial.
Desarrollo de tecnologías de producción de biocarburantes mediante procesos termoquímicos de conversión a partir de biomasa lignocelulósica.	<ul style="list-style-type: none"> Estudios de viabilidad técnica, económica y ambiental de las diferentes tecnologías (productos, procesos de conversión etc.). Generación de conocimiento e infraestructura de investigación, nuevos procesos de los puntos críticos de la tecnología: <ul style="list-style-type: none"> Pretratamiento termoquímicos. Nuevos conceptos de gasificación. Limpieza y acondicionamiento de gases. Procesos de síntesis: etanol, alcoholes, DME, diésel. 	Integración de los procesos en plantas piloto y de demostración.	Implementación a escala industrial.

➤ Desarrollo de conceptos de biorrefinería.

Objetivos	Hitos		
	Corto Plazo (5 años)	Medio Plazo (10 años)	Largo Plazo (15 a 20 años)
Desarrollar conceptos avanzados de conversión de la biomasa, encontrando sinergias entre la generación de carburantes e industrias plenamente establecidas.	Identificación y evaluación tecno-económica de productos y procesos e integración de los mismos dentro del concepto de biorrefinería.	Ensayos y pruebas a escala de laboratorio.	Demostración de conceptos integrados.

5.5. INTEGRACIÓN Y USO FINAL. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

El nivel de desarrollo de la biomasa es muy diferente en función de la aplicación de la biomasa a la que se haga referencia, que a grandes rasgos se dividen en aplicaciones térmicas y eléctricas. El empleo de la biomasa en el sector doméstico constituye la aplicación más competitiva de este recurso, aunque existe el problema del alto coste de inversión en los equipos térmicos. Por otra parte, la utilización térmica de la biomasa en el sector industrial, en las circunstancias actuales, está prácticamente reducida al autoconsumo de residuos propios por parte de algunas industrias.

El desarrollo de la aplicación eléctrica se ha visto frenado por un escaso apoyo de la Administración en forma de retribuciones a la generación de electricidad en el régimen especial poco atractivas, ya que la rentabilidad de estas plantas no acaba de ser suficiente para compensar el riesgo tecnológico y de suministro de estas instalaciones. La revisión del Real Decreto 436/2004 que se materializó en el Real Decreto 661/2007, se esperaba mejorara las condiciones retributivas, sin embargo, esta industria no acaba de despegar totalmente.

Respecto a las aplicaciones en el sector transporte en la actualidad, según el *Biofuels Barometer* publicado por Euroserv'er en julio de 2010, España se situó en el quinto

puesto europeo por consumo de biodiésel y bioetanol en 2008, con un consumo de 613 ktep. En la actualidad este sector atraviesa dificultades, ya que existe un importante desfase entre la capacidad instalada y la cantidad producida. En el caso del bioetanol, en 2007 la producción representó el 62,3% de la capacidad. En el caso del biodiésel, durante dicho año, sólo representó un 18% de la capacidad.

En los distintos casos (biomasas para uso térmico y eléctrico y transporte), el abastecimiento de materia prima es un aspecto fundamental, y el aumento del consumo derivado del incremento de la capacidad productiva plantea la necesidad de importaciones de fuera de la Unión Europea (en el caso de las materias primas para biocarburantes) o interacciones con el mercado, que hacen necesaria la aplicación de criterios de sostenibilidad en la elección de las alternativas más adecuadas para desarrollar la biomasa en España:

- Aspectos tecnológicos:
 - o Problemática ligada a la gestión del recurso:
 - Recogida del recurso: necesidad de incremento del nivel de mecanización y del desarrollo de sistemas de recogida.
 - Adecuación del recurso a la aplicación energética: características físico-químicas y de forma y disposición (granulometría, etc.).
 - Logística de suministro: problemática diferenciada en función de la escala de consumo, desde el doméstico a plantas de gran consumo.
 - Necesidad de creación y desarrollo de mercados enfocados a la recogida, preparación y abastecimiento de las distintas biomasas.
- Fase de transformación energética:
 - Aplicaciones térmicas y eléctricas:

Las tecnologías de combustión de biomasa para aplicaciones térmicas y eléctricas han alcanzado un alto nivel de desarrollo, y en general, son competitivas con los biocombustibles sólidos en cuanto a emisiones y eficiencia. Por otra parte, estas aplicaciones representan las de mayor ahorro de emisiones de efecto invernadero cuando se comparan con las tecnologías análogas existentes basadas en combustibles fósiles.

No obstante, las tecnologías actuales de combustión de biomasa presentan algunas desventajas frente a las aplicadas a los combustibles fósiles, lo que influye directamente en la competitividad de la biomasa en las aplicaciones consideradas:

- Mayor complejidad tanto técnica como operativa y de gestión de las plantas multi-combustible de biomasa. El sector continúa en desarrollo.
- Mayor coste de inversión inicial de los equipos frente a los de combustibles fósiles líquidos o gaseosos.
- Mayores costes de mantenimiento de las instalaciones de biomasa.

- Mayores dificultades de almacenamiento y manejo de la biomasa.
- Estacionalidad y dependencia agro-climatológica para la obtención de la materia prima necesaria.

A pesar de los inconvenientes citados, la alternativa que se apunta como más eficaz para contrarrestar los actuales problemas en las aplicaciones térmicas, es la implantación de medidas que favorezcan el desarrollo del mercado.

▪ **Biocarburantes:**

Las tecnologías de transformación convencionales han alcanzado un elevado nivel de desarrollo, tanto para la producción de bioetanol a partir de grano, como de biodiésel a partir de aceites. Sin embargo, presentan algunos aspectos a tener en cuenta:

- Disponibilidad de materias primas en competencia con otros mercados.
- Baja eficiencia de conversión energética, considerando el ciclo total de los biocarburantes.
- Altos costos de producción, principalmente influidos por el coste de la materia prima.
- Necesidad de asegurar la sostenibilidad de la cadena completa de producción.

El desarrollo e implantación de los procesos productivos asociados a los biocarburantes producidos a partir de materias primas lignocelulósicas, vendrían a mejorar la situación sobre los aspectos citados. El desarrollo de estas tecnologías de biocarburantes está siendo impulsado mediante diversos proyectos de I+D y de demostración.

Sostenibilidad medioambiental:

Es necesario garantizar la consecución de balances energéticos y de emisiones de CO₂ positivos para la generación energética a partir de la biomasa, considerando su ciclo de vida completo.

En este aspecto, la influencia del factor producción de la biomasa y su transporte y manipulación son claves a la hora de asegurar la sostenibilidad de esta producción.

En el campo de los biocarburantes, los nuevos procesos de transformación en desarrollo y la aplicación del concepto de biorrefinería, es previsible que permitan una mayor eficiencia y productividad de los sistemas, y por tanto, balances energéticos y medioambientales más favorables que los actuales.

Beneficios esperados:

El desarrollo de la bioenergía traería consigo los siguientes beneficios:

- Diversificación de las fuentes de energía para asegurar su suministro a largo plazo.

- Creación de un sector industrial ligado a la bioenergía consolidado a nivel nacional, tanto directamente en la producción de energía, como en la fabricación de equipos necesarios en toda la cadena de valorización de la biomasa.
- Promoción de la actividad agrícola y forestal sostenible, incluyendo la reducción del riesgo de incendios forestales.
- Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero colaborando al cumplimiento de los objetivos de Kyoto mediante la sustitución de fuentes de energía fósil, ligado al uso eficiente de la energía, liberando el crecimiento económico del consumo de energía.
- Incremento del porcentaje de residuos valorizados energéticamente frente al vertido de los mismos.

Como datos para sostener estas ideas se facilitan los siguientes:

- La bioenergía es la energía renovable que más aporta para reducir las emisiones de CO₂ → puede reducir 24 Mt CO₂/año, la mitad de las exigencias para toda España en 2020.
- Es 100% gestionable, imprescindible para complementar a las energías renovables que no lo son.
- Es competitiva a medio plazo sin distorsionar el coste de la energía en el mercado, si los objetivos de potencia a 2020 permitiesen desarrollar las mejoras tecnológicas y las economías de escala previsibles, tal como ha sucedido con otras energías renovables.
- Si se posiciona a las biomásas en lugar que les corresponde, los beneficios indirectos relacionados serán:
 - o Importante generación de empleo y dinamización económica del medio rural.
 - o Valorización de residuos agroforestales + ganaderos.
 - o Inversión en industria y tecnología nacional.
 - o Pago de impuestos asociados a la actividad y manejo del combustible biomásico.

Incremento de la contribución del sector energético al desarrollo local/rural:

La biomasa es una de las energías renovables que genera más empleo, lo que favorece el desarrollo local, tanto en la fase producción y recolección de la biomasa, como en su transformación. Una parte importante de este efecto se nota en el ámbito rural, tan necesitado de estimular la fijación y desarrollo de su población.

Por ejemplo, en el caso de la generación de energía eléctrica, la biomasa genera durante la fase de explotación de las plantas 9,8 empleos/MW directos e indirectos (subcontratado). En la construcción de las plantas se generan 1,2 empleos/MW, mientras que la construcción y explotación de las mismas suelen generar un empleo inducido en la zona unos 9 empleos/MW, para un total de 20 empleos/MW a lo largo de la vida de la planta desde el inicio de su construcción.

Por otra parte, el Plan de Acción de la Biomasa señala que, aunque existen estudios con resultados dispares, el cumplimiento de los objetivos de biomasa en la Unión Europea fijados para 2010 podría llegar a generar entre 250.000 y 300.000 nuevos puestos de trabajo, la mayoría de los cuales corresponderían a zonas rurales.

En el caso de los biocarburantes, este mismo plan indica que suelen ser entre 50 y 100 veces más generadores de empleo en la Unión Europea que las alternativas de combustibles fósiles, y que el cumplimiento de los objetivos de biocarburantes fijados para 2010 podría llegar a generar hasta 100.000 nuevos puestos de trabajo.

Líneas de soporte al desarrollo:

En el documento *Líneas Estratégicas de Investigación* de BIOPLAT se detallan las siguientes actuaciones horizontales que contribuirían al desarrollo de la investigación en el campo de la bioenergía:

➤ Análisis del marco regulatorio vigente.

Objetivos	Hitos		
	Corto Plazo (5 años)	Medio Plazo (10 años)	Largo Plazo (20 años)
1. Regular todos los combustibles biomásicos incluyendo también los potenciales.	Estudios de los distintos marcos regulatorios que afectan al sector (sobre residuos, aspectos medioambientales, PAC, forestales, transporte).	Unificación de los distintos marcos regulatorios de forma que sean homogéneos para todas las CCAA, de acuerdo a las directrices de la UE.	
2. Incluir todas las tecnologías de valorización existentes, incluyendo escalones de potencia (si se precisan) y todas las hibridaciones posibles que pueden darse entre ellas.	Integrar estas tecnologías, escalones de potencia y posibles hibridaciones, en los marcos regulatorios.		
3. Eliminar barreras (simplificación de procedimientos burocráticos).	Creación de una ventanilla única.		

➤ Percepción del sector en la sociedad.

Objetivos	Hitos		
	Corto Plazo (5 años)	Medio Plazo (10 años)	Largo Plazo (20 años)
1. Estudiar la opinión de la sociedad sobre la bioenergía.	Estudios sociológicos.		
2. Mejorar el conocimiento de la sociedad sobre la bioenergía (beneficios, oportunidades, etc.).	Campañas de difusión a todos los niveles.		

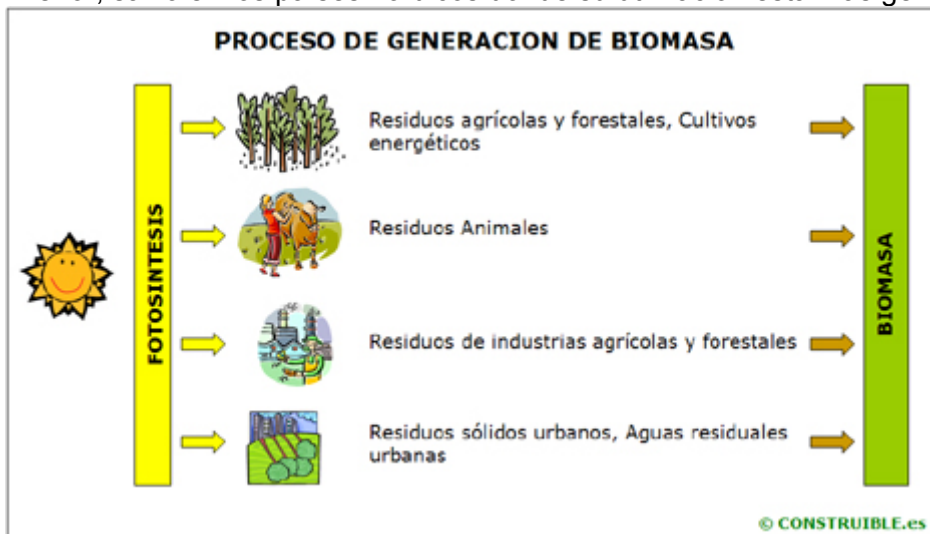
6. PLANTAS DE BIOMASA INDUSTRIALES (ELÉCTRICAS, TÉRMICAS Y BIOGAS)

La biomasa se encuadra dentro de las energías renovables pudiéndose definir como “el conjunto de materia orgánica de origen vegetal o animal”. Según lo anterior, la biomasa engloba a la fracción biodegradable de los productos orgánicos (industriales, municipales, ganaderos), residuos agrícolas (vegetales y animales), forestales y las industrias derivadas del sector agrícola y forestal.

Se trata de una energía renovable que no se agota: la energía solar se acumula, gracias a la fotosíntesis, en energía química, luego utilizable para generar calor, electricidad o para transporte.

Si utilizamos la biomasa eficientemente, el oxígeno de la atmósfera se combina con el carbono de las plantas para producir CO_2 y H_2O . El proceso es cíclico y el balance de CO_2 es neutro porque este es absorbido de nuevo por la biomasa en su crecimiento.

La biomasa ha sido utilizada por el ser humano como fuente de energía térmica desde épocas prehistóricas. La Biomasa cubre aproximadamente el 14 % de las necesidades energéticas mundiales, sin embargo el porcentaje en países desarrollados es muy inferior, salvo en los países nórdicos donde su utilización está más generalizada.



En la utilización moderna encontramos varias aplicaciones industriales en las que se puede utilizar como fuente de calor para la producción de energía térmica y eléctrica.

En este proceso se producen las siguientes transformaciones:

- A) Calorífica mediante la combustión
- B) Mecánica mediante el giro de turbina
- C) Eléctrica mediante el giro del generador

Dentro de los diferentes procesos de conversión energética de la biomasa se han considerado los siguientes:

- **Generación de energía eléctrica.** Es decir, utilización de biomasa para generar energía térmica que se transforma en vapor y posteriormente en energía eléctrica.
- **Generación de energía térmica.** En este caso, la biomasa se emplearía como combustible para generar un fluido térmico (agua caliente, vapor) que sería utilizado en algún proceso industrial, para producción de agua caliente o para calefacción.
- **Generación de energía eléctrica y térmica.** En este caso, la biomasa se emplearía como combustible para generar un fluido térmico (agua caliente, vapor) que sería utilizado en algún proceso industrial, para producción de agua caliente o para calefacción y el excedente se transforma en energía eléctrica.
- **Generación de energía eléctrica con biogas.** En este caso, la biomasa se transforma en biogas, que posteriormente se emplea en un motor de gas o similar para producir energía eléctrica.

6.1. Plantas de biomasa industriales de generación eléctrica.

En estas instalaciones se utiliza la biomasa para generar energía térmica mediante una Caldera de Combustión donde se produce vapor de agua a alta presión y temperatura, posteriormente este vapor se introduce en una turbina de condensación para transformarla en energía eléctrica.

Las partes fundamentales de esta instalación son:

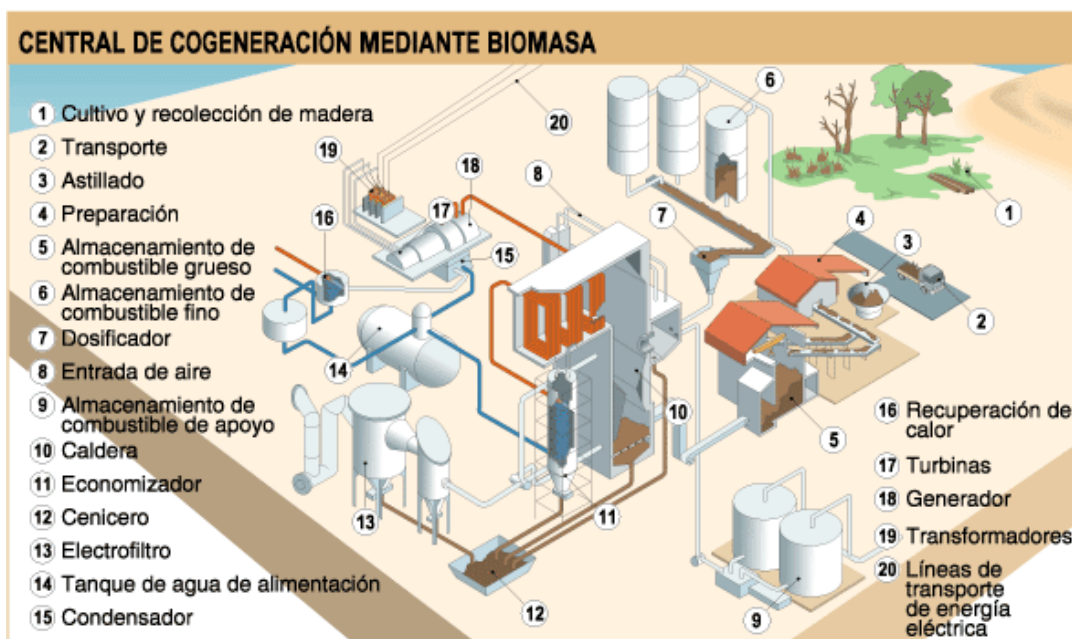
- Preparación y Almacenamiento Biomasa.
- Caldera de Combustión.
- Turbina de Condensación con Generador de corriente.
- Torres de Refrigeración.
- Subestación Eléctrica de Evacuación de Energía
- Elementos Auxiliares.

Cada una de estas instalaciones requiere de tecnologías específicas según el tipo de combustible a emplear. Es básica la definición del tipo de hogar de la caldera para poder asegurar una alta eficiencia en la combustión y un buen coeficiente de disponibilidad. Las tecnologías más usuales son hogares de parrilla, lecho fluido y lecho burbujeante.

Otro aspecto muy importante es la reducción de emisiones atmosféricas muy relacionada con la forma de quema en el hogar y los sistemas posteriores de depuración de gases de salida (electrofiltros, ciclones etc....)

En España se están desarrollando proyectos desde 1 a 50 MW, basados en diferentes tecnologías en función de la biomasa utilizada.

Las plantas mas destacadas son las de Ence en las fabricas de Navia, Pontevedra y Huelva (180 MW) con biomasa forestal, El tejar en Córdoba (43 MW) con orujo de aceite, Acciona en Sanguesa (25 MW) con paja, Valoriza en Villanueva de Algaida y Puente Genil (18 MW) con biomasa del olivar, hasta un total de 480 MW instalados.



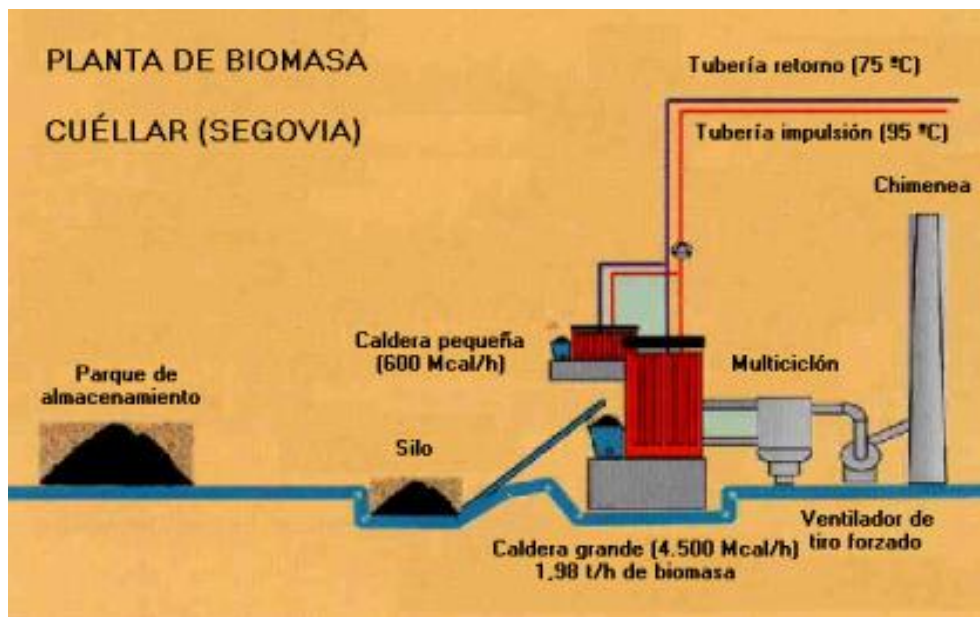
6.2. Plantas de biomasa industriales de generación térmica.

En estas instalaciones se utiliza la biomasa para generar energía térmica mediante una Caldera de Combustión donde se produce vapor de agua, posteriormente mediante intercambiadores de calor esta energía es transformada en agua caliente utilizada para calefacción o para agua sanitaria de diferentes usos.

Las partes fundamentales de esta instalación son:

- Preparación y Almacenamiento Biomasa.
- Caldera de Combustión.
- Sistema de intercambio vapor/agua.
- Acumuladores de agua caliente para distribución.
- Instalación distribuida de tuberías de calefacción y agua sanitaria.
- Elementos Auxiliares.
-

Estas instalaciones están muy desarrolladas en países nórdicos existiendo en España ejemplos como la planta de Cuellar en Segovia desde 1999.



6.3. Plantas de biomasa industriales de generación térmica y eléctrica.

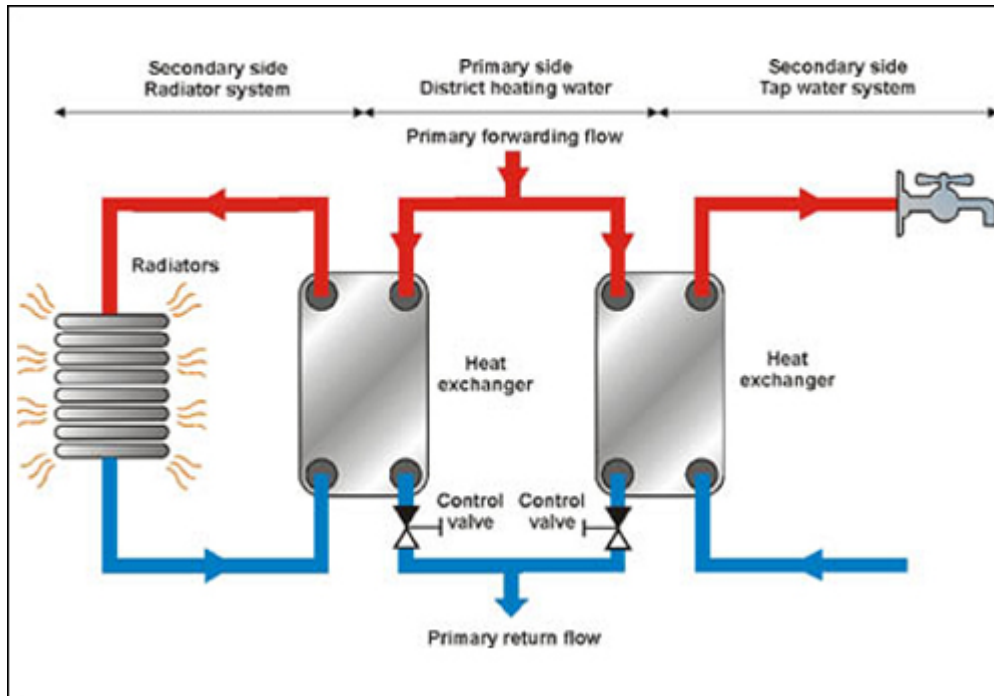
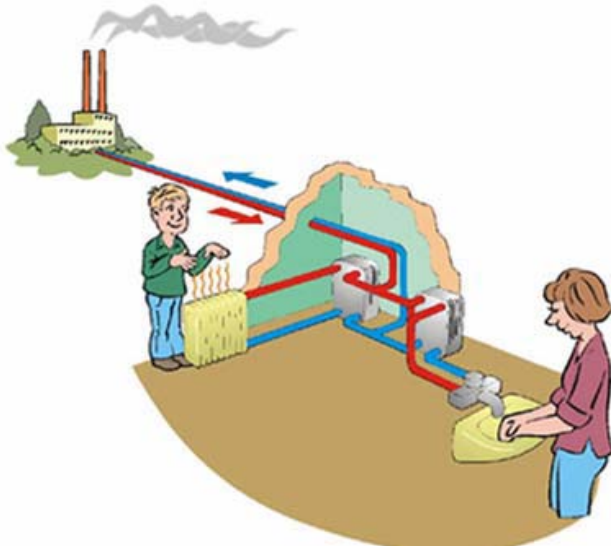
En estas instalaciones son una mezcla de las dos anteriores, utilizando biomasa para generar energía térmica mediante una Caldera de Combustión donde se produce vapor de agua a alta presión, este vapor se pasa por una turbina de condensación con una extracción de vapor de baja presión que posteriormente mediante intercambiadores de calor es transformada en agua caliente utilizada para calefacción o para agua sanitaria de diferentes usos.

Las partes fundamentales de esta instalación son:

- Preparación y Almacenamiento Biomasa.
- Caldera de Combustión.
- Turbina de Condensación con Generador de corriente.
- Torres de Refrigeración.
- Subestación Eléctrica de Evacuación de Energía
- Sistema de intercambio vapor/agua.

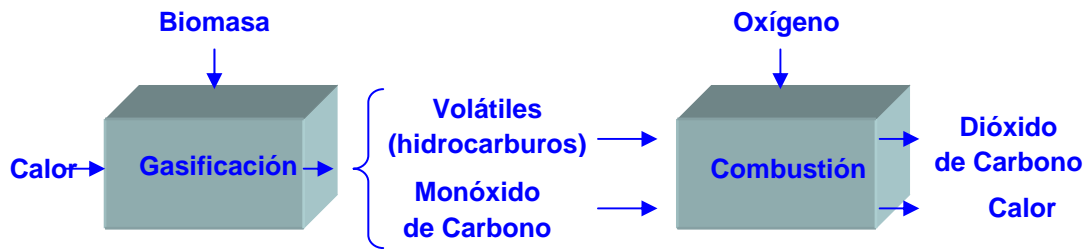
- Acumuladores de agua caliente para distribución.
- Instalación distribuida de tuberías de calefacción y agua sanitaria.
- Elementos Auxiliares.

Este sistema mixto térmico/eléctrico tiene mejor aprovechamiento energético, con una mayor flexibilidad y un alto coeficiente de utilización, ya que produce energía térmica a buen precio, pudiendo en los meses de bajo consumo térmico producir energía eléctrica optimizando el ciclo. Estas instalaciones son muy comunes en los países nórdicos donde es un estándar en poblaciones de tamaño intermedio.



6.4. Plantas de biomasa industriales de generación eléctrica con biogas.

En estas plantas se produce la descomposición térmica de la biomasa en una atmósfera pobre en oxígeno. El resultado es un gas combustible (gas de síntesis o syngas) de bajo poder calorífico ($\sim 5 \text{ MJ/m}^3$) que puede ser quemado en motores de gas producir energía eléctrica.



Para este proceso es necesaria una gran uniformidad de la biomasa:

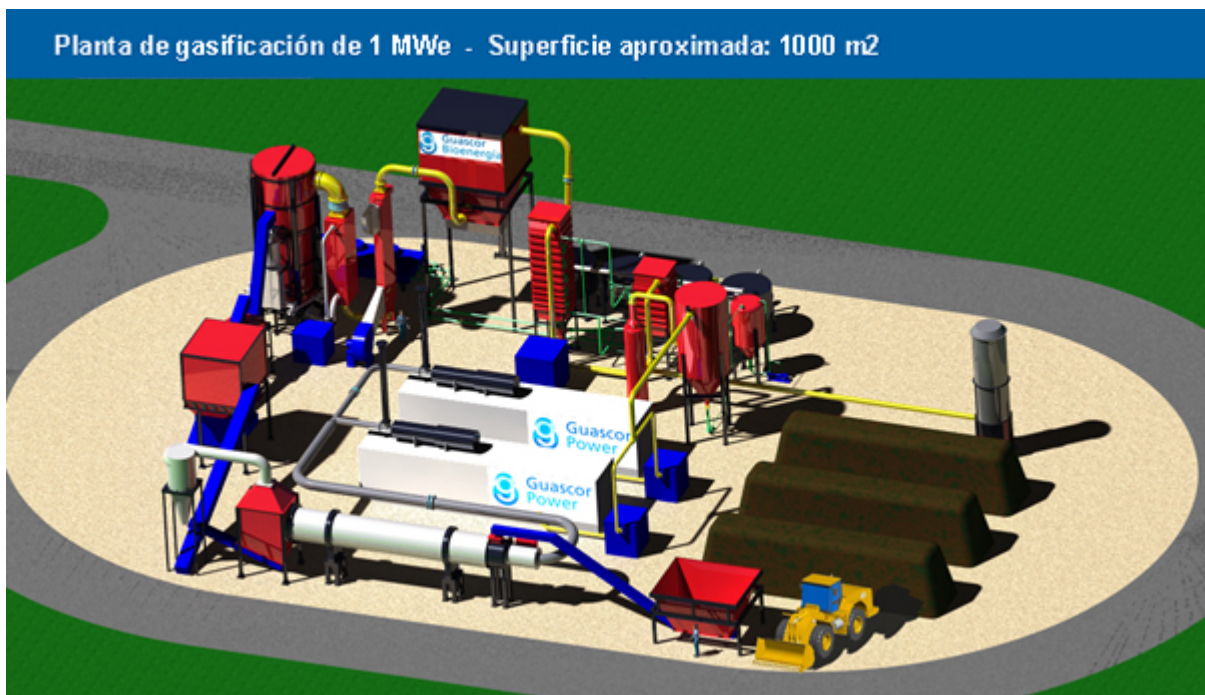
- Humedad relativa: 5 -15 % (base húmeda)
- Granulometría: 2 -12 mm
- Densidad aparente: > 450 kg/m³
- Contenido en cenizas: < 5%

Tecnología de gasificación esta basada en un reactor de lecho fluido de presión de pequeñas dimensiones y elevado rendimiento. El reactor incorpora un material en su interior que desempeña funciones de catalizador y fluidificador.

El gas generado pasa por una zona de alta temperatura donde los alquitranes más pesados se disocian en otros más simples

Una vez generado, el gas ha de ser limpiado y enfriado para llegar en óptimas condiciones a los motores de combustión interna. Las partículas sólidas (cenizas volantes) son retiradas en un filtro de mangas.

Los restos de hidrocarburos ligeros y el exceso de agua son eliminados en una serie de condensadores.



De todos los sistemas industriales la gasificación es el menos desarrollado, necesitando de investigación adicional aunque las perspectivas son muy altas como tecnología del futuro.

7. CONCLUSIONES

- La valorización de la biomasa y la constitución de un mercado para este recurso energético es posible y deseable a partir del momento en que se creen los instrumentos de apoyo políticos y económicos necesarios. El reto a partir de ahora se centra en potenciar la biomasa en el nuevo PER 2011-2020.
- La biomasa contribuye al mejor cumplimiento de los compromisos de España en los objetivos 20-20-20, como son la reducción de emisiones de CO₂ o la utilización de energías renovables.
- Aumentar la superficie sujeta a planes de gestión, en los que se debe integrar el aprovechamiento de biomasa es la clave para potenciar el uso sostenible de los bosques, aumentando la movilización de biomasa y madera. La gestión sostenible de una mayor superficie, llevada a cabo por expertos forestales, contribuiría además, a reducir el riesgo de incendios y a apoyar el desarrollo del medio rural.
- Una adecuada planificación permitirá la gestión y mejora de muchos tipos de bosque que hoy están abandonados, y que sufren riesgos de debilitamiento, incendios, enfermedades o plagas por el abandono de su aprovechamiento tradicional. Se trata de una oportunidad de gestión de bosques beneficiando de forma sostenible tanto a los propietarios como al conjunto de la sociedad.
- Uno de los problemas del desarrollo comercial de la biomasa es que la mayoría de la superficie forestal de España se encuentra en manos privadas. Además, en muchos casos, esa propiedad es de pequeño tamaño, siendo otro problema añadido para la movilización de biomasa forestal. Las restricciones a las cortas y su estacionalidad es otro de los problemas. Las figuras de protección son muchas, y suponen o pueden suponer limitaciones importantes a la extracción de productos. La tecnología es cara y no es apta para varios tipos de biomasa.
- La densidad de vías es un parámetro importante porque en la extracción de biomasa la distancia de desembosque debe ser pequeña ante el poco valor añadido del producto.
- Se debe continuar realizando estudios sobre los efectos ambientales que, en ciertos tipos de suelos y con ciertos medios, puede producir el aprovechamiento de la biomasa. El aprovechamiento intenso puede tener efectos perjudiciales, que deben limitarse mediante normativa basada en la investigación científica y en criterios técnicos.
- La biomasa ofrece muchas oportunidades a nuestro país. La biomasa se autofinancia, no incrementa el déficit tarifario, es una energía autóctona, ecológica y más barata que el gasóleo o el gas y supone claramente una mayor eficiencia energética como país. La biomasa forestal tiene un enorme potencial para contribuir, entre otras alternativas, a reducir los problemas de dependencia de los combustibles fósiles y reducir las emisiones de efecto invernadero.

- Genera puestos de trabajo en actividades de mantenimiento en mucha mayor medida que los combustibles fósiles pero de forma competitiva por el menor coste de la biomasa sobre los combustibles alternativos.
- Los sectores agrícola y forestal necesitan con urgencia nuevas alternativas de cultivos. La evolución del desarrollo de los cultivos energéticos leñosos irá pareja a la puesta en funcionamiento de las plantas de generación eléctrica con biomasa. El conocimiento del manejo de los cultivos en todas sus fases y los rendimientos obtenidos en las primeras cosechas, están facilitando el análisis de la viabilidad económica de estos cultivos. El desarrollo de los cultivos energéticos forestales es una oportunidad para el sector energético y para el ámbito rural. Las Administraciones competentes deben garantizar su realización bajo garantías de sostenibilidad y evitación de conflictos.
- Al tratarse de una energía renovable y provenir de métodos de gestión forestal sostenible, la biomasa forestal no produce emisiones netas de CO₂. El CO₂ que se produce por su utilización es fijado mediante la necesaria renovación de los bosques o cultivos en que se obtiene.
- La utilización de biomasa forestal para producir calor (calor industrial, calefacción residencial, cocina, etc.) es rentable, pero su expansión en el ámbito doméstico se ve frenada en España por la falta de conocimiento y la escasa promoción de las astillas y pellets.
- Dado el escaso rendimiento de los sistemas actuales de producción de energía eléctrica con biomasa forestal (sólo un 27%), lo ideal es generar simultáneamente electricidad y calor (en torno a un 80%) o desarrollar y utilizar nuevas tecnologías como la gasificación o la pirólisis.
- Es muy importante que la Administración, antes de aprobar proyectos de centrales de biomasa, exijan estudios de suministro que garanticen una reducción al mínimo de los conflictos por la materia prima para evitar daños al empleo y a los aprovechamientos tradicionales.
- La investigación I+D+i es fundamental para evaluar las fases de suministro de la biomasa y, en especial, para estimar los recursos realmente disponibles, calcular los costes de elaboración y transporte, optimizar los procedimientos de trabajo y adaptar los medios para la recogida y transporte a las condiciones españolas.
- Desde el punto de vista técnico, respecto a su uso en automoción, los biocarburantes empleados en las condiciones que determina la legislación vigente (RD 61/2006) tienen prestaciones similares a los combustibles fósiles que sustituyen.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Agencia Andaluza de la Energía (2009). Manual Técnico de Uso de Biocarburantes en Motores de Automoción.
- APPA (2008). Capacidad, producción y consumo de biocarburantes en España: situación y perspectivas. <http://www.appa.es/>
- Asociación Nacional de Empresas Forestales (ASEMFO). 2007. "Guía para el uso y aprovechamiento de la biomasa en el sector forestal."
- Ballesteros M. (2006). Bioetanol. Investigación y Ciencia, noviembre 2006, 78-85.
- Cara C. (2007). Pretratamiento de la biomasa del olivar para la producción de etanol. Tesis Doctoral. Universidad de Jaén. España.
- Elander RT, Putsche VL. (1996). Ethanol from corn: technology and economics. Handbook on bioethanol. Wyman, CE (ed.). Taylor & Francis. Washington. pp. 329-349.
- ENERSILVA, 2007. Promoción del uso de la biomasa forestal con fines energéticos en el suroeste de Europa (2004-2007). Edición Proyecto Enersilva.
- EuroObserv'ER. (2009). Barometre Biocarburant. Le journal des énergies renouvelables N° 192.
- Fernández J, Lucas H, Ballesteros M. (2003). Energías renovables para todos: Biocarburantes. Editorial Haya Comunicación. Madrid.
- Gnansounou E. (2010). Production and use of lignocellulosic bioethanol in Europe: Current situation and perspectives: review. Bioresour Technol 101, 4842-4850.
- García- Aparicio MP. (2008). Biorefinerías; situación actual y perspectivas. CIEMAT.
- IDAE, 1999. Plan de Fomento de las Energías Renovables.
- IDAE, 2005. Plan de Energías Renovables 2005-2010.
- IDAE. 2005. "Uso de las renovables: biomasa."
- IDAE. 2007. "Biomasa: cultivos energéticos."
- IEA, International Energy Agency (2009). Medium-Term Oil market Report. OECD/IEA.
- Instituto de Investigaciones Ecológicas. 2005. Documentación Curso de especialización en energía de la biomasa. Madrid.
- Le Net, E., Bigot, M. y Lewin, F. 2005. The impacts of new road transport regulation on forest-wood sector in France. USDA Forest Service Gen. Technical Report. PSW-GTR-194.

- Martínez coord. *et al.* 2008. Plan de aprovechamientos de la masa forestal residual de Castilla-La Mancha. Experiencias del primera año de gestión. Serie Forestal nº5. TRAGSA y Castilla La Mancha.
- Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino, 1999. Estrategia Forestal Española.
- Plataforma Tecnológica Española de la Biomasa (www.bioplat.org).
- Real Decreto 661, de 25 de Mayo de 2007, por el que se regulan las instalaciones de producción de energía eléctrica en régimen especial.