

*Energía de la
Biomasa*

Biomasa

Edificios



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA, TURISMO
Y COMERCIO



Instituto para la
Diversificación y
Ahorro de la Energía

Energía de la
Biomasa

Biomasa

Edificios

TÍTULO

“Biomasa: Edificios”

DIRECCIÓN TÉCNICA

IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía)

ELABORACIÓN TÉCNICA

BESEL, S.A. (Departamento de Energía)

.....

Esta publicación ha sido producida por el IDAE y está incluida en su fondo editorial.

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

Depósito Legal: M-45365-2007

ISBN-13: 978-84-96680-19-7

.....

IDAE

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía

C/ Madera, 8

E-28004-Madrid

comunicacion@idae.es

www.idae.es

Madrid, octubre de 2007

1	Objeto	5
2	Climatización y biomasa	7
2.1	Ventajas e inconvenientes	7
2.2	Beneficios socio-económicos y medioambientales de la biomasa	8
3	Equipamiento	11
3.1	Tipos de calderas de biomasa	13
3.2	Transporte y distribución de combustible	13
3.3	Almacenamiento de la biomasa	14
3.4	Sistema de transporte interno	16
3.5	Características de la seguridad de los silos de biomasa	17
3.6	Intercambiador de calor	18
3.7	Sistema de combustión	18
3.8	Sistemas de seguridad	19
3.9	Retirada de cenizas	20

3.10 Evacuación de humos	20
3.11 Refrigeración por absorción	21
3.12 Operación y mantenimiento	22
4 Combustibles	25
4.1 Pelets	26
4.1.1 Pelets de madera	26
4.1.2 Agropelets	27
4.1.3 Fabricación de pelets	28
4.1.4 Los pelets en Europa	33
5 Ayudas, permisos y normativa	35
5.1 Ayudas	35
5.2 Permisos	35
5.3 Normativa	35
6 Estudio económico comparativo de un sistema de calefacción alimentado con biomasa y con otros combustibles	37
7 Bibliografía y fuentes adicionales de información	41



Objeto

Desde la década de los setenta la biomasa como combustible tradicional ha sido progresivamente sustituida por combustibles fósiles debido a la comodidad en el transporte, manejo, almacenamiento y operación de las calderas con estos combustibles.

En la actualidad podemos afirmar que existe tecnología fiable y a costes competitivos que hacen de la biomasa un fuerte competidor del gas natural y los derivados del petróleo.

Desde los sistemas de recogida y compactación de la biomasa, hasta la reducción de las emisiones gaseosas (mucho más allá de la norma), hay equipamiento y tecnología disponible en el mercado.



2 Climatización y biomasa

La biomasa puede alimentar un sistema de climatización (calor y frío) igual que si se realizara con gas o gasóleo.

Existe una gran variedad de biocombustibles sólidos que pueden ser utilizados en sistemas de climatización de edificios. Entre ellos destacan: pelets, astillas, huesos de aceitunas, cáscaras de frutos secos (almendras, piñones), etc.

2.1 VENTAJAS E INCONVENIENTES

Los sistemas de climatización alimentados con biomasa son respetuosos con el medioambiente, no generan olores como el gasóleo, ni se pueden producir escapes peligrosos como el gas. Su operación y mantenimiento son muy sencillos, ya que incorporan sistemas de control electrónico para el manejo de la instalación. Por ejemplo, el encendido puede realizarse manualmente o a distancia mediante un mensaje de teléfono móvil. La limpieza del equipo es totalmente automática, la única operación a realizar por el usuario es la retirada de las cenizas.

Dependiendo de la calidad del combustible y de la caldera, las cenizas pueden suponer hasta el 1% de la biomasa consumida, lo cual hace de la retirada de las cenizas una tarea poco frecuente.

Estas calderas oponen gran resistencia al desgaste, tienen una larga vida útil y son prácticamente silenciosas debido a que no necesitan un quemador que insufla aire a presión para pulverizar el combustible, como las calderas de gasóleo. Además, presentan un alto rendimiento energético, entre el 85-92%.

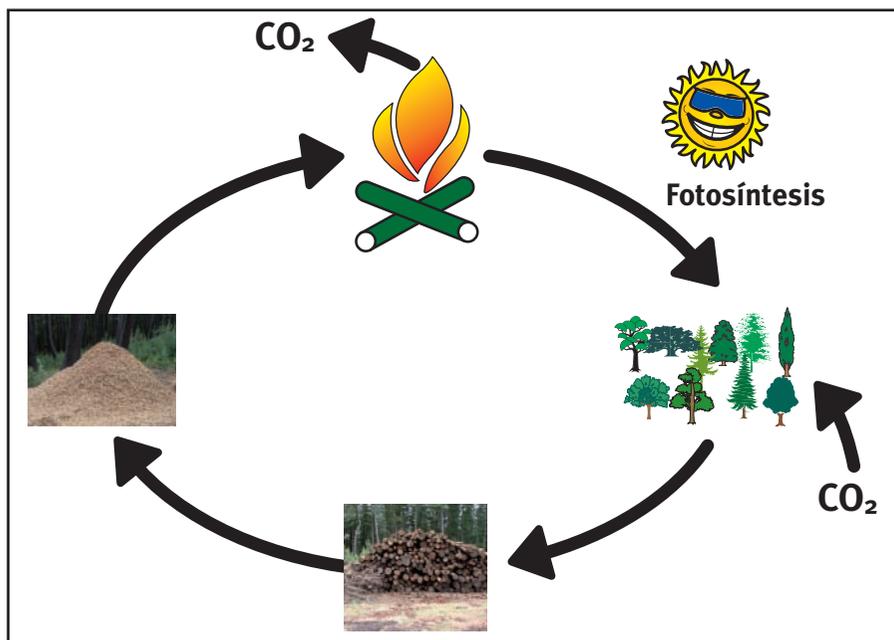
Como inconvenientes relativos a los sistemas de climatización y producción de agua caliente sanitaria basados en biomasa, se podría argumentar la necesidad de espacio para el combustible, como en el caso del gasóleo y el carbón, y una disponibilidad de suministro de combustible equivalente al gas embotellado o al gasóleo, puesto que aún no existe una red de distribuidores demasiado extensa.

Por último, en cuanto a la calidad de los combustibles, decir que AENOR está liderando el desarrollo de una norma de calidad de biocombustibles sólidos, en la línea con el resto de la UE.

Desde el punto de vista normativo, los biocombustibles sólidos para climatización tienen un tratamiento y un reconocimiento propio en el reglamento de instalaciones (RITE), publicado en agosto de 2007.

2.2 BENEFICIOS SOCIO-ECONÓMICOS Y MEDIOAMBIENTALES DE LA BIOMASA

La biomasa contribuye a la conservación del medioambiente, debido a que sus emisiones a la atmósfera son inferiores que las de los combustibles sólidos por



Ciclo neutro de la madera.

su bajo contenido en azufre, nitrógeno y cloro. La mayor ventaja es el balance neutro de CO₂, al cerrar el ciclo de carbono que comenzaron las plantas en su crecimiento. Por tanto, se puede decir que las emisiones de la biomasa no son contaminantes, ya que su composición es básicamente parte del CO₂ captado por la planta origen de la biomasa, y vapor de agua.

Adicionalmente, un porcentaje de la biomasa que se usa para producir energía procede de materiales residuales que es necesario eliminar. Es importante resaltar que el aprovechamiento energético supone “convertir un residuo en un recurso”, de esta forma se consigue gestionar residuos procedentes de podas y limpieza de bosques, rastrojos y podas agrícolas, disminuyendo el riesgo de incendios, enfermedades y plagas, y su propagación, y a su vez dando un valor a los residuos para que sean aprovechados y reutilizados.

La biomasa que se usa para su transformación en energía es un recurso disperso en el territorio, que puede tener gran incidencia social y económica en el mundo rural. Además del desarrollo de nuevas actividades, su utilización genera puestos de trabajo en el medio rural estables, bien remunerados y supone una nueva fuente de ingresos para las industrias locales. Esta oferta de empleo permite fijar la población en los núcleos rurales evitando con ello alguno de los problemas sociales derivados de la emigración hacia los grandes núcleos urbanos, como el abandono de las actividades del mundo rural, la aparición de zonas agrícolas marginales y el desempleo en las grandes ciudades. Por otra parte, da lugar a la aparición de nuevos tipos de negocio, nuevas empresas, nuevas infraestructuras y servicios en las zonas rurales.

Emisiones y generación de empleo	t CO ₂
Emisiones de CO ₂ evitadas (Biomasa eléctrica)	7.364.191
Emisiones de CO ₂ evitadas (Biomasa térmica)	1.788.326
	Personas-año
Generación de empleo (Biomasa eléctrica)	39.816
Generación de empleo (Biomasa térmica)	17.277

Emisiones de CO₂ evitadas y generación de empleo. Fuente: Plan de Energías Renovables 2005-2010.

Desde el punto de vista de los agricultores, aparecen nuevas prácticas agrícolas distintas a las tradicionales (alimentación, sector papelerero, del mueble, etc.), generando un equilibrio en sus ingresos a través de un mercado más amplio para sus productos. Los cultivos energéticos sustituirán a cultivos excedentarios en el mercado alimentario.

El uso de la biomasa en calefacciones de viviendas unifamiliares, como en calefacciones centralizadas de edificios o en redes de calefacción centralizadas (calefacción de distrito), son una alternativa al consumo de gas y otros combustibles sólidos. Este tipo de instalaciones con biomasa generan un ahorro, derivado del consumo de energía, superior al 10% respecto al uso de combustibles fósiles, pudiendo alcanzar niveles mayores en función del tipo de biomasa, la localidad y el combustible fósil sustituido.

A un nivel cercano al usuario, si comparamos las emisiones de las calderas de biomasa con las de los sistemas convencionales de calefacción, se podría decir que los valores de SO_2 , responsable de la lluvia ácida, son en el caso de las calderas de biomasa más bajos o similares a los de gasóleo y gas. En cuanto a las partículas las emisiones son superiores, pero dentro de los límites que definen las diferentes legislaciones en la materia.

Desde un punto de vista más amplio, es decir, analizando el ciclo de vida del proceso en su conjunto (extracción, producción, transporte, etc.) para los tres combustibles considerados, la situación se torna indiscutiblemente favorable a la biomasa, como se puede observar en el siguiente cuadro:

	Emisiones-año del ciclo de vida		
	Gasóleo de calefacción	Gas natural	Astilla de madera y pelets
CO (kg)	35	90	20
SO_2 (kg)	205	20	48
CO_2 (t)	195	160	15
Partículas (kg)	20	10	30

Emisiones-año del ciclo de vida según el tipo de combustible atizado. Fuente: Guía práctica, Sistemas de Calefacción con Biomasa en Edificios y Viviendas.

La situación anterior se explica si se tiene en cuenta que los combustibles fósiles (gas natural) o derivados de ellos (gasóleo) han de ser extraídos en lugares muy lejanos, ser transportados, transformados, bombeados..., antes de llegar al punto de consumo. Y todas estas operaciones consumen asimismo mucha energía.

Por otro lado, desde una óptica estratégica y de seguridad en el abastecimiento, el uso de la biomasa contribuye a la disminución de la dependencia externa de abastecimiento de energía.

3 Equipamiento

Las calderas de biomasa son equipos compactos diseñados específicamente para su uso, ya sea doméstico en viviendas unifamiliares, edificios de viviendas o comerciales, existiendo también modelos para instalaciones industriales. Todas ellas presentan sistemas automáticos de encendido y regulación e, incluso algunas, de retirada de cenizas, que facilitan el manejo al usuario. Para aplicaciones de calefacción doméstica o comercial, estos equipos son de potencia baja a media, hasta 150-200 kW. Este tipo de sistemas alcanzan rendimientos entre el 85 y 92%, valores similares a los de las calderas de gasóleo o de gas.

Un caso concreto, cada vez más extendido, son las calderas de pelets. Debido a las características de este combustible: poder calorífico, compactación, etc, las calderas diseñadas para pelets son muy eficientes y más compactas que el resto de calderas de biomasa.

Para la elección de una caldera de este tipo se debe tener en cuenta una serie de características:

- Fiabilidad del sistema.
- Rendimiento de la combustión de la caldera. Cuanto más alto sea éste, el consumo será menor y mejorará la eficiencia.
- Bajas emisiones de CO (por debajo de 200 mg/m³) y bajas emisiones de polvo (por debajo de 150 mg/m³).
- Cumplimiento de la normativa de emisiones de gases y partículas.

- Sistema de regulación y control sencillo para el usuario.
- Automatización del sistema de limpieza o mínima necesidad de limpieza.
- Posibilidad de telecontrol de la operación de la caldera por el suministrador de la misma o por el usuario.
- Fácil mantenimiento y operatividad de la caldera.
- Buenos servicios técnicos.
- Garantía de suministro de combustible.

Un sistema de climatización con biomasa consta de una serie de equipos o sistemas principales:

- Almacén de combustible: silo, tolva.
- Sistema de alimentación: tornillo sinfín, neumático o gravedad.
- Caldera: cámara de combustión, zona de intercambio, cenicero y caja de humos.



Caldera automática multi-combustible en funcionamiento en la Casa Rural del Caño, Muñopepe (Ávila).

- Chimenea: similar a la de un sistema convencional, aunque de un diámetro ligeramente mayor, debido a que el volumen de humos es mayor porque la humedad de la biomasa al arder se convierte en vapor de agua.
- Sistema de distribución de calor: igual que un sistema convencional.
- Sistema de regulación y control: igual que un sistema convencional en cuanto a la interfaz del usuario.
- De forma complementaria, la caldera se puede conectar a un sistema de producción de frío por absorción, que alimente al sistema de refrigeración (aire acondicionado).

3.1 TIPOS DE CALDERAS DE BIOMASA

En el mercado existe una amplia gama de calderas en función del tipo y de la potencia (entre 50 y 500 kW). Las más usuales son:

- Equipos compactos: están diseñadas para el uso doméstico y no industrial, incluyen todos los sistemas de limpieza automática, encendido eléctrico, etc.
- Calderas con alimentador inferior: son calderas muy bien adaptadas para combustibles con bajo contenido en cenizas (pelets, astillas).
- Calderas con parrilla móvil: son más caras que las demás y tienen la ventaja de poder utilizar biomasa con un alto contenido en humedad y cenizas. Generalmente se utiliza con potencias superiores (1.000 kW).
- Calderas de gasóleo con sistema de combustión de pelets: son más baratas pero tienen algún inconveniente, como que la potencia se reduce alrededor del 30% y la limpieza de la caldera no puede ser automática.
- Calderas adaptadas con sistemas de combustión en cascada: el sistema de combustión se encuentra fuera de la caldera. Debido a su diseño, la llama generada para la combustión de la biomasa es similar a la de una caldera tradicional, como puede ser la de carbón o gas natural.

3.2 TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN DE COMBUSTIBLE

El mayor inconveniente de la biomasa, desde el punto de vista del consumidor, no supone ya ninguna incomodidad gracias a la implantación de nuevos sistemas. Hoy día, la forma de distribución de los combustibles de pequeña



Sistema de alimentación de pelets a silo textil desde camión cisterna por sistema neumático. Centro de Agroturismo. Vizcaya.



Entrega del ticket de la descarga de pelets en un domicilio.

granulometría, como pelets, astillas y huesos de aceituna, se lleva a cabo bien en sacos normalizados de 15 kg, o bien mediante un camión cisterna que, de forma neumática, descarga el combustible en el silo o la tolva del usuario, limpiamente y sin ningún esfuerzo. En el caso del sistema neumático, el conductor del camión instala y desinstala el sistema de descarga en menos de 5 minutos.

Para evitar la sobrepresión en el interior de los silos textiles, y para evitar el escape de polvo durante la descarga, se dispone de

un sistema de extracción de aire y su filtro de polvo accionado por un pequeño motor eléctrico.

El camión neumático lleva incorporado un sistema que proporciona un ticket al usuario con la cantidad en kg de biomasa que se han descargado en la instalación del usuario a modo de albarán, a la espera de recibir la factura de la empresa suministradora.

3.3 ALMACENAMIENTO DE LA BIOMASA

La biomasa puede almacenarse de diferentes maneras, dependiendo de las instalaciones existentes o la disponibilidad de espacio. Así, la biomasa se puede almacenar en un depósito dentro del edificio, en un almacén separado del edificio o en una habitación cerrada cerca de la caldera. Pueden utilizarse silos, en superficie o subterráneos; habitaciones acondicionadas, transportando el combustible hasta la caldera mediante un tornillo sinfín; contenedores situados al lado del edificio, con rampas de descarga, transportando la biomasa con un vehículo de intercambio de carga, etc.

El sistema de almacenamiento tiene una influencia directa en el tipo de transporte y en los sistemas de suministro. Los silos sobre el terreno necesitan vehículos de suministro que puedan descargar lanzando el combustible sobre



De izquierda a derecha: sistema de almacenamiento dentro del edificio, fuera del edificio y cercano al edificio.

la pila. Los silos subterráneos se pueden llenar con cualquier tipo de vehículo volquete, o caja basculante.

Es muy importante la impermeabilización del almacén para evitar la entrada de agua del subsuelo o de las paredes en los sótanos. El almacenamiento de las astillas debe estar bien ventilado para permitir su secado y evitar la aparición de mohos.

A continuación se exponen más detalladamente cada uno de los sistemas de almacenamiento de la biomasa:

- a) Contenedor de almacenamiento: este sistema es la opción más razonable para usuarios que dispongan de poco espacio. Gracias a la dimensión del contenedor (de hasta 300 kg) se puede conseguir largos periodos de autonomía de la caldera.
- b) Silo textil: este sistema es óptimo en lugares en los que haya espacio suficiente para su instalación. El silo de lona está soportado por una estructura metálica, es permeable al aire pero no al polvo, y es antiestático. Se puede instalar tanto en el interior como en el exterior del edificio; se rellena de biomasa por la parte superior y la alimentación a caldera es por la parte inferior mediante un tornillo sinfín. La capacidad de estos silos está entre 2 y 5 toneladas de combustible.



Silo de lona y alimentación a caldera del sistema de climatización (calor y frío por absorción). Casa de la Cultura de Viana de Cega (Valladolid).

- c) Depósito subterráneo: cuando no existe espacio suficiente para el almacenamiento del combustible, se podrá utilizar este tipo de depósito en el exterior de la vivienda, que mediante un sistema neumático transporta los pelets a la caldera.
- d) Silo de almacenamiento de obra: en este sistema se dan dos casos distintos: silo con suelo inclinado con un tornillo sinfín que transporta el combustible a la caldera, o silo con un sistema de alimentación neumática que permite que el silo esté situado hasta a 30 m de la caldera.



Interior de un silo de almacenamiento de obra con lamas de acero en la Casa Rural del Caño, Muñozpepe (Ávila).

3.4 SISTEMA DE TRANSPORTE INTERNO

El combustible puede ser transportado desde el lugar de su almacenaje hasta la caldera de distintas formas.

Cuando hay poco espacio disponible, o el combustible tiene poca densidad, la opción más acertada es un suelo con rascadores horizontales hidráulicos. Este sistema tiene un mayor coste pero optimiza el volumen del silo.

Los rascadores giratorios (lamas de acero) son más baratos y pueden utilizarse con una gran variedad de combustibles (piña troceada, astillas de madera, etc.). El silo de almacenamiento debe ser redondo o cuadrado para evitar espacios muertos.

Un sistema muy utilizado es una combinación del suelo inclinado y un tornillo sinfín. La biomasa va deslizándose hasta finalizar en el canal donde se encuentra el tornillo que la transporta a la sala de calderas. La desventaja principal de este sistema radica en los espacios muertos existentes debajo de las rampas inclinadas. Es muy importante la inclinación y altura de las rampas, pues la biomasa puede atascarse si el diseño no es el adecuado.

El sistema más barato es el suelo inclinado con un sistema de alimentación neumático, pero sólo admite pelets o combustibles de tamaño y forma muy homogénea. La alimentación neumática permite que el silo de almacenaje o depósito se encuentre a una distancia de hasta 15 m desde la sala de calderas, gracias a una manguera. El lugar de almacenaje debe de ser estrecho y largo, para evitar los posibles puntos muertos.

Otra opción es una variación del último sistema explicado. Son los tornillos sinfín flexibles, cuyo funcionamiento es similar al neumático. Es muy útil para combustibles con impurezas que puedan atascar un tornillo rígido. El único inconveniente que puede dar lugar a algún problema es la abrasión del tornillo sinfín.

3.5 CARACTERÍSTICAS DE LA SEGURIDAD DE LOS SILOS DE BIOMASA

El diseño de los silos de almacenamiento debe de cumplir una serie de premisas de seguridad para prevenir el daño del combustible o una autocombustión. Se pueden mencionar las siguientes:

- Debe estar completamente seco.
- Disponer de una capa de goma que proteja la pared en los puntos de contacto por golpeteo de los combustibles durante su manipulación.
- Hay que montar unas puertas para el almacén compactas e ignífugas, colocando unos tableros de madera que las protejan de la presión de la biomasa almacenada.
- Evitar instalaciones eléctricas en el lugar de almacenamiento.
- Dotar al sistema de transferencia de biomasa de una toma de tierra, para evitar la aparición de chispas por cargas electrostáticas durante su transporte.
- Cerciorarse de que las paredes del silo soportan la presión del combustible almacenado y resisten al fuego durante 90 minutos.

3.6 INTERCAMBIADOR DE CALOR

El intercambiador de calor es un sistema que está compuesto por un conjunto de tubos verticales cuya función es la transferencia de calor entre los humos y el agua. Se pueden distinguir dos tipos de caldera según su intercambiador de calor:

- Piro tubulares: el agua rodea los tubos por los que circulan los humos, por lo que la cámara de combustión tiene que estar separada del intercambiador de calor. Este es el caso más común de las calderas medianas y pequeñas.
- Acuotubulares: el agua va por el interior de los tubos y los gases de combustión los rodean.

Hoy en día casi todas las calderas que se encuentran en el mercado presentan sistemas automáticos o semiautomáticos de retirada de cenizas del intercambiador de calor, siendo el resultado de este sistema un rendimiento elevado y constante que garantiza un notable ahorro para el usuario.

3.7 SISTEMA DE COMBUSTIÓN

La cámara de combustión normalmente está formada por un sistema de combustión y una cúpula de distribución de gases de combustión. Además, casi todas las calderas tienen un sistema de regulación del caudal de aire de combustión para conseguir una combustión óptima.



Cámara de combustión.

3.8 SISTEMAS DE SEGURIDAD

Inercia térmica

Las instalaciones de biomasa tienen una mayor inercia a generar calor que las de gas o de gasóleo, debido a que por sí alguna causa hubiera algún corte eléctrico, la biomasa introducida en la caldera continuaría quemándose y produciendo un calor adicional que debe ser eliminado. Hay varias alternativas para la eliminación de este calor:

- Un recipiente de expansión abierto que pueda liberar el vapor si la temperatura del agua alcanza los 100 °C dentro de la caldera.
- Un intercambiador de calor de seguridad en la caldera, refrigerado por una corriente de agua cuando la temperatura en el interior de la caldera aumente demasiado.
- Un depósito de acumulación, siempre y cuando la circulación natural tenga la capacidad de enfriar la caldera.

Retroceso de llama

Es muy importante disponer de ciertos sistemas que eviten el retroceso de la llama de la caldera hacia el lugar de almacenamiento del combustible, para ello se requieren al menos dos sistemas:

- Compuerta de cierre estanca contra el retroceso de la combustión, que interrumpe la entrada de combustible a la caldera.
- Rociador de extinción de emergencia, que tenga la capacidad para inundar el tubo de transporte del combustible en el caso de que se produzca el retroceso de la llama.

Es muy importante que las bombas que mueven el agua de la calefacción por el edificio no estén controladas mediante sistemas electrónicos incluidos en la caldera, de modo que puedan continuar su trabajo en caso de un corte eléctrico en la caldera.

Tornillo sinfín

Por último, es importante que una vez al año se limpie el polvo acumulado y se engrasen los cojinetes del tornillo sinfín.

3.9 RETIRADA DE CENIZAS

El sistema de retirada de cenizas puede ser automático o manual. El sistema automático se compone de un tornillo sinfín que transporta y compacta las cenizas desde la cámara de combustión a un contenedor situado en el exterior de la caldera. En algunas calderas este contenedor dispone de ruedas y un tirador para que su vaciado sea más sencillo.

En el caso de sistema manual, la frecuencia de la retirada de cenizas depende de la biomasa combustible utilizada. En el caso de usar pelets de madera 100%, para un uso doméstico de calefacción, el vaciado se calcula que será una o dos veces al año.



Instante de la extracción del cenicero de una caldera automática de biomasa.

Las cenizas de madera no son peligrosas ni tóxicas y pueden utilizarse como fertilizante para las plantas del propio domicilio. En zonas urbanas pueden tirarse a la basura, pero siempre teniendo en cuenta y respetando la normativa de cada municipio.

Compuesto	SiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O
% en peso	24,6	46,6	4,8	6,9	0,5	3,8

Composición de las cenizas de astilla de madera. Fuente: Proyecto BIOHEAT (IDAE).

3.10 EVACUACIÓN DE HUMOS

El sistema de evacuación de humos no es más que una chimenea y, como ya se ha comentado anteriormente, las emisiones a la atmósfera no varían

mucho respecto a las de combustibles fósiles como gasóleo o gas natural, y son mucho menores que las de carbón.

La única diferencia es el diámetro necesario para la chimenea. En el caso de biomasa hay que prever un volumen de gases ligeramente superior, debido a que la humedad que contiene la biomasa se evapora en la caldera y da lugar a vapor de agua que sale mezclado con los productos de la combustión, aumentando así el volumen de los gases.

3.11 REFRIGERACIÓN POR ABSORCIÓN

La climatización con biomasa es técnicamente posible empleando sistemas y equipos comerciales que están en el mercado, que están homologados y que están demostrando su eficiencia y fiabilidad, con costes operativos competitivos.

Un sistema de refrigeración por absorción difiere de un sistema de compresión eléctrica en que la energía que acciona el generador de frío es calor, en forma de agua caliente, producida en una caldera de biomasa. El ciclo de absorción se basa en las propiedades de las disoluciones acuosas de ciertas sales como bromuro o cloruro de litio, que son inocuas.

La máquina de absorción enfría el agua que circula por el circuito de distribución de frío hacia los fan-coils, los climatizadores o el sistema emisor elegido. Emplea refrigerantes no tóxicos ni peligrosos en caso de fuga.

El empleo del sistema de absorción, como alternativa a grupos enfriadores accionados por electricidad, aumenta el número de horas anuales de uso de la caldera de biomasa, mejorando su rentabilidad. Por otro lado, utiliza pelets u otros combustibles en épocas de calor, cuando éstos son más baratos al haber menor demanda.



Una de las dos máquinas de absorción que forman parte del sistema de climatización de la Casa de la Cultura de Viana de Cega, Valladolid.

3.12 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Para una buena operación y mantenimiento de las instalaciones de climatización con biomasa es muy importante la elección de la potencia de la caldera. Un correcto dimensionamiento aporta las condiciones óptimas de operación, reduciendo la gestión de las cenizas, la limpieza de la caldera y las averías debidas a bajas demandas de potencia.

El tiempo de dedicación requerido depende de varios factores: si la recepción del combustible se realiza sin la presencia del usuario, si la biomasa atasca o interrumpe el sistema de alimentación, y si la supervisión del sistema se realiza mediante telecontrol en el caso de astillas, pelets o residuos agroindustriales. Todas estas actividades abarcan:

- El control visual de la caldera un par de veces a la semana si es posible.
- Ajustes, mantenimiento y cuidado de problemas de operación de menor importancia.
- Adquisición del combustible.
- Gestión de las cenizas generadas.

Es obvio que el tiempo dedicado depende del tamaño de la instalación y del consumo de biomasa. Por tanto, la dedicación en las instalaciones más pequeñas será menor. También hay que remarcar que dicho tiempo es mínimo comparado con cualquier sistema de calefacción tradicional con biomasa.



Interfaz de regulación y control de una caldera de biomasa de una vivienda unifamiliar.

Con los modernos sistemas de climatización de edificios con biomasa, el mantenimiento de la instalación no es un inconveniente, en contraposición a las antiguas calderas manuales en las que había que estar pendientes de la cantidad de combustible necesario para su uso. El único trabajo manual es la retirada de cenizas que, como ya se ha comentado, es muy sencilla y no supone gran molestia.

Hay varias alternativas para reducir aún más esta baja carga de trabajo, como:

- Subcontratar la operación y mantenimiento a una compañía de servicios energéticos.
- Sistema automático de retirada de cenizas.
- Limpieza automática de los intercambiadores de calor.
- Que la gestión del suministro del combustible a utilizar la realice el proveedor de la biomasa teniendo en cuenta las cantidades reales de producción de energía, controladas y enviadas de forma electrónica por telegestión.
- Ceder al deshollinador de la chimenea el cuidado de la limpieza regular de la instalación.

Se pueden evitar muchos problemas si el usuario de este sistema de calefacción recibe las instrucciones necesarias del distribuidor de esta tecnología, del instalador o del consultor, en el momento de la puesta en marcha. Estas recomendaciones serán: rutinas diarias, errores típicos, servicio técnico para el asesoramiento, reglaje de la combustión, etc.



4 Combustibles

Existe una gran variedad de combustibles biomásicos susceptibles de ser empleados en los sistemas de climatización, como por ejemplo: astillas, pelets, serrín, corteza, residuos agroindustriales como los huesos de aceituna, cáscaras de frutos secos (almendra, piñón,...), poda de vid, poda de olivo, etc.

Su utilización varía de una zona a otra de España en función de la disponibilidad, de la tradición y del clima que, de forma indirecta, también influye en el tipo de biomasa disponible, ya que las especies se cultivan o vegetan de forma natural en las zonas donde el clima más las favorece.

En los últimos tiempos, la tendencia es hacia el uso de combustibles de granulometría mediana y pequeña, pero homogénea, lo que permite un manejo automático o semiautomático que elimine las incomodidades tradicionales del uso de la biomasa a nivel doméstico, ya sea individual o colectivo.

Asimismo, la aparición en el mercado de calderas y sus accesorios, específicamente diseñados para pequeñas y medianas potencias y combustibles sólidos de granulometría reducida, hacen que el uso de la biomasa bruta (tamaños irregulares) tenga pocas expectativas de crecimiento en beneficio de astillas, pelets, cáscaras y huesos que bien por transformación, bien por su propia naturaleza, tienen unas características adecuadas para la automatización de los sistemas.

Combustibles	PCI seco MJ/kg	Humedad (% b.h.)	Uso
Astillas	14,4-16,2	20 a 60	Doméstico, Residencial, Industrial
Pelets	18-19,5	<12	Doméstico, Residencial
Hueso de aceituna	18	12 a 20	Doméstico, Residencial, Industrial
Cáscara de frutos secos	16,7	8 a 15	Doméstico, Residencial, Industrial
Poda de olivar	17,2	20 a 60	Doméstico, Residencial, Industrial
Poda de vid	16,7	20 a 60	Doméstico, Residencial, Industrial

Propiedades de los combustibles biomásicos. Fuente: Sistemas automáticos de calefacción con biomasa en edificios, Guía práctica de la Comunidad de Madrid.

4.1 PELETS

Los pelets son uno de los principales productos de la compactación de la biomasa. Generalmente para su fabricación se utilizan materiales residuales de las industrias de transformación de la madera tales como virutas, serrines, polvo de lijado, etc. También es posible utilizar residuos de poda agrícola y de limpieza forestal. En este caso se requiere una serie de tratamientos previos de los residuos como el secado, astillado y/o molienda debido a que las operaciones de peletizado necesitan unas condiciones de humedad y granulometría especiales.



Pelets de madera de pino.

Los pelets tienen forma cilíndrica, con diámetros normalmente comprendidos entre 6 y 12 mm y longitudes de 10 a 30 mm. Como consecuencia, los pelets pueden ser alimentados y dosificados mediante sistemas automáticos, siendo una ventaja en instalaciones de edificios.

4.1.1 Pelets de madera

Son aquellos cuya procedencia es mayoritariamente residuos de madera.

Generalmente las instalaciones de fabricación de este tipo de pelets emplean residuos lignocelulósicos generados en los procesos industriales, con el objetivo de solucionar el problema de la acumulación de residuos.

Aproximadamente, el 45% de la materia prima proviene de la industria de la primera transformación de la madera, el 45% de industrias de segunda transformación de la madera (muebles, parquet, puertas,...) y el 10% restante procede de otras materias primas como residuos forestales, residuos de industrias textiles, etc. La materia prima se utiliza fundamentalmente en forma de serrín o astilla, porque reduce drásticamente la transformación física y los costes de secado.

Biocombustibles para calefacción	Pelets de madera	Astillas de madera	Residuos agroindustriales
Poder calorífico inferior (Gj/t)	17	13,4	14,6 a 16,7
Poder calorífico por kg (kWh/kg)	4,7	3,7	4 a 4,7
Poder calorífico en volumen (kWh/m ³)	3.077	744	744 a 2.500
Humedad (%)	8	25	10 a 40
Densidad (kg/m ³)	650	200	200 a 500
Contenido en cenizas (%)	0,5	1	1 a 2

Datos básicos de los biocombustibles para calefacción. Fuente: proyecto BIOHEAT.

Los pelets tienen algunas ventajas que son de interés:

- Es un combustible estandarizado.
- Requieren poco espacio de almacenamiento.
- El esfuerzo en el mantenimiento y operación de la instalación es menor que con otros combustibles.

4.1.2 Agropellets

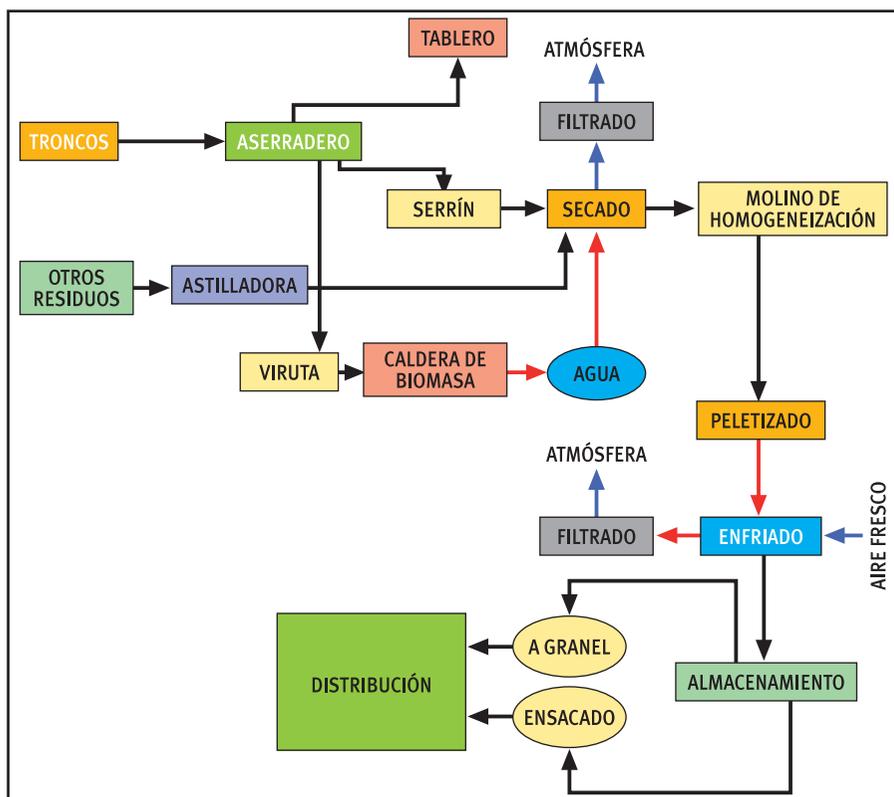
Los agropellets son pelets cuyas materias primas son de origen agrícola, generalmente residuos (paja, residuos de podas, etc.). Actualmente es una línea de investigación que en un futuro puede llegar a tener interés para este tipo de instalaciones.

Hoy en día se sabe que tienen algunas desventajas, como:

- Requieren de mayor espacio para su almacenamiento por su menor densidad.
- Pueden dar problemas de emisiones o corrosión de la caldera y, por tanto, mayor mantenimiento de la instalación.

4.1.3 Fabricación de pelets

En la siguiente figura se representa el proceso de producción de pelets partiendo de los residuos de un aserradero. El serrín pasa a ser la materia prima del proceso de fabricación, y la viruta, el combustible necesario para generar aire caliente preciso para secar el serrín hasta un determinado grado de humedad. Naturalmente, con el debido tratamiento previo, otros residuos de madera pueden integrarse como materias primas.



Proceso de fabricación de pelets de madera de pino. Elaboración propia.

El peletizado está basado en la misma tecnología que la producción de pienso para animales. La biomasa, para su adecuado peletizado, ha de presentarse lo más homogénea posible y con unas características de humedad y granulometría determinadas y constantes en el tiempo.

Una condición necesaria para la obtención de un pelet de calidad es que la humedad esté entre el 8 y el 10%, consiguiendo una buena aglomeración y evitando que el producto final se disgregue por exceso de agua. En cuanto a la granulometría de la materia prima, la óptima para este proceso, según el CARTIF¹, está entre 6 y 8 mm.

Para este tipo de plantas son necesarios una serie de equipos de reducción granulométrica y separación. Aunque hay residuos que pueden ser peletizados sin ninguna preparación previa, la granulometría es esencial para alcanzar una buena compactación. Para los materiales madereros, una astilladora puede ser utilizada para la primera reducción de tamaño, pero en el caso del serrín y la viruta no es necesaria.

Etapas del proceso productivo de pelets

1 Suministro de materia prima a la planta

Para que una planta de fabricación de pelets sea rentable y produzca beneficios, es necesaria la:

- disponibilidad de materia prima de buena calidad (bajo contenido en sílice y otras materias minerales),
- homogeneidad en composición, humedad y granulometría,
- cantidad suficiente y,
- garantía de suministro.



Serrín del aserradero Ebaki para la alimentación de la planta de pelets de Ebepelet, Muxika (Vizcaya).

¹ Agustín Paino Lloret, Esther Báscones Palacios y Gregorio Antolín Giraldo. “Metodología para ensayos de peletizado de biomasa”. Energética XXI. CARTIF. Junio de 2006.

2 Secado forzado

El secado es una operación imprescindible por la elevada humedad que presenta el serrín según se produce en el aserradero. Esta operación se puede realizar en un secadero rotatorio directo, cuyo flujo secante proviene de los gases de combustión desprendidos por una caldera de biomasa alimentada con la viruta y/o los rechazos del serrín.



Caldera de biomasa (izquierda) y secadero de planta de pelets (arriba) de Ebepelets, Muxika (Vizcaya).

3 Refinado del material

El material, una vez secado, se hace pasar por un molino refinador que iguala los tamaños de partícula a un máximo de 5 mm. La materia prima seca y refinada se transporta de forma neumática a un silo previo al peletizado.

4 Compactación

En función de la forma de la matriz empleada, se pueden diferenciar dos tipos de peletizadoras. Por un lado, la de matriz plana, en la que uno o varios rodillos pasan sobre el producto y lo extruyen entre los orificios que posee la matriz. Por otra parte, la peletizadora de matriz anular, que tiene forma de corona circular agujereada, con una luz y espesor determinados, sobre la cual giran excéntricamente uno o varios rodillos.

La matriz es una pieza estática, que sufre grandes abrasiones ya que los rodillos interiores presionan el material, produciéndose la densificación en las canaletas. La forma de los pelets dependerá directamente del tipo de orificio existente en la matriz.

Los equipos de matriz plana presentan la ventaja de duplicar la vida media de las matrices por ser estas reversibles, además de ser más baratas que las del tipo anular. La matriz anular parece producir pelets más largos sin mermar su consistencia.

Es decir, ambas tienen ventajas e inconvenientes, y los fabricantes no se decantan claramente por ninguno de los dos tipos.

El material entra por la parte superior de la peletizadora, y es depositado en la matriz, donde se ejerce una gran presión sobre éste produciendo su compactación. El material que va entrando en cada canal de compactación forma un hilo continuo que sale por el lado inferior de la matriz, donde

es cortado al largo deseado mediante un cabezal con cuchillas. Debido a las grandes presiones a las que se somete el material ($1.500-1.600 \text{ kg/cm}^2$) y las elevadas temperaturas que se alcanzan en la matriz próximas a los $150 \text{ }^\circ\text{C}$, junto con un pequeño porcentaje de humedad (10%) que es añadido en el proceso, se logra la plastificación de la lignina actuando ésta como aglomerante natural de las partículas.

5 Enfriado de pelets

Una vez elaborados los pelets se deben enfriar suave y lentamente para evitar que produzcan fisuras. Se pueden utilizar dos tipos de enfriadores: verticales u horizontales, siendo estos últimos más adecuados para reducir el volumen de las piezas defectuosas y la producción de finos debidos al golpeo. Sin embargo, los enfriadores horizontales necesitan mayor espacio para su instalación.

El enfriado de pelets se realiza mediante un flujo de aire a contra corriente. El aire es el que asciende verticalmente adquiriendo el calor de los pelets, mientras estos bajan cediendo calor.



Equipos de enfriamiento y filtrado de aire y peletizadora de Ebepellet, Muxika (Vizcaya).

6 Almacenamiento y logística

Generalmente el almacenamiento se realiza en sacos de entre 15-25 kg, que son los más comercializados en Europa, en big bags o en una tolva para granel. En el caso de los sacos, se empaqueta mediante una máquina ensacadora con dispositivo de pesaje incluido. Así, el sistema de sacos en palés permite entregar directamente al consumidor final el pelet libre de polvo.



Ensamadora de pelets de Ebepelet, Muxika (Vizcaya).

Lo más cómodo para el usuario de calderas de biomasa es la distribución con camiones cisterna que, mediante un sistema neumático, entregan la cantidad de pelets solicitada, de igual manera que el suministro de gasóleo. Esta logística está marcada por las diferentes capacidades de cada camión. Es decir, la capacidad del camión se debe adecuar al tipo de carreteras y a las distancias que ha de recorrer.

Es interesante comentar que una planta de fabricación de pelets de este tipo, con una producción de 2.500-3.000 kg/h, tiene un coste de inversión aproximado de unos 2,2 millones de €.



Camión cisterna distribuidor de pelets en el País Vasco.

4.1.4 Los pelets en Europa

En Europa, el uso de los pelets lleva implantado hace ya unos años, por lo que existen unos estándares utilizados por los fabricantes de pelets y calderas de biomasa. Estos pelets están caracterizados por:

- Densidad media de unos 700 kg/m^3 . Esta elevada densidad proporciona una ventaja en el transporte y el almacenamiento.
- Bajo contenido en cenizas (cerca de 0,5%) y humedad (6-8%).
- Elevado poder calorífico en función de la materia prima con la que han sido fabricados, que alcanza valores de hasta 4.000-4.500 kcal/kg. Es interesante saber que dos kilogramos de pelets equivalen a un litro de gasóleo.



5 Ayudas, permisos y normativas

5.1 AYUDAS

Una de las prioridades dentro del fomento de la utilización de las energías renovables es la promoción de la biomasa, siendo el punto más fuerte del Plan de Fomento de las Energías Renovables en nuestro país.

Cada una de las comunidades autónomas publica, anual o bianualmente, una serie de ayudas para las instalaciones de energía renovables, incluyéndose dentro de éstas la climatización de edificios con biomasa.

En algunas comunidades autónomas y municipios existen programas para la promoción de las instalaciones alimentadas con biomasa y también líneas específicas de ayudas, destacando la renovación de una caldera tradicional como puede ser la de carbón, por una alimentada con combustibles limpios.

5.2 PERMISOS

Los permisos requeridos para la legalización e instalación de un sistema de calefacción con biomasa son los mismos que para un sistema convencional (gas, gasóleo, GLP), y son otorgados por la autoridad competente de la Comunidad Autónoma, cumpliendo con todas las normativas vigentes a nivel nacional y local.

5.3 NORMATIVA

En el Real Decreto 1.027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento

de Instalaciones Térmicas en los Edificios, se ha incorporado la biomasa, que anteriormente daba algunos problemas en la legalización de las instalaciones al no considerarse como combustible.

Se han incorporado ciertos puntos de interés referidos a los sistemas de calefacción con biomasa:

- En lo referente a los requisitos mínimos de rendimiento energético de los generadores de calor (IT 1.2.4.2.1), cuando se utilice biomasa como combustible, el rendimiento mínimo instantáneo exigido será del 75% a plena carga. Si se utilizan biocombustibles sólidos se deberá indicar dicho rendimiento para el sistema caldera-sistema de combustión para el 100% de la potencia máxima. Además, se deberá indicar el rendimiento y la temperatura media del agua del conjunto caldera-sistema de combustión cuando se utilice biomasa, a la potencia máxima demandada por el sistema de calefacción o por el sistema de agua caliente sanitaria.
- En caso de tener que realizar un fraccionamiento de la potencia se deberá seguir lo dispuesto en la IT 1.2.4.1.2.2.
- Dentro de la seguridad del sistema de calefacción, los sistemas alimentados con biocombustibles sólidos deberán cumplir lo dispuesto en la IT 1.3.4.1.1, es decir, un sistema de interrupción del funcionamiento de la combustión y del retroceso de la llama, un sistema de evacuación del calor residual de la caldera como consecuencia del biocombustible ya introducido antes de la interrupción del funcionamiento del sistema, etc.
- Para el cumplimiento de la dimensión de la sala de máquinas deberá cumplirse la IT 1.3.4.1.2.5.
- Para el almacenamiento de los biocombustibles sólidos se deberán cumplir las normas contempladas en la IT 1.3.4.1.4. El lugar de almacenamiento podrá estar fuera o dentro del edificio destinado únicamente a este uso, y en función de ello habrá unas normas u otras.
- Del mantenimiento y uso mencionando en la IT 3. Es importante destacar que, como norma, en las instalaciones alimentadas con biocombustible sólido se deberá comprobar el estado de almacenamiento del combustible, apertura y cierre del contenedor plegable, limpieza de cenizas, control visual de la caldera, comprobación y limpieza, si procede, del circuito de humos de caldera y conductos de humos y chimeneas y la revisión de los elementos de seguridad. Todo esto está reflejado en la tabla 3.1 “Operaciones de mantenimiento preventivo y su periodicidad” del mencionado Real Decreto.



6 Estudio económico comparativo de un sistema de calefacción alimentado con biomasa y con otros combustibles

La viabilidad económica del uso de la biomasa en edificios es un hecho objetivo. Pero, para que la biomasa sea la opción elegida, debe haber un atractivo de tipo económico a igualdad de fiabilidad y seguridad en el servicio.

La ventaja económica principal de la biomasa sobre el gas natural o el gasóleo, y mucho más respecto a los gases licuados del petróleo o la electricidad, radica en el menor coste del combustible y en una mayor estabilidad del precio de éste, al no depender de los precios del petróleo. Esta ventaja tiene que equilibrar y prevalecer frente al mayor coste de inversión inicial que supone instalar un sistema de biomasa que su equivalente de gas o gasóleo.

Como ejemplo, se ha realizado un estudio económico para un edificio residencial que consta de un bloque aislado de nueva construcción, formado por 20 viviendas de 100 m², dispuesto en cinco pisos en la provincia de Valladolid.

Dado que el mercado de calderas de biomasa ya ofrece una amplia gama de posibilidades, se han estudiado dos casos de biomasa en los que lo que varía es la inversión, no el coste de instalación. Se puede considerar que el coste de los equipos de biomasa puede variar en un 20% de uno con respecto a otro. Por tanto, se comparan cuatro situaciones: una con gas natural, otra con gasóleo y dos con biomasa.

Los datos generales para el estudio comparativo han sido:

- Superficie calefactada 2.000 m².
- Potencia térmica instalada 200 kW.
- Subvención del 30% a la inversión elegible en el sistema de biomasa.

- 1.500 horas de funcionamiento anual.
- Consumo anual 300.000 kWh/año.
- IPC: 3%. No se contemplan incrementos diferentes para biomasa, gas y gasóleo.
- IVA²: 16%.

	Gasóleo	Gas Natural	Biomasa
Inversión ³ (€)	23.888	24.000	55.130/45.564
Coste de operación y mantenimiento (€/año)	120	120	120/120
Consumo anual	30.000 kg	300.000 kWh	85.714/85.714 kg
Subvención (%)	0	0	30/30

Datos variables según el tipo de combustible. Fuente: HC Ingeniería.

En la página siguiente se muestran dos gráficas comparativas del gasto acumulado para 5 y 15 años de los cuatro casos del sistema de calefacción descritos anteriormente.

El primer año, los sistemas menos rentables son los alimentados por biomasa. Pero a partir de entonces, la biomasa comienza a ser muy rentable frente al gasóleo, creciendo los gastos de éste fuertemente respecto a los otros dos combustibles.

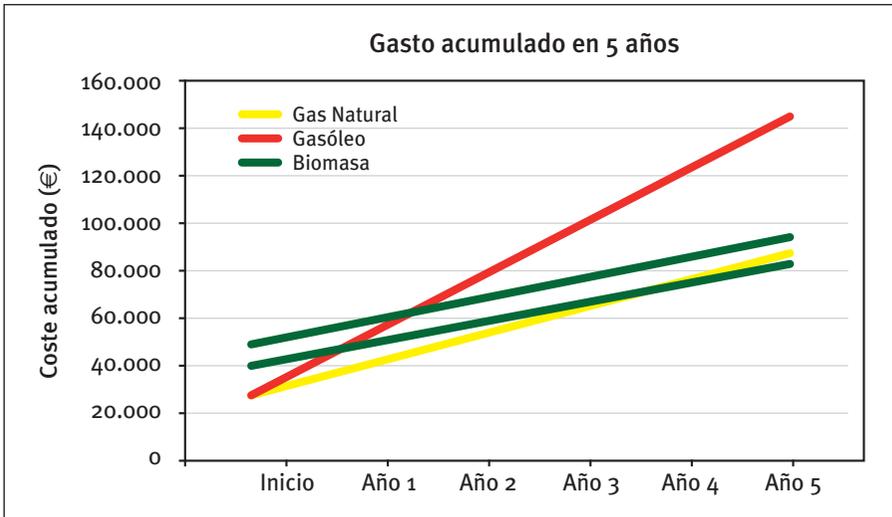
La biomasa, en su versión de menor inversión inicial, se hace plenamente competitiva con el gas natural a partir del 4^o año.

Sin embargo, la vida útil de un sistema de calefacción se estima en un mínimo de 15 a 20 años. Por tanto, la decisión habría que tomarla por sus efectos a largo plazo. En ese caso, la biomasa y el gas natural acumulan costes de forma similar hasta el año 7, momento en que el menor coste de la biomasa invierte la situación, haciéndose la opción más barata de ahí en adelante.

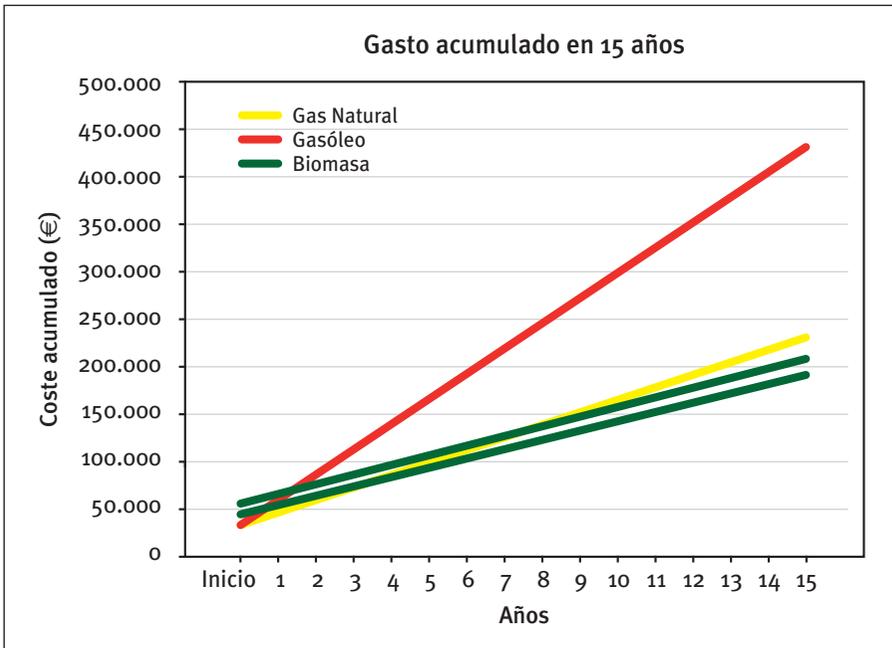
A la anterior situación hay que añadir el efecto que puede tener un incremento de coste diferente de los diferentes combustibles. Si bien es muy difícil prever una inflación a largo plazo, no es arriesgado anticipar que si alguno de los tres combustibles se encarece menos a lo largo del tiempo, ese será la biomasa, ya que no depende de vaivenes de los mercados internacionales ni del incremento de la demanda mundial de crudo.

² Se introduce en los cálculos y resultados ya que se entiende que el usuario doméstico es consumidor final y no repercute el IVA.

³ Sólo se considera las partes diferenciales y del sistema de generación.



Gastos acumulados en 5 años dependiendo el tipo de combustible. Fuente: HC Ingeniería y elaboración propia.



Gastos acumulados en 15 años dependiendo el tipo de combustible. Fuente: HC Ingeniería y elaboración propia.





Bibliografía y fuentes adicionales de información

- Comunidad de Madrid. *Sistemas Automáticos de Calefacción con Biomasa en Edificios y Viviendas. Guía práctica.* 2006.
- Vila Lameiro, P. y Díaz-Maroto, I.J. *Diseño de una planta de tratamiento de biomasa para la producción de energía.* Escuela Politécnica Superior de Lugo. http://www.aepro.com/congresos/2004_1/pdf/pablovl@lugo.usc.es_296e8a6565fddc3281122449f1346989.pdf
- *Calefacción en grandes edificios con biomasa.* IDAE. 2007.
- García Benedicto, L. *Calefacción de edificios mediante usos térmicos de la biomasa.* IDAE.
- García Benedicto, L. *Desarrollo de proyectos de biomasa para la calefacción de edificios y bloques de viviendas.* IDAE.
- HC Ingeniería.
- Campos, M. y Marcos, F. *Energías renovables. Los biocombustibles.* Ed: Mundi Prensa. 2002.

IDA Instituto para la
Diversificación y
Ahorro de la Energía

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



P.V.P.: 5 € (IVA incluido)