

Biomasa forestal: Instalaciones y usuarios finales

Objetivo: proporcionar conocimientos generales a propietarios forestales y estudiantes para mejorar la utilización de biomasa en la producción de energía



ÍNDICE

1	Tecnologías de transformación	1
2	Aplicaciones generales (1)	3
2.1	Generación de energía térmica	3
2.2	Generación de energía eléctrica	3
2.3	Cogeneración	4
2.4	Trigeneración	5
3	Tipos de calderas de biomasa (2)	6
3.1	Calderas de leña	8
	Descripción	8
	Uso recomendado	8
	Componentes	8
	Diseño del sistema	8
	Combustible	9



Condicionantes	9
3.2 Calderas de pélets	10
Descripción	10
Uso recomendado	10
Componentes	10
Diseño del sistema	10
Combustible	11
Condicionantes	11
3.3 Calderas de astilla	12
Descripción	12
Uso recomendado	12
Componentes	12
Diseño del sistema	13
Combustible	13
Condicionantes	13
4 Implicaciones de cada tipo de instalación (1)	14
4.1 Medida de la instalación	14
4.2 Variación estacional de la demanda	15
4.3 Garantía de suministro	15
4.4 Requisitos	16
4.5 Red de suministro	16
5 Elección de una caldera	17

1 Tecnologías de transformación

Los métodos de transformación de la biomasa en energía se basan en la utilización de calor como fuente de conversión. Los principales procesos son la combustión, la gasificación y la pirólisis.

- Combustión: Es el tipo de conversión energética más empleado (estufas, hogares, calderas), donde se aprovecha directamente el calor generado en la cámara de combustión y en los gases de escape, que salen con altas temperaturas. Supone la oxidación completa de la biomasa a altas temperaturas (800-1000 °C).
- Gasificación: Tecnología para aprovechar el gas producido (syngas) como combustible. Este gas puede emplearse en diversidad de instalaciones para generar calor y/o electricidad. Supone una combustión incompleta a altas temperaturas (700 - 1200 °C) en presencia de poco oxígeno. La principal ventaja de la gasificación es la obtención de un combustible versátil (syngas) que puede ser utilizado en equipos diseñados para gas o gasóleo, sustituyendo completa o parcialmente a los combustibles fósiles convencionales.
- Pirólisis: Tecnología para aprovechar los posibles productos generados: biocombustible sólido (carbón, char), líquido y/o gaseoso. La ratio de productos generados depende de la velocidad y duración del proceso de pirólisis. Es decir, según las condiciones de la operación se puede obtener más carbón, o más líquido, o más gas. Supone una combustión incompleta a bajas temperaturas (400-600 °C) en ausencia de oxígeno. Por ejemplo, es el sistema empleado para la obtención de carbón.

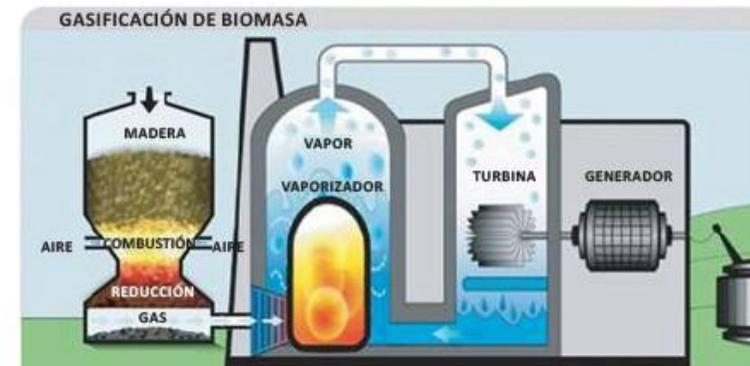


Figura 1: Esquema del proceso de gasificación de biomasa.

2 Aplicaciones generales (1)

2.1 Generación de energía térmica

Generar calor con biomasa es la aplicación más común, **generalmente para calefacción**. A partir de esta energía se genera agua caliente, aire caliente y vapor. Además, se puede aprovechar el vapor para la producción de energía eléctrica u otros procesos industriales.

2.2 Generación de energía eléctrica

Se obtiene principalmente de la transformación térmica de la biomasa. Para generar la energía eléctrica a partir de la biomasa hay diferentes tecnologías:



- **Ciclo de vapor:** basado en la combustión de la biomasa a partir de la cual se genera vapor, el cual mediante su expansión hace mover una turbina.
- **Turbina de gas:** basado en la gasificación de la biomasa. Utiliza los gases de síntesis obtenidos, los cuales hacen mover una turbina. Si los gases que salen de la turbina se aprovechan en un ciclo de vapor, entonces se habla de ciclo combinado.
- **Motor alternativo:** motor que utiliza los gases de síntesis obtenidos a partir de la gasificación de la biomasa.

El rendimiento de la generación eléctrica, igual que con otras fuentes de energía, es muy variable. Para la biomasa suele estar entre el 20% y el 30%. El resto de la energía suele perderse en forma de calor.

2.3 Cogeneración

Es la **producción conjunta de electricidad y calor**. Este aprovechamiento simultáneo de calor y electricidad conlleva un **rendimiento global más elevado**, a diferencia de la generación eléctrica convencional.

Po tanto, la cogeneración es un sistema de alta eficiencia, que permite reducir la factura energética sin alterar el proceso productivo. Los **usuarios potenciales** son empresas con:

- Demandas de calor y de electricidad simultáneas y continuas.
- Calendario laboral de 4.500 a 5.000 horas anuales.
- Espacio suficiente y legalización adecuada para la ubicación de los nuevos equipos.

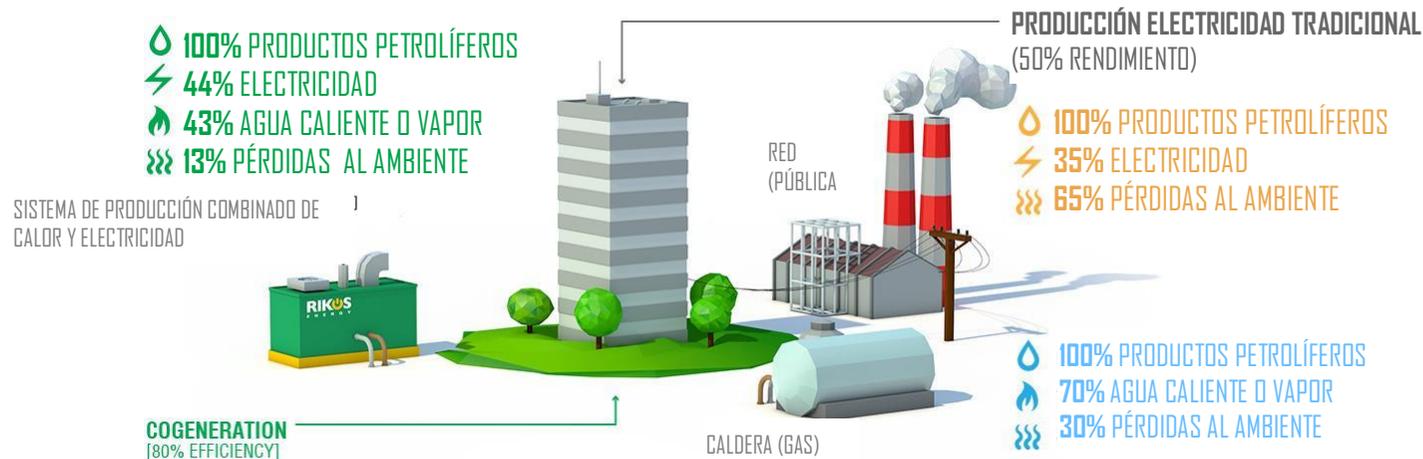


Figura 2: Esquema de una planta de cogeneración

2.4 Trigeneración

La trigeneración es la **producción conjunta de electricidad, calor y frío**. Una planta de trigeneración es similar a una de cogeneración, a la que se añade un sistema de absorción para la producción de frío. Gracias a su alto rendimiento, se puede reducir considerablemente el coste energético de los procesos productivos cuando se necesitan grandes cantidades de calor, frío industrial o energía eléctrica.

La trigeneración es aplicable al sector terciario, donde -además de calefacción y ACS (agua caliente sanitaria)- se necesitan cantidades importantes de frío para climatización.

La estacionalidad de estos consumos (calefacción en invierno y climatización en verano) impediría el funcionamiento normal de una planta de cogeneración clásica.

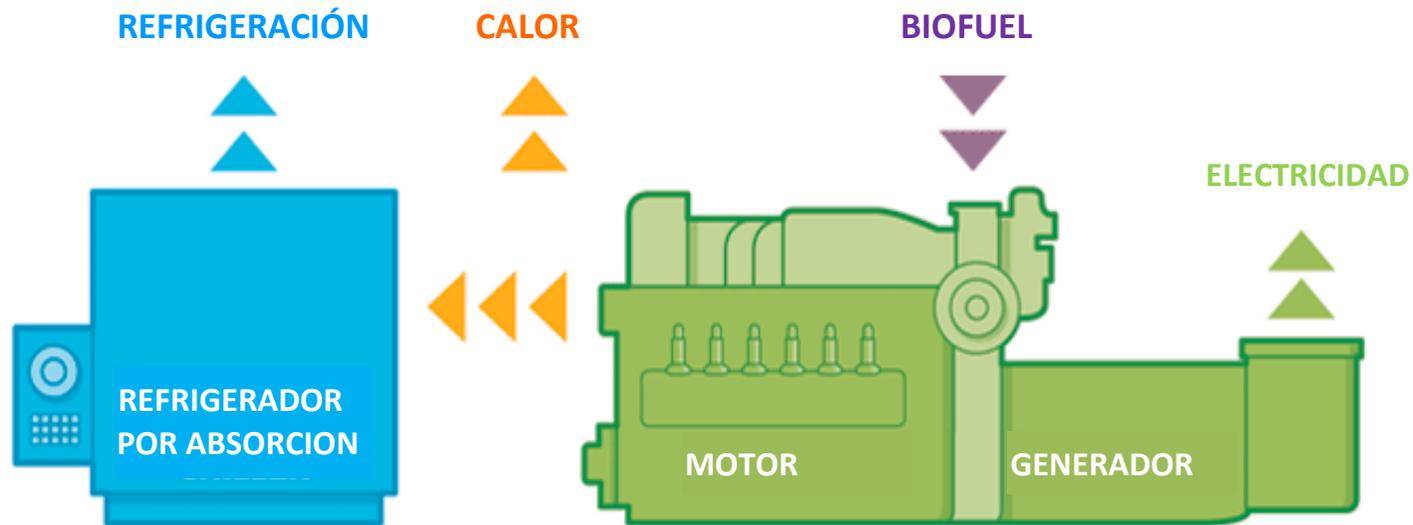


Figura 3: Componentes del proceso de trigeneración

3 Tipos de calderas de biomasa (2)

Las calderas de biomasa pueden dotar a los edificios de calefacción y ACS, y su **fiabilidad** es equiparable a los sistemas habituales de gas o gasóleo.

Las instalaciones de producción de calor con biomasa forestal requieren una **inversión inicial** de 3 a 5 veces más elevada que los sistemas convencionales con el mismo nivel de automatismos. Sin embargo, el **precio del combustible** es más barato. Por eso se utilizan cuando hay **necesidades térmicas constantes y elevadas**, donde la economía del precio de la biomasa respecto al precio del combustible fósil permite amortizar más rápidamente la inversión.

El uso de biomasa para calefacción está **especialmente recomendado** donde se cumple alguno de los requisitos:

- Caldera instalada con más de 15 años (de gas natural o gasóleo)
- De próxima renovación
- De futura construcción
- Con demanda de climatización alta y constante
- Con espacio para el silo y la descarga

Las calderas de biomasa se clasifican según el **tipo de combustible** que admiten:

- Calderas de leña: tamaño pequeño, muy eficientes y bajo coste.
- Calderas específicas de pélet: tamaño pequeño (hasta 40 kW), altamente eficientes y bajo coste.
- Calderas de astilla: tamaño medio o grande, altamente eficientes y un poco más caras que las de pélets.
- Calderas mixtas o policombustibles: admiten diferentes tipos de combustible (pélet, astilla, restos de poda, hueso de aceituna, cáscara de frutos secos, etc.) reprogramando los parámetros de la caldera (simultáneamente, no). Por ello puede escogerse el combustible en función del precio y la

disponibilidad local). Son de tamaño medio (25 kW - 150 kW) o mayor (> 200 kW).

Hoy en día, el avance tecnológico ha permitido que las calderas de biomasa igualen en **prestaciones, comodidad y rendimiento** a las calderas de combustibles fósiles. Aun así, el uso energético de la biomasa presenta algunos **inconvenientes** en comparación con el uso de los combustibles fósiles:

- La biomasa tiene menos **densidad energética**, lo que hace que los sistemas de almacenamiento sean más grandes.
- Los sistemas de alimentación del combustible y la eliminación de las cenizas son más complejos y requieren unos costes de **operación y mantenimiento** más elevados.
- Los **canales de distribución** de la biomasa no se han desarrollado tanto como los de los combustibles fósiles.
- La biomasa tiene un contenido elevado de humedad, lo que hace que en determinadas aplicaciones pueda ser necesario un proceso previo de **secado**.



Es necesario plantearse desde el principio el biocombustible que se quiere emplear y las características del lugar a calefactar, a fin de diseñar la instalación al efecto (tipo de caldera, quemador, sistemas de alimentación, silo, etc.).

3.1 Calderas de leña

Descripción

La leña sigue siendo la forma más común de calefacción de avanzada tecnología, con rendimientos superiores al 90%. Su

Uso recomendado

Calefacción de casas aisladas de uno o pocos pisos, con superficies a calentar de hasta 230 m². Especialmente interesante si se dispone de leña de producción propia o económica.

Componentes

- Caldera de llama invertida
- Acumulador inercial del calor
- Calentador para la ACS
- Central de control

Diseño del sistema

Dimensiones: En función de las características del sistema de calefacción y aislamiento del edificio y de la zona climática donde se encuentra, generalmente se recomienda una potencia entre 20 y 40 W/m³.

Es necesaria una potencia menor en edificios bien aislados y con sistemas de calefacción de alta eficiencia, como los de suelo o paredes radiantes.

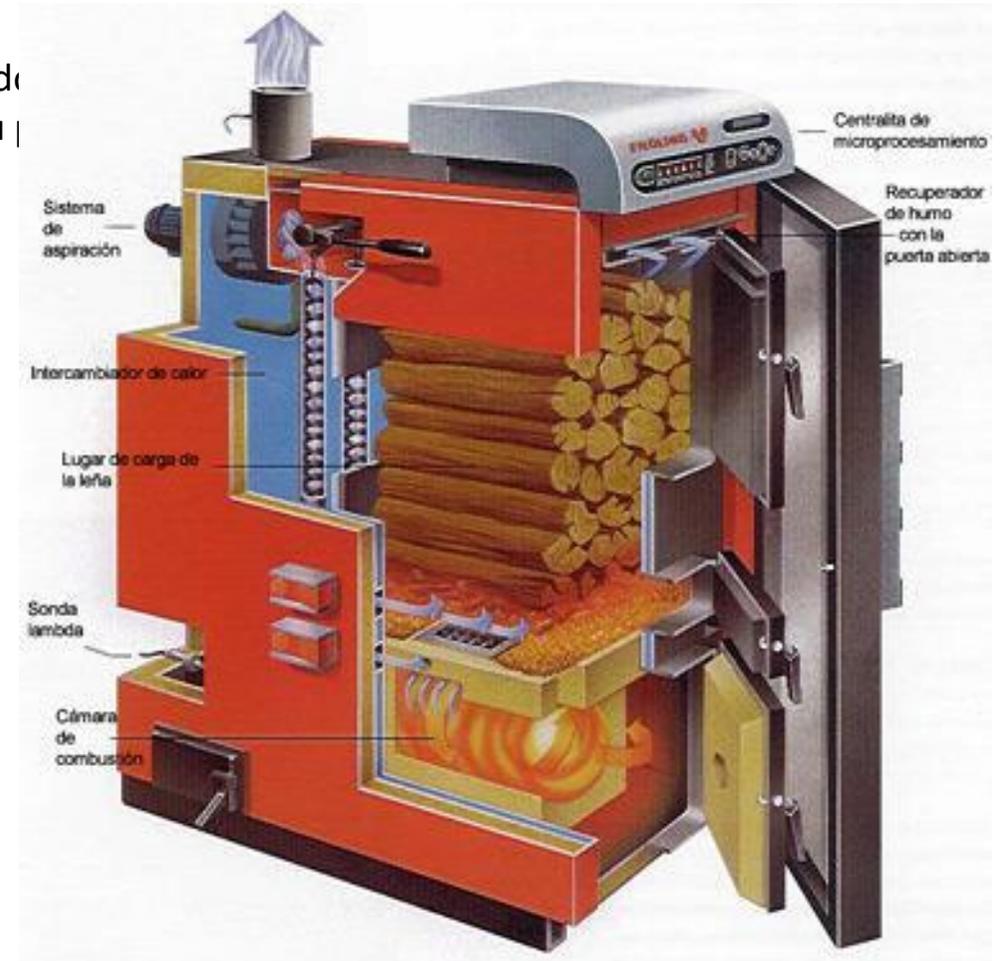


Figura 4: Caldera de leña.

Número de cargas al día: Constituye la autonomía de funcionamiento deseada. Depende de la capacidad de la boca de entrada para cargar la leña y de la potencia de la caldera. La relación entre estas dos medidas, expresando la capacidad de carga de leña en litros y la potencia en kW, proporciona el número aproximado de horas de autonomía de funcionamiento continuo a la máxima potencia.

Combustible

Leña con humedad inferior al 25% H_{bh} . Es decir, secada al menos un año al aire, preferiblemente bajo cubierta.

Condicionantes

Las calderas de leña tienen ventajas frente a las chimeneas de leña convencional:

- Su limpieza es mucho menos frecuente, aunque más que con calderas de otras biomásas
- Generalmente son de alimentación semiautomática, es decir, que se debe realizar la carga de la leña manualmente una o dos veces al día.



Foto 1: Estufa de leña con carga inferior

3.2 Calderas de pélets

Descripción

El pélet es de pequeño tamaño, homogéneo y forma cilíndrica y lisa. Por ello tiende a comportarse como un fluido, facilitando el movimiento del combustible y la carga automática de las calderas.

Su potencia puede oscilar entre los 12 y los 500 kW, con un rendimiento cercano al 90%.

Uso recomendado

Calefacción en edificios de tamaño pequeño o mediano como p.ej. casas individuales dentro de un núcleo urbano, bloques de pisos, hoteles, etc.

Componentes

- Caldera
- Depósito de pélet
- Sistema de alimentación
- Central de regulación
- Opcionalmente, acumulador inercial y calentador para ACS

Diseño del sistema

El depósito de almacenamiento debe estar al lado de la sala de la caldera o muy próximo.

Las calderas más sencillas se cargan manualmente con sacos de 15 kg, para una autonomía de uno o pocos días. En cambio, en calderas con mayor potencia puede haber un depósito más grande de tipo metálico, flexible o de obra, de dimensiones muy variadas en función de los días o meses de autonomía que se prefiera.

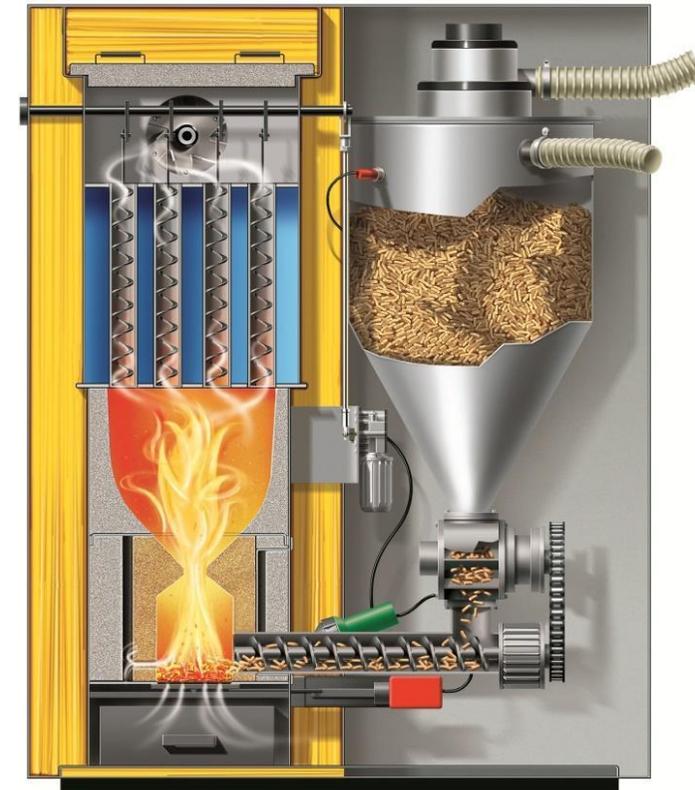


Figura 3: Estufa de pélets

Combustible

Pélets que cumplan los requerimientos de la caldera en base a los estándares establecidos, que regulan la calidad y poder calorífico del combustible.

El pélet está disponible en el mercado en diferentes formatos:

- Sacos pequeños de 10-15 kg, utilizados en estufas, chimeneas y calde manual
- *Big bags* de 800 a 1.000 kg, utilizados en sistemas de alimentación de
- A granel, utilizado en silos de almacenamiento

Condicionantes

El precio del pélet es superior al de la astilla. Por eso, cuando haya espacio suficiente almacenamiento de la astilla y si la prioridad es el ahorro económico, se recomienda una de pélets, ya que se amortiza antes la instalación. Si se prioriza el ahorro en el pélet suele ser mejor opción.



Foto 2: Big-bag de pélets

3.3 Calderas de astilla

Descripción

Los sistemas de astilla son totalmente automatizados y no tienen límite de tamaño, pudiendo alcanzar potencias de 25 hasta 1.000 kW, con un rendimiento cercano al 90%.

Uso recomendado

Calefacción en edificios de tamaño medio o grande como p.ej. masías, hoteles, escuelas, comunidades de vecinos, hospitales, ayuntamientos, centros comerciales, piscinas cubiertas, etc. También para usos industriales con elevada demanda térmica como granjas de engorde, invernaderos, queserías, etc.

Componentes

- Caldera
- Depósito para almacenar la astilla
- Sistema de alimentación
- Central de regulación
- Opcionalmente, acumulador inercial y calentador para ACS

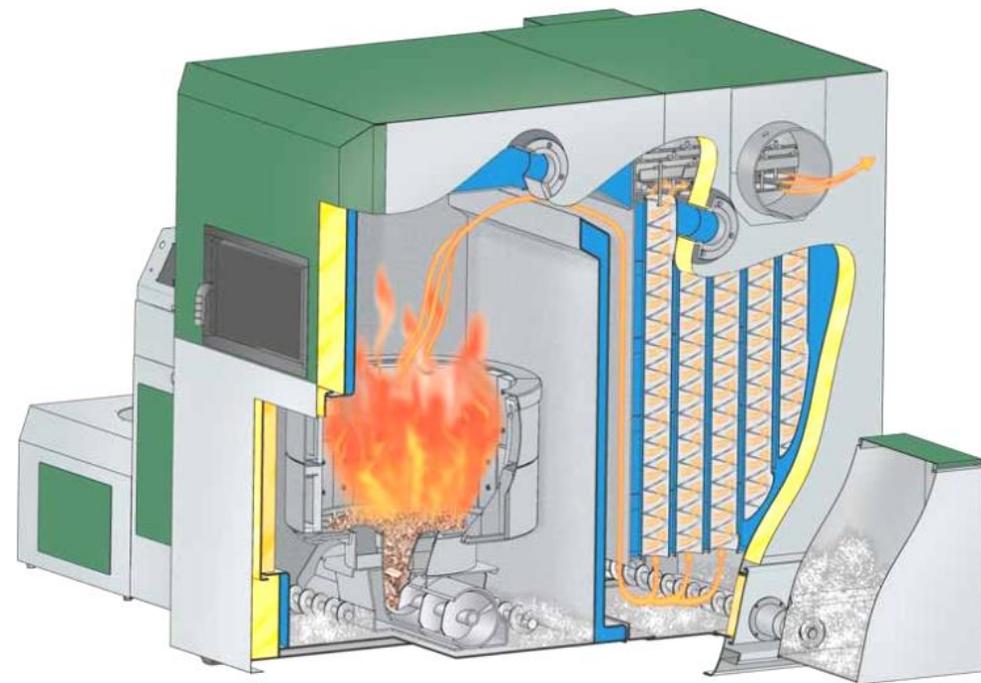


Figura 4: Estufa d'astella

Diseño del sistema

El depósito de almacenamiento debe estar al lado de la sala de la caldera o muy próximo. Ha de estar dimensionado en función de la potencia y rendimiento de la caldera, de las características del combustible y de la autonomía requerida (mínimo 15 días).

El tipo de descarga del combustible determinará la configuración del silo:

- Descarga por gravedad: silos enterrados; permite el uso de camiones con caja basculante (los más usuales y económicos).
- Descarga con elevación: permite una mayor flexibilidad en el diseño del silo, pero se requiere un remolque especial.
- Descarga con sistema neumático o mediante impulsores auxiliares: permite una flexibilidad absoluta en la ubicación del silo.

Combustible

Astilla que cumpla los requerimientos de la caldera en base a un estándar.

Por ejemplo, para las calderas austríacas se utiliza la norma ÖNORM M 7133:

- Calderas domésticas: G30 = tamaño aproximado de 2,8 a 16 mm y humedad inferior al 30%
- Calderas medianas: G50 = tamaño aproximado de 5,6 a 31,5 y humedad inferior al 35%

Condicionantes

Uno de los condicionantes más importantes para la construcción de un sistema de calefacción de astillas es la disponibilidad de un local para el almacenamiento, en una posición accesible para los medios de transporte del combustible y con un espacio adecuado para las maniobras.



Foto 3: Carga de astilla por gravedad. CTFC

4 Implicaciones de cada tipo de instalación (1)

4.1 Medida de la instalación

Según la dimensión se pueden distinguir los tipos de instalación:

- Las menores: calderas de autoconsumo (consumo de < 100 t año) y las mini-redes de calor (< 1000 t/año). Generan únicamente calor.
- Centrales termoeléctricas (CHP, *Combined Heat and Power*) a partir de 5 MWe (< 100.000 t/año)

Cuanto más grande es la instalación, menor es la inversión por unidad instalada (€/kW), la cual cosa hace más económicas las instalaciones mayores.

Sin embargo, a medida que se aumenta el volumen de demanda de materia prima también se incrementa el radio requerido de aprovisionamiento, y por tanto se incrementan los costes de transporte y por tanto de la materia primera (4). Por tanto, las plantas más pequeñas tienen una carga más reducida en cuanto a costes de transporte. Por otro lado, la producción de biomasa (t/ha) así como su localización, afectan al coste de la energía y -por tanto- sobre la medida óptima de la planta.

Asimismo, como se ha comentado, en pequeñas instalaciones para calefacción los costes de inversión (€/kW) son más elevados que en sistemas convencionales con gas o gasóleo, mientras que el combustible (€/kWh) es más barato.

4.2 Variación estacional de la demanda

Se produce sobre todo en plantas pequeñas, y provoca a la vez cierta fluctuación en la actividad de aprovechamiento forestal y suministro.

Las grandes plantas termoeléctricas tienen una demanda más estable. Sin embargo, para estas grandes demandas es necesario evitar atascos de vehículos de suministro en épocas de máxima demanda y por las mañanas programando cuidadosamente las entregas (5).

4.3 Garantía de suministro

Es necesario garantizar un suministro robusto que cubra eventualidades como p.ej.:

- Incidencias climáticas
- Averías de los equipos de suministro o contratiempos del personal
- Altibajos en el mercado de la madera

Por ello las instalaciones de medio o gran consumo suelen tener el suministro diversificado (mix de suministro), con diferentes proveedores y distintas fuentes de biomasa leñosa (p.ej. biomasa de origen agrícola). En ese sentido, una planta de gran consumo de biomasa ubicada cerca de la costa permite incluir en el *mix* de suministro el aprovisionamiento local y a la vez el marítimo desde otros países a un precio competitivo.

4.4 Requisitos

Los requisitos para la materia prima varían según la planta, el sistema de alimentación y los sistemas de control. Cuanto mayor es la instalación, suele admitir astilla de menor calidad: mayores dimensiones, mayor humedad, con más impurezas. Por ello y la economía de escala, en pequeñas plantas de calefacción el combustible es más caro que la media, ya que la calidad requerida es mayor (5) y las cantidades suministradas menores.

En relación a la humedad se consideran los siguientes valores de referencia (6) (5):

- > 1 MW: admite madera secada al aire libre, hasta el 50% H_{bh} .
- < 1 MW: se requiere humedad máxima del 25-30% H_{bh} .

En relación a la granulometría, en Francia se mencionan las siguientes dimensiones medias según el tipo de caldera (6):

Destinación	Dimensión (cm)			Notas
	Longitud	Anchura	Grosor	
Calderas grandes	8	5	1 - 3	Como una caja de cerillas grande
Calderas individuales y medianas (30 - 400 kW)	1,5 - 3	1 - 1,5	0,5	Más pequeña que un dedo

4.5 Red de suministro

Buena parte del material disponible como fuente de biomasa son los aprovechamientos forestales. Por tanto, dentro del *mix* de suministro es necesario contar -en primer lugar- con las cadenas de aprovechamiento forestal preexistentes, las que ya están suministrando materias primas a la industria de la madera o biomasa a otras instalaciones.

En instalaciones de gran consumo este *mix* ha de incluir proveedores de diferentes escalas (gran escala, mediana, propietarios o empresas particulares) para garantizar el grueso de la demanda y cubrir las fluctuaciones (7).

5 Elección de una caldera

A la hora de elegir una caldera de biomasa hay una serie de aspectos a considerar previamente:

- **Consumo anual estimado:** para escoger la potencia de caldera más adecuada.
- **Disponibilidad de espacio y accesos:** un sistema de calefacción con biomasa tiene unas exigencias de espacio mayores que un sistema convencional. En general, es necesario disponer de espacio suficiente para la caldera, el silo y el acceso de los camiones para poder suministrar la biomasa.
- **Capacidad del depósito** según el número de cargas anuales.
- **Garantía de suministro del producto:** debe asegurarse el suministro a medio-largo plazo con una calidad de la biomasa alta y constante antes de su establecimiento. El suministro de leña y astilla es recomendable a distancias cortas, mientras que el pélet (debido a su elevada densidad energética) facilita su transporte a largas distancias.
- **Mantenimiento de la caldera:** cuando no se utilizan calderas de biomasa con sistemas automáticos de limpieza, es necesario planificar la retirada periódica de las cenizas de los intercambiadores de calor. Además, se debe vigilar el nivel de combustible en el silo de almacenamiento y planificar su reposición para evitar la falta de suministro.
- **Servicio técnico** de confianza y cercano

B - Bibliografía

- 1 AFIB (APROFITAMENTS FUSTERS I BIOMASSA), CTFC. **Síntesi d'informació temàtica: Biomassa**. 19 pp. Recuperado en 2017 desde <http://afib.ctfc.cat/sintesi-dinformacio-tematica-biomassa>: [s.n.], 2011.
- 2 LÓPEZ, I. et al. Tecnologías i aplicacions de la biomassa.. **Dossier tècnic**, n. 62, p. 337- 346, 2013.
- 3 RODRÍGUEZ, J. et al. **Aprofitament i desembosc de biomassa forestal**. [S.l.]: Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient i Habitatge. Centre de la Propietat (CPF)., 2006.
- 4 KUMAR, A.; CAMERON, J. B.; FLYNN, P. C. Biomass power cost and optimum plant size in western Canada. **Biomass and Bioenergy**, n. 24, p. 445-464, 2003.
- 5 HAKKILA, P. (. P. **Developing technology for large-scale production of forest chips. Wood Energy Technology Programme 1999-2003. Final report**. TEKES. [S.l.], p. 99 pp. 2004.
- 6 LAURIER, J.-P. ; POUËT, J.-C. ; BALLAIRE, P. **Bois-energie: Le déchetage en forêt**. ADEME. Collection Connaître pour agir. ed. Paris : [s.n.], 1998. 111 p p.
- 7 BELL, J. F. V.; TEMMERMAN, M.; SCHENKEL, Y. Three level procurement of forest residues for power plant. **Biomass and bioenergy**, n. 24, p. 401-409, 2003.

Diseño y redacción: Judit Rodríguez

Créditos de Ilustraciones:

AFiB-CTFC

Edición: Mayo 2019

Maquetación: Eduter-CNPR



Este proyecto fue financiado con el apoyo de la Comisión Europea. Esta publicación (comunicación) refleja únicamente la opinión del autor, y la Comisión Europea no es responsable del uso que pueda hacerse de la información contenida en la misma.

Por más información contactar con las entidades socias del proyecto eforOwn

Si eres propietario/a forestal

En Bélgica



En España



En Francia



Si eres estudiante o formador/a

En Bélgica



En España



En Francia

