

# ESTUDIO

## ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA MOVILIZABLE. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA SU PUESTA EN VALOR COMO "CALOR NATURAL"

### PRODUCCIÓN DE ASTILLA PARA AUTOCONSUMO



Provincia: **TERUEL**

Promotor:

Consultoría:

**ARAGÓN INFOENERGÍA**



Técnicos Autores:

**José Ignacio  
FÁBREGAS REIGOSA**  
*Ingeniero de Montes  
Colegiado nº 2.338*

**Pablo  
OLIVÁN FUMANAL**  
*Licenciado en Ciencias Ambientales  
Colegiado nº 640 (CoAmbCV)*

Clave: **6149BiomásTer**

Versión: **01**

Fecha: **SEPTIEMBRE 2020**



## ÍNDICE DE LA MEMORIA

1	Introducción .....	1
1.1	Antecedentes .....	1
1.2	Objeto.....	2
1.3	Estrategia empresarial .....	2
2	Análisis del mercado .....	4
2.1	La coyuntura del sector .....	4
2.2	Situación del mercado .....	5
2.3	Producto / servicio ofertado .....	6
2.4	Potenciales clientes o destinatarios .....	10
2.5	Competencia.....	11
3	Descripción de la actividad de producción y suministro de la astilla.....	12
3.1	El proceso de extracción y transporte de residuos forestales a la planta.....	12
3.2	Reducción de la humedad .....	13
3.3	Proceso del astillado .....	13
3.4	Control de calidad, criba y clasificación.....	14
3.5	La comercialización .....	17
4	Instalaciones de la planta de producción de astilla.....	18
4.1	Dimensionamiento .....	18
4.2	Maquinaria.....	18
4.3	Personal y producción .....	20
4.4	Localización .....	20
5	Análisis de la viabilidad económica .....	21
5.1	Análisis de la inversión inicial .....	21
5.2	Análisis de gastos .....	22
5.2.1	Gastos de personal.....	22
5.2.2	Otros gastos de personal a externalizar .....	22
5.2.3	Gasto anual de electricidad .....	23
5.2.4	Gasto anual de gasoil .....	23

---

5.2.5	Gastos varios .....	23
5.2.6	Resumen de gastos .....	24
5.3	Análisis de ingresos .....	25
6	Conclusiones .....	26
7	Ejemplos.....	27
8	Bibliografía .....	29

## **1 INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Antecedentes**

La astilla es un biocombustible primario obtenido a partir del procesamiento físico directo de la biomasa forestal. Se obtiene triturando la madera en pequeños fragmentos con un tamaño de entre 15 y 50 mm. En la astilla la transformación es mínima, siendo el resultado la reducción de la medida de la madera, dando lugar a trozos pequeños de forma irregular.

La astilla procedente de madera de bosque (o biomasa forestal primaria) se obtiene de la retirada del bosque de los restos de los aprovechamientos forestales, del producto de cortas de mejora, así como de aquellos procedentes de trabajos de prevención de incendios.

Por otra parte, la astilla de industria es aquella que proviene de subproductos derivados de industrias primarias de la madera (las que procesan directamente del árbol o tronco que llega del bosque) y secundarias (que procesan la madera ya elaborada en las industrias de primera transformación).

Se trata de un combustible local, no sujeto a crisis y respetuoso con el medio ambiente. La producción y gestión de las astillas la llevan a cabo empresas forestales o agricultores locales. Un cuidadoso tratamiento y secado facilitan una óptima capacidad de almacenamiento y una combustión libre de problemas con una mínima generación de ceniza, así como bajas emisiones.

Además, su aprovechamiento es relativamente sencillo, constando de:

- Preparación, mantenimiento y aprovechamiento: corta y desembosque del árbol.
- Procesado y adecuación del material (empacado, triturado y astillado o compactado): astillado en pista, en cargadero o en el parque de la central o centro de tratamiento y almacenamiento.
- Saca y transporte: según donde se procesa el material, el transporte es de astilla o del árbol.
- Almacenamiento y secado: opcionalmente del árbol; y generalmente, de la astilla.
- Suministro de la astilla.

Al monte, al que tradicionalmente se ha orientado hacia labores protectoras o productoras, hoy se le puede añadir un aprovechamiento que es complementario a todas las tareas de apeo y podas, que se realizan como parte del tratamiento de las masas.

Hasta los años 70, el aprovechamiento parcial de los residuos del apeo de árboles y otros residuos de los tratamientos forestales, se utilizaba para la calefacción de las zonas rurales. Ese aprovechamiento marginal, prácticamente abandonado durante todos estos años, vuelve a tener presencia en el actual marco económico y normativo de la biomasa, sobre la base de unos elevados y fluctuantes precios de los combustibles y de una garantía de retribución razonable de la energía de la biomasa. Esta nueva versión del tradicional negocio de las leñas se ve apoyada por la disponibilidad comercial de una maquinaria eficaz y versátil que casi elimina los trabajos manuales pesados.

En el último inventario, AVEBIOM registró 62 plantas de producción de astilla forestal en activo (5 más que en 2019), la mayoría de ellas con producciones inferiores a 30.000 toneladas anuales y la mitad de ellas con capacidad de hasta 10.000 toneladas. Una estimación pre-Covid19, ponía en el mercado cerca de un millón de toneladas anuales este mismo año.

## **1.2 Objeto**

Se pretende desarrollar un plan de modelo basado en la generación y acopio, de astilla. El caso paradigmático sería una producción propia unida a un sistema de valorización de la biomasa para uso térmico siguiendo el ejemplo de ayuntamientos como el de Calanda, hoteles como el Font del Pas de Beceite, el de Montaña en Rubielos de Mora, etc. En este caso se trata de cerrar el círculo de producción de biomasa y valorización de la misma para instalaciones comunitarias, municipales y/o centros de producción agropecuaria movilizando los recursos del entorno de forma sostenible. En la línea de negocio que se propone se producirá astilla que podrá ser para autoconsumo o también para provisión de astilla para venta abierta a distintos consumidores.

## **1.3 Estrategia empresarial**

Este tipo de actividad, para que sea viable / rentable económicamente, debe seguir las siguientes líneas estratégicas de actuación, que buscan abarcar la mayor cuota de mercado posible:

- **Conseguir una oferta de calidad:** Se debe ser capaz de ofrecer un mejor servicio que los demás, con productos y materiales de calidad y eficiencia energética en función de la demanda de cada consumidor y principalmente a precios adecuados, que se ajusten a las necesidades de cada cliente. Importante incorporar en la ecuación las mejoras ambientales de este combustible y la economía circular.
- **Suministro de proveedores:** Contar con buenos proveedores locales de biomasa que no eleven mucho el coste del servicio y que podamos

disponer de ellos en su momento justo. Lo más razonable sería contar con una proporción del suministro que pueda realizar directamente la empresa con la colaboración o subcontratación de una empresa de trabajos forestales en fincas de su propiedad o con contrato de gestión.

- Conocer en todo momento las innovaciones que pudieran existir en el sector de la energía de biomasa, y que representen una mejora considerable a los métodos ya conocidos.
- Calidad en la prestación del servicio, en la gestión y en el asesoramiento a los clientes.
- Posibilidad de ampliar la oferta. Se recomienda en un futuro, en el que la empresa se haya estabilizado, ampliar el negocio ofreciendo otro tipo de servicios relacionados con las energías renovables. Otro ejemplo que nos proporcionaría un buen margen de ingresos sería el de abordar con apoyo o no en otra empresa en distribuidores y mantenedores de calderas buscando la integración total del negocio. Es decir, comprarlas y venderlas incluyendo en el precio la instalación, mantenimiento y suministro de combustible.

Deben enfatizarse estos aspectos para marcar una serie de hechos diferenciales y ventajosos de la utilización de astilla, desde el punto de vista económico y también medioambiental y social.

## **2 ANÁLISIS DEL MERCADO**

### **2.1 La coyuntura del sector**

Tal y como se ha detallado en los antecedentes, la astilla es uno de los productos que se obtienen del aprovechamiento maderero del monte o un subproducto de la industria del aserrado y la madera que se puede destinar a la valorización como producto energético. Se corresponde con la madera que no serviría para ninguno de los aprovechamientos que se consideran más nobles.

Este tipo de biomasa es perfectamente manejable y es apta para la producción energética las 24 horas del día.

Sin duda, las posibilidades del aprovechamiento energético de estos "residuos forestales" puede ayudar a rentabilizar la explotación forestal del monte al suponer un ingreso extra, dentro de un mercado con márgenes muy ajustados.

A ello hay que sumarle que la gestión forestal que permitiría este aprovechamiento podría reducir el riesgo de incendios forestales de nuestros montes al disminuir, de forma controlada y medioambientalmente viable, la carga de combustible de éstos.

En definitiva, se trata de un recurso energético renovable, en comparación con otras fuentes de energía fósiles cuyo tiempo de renovación es mucho mayor. Además, gran parte de la energía utilizada para su transformación proviene de fuentes renovables.

Se considera en términos de balance, que el uso de madera como fuente de energía no supone un incremento de la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera (el carbón que se libera quemando la madera procede de la misma atmósfera y no del subsuelo). Por ello, el balance consumo-emisión es aproximadamente igual a cero (suele ser inferior a cero ya que parte del carbono suele quedar retenido en el suelo durante la vida del árbol)

La situación actual de necesidad de cumplimiento del gobierno español y del resto de países europeos de los objetivos de energías renovables para el año 2020 (que se ampliarán) sitúa la astilla como una energía renovable a tener muy en cuenta.

Por ejemplo, a nivel nacional, hay dos biocombustibles sólidos principales que se utilizan en el mercado industrial; el más utilizado es la astilla de madera que se utiliza con fines térmicos, pero también en generación eléctrica. La cantidad de astillas de madera utilizadas en el mercado industrial es de alrededor de 3 millones de toneladas anhidras.



## **2.2 Situación del mercado**

En países como Canadá, Finlandia, Austria, Alemania o Francia o en comunidades autónomas de España como Asturias, Galicia y Cantabria, las propiedades forestales se agrupan en cooperativas de bosques privados que ofrecen a sus socios una estructura fuerte y dinámica, con el objetivo de dar asesoramiento técnico, gestión administrativa y mejorar las condiciones de venta de los productos forestales, poniendo cada año en el mercado cantidades fijas de este material. Todos estos ámbitos son favorables para el desarrollo de estas propuestas comunitarias o individuales de autoconsumo.

Por sus características de automatización y ahorro de actividad están recomendados en la calefacción de edificios de tamaño medio o grande, como hoteles, escuelas, hospitales, comunidades y locales comerciales.

Un reciente estudio de la Asociación de Investigación de la Industria de la Madera, Mueble Embalaje y Afines determina el mercado de la astilla como un potencial negocio, para empresas de servicios energéticos, ayuntamientos, asociaciones de vecinos, cooperativas, grupos de empresarios, etc.

Así pues, cada vez son más aquellos que optan por una instalación alternativa a los combustibles fósiles para cubrir las necesidades de calefacción y agua caliente sanitaria. Gracias a la utilización de las calderas alimentada con astillas procedentes de residuos forestales, además de las ventajas medioambientales, se propicia el desarrollo del sector primario local y supone un ahorro en la factura de casi el 25%.

Para ello debemos asegurarnos de proveernos de una astilla de una calidad excepcional para calderas de tamaño medio o pequeño. Hoy en día existen numerosos proveedores de astilla, sin embargo, es complicado encontrar astillas de calidad, limpias de impurezas y con una granulometría determinada, adecuada para su uso en instalaciones de pequeña a mediana escala. Sería conveniente tomar cierto tamaño en la empresa para generar una parte importante del recurso por la propia empresa.

Para ello esta empresa debe integrar la producción de una astilla de gran homogeneidad, con un contenido de humedad entre el 12 y el 20 %. Se comercializarán dos tipos de astilla en función de su granulometría: astilla G30 destinada a calderas de potencia inferior o igual a 150 kW y la astilla G50 para calderas de potencia superior a 150 kW, cubriendo así las necesidades tanto en edificios domésticos como en el sector terciario y tener otras calidades de menor calidad para instalaciones de mayor tamaño que son más permisivas en este aspecto.

## **2.3 Producto / servicio ofertado**

### **Servicio de provisión, incluso autoproducción, de biomasa y gestión de calderas de forma comunitaria o municipal.**

#### **Provisión de combustible biomásico.**

Las características que marcan la calidad de este combustible son: tamaño, uniformidad de la granulometría, humedad contenida y densidad. En función de estos, vendrán determinados aspectos tan importantes como el poder calorífico de la astilla o el precio.

Una buena astilla tiene que provenir de una buena gestión forestal, con un proceso de secado idóneo (que puede realizarse de manera natural al aire libre, o mediante secaderos que realizan un proceso forzado y continuo) y una elaboración correcta. Para conseguir un rendimiento óptimo de la caldera de biomasa, es muy importante que la astilla se haya producido a partir de un material con una calidad mínima. Es recomendable reducir al mínimo el uso de hojas o ramas finas, debido a su escasa densidad energética.

Además, hay que tener en cuenta que la astilla suele ser bastante heterogénea, especialmente en lo relativo a la humedad que puede variar entre el 8-45%. La humedad (cantidad de agua o vapor contenido en su superficie e interior) es un obstáculo para la combustión, siendo mayor la cantidad de combustible necesario para el funcionamiento de la caldera cuanto más húmeda sea la astilla, lo que supone un mayor consumo de biomasa y un mayor desgaste del equipo.

Por la mayor economía del combustible generado y la menor necesidad de inversión para el procesado de la misma se considera únicamente el trabajar con astilla para estas instalaciones de autoconsumo. Se podrá buscar fuera el suministro de pellets en el caso de que parte de las calderas que se instalen correspondan a calderas de pequeño tamaño que necesiten este combustible. En las que sea posible se intentará adaptar la instalación al suministro con astilla.

#### **Características de la astilla:**

La astilla es un combustible natural de baja densidad, pero con una superficie específica superior a la leña, por lo que el tiempo de inicio de la combustión es inferior. A la hora de analizar el aprovechamiento de la astilla se tienen que tener en cuenta una serie de características que influyen sobre su potencial energético:

**La forma de la astilla** puede ser muy variable, ya que se trata de un material poco homogéneo debido a la forma en que se produce. Su tamaño puede variar entre 15-50 mm en función del material de origen (especie de árbol) y el tipo de maquinaria utilizada para el astillado.

**La humedad** es el factor más crítico ya que también influye sobre el peso de la madera y, por tanto, sobre el precio.

Cuanto mayor sea su contenido en humedad, menos materia seca por unidad de masa y por tanto menor es el calor suministrado. La humedad puede oscilar entre el 12% y el 45%. Hay que tener mucho cuidado en el almacenamiento de la astilla, ya que es aquí dónde puede verse agravada esta característica, implicando un aumento de su humedad si está no se almacena en buenas condiciones o si el tiempo es excesivo.

El poder calorífico de la astilla está relacionado con el contenido de humedad que tenga. Podemos usar como valor de referencia 3-3,5 kWh/kg (con un valor de humedad en torno al 25-30 %). En relación con el gasóleo y el gas natural, los cuales sabemos que tienen aproximadamente un poder calorífico de 9,8-10 kWh/Kg diremos que:

**3 kg de astilla ~ 2 kg de pellets ~ 1 litro de gasóleo para calefacción ~ 1 m<sup>3</sup> de gas natural**

Partiendo de esta base, podemos obtener un cálculo de precios y ahorro económico.

### **Impurezas y porcentaje mínimo de cenizas:**

Un problema que se apunta en un futuro cercano es la gran cantidad de cenizas que este tipo de combustible puede llegar a generar y, por lo tanto, la gestión de su eliminación.

Actualmente, las calderas de biomasa generan entre un 2 % y un 6 % de cenizas respecto a la biomasa seca utilizada. En cualquier caso, las cenizas de madera no son peligrosas y se utilizan frecuentemente como fertilizante. Las astillas de madera suelen tener un porcentaje mínimo de cenizas de entre el 1 y el 3%.

**La densidad de la astilla**, debido a su volumetría se encuentra en torno a 250 a 300 kg/m<sup>3</sup> (275 kg/m<sup>3</sup>).

La distribución se realiza normalmente por kg.

A continuación, se muestran los valores de densidad energética de las astillas en función de la especie de origen y de su contenido en humedad expresado en porcentaje del peso fresco para el pino silvestre y la encina:

<b>Especie</b>	<b>Humedad</b>	<b>Densidad energética (kWh/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Densidad (Kg/m<sup>3</sup>)</b>
Pino silvestre	20%	799	198
	30%	768	223
	40%	743	260
	50%	710	313
Encina	20%	960	254
	30%	925	287
	40%	892	335
	50%	847	402

**Tabla 1:** Densidad de la astilla en función de su origen. **Fuente:** CTFC.

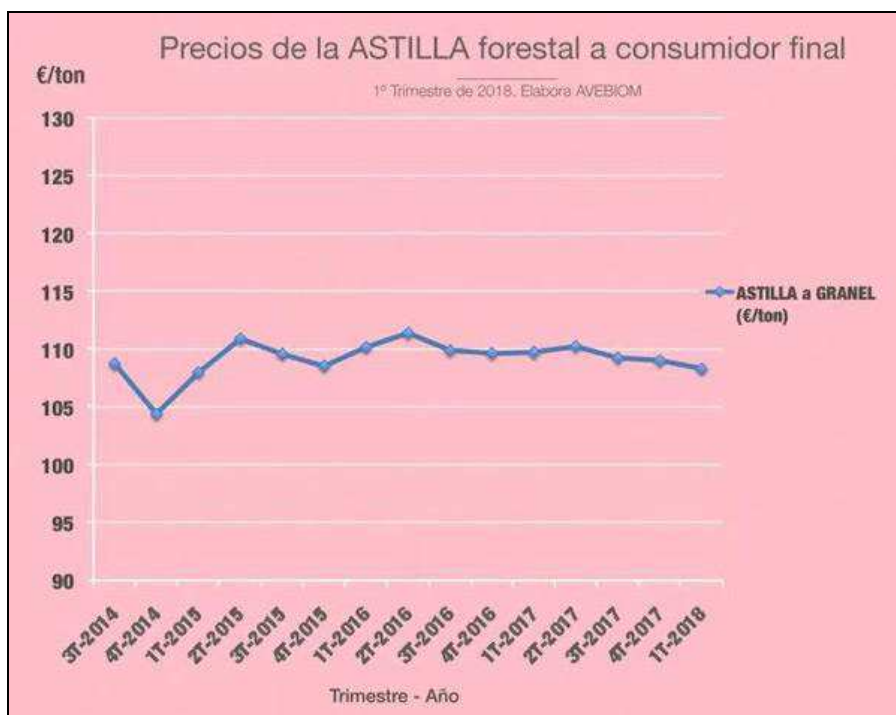
### **Precio:**

Los precios siguen la tendencia a la baja con un -0,6%. La mayoría de los distribuidores consultados mantienen las tarifas y precios de los trimestres anteriores. Esto se debe en gran medida al estancamiento en el precio de los combustibles fósiles que tira para abajo los precios de todos los productos energéticos.

La tendencia de los últimos años permite observar que el precio se ha mantenido bastante estable, a diferencia de otros combustibles: precio medio anual 106,58 €/ton (2014); 109,27 €/ton (2015); 110,28 €/ton (2016) y 109,57 €/ton (2017).

Se han considerado los tipos normalizados A1 y A2 (\*) según la norma ISO 17225-4, con humedad inferior al 35% y granulometría P31,5 – P45 (G30 de la antigua Önorm). En este caso, se ha considerado un transporte de 100 km.

Para calcular el coste por contenido energético se ha considerado un poder calorífico de la astilla de 3800 kcal/kg (4,42 kWh/kg).



**Figura 1:** Gráfico que muestra la evolución del precio de la astilla desde el tercer trimestre de 2014 hasta el primer trimestre del 2018. **Fuente:** Bioenergy International.

(\*) Las astillas según su procedencia y calidad se pueden clasificar en 4 grupos: A1, A2, B1 y B2. A continuación se muestra una tabla con las características de cada grupo:

Calidad - tipo	Unidad	A1	A2	B1	B2
Origen según DIN EN ISO 17225-1		1.1.1 Árboles enteros sin raíces (a) 1.1.3 troncos 1.1.4 Restos de bosque 1.2.1 Residuos madereros sin tratar	1.1.1 Árboles enteros sin raíces (a) 1.1.3 troncos 1.1.4 Restos de bosque 1.2.1 Residuos madereros sin tratar	1.1 Madera de bosque o de plantaciones y otras maderas naturales (b) 1.2.1 Residuos madereros sin tratar	1.1 Madera de bosque o de plantaciones y otras maderas naturales (b) 1.2 Residuos de madera de la industria 1.3 Madera usada, sin tratar
Contenido en agua	% de la masa total	≤ 10 o ≤ 25	≤ 35	Indicar valor máximo	
Cenizas	% de la masa total	en Materia Seca	≤ 1,0	≤ 1,5	≤ 3,0
Poder calorífico	MJ/kg	Indicar valor mínimo			
Densidad a granel	kg/m³ a granel	≥ 150 ≥ 200	≥ 150 ≥ 200 ≥ 250 ≥ 300	Indicar valor mínimo	

(a) sin clase 1.1.1.3 (maderas de pantaciones de rotación corta), en caso de estar en superficies contaminadas  
(b) sin clases 1.1.5 (troncos / raíces) y 1.1.6 (corteza)

**Tabla 2:** Tabla que muestra la clasificación de las astillas según calidad y procedencia. **Fuente:** ISO 17225-4.

## **2.4 Potenciales clientes o destinatarios**

Los sectores de mayor consumo de energía calorífica en la provincia de Teruel actualmente o que lo pueden ser en el futuro son: sector doméstico con capacidad de almacenamiento mínima (con más de la mitad del total) seguido por los sectores de la industria en general, la agroindustria, los centros turísticos de spa, las granjas de madres de distintas ganaderías, la industria alimentaria, etc.

Si bien, el mercado doméstico (viviendas y bloques de edificios principalmente) suelen utilizar pellets como combustible. La astilla suele ser utilizada para calderas más grandes, a nivel comercial o industrial. En este sentido la instalación de un *district heating* en poblaciones o polígonos industriales y/o centrales eléctricas sería de gran interés para este tipo de empresas, así como en instalaciones y edificios públicos.

En cualquier caso, los potenciales clientes de este tipo de servicios y abiertos a un contrato de suministro serían:

- **Agrupaciones de propietarios forestales:**

Se podrían asociar para ofertar la potencial producción de sus montes a una empresa forestal que extraerá de forma sostenible los recursos para la producción de biomasa o más complicado implicarse la asociación directamente en esta empresa.

Esta explotación podría estar vinculada al suministro de astilla a un *district heating* consistente en calderas de biomasa para uso térmico en calderas de diferentes potencias que darían servicio a un conjunto de viviendas unifamiliares y/o pequeños edificios. Se contrataría por los particulares suministro, financiación y mantenimiento de las calderas durante 15 o 20 años a unos precios regulados sin fluctuaciones. Si estos vecinos son además propietarios, en mayor o menor medida, de terrenos forestales o agrarios que puedan generar residuos de biomasa, pueden establecer una perfecta integración de todo el proceso.

El precio de la madera sin corteza, astillada, cribada y con una humedad especialmente baja en torno al 10-20% de humedad oscila entre los 85 - 100 €/t.

- **Empresas, centrales de cogeneración e industrias con cierto consumo de calor o vapor:**

Representan casi tres cuartas partes del volumen de astilla que se comercializan en España para uso energético. Se trata del principal nicho de mercado de la astilla, calderas de mayor tamaño que abastecen, generalmente de calor, instalaciones comerciales,

industriales, centrales eléctricas, o edificios de cierto tamaño. Sería tanto para grandes industrias individuales como para polígonos industriales que se agruparan para solicitar la integración del suministro aunando la gestión y valorización de la biomasa en una misma empresa.

A groso modo, el proceso consistiría en el empleo de una astilladora de gran potencia que tritura los subproductos del aprovechamiento forestal y las astillas, de tamaño G50-G100 (P63-P100), que son cargadas en camiones de gran capacidad para su traslado a las instalaciones del cliente. El precio de la madera triturada (sin cribar ni secar) puesta en destino ronda los 50 €/t.

- **Entidades municipales propietarias de terrenos forestales** que se animen a integrar la gestión de sus recursos biomásicos para valorizar sus recursos y cerrando el sistema con la instalación de calefacción e incluso sistema de frío para edificios públicos o para los vecinos con sistemas de district heating.

## 2.5 Competencia

No existe una elevada competencia actualmente por la movilización de los recursos biomásicos en la provincia de Teruel y se considera que existe un gran potencial de desarrollo de todas las actividades de valorización de estos recursos. Pero si hay una gran competencia de otras posibles fuentes de biomasa sostenible como puede ser la cáscara de almendra cuyo cultivo lleva muchos años creciendo de forma importante, habiendo triplicado su superficie en pocos años. La competitividad con los combustibles fósiles ya se ha comentado que no es en precio por calor producido sino la propia inercia y marketing de estos combustibles que los favorece. Pero el descenso actual del precio de los combustibles fósiles no favorece ese diferencial que justificaría con claridad la emigración por tema económico hacia la astilla.

Es importante destacar la economía de la biomasa y las posibilidades de la biomasa cuya economía es circular y ayuda en gran medida a la gestión forestal y mejora de las formaciones arbóreas que suponen un recurso paisajístico, ambiental y recreativo de primer orden y que está muy amenazado. Ese debe ser una herramienta básica del marketing y de la necesidad de forzar a la administración, con su ejemplo y ayudas, a apoyar el desarrollo del sector.

### **3 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD DE PRODUCCIÓN Y SUMINISTRO DE LA ASTILLA**

#### **3.1 El proceso de extracción y transporte de residuos forestales a la planta.**

##### **Aspectos generales a tener en cuenta:**

Entre las condiciones de éxito del proceso de producción de las astillas destacan:

- La calidad de la producción, es decir, la no contaminación de las astillas con agentes externos y su homogeneidad, lo que debe asegurarse mediante procesos y procedimientos adecuados.
- La capacidad de mantener el flujo de producción y evitar las rupturas de existencias.

##### **Materia prima**

Se considera materia prima de la astilla los residuos forestales en forma de troncos, ramas, tocones, brotes y cortas sanitarias, que ya han sido abatidos, procesados y descortezados. Estos son transportados y almacenados en la central. La biomasa forestal, por su propia naturaleza, requiere de una serie de transformaciones para conseguir un aprovechamiento energético eficiente.

##### **Reducción de la granulometría**

Consiste en la reducción del tamaño de la biomasa, facilitando el transporte y almacenamiento. Se realiza en el mismo lugar dónde se obtiene la materia prima. Para ello se utilizan procesadoras cuya función es apea y trocea la parte maderable. El material así preparado puede ya ser transportado por un autocargador, skidder, tractor forestal o incluso caballería hasta punto de acceso a camión. Posteriormente con el camión de monte o incluso el trailer se podrá llevar a planta. Pero antes de llegar a planta se podrá o no proceder a su astillado para mejorar la posibilidad de compactación del material. La planta se va a diseñar para poder absorber material ya astillado o material forestal en bruto.

##### **Transporte hasta la central**

Para el transporte hasta la central o planta de almacenamiento y tratamiento de la astilla se hará con camión articulado, trailer, camión con piso móvil o incluso con el propio autocargador hasta planta. Como se ha comentado este



material podrá ir en bruto como biomasa forestal residual para su astillado en planta o ya astillada.

### **3.2 Reducción de la humedad**

Una vez en la central se almacena y se realiza un secado natural previo al astillado inicial con el fin de reducir su contenido en humedad y aumentar el poder calorífico.

Tan solo 10 plantas en España cuentan con instalaciones de secado forzado. El resto suele disponer de campas para el secado natural del material al aire y realiza algún tipo de control del nivel de humedad antes de comercializar la astilla.

Es una percepción habitual por parte de los productores que el cliente aún no valora el producto con un contenido de humedad garantizado. Los grandes centros logísticos que han instalado un método de secado se dirigen al mercado que valora la astilla de calidad garantizada, o prevén hacerlo pronto. El resto de los productores de menor capacidad que cuenta con secado forzado suele destinar la mayor parte de su producción al mercado de calderas domésticas y a industrias que demandan astilla de calidad (granulometría inferior a G30 y cribada).

Previo al astillado se procederá a eliminar residuos extraños como metales, plásticos y piedras mediante técnicas de cribado, separación, tiraje manual, etc.

### **3.3 Proceso del astillado**

Con el astillado se consigue aumentar la densidad del residuo facilitando su secado natural, y economizando su transporte. Se utilizará una astilladora estática fija con alimentación mediante cinta transportadora. Las astilladoras son máquinas diseñadas para reducir la madera sólida a partículas mediante un mecanismo de corte con cuchillas. Las cuchillas se montan sobre elementos rotatorios con velocidades angulares altas.

Ventajas:

- Máxima calidad de la astilla. Es la máquina de tratamiento de biomasa que aporta un valor añadido.
- Frente a las trituradoras, tienen menor consumo y requerimiento de potencia.

Inconvenientes:

- Poca tolerancia a la presencia de piedras u objetos metálicos, para ello se hace la limpieza comentada anteriormente.
- Coste y tiempo de mantenimiento de las cuchillas elevado.

- En esta etapa se trocean los residuos forestales a tamaños de 150 mm-200mm.

### **3.4 Control de calidad, criba y clasificación**

Una vez terminado el proceso de astillado, son sometidas a un control de calidad para verificar su poder calorífico, el porcentaje de humedad y el contenido en cenizas. Las astillas son depositadas en una tolva dónde se procederá a su criba en la granulometría deseada, separando los finos y los fragmentos de mayor tamaño.

Aquella astilla que supere la granulometría será retornada a la astilladora. Una vez obtenida la astilla, será almacenada bajo cubierto para garantizar una reducción de humedad, para su posterior distribución.

El tamaño de astilla más empleado es la clase G 30 fino (equivalente a la clase P 31,5, según la normativa UNE), tanto para pequeñas y medianas calderas como para grandes calderas industriales o *district heating*. Sin embargo, los grandes productores suelen suministrar toda la astilla con calibres G 50 medio o G 100 grueso sin cribar ni secar a grandes consumidores industriales y/o centrales eléctricas.

#### **Normativa. Certificación**

La astilla es un combustible certificado:

- Por la normativa europea UNE-EN ISO 17225-1:2014 que en función de distintas dimensiones la clasifica en: P16S, P16, P31S, P31, P45S, P45 y P63 entre otras. Esta norma también hace una clasificación por el contenido en agua de las astillas, clasificándolas en: M20, M30, M40, M55 Y M65.

<b>Dimensions (mm), Analysis method EN 15149-1 [16]</b>			
	Minimum 75 w-% in main fraction, mm <sup>a</sup>	Fines fraction, w-% (< 3,15 mm)	Coarse fraction, (w-%), max. length of particle (mm), max. cross sectional area (cm <sup>2</sup> )
P16A	3,15 ≤ P ≤ 16 mm	≤ 12 %	≤ 3 % > 16 mm, and all < 31,5 mm The cross sectional area of the oversized particles < 1 cm <sup>2</sup>
P16B	3,15 ≤ P ≤ 16 mm	≤ 12 %	≤ 3 % > 45 mm and all < 120 mm The cross sectional area of the oversized particles < 1 cm <sup>2</sup>
P31,5	8 ≤ P ≤ 31,5 mm	≤ 8 %	≤ 6 % > 45 mm, and all < 120 mm The cross sectional area of the oversized particles < 2 cm <sup>2</sup>
P45	8 ≤ P ≤ 45 mm	≤ 8 %	≤ 6 % > 63 mm and maximum 3,5 % > 100 mm, all < 120 mm The cross sectional area of the oversized particles < 5 cm <sup>2</sup>

<sup>a</sup> The numerical values (P-class) for dimension refer to the particle sizes (at least 75 w-%) passing through the mentioned round hole sieve size (EN 15149-1).

**Tabla 3:** Tabla que muestra la clasificación de las astillas en función de su tamaño según la norma UNE2014-Biocombustibles sólidos. **Fuente:** UNE-EN ISO 17225-1:2014.

- Por la normativa austriaca ONORM M7133 que al igual que la europea clasifica este combustible en función de su tamaño en G30, G50 y G100. Además, según la norma ONORM M7133, también se clasifica la astilla en función del contenido de agua en: W20, W30, W35, W40 Y W50. Y por su contenido de ceniza en: A 0,5 y A 2.

	"fine wood chips"	"medium wood chips"	"coarse wood chips"
Typical size	under 3 cm (G30)	under 5 cm (G50)	under 10 cm (G100)
Typical field of application	Mainly small-scale	Industrial wood chips, mainly medium to large scale	Large scale

Clase	Porcentaje de la masa de áreas de tamaño relevantes (en mm)				Valores extremos	
	Max 20%	60 - 100%	Max 20%	Max 4%	Sección t (cm <sup>2</sup> )	Longitud (cm)
G 30 fino	>16	16 - 2,8	2,8 - 1	< 1	3	8,5
G 50 medio	>31,5	31,5 - 5,6	5,6 - 1	< 1	5	12
G 100 grueso	>63	63 - 11,2	11,2 - 1	< 1	10	25

	W 20 air-dried	W 30 storable	W 35 limited storable	W 40 moist	W 50 harvest-fresh
Water content	W < 20%	20% ≤ W < 30%	30% ≤ W < 35%	35% ≤ W < 40%	40% ≤ W < 50%

**Tabla 4:** Tabla que muestran la clasificación de las astillas según la norma austriaca ONORM de Biocombustibles sólidos. **Fuente:** ÖNORM M 7133.

Existen muchas certificadoras de astillas y sellos de calidad en Europa pero el empeño de los productores y comercializadores debe centrarse en lo que más importa que es el cumplimiento de la normativa UNE.

A finales de 2018, Bioenergy Europe, antes conocido como AEBIOM, ha lanzado GoodChips, la primera certificación internacional de calidad para las astillas y combustibles a partir de residuos de ganadería y agricultura. El resultado de este proceso, es el establecimiento de un marco clasificatorio de los productos de astilla en 8 grupos y los residuos de explotación agraria en 4 grupos para el uso de estos, productores y clientes, en industria o en un ámbito doméstico. La estructura de tarifas es equilibrada y progresiva y está diseñada para abarcar una amplia variedad de perfiles activos en la industria de biomasa y no se limita a los grandes productores o industrias. Para los volúmenes certificados inferiores a 5000 toneladas anuales se les aplica una tarifa fija de 500 euros, mientras que a los grandes productores la tarifa standard es de 0,10 euros por tonelada producida o comercializada.



**Figura 2:** Logo Plan de certificación de calidad *GoodChips*. **Fuente:** Bioenergy Europe.

Así, la astilla de menor granulometría y mayor calidad comprobada y/o certificada se suele vender directamente al cliente final, que puede ser el propio usuario, el propietario de los terrenos forestales o empresas de servicios energéticos.

### **3.5 La comercialización**

---

La astilla se comercializa a granel. Este tipo de comercialización está destinada a consumidores con ciertas posibilidades de logística y almacenaje. Puede resultar relativamente sencillo para lugares tales como polideportivos, centros educativos, sistemas centralizados de "*distric heating*", naves ganaderas, agro industrias, industrias en polígonos amplios, etc. El proceso de carga y descarga se realiza por medio de camiones cisterna, con camiones con sistema presurizado o camiones con piso móvil.

Los valores en 2019 estuvieron entre 105-110 €/ton de distribución de astilla a consumidor.

## **4 INSTALACIONES DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ASTILLA**

### **4.1 Dimensionamiento**

Cantidad de trabajo de la planta de astillado. Se trabajará durante 11 meses al año, 5 días a la semana y 8 horas al día. Esta estimación se encuentra en torno a las 1.940 horas de trabajo anuales.

Cantidad de materia prima tratada por hora. Dependerá del rendimiento de producción de la astilladora, se ha estimado en unos 40 m<sup>3</sup>/h.

La producción final sería de 28.000 toneladas/año. Para ello es necesario un suministro de unas 40.000 toneladas verdes de residuos forestales.

### **4.2 Maquinaria**

La planta requerirá de la siguiente maquinaria:

- Astilladora.
- Tamizador.
- Equipos de carga y descarga.
- Sistemas de transporte interno.
- Silos de almacenaje.
- Equipo de envasado.

<b>EQUIPO</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>PRECIO (€)</b>
<b>Pala cargadora de 2 mano</b>	1	60.000 €	60.000 €
<b>Báscula de camiones</b>	1	13.500 €	13.500 €
<b>Detector de metales</b>	1	5.500 €	5.500 €
<b>Máquina astilladora</b>	1	16.500 €	16.500 €
<b>Cintas transportadoras</b>	2	4.200 €	8.400 €
<b>Otros artefactos auxiliares</b>	1	30.000 €	30.000 €
<b>Camión de reparto 2 mano</b>	1	65.000 €	65.000 €
<b>Furgoneta de empresa</b>	1	35.000 €	35.000 €
<b>TOTAL</b>			<b>233.900 €</b>

**Tabla 6:** Presupuesto de maquinaria.

### **4.3 Personal y producción**

---

El personal de la nueva planta será el menor posible, ya que intentaremos que los procesos estén lo más automatizados posible. En la relación de personal necesaria para el funcionamiento de la nueva planta, determinamos que deben existir 2 personas en todo momento:

- 1 encargado de la pala cargadora para suministrar la materia prima en el proceso, además auxiliar y ayudar al encargado del puesto de control.
- 1 transportista para llevar el producto al comprador.

Se trabajará en un turno de 8 horas al día.

Debido a la planificación establecida la fábrica permanecerá a pleno rendimiento durante 11 meses, el mes restante será el mes de vacaciones para todos los empleados.

### **4.4 Localización**

---

En base al recurso de biomasa a utilizar y el tamaño de la planta (ambos aspectos se detallan en los próximos apartados), debe escogerse la ubicación de la misma.

Debe seleccionarse un emplazamiento dónde el balance de densidad demanda-generación sea el menor posible y que el aprovisionamiento de la biomasa seleccionada a la central sea lo más simple posible.

Para ello debe llevarse a cabo una evaluación multicriterio, estableciendo muy bien los criterios críticos y cuál es la importancia o peso de cada uno de ellos. A este respecto cabe destacar algunos criterios a considerar de forma genérica:

- El criterio más influyente es la disponibilidad de biomasa.
- La cercanía a posibles consumidores industriales y centros de producción agropecuaria consumidores de astilla.
- La cercanía a núcleos de población importantes con sistemas de district heating o agrupaciones de consumidores con altos consumos energéticos.
- La comunicación por carretera.

En base a ello debe determinarse la localización más idónea de la planta.



## 5 ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA

### 5.1 Análisis de la inversión inicial

La mayor inversión se realizará en la compra de la maquinaria descrito anteriormente, se deben incluir otra serie de gastos, algunos directamente relacionados con la maquinaria y otros no, para determinar la inversión inicial del proyecto.

Dichos gastos son los siguientes:

Costes de transporte, montaje, instalación y puesta en marcha de la maquinaria necesaria. (20 % del coste de maquinaria)

Formación del personal (3 % del coste maquinaria).

Coste de obra civil que constará los siguientes inversiones:

• Nave cubierta de 150 metros cuadrados	45.000 €
• Vallado perimetral	25.000 €
• Oficinas e instalaciones personal	26.000 €
• Instalación eléctrica y fontanería	12.000 €
• Costes de urbanización del terreno	24.000 €
<b>Total</b>	<b>132.000 €</b>

INVERSIÓN INICIAL	
Maquinaria	233.900 €
Transporte, montaje, instalación y puesta en marcha	46.780 €
Formación de empleados	7.017 €
Obra civil e instalaciones	132.000 €
Licencias y permisos	14.000 €
<b>TOTAL</b>	<b>433.697 €</b>

**Tabla 6:** Inversión inicial.

## 5.2 Análisis de gastos

### 5.2.1 Gastos de personal

Una vez definido en apartados anteriores la carga de personal necesaria para el correcto funcionamiento de nuestra esta es la relación de gastos por cada puesto de trabajo:

- Peones:

Trabajarán 5 días a la semana durante las 52 semanas del año, lo que da un total de 260 días laborables. El sueldo de estos trabajadores lo estimamos en 11€/h. Y se ha de tener en cuenta que trabajan en turnos de 8h.

Y se ha de tener en cuenta que trabajan en turnos de 8h.

	Nº de empleados	Precio/hora (€/h)	Horas	Días	Salario anual
<b>Peón fijo</b>	3	11	8	260	68.640 €
<b>Administrativo</b>	1	15	2	260	7.800 €
<b>Comercial gerente</b>	1	30	2	260	15.600 €
<b>TOTAL</b>					92.040 €

**Tabla 8:** Gastos de personal fijo y de gestión y dirección a subcontratar.

### 5.2.2 Otros gastos de personal a externalizar

- Empresa de marketing que lleve toda la campaña anual de promoción, gestión de la web y redes sociales, ofertas, etc 7.600 €.
- Servicio de limpieza de instalaciones dos días a la semana. 3.100 €
- Gestoría y costes administrativos externos 4.400 €
- Servicios de Ingeniería y control técnico 4.700 €
- Total 19.800 €**

### **5.2.3 Gasto anual de electricidad**

Del estudio de varios proyectos que se han podido consultar nos sale de forma general un consumo eléctrico medio que se sitúa entorno a los 2,4 Euros por tonelada el consumo para esta producción.

Coste energético astillas = 2,4 € x 28.000 Toneladas = 67.200 €

### **5.2.4 Gasto anual de gasoil**

Del estudio de varios proyectos que se han podido consultar nos sale de forma general un consumo de gasoil que se sitúa en unos 4,1 Euros por tonelada de astilla obtenida o producida finalmente. Este consumo lo hace tanto la astilladora, trituradora y descortezadora que trabajan con gasoil.

Coste energético producción astillas = 4,1 € x 28.000 Toneladas = 114.800 €

Coste de gasoil del transporte y comercialización de la astilla. Se estima en unos 4,3 Euros por tonelada el coste de esta partida para una venta relativamente próxima a mayoristas o incluso a consumidores finales.

Coste energético transporte y comercialización = 4,3 €/ton x 28.000 Toneladas = 120.400 €

### **5.2.5 Gastos varios**

#### **Gastos de mantenimiento de maquinaria:**

Según a las empresas a las que hemos consultado este gasto es cercano al 2,5% del coste de maquinaria, nos conlleva un gasto de 5.847,50 €.

A ello hay que sumar unos 16.000 € anuales que se considera de media es necesario gastar en repuestos principalmente de cuchillas que tienen mucho desgaste, etc. En total se estima en 21.847,5 el coste anual.

#### **Gasto en electricidad, agua y acondicionamiento:**

Calculamos que estará en torno al 8% del gasto eléctrico destinado a la maquinaria, por lo que nuestro gasto es de 5.376 €.

#### **Gastos de oficina y seguros:**

Estimamos unos gastos de oficina de unos 2.000 € y el gasto de seguros tras consultar de, en torno a 1.500 €. Haciendo un total de gastos de 3.500 €.

### **Gastos de las instalaciones y maquinaria a amortizar y financiar a 15 años:**

Tomando el presupuesto de 233.900 €, a devolver en 15 años, supone un gasto anual 15.593 €, contando un interés anual del 7% tendríamos un gasto anual de 16.684 € durante los 15 primeros años desde el inicio de la actividad.

### **Gastos materia prima:**

Con los cálculos anteriormente efectuados nuestra demanda anual de materia prima será de 40.000 t/año. Teniendo en cuenta que el precio en la actualidad de la tonelada de astilla se encuentra entre los 20-30 €, el gasto estimado de materia prima será de 1.000.000 €/año.

Podría conseguirse materia prima a muy buen precio como restos de cortas, etc para su procesado en planta con la astilladora con lo que se ha puesto un precio de adquisición de entre 20 euros cuando se recurra a recursos no valorados y que se astillan en la planta y hasta 30 euros cuando se compre la astilla o la haga una empresa en el monte y la transporte a planta. Al incrementarse la planta y tener que realizar mayor transporte para el aprovisionamiento se podrían producir ciertos incrementos en los costes de esta materia prima por lo que conviene situarse en un punto estratégico de producción potencial de materia prima y cerca de consumidores de astilla.

## **5.2.6 Resumen de gastos**

A continuación, mostramos la tabla de recopilación de todos los gastos estudiados anteriormente:

<b>TOTAL GASTOS</b>	
<b>Gastos de personal</b>	92.040 €
<b>Gastos de personal a externalizar</b>	19.800 €
<b>Gastos de electricidad</b>	67.200 €
<b>Gastos de gasoil en maquinaria</b>	114.800 €
<b>Gastos de gasoil en transporte</b>	120.400 €
<b>Gastos de mantenimiento de maquinaria y repuestos</b>	21.847 €
<b>Gastos en electricidad, agua, acondicionamiento</b>	5.376 €
<b>Gastos de oficina y seguros</b>	3.500 €

<b>Gastos en financiación</b>	16.681 €
<b>Gastos en materia prima</b>	1.000.000 €
<b>TOTAL</b>	1.461.644 €

**Tabla 9:** Resumen de gastos.

### 5.3 Análisis de ingresos

El precio de venta de empresas o marcas conocidas lo estimamos en:

- Precio de venta de astilla: 70/75 €/tonelada.

Por lo calculando una producción anual de 28.000 toneladas/año de astillas el beneficio será:

$$(28.000 * 72,5) = 2.030.000 \text{ €/año}$$

## **6 CONCLUSIONES**

Se trata de un negocio con muy razonable rentabilidad y que está se puede dar ya con desarrollos menores al propuesto e incluso para plantear un suministro para autoconsumo en el caso de propietarios municipales de montes o empresas de explotación forestal asociadas a instalaciones de valorización energética.

Con respecto al negocio de instalación de una planta de pellet se trata de un negocio mucho más escalable donde incluso se puede empezar sin necesidad de disponer de astilladora y de buena parte de la maquinaria pues se podría alquilar sus servicios o alquilar la propia maquinaria para ir creciendo poco a poco. Se puede vallar una zona y allí hacer acopio. No necesita grandes inversiones. La astilla tiene todo el futuro como combustible para la producción de calor por ser el que mejor compite económicamente con el gasoil e incluso con el gas natural en instalaciones de cierto tamaño o centralizadas.

En la propuesta desarrollada se ha apostado por la producción de una astilla de cierta calidad. En las plantas, principalmente por la distinta naturaleza de la materia prima que llega, se producen distintas calidades de astilla y será conveniente en la planta tenerlas convenientemente clasificadas y atender adecuadamente a nuestros clientes para conseguir unos precios ajustados a la calidad de la astilla sino seguramente se deberá vender toda la astilla en los márgenes de precio inferiores.

## 7 EJEMPLOS

### **Caldera de biomasa en proceso de producción de la fábrica de piensos de Copiso:**

La instalación se sitúa en la fábrica de piensos del polígono industrial de Valcorba, Soria. Se trata de una instalación de generación de vapor a partir de biomasa forestal que emplea astilla como combustible.

Es fundamental en el proceso de granulado del pienso que requiere de vapor, tanto por higiene como para el proceso de digestibilidad del pienso.

Además, este vapor es empleado como calefacción de una superficie de unos 656 m<sup>2</sup>, donde se encuentran los talleres, las oficinas, los vestuarios y el laboratorio.

La instalación principal consta de dos zonas: la de calderas de unos 300 m<sup>2</sup> de superficie útil y la zona del silo de almacenamiento de biomasa de unos 140 m<sup>2</sup>. En la zona de calderas están los dos generadores de vapor, uno de biomasa y otro de gasoil, siendo utilizado el segundo sólo en ocasiones especiales.

### **Mulder biomasa (San Juan del Puerto):**

El servicio principal de Mulder Biomasa consiste en astillar en campo la biomasa forestal cortada por sus clientes. Otra empresa del Grupo Mycsa, Transbiomasa, se encarga de la distribución mediante una flota propia compuesta por 14 camiones basculantes.

La mayor parte de la actividad se realiza en la zona sur de la Península, pero la empresa tiene siempre 4 o 5 máquinas desplazadas por levante y la mitad norte, que solo visitan las instalaciones de Huelva para las revisiones mecánicas importantes.

Miguel Ángel Valle, responsable de logística, explica que para desplazamientos de maquinaria inferiores a 1,5 horas se pueden aceptar tajos de un mínimo de 200 toneladas. Sin embargo, para mover una trituradora a lugares más alejados (Cataluña, Galicia), al menos deberían asegurar 600 – 700 toneladas.

Está claro que cuánto menos se mueva la biomasa entera, sobre todo cuando se trata de copas y madera con una relación volumen/peso, mejor rendimiento económico, por eso astillar en el campo es el único concepto viable ahora mismo para la empresa.

Para evitar el riesgo de incendio forestal, algunas empresas deciden paralizar las operaciones de astillado en monte durante el verano o adoptar un horario que evite las horas de más calor.

Para seguir trabajando en los meses más secos, la empresa cuenta con un plan de incendios, que incluye un vehículo de extinción en el tajo. Además, Mulder ha equipado a todas sus astilladoras con un sistema de autoprotección contra el fuego por supresión de oxígeno a la detección de humo.

### **Centro logístico de biomasa con astilla de km 0 en el Vallés (Barcelona)**

El Centro Logístico de Biomasa es el centro de operaciones del Servicio Comarcal de Biomasa Forestal y permite cerrar el círculo del proyecto de aprovechamiento forestal para la obtención de astilla que alimenta las calderas de biomasa de la comarca. Así pues, un equipamiento clave para la obtención de una energía limpia y de proximidad y para garantizar una gestión de los bosques que disminuya el peligro de incendio.

A pleno rendimiento puede movilizar hasta 9.500 toneladas de madera que supone el 25% del crecimiento vegetativo anual de la superficie de pino en la comarca. El centro tiene una capacidad de producción de astilla de 6.650 toneladas anuales. Ha contado con una inversión de 500.000 euros, se ha ubicado en una parcela de 8.430 m<sup>2</sup> y cuenta con una nave almacén de 846 m<sup>2</sup>.

### **Biomasa Montemayor: Servicio Global de Energía**

La capacidad productiva del centro es de 10.000 toneladas al año de astilla calibrada, cribada y seca. Como norma tienen un acopio listo de astilla de unos 700 a 900 m<sup>3</sup>; bajo cubierta en invierno o en la campa exterior en verano. La instalación ha sido diseñada para albergar en el futuro una línea de peletización.

La madera se compra en primavera y se acopia durante unos 6 meses antes de entrar en el proceso. La planta se encarga de la recepción y descarga con sus propios medios.

Un tractor equipado con una grúa realiza la descarga de la madera en rollo de los camiones al parque y su traslado a la astilladora –una Pezzolato PTH 400 XL. Las astillas entran a un silo pulmón que alimenta la criba, donde se obtienen tres fracciones: finos, gruesos y astilla entre 3,15 y 31,5 mm.

En comparación con el pellet, la astilla ofrece una mejor relación energía suministrada/coste de producción. La dificultad principal es el volumen de almacenaje; para que sea rentable, el cliente debería contar con capacidad para recibir al menos un camión en cada porte.

La repercusión de la distribución en el precio de la astilla es de aproximadamente 6-7 €/t para un radio de 60 km y de 10-11 €/t en un radio de 100 km.



## 8 BIBLIOGRAFÍA

Amengual, C., Triguero, A. (2013). *Ingeniería en Organización Industrial – Proyecto Final de Carrera: Implantación de central de biomasa forestal y aprovechamiento de las masas forestales*. Escola Politècnica Superior d'Edificació de Barcelona.

López, I., Codina, M. (2010). *Estudio de las características de la astilla forestal y buenas prácticas para su aplicación energética*. Área de Aprovechamientos Madereros y Biomasa, Centre Tecnològic Forestal de Catalunya.

IN4WOOD S.L. (2019). *Informe técnico: Integración de restos, oportunidades y modelos de negocio de bioenergía forestal en Planes y Programas de Desarrollo Rural en la Comunitat Valenciana*. Valencia.

Tolsana Esteban, E. (2009) *Manual técnico para el aprovechamiento y elaboración de biomasa forestal*. Año 2009. Publicación: Mundi prensa-libros S.A.

La Cal, J. A. (2018). *Biomasa y autoconsumo: una alternativa viable*. BIOMASA. EN: Energética XXI. (179) pp. 62-63. Recuperado el 27-05-2020, en:

<http://www.energetica21.com/descargar.php?seccion=articulos&archivo=5sEnJUri5gZXZjQNKgfu5rYn0sevDpq8WvkkEQC0wbVLAmYKH56BkSp.pdf>

Asociación Española de Valoración Energética de la Biomasa: [www.avebiom.org](http://www.avebiom.org)

Asociación de Investigación de la Industria de la Madera, Mueble Embalaje y Afines: <http://www.aidima.es/>

Bioenergy International: <https://bioenergyinternational.es/>

Biomassud Plus: <http://biomasudplus.eu/>

Confederación Empresarial de la Madera: <https://www.confemadera.es/>

E-eficiencia: <https://e-eficiencia.com/astilla-usos-termicos-biocombustible-crecimiento/#astilla-para-usos-termicos-calderas-menor-potencia>







# ARAGÓN infoenergía



ASIADER

Sierra de Albarracín  
**ASIADER**  
TRAMACASTILLA (Teruel)



tierras del moncayo

Tierras del Moncayo  
**ASOMO**  
TARAZONA (Zaragoza)



Bajo Aragón  
Matarraña

GRUPO DE ACCIÓN LOCAL

Bajo Aragón-Matarraña  
**OMEZYMA**  
TORREVELILLA (Teruel)



GÚDAR-JAVALAMBRE Y MAESTRAGO  
Asociación de Desarrollo  
Teruel

Gúdar-Javalambre y Maestrazgo  
**AGUJAMA**  
MORA DE RUBIELOS (Teruel)



Asociación para el Desarrollo Rural Integral de la Comarca Campo de Belchite

Campo de Belchite  
**ADECOBEL**  
BELCHITE (Zaragoza)



**ADRI**  
Comarca de Teruel

Comarca de Teruel  
**ADRICTE**  
TERUEL



ASOCIACIÓN PARA EL  
DESARROLLO INTEGRAL DEL  
**BAJO MARTÍN**  
ANDORRA-SIERRA DE ARCOS

Bajo Martín y Andorra-Sierra de Arcos  
**ADIBAMA**  
ALBALATE DEL ARZOBISPO (Teruel)



Asociación Para el Desarrollo Rural Integral

Tierras del Jiloca y Gallocanta  
**ADRI Jiloca-Gallocanta**  
CALAMOCHA (Teruel)



Unión Europea  
**FEADER**  
Fondo Europeo Agrícola  
de Desarrollo Rural



**GOBIERNO  
DE ARAGON**

Europa invierte en zonas rurales