

ESTUDIO

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

PLANTA DE PELLET



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: **6149BiomasTer**

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	7
2.3	Producto / servicio ofertado	9
2.4	Potenciales clientes o destinatarios	12
2.5	Competencia.....	13
3	Descripción de la actividad	14
3.1	El proceso de astillado.....	14
3.2	El proceso de pelletizado	16
3.3	La comercialización	18
4	Instalaciones de la planta.....	19
4.1	Dimensionamiento	19
4.2	Maquinaria proceso industrial	19
4.3	Personal y producción	21
4.4	Localización	22
5	Análisis de la viabilidad económica	23
5.1	Análisis de la inversión inicial	23
5.2	Análisis de gastos	24
5.2.1	Gastos de personal fijo de la empresa	24
5.2.2	Otros gastos de personal a externalizar	25
5.2.3	Gasto anual de electricidad	25
5.2.4	Gasto anual de gasoil	25
	Gastos varios.....	26
5.2.5	Resumen de costes de producción.....	27
5.3	Análisis de ingresos	28

6	Bibliografía	29
7	Ejemplos	iError! Marcador no definido.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La astilla es uno de los productos que se pueden obtener del aprovechamiento maderero del monte o un subproducto de la industria del aserrado y la madera que se puede destinar a su uso como potencial valor energético.

Los pellets son pequeños cilindros fabricados generalmente a partir de astillas de madera y serrín seco. Su humedad es muy baja y necesitan muy poco espacio de almacenamiento. Es muy demandado por pequeñas calderas de uso generalmente doméstico en áreas con reducido espacio para el almacenamiento de materia prima.

La producción de pellets supone la reducción de los residuos de madera al tamaño del serrín, disminuyendo el contenido en humedad hasta aproximadamente el 12%, previo a su extrusión en molinos especialmente adaptados para formar cilindros de entre 6 a 18 mm de diámetro y de 15 a 30 mm de largo, con una densidad entre 950 - 1.300 kg/m³, generalmente alrededor de los 1.200 kg/m³.

Las posibilidades del aprovechamiento energético de estos dos en principio "residuos forestales" puede ayudar a rentabilizar la explotación forestal del monte al suponer un ingreso extra y una nueva fuente de empleo.

Se podrá destinar para la producción de astilla los restos de tratamientos silvícolas y de aprovechamientos forestales que se realicen en estos montes, los árboles de peor calidad y especialmente los subproductos de las industrias madereras que se puedan instalar en el entorno. En el caso del pellet muchos de estos subproductos pueden ser empleados pero dadas sus mayores exigencias de calidad en muchos casos se restringe a maderas de menor diámetro, grandes ramas y subproductos de la industria maderera como los costeros, descartes, recortes, serrín, etc. Para pellet el material debe ser extraído previamente con cuchillas generalmente, presentar una humedad reducida, cuidar que no se contamine y se reduce el tamaño y heterogeneidad de los materiales a emplear.

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

El presente documento tiene por objeto describir un modelo de negocio basado en la producción de astilla para su posterior comercialización centralizada para suministro a calderas individuales de grandes consumidores del sector agrario e industrial o para centrales de *district heating* (red de calor y agua caliente para poblaciones, polígonos o grupos de casas).

Para pequeños consumidores, generalmente se recurre a los pellets o briquetas y esto ya supone una transformación y encarecimiento del combustible, disminuyendo con ello su rentabilidad si lo comparamos al coste por unidad energética aportada frente al gas, petróleo, etc.

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 a precios adecuados, que se ajusten a las necesidades de cada cliente. Ello es especialmente crucial para la generación de los pellets que están sometidos a controles más exhaustivos de calidad por la mayor sensibilidad de las calderas que lo emplean. En relación a la astilla será conveniente ofertar distintas calidades para los distintos consumidores potenciales que podrán admitir diferentes rangos de calidad de la astilla.
- **Suministro de proveedores:** Contar con buenos proveedores de biomasa que no eleven mucho el coste del servicio y que podamos disponer de ellos de forma garantizada y continua. Podría ser razonable contar con una proporción del suministro que pueda realizar directamente la empresa con la colaboración o la subcontratación de una empresa de trabajos forestales que esté obligada por contrato a suministrar unas cantidades mínimas al mes a un precio tasado.
- **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

posicionarnos como distribuidora de calderas. Es decir, comprarlas y venderlas incluyendo en el precio la instalación, mantenimiento y servicio de provisión de combustible.

Además, debe llevarse a cabo una intensa labor comercial, especialmente ante determinadas administraciones de ámbito local y autonómico donde se remarquen las ventajas de este tipo de combustible:

- Energía limpia: emite CO₂ neutro, es decir, la cantidad de CO₂ emitida en el proceso está en equilibrio con el CO₂ absorbido por las especies arbóreas aprovechadas y reemplazadas.
- Energía barata: no depende de los mercados internacionales y puede recibir subvenciones del Gobierno.
- Energía segura: no puede explotar, a diferencia del gas.
- Facilidad de gestión y utilización del combustible.

Deben enfatizarse estos aspectos para marcar una serie de hechos diferenciales y ventajosos de la utilización de astilla y pellets, 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 de los montes pues supone un foco de ganancias añadido, 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 combustible de éstos.

A un nivel cercano al consumidor, si comparamos las emisiones generadas por la combustión de biomasa con las de los sistemas convencionales de calefacción, teniendo en cuenta el ciclo de vida de todo el proceso (extracción, producción, transporte, etc.) vemos que la biomasa es la más favorable en casi todos los aspectos; a excepción de los valores de SO₂, responsable de la lluvia ácida, que tiene un valor similar al gas natural. En cuanto a las partículas, las emisiones son superiores, pero siempre de los límites definidos por las diferentes legislaciones.

	Gasóleo de calefacción	Gas natural	Biomasa
CO (kg)	35	90	20
SO ₂ (kg)	205	20	48
CO ₂ (kg)	195	160	15
Partículas (kg)	20	10	30

Tabla 1: Emisiones al año del ciclo de vida en función del combustible. **Fuente:** IDAE.

El 50 % de energía consumida en UE es para uso térmico. Y hay ejemplos europeos muy claros del futuro de esta energía como en la Alta Austria donde el 46 % de los hogares se calientan con energías renovables, principalmente calderas domésticas o district heating, lo que ahorra al país un billón de euros en combustibles fósiles cada año. Austria espera que todos sus edificios se calienten con energías renovables en 2030.

Además, actualmente existen empresas que comercializan incluso pequeños sistemas que transforman el calor de la combustión de biomasa en energía eléctrica para el funcionamiento de forma autónoma y sostenible, sin necesidad de conexión a la red al mismo tiempo que se calienta la casa. Estos sistemas son adecuados para casas aisladas próximas a importantes recursos biomásicos. También se comercializan estufas eléctricas de pequeña y media potencia, ventiladores, extractores, bombas de agua, bombas de impulsión, indicadores y otros equipos de iluminación LED, carga de dispositivos móviles y casi cualquier equipo electrónico de uso industrial o doméstico. Hace un par de años se desarrolló bioThERS, de la empresa Nabla Thermoelectrics. Otro ejemplo de ello es el modelo Pellematic Smart, de la empresa Ökofen. Este último a diferencia del proceso explicado anteriormente, integra una caldera de pellets de condensación para suministrar energía térmica para agua caliente sanitaria y calefacción doméstica, con certificados de sostenibilidad y eficiencia energética A++.

A continuación, se presenta una tabla con las equivalencias de coste energético de diferentes combustibles donde destaca la importante rebaja de coste que supone el poder recurrir a la astilla de madera en relación a otros combustibles disponibles actualmente en el mercado para uso doméstico e industrial.

Producto	PCI (kcal/kg)	Precio actual*	Precio energético (c€/kWh)
Gasoil	10250	0,839 €/litro**	10,49
Gas Natural	11538	0,491 – 0,720 €/m ³ 1,15 €/kg envasado	4,20 - 6,15 8,00
Pellets de madera (a granel)	4000-4200	0,247 €/kg	5,17
Hueso de aceituna (a granel)	4100	0,151 €/kg	3,16
Cáscara de almendra triturada (a granel)	3600-3900	0,140 €/kg	3,21
Cáscara de avellana (big-bags)	3900-4200	0,086 €/kg	1,83
Orujillo granulado seco (a granel)	3600-3900	0,035 -0,045 €/kg	0,80 -0,95
Astilla elaborada de coníferas (a granel pero con humedad muy reducida)	4000-4500	0,050 – 0,112 €/kg	1,38 – 2,53
Astilla elaborada de árboles frutales (a granel pero con humedad muy reducida)	3800	0,092 €/kg	2,08

* Se han tomado valores medios anuales extraídos de diferentes empresas suministradoras y por los datos estadísticos del primer trimestre de 2020 obtenidos por Avebiom.

** El precio del gasoil ha experimentado una bajada de precios desde un valor medio anual en España de 1 €/litro (0,839 €/litro, valor medio en la provincia de Teruel en 2020) a un valor de 0,691 €/litro en abril de este mismo año. Su precio, por tanto, está sujeto a las continuas fluctuaciones del mercado internacional.

Tabla 2: Comparativa de precios de distintos combustibles en relación a los de naturaleza biomásica.

A continuación, se adjunta un mapa del panorama de la situación de las plantas de producción de biocombustibles hace dos años, en 2018.

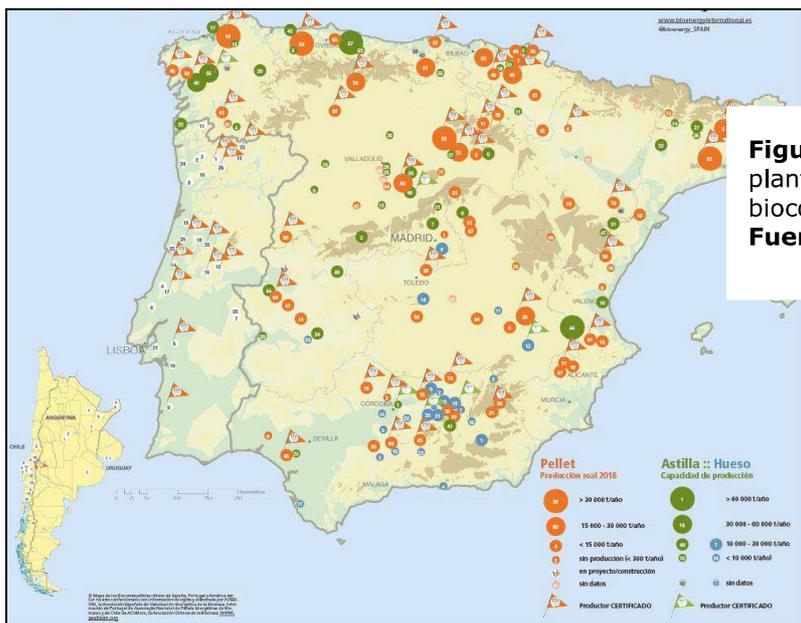


Figura 1: Mapa de las plantas de producción de biocombustible en 2018.
Fuente: AVEBIOM.

2.2 Situación del mercado

De esta manera, debe partirse de la base de que este biocombustible para la producción de energía es más económico que los combustibles tradicionales y además su precio es más estable en el tiempo ya que no se ve influido por las fluctuaciones del mercado internacional.

Si bien, la conveniencia del sistema de astillado o pelletización vendrá dada en función del equipamiento disponible y, sobre todo, del tipo de organización logística adoptado. Hay que tener en cuenta que el sistema de compactación permite una mayor flexibilidad en la organización del transporte a planta, por el contrario, el sistema de astillado no necesita de más medios de los ya existentes en la central.

En la actualidad, se esperan innovaciones técnicas importantes en las calderas colectivas y en su suministro mediante los distintos tipos de combustibles primarios (astilla) y secundarios (pellets) que pueden influir en el mercado de la biomasa forestal.

A partir de ello, hay que destacar que existen varios combustibles sólidos que pueden ser utilizados con usos energéticos, cada uno de los cuales tienen un determinado potencial energético en función de sus características físicas, lo que condiciona su uso e influye sobre la combustión. En la siguiente tabla se muestran algunos datos al respecto:

Tipo de biomasa	Descripción	Densidad real	Poder calorífico	Cenizas
Leña	Fácil de encontrar. Humedad variable.	350 – 700 kg/m ³	3 – 3,5 kWh/kg	<1,5%
Astillas	Del fraccionamiento de la leña	250 – 400 kg/m ³	1,5 – 4 kWh/kg	<1,5%
Briquetas	Serraduras comprimidas de forma cilíndrica (5-13 cm de diámetro y 5 – 30 cm de longitud). 10% de humedad.	600 – 700 kg/m ³	4,7 – 5 kWh/kg	<0,5%
Pellets	Serraduras comprimidas de forma cilíndrica (6 – 20 mm de diámetro y 25 – 26 cm de longitud). 10% de humedad.	600 kg/m ³	4 – 5 kWh/kg	<0,5%

Tabla 3: Tipos de biomasa forestal en el mercado. **Fuente:** Institut Català d'Energia.

El presente documento se centra en la astilla y el pellet, por considerarse como se detallará, los más adecuados y con mayor potencial para el caso concreto de estudio.

La biomasa en forma de astilla se utiliza en Europa únicamente para usos térmicos, siendo Suecia la que cubre más de la mitad de sus necesidades de calor con ella. Aun así, está absolutamente infrutilizada en Europa y especialmente en España. Eso se debe a varios motivos:

- Asociación de la biomasa a la leña, es decir, a un proceso energético ya superado.
- No existencia de sistemas de calefacción urbana.
- El consumo unitario de calefacción es muy bajo en algunas regiones de España como sucede en áreas pobladas del sur y la costa. No obstante la provincia de Teruel demanda mucho calor en invierno.

España exporta más de 500.000 t/año de biomasa para combustible, fundamentalmente a Gran Bretaña, Bélgica e Italia. La capitalización actual anual de las masas forestales españolas es que habría disponibles para su aprovechamiento sostenido más de 20 millones de toneladas anuales, sin embargo, los recursos fácilmente movilizables y actualmente desperdiciados se estiman en más de 10 millones de toneladas al año.

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.

Para el caso específico de los pellets cabe destacar que este mercado en España comenzó a formarse en el año 2004 – 2005 existiendo en la actualidad unas 30 fábricas de pellets de capacidad superior a 10.000 t / año, así como un número indeterminado de plantas de pequeña escala (< 3.000 t /año). Se estima una capacidad potencial de producción de 800.000 t/año. No obstante hay que estudiar muy bien su tamaño pues en ello está en juego su potencial rentabilidad. Además se trabaja para consumidores de menor tamaño y hay actualmente una importante competencia que dificulta su viabilidad.

El principal freno al desarrollo de este mercado es la escasez de demanda interna en determinadas zonas siendo imprescindible incentivar el uso de estos combustibles.

2.3 Producto / servicio ofertado

Por tanto, nuestra nueva misión es la producción, selección y comercialización de astilla (madera desmenuzada) y pellets (madera prensada) para su utilización en las aplicaciones térmicas del sector doméstico y el sector terciario, tanto para grandes como medianas y pequeñas calderas. Cada vez son más las viviendas y edificios de carácter público como hoteles, escuelas, hospitales, ayuntamientos, comunidades y comerciales que se suman a la utilización de biocombustibles.

La astilla:

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.

Lo que define la calidad de la astilla es la uniformidad en el tamaño y, esencialmente, su poder calorífico. El poder calorífico viene definido por el tipo de madera y por la humedad contenida. Es evidente, pues, que una buena astilla tiene que provenir de una buena gestión forestal, con un proceso de secado idóneo y una elaboración correcta.

Las astillas de madera son 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.

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020 (1T)
€/tn	106,58	109,27	110,28	109,57	109,55	112,93	111,55
€/kWh	2,41	2,47	2,50	2,48	2,48	2,56	2,53
IPB anual		2,52%	0,93%	-0,64%	-0,02%	3,09%	
IPB anual acumulado (en base 2014)		2,52%	3,47%	2,81%	2,79%	5,96%	

Tabla 4: Precio medio anual de la astilla P 31,5 – P 45 (G 30) distribuida a granel entre 2014 - 2020. Fuente: Avebiom.

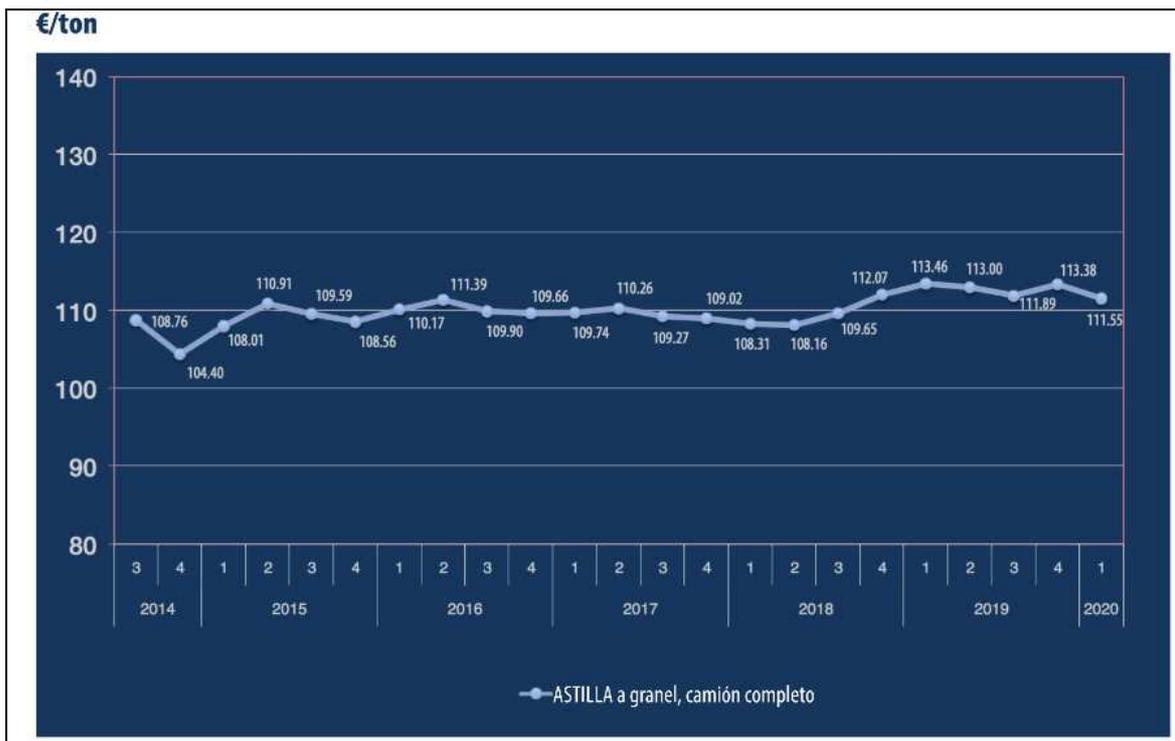


Figura 2: Gráfico de la evolución del precio medio trimestral de la astilla para uso doméstico desde 2014 hasta el primer trimestre de 2020. Fuente: Avebiom.

El pellet:

Los pellets son cilindros de madera producidos mediante el prensado de virutas, serrines y astillas molturadas, procedentes de residuos de madera de serrerías, industrias forestales, industrias agroforestales, industrias del parquet, molduras y puertas e incluso empresas de mobiliario de madera. Los pellets son el combustible más estandarizado con alta fiabilidad de operación, requieren menor espacio para el almacenamiento que otras biomásas.

Sus propiedades son diferentes según sea el tipo de materia prima por lo que existen diferentes estándares de calidad.

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020 (1T)
SACO de 15 kg									
€/saco	4,13	4,24	4,35	4,21	3,93	3,92	4,02	4,44	4,49
c€/kWh		5,94	6,09	5,89	5,50	5,49	5,62	6,22	6,28
IPB anual		2,8%	2,6%	-3,3%	-6,6%	-0,2%	2,4%	10,6%	
IPB anual acumulado (en base 2012)		2,8%	5,4%	2,0%	-4,7%	-5,0%	-2,7%	7,7%	
PALET de sacos									
€/tn	264,61	273,86	280,98	269,88	254,93	252,25	260,74	289,24	289,23
c€/kWh		5,75	5,90	5,66	5,35	5,29	5,47	6,07	6,07
IPB anual		3,5%	2,6%	-4,0%	-5,5%	-1,0%	3,4%	10,9%	
IPB anual acumulado (en base 2012)		3,5%	6,2%	2,0%	-3,7%	-4,7%	-1,5%	9,3%	
GRANEL en VOLQUETE									
€/tn	229,29	243,19	247,18	233,44	225,98	221,61	226,45	245,94	246,57
c€/kWh		4,98	5,06	4,90	4,74	4,65	4,75	5,16	5,17
IPB anual		6,1%	1,6%	-5,6%	-3,2%	-1,9%	2,2%	8,6%	
IPB anual acumulado (en base 2012)		6,1%	7,8%	1,8%	-1,4%	-3,4%	-1,2%	7,3%	
GRANEL en CISTERNA									
€/tn	230,79	244,59	253,50	245,04	234,59	232,27	241,31	264,52	258,82
c€/kWh		5,13	5,32	5,14	4,92	4,87	5,06	5,55	5,43
IPB anual		6,0%	3,6%	-3,3%	-4,3%	-1,0%	3,9%	9,6%	
IPB anual acumulado (en base 2012)		6,0%	9,8%	6,2%	1,6%	0,6%	4,6%	14,6%	

Tabla 5: Precio medio anual del pellet de madera dependiendo de su modo de distribución al cliente final durante los últimos 9 años en España. **Fuente:** Avebiom.

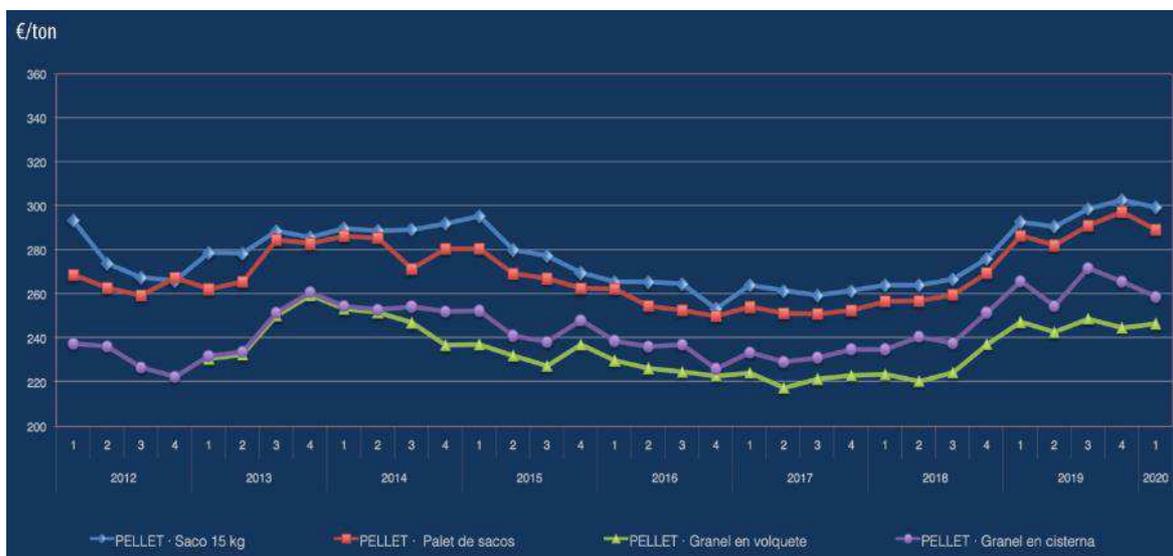


Figura 3: Evolución del precio medio trimestral del pellet de madera dependiendo de su modo de distribución al cliente final durante los últimos 9 años en España. **Fuente:** Avebiom.

Las **calderas de astillas y pellets** son totalmente automatizadas y no tienen un límite de tamaño, pudiendo alcanzar potencias de varios MW térmicos. El rendimiento y el confort son los mismos que los de las calderas de gas, gasóleo o pellets, aunque necesitarán un espacio de almacenamiento mayor.

2.4 Potenciales clientes o destinatarios

Los sectores de mayor consumo de biomasa en nuestro país son el doméstico (con casi la mitad del total), seguido por los sectores de la pasta y papel, la madera, los muebles, el corcho y el de la alimentación (bebidas y tabaco).

Este mercado tiene un fuerte potencial de crecimiento, entre otros, por la iniciativa pública, no sólo nacional, también regional y local. Algunas comunidades autónomas ofrecen ayudas para la promoción de energías renovables, cofinanciadas por fondos de la UE. Cabe destacar en este sentido la importancia que debe ganar el sector terciario mediante la implantación de estos sistemas en hoteles, escuelas, hospitales, ayuntamientos, etc.

Por otra parte, el bajo precio de la biomasa es un factor que influye positivamente en este sector. Además, se prevé que no suba en la misma proporción que los combustibles fósiles.

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

- Particulares:

Se pueden clasificar a su vez en dos tipos, individuales o unifamiliares, y colectivos (comunidades de vecinos, urbanizaciones, colegios, hoteles, campings, etc.).

- Empresas Constructoras y Promotoras:

Se trata del segmento de clientes que puede ejercer mayor presión sobre la empresa, ya que, debido a su actividad, suelen demandar servicios de gran envergadura y con mucha frecuencia, solicitando a menudo precios ventajosos.

- Empresas fabricantes o distribuidoras de calderas de biomasa que subcontraten nuestros servicios para la instalación de estas máquinas.

- Instituciones y Empresas:

En el primer caso nos referimos sobre todo a las Administraciones Públicas, fundamentalmente los Ayuntamientos.

En el segundo caso, son empresas que alcanzan elevados niveles de consumo energético, como hoteles, restaurantes, clubes deportivos, explotaciones agrícolas o ganaderas, etc.

2.5 Competencia

La principal competencia que tiene la astilla, y especialmente el pellet, son los combustibles fósiles como gasoil para calefacción, gas natural, gas metano, gas butano, etc. En el caso del gas natural la competencia es tanto en precio como en comodidad y fortaleza de las redes de distribución y comercialización. En el caso del resto el precio no supone una ventaja competitiva y es principalmente el coste mayor de las instalaciones o quemadores, la mayor implantación y fuerza comercial y la mala prensa de las calderas la que impide una mayor penetración de esta fuente térmica.

Actualmente no se tiene conocimiento de ninguna empresa de valorización de la biomasa y de servicios energéticos que tenga la dimensión y ambición de la que se propone en para la zona de estudio (provincia de Teruel fundamentalmente y comarcas limítrofes de Zaragoza).

No obstante, como se viene detallando, en relación a otras fuentes de energía para uso calorífico es importante destacar la economía de la biomasa y la posibilidad de producirse en la zona y cerrar el círculo económico en la misma. En este sentido para la difusión de este aprovechamiento es muy importante poner en valor las ventajas ambientales y que para el desarrollo endógeno supone el aprovechamiento de la biomasa forestal en relación a otros aprovechamientos.

3 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

3.1 El proceso de astillado

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.

Apeo y tronzado de la madera o residuos y desembosque.

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 apear y trocear la parte maderable para facilitar su posterior transporte a planta. En algunos casos como en el caso de ramas y ramillas se puede proceder a su compactación insitu para reducir su volumen y darle forma de tronco para facilitar el uso de la maquinaria habitual de transporte de madera. En algunos casos se podrá llevar a cabo el propio astillado en el monte ya sea con una astilladora móvil que recorre el monte o más habitualmente en el cargadero con astilladoras fijas. La madera o los residuos compactados se mueven desde el monte hasta la carretera más próxima bien con autocargadores, tractores agrícolas, camiones de monte o arrastrados por skidders. En algunos casos si la planta de procesado está relativamente cerca con este mismo medio de transporte se puede llevar hasta la central pero lo común es utilizar el camión de carretera o tráiler para hacer este último tramo.

Transporte hasta la central

Para el transporte final de los materiales con destino energético se utilizan generalmente trailers o camiones articulados con grúa de carga. En el caso de que se astille la madera en el monte se podrá recurrir también a contenedores que puedan ser transportados por camiones de cabeza tractora móvil.

Reducción de la humedad

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

Eliminación de componentes no deseados

Consiste en eliminar residuos extraños como metales, plásticos y piedras mediante técnicas de cribado, separación, tiraje manual, etc.

Astillado, a realizar sino se ha realizado en el monte

Con el astillado se consigue aumentar la densidad del residuo facilitando su secado natural, y economizando en su transporte por lo que es normal que se pueda hacer ya en el monte a ese objeto. Cuando se realice en planta 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 150mm-200mm. Pero siempre que no se haya astillado ya en monte que no hará falta hacer esta operación.

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.

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.

3.2 El proceso de pelletizado

Materia prima

Se consideran materias primas de primera calidad el aserrín, la viruta y la astilla provenientes de aserraderos seleccionados. Pero también se puede recurrir a astillas de buena calidad con origen en el aprovechamiento forestal, astillas del proceso anterior, que deben tener una longitud de entre 6 y 9 milímetros. Para mejorar el material, en el caso de que presente cierta heterogeneidad, se procederá a su paso por un molino o el uso de un tamíz para garantizar los intervalos de longitud adecuados.

Dado que el proceso de pelletización es continuo, se requiere de un nivel de stock tal que permita atenuar las posibles contingencias logísticas.

Es importante que la biomasa se encuentre protegida con lonas o incluso bajo techo para evitar la exposición a factores climáticos que eleven el contenido de humedad.

Secado

Esta etapa del proceso es clave, ya que permite la eliminación de humedad (agua) contenida en la materia prima. La materia prima utilizada para la producción de pellet debe ser secada hasta alcanzar un máximo de 10% de humedad residual. Algunas materias primas utilizadas en el proceso ya pueden contener dicho porcentaje como las correspondientes a subproductos de la industria maderera. Es muy interesante poder emplear en un aprovechamiento eléctrico de la biomasa el calor residual para facilitar la instalación de una planta de pelletizado porque este calor puede ser usado en el secado de la astilla.

Triturado

Tras el secado de la madera, todas las partículas serán homogéneas, y se las somete a un triturado, que reduzca su tamaño hasta un máximo de 3 mm.

Pelletizado

El proceso de pelletización efectúa un trabajo de compresión en el producto de forma continua, reduciendo el volumen de la materia prima de 3 a 5 veces.

En el proceso se comprime la materia y se transforma en un pellet sólido de unos 6 mm de diámetro y entre 25 y 30 mm de longitud a una temperatura de salida de 80°C. Este proceso les proporciona compactación y una apariencia brillante, como si estuvieran barnizados gracias a la acción de la lignina que está en la madera y que se comporta como un coaligante.

Es la fase principal y en ella la materia prima debe estar perfectamente acondicionada. Consiste en aplicar presión mediante unos rodillos situados en la matriz metálica con orificios de salida con el tamaño del material a obtener.

Enfriamiento

El pellet es enfriado en un proceso continuo dentro de una cámara de intercambio en la cual circula aire frío, que abandona esta etapa del proceso con una temperatura comprendida entre 90-95 grados.

Este proceso de enfriamiento debe realizarse en forma de shock térmico para lograr la consistencia previa a ser almacenados. En caso contrario, existirá un alto nivel de desaprovechamiento dada la condición de fragilidad que posee el pellet al momento de abandonar el pelletizador.

Tamizado y clasificado

Tras el pelletizado y el enfriado, los pellets pasarán por una criba justo antes de su envase. Esto se debe a que tras los procesos citados anteriormente, pueden existir partículas que no se hayan compactado de forma adecuada, o que se hayan roto durante el enfriado o en la propia cinta transportadora.

Estos restos mal compactados o rotos, que no pasen la criba, serán reconducidos mediante un tornillo sinfín al molino anterior a la prensa, previamente habrá que inyectarles agua para aumentar su humedad.

Embalado y almacenamiento

Tras la clasificación los pellets son envasados y almacenados según los formatos clásicos de comercialización, que a continuación pasaremos a explicar.

3.3 La comercialización

Con la astilla el único sistema viable de comercialización es a granel y en el caso del pellet pueden comercializarse de 3 formas:

- **A granel:**

Este tipo de comercialización está destinada a consumidores con posibilidades en grandes depósitos, lugares tales como polideportivos, depósitos de "Distric heating", etc. El proceso de carga y descarga se realiza por medio de camiones cisterna, o bañeras, o camiones de piso móvil o camiones presurizados.

Con este sistema de comercialización, los precios son más económicos ya que no hay ningún gasto de envasado.

- **En Big Bag:**

Destinado a consumidores, los cuales posean maquinaria capaz de mover este tipo de formato de suministro.

El tamaño de estas bolsas las encontramos desde 500 kg, hasta 1.000 kg. El transporte es sencillo y económico. En este caso se transportará en camiones que dispongan grúa o cargador.

- **En sacos:**

Este tipo de comercialización es el más extendido en la actualidad para el consumo de pellets, ya que está destinado a las estufas instaladas en viviendas unifamiliares o en pequeñas comunidades de vecinos.

A la vez es el sistema más caro de comercialización debido al envasado en sacos4.

4 INSTALACIONES DE LA PLANTA

4.1 Dimensionamiento

Para alcanzar la producción final buscada sería necesario de entre 75.000 y 85.000 toneladas verdes/año a una humedad media de entre el 40 y el 50% que es lo que necesitamos para producir unas 48.000 toneladas al 10% de humedad para la producción de 28.000 toneladas de astilla, se almacena y aquí ya se acaba su proceso a grandes rasgos, y de 20.000 toneladas de pellet que lleva un proceso más largo hasta su producción final.

4.2 Maquinaria proceso industrial

La planta requerirá de la siguiente maquinaria:

- Báscula de camiones
- Descortezadora de madera opcional.
- Astilladora fija si se hace en planta (astilla y pellets).
- Trituradora de molido en seco (pellets).
- Sistema de tolvas y cintas transportadoras
- Caldera de biomasa (pellets)
- Secadora de banda tromel o tambor (pellets).
- Filtro de mangas (pellets)
- Equipo de mezclado (pellets).
- Máquina de Pelletización (pellets).
- Sistema de Refrigeración (pellets).
- Tamizador (astilla y pellets).
- Sistemas de transporte interno (astilla y pellets).
- Envasador Big Bag (pellets)
- Empaquetadora de sacos de pellet (venta en sacos de pellet).

Para su presupuesto en principio se cuenta con adquirir maquinaria de primera mano pero también está la opción de conseguir maquinaria en buen estado de segunda mano por lo que se ha considerado un valor medio entre ambas.

EQUIPO	UNIDADES	Precio unitario	PRECIO (€)
Pala cargadora de 2 mano	1	60.000 €	60.000 €
Retroexcavadora 2 mano	1	50.000 €	50.000 €
Báscula de camiones	1	13.500 €	13.500 €
Trituradora	1	26.000 €	35.000 €
Tolvas	3	1.400 €	5.200 €
Detector de metales	1	5.500 €	5.500 €
Descortezadora de madera	1	33.200 €	33.200 €
Camión para transporte (2 mano)	1	45.000 €	45.000 €
Máquina astilladora	1	16.500 €	16.500 €
Molino de afinamiento	1	57.000 €	57.000 €
Filtro de mangas	2	17.000 €	34.000 €
Mezclador	1	21.000 €	21.000 €
Prensa de pelletizado	1	85.000 €	85.000 €
Caldera de biomasa	1	330.000 €	330.000 €
Secadero tromel /tambor	1	120.000 €	120.000 €
Enfriadora	1	22.000 €	22.000 €
Tamizador	2	24.000 €	24.000 €
Cintas transportadoras	12	4.200 €	50.400 €
Empaquetadora de sacos de pellet	1	26.400 €	26.400 €
Equipo de embalaje Big Bag	1	22.000 €	22.000 €
Otros artefactos auxiliares	1	80.000 €	80.000 €
Carretillas industriales	2	15.000 €	30.000 €
Camión de reparto 2 mano	1	56.000 €	56.000 €
Furgonetas de reparto y de empresa	2	35.000 €	70.000 €
TOTAL			1.291.700 €

Tabla 6: Presupuesto de maquinaria.

Para el presecado de la materia prima para la posterior fabricación del pellet se podría emplear el calor residual que se produciría en una central de cogeneración que se construiría en paralelo a estas instalaciones de producción de biomasa. El coste de este calor ya se estimó en el negocio anterior. Es muy importante considerar esta sinergia sino a esta instalación habría que añadirle una potente caldera (con un coste de entre 300.000 y 400.000 euros) a la instalación para garantizar este secado de la astilla previo a la pelletización. El combustible para este presecado sería el propio material rechazado en los tamices que se quemaría en la propia planta.

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 posibles. Contaremos también con la colaboración de parte de personal de la central de biomasa, en aquellos momentos en que sea posible y necesario. En la relación de personal necesaria para el funcionamiento de la nueva planta, determinamos que deben existir 3 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 encargado de las carretillas de transporte, así como el encargado de colocar los sacos en los pallets, y su posterior almacenaje en el almacén destinado a este cometido.
- 1 encargado de estar en el puesto de control para asegurar el buen funcionamiento de toda la maquinaria.

Con este nivel de personal y acorde a la producción pronosticada la fábrica deberá trabajar a flujo continuo las 24 horas del día ya que la pelletizadora puede fabricar 2,75 t/h de media. En el caso de la planta de astillado se trabajará en un turno de 8 horas al día. Por lo que en plantilla tendremos 14 peones, los cuales podrán trabajar los 7 días de la semana teniendo 2 días de descanso a la semana.

Por otro lado, contaremos con el siguiente personal que trabajará durante un turno:

- Ingeniero Industrial destinado a planificar la producción, hacer cumplir las especificaciones del producto que fabricamos y hacer cumplir todas las normativas de seguridad
- 2 comerciales encargados de captar nuevos clientes y de dar a conocer nuestros productos, uno de ellos se dedicará al mercado nacional y el otro se centrará en las exportaciones al mercado europeo.

- 1 administrativo que se encargara de llevar los contratos con los clientes captados y se encargara de los balances económicos, cuentas de explotación, etc.

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.
- La comunicación por carretera.
- Conexión eléctrica a la red pues se instala conjuntamente con una central de cogeneración.

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. (35% del coste de maquinaria)

Formación del personal (4% del coste maquinaria).

Coste de obra civil que constará los siguientes inversiones:

• Nave cubierta de 800 metros cuadrados	170.000 €
• Vallado perimetral	35.000 €
• Oficinas e instalaciones personal y laboratorio	62.000 €
• Instalación eléctrica y fontanería	38.000 €
• Sistema de almacén de palets en altura	23.000 €
• Costes de urbanización del terreno	45.000 €
Total	373.000 €

INVERSIÓN INICIAL	
Maquinaria	1.025.700 €
Transporte, montaje, instalación y puesta en marcha	352.000 €
Formación de empleados	43.000 €
Obra civil e instalaciones	373.000 €
Licencias y permisos	74.000 €
TOTAL	1.867.700 €

Tabla 7: Inversión inicial.

5.2 Análisis de gastos

5.2.1 Gastos de personal fijo de la empresa

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:

Trabajan 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 12 €/h. Y se ha de tener en cuenta que trabajan en turnos de 8h y como mínimo estarán dos en planta trabajando.

- Administrativo:

Trabaja 5 días a la semana durante las 52 semanas del año, que da un total de 260 días laborables. El sueldo de este trabajador lo estimamos en 14 €/h. Solo trabaja en un turno de 8 horas.

- Gerente:

Trabaja 5 días a la semana durante las 52 semanas del año, que da un total de 260 días laborables. El sueldo de este trabajador con mucha responsabilidad y conocimiento lo estimamos en 16 €/h.

	Nº de empleados	Precio/hora (€/h)	Horas	Días	Salario anual
Peón	14	12	8	260	349.440 €
Gerente	1	20	8	260	41.600 €
Administrativo	1	14	8	260	29.120 €
TOTAL					420.160 €

Tabla 8: Gastos de personal fijo de la empresa.

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	26.700 €.
• Servicio de limpieza de instalaciones dos días a la semana.	7.300 €
• Gestoría y costes administrativos externos	12.600 €
• Servicios de Ingeniería y control técnico	18.800 €
Total	65.400 €

5.2.3 Gasto anual de electricidad

Del estudio de varios proyectos de plantas de pelletización que se han podido consultar nos sale de forma general un consumo eléctrico medio que se sitúa entre 9,5 y 10 Euros por tonelada de pellet producido. En el caso de la astilla este consumo es netamente inferior pues la astilladora y descortezadora generalmente va con gasoil por lo que se estimará en 2,4 Euros por tonelada el consumo para esta producción.

Coste energético pellet= 9,75 € x 20.000 Toneladas = 195.000 €

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

Coste energético total = 262.200 €

Dado el importante consumo eléctrico será interesante considerar la posibilidad de poner placas solares en la proximidad o como se ha comentado situar esta planta de producción unida a una planta de cogeneración eléctrica para garantizar el suministro ventajoso de electricidad y calor.

5.2.4 Gasto anual de gasoil

Del estudio de varios proyectos de plantas de pelletización que se han podido consultar nos sale de forma general un consumo de gasoil que se sitúa en unos 5 Euros por tonelada de pellet producido. En el caso de la astilla este consumo es de unos 4,1 Euros por tonelada el consumo para esta producción. Este consumo lo hace tanto el camión de transporte de materia prima, como las furgonetas o camiones de reparto, los vehículos de empresa y especialmente el consumo de la astilladora, trituradora y descortezadora que trabajan con gasoil.

Coste energético producción pellet= 5 € x 20.000 Toneladas = 100.000 €

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

Coste energético producción total = 214.800 €

Coste de gasoil del transporte y comercialización de los pellets y 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 48.000 Toneladas = 206.400 €

Gastos varios

Gastos de mantenimiento de maquinaria y repuestos:

Según a las empresas a las que hemos consultado el gasto de mantenimiento es cercano al 3,6 % del coste de maquinaria, por lo que para nos conlleva un gasto de 26.668,20 €.

A ello hay que sumar unos 32.000 € anuales que se considera de media es necesario gastar en repuestos principalmente de cuchillas que tienen mucho desgaste, etc. En total se estima en 58.668,20 el coste anual.

Gasto en electricidad, agua y acondicionamiento de oficinas y almacenes:

Calculamos que estará en torno al 8 % del gasto eléctrico destinado a la maquinaria, por lo que nuestro gasto es de **20.976,00 €**.

Gastos de oficina y seguros:

Estimamos unos gastos de oficina de unos 12.000 € y el gasto de un seguro multiriesgo tras consultar de, en torno a los 12.800 € al año. Haciendo un total de gastos de 24.800 €.

Gastos de certificación:

Es importante en los pellets contar con una certificación independiente que garantice la calidad del producto. Esto tiene un coste fijo de unos 3.200 Euros a lo que hay que sumar un coste de 0,15 € por tonelada de producto.

Coste = 3.200 € + 0,15€/ton x 20.000 Ton)= 6.200 €

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

Tomando unas necesidades de financiación de unos 1.800.000 €, a devolver en 15 años, supone un gasto anual 130.000 €, contando un interés anual del 7% tendríamos un gasto anual de 139.100 € 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 unas 80.000 toneladas verdes/año. Teniendo en cuenta que el precio en la actualidad de la tonelada de astilla se encuentra entre los 35 y 40 € el gasto estimado de materia prima será de unos 3.000.000 €/año.

Gastos en envases y embalajes:

Suponiendo una producción mayoritaria de sacos de pellets de aproximadamente el 70% de la producción y el resto en big bag principalmente. Tendríamos un coste anual de unos 45.000 euros en envases y de 25.000 euros en sacas. En total unos 70.000 Euros anuales.

Gastos varios:

Se ha considerado dejar unos 18.000 Euros anuales de costes extra que pueden surgir por averías inesperadas, disfuncionalidades en el operativo, incremento de los desplazamientos para venta del producto, etc.

5.2.5 Resumen de costes de producción

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

TOTAL GASTOS	
Gastos de personal fijo de la empresa	420.160 €
Otros gastos de personal a externalizar	65.400 €
Gasto anual de electricidad	262.200 €
Gasto anual de gasoil maquinaria	214.800 €
Gastos anual de gasoil en transporte	206.400 €
Gastos de mantenimiento de maquinaria	58.668 €
Gastos en electricidad, agua, acondicionamiento	20.976 €
Gastos de certificación	6.200 €
Gastos de oficina y seguros	24.800 €

Gastos de las instalaciones y maquinaria a amortizar y financiar en 15 años.	139.100 €
Gastos en materia prima	3.000.000 €
Gastos en envases y embalajes	70.000 €
Gastos varios	18.000 €
TOTAL	4.506.704 €

Tabla 10: Resumen de gastos.

5.3 Análisis de ingresos

En este apartado debemos separar los ingresos obtenidos mediante la venta de las astillas de los pellets, ya que en los segundos el precio es mucho mayor. El precio de venta de empresas o marcas conocidas lo estimamos en:

- Precio de venta de astilla: 80-90 €/tonelada al 10% de Humedad.
- Precio de venta de pellet: 170/180 €/tonelada.

Parte de la venta de astilla se hará directamente desde fábrica, precio planta que se situaría entre 70 y 80 euros y parte venta directa a consumidores de menor tamaño donde se podría pagar entre 90 y 100 euros. Lo mismo pasaría con el pellet con venta en planta o entrega a consumidor con dos precios distintos.

Como la producción anual estimada es de unas 28.000 toneladas/año de astillas y 20.000 toneladas/año de pellets el ingreso estimado será:

$$(28.000 * 85) + (20.000 * 175) = 5.880.000 \text{ €/año}$$

Cabe destacar que estos ingresos se podrán producir por la venta de nuestros productos tanto en el ámbito nacional como en ámbito europeo. En el caso del ámbito europeo, los pellets tendrán mucha mejor salida que las astillas, ya que su comercialización y transporte es mucho más sencilla.

6 CONCLUSIONES

Como se ha intentado justificar esta planta mixta de producción de pellet y astilla tendría una rentabilidad en principio mayor que una planta únicamente de pellet y consideramos que puede ser interesante para poder destinar la mejor astilla para la producción de pellet y tener un destino para esa astilla de menor calidad con aprovechamiento directo para alimentar grandes calderas que admitan un gran abanico de biomásas.

Como se ha comentado para una planta de producción de pellet, es un tipo de negocio que parece interesante poder instalar conjuntamente con una planta de cogeneración para aprovechar el calor residual para el proceso de secado de la astilla integrado dentro de la línea de producción de pellet.

7 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.

Analistas Financieros Internacionales (2018): *Balance socioeconómico de las biomásas en España 2017-2021*. Editorial Unión por la Biomasa.

Fernández Salgado, J. (2010). *Guía completa de la biomasa y los biocombustibles*. 1ª edición. Publicación: A. Madrid Vicente, ediciones.

Sánchez, M. (2017). *Ingeniería Química – Trabajo Fin de Grado: Planta de producción de pellets*. Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Sevilla.

Sebastián Nogués, F., García-Galindo, D. y Rezeau, A. (2010) *Energía de la biomasa*. Publicación Zaragoza: Prensas Universitarias de Zaragoza.

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

Asociación Española de Valoración Energética de la Biomasa:
www.avebiom.org

Energía y economía: www.omie.es

Institut Català d'Energia: www.gencat.cat/icaen

Instituto para la diversificación y ahorro de energía: www.idae.es



ARAGÓN infoenergía



ASIADER

Sierra de Albarracín
ASIADER
TRAMACASTILLA (Teruel)



tierras del moncayo

Tierras del Moncayo
ASOMO
TARAZONA (Zaragoza)



Bajo Aragón
Matarraña
OMEZYMA
TORREVELILLA (Teruel)



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



Campo de Belchite
ADECOBEL
BELCHITE (Zaragoza)



ADRI
Comarca de Teruel
ADRICTE
TERUEL



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



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