

ESTUDIO

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

PLANTA DE COGENERACIÓN A PARTIR DE ASTILLA



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	3
2	Análisis del mercado	6
2.1	La coyuntura del sector y situación del mercado	6
2.2	Proyecto ofertado	6
2.3	Potenciales clientes o destinatarios	7
2.4	Competencia.....	7
3	Descripción de la actividad	9
3.1	Tipo de central	9
3.2	Fuente de suministro	9
3.3	Proceso de producción.....	10
3.4	Localización	13
4	Instalaciones de la planta.....	15
4.1	Análisis del tamaño y potencia de la planta	15
4.2	Dimensiones de la planta.....	15
4.3	Maquinaria.....	16
4.4	Materia prima.....	17
4.5	Personal	18
4.6	Instalaciones auxiliares	19
5	Viabilidad económica	20
5.1	Presupuesto instalaciones fijas	20
5.2	Presupuesto necesario para la adquisición e instalación de la maquinaria.....	21
5.3	Análisis de gastos	21
5.3.1	Gastos de personal.....	21
5.4	Gastos de electricidad	22
5.5	Gastos varios	23

5.5.1	Resumen de gastos	24
5.6	Análisis de ingresos	24
5.6.1	Retribución de la energía producida	24
5.6.2	Retribución por el calor residual valorizado.....	26
5.7	Análisis de la viabilidad	26
5.8	Conclusiones sobre la viabilidad.....	28
6	Bibliografía.....	30
7	Ejemplos.....	31

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El potencial de biomasa disponible en España, bajo hipótesis conservadoras, se sitúa en torno a 88 millones de toneladas de biomasa primaria en verde, incluyendo restos de masas forestales existentes, restos agrícolas, masas existentes sin explotar y cultivos.

El Plan de Acción Nacional de Energías Renovables de España (PANER) 2011-2020, se desarrolló con vistas al cumplimiento de la *Directiva 2009/28/CE*. Uno de los objetivos de este plan, es el mayor desarrollo de las fuentes renovables correspondiente a las áreas de generación eléctrica, con una previsión de la contribución de las energías renovables a la generación bruta de electricidad del 42,3% en 2020, objetivo todavía lejano a día de hoy.

Específicamente, la producción de energía mediante biomasa forestal presenta tres grandes ventajas que la hacen única, como:

- Es la fuente renovable más beneficiosa para el medio ambiente por la posibilidad de implicarse en la gestión sostenible de las formaciones arboladas y mejorar su protección frente a los incendios forestales. Al mismo tiempo multiplica la reducción de emisiones frente a los combustibles fósiles.
- Dado que se necesita para su obtención una gestión con una alta demanda de empleo y también se puede cultivar y potenciar su desarrollo productivo, es la fuente renovable que más empleo potencialmente puede generar por unidad de energía producida y su cultivo permite la creación de riqueza y cohesión social, especialmente en ámbitos y zonas rurales degradadas, proporcionando así una alternativa al empleo agrícola.
- Es la fuente renovable más estable de todas, capaz de producir energía las 24 horas del día: pues no depende de que haga viento, luzca el sol o fluya el agua, es más barata de producir, y nuestro país tiene unas condiciones favorables para su desarrollo, lo que contribuiría a reducir las importaciones energéticas de España.

En el contexto de la biomasa forestal cabe destacar la astilla que es uno de los productos que se obtienen del aprovechamiento maderero del monte o puede obtenerse como un subproducto de la industria del aserrado. Consideramos que la principal apuesta de valorización de la biomasa debe venir de la astilla que constituye el combustible con mayor competitividad económica.

A este objetivo con destino a la biomasa forestal, en principio, se destinaría madera o residuos forestales que no fueran adecuados para ninguno de los

aprovechamientos que se consideran más nobles como sierra, canter, poste, estaca, etc. Pero como se comentó en el trabajo de inventario de recursos esto en algunos casos podría estar justificado el llevar maderas con otro uso industrial a biomasa por proximidad de esta valorización, etc.

La cogeneración es la producción combinada de electricidad y calor o frío, empleando como combustible, en este caso, la biomasa en su sentido amplio, es decir, a partir de biomasa brutas (tal como se recogen en el campo), pretratadas por compactación, astillado o molienda, o a partir de biomasa transformada mediante procesos termoquímicos (syngas) o biológicos (biogás). Calor residual, ya sea en un proceso industrial, ya sea para otros usos como la climatización de edificios.

La principal ventaja de la cogeneración es su mayor eficiencia energética ya que se aprovecha tanto el calor como la energía mecánica o eléctrica en un único proceso.

Si bien es un sistema de producción más oneroso y menos eficiente desde el punto de vista energético que el aprovechamiento térmico directo, la obtención de electricidad mediante biomasa reúne una serie de características (capacidad de almacenamiento, previsibilidad, posibilidad de regulación de la potencia obtenida) que la hacen atractiva desde el punto de vista de su participación en el conjunto de energías renovables. Como el resto de las energías renovables, ofrece ventajas en relación con el uso de energía fósil: cada MW de biomasa producido equivale, aproximadamente, a la reducción de 2.500 toneladas equivalentes de petróleo y evita la emisión de 2.700 t de CO₂ al año.

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

Cabe destacar en este sentido, el ejemplo a seguir países como Suecia, Noruega, Finlandia y Austria, líderes en el abastecimiento a través de las energías limpias.

1.2 Objeto

El presente documento tiene por objeto describir un modelo de negocio basado en la valorización de astilla en una planta centralizada para producción de energía eléctrica y de calor (agua caliente e incluso generación de frío) a ubicar en área de gran consumo calorífico como polígono industrial, gran empresa, gran concentración de granjas o de población, etc.

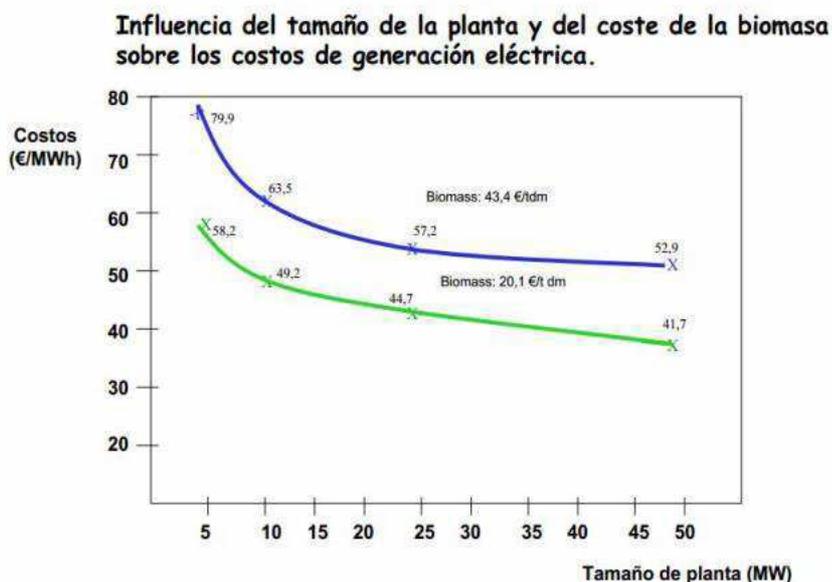
Es decir, se tratará de una central de biomasa de cogeneración que producirá energía eléctrica y térmica. Es muy importante como se verá en el estudio económico para justificar la inversión el poder contar con un aprovechamiento mixto de electricidad y calor pues da mucha mayor viabilidad económica y técnica al proyecto. Incluso este calor, que de otra manera se perdería por los

límites en los coeficientes de conversión de la energía calorífica a eléctrica que se sitúan generalmente por debajo del 25%.

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:

- Ubicarse en una zona próxima a superficies forestales y/o agrícolas que sean aprovechadas y garanticen un suministro continuo y suficiente de biomasa forestal. También puede ser muy interesante poder estar próximas a industrias que generen muchos subproductos con posibilidad de generación calorífica que pueda ser interesante para reducir los costes de gestión de estos residuos del proceso industrial.
- Ubicarse en una zona próxima a un potencial gran consumidor de calor o vapor como puede ser una gran industria alimentaria o textil, inmediaciones de polígono industrial, urbanización o población, etc.
- Sería muy interesante mirar también una necesidad de frío para mejorar el aprovechamiento calorífico del sistema. Es lo que se denomina la trigeneración.



En la actualidad, los costes de producción eléctrica con biomasa en la UE se sitúan en 50 – 120 €/MWh, aproximadamente el doble que los de generación convencional, que son de 30 – 60 €/MWh.

1.4 La Trigeneración

Es un procedimiento similar a la cogeneración; en el que se consigue frío, además de energía eléctrica y calor típicos de la cogeneración.

Para la obtención de frío se utiliza un proceso de absorción, con el que se genera frío a partir de una fuente de calor.

En la época estival, la demanda de calor disminuye considerablemente, por lo que el calor producido en los equipos de cogeneración puede aprovecharse para generar frío para el aire acondicionado necesario en esta época. De esta forma se consigue a partir de una energía primaria tres tipos de energía, junto con un importante ahorro económico. Es, por ello, una buena alternativa para el medio ambiente, al reducir el consumo eléctrico.

Poseen un alto rendimiento y por ello, las plantas de trigeneración permiten reducir el coste energético de los procesos productivos en los que se necesiten grandes cantidades de calor en forma de vapor o agua caliente, frío industrial o energía eléctrica.

La trigeneración es aplicable al sector terciario, donde además de necesidades de calefacción y agua caliente se requieren importantes cantidades de frío para climatización.

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

Las máquinas de absorción se aplican cuando existe una demanda de frío, bien sea para algún proceso de fabricación, climatización, congelación o conservación, y una energía residual. La instalación de una máquina de absorción nos permite tener una curva de demanda térmica más homogénea a lo largo del año, permitiendo aumentar el tamaño de la instalación de cogeneración.

Las plantas de trigeneración están compuestas por una planta de cogeneración a la que se le añade un sistema de absorción para la producción de frío.

Los sistemas de cogeneración donde se integran habitualmente máquinas de absorción para producción de frío son aquellos que emplean motores alternativos o turbinas de gas, tanto en ciclo simple como combinado.

En un sistema de refrigeración por absorción, la energía que acciona el generador de frío es calor en forma de agua caliente, producida en una caldera de biomasa.

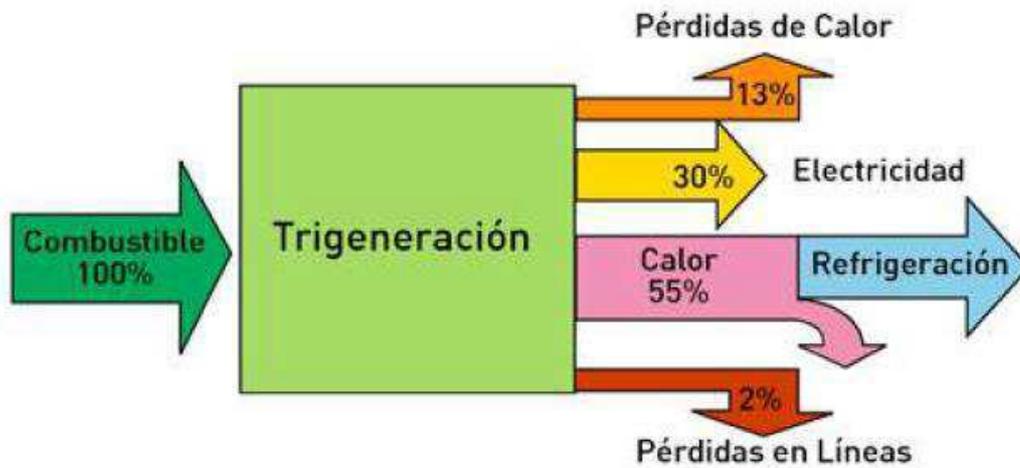


Figura 1: Esquema de abastecimiento energético con trigeneración

2 ANÁLISIS DEL MERCADO

2.1 La coyuntura del sector y situación del mercado

La cogeneración -tras más de 30 años de operación en España - ha jugado un significativo y activo papel en la política energética, siendo sobre todo eficaz para contribuir decisivamente al desarrollo de diferentes objetivos nacionales, en el ámbito de las políticas industriales, energéticas y ambientales.

La cogeneración es parte de la solución a los retos de transición energética que afrontamos en España, una solución en relación abierta e incluyente con la industria, la energía y la descarbonización competitivas de la economía.

La Asociación Española de Cogeneración, que agrupa a 153 grupos industriales presentes en la actividad de cogeneración en unos 600 emplazamientos, presenta tres objetivos determinados y en secuencias progresivas, imprescindibles para mantener, desarrollar y potenciar el papel de la cogeneración en la transición energética:

- Mantener la continuidad de las cogeneraciones en funcionamiento al alcanzar su actual vida útil regulatoria.
- Desarrollar el potencial existente de nuevas cogeneraciones y modificaciones sustanciales a 2030.
- Descarbonizar al límite la cogeneración hacia el 2050.

Se estima que, en la actualidad, el 12% de la electricidad que se produce en España procede de la cogeneración, estando asociado a ella unos 200.000 empleos industriales (directos e indirectos).

El avance tecnológico producido tanto en la maquinaria de extracción y manejo de la biomasa, como en los procedimientos de transformación, crea un escenario de disponibilidad de equipos y tecnologías fiables, que permite acometer proyectos de producción eléctrica con aprovechamiento del calor residual, ya sea en un proceso industrial, ya sea para otros usos como la climatización de edificios, etc. También como se ha apuntado muy interesante el incluir el aprovechamiento del frío para incrementar la viabilidad económica de estos proyectos.

2.2 Tema normativo

La sucesión de normativas que modifican el marco legal sobre el que se desarrolla la producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovable ha generado una notable inestabilidad del marco regulador, condicionando la expansión de estas tecnologías y su pulso innovador. En este sentido, desde 2007 hasta la entrada en vigor en 2014 de la última ley que

actualmente guarda vigencia, se han aprobado en España once normativas diferentes para regular la producción renovable. En concreto, la biomasa se ha visto especialmente afectada por la moratoria decretada en 2012 (Real Decreto Ley 1/2012) al encontrarse faltos de inscripción en el registro de preasignación la inmensa mayoría de proyectos en construcción (pues no había riesgo de alcanzarse el objetivo 2020 para el sector en el corto-medio plazo) y también por el cambio en la manera de actualizar las retribuciones a las renovables (Real Decreto-ley 2/2013) utilizando el IPC subyacente (IPC sin los productos energéticos ni los alimenticios sin elaborar) en lugar del IPC como se había hecho hasta ese momento.

Debe permitirse que las instalaciones de biomasa que ya están en funcionamiento (inversiones ya acometidas) produzcan el número de horas máximo para el que fueron dimensionadas (más de 8.000 h/año), para lo cual debería mantenerse la percepción de retribución a la operación (R o) a partir de las 6.500h.

2.3 Proyecto ofertado

Se oferta, para un determinado ámbito territorial, la producción combinada de electricidad y calor, empleando como combustible la biomasa, concretamente la astilla procedente de aprovechamientos forestales. Muy importante para la ubicación del mismo el tener una demanda de calor importante en la proximidad incluso más que la situación con respecto a los recursos biomásicos. También ayudará mucho a la viabilidad del proyecto la posibilidad de localizar importantes necesidades de frío industrial con máquinas de absorción para garantizar un consumo también importante en el verano, cuando puede disminuir el consumo de calor para calefacción, o todo el año.

2.4 Potenciales clientes o destinatarios

Se identifican los siguientes destinatarios:

- Área / Polígono industrial con empresas con grandes consumos caloríficos y/o de vapor industrial y/o de frío.
- Área / Polígono con abundancia de explotaciones agropecuarias.
- Urbanización / Área con elevada densidad de población residenpoder abastecer completa o parcialmente el consumo eléctrico de una zona de alguna de estas tipologías y/o tener capacidad de evacuación de la energía eléctrica sobrante y especialmente disponer de gran consumo de calor y o frío para procesos industriales o necesidades domésticas.

2.5 Competencia

No existen en la actualidad un número significativo de plantas cogeneradoras a partir de astilla, a nivel nacional, por supuesto tampoco existe esta problemática en la zona de estudio donde los recursos potencialmente movilizables a día de hoy podrían perfectamente justificar el desarrollo de este negocio en la mayoría de ubicaciones turolenses. Se considera que el factor que mayor importancia jugaría en la viabilidad económica sería más bien la existencia de una demanda calorífica o de frío que aprovechará el inmenso excedente energético de la transformación en energía eléctrica del calor de la combustión.

Cabe destacar que la instalación en sí debe estar próxima a la fuente de astilla y aneja al consumidor lo que facilita que cualquier promotor que apueste por esta energía elija su ubicación en el territorio.

3 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

3.1 Tipo de central

La central de biomasa será de cogeneración para el aprovechamiento complementario de la energía eléctrica y térmica. Elegimos la cogeneración ya que este tipo de centrales conllevan a un rendimiento global más elevado al darle un uso al 75% del calor que en principio no es válido para la producción de electricidad y sería en principio un excedente a evacuar. Se trata de un sistema altamente eficiente debido a que el calor exportado a la red térmica es el producido durante el proceso de generación de la electricidad y supone, por tanto, el aprovechamiento del calor residual. Se mejoraría de forma óptima el sistema si se apuesta finalmente también por una generación de frío industrial

De esta forma, además de la exportación de la energía eléctrica a la red, se podrá abastecer a los usuarios de la zona (industria o núcleo cercano) para usos de calefacción y agua caliente sanitaria mediante una red de distribución, cuya eficiencia dependerá de las demandas térmicas de la zona. Como se ha dicho si se combina con la generación de frío se podrá incrementar en mayor medida el aprovechamiento de este calor residual y se optimiza el proyecto.

3.2 Fuente de suministro

Para la producción de energía utilizaremos los recursos forestales, es decir, la biomasa residual o madera de mala calidad procedente de prácticas silvícolas de limpieza, poda y cortas sanitarias. Se aprovecha por tanto los restos de madera, ramas, cortezas, raberones y tocones o raíces. Este tipo de grandes calderas suelen tener una admisibilidad muy amplia de calidades de esta astilla ya sea en su tamaño, forma, limpieza, homogeneidad, humedad, etc.

También se podrían emplear como fuente complementaria o principal los residuos agrícolas o agroindustriales. Toda esta biomasa, tanto forestal como agrícola, presenta la ventaja de su disponibilidad constante. Esta propiedad hace que la biomasa sea la energía renovable más fácil de gestionar, permitiendo crear un stock energético para los momentos en que las otras fuentes no se encuentren disponibles.

Además, si se potencia la vía de suministro de restos forestales para estas centrales se está también consiguiendo los siguientes objetivos:

- Reducir el riesgo de incendios y los gastos asociados a su prevención y extinción.
- Favorecer que los montes actúen como sumideros masivos de CO₂ y su aprovechamiento energético permitirá cumplir los objetivos de la Unión Europea. Hay que tener en cuenta que la silvicultura es vital para

incrementar el crecimiento de las masas, la mejora de su calidad y con ello el incremento de producción de madera de calidad que hace de sumidero a largo plazo. Además al mejorar la protección frente a los incendios forestales estos bosques retienen en vivo ese carbono en la superficie terráquea.

- Impulsa más que ninguna fuente de energía renovable la creación de empleo y la revitalización de zonas rurales y agrícolas.
- Mejor gestión y utilización de los espacios y estética ambiental.
- Apoyo a la regeneración natural de la masa principal.
- Menor riesgo de plagas forestales

Como inconvenientes:

- Aumento del peligro de erosión por la reducción de la cubierta vegetal.
- Pérdida de fertilidad por extracción de nutrientes.
- Escasa concentración espacial.
- Ubicación en terrenos de difícil accesibilidad.

Estos riesgos se pueden minimizar planificando los trabajos de extracción y actuando en los lugares y condiciones adecuadas.

Una vez sabemos cuál va a ser nuestra materia prima, ahora debemos de conocer cómo vamos a transformar la misma en energía eléctrica y térmica. A continuación, describiremos el proceso de producción de la planta de cogeneración que se podría proponer para una ubicación interesante de la provincia de Teruel.

3.3 Proceso de producción

Recepción, tratado y almacenamiento de la materia prima:

El combustible principal de la instalación para nuestra planta proyectada van a ser los residuos forestales (en forma de troncos, ramas, tocones, brotes y cortas sanitarias) que ya han sido abatidos, procesados y descortezados son transportados y almacenados en la central. Si como materia prima, recurrimos a la compra de astilla, esta debe ser transportada previamente hasta las instalaciones donde se podrá verificar su calidad. También se podrán emplear residuos agrícolas con interés biomásicos que también se acercarán al centro de producción y principalmente a sus campos.

En principio las astillas y el material biomásico se acopiará en las proximidades de la planta en campos próximas al punto de entrada de la caldera y la cadena de producción. Allí se someterá a un control de calidad (báscula) para verificar su poder calorífico, el porcentaje de humedad y el contenido en cenizas antes de su quema. La astilla se podrá dejar con una lona textil impermeable para

protegerla de las precipitaciones y podrá idearse algún sistema para utilizar parte del calor residual para reducir la humedad de los combustibles que generalmente presentan valores altos. Estamos hablando de un proceso de presecado que puede ser muy interesante cuando hay una importante cantidad general o temporal de aprovechamiento térmico no utilizado. Este presecado se puede hacer mediante la conducción a estos acopios de los gases de combustión o mediante la realización de líneas de vapor o agua que intercambien ese calor en el montón.

En la tabla siguiente se observa las características básicas de los distintos combustibles que se podrían emplear para quemar en las calderas de este proyecto. Las astillas con un adecuado sistema de presecado pueden coger unos valores de humedad muy favorables pero en muchos casos se podrá funcionar con humedades más altas del uso directamente de los distintos combustibles que se consigan.

	Astillas	Leñas y ramas	Coníferas	Fronosas
PCI (KJ/Kg)	13.182	15.006 – 10.659	12.257 – 11.077	14.087 – 9.948
Humedad (%)	25	20 - 40	20 - 40	20 - 40
Densidad (kg/m³)	250	400	350 - 700	350 – 700
Cenizas (%)	1	1,5	1,5	1,5

Tabla 1: Características básicas de la materia prima. **Fuente:** Energía de la biomasa. IDAE.

Proceso de combustión de la materia prima:

Una caldera de biomasa es un intercambiador de calor en el que la energía se aporta por un proceso de combustión de la materia prima. En la combustión de biomasa se libera CO₂ a la atmósfera, el mismo CO₂ que absorbió la materia orgánica vegetal de la atmósfera durante su crecimiento. De esta forma nos encontramos con un balance neutro de las emisiones de CO₂. Para su correcta combustión, es necesario un sistema de entrada de aire (primario y secundario).

Durante el proceso de combustión de la biomasa, la energía mecánica que se produce es debida a la expansión del vapor de alta presión procedente de la caldera. En la caldera, el agua que circula por el interior, proviene del tanque de alimentación.

El agua, antes de entrar en la caldera, pasa por un economizador donde es precalentada mediante el intercambio de calor con los gases de combustión procedentes de la caldera. Estos gases son sometidos a un proceso de recirculación por la caldera para reducir las partículas en suspensión que

podría haber y así, aprovechar al máximo el poder energético y reducir las emisiones a la atmósfera.

Generación de energía eléctrica y térmica:

El vapor de alta presión generado en la caldera se expande en la turbina, que es la encargada de mover el rotor del generador eléctrico, accionada por la energía mecánica del vapor de agua a presión. De esta forma, se produce energía eléctrica que, una vez elevada su tensión en los transformadores, es vertida al sistema mediante las líneas de transporte correspondientes.

El alternador está formado por el estator y el rotor. El estator es la armadura metálica que cubre el rotor y donde en su interior se encuentran unos bobinados de cobre. El rotor está formado por un eje y por los bobinados de inducido. Cuando éste gira a gran velocidad, debido a la energía mecánica aplicada en las turbinas, se producen unas corrientes en los bobinados de cobre del interior del estator. Son estas corrientes que proporcionan al generador una fuerza automotriz capaz de producir energía eléctrica a cualquier sistema conectado a él.

El vapor de agua que sale de la turbina es transformado en líquido en el condensador que funciona como un gran intercambiador de calor. Tiene forma de cilindro y en su interior circulan unos tubos con un líquido refrigerante, agua a temperatura baja, procedente de la torre, cuya función es condensar el vapor al entrar en contacto con los tubos fríos. Esta cantidad de agua variará en función del incremento de la temperatura permisible en el agua de refrigeración y del volumen de vapor que generemos en esta planta.

El calor, producido durante la generación de electricidad, evacuado en el condensador, pasa a un intercambiador donde este se aprovecha para la producción de energía térmica. El líquido sobrante, se envía nuevamente mediante una bomba impulsora a la caldera donde se junta con el agua procedente del tanque de alimentación. De esta forma, cerramos el circuito principal del agua de la central. Este ciclo que sigue el agua/vapor en la generación de energía eléctrica se llama ciclo de Rankine.

Escape de humos y cenizas

Los gases procedentes de la combustión son depurados en un electrofiltro (ciclón y filtro) que actúa precipitando las partículas que transporta el gas antes de ser vertido a la atmósfera a través de la chimenea. De esta forma, depuramos los humos que vertemos a la atmósfera. Las partículas restantes, junto con las cenizas de la combustión, son conducidas a un cenicero para ser utilizadas como fertilizantes para la industria agrícola (abonos) o como componente del cemento en una industria cementera.

3.4 Localización

Los dos principales factores a considerar para la ubicación de la planta son la logística del recurso de biomasa a utilizar y la concentración de demanda calorífica suficiente para garantizar la viabilidad del proyecto. En provincias de Teruel con recursos biomásicos disponibles actualmente por todo su territorio a razonables distancias es quizás la concentración de demanda calorífica, e incluso de frío, el factor con mucha mayor incidencia. La existencia de un polígono o un gran consumidor residencial podrá justificar en muchas localizaciones la apuesta por este territorio frente a otro.

Debe seleccionarse un emplazamiento donde el balance de densidad demanda-generación sea el más equilibrado posible y que el aprovisionamiento de la biomasa seleccionada a la central tenga unos costes de transportes no excesivos.

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:

- La cercanía a polígonos industriales o actividades agropecuarias que demanden calor o mejor vapor de agua en sus producciones.
- La existencia de biomasa disponible en relación a costes de extracción y transporte a la planta de valorización.
- La cercanía a núcleos de población importantes.
- La comunicación por carretera.

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

3.5 Costes estimados de generación

Son necesarias centrales térmicas específicas con calderas adecuadas al bajo poder calorífico de la biomasa, a su alto porcentaje de humedad, a la heterogeneidad de la materia prima y al gran contenido en volátiles. Comparativamente, el rendimiento es menor y las inversiones son mayores que si se utilizara combustible convencional. Además, se ha de resolver también la mayor complejidad en la logística del aprovisionamiento de la biomasa. La gran demanda de combustible obliga a asegurar un abastecimiento continuo, que se encarece conforme aumenta la distancia de procedencia; en este aspecto, los promotores deben hacer un balance entre las elevadas inversiones que requieren las centrales de pequeña potencia (por debajo de 10 MW) y las dificultades de operación y de logística de las centrales mayores, que exigen un abastecimiento mayor. La instalación de centrales de pequeña potencia también ha tenido el freno de la tecnología disponible: las tecnologías tradicionales de generación o cogeneración para

biomasa con turbinas de vapor están indicadas para grandes potencias ya que la economía de escala tiene una gran incidencia; nuevos sistemas basados en la gasificación permiten nuevos planteamientos de producción en régimen de generación o cogeneración para pequeñas potencias y consumos. Futuro está en implantar instalaciones autónomas de generación eléctrica de entre 5 y 50 MWe a partir de cultivos energéticos con costes medios de 0,05 €/kWh o menores.

Tabla 12.8. Costes de generación de energía eléctrica con biomasa (unidad c€/kWh) en 2010 y previsión para 2020

Potencia de la planta	Categoría de combustible	2010	2020
10 a 20 MW	b.6.1.	17,7 - 20,0	16,8 - 18,7
10 a 20 MW	b.6.3.	13,6 - 15,5	12,9 - 14,6
2 MW	b.6.1.	25,2 - 27,6	22,0 - 25,7
2 MW	b.6.3.	20,8 - 21,9	18,0 - 20,6

Fuente: Plan de Energías Renovables 2011-2020. IDAE

Tabla 12.9. Estimación de precios de compra de biomasa según tipo de central de generación. Biomasa con un PC de 3.000 kcal/kg puesta en planta con una humedad en torno al 20%

	€/t
2 MW caldera más turbina	
b.6.1. (16,8096 c€/kWh)	35,52
b.6.3 (13,2994 c€/kWh)	13,74
10 MW caldera más turbina	
b.6.1. (15,5084 c€/kWh)	64,45
b.6.3 (12,5148 c€/kWh)	41,02
20 MW caldera más turbina	
b.6.1. (15,5084 c€/kWh)	79,85
b.6.3 (12,5148 c€/kWh)	52,68

Fuente: Plan de Energías Renovables 2011-2020. IDAE

Considerando los márgenes de beneficio de los agentes intermedios y la traducción de estos precios al 45% de humedad, el estudio del IDAE concluye que, bajo las condiciones actuales, la movilización de la biomasa forestal sólo sería rentable desde el punto de vista del balance coste / ingresos para las plantas a partir de mediana potencia (10 MW) y, en este último caso, únicamente sería posible movilizar una pequeña parte de la biomasa potencial disponible, dado que los costes de extracción superarían en general el umbral de precios que las plantas estarían dispuestas a pagar.

4 INSTALACIONES DE LA PLANTA

4.1 Análisis del tamaño y potencia de la planta

Se pueden diferenciar tres tipos de central en función del consumo energético que suponen y principalmente a la potencia eléctrica que pueden alcanzar.

Se ha establecido esta clasificación a partir de unos análisis del consumo aproximado de las centrales de biomasa similares existentes en España. El consumo de la planta está directamente ligado al tamaño de la central a igualdad de horas de funcionamiento de la planta y normalmente estas instalaciones se diseñan para un funcionamiento máximo.

Planta	Consumo energético	Potencia (MW)
Tipo 1	Bajo	0,1 - 1
Tipo 2	Medio	1 - 4
Tipo 3	Alto	4 - 7

Tabla 2: Tipos de central en función del consumo energético.

4.2 Dimensiones de la planta

Vamos a considerar un proyecto tipo medio de unos 3,5 MW eléctricos. Ello supondrá que para su génesis será necesaria una caldera de entre 10 y 15 MW térmicos con lo que se generará un excedente de unos 10 MW de calor.

Para su dimensionado debe tenerse en cuenta:

- Maquinaria.
- Materia prima.
- Personal.
- Estudio de las necesidades por medios o Instalaciones.
- Distribución de la Planta. SPL.

4.3 Maquinaria

Los equipos necesarios más característicos para conseguir la generación de electricidad por medio de cogeneración descrita en el apartado referente al proceso de producción, serán los siguientes:

- Trituradora Fija (la opción de una móvil no se ve como muy necesaria).
- Equipo de transporte de materia prima.
- Sistema de generación de calor con una caldera.
- Sistema de refrigeración y condensación.
- Turbina de vapor.
- Alternador.
- Depósitos.
- Sistema de Pesaje.
- Vehículos de transporte interno.
- Interconexión eléctrica.

Equipo	Unidades	Potencia
Trituradora fija	1	130
Caldera	1	110
Turbina	1	100
Alternador	1	65
Sistema de refrigeración	1	105
Depósito de agua	1	
Equipo de transporte interno	1	40
Equipo de pesaje	1	
Equipo de transporte	1	
TOTAL	2	

Tabla 3: Potencias eléctricas de la maquinaria necesaria en la Planta.

4.4 Materia prima

Para dimensionar la materia prima necesaria para nuestra planta, nos basamos en dos puntos fundamentalmente:

- Cantidad de trabajo de nuestra planta:

Para este punto hemos estimado que trabajará durante 11 meses y un mes se dejará de producir energía para el mantenimiento integral del sistema principalmente. Esta estimación supone que el periodo de funcionamiento anual de la planta será de entorno a las 8.000 horas anuales.

- Cantidad de materia prima necesaria por hora.

Dependerá principalmente por un lado de las necesidades de calor del sistema para generar la producción eléctrica buscada y por otro lado de las características del combustible biomásico que se utilice..

Por ello dependerá del calor necesario a producir en la caldera para que se alcance la Potencia de vapor que necesita nuestra turbina para alcanzar su producción de trabajo, este dato lo podemos obtener en las especificaciones técnicas de la turbina seleccionada, en nuestro caso es de 3.500 kW y que tendrá estudiado su porcentaje de conversión de la energía calorífica en eléctrica.

Pero por otro lado también será muy importante el poder calorífico de nuestra astilla o combustible que en nuestro caso proponemos utilizar fundamentalmente materia prima proveniente de coníferas con diferentes grados de humedad. En este caso utilizaremos como valor medio de poder calorífico 2.300 a 2.750 (kcal/kg) pues se trabajará generalmente con combustibles con una media del 40% de humedad que generalmente no son objeto de tratamientos previos de presecado, etc.

	PCS (kcal/kg) Humedad 0%	PCI (kcal/kg) Humedad 20%	PCI (kcal/kg) Humedad 40%
Leñas y ramas	4.600	3.310	2.340
Serrines y virutas	4.630	3.580	2.600
Corteza	4.670	3.780	2.760

Tabla 4: Poderes caloríficos de diferentes tipos de biomasa forestal. **Fuente:** IDAE.

Necesidades de Materia prima =

Se estima un total de materia prima anual de unas 44.800 toneladas de distinta naturaleza que se concretaría en función de los recursos finalmente con los que se contara para el desarrollo de la planta. Son biomasa en general de mala calidad.

4.5 Personal

El personal que estará ligado directamente con el proceso de producción será el menor posible para ahorrar gastos, aun así, esta será la relación de personal necesaria para el funcionamiento de la planta, en el cual determinamos que deben existir 2 personas en todo momento:

- 1 encargado de la pala cargadora para suministrar de astilla el proceso, además de auxiliar y ayudar al encargado del puesto de control.
- 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 planta deberá trabajar a flujo continuo las 24 horas del día. Por lo que en plantilla tendremos 9 trabajadores, 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:

- 1 ingeniero Industrial destinado a planificar la producción, hacer cumplir las especificaciones del producto que fabricamos y hacer cumplir todas las normativas de seguridad.
- 4 encargados de mantenimiento de toda la maquinaria para evitar posibles paros de la producción. Estos deberán estar disponibles 24 h, ya que indispensable que no se produzca ninguna interrupción en el proceso de producción.
- 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.

4.6 Instalaciones auxiliares

Se estima, además, que la planta deberá contar con las siguientes instalaciones auxiliares:

- Área de oficinas.
- Almacén (dadas las características de la planta, se estima una superficie mínima de unos 1.500 m²).
- Área de comedor / cocina.
- Servicios higiénicos que incluyan una zona de botiquín.
- Zona de aparcamiento.

5 VIABILIDAD ECONÓMICA

5.1 Presupuesto instalaciones fijas

Para realizar el presupuesto nos hemos basado en la memoria constructiva y se han contrastado los costes con las valoraciones con diferentes proyectos con superficies muy parecidas a las que la planta propuesta necesitaría.

Se ha estimado dentro del estudio de costes cero euros para la adquisición de terreno teniendo en cuenta que por el interés del proyecto se podrá conseguir en situación muy ventajosa el mismo y es algo que allí estará y no se le presupone una pérdida de valor con el tiempo. El resto de costes son los propios para albergar la maquinaria y todo el sistema de alimentación de la caldera y la posterior evacuación de la energía.

Capítulo	Descripción	Importe €
1	Adquisición del terreno	0
2	Edificación	660.000
2.1	Cimentación	60.000
2.2	Estructura portante	190.000
2.3	Estructura horizontal	130.000
2.4	Fachada exterior	120.000
2.5	Cubierta	90.000
2.6	Sistema de compartimentación	40.000
2.7	Sistema de acabados	30.000
2.8	Gastos de urbanización	180.000
2.9	Otros gastos	120.000
3	Instalaciones	40.000
4	Interconexión eléctrica	130.000
5	Ingeniería y dirección	110.000
TOTAL		1.900.000

Tabla 5: Presupuesto instalaciones fijas.

5.2 Presupuesto necesario para la adquisición e instalación de la maquinaria.

Una vez realizado el análisis del dimensionado de la planta, donde hemos estimado los presupuestos tanto de maquinaria como el presupuesto de instalación de la misma.

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).
- Licencia y permisos.

Inversión inicial	
Maquinaria industrial: Caldera y turbina del sistema	3.500.000
Transporte, montaje, instalación y puesta en marcha	1.100.000
Formación del personal	140.000
Maquinaria auxiliar de carga y transporte, etc	850.000
Licencias y permisos	150.000
Maquinaria auxiliar del proceso industrial	350.000
TOTAL	6.090.000

Tabla 6: Costes adquisición e instalación de la maquinaria térmica y de producción eléctrica.

5.3 Análisis de gastos

5.3.1 Gastos de personal

Estos son los gastos considerados para cada puesto de trabajo:

- Operarios:
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. –
- Administrativo:

Trabajarán 5 días a la semana durante las 52 semanas del año, lo que da un total 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.

- Operación de mantenimiento:

Trabajarán 5 días de 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 16€/h. Y se ha de tener en cuenta que trabajan en turnos de 8h, deberán estar disponibles las 24h, por si ocurriera cualquier eventualidad en la planta.

- Ingeniero:

Trabjará 5 días de 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 20€/h. Y se ha de tener en cuenta que trabajan en turnos de 8h.

	Nº empleados	Precio/hora (€/h)	Horas	Días	Salario anual (€)
Operario	9	11	8	260	205.920
Administrativo	1	12	8	260	24.960
Operario de mantenimiento	4	16	8	260	133.120
Ingeniero	1	20	8	260	41.600
TOTAL					405.600

Tabla 7: Gastos anuales de personal.

5.4 Gastos de electricidad

La carga eléctrica que es necesaria para el funcionamiento de nuestra planta, fue estimada en unos 550 kW.

	Potencia demandada	Precio KW (€/h)	Horas	Días	TOTAL
Gasto de electricidad	550	290.13 ³⁰	24	260	453.000 €

Tabla 8: Gastos anuales de electricidad.

5.5 Gastos de maquinaria a 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 en trabajos de carga y descarga y en la propia astilladora, trituradora y descortezadora que trabajan con gasoil.

Coste energético gasoil = 4,1 € x 44.800 Toneladas = 183.680 €

5.6 Gastos varios

Gastos de mantenimiento y repuestos de maquinaria:

Según a las empresas a las que hemos consultado este gasto es cercano al 4 % del coste de maquinaria, por lo que para nos conlleva un gasto de 243.600 €.

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 36.240 €.

Gastos de oficina y seguros:

Estimamos unos gastos de oficina de unos 15.000 € y el gasto de un seguro multiriesgo tras consultar diversas aseguradoras nos estiman un seguro cercano a 14.500 €. Haciendo un total de gastos de 29.500 €.

Gastos de financiación de instalaciones y maquinaria:

Tomando el presupuesto de 7.990.000 € a devolver en 15 años, supone un gasto anual 535.000 €, contando un interés anual del 7%, tendríamos un gasto anual de 572.000€ 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 44.800 toneladas biomasa verde/año. Teniendo en cuenta que el precio en la actualidad de la tonelada de astilla se encuentra entre los 40 €/tonelada, el gasto estimado de materia prima será de 1.792.000 €/año.

Gastos varios:

Se ha considerado dejar unos 34.000 Euros anuales de costes extra que pueden surgir por averías inesperadas, disfuncionalidades en el operativo, incremento de los desplazamientos para venta del producto, etc.

5.6.1 Resumen de gastos

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

GASTOS TOTALES	
Gastos de personal	405.600 €
Gastos de mantenimiento y repuestos de maquinaria	243.600 €
Gastos de electricidad	453.000 €
Gastos de gasoil	183.680 €
Gastos de electricidad, agua y acondicionamiento	36.240 €
Gastos de oficina y seguros	29.500 €
Gastos en financiación	572.000 €
Gastos varios	34.000 €
Gastos de materia prima	1.792.000 €
TOTAL	3.749.620 €

Tabla 9: Resumen de gastos.

5.7 Análisis de ingresos

5.7.1 Retribución de la energía producida

El beneficio anual de la central de biomasa vendrá en primer lugar de la venta de la energía eléctrica a cualquier compañía.

La retribución por la electricidad entregada por una cogeneración de biomasa varía en función de la potencia eléctrica de la planta (mayor o igual de 2 MW) y del combustible utilizado.

En función del combustible, la planta se clasifica como "Residuos de aprovechamientos silvícolas de masas forestales, y la biomasa generada en las labores de mantenimiento de espacios verdes".

Para el cálculo de la retribución de la energía producida consideraremos la venta a una tarifa regulada, ya que ocasiona menos gastos de gestión y menores riesgos causados por la fluctuación del mercado.

El precio final de venta de la electricidad queda de la siguiente manera:

$$PTF = Ptr + CR + DH - Des$$

Ptr: Tarifa regulada

CR: Complemento por energía reactiva

DH: Complemento por discriminación horaria

Des: Repercusión del coste del desvío por la variación entre la previsión y la exportación real de energía.

Cálculo el Ptr, tarifa regulada:

$$Ptr = \text{Precio de tarifa regulada} * \text{Energía generada}$$

$$\text{Energía generada (KWh)} = \text{Potencia Turbina (kW)} * \text{Horas anuales (h)}$$

$$\text{Energía generada} = 3.500 \text{ Kw} * 8.000 \text{ horas} = 28.000.000 \text{ KWh}$$

Nuestra tarifa es de 11,8294 c€/kWh, viene definido en función de la materia prima utilizada y en función de los años de utilización.

$$Ptr = 0,118294 * 28.000.000 = 3.312.232 \text{ €}$$

Cálculo CR, complemento por energía reactiva:

Suponiendo un factor de potencia igual a 1 durante las 24 horas del día, sólo se produce una bonificación del 4% sobre la energía producida en horas llano que son la cuarta parte del tiempo de la energía generada (suponiendo potencia constante las 8.000 horas de operación).

$$CR = 0,04 * 0,25 * 28.000.000 * 0,078441 = 21.963,48 \text{ €}$$

Cálculo DH, discriminación horaria:

Suponiendo una producción constante a lo largo de todas las horas del día, el balance entre descuentos y bonificaciones es del 0,175% sobre el Ptr, es decir:

$$DH = 3.312.232 + 0,00175 = 5.796,406 \text{ €}$$

Cálculo Des, desvío entre la previsión y la exportación:

Este valor ha sido definido anteriormente en el cálculo del gasto de electricidad generada por nuestra maquinaria, el coste asciende a 453.000 €.

$$PTF = Ptr + CR + DH - Des$$

$$PTF = 3.312.232 + 21.963,48 + 5.796,406 - 453.000 = 2.886.991,90 \text{ €}$$

La retribución total de la energía producida es de 2.886.991,90 €, es decir, 103,10 €/MWh

5.7.2 Retribución por el calor residual valorizado.

Como se ha podido comprobar en la operación anterior los ingresos por la producción de energía eléctrica en principio solo nos alcanzaría para cubrir los gastos anuales de la planta y no nos permitiría empezar a amortizar la instalación lo que nos lleva necesariamente a la premisa introductoria de buscar una ubicación donde haya un aprovechamiento térmico del calor residual. Este aprovechamiento será generalmente para calefacción o producción de vapor pero en algunos casos podrá ser también para la producción de frío lo que ofrece mayores posibilidades de valorización. En el caso que se vaya a una valorización térmica se estima que se podrían generar hasta unos 40 €/Mw hora térmico. En el caso de una venta de un 50 % del calor residual que sería unos 4 Mw x 8.000 horas = 32.000 Mw horas. Nos sale entonces unos potenciales ingresos de 1.280.000 € anuales.

En el caso de que otra parte pudiera tener un uso para frío de 1 Mw y con un valor en el mercado entonces de unos 100 €/mw hora. Entonces 1Mw x 8000 horas x 100 €/Mw = 800.000 €. Pero este supuesto aprovechamiento también supondría un incremento de las inversiones necesarias de maquinaria pues necesita una máquina de absorción para esta producción. Por lo tanto para nuestros cálculos de viabilidad no vamos a tener en cuenta este aprovechamiento pero cuando haya un consumo importante de frío habrá que tenerlo en cuenta por ejemplo en polígono agroalimentarios.

5.8 Análisis de la viabilidad

Una vez que se han descrito los diferentes equipos, se ha explicado el funcionamiento del proceso de fabricación, se ha definido la inversión inicial, los ingresos y los gastos, el siguiente paso será analizar el todo el conjunto.

El análisis de viabilidad de la planta lo realizaremos en función de los métodos de retribución de energía producida y sobre un horizonte de 15 años,

considerando su inscripción en el Registro de Régimen Retributivo Específico al amparo del Real Decreto 413/2014, de 6 de junio

GASTOS TOTALES	
Ingresos anuales	
Venta de energía eléctrica	2.900.000 Euros
Venta de energía térmica (aprovechamiento calor residual)	1.280.000 Euros
	4.180.000 Euros
Gastos anuales	
Gastos de funcionamiento de la planta	1.385.620 €
Gastos de materia prima	1.792.000 €
Gastos en financiación/amortización puesta en marcha	572.000 €
TOTAL	3.749.620 Euros

Tabla 11: Análisis de viabilidad económica de la central de biomasa.

6 CONCLUSIONES SOBRE LA VIABILIDAD DE LA PLANTA

La **planta** es viable porque se ha tenido en cuenta una venta de energía térmica. Todo ello condicionado a su inscripción en el Registro de Régimen Retributivo Específico al amparo del Real Decreto 413/2014, de 6 de junio. Es un negocio viable con sus riesgos, principalmente tener garantizada la obtención de combustible a un precio razonable y tener garantía de suministro para lo que son necesarios tener acuerdos con potenciales suministradores de la biomasa en cantidad y precio que permitan la rentabilidad de la planta.

Los principales esfuerzos como se ve en la cuenta de ingresos deben ir a conseguir una salida múltiple en la generación como obedece la denominación de la cogeneración. Este modelo se debería ampliar, entendiendo el gran número de combinaciones posibles según las necesidades locales y la materia prima existente. La generación de electricidad y calor (calefacción y ACS) sería básica atendiendo a las tecnologías actuales a partir de biomasa, cubriendo las necesidades energéticas principales de la población y las propias de la instalación generadora. La trigeneración permitiría a los promotores reducir los tiempos de amortización de sus instalaciones y a los usuarios aumentar el ahorro en los costes de la energía. Es más barato calentar, enfriar (climatizar) y producir electricidad con biomasa que con cualquier combustible fósil, como gasóleo, el gas fósil importado (gas natural) y también con electricidad.

Las tarifas y primas de referencia establecidas resultan claves para la viabilidad de unos proyectos que en ningún caso buscan grandes rendimientos del capital invertido sino la contribución efectiva a la mejora del medio ambiente, la mejora de las condiciones económicas y de empleo en el medio rural, fijando su población y proponiendo alternativas para la supervivencia de las actividades agrícolas, ganaderas y forestales tradicionales.

Se trata de una electricidad totalmente gestionable, que se puede producir en cualquier momento del día o de la noche durante todos los días del año. Las plantas de biomasa suelen producir sobre las 8.000 horas al año, pudiendo actuar como complemento perfecto para las renovables no gestionables.

En las Cuencas mineras donde van a desmantelarse centrales convencionales van a poder beneficiarse de nuevas inversiones en plantas de biomasa, redes de calor alimentadas de biomasa, instalaciones de biodigestión, etc. Van a poder incluirse este tipo de proyectos en los convenios de transición justa y conseguir implementar formación en biomasa, tanto en aprovisionamiento como en operación y mantenimiento para los antiguos trabajadores de las plantas energéticas de combustibles convencionales.

Necesario apoyar ciertas medidas para atraer inversiones como:

- Apoyo estructural y financiero de la Administración (estatal, autonómica y local) que dote de garantía a los proyectos.
- Establecimiento de un marco legislativo específico de generación eléctrica en régimen especial, justo y estable en el tiempo y que tenga en cuenta los beneficios económicos y sociales en las zonas rurales y su mínima repercusión en los déficits tarifarios eléctricos.
- Simplificación en el proceso de tramitación de permisos y licencias. Son microproyectos en cuanto a inversión y generación energética y los procesos administrativos deben ser consecuentes.
- Apoyo puntual de proyectos estratégicos mediante la utilización de los fondos cofinanciados europeos (FEADER y FEDER).

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.

Aynos, G. (1997). *Gestión de Explotación y Mantenimiento de Plantas de Cogeneración*, Jornadas Técnicas Cogeneración '97, IFEMA, Madrid, Tomo II.

Energía y sociedad: <http://www.energiaysociedad.es/manenergia/3-5-regulacion-espanola-de-las-energias-renovables/>

Fundación Asturiana de Cogenreación: <http://www.faen.es/>

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

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico: <https://energia.gob.es/electricidad/energias-renovables/Paginas/preguntas-frecuentes.aspx?Faq=R%C3%A9gimen%20retributivo%20espec%C3%ADfico>

8 EJEMPLOS

Central de producción de energía eléctrica en Smurfit Kappa (Sangüesa):

La empresa papelera *Smurfit Kappa Sangüesa Paper*, antes *Papelera Navarra*, localizada en Sangüesa, lleva más de 50 años en funcionamiento. Se dedica a la elaboración de papel y cartón con una facturación anual de 60 millones de euros y una producción de más de 112.000 toneladas de papel al año.

Para la fabricación del papel y cartón, esta planta utiliza como materia prima 375.000 m³ de madera de pino al año. Dispone de una caldera de biomasa de 33 MW de potencia instalada, con la que producen electricidad además de vapor para su propio proceso productivo. Esta instalación fue objeto de una importante reforma en el año 2012, que ha hecho posible que el consumo de combustibles fósiles haya pasado a ser prácticamente nulo, y el consumo de biomasa haya pasado de unas 60.000 toneladas de biomasa forestal al año a unas 75.000 toneladas anuales de biomasa forestal.

En total la producción acumulada anual es de 65.000 MWh destinados íntegramente a la venta. Para esta adaptación se realizaron diferentes reformas en la caldera existente y la adquisición de entre otros, de una astilladora de biomasa.

El fabricante alemán Spanner Re² colocará 25 unidades de cogeneración con biomasa en una instalación de 1,75 MWe en Japón:

La instalación de las 25 calderas en cascada proporciona una capacidad total de 1,75 MWe y alrededor de 3 MWt a partir de astillas de madera. La energía térmica generada por la combustión de las astillas se utiliza para calefactar grandes invernaderos que requieren temperaturas muy elevadas durante todo el año.

La central con varias calderas en cascada garantiza un suministro de energía básico elevado incluso durante los trabajos de mantenimiento, También el precio resulta más competitivo en comparación con la instalación de una sola caldera, lo mismo que la eficiencia, superior al 90%.

VECOPLAN instala el sistema de gestión de la biomasa en central de cogeneración en suiza:

La central comenzó a funcionar en 2019 en el polígono industrial de Sisslerfeld en Sisseln, Suiza. El proyecto ha sido desarrollado por Engie y la empresa de energía local EWZ y uno de sus principales objetivos es ayudar a DSM a

reducir su huella de carbono: la biomasa forestal sustituye al gas natural y al gasóleo como fuente de energía.

La planta abastece también de energía limpia y sostenible a otras dos industrias cercanas, Syngenta y Novartis. Cada año genera 42 GWh de electricidad, 67 GWh de energía térmica en forma de vapor de proceso y evita la emisión de 50.000 toneladas de CO₂ a la atmósfera.

Con un 86% de eficiencia, la planta ha recibido el reconocimiento Naturemade-Star Certification, concedido por la entidad suiza que certifica instalaciones que generan energía de manera respetuosa con el medio ambiente.

El sistema diseñado e instalado por VECOPLAN incluye dos descargadores de cadena de arrastre para la recepción de la astilla. Estos dispositivos mueven la astilla, dosificándola hacia la cinta transportadora. El sistema transportador conduce la biomasa a cuatro boxes de almacenamiento.

Finalmente, los tornillos de dosificación se encargan de alimentar de forma gradual, según la demanda, la astilla cribada y limpia al sistema de transporte que llega a la tolva de alimentación de la caldera.

ENCE Huelva: 50 MW con biomasa:

La potencia instalada del generador es de 50 MWe con una alta eficiencia de diseño del ciclo completo en términos de aprovechamiento de la energía primaria del combustible sobre producción eléctrica. Actualmente se registran valores continuados estables de exportación eléctrica a red.

La producción eléctrica garantizada es de unos 370.000 MWh/año obtenida a partir de la turbina accionada por vapor sobrecalentado a alta presión. Para ello se requieren alrededor de 366.000 t/año de biomasa. Dicha producción equivale a la demanda de una ciudad de 360.000 habitantes. La venta de la energía a la red es gestionada directamente por el Grupo ENCE.

En el parque de procesamiento tiene lugar el acondicionamiento de la biomasa forestal. La capacidad de procesamiento se estima en unas 600.000 t/año.



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