



e s c u e l a
p o l i t é c n i c a
s u p e r i o r
d e h u e s c a



UNIVERSIDAD
DE ZARAGOZA

PROYECTO- TRABAJO FIN DE GRADO

Estudio de viabilidad de la instalación de una caldera de biomasa como medio alternativo a la instalación de gas propano actual para el secadero de una cooperativa en la provincia de Huesca

AUTOR:	ENRIQUE VEINTEMILLA MARTÍN
ENSEÑANZA:	GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL
DIRECTOR/ES:	JESÚS GUILLÉN TORRES
PONENTE:	
FECHA:	SEPTIEMBRE 2014



e s c u e l a
p o l i t é c n i c a
s u p e r i o r
d e h u e s c a



UNIVERSIDAD
DE ZARAGOZA

PROYECTO- TRABAJO FIN DE GRADO

Estudio de viabilidad de la instalación de
una caldera de biomasa como medio
alternativo a la instalación de gas propano
actual para el secadero de una cooperativa
en la provincia de Huesca

CAPITULO-1: INTRODUCCIÓN



CAPITULO – 1

INTRODUCCIÓN

Índice:

1.1 Introducción.....	1
1.2 La biomasa.....	1-2
1.3 Proceso de estudio.....	2

1.1 Introducción

En el siguiente estudio se propone comprobar la viabilidad en la ejecución de un proyecto en el cual se propondrá la sustitución de una caldera de gas propano por una de biomasa en un secadero de cereales perteneciente a la cooperativa San Isidro en Ontinar de Salz (Huesca).

Dicho estudio contara de los siguientes apartados:

- Descripción de la situación actual
- Estudio de balances de materias y energía
- Estudio de alternativas
- Estudio económico de la biomasa
- Normativa y planes energéticos de la biomasa
- Elección de la solución adoptada
- Determinación del coste de la implantación de la solución propuesta
- Estudio económico de la solución propuesta
- Conclusiones

1.2 La biomasa

La utilización de la biomasa es tan antigua como el descubrimiento y el empleo del fuego para calentarse y preparar alimentos, utilizando la leña. Aún hoy, la biomasa es la principal fuente de energía para usos domésticos empleados por más de 2000 millones de personas en el Tercer Mundo. Los empleos actuales son la combustión directa de la leña y los residuos agrícolas y la producción de alcohol como combustible para los automóviles en Brasil. Los recursos potenciales son ingentes, superando los 120.000 millones de toneladas anuales, recursos que en sus dos terceras partes corresponden a la producción de los bosques.

En España actualmente el potencial energético de los residuos asciende a 26 Mtep, para una cantidad que en toneladas físicas supera los 180 millones: 15 millones de toneladas de Residuos Sólidos Urbanos con un potencial de 1.8 Mtep, 12 millones de toneladas de lodos de depuradoras, 14 millones de toneladas de residuos industriales (2.5 Mtep), 17 millones de toneladas de residuos forestales (8.1 Mtep), 35 millones de

toneladas de residuos agrícolas (12.1 Mtep), 30 millones de toneladas de mataderos y 65 millones de toneladas de residuos ganaderos (1.3 Mtep). El reciclaje y la reutilización de los residuos permitirán mejorar el medio ambiente, ahorrando importantes cantidades de energía y de materias primas, a la vez que se trata de suprimir la generación de residuos tóxicos y de reducir los envases.

El uso que vamos a destacar en este estudio para la biomasa es el de su utilización para la deshidratación de cereales por medio de una caldera de biomasa.

1.3 Proceso de estudio

Para la realización de dicho estudio primero obtendremos información actual, tanto de la instalación existente y de la posible nueva instalación (con todas sus características), como de la situación actual de la biomasa y su aprovechamiento en este campo.

Tras finalizar el estudio se comentaran las conclusiones y en definitiva la viabilidad de dicho proyecto.



e s c u e l a
p o l i t é c n i c a
s u p e r i o r
d e h u e s c a



UNIVERSIDAD
DE ZARAGOZA

PROYECTO- TRABAJO FIN DE GRADO

Estudio de viabilidad de la instalación de
una caldera de biomasa como medio
alternativo a la instalación de gas propano
actual para el secadero de una cooperativa
en la provincia de Huesca

**CAPITULO-2: NORMATIVA Y PLANES ENERGÉTICOS
DE LA BIOMASA**

CAPITULO – 2

NORMATIVA Y PLANES ENERGÉTICOS DE LA BIOMASA

Índice:

2.1 Introducción.....	1
2.2 Definición de biomasa y tipos.....	1-6
2.3 La biomasa en el contexto de la unión europea.....	6-8
2.4 La biomasa en España.....	8-9
2.5 La biomasa en Aragón.....	9-10
2.6 Planes energéticos a nivel nacional y autonómico.....	10-19
2.7 Métodos de aprovechamiento.....	19-21
2.8 Aspectos tecnológicos.....	22
2.9 Aspectos normativos.....	23-24
2.10 Aspectos medioambientales.....	24-25
2.11 Datos del sector.....	25

2.1 Introducción

Previo al estudio a nivel de balances, energía y maquinaria primero echaremos un vistazo a los tipos de biomasa que existen, diferenciándolos unos de otros en función de la forma con que se obtienen.

Posteriormente, obtendremos información sobre la situación de las normativas a nivel europeo, nacional (España) y autonómico (Aragón).

Haremos un pequeño estudio de los planes energéticos, tanto a nivel nacional, como autonómico.

Y en los últimos apartados de este capítulo haremos referencia a los métodos de aprovechamiento de la biomasa, y a los aspectos tecnológicos, normativos y medioambientales que deberemos tener en cuenta junto a algunos datos del sector.

2.2 Definición de biomasa y tipos:

Dentro del sector biomasa se engloba toda la materia orgánica susceptible de aprovechamiento energético, en concreto la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), utiliza la definición de la Especificación Técnica Europea CEN/TS 14588 para catalogar la “biomasa” como “todo material de origen biológico excluyendo aquellos que han sido englobados en formaciones geológicas sufriendo un proceso de mineralización”.

Aunque se pueden hacer distintas clasificaciones de los tipos de biomasa, una de las más utilizadas es la que se basa en su procedencia:

- Biomasa natural: es la que se produce en la naturaleza sin ningún tipo de intervención humana (una hoja que cae de un árbol).
- Biomasa residual:
 - Biomasa residual húmeda (alto contenido en humedad): Es la que se genera principalmente en la actividad ganadera (purines, estiércol...).
 - Biomasa residual seca (bajo contenido en humedad): Es la que se genera en actividades de agricultura, forestales, industria maderera y agroalimentaria.
- Cultivos energéticos: Son cultivos que se generan con la única finalidad de producir biomasa transformable en energía.

- Residuos sólidos urbanos: Son los producidos en las ciudades y a partir de los cuales también puede obtenerse energía.

Ya que el trabajo se centra en una planta de biomasa que va a ser alimentada, en un principio con biomasa residual seca y/o cultivos energéticos, a continuación se van a explicar más detalladamente las diferentes clases y diferencias que hay entre estos tipos de biomasa:

a) Residuos forestales:

Son los residuos procedentes de los tratamientos de las masas vegetales para la protección y la mejora de las mismas, obtenidos tras las operaciones de corta, saca y transporte a pista. (PER 2005-2010, 2005).

Estos residuos pueden modificarse para mejorar la eficiencia del transporte, mediante procesos de astillado, obteniendo un producto más manejable y homogéneo; o bien mediante prensado del material en monte a fin de incrementar su densidad y facilitar su transporte. El uso de maquinaria para las operaciones de limpieza, astillado (o compactación) y transporte, encarece el producto haciendo que en muchas ocasiones no sea viable económicamente, aunque estas operaciones se justifican desde el punto de vista ambiental.

La problemática relacionada con este recurso es que, no se puede asegurar una producción estable de los mismos ya que su producción está condicionada a las condiciones de la masa forestal. Además, los residuos forestales tienen unos aprovechamientos tradicionales o industriales (como la leña para uso doméstico o el uso de residuos para astillado) que hacen que haya un uso alternativo mucho más viable económicamente para este tipo de residuos.



Figura 1: Residuos forestales. Fuente: www.energias-renovables.com

b) Residuos agrícolas leñosos:

Son los procedentes de las podas de olivos, frutales y viñedos. Tienen un carácter estacional derivado del cultivo del que proceden. Igual que en el caso de los residuos forestales es necesario un tratamiento para homogeneizar el residuo y disminuir los costes derivados de su transporte.

La problemática sujeta a este tipo de residuos es la necesidad de centros de acopio de biomasa, ya que, su carácter ocasional obliga a disponer de reservar para abastecer a los clientes en las temporadas en las que no se dispone del residuo. Además, las explotaciones de las que proceden suelen ser explotaciones a pequeña escala por lo que para utilizar este tipo de biomasa a escala industrial se debe establecer contacto con un gran número de productores. Así mismo, y al igual que en el caso anterior, la necesidad de realizar un tratamiento como el astillado o la compactación encarece el recurso energético.



Figura 2: Las podas de los olivos son residuos agrícolas leñosos. Fuente: gnf.unizar.es

c) Residuos agrícolas herbáceos:

Son pajas de cereal y cañote de maíz.

En relación con este tipo de residuo la problemática principal es que la generación de estos residuos es, como en el caso anterior, estacional, y la disponibilidad de este tipo de residuos está sujeta a los periodos de cosecha. Además, la producción de este tipo de productos agrícolas varía año a año por lo que es difícil conseguir una estabilidad en el suministro a las plantas de generación de energía.



Figura 3: Campo de cereal cuya paja es ejemplo de residuos agrícola herbáceo. Fuente: www.infoagro.com

d) Residuos de industrias forestales y agrícolas:

Los residuos de industrias forestales se producen en las industrias tanto de primera como de segunda transformación de la madera, forman un conjunto de

materiales heterogéneos (astillas, cortezas, serrín, cilindros...). Los residuos de industrias agrícolas tienen un origen muy variado provienen de la actividad de industrias como la de los frutos secos o conservera aunque destacan los procedentes del sector del aceite de oliva.

La problemática asociada a este tipo de residuo es que está condicionada a la industria que los genera, y por tanto tiene cierta estacionalidad. Además las fluctuaciones en la producción derivan en la imposibilidad de estimación de la producción a largo plazo.



Figura 4: A la izquierda residuo de industria forestal (serrín) y a la derecha residuo de industria agroalimentaria (cáscara de almendra). Fuente: www.mourlan.com y www.combustiblesaragon.com

e) Cultivos energéticos:

Son cultivos destinados a la producción de materiales combustibles. En España son la colza, el cardo y el sorgo como ejemplos de cultivos herbáceos; también pueden usarse especies leñosas como el chopo en zonas de regadío y el eucalipto en zonas de secano.

Las principales características de este tipo de cultivos son su alta productividad, la necesidad de utilizar máquinas de uso agrícola común para su cultivo, que no contribuyen a la degradación del suelo y que presentan un balance energético positivo.

La problemática que se encuentra en el uso de este tipo de cultivos es la falta de ayudas y de marco legislativo que empuje a cambiar la actividad tradicional de muchos campos por la producción de cultivos energéticos.

Además la falta de experiencias y proyectos en explotación conlleva dudas a la hora de realizar grandes inversiones.



Figura 5: Cultivos energéticos. Fuente: www.renovables-energia.com

2.3 La biomasa en el contexto de la Unión Europea

De todas las fuentes de energía renovables, la biomasa es la más importante es el conjunto de la Unión Europea. Si se tienen en cuenta la producción energética con renovables en el año 1995 (72.876 ktep), la energía de la biomasa representó aproximadamente un 55% (40.081 ktep) frente a las demás fuentes de este tipo. Le siguen en orden de importancia la energía hidráulica (24.950 ktep) y la geotérmica (2.518 ktep).

Es en el sector doméstico donde más se utiliza la biomasa, principalmente en hogares y pequeñas calderas. Las aplicaciones industriales por lo general contribuyen en menor medida a este consumo de combustibles biomásicos.

Si se tienen en cuenta las cantidades de biomasa consumidas por los países de la Unión Europea, Francia es el país que registra el mayor consumo, superior a los 9 millones de toneladas equivalentes de petróleo. El segundo puesto lo ocupó Suecia (6,5 millones de tep) y le sigue Finlandia con 5 Mep. En estos dos países el consumo de biomasa está más extendida a escala industrial dado el gran número de empresas de transformación de la madera y de fabricación de papel que allí existen.

España ocupa el cuarto lugar por orden de importancia cuantitativa con 3,6 millones de tep. Nuestro país sigue la tendencia general de los países europeos, es decir, mayor consumo de biomasa en el ámbito doméstico que en el sector industrial.

Existen una serie de factores que condicionan el consumo de biomasa en los países europeos y que hacen que éste varíe de unos a otros, tanto cuantitativamente como en el aprovechamiento de la energía final. Estos factores se pueden dividir en tres grupos:

- *Factores geográficos:* Inciden directamente sobre las características climáticas del país condicionando, por tanto, las necesidades térmicas que se pueden cubrir con combustibles biomásicos.
- *Factores energéticos:* Dependiendo de los precios y características del mercado de la energía en cada momento, se ha de decidir si es o no rentable el aprovechamiento de la biomasa como alternativa energética en sus diversas aplicaciones.
- *Disponibilidad del recurso:* Hace referencia a la posibilidad de acceso al recurso y la garantía de su existencia. Estos factores son los más importantes ya que inciden directamente tanto en el consumo energético de biomasa como en sus otras posibles aplicaciones.

Como ya se ha mencionado, las aplicaciones a las que va destinado el consumo de biomasa varían mucho de unos países a otros.

En cuanto a las perspectivas del uso de los combustibles en Europa hay que destacar que además de las ventajas energéticas que supone, el desarrollo del sector puede tener unas repercusiones muy favorables en otros campos. El aspecto medioambiental es uno de los más importantes. La reducción de emisiones contaminantes (CO_2 , NO_x , SO_2) a la atmósfera es uno de los objetivos primordiales de la Unión Europea. Por otra parte, el aprovechamiento energético de los residuos forestales puede contribuir a reducir los costes de la limpieza de los bosques.

La utilización de los cultivos energéticos también cuenta con un gran potencial de desarrollo en determinadas regiones de Europa al igual que el aprovechamiento energético

del biogás generado en la digestión anaerobia de los residuos ganaderos y los lodos de depuración de aguas urbanas.

La elaboración de biocarburantes a partir de productos agrícolas es también una alternativa a tener en cuenta no sólo por la reducción de la contaminación atmosférica ocasionada por los vehículos a motor sino también por contribuir a la diversificación de las actividades en el mundo rural.

2.4 La biomasa en España

Al igual que el resto de la Unión Europea, la biomasa representa cuantitativamente la fuente de energía renovable más importante en nuestro país. Este hecho se justifica por la diversidad de recursos que comprende la biomasa (residuos agrícolas, forestales, de industrias agroalimentarias, residuos biodegradables, etc.) y también por el gran número de aplicaciones en las que este tipo de combustible se puede aprovechar.

Actualmente en España, la biomasa representa el 53.8% (3792 ktep) del consumo en energía primaria de origen renovable incluida toda la hidráulica, o el 89.1% desde todas las renovables excluyéndola.

Del total de la biomasa consumida, un 94.1% se destina a la producción de calor y un 5.9% a la producción de energía eléctrica.

Sólo el 30% de la biomasa consumida con fines energéticos es comercializada, el resto es autoconsumida dentro de las industrias o en hogares de áreas rurales para aplicaciones térmicas.

Siguiendo las directrices recogidas en el Libro Blanco de las Energías Renovables de la Comisión de la Unión Europea, el gobierno español introdujo en la Ley del Sector Eléctrico (Ley 54/1997 de 27 de noviembre) el compromiso de cubrir en el 2010 el 12% del consumo en energía primaria con fuentes de energía renovable.

Para alcanzar este objetivo en la reunión del Consejo de Ministros del 31 de Diciembre de 1999, se aprobó el Plan de Fomento de las Energías Renovables en el que se plasman una serie de propuestas concretas. El objetivo es alcanzar 16639 Mtep de energía primaria de fuentes de energía renovables en el año 2010 lo que supone un aumento de 9526 Mtep

comparando con el consumo de energía renovable en 1998. El 47.4% (7086 Mtep) de este incremento sería aportado por la biomasa.

En el apartado de la biomasa del citado Plan, se consideran los biocombustibles sólidos para usos térmicos o producción de electricidad, biocombustibles líquidos para transporte (bioetanol, biodiesel), biogás y RSU (residuos sólidos urbanos) para la producción de electricidad.

El potencial energético de los residuos agrícolas en España se estima en 8.800 ktep, siendo actualmente muy escasa o nula su utilización, en especial por falta de industrias que puedan utilizarlos y que estuvieran situadas en las inmediaciones de los campos de cultivos en los que se producen dichos residuos.

2.5 La biomasa en Aragón

La producción de biomasa en Aragón es alta, sin embargo, pocas instalaciones están utilizando esta biomasa como un recurso energético.

Existen tres principales grupos de biomasa:

- RSU proveniente de núcleos urbanos.
- Residuos a partir de actividades forestales o agrícolas.
- Cultivos para el aprovechamiento energético, tratándose de biomasa producida directamente para propósitos energéticos.

La biomasa puede ser utilizada para la producción de electricidad y/o energía térmica, incluso en combinación con otros combustibles. Las plantas de producción de energía térmica y equipos de cogeneración requieren que exista una demanda de energía térmica, ya sea a través de una red de calefacción municipalizada para abastecer a edificios con calefacción y agua caliente sanitaria, o para industrias con unos niveles determinados de demanda de vapor o agua caliente.

Es común considerar el uso de biomasa no sólo para la producción de energía sino también como una medida para el medio ambiente. Normalmente, el tratamiento de residuos

produce un impacto en el medio ambiente que puede ser reducido empleando estos residuos en una planta productora de energía. Dependiendo de las normas regionales, la tradicional eliminación de residuos puede llegar a representar un pago por parte del productor de los residuos. Por lo tanto, este coste se convertirá en un ahorro adicional, y consecuentemente un beneficio económico cuando se usen los residuos para propósitos energéticos.

El impacto ambiental producido por la eliminación de los residuos consiste especialmente en la contaminación del suelo debido a la percolación en los vertederos y por el estiércol y purines ganaderos. Una consideración medioambiental global es la producción de metano a partir de los vertederos, estiércol y purines, lo que ocasiona un empeoramiento en el efecto invernadero.

La tecnología a nivel de la Comunidad Europea se ha desarrollado considerablemente debido al establecimiento de plantas de demostración durante los últimos años. Hoy en día son consideradas del todo fiables las tecnologías de aprovechamiento energético de RSU así como también las de combustión de paja y residuos forestales y producción de biogás a partir de estiércol y purines ganaderos.

Los residuos agrícolas resultado de la actividad agrícola se producen principalmente en el Valle del Ebro, en cuya zona la provincia de Zaragoza tiene el mayor potencial. El estiércol ganadero se produce principalmente en el Valle del Ebro, sin embargo la mayor concentración de purines de cerdos se encuentra en algunas comarcas de la provincia de Huesca: Bajo Cinca, Hoya de Huesca y Litera.

En relación al aprovechamiento de la biomasa en la Comunidad Autónoma Aragonesa, el consumo de este tipo de recursos por actividades sigue la misma tendencia que en la Unión Europea y el resto de las regiones españolas.

2.6 Planes energéticos a nivel nacional y autonómico

Consumo de biomasa a nivel nacional (2005-2010):

A finales de 2004 en España, el consumo de biomasa ascendió hasta 4167 ktep (tep: toneladas equivalentes de petróleo), siendo uno de los sectores de mayor consumo el doméstico, con casi la mitad de total:

SECTOR	TEP	%
Doméstico	2.056.508	49,4%
Pasta y papel	734.851	17,6%
Madera, muebles y corcho	487.539	11,7%
Alimentación, bebidas y tabaco	337.998	8,1%
Centrales de energía eléctrica (no CHP)	254.876	6,1%
Cerámica, cemento y yesos	129.013	3,1%
Otras actividades industriales	57.135	1,4%
Hostelería	30.408	0,7%
Agrícola y ganadero	21.407	0,5%
Servicios	19.634	0,5%
Productos químicos	16.772	0,4%
Captación, depuración y distribución de agua	15.642	0,4%
Textil y cuero	5.252	0,1%
TOTAL	4.167.035	

Figura 6: Consumo de biomasa en España desagregado por sectores (2004). Fuente: PER 2005-2010.

Las comunidades autónomas que en 2004 registraban un mayor consumo eran Andalucía, Galicia y Castilla y León, debido a, por ejemplo, presencia de empresas consumidoras de grandes cantidades de biomasa o al gran desarrollo del sector forestal.

El sector de la biomasa se puede analizar también por tipo de aplicación: térmica o eléctrica. El Plan de Fomento anterior tenía como objetivo un incremento de la aportación de los usos térmicos en 900000 tep durante el periodo 1999-2010. Este objetivo era demasiado optimista puesto que, en 2004, según refleja el PER 2005-2010, sólo se habían alcanzado 69446 tep. En aplicaciones eléctricas, los datos eran todavía más pesimistas, el Plan de Fomento establecía un incremento de 5100000 tep para 2010, aunque, en 2004 se había alcanzado un incremento total de 468856 tep. En 2004, el recurso mayoritariamente empleado en los proyectos que utilizan biomasa (tanto con aplicaciones eléctricas como térmicas) son los residuos de industrias forestales y agrícolas, frente a otros recursos como los residuos forestales, agrícolas o los cultivos energéticos.

La explotación de la biomasa difiere tanto en el tipo de biomasa usada (cuyas características se explicarán más adelante) como en la zona del país en la que esta explotación es viable:

- a) Residuos forestales: La explotación de este tipo de recurso debe centrarse en las Comunidades Autónomas de Castilla y León y Galicia, ya que, su elevado porcentaje de superficie forestal y la gran actividad de la industria maderera permiten que se instalen proyectos de aprovechamiento de la biomasa. Entre estas dos Comunidades Autónomas superan el 40% del potencial nacional de biomasa procedente de residuos forestales. (PER 2005-2010, 2005)

Comunidad	Res. Forestales (tep)	Porcentaje	Recursos existentes (tep)	Recursos existentes (t)
Andalucía	124.380	9,1%	0	0
Aragón	98.058	7,1%	0	0
Asturias	34.238	2,5%	0	0
Baleares	0	0%	0	0
Canarias	0	0%	0	0
Cantabria	25.823	1,9%	0	0
Castilla-La Mancha	113.158	8,2%	0	0
Castilla-León	387.668	28,8%	387.668	1.050.480
Cataluña	92.320	6,7%	0	0
Valencia	54.851	4%	0	0
Extremadura	134.338	9,8%	0	0
Galicia	220.461	16,1%	220.461	629.889
La Rioja	12.454	0,9%	0	0
Madrid		0,9%	0	0
Navarra		1,4%	0	0
País Vasco		2,5%	0	0
Región de Murcia		2,1%	0	0
TOTAL	1.373.428		588.129	1.680.369

Figura 7: Residuos forestales en España por Comunidad Autónoma. Fuente: PER 2005-2010.

b) Residuos agrícolas leñosos: Las Comunidades Autónomas definidas como zonas prioritarias de utilización de este tipo de recurso, son aquellas que destinan gran parte de su superficie al cultivo de especies leñosas dentro del sector agrícola en comparación con el resto de España. Estas Comunidades son: Cataluña, Valencia, Castilla La Mancha y Andalucía; que generan cerca del 68% del potencial nacional de biomasa procedente de residuos agrícolas leñosos. (PER 2005-2010, 2005)

Comunidad	Res. Forestales (tep)	Porcentaje	Recursos existentes (tep)	Recursos existentes (t)
Andalucía	266.740	26,6%	266.740	762.114
Aragón	84.930	8,5%	0	0
Asturias	2.470	0,2%	0	0
Baleares	13.240	1,3%	0	0
Canarias	3.020	0,3%	0	0
Cantabria	0	0,0%	0	0
Castilla-La Mancha	145.510	14,5%	145.510	415.743
Castilla-León	22.850	2,3%	0	0
Cataluña	129.170	12,9%	129.170	369.057
Valencia	145.180	14,5%	145.180	414.743
Extremadura	64.780	6,5%	0	0
Galicia	6.240	0,6%		
La Rioja	31.310	3,1%	0	0
Madrid	7.410	0,7%	0	0
Navarra	11.530	1,1%	0	0
País Vasco	3.240	0,3%	0	0
Región de Murcia	66.360	6,6%	0	0
TOTAL	1.003.970		686.580	191.657

*Figura 8: Residuos agrícolas leñosos en España por Comunidad Autónoma.
Fuente: PER 2005-2010.*

- c) Residuos agrícolas herbáceos: Las comunidades que se establecen como prioritarias para el uso de este tipo de residuos agrícolas son: Castilla y León, Castilla La Mancha y Andalucía. En estas Comunidades Autónomas se genera más del 65% del potencial nacional de biomasa procedente de residuos agrícolas herbáceos. (PER 2005-2010, 2005)

Comunidad	Res. Agr. Herbáceos (tep)	Porcentaje	Recursos existentes (tep)	Recursos existentes (t)
Andalucía	1.152.980	14,7%	1.152.980	3.294.171
Aragón	730.930	9,3%	0	0
Asturias	2.180	0,0%	0	0
Baleares	21.880	0,3%	0	0
Canarias	2.030	0,0%	0	0
Cantabria	1.830	0,0%	0	0
Castilla-La Mancha	1.188.480	15,1%	1.188.480	3.395.657
Castilla-León	2.863.020	36,4%	2.863.020	8.180.057
Cataluña	605.870	7,7%	0	0
Com. Valenciana	97.490	1,2%	0	0
Extremadura	380.510	4,8%	0	0
Galicia	181.380	2,3%	0	0
La Rioja	97.830	1,2%	0	0
Madrid	101.100	1,3%	0	0
Navarra	331.110	4,2%	0	0
País Vasco	92.170	1,2%	0	0
Región de Murcia	15.480	0,2%	0	0
TOTAL	7.866.030		5.204.460	14.869.886

*Figura 9: Residuos agrícolas herbáceos en España por Comunidad Autónoma.
Fuente: PER 2005-2010.*

- d) Residuos de industrias forestales y agrícolas: Dada la importancia de la industria del aceite de oliva en este tipo de residuos, las Comunidades Autónomas que deben utilizar este tipo de residuos son las que condensan la mayoría de la producción de aceite de oliva, como por ejemplo: Andalucía (en concreto la provincia de Jaén) (PER 2005-2010, 2005).

Comunidad	Recursos industriales potenciales (tep)	Recursos industriales utilizados (t)
Andalucía	1.084.180	517.148
Aragón	103.621	46.449
Asturias	79.230	97.162
Baleares	26.240	6.993
Canarias	32.251	0
Cantabria	14.247	10.381
Castilla-La Mancha	156.235	121.757
Castilla-León	125.511	117.732
Cataluña	247.198	238.924
Valencia	199.224	86.832
Extremadura	69.047	20.078
Galicia	366.138	161.044
La Rioja	14.206	15.788
Madrid	59.894	11.749
Navarra	107.090	65.927
País Vasco	226.654	145.957
Región de Murcia	38.053	21.079
TOTAL	2.949.000	1.685.000

Figura 10: Residuos de industrias forestales y agrícolas en España por Comunidad Autónoma. Fuente: PER 2005-2010.

- e) Cultivos energéticos: Las Comunidades Autónomas que son aptas para la producción de este tipo de cultivos son aquellas en las que la superficie agrícola destinada a cultivos supone un porcentaje importante del total como Andalucía, Castilla La Mancha, Castilla y León y Aragón (PER 2005-2010, 2005).

Comunidad	Cultivos energéticos (tep)	Porcentaje	Recursos existentes (tep)	Recursos existentes (t)
Andalucía	1.061.828	18,4%	1.061.828	2.949.522
Aragón	716.299	12,4%	716.299	1.989.719
Asturias	0	0%	0	0
Baleares	0	0%	0	0
Canarias	0	0%	0	0
Cantabria	0	0%	0	0
Castilla-La Mancha	1.130.223	19,6%	1.130.223	3.139.508
Castilla-León	1.700.445	29,5%	1.700.445	4.723.458
Cataluña	277.007	4,8%	0	0
Valencia	0	0%	0	0
Extremadura	383.940	6,7%	0	0
Galicia	0	0%	0	0
La Rioja	23.118	0,4%	0	0
Madrid	96.940	1,7%	0	0
Navarra	194.959	3,4%	0	0
País Vasco	55.591	1%	0	0
Región de Murcia	138.213	2,2%	0	0
TOTAL	5.788.563		4.608.795	12.802.208

Figura 11: Cultivos energéticos en España por Comunidad Autónoma. Fuente: PER 2005-2010.

Consumo de biomasa a nivel nacional (2011-2020):

Para alcanzar los objetivos fijados para el área de biomasa en el PER 2011-2020, se definen una serie de propuestas destinadas a cada una de las fases de aprovechamiento de la misma. Las propuestas para el desarrollo de un mercado maduro de suministro de

biomasa se centran principalmente en la movilización del recurso. El apoyo al desarrollo de aplicaciones térmicas, especialmente en edificios, se realizará mediante campañas de difusión, desarrollo normativo y nuevos sistemas de apoyo financiero. El crecimiento de la producción eléctrica con biomasa se conseguirá mediante la generación distribuida a través de pequeñas cogeneraciones y centrales eléctricas en el entorno de los 15 MW, para los que se establecen mejores programas de financiación y mejoras en el sistema de retribución. Se recogen tres cadenas de valor por su interés, todas ellas basadas en procesos termoquímicos de conversión de materia prima:

- Biometano y otros combustibles gaseosos a partir de biomasa vía gasificación.
- Generación de energía eléctrica de alta eficiencia mediante gasificación de biomasa.
- Vectores bioenergéticos a partir de biomasa mediante procesos termoquímicos distintos a la gasificación.

A nivel nacional el BIOPLAT (Plataforma Tecnológica Española de la Biomasa) identifica los retos tecnológicos encuadrados en dos cadenas de valor: utilización de biocombustibles sólidos mediante combustión directa y la producción y utilización de biocombustibles sólidos para gasificación.

Tras el periodo de vigencia del PER la energía eólica será la fuente renovable con la participación más importante y el conjunto de tecnologías que permiten el aprovechamiento de la energía solar continuará extendiendo su aportación. Energías como la biomasa o el biogás confirmarán su despegue con aportaciones significativas en la estructura de abastecimiento eléctrico. Respecto a la biomasa térmica, el consumo en 2020 se repartirá de forma bastante equitativa entre el sector industrial y el sector doméstico y edificios. El sector solar térmico se verá afectado debido a la crisis inmobiliaria y en el sector del transporte, para el año 2020, se espera que el coche eléctrico sea una alternativa competente a los transportes tradicionales, el consumo y producción de biodiesel seguirá ascendiendo y el bioetanol se espera que duplique su consumo debido en parte a la probable desaparición de la gasolina de protección.

Plan energético de Aragón

La biomasa es la fuente con mayor potencial de crecimiento, en usos térmicos, en generación eléctrica y en aplicaciones actualmente en desarrollo como son los biocarburantes y el biogás. El carácter renovable y no contaminante que tiene la biomasa, y el papel que puede jugar en la generación de empleo y aceleración o activación de la economía de las zonas rurales, hacen que sea considerada una alternativa de futuro, que puede contribuir al reequilibrio territorial y a hacer más sostenible el modelo socioeconómico de Aragón. (PEA 2005-2012, 2005)

- Biomasa térmica:

El consumo de biomasa en el sector industrial en 2004 representaba el 40% del consumo final de biomasa en Aragón, predominando el uso de biomasa de origen forestal generados en los propios procesos industriales. Por su parte, en el mismo año, el consumo en el sector Residencial, Comercial y de Servicios representa aproximadamente el 60% del consumo final de biomasa en Aragón. En 2004, se consumían en Aragón más de 130 ktep de biomasa final, y se esperaba alcanzar en 2012 un valor de casi 200 ktep. (PEA 2005-2012, 2005)

Sin embargo, aunque no se tienen datos exactos del consumo de biomasa térmica en 2012, este valor de 200 ktep está lejos de alcanzarse ya que, según el Instituto Aragonés de Estadística (IAEST), en el año 2010, el consumo de biomasa, solar térmica y biocarburantes, son de 160 ktep, por tanto, y haciendo un cálculo lógico, es poco probable que en 2012 sólo la biomasa alcance los 200 ktep.

- Biomasa eléctrica:

En el PEA 2005-2012 se contemplan distintas vías para el aprovechamiento energético de la biomasa para producción de energía eléctrica. En 2004, había 21 MW de potencia instalada de centrales de cogeneración con biomasa y se pretendían instalar en los años de vigencia de este plan 50 MW más. Además, en este periodo se pretendían instalar 60 MW de nuevas plantas de biomasa; y la producción de electricidad mediante plantas de gasificación de biomasa, instalando 6 MW hasta 2012. (PEA 2005-2012, 2005)

Sin embargo, y dado que el año 2013 acaba de entrar, no se conocen los datos del año 2012 y por tanto, al igual que en el caso anterior, no se puede aseverar si estas previsiones se han alcanzado o no. El único dato que se puede aportar, extraído del IAEST, por dar una idea de la situación de la producción de energía eléctrica mediante biomasa en Aragón, es una instalación de potencia eléctrica de 4,4 MW en plantas de aprovechamiento de biomasa y residuos urbanos, en el año 2010. Este dato puede ser comparado con los 60 MW que se pretendían alcanzar en 2012 en nuevas plantas de biomasa.

2.7 Métodos de aprovechamiento

Los métodos de aprovechamiento de la biomasa son tan diversos como los tipos de biomasa existentes. Los procesos de transformación de la biomasa difieren según su grado de humedad y pueden ser bioquímicos o termoquímicos.

En primer lugar la biomasa con alto grado de humedad puede transformarse mediante procesos bioquímicos como la digestión anaerobia, hidrólisis ácida, digestión enzimática.

Generando una buena variedad de subproductos (metano, alcoholes, humus...) con aplicaciones muy diversas.

En segundo lugar, los procesos termoquímicos se basan en someter a la biomasa a la acción de altas temperaturas y pueden dividirse en tres amplias categorías, dependiendo de que el calentamiento se lleve a cabo con exceso de aire (combustión), en presencia de cantidades limitadas de aire (gasificación) o en ausencia total del mismo (pirolisis).

La combustión directa consiste en una reacción química de oxidación no controlada en la que un elemento arde (combustible, en este caso, biomasa) y otro elemento produce la combustión (comburente, generalmente oxígeno). Los productos de la combustión son dióxido de carbono y agua, si ésta es completa, y también monóxido de carbono si no lo es. Además, dependiendo de la naturaleza del combustible pueden aparecer productos como dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno.

La gasificación es un proceso en el cual la energía contenida inicialmente en un sólido combustible se transfiere a los productos primarios del proceso (gases, líquidos y hollín (sólidos)), logrando una máxima conversión a gases combustibles. Es una

oxidación incompleta o parcial que tiene lugar entre un elemento combustible (biomasa) y un agente gasificante (aire) a elevadas temperaturas (superiores a 700°C). Durante el proceso se producen gran cantidad de reacciones en serie y en paralelo tanto sólido-gas como en fase gas, de extensión variable puesto que depende del tiempo de contacto y de las condiciones de operación. Los productos principales de la gasificación son H₂, CO, dióxido de carbono, H₂S, amoníaco, metano, y productos no deseados: alquitranes, hollín, etc. (Nogués, 2005)

La pirolisis es la descomposición química de la materia orgánica causada por el calentamiento en ausencia de oxígeno. Esta descomposición se produce a través de una serie de reacciones químicas y de procesos de transferencia de materia y calor. Se considera que la pirolisis comienza en torno a los 250°C y se completa prácticamente a los 500°C. Los productos de la pirolisis son muy diversos dependiendo del material que se esté sometiendo al proceso. La quema de biomasa produce carbón vegetal y productos de desecho como CO, H₂ o CH₄. Por tanto, la pirolisis es una forma de aprovechamiento indirecto de la energía de la biomasa ya que, la energía no se extrae directamente de la biomasa sino que se extrae del carbón vegetal que produce la misma.

También, cabe resaltar la diferencia entre aplicaciones térmicas de la biomasa, o lo que es lo mismo, utilización de la biomasa para producir calor; y aplicaciones eléctricas, o producción eléctrica mediante biomasa. Una vez realizada esta diferenciación se estudiarán cada uno de los tipos de transformaciones que puede sufrir la biomasa. Las aplicaciones térmicas con producción de calor y agua caliente sanitaria son las más comunes y, en un nivel menor de desarrollo se sitúa la producción de electricidad.

La producción térmica sigue una escala que comienza en las calderas o estufas que calientan una sola estancia, hasta calderas diseñadas para calentar todo un bloque de viviendas sustituyendo a la caldera de gasóleo C o gas natural, que provee a las viviendas de calefacción y agua caliente. En algunos lugares del centro y norte de Europa se está utilizando algo mucho más sofisticado conocido como district heating. Estas instalaciones de aprovechamiento térmico de la biomasa suponen que el agua caliente no solo llegue a edificios y urbanizaciones, sino también a centros deportivos, comerciales...

etc. En general, los equipos que existen en el mercado para el aprovechamiento de la energía de la biomasa pueden alcanzar el 85% si cuentan con sistemas de recuperación de calor.

Las materias más utilizadas para las aplicaciones térmicas son los residuos de industrias agrícolas y forestales y los residuos de actividades selvícolas y de cultivos leñosos.

La producción de electricidad precisa de un sistema más complejo dado el bajo poder calorífico de la biomasa, su alto porcentaje de humedad y su gran contenido en volátiles. La producción de electricidad se puede realizar de dos maneras, la más común es generar vapor mediante la combustión de biomasa, produciendo energía mecánica a través de unas turbinas que finalmente se transforma en energía eléctrica en los alternadores. Las tecnologías relacionadas con la gasificación consisten en que el gas producido tras la quema de biomasa puede ser utilizado en turbinas de gas o motores de combustión interna, limpiado previamente, lo que proporciona un mayor rendimiento que con la combustión directa de la biomasa. El rendimiento medio de la producción de electricidad mediante combustión directa de biomasa es del 21,6% y para el proceso de gasificación

Entre los combustibles más utilizados en aplicaciones eléctricas se encuentran los residuos de la industria del aceite de oliva, como el orujillo y el alperujo.

Otro método de aprovechamiento de la biomasa que hay que tener en cuenta es la co-combustión, proceso en el que se produce una combustión conjunta de biomasa y otro combustible fósil en centrales ya existentes. En el caso de España, el combustible fósil que se recomienda es el carbón, debido a que hay numerosas centrales térmicas para el aprovechamiento del mismo ya instaladas. Sin embargo, esta alternativa no se desarrolla en el presente trabajo debido a que se necesitan usar combustibles fósiles y por tanto no se considera una energía estrictamente renovable. (IDAE, 2007)

2.8 Aspectos tecnológicos

Entre los problemas ligados a la gestión del recurso de la biomasa destacan la recogida del recurso, la adecuación a la aplicación energética y la logística de suministro.

La recogida del recurso supone un problema porque la mecanización es especialmente complicada debido a las características especiales de las masas forestales españolas. Esto hace que se necesite mucha mano de obra lo que supone un encarecimiento del precio final del residuo. Por su parte en los cultivos energéticos la problemática radica en la insuficiencia de las máquinas agrícolas tradicionales para el cultivo de estos y por tanto, la necesidad de maquinaria especializada.

La adecuación a la aplicación energética es la disponibilidad del recurso con unas características (humedad, granulometría, densidad...) óptimas para la aplicación energética. Supone un aspecto fundamental para asegurar un desarrollo fiable de los proyectos de valorización energética, sin embargo, está ausente en la mayoría de los proyectos por motivos económicos. Dependiendo del tipo de recurso, esta adecuación varía: por ejemplo para residuos agrícolas leñosos y cultivos energéticos leñosos la adecuación es básicamente astillado y compactación.

En relación con la logística del suministro el reto es crear canales de comercialización de biomasa que garanticen a los consumidores un suministro regular y de calidad a un precio aceptable.

Es este último punto, la logística de suministro, el primer problema al que se debe enfrentar un proyecto de aprovechamiento energético de la biomasa, para que el empleo de biomasa para usos térmicos sea una alternativa competente a los combustibles tradicionales y en especial para el gas natural. En relación con la aplicación de la biomasa para usos eléctricos el problema son los bajos rendimientos para la producción eléctrica basada en un esquema caldera-turbina con ciclo de vapor que, además, requiere altos niveles de inversión para pequeños rangos de potencia.

2.9 Aspectos normativos

En España son dos las regulaciones que afectan al posible uso de la biomasa: La Ley 43/2003, que recoge en su Disposición Adicional Cuarta “el Gobierno elaborará, en colaboración con las comunidades autónomas, una estrategia para el desarrollo del uso energético de la biomasa forestal residual, de acuerdo con los objetivos indicados en el Plan de Fomento de las Energías Renovables en España”; por otro lado, todas las disposiciones que corresponden a la organización de la Política Agrícola Común, de extraordinaria importancia en lo referente al posible uso energético de la biomasa proceden de residuos agrícolas o cultivos energéticos. Respecto a este último punto es importante señalar lo recogido en el Reglamento (CE) nº 1782/2003 del Consejo, donde incluye por primera vez una línea de ayudas encaminada al desarrollo de los cultivos energéticos, ayuda que es desarrollada más ampliamente en dos reglamentos, el Reglamento (CE) nº 2273/2003, y el Reglamento (CE) nº 1973/2004. (PER 2005-2010, 2005)

El Reglamento (CE) nº 1782/2003, queda derogado por el Reglamento (CE) nº 73/2009 que recogen en su consideración número 42 que la ayuda específica a los cultivos energéticos con objeto de favorecer el desarrollo del sector ya no es necesaria debido a la evolución del sector de la bioenergía, aunque si se mantendrán las primas hasta 2009.

Los Reglamentos 2273/2003 y 1973/2004 también quedan derogados por el Reglamento (CE) nº 1121/2009, de la Comisión, en el que se establecen unas disposiciones transitorias para ayudar a los agricultores tras la supresión de las ayudas.

Siguiendo en la línea de la normativa referida al recurso en sí mismo, y en lo que afecta a los cultivos energéticos forestales, hay que nombrar el Reglamento (CE) nº 1257/1999 del Consejo, transpuesta a la legislación española por el Real Decreto 6/2001, sobre fomento de la forestación en tierras agrícolas, en el que se recoge la ayuda del Fondo Europeo de Orientación y Garantía para la Agricultura (FEOGA) para la implantación de cultivos forestales. (PER 2005-2010, 2005)

En lo relacionado con el uso energético de la biomasa lo primero es diferenciar entre el uso térmico y el eléctrico. En el primero de los casos el avance normativo más reseñable es la reforma del RITE para incluir en su ámbito instalaciones de calefacción con biomasa. Para el uso eléctrico, como se ha señalado anteriormente, hay que nombrar la Ley 54/1997, del Sector Eléctrico, y el Real Decreto 436/2004, de 12 de marzo, por el que se establece la metodología

para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial. (PER 2005-2010, 2005)

El Real Decreto 661/2007, sustituye al Real Decreto 436/2004, de 12 de marzo, por el que se establece la metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial y da una nueva regulación a la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial, manteniendo la estructura básica de su regulación.

2.10 Aspectos medioambientales

El uso energético de la biomasa dentro de un esquema sostenible de producción supone una alternativa beneficiosa para el medio ambiente. Dentro de la fase de producción del recurso combustible, tal vez los efectos más positivos para el medio sean la reducción de plagas e incendios forestales asociados a la gestión del residuo forestal, y la disminución de vertidos y riesgos ambientales derivados de la gestión de los residuos de industrias agrícolas y forestales. En lo que respecta a la producción de cultivos energéticos, debe destacarse la minimización de riesgos de contaminación por la escasez de laboreo asociado a esta actividad agraria.

En cuanto a la fase de aplicación, y en lo que respecta a las emisiones a la atmósfera de instalaciones de aprovechamiento energético de la biomasa, hay que tener en cuenta la baja peligrosidad debido a la composición de la biomasa en la que apenas se encuentran productos como el cloro o el azufre. Además, en un esquema sostenible de producción de biomasa, el balance de CO₂ será neutro (o incluso negativo) ya que se emite a la atmósfera una cantidad de carbono equivalente o inferior a la fijada por la biomasa durante su formación (PER 2005-2010, 2005).

Si tenemos en cuenta este último principio, un balance general de una central eléctrica de 5MW de potencia eléctrica alimentada con biomasa ofrece los

siguientes datos: Una producción de 37500 MWh/año, lo que equivale al consumo de unas 11400 familias españolas. Por otro lado, con esa misma producción, se evita la emisión de unas 14000 toneladas anuales de CO₂. (Este cálculo se ha realizado por comparación con la emisión de una central de ciclo combinado de gas natural para obtener la misma producción).

2.11 Datos del sector

En la actualidad la mayor parte de los 3655 ktep de consumo térmico final de biomasa en España proviene del sector forestal, utilizándose en el sector doméstico mediante sistemas poco eficientes, como la quema de leña en estufas, y en industrias forestales para consumo térmico o cogeneración.

En los últimos años se está iniciando el desarrollo de los cultivos energéticos y de la mecanización específica para la recogida, extracción y tratamiento de la biomasa. Este desarrollo, unido a la implantación de tecnologías modernas para la biomasa térmica en edificios y los desarrollos tecnológicos en gasificación, que proporcionan una mayor eficiencia, hacen prever una importante expansión de la biomasa, tanto por la mejora en la eficiencia del cultivo y recogida, como por la mejora de las tecnologías para su aprovechamiento.

El potencial de la biomasa en España se sitúa en torno a 88 millones de toneladas de biomasa primaria en verde, incluyendo masas forestales existentes, restos agrícolas, masas existentes sin explotar... A estas 88 toneladas hay que sumar más de 12 millones de toneladas de biomasa secundaria seca obtenida de residuos de industrias agroforestales. Estos datos suponen un volumen de biomasa considerable y por tanto, a tener en cuenta a la hora de realizar proyectos de obtención de energía a partir de fuentes renovables. (PER 2011-2020, 2011).



e s c u e l a
p o l i t é c n i c a
s u p e r i o r
d e h u e s c a



UNIVERSIDAD
DE ZARAGOZA

PROYECTO- TRABAJO FIN DE GRADO

Estudio de viabilidad de la instalación de una caldera de biomasa como medio alternativo a la instalación de gas propano actual para el secadero de una cooperativa en la provincia de Huesca

CAPITULO-3: ESTUDIO DE BALANCES Y ENERGÍAS EN
FUNCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL



CAPITULO – 3

BALANCES DE MATERIAS Y ENERGÍAS EN FUNCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Índice:

3.1	Introducción.....	1
3.2	Balance de materias y energía de la alfalfa	
3.2.1	Introducción.....	1
3.2.2	Presecado.....	1-2
3.2.3	Secado artificial.....	2
3.2.4	Objetivo de éste cálculo.....	3
3.2.5	Balance de materias	
3.2.5.1	Balance de materia general.....	4-5
3.2.5.2	Balance de materias en el proceso.....	5-10
3.2.6	Agua a evaporar durante el proceso.....	11-12
3.2.7	Balance energético.....	12-16



3.3 Balance de materias y energías del maíz

3.3.1	Introducción.....	17-18
3.3.2	Secado del maíz.....	18
3.3.3	Descripción del proceso de secado.....	18-23
3.3.4	Balance de materia	
3.3.4.1	Introducción.....	23-24
3.3.4.2	Cantidad de agua a evaporar.....	24-26
3.3.4.3	Balance de materia.....	27
3.3.5	Balance energético	
3.3.5.1	Balance de energías en el silo de grano húmedo.....	28
3.3.5.2	Balance de energías en el secadero.....	28-31
3.3.5.3	Balance de energías en la torre de enfriamiento.....	31-32
3.3.5.4	Balance de energías en silos de almacenamiento.....	32-33

3.1 Introducción

Tras el estudio general y normativo, debemos realizar un balance de las materias y energías para los dos productos a deshidratar en la cooperativa que se va a realizar la obra de sustitución de caldera.

En este momento la cooperativa tiene una deshidratadora donde los cultivos predominantes para secar son la alfalfa y el maíz. Para realizar el estudio de viabilidad deberemos conocer los balances de materia y energía para deshidratar estos dos cultivos y así poder dimensionar correctamente la caldera a utilizar.

3.2 Balance de materias y energía de la alfalfa

3.2.1 Introducción

La alfalfa es un forraje que no precisa de una transformación industrial para su aprovechamiento ganadero, cuando se quiere intensificar el cultivo, mejorar la calidad del producto final y diversificar el uso del forraje es imprescindible un tratamiento industrial.

Para mejorar los usos de la alfalfa como forraje se precisa de un tratamiento industrial que sea independiente de las condiciones climatológicas, aumentado además la calidad del producto final y por último que diversifique el formato de expedición. El tratamiento industrial consiste en secar el producto de una manera controlada con el fin de obtener una determinada calidad a un coste aceptable, y además, dar un formato adecuado para facilitar el manejo después de este tratamiento.

3.2.2 Presecado

España dispone de unos valores de radiación solar muy elevados con respecto al resto de países que forman la Unión Europea, sobre todo en el Valle del Ebro, donde nos encontramos, y durante el periodo de producción de la alfalfa (se recibe una media de $20\text{MJ}/\text{m}^2$ mensuales).

Aprovechar parte de esta energía de forma útil puede ayudarnos a ahorrar en las fuentes de energía que utilizaremos posteriormente, lo que supondría aumentar los

beneficios y por otro lado, reducir las emisiones contaminante, aunque en nuestro caso utilizemos principalmente energías renovables.

El presecado en campo permite descender los niveles de humedad, si la alfalfa, posteriormente a su corte, permanece unas horas en el campo, sin que se produzca una pérdida significativa de la calidad del producto.

Mediante la utilización de técnicas de presecado en campo es factible la obtención de ahorros energéticos muy importantes en la industria de deshidratado, contribuyendo a la conservación del medio ambiente.

3.2.3 Secado artificial

El objetivo de las industrias de deshidratación es el secado del forraje, teniendo en cuenta claro está, los diferentes procesos que en ellas se llevan a cabo: recepción, estocaje para asegurar una continuidad del proceso, alimentación de la línea de transformación, secado y por último acondicionamiento del producto en sus diferentes formas de conservación en función del uso o del mercado al que vaya destinado dicho producto.

Debido a que para la realización del Balance de Materia debemos tener en cuenta el proceso que seguirá la alfalfa, es decir, si se destinará a la formación de gránulo, de pastillas o de pacas, diremos que nuestra industria, elaborará gránulos de alfalfa y empaquetados.

El granulado consiste en molturar la alfalfa deshidratada con la finalidad de reducir el tamaño de sus fibras para poder prensarla a continuación, con las granuladoras, formando cilindros de un diámetro comprendido entre 3 y 25 mm, según sea la matriz de la prensa, y una longitud de 3 a 10 cm.

Por otro lado, están las pacas, la alfalfa deshidratada, con acondicionado entre 4 a 20 cm., se prensa formando prismas que se flejan o envueltas en una camisa transpirable. Las dimensiones de las pacas son muy variables, dependiendo del tipo de prensa utilizada.

3.2.4 Objetivo de éste cálculo

Realizaremos los cálculos para determinar la materia prima necesaria aportar al comienzo del proceso para obtener el rendimiento fijado 4000 Kg. /h por cada uno de los dos trómel.

Por otro lado determinaremos la energía calorífica necesaria aportar durante el proceso de deshidratado de la alfalfa para disminuir el contenido de humedad, y por tanto, también determinaremos la cantidad de agua que se perderá al finalizar la deshidratación.

Antes de proceder a la descripción de los cálculos debemos tener en cuenta que la alfalfa para que conserve todas sus propiedades así como su calidad debe ser cosechada cuando aparecen las yemas florales. En este momento el contenido de humedad es de un 35- 40 %. Además de esta manera se evitan las pérdidas de hojas es el parte más nutritiva de la planta.

Como se podrá observar en la Memoria, al final del proceso se produce el empaque o el granulado, estos dos procesos sólo podrán tener lugar si el contenido de humedad de la alfalfa está entre el 12- 14%, si la humedad es más alta habrá problemas de disponibilidad de proteínas, así como, de conservación, mientras que si está por debajo del 12% se perderán muchas hojas, y como hemos mencionado, en éstas se encuentra el mayor contenido de proteínas y carbohidratos porque poseen una mayor concentración.

En definitiva, la alfalfa en campo se encuentra con un contenido en agua del 35- 40%, y para su conservación es necesario que este porcentaje de agua esté entre 12- 14% debiendo ser sometida al proceso de deshidratación, teniendo en cuenta que en este proceso la calidad del forraje debe mantenerse lo más óptima posible.

3.2.5 Balance de materias

3.2.5.1 Balance de Materia General

Debido a la humedad que tiene la alfalfa si queremos que a la salida de los trómel tengamos 4.000 Kg./h no aportaremos dicha cantidad de alfalfa al inicio, sino que será mayor para que una vez se haya perdido la humedad obtengamos el total de forraje que pretendemos.

De esta manera, tendremos que, una cierta cantidad de alfalfa entra con una humedad inicial del 35% aproximadamente (es el valor recomendable y que está estipulado por la legislación relacionada con las ayudas a forrajes deshidratados), y dependerá de las condiciones de campo a las que esté sometido el cultivo como puede ser la insolación que presenta la parcela, el último riego, horas que han pasado desde el corte...aunque se procurará que el contenido de agua sea más o menos homogeneizada. De todas formas, estudiaremos diferentes situaciones (35%, 40%, 50% y 60%) Finalmente, obtendremos 8.000 Kg./h con un contenido de agua del 12%.

Como hemos referido con anterioridad, la cantidad de alfalfa seca no varía en todo el proceso respondiendo a la siguiente expresión:

Siendo:

$$M_i \frac{(100 - H\%)}{100} = M_t \frac{(100 - 12)}{100}$$

Mi: masa inicial a aportar.

Mt: masa a la salida del trómel.

H%: % de humedad de la alfalfa al inicio del proceso.

Teniendo en cuenta la fórmula anterior y los contenidos de humedad que vamos a estudiar para el dimensionado tanto de la maquinaria como de las necesidades de

energía calorífica, calcularemos la masa inicial de alfalfa. A modo de ejemplo se expondrán los cálculos para el 35%.

$$M_i \frac{(100 - 65)}{100} = 4.000 \frac{(100 - 12)}{100}$$

De donde:

$$M_i = 4.000 \frac{(100 - 12)}{(100 - 65)} = 5.415,38$$

Es decir, a través de la cinta alimentadora, deberán entrar al inicio del proceso 5415,38 Kg./h por cada trómel instalado para que después de deshidratar la alfalfa, entren en los procesos de producción 8.000 Kg./h, y obtener de esta manera el rendimiento predeterminado.

Para el resto de valores los cálculos son similares y se reflejaran en la siguiente tabla:

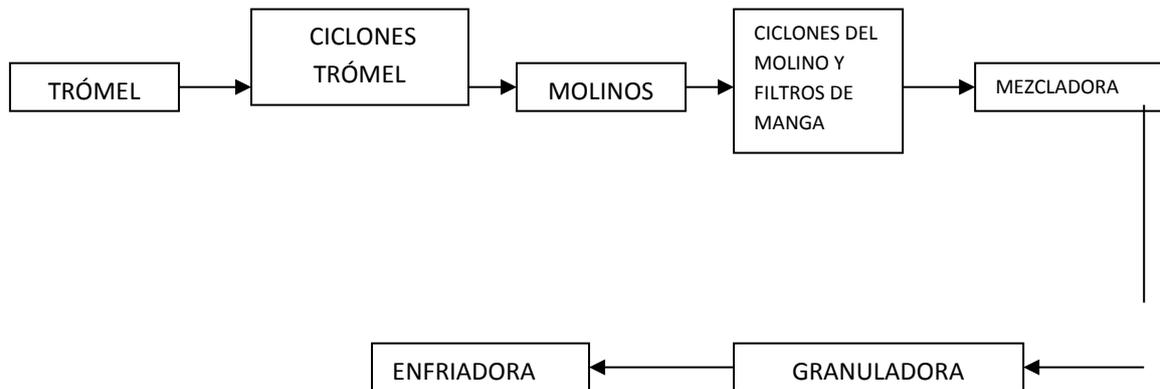
% de Humedad inicial	% de Humedad final	Masa inicial (Kg/h) por cada trómel	Masa inicial total (Kg/h) a introducir en los trómel
35	12	5.415,38	
40	12	5.866,67	
50	12	7.040,00	
60	12	8.800,00	

3.2.5.2 Balance de materias en el proceso.

La alfalfa una vez deshidratada podrá sufrir dos procesos de transformación, uno de ellos es la formación de gránulos, y el otro será la formación de paquetes de alfalfa. Dependiendo del proceso que vaya a seguir la alfalfa seca habrá también una serie de pérdidas en función de éste en la maquinaria que forma la cadena productora, aunque es posible recuperar parte del forraje.

BALANCE DE MATERIAS EN EL PROCESO DE GRANULADO.

Aunque se detallará más adelante el proceso, podemos decir que, una vez sale la alfalfa del trómel al 12 % de humedad el esquema que seguirá el forraje será el siguiente:

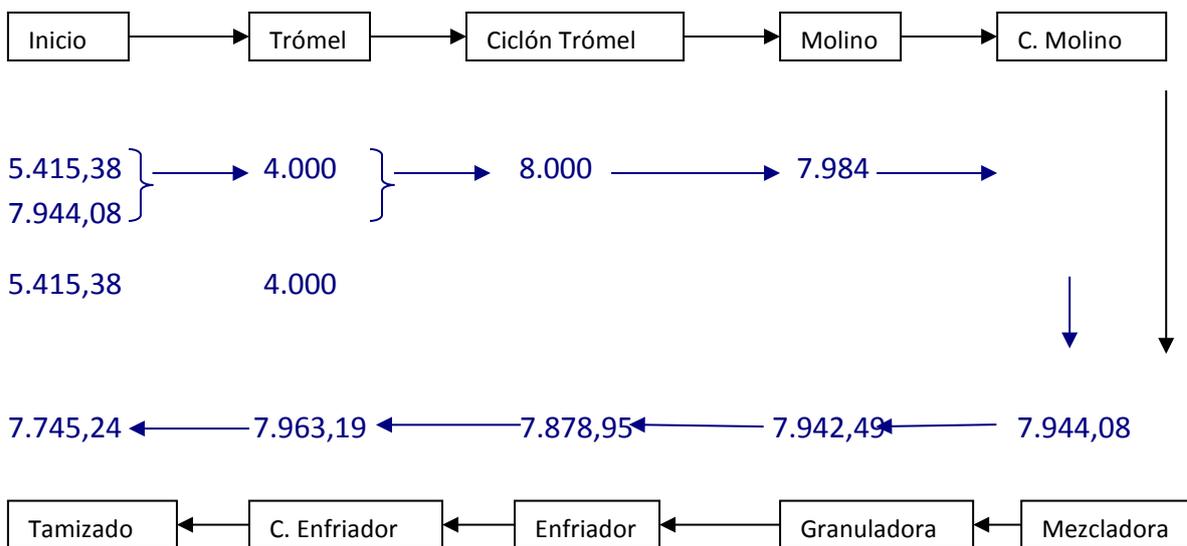


En todo este proceso de transformación, las pérdidas que se producen son las siguientes:

- Trómel: pérdida de volumen debida a las pérdida de agua, pasamos del 35% al 12 % en contenido de agua por kilo de materia seca.
- Ciclones de trómel: sirve para separar los gases que llegan de la salida de la alfalfa a la salida del trómel, parte de la alfalfa se pierde junto con los gases, estas pérdidas estarán entorno al 0,15- 0,20% de la materia prima que entra.
- Ciclones del molino: tras moler el forraje para realizar luego el gránulo, la alfalfa pasa por el ciclón para eliminar los gases que se producen en la molienda, ya que nos adecuado que en el proceso haya una gran concentración de gases. Al igual que en el ciclón del trómel estas pérdidas están estimadas entre el 0,15- 0,20%.
- Granuladora: debidas a la formación del gránulo, no toda la alfalfa se transforma de polvo en gránulo, hay un pequeño porcentaje que no se utiliza por muy diversas causas, este porcentaje es del 0,02% del total del volumen que entra.

- Enfriadora: la causa de las pérdidas en la enfriadora es que el aire frío arrastra aproximadamente un 0,8% del producto seco, debido a que no siempre quedan bien compactos los gránulos.
 - Ciclón del enfriador: al igual que en el resto de ciclones las pérdidas se producen por los gases que arrastran entre el 0,15- 0,20% del producto.
 - Tamizador: pérdidas producidas por la rotura de gránulos o porque el gránulo no tiene el tamaño adecuado, normalmente por ser más pequeño.
- La valoración de estas pérdidas es del 1,5%.

Teniendo en cuenta estas pérdidas y el esquema general que describimos con anterioridad del proceso de granulación de la alfalfa, el flujo de pérdidas de materia será el que detallamos a continuación (las unidades de los resultados son Kg./h)

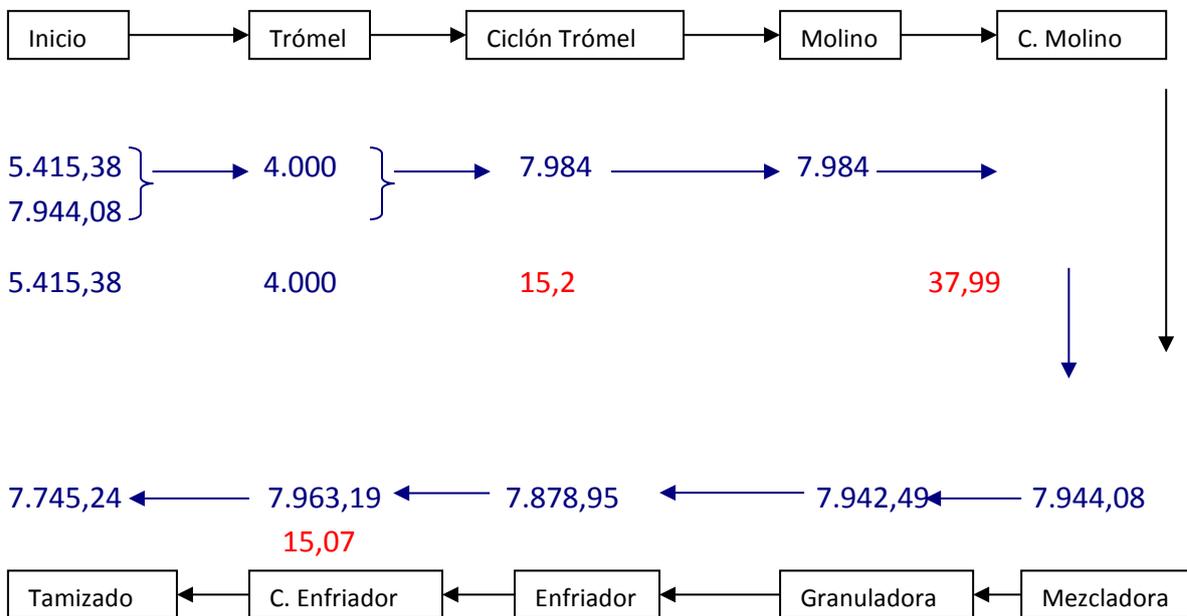


Aunque este valor final (7.745,24 Kg./h) no sería del todo correcto ya que del mismo modo que hay pérdidas, debido a los diferentes filtros existentes en el proceso hay una recuperación de materia. Las recuperaciones sólo tienen lugar en los ciclones (trómel, molino y enfriador), y están estimadas en el 95% de las pérdidas que se producen en cada uno.

Si atendemos a las pérdidas que tenemos en estos puntos la materia que volveremos a incorporar al proceso será:

ETAPA	PÉRDIDAS	RECUPERACIONES
CICLÓN TRÓMEL	16,00	15,20
CICLÓN MOLINO	36,99	37,99
CICLÓN ENFRIADOR	15,86	15,07

Finalmente el flujo de materia, teniendo en cuenta tanto las pérdidas como las recuperaciones, será:

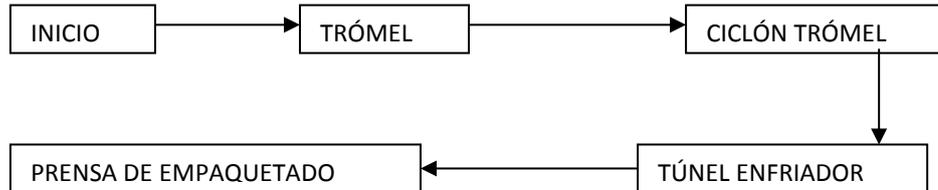


En color azul van representadas las pérdidas de materia mientras que el rojo representa las recuperaciones.

Para el resto de las masas iniciales calculadas en el apartado anterior, también habría que calcular las pérdidas pero, no es necesario porque siempre a la salida del trómel obtenemos la misma cantidad, 4.000 Kg./h, se cual sea la humedad del forraje inicialmente.

BALANCE DE MATERIAS EN EL PROCESO DE EMPAQUETADO

De igual modo que hemos realizado el balance del proceso de granulado se realizará en de empaquetado. En este proceso el diagrama general es más sencillo, siendo de la siguiente forma:

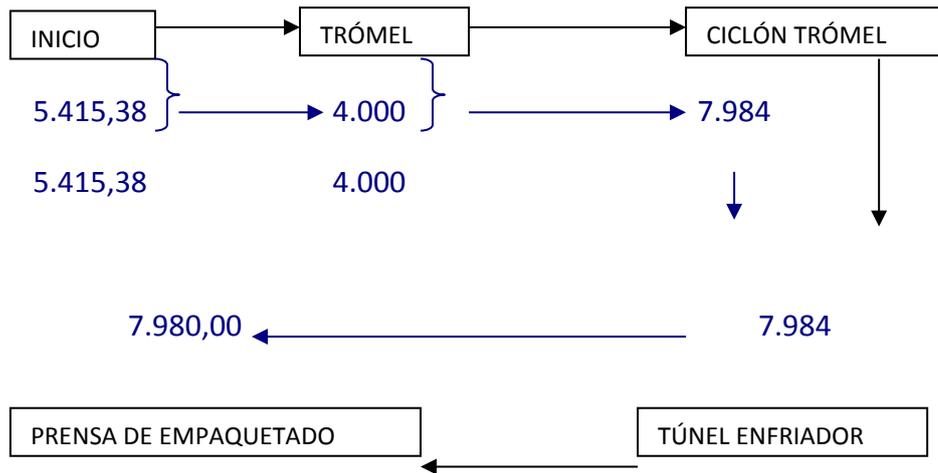


En este proceso las pérdidas son menores que en el proceso de granulado y sólo se producirán en los ciclones del trómel y en la prensa empaquetadora.

Las pérdidas en los ciclones se deben a la separación de los gases de la materia, esta separación no es total sino que una pequeña parte de forraje se pierde con él y están estimadas entre el 0,15- 0,20%.

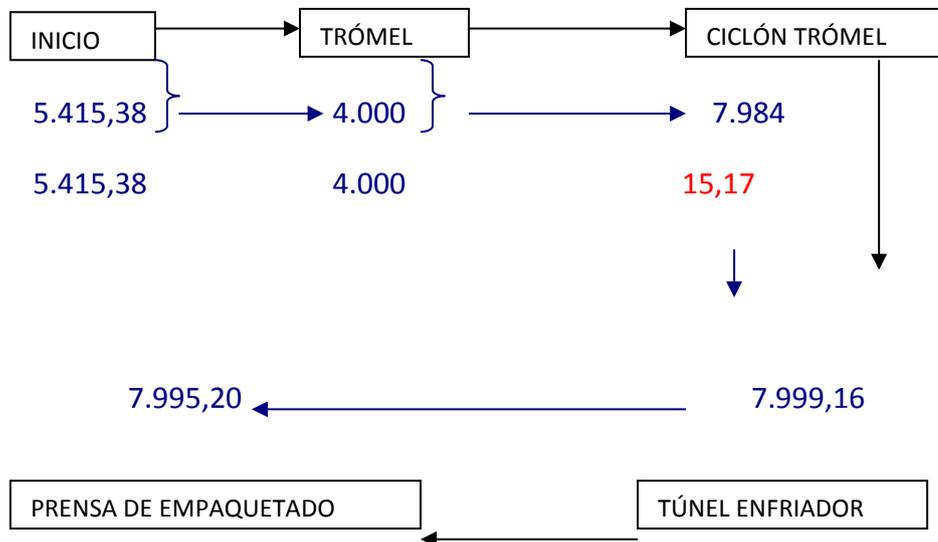
Por otra parte, las pérdidas en la prensa empaquetadora son debidas principalmente, a la longitud de la paca, porque ésta influye en su compactado, cuanto mayor sea la longitud, peor será la compactación de los paquetes y mayor será la cantidad que se pierda. Trabajando con una longitud del material aproximado de 150 mm las pérdidas son de 0,05%.

En el siguiente esquema se representan las pérdidas acontecidas durante el proceso de empaquetado.



También se produce recuperaciones en este proceso, aunque también son menores que en la granulación, estas recuperaciones sólo se producen en los ciclones debido a los filtros existentes, como en los casos del proceso de granulación están valoradas en un 95% de las pérdidas.

De esta manera el flujo de materia en el proceso de empaquetado será:



En azul señalamos las pérdidas a lo largo del ciclo, mientras que en rojo van las recuperaciones que tiene lugar, en este caso sólo en el ciclón del trómel.

3.2.6 Agua a evaporar durante el proceso

Si queremos conseguir una alfalfa con una humedad del 12%, el contenido de agua a evaporar dependerá en todo momento del contenido inicial de humedad de ésta. La fórmula que nos relaciona sería:

$$\text{Kg DE FORRAJE VERDE} = \frac{100 - h}{100 - H} \times 100$$

Siendo h la humedad a la que obtenemos el producto final, y H la humedad a la que entra el producto en la deshidratadora. Los kilogramos de forraje son por cada 100 Kg de producto seco obtenido. En nuestro caso los kilogramos secos obtenidos son 8.000 Kg./h, por lo que la relación que emplearemos será:

$$\text{Kg DE FORRAJE} = \frac{100 - h}{100 - H} \times 8000$$

Sabiendo además, que:

H: tendrá los valores de 35, 40, 50 o 60%

h: 12% de agua por cada 100 Kg de materia seca

Los kilogramos de forraje verde son 10.830,77, cuando tenemos el 35% de humedad (como se podrá comprobar coincide con la cantidad inicial en los procesos de empaquetado y de granulado)

Si queremos conocer los kilogramos de agua a evaporar lo podemos hallar se la siguiente forma:

$$\text{Kg DE AGUA} = \text{Kg FORRAJE FRESCO} - \text{Kg FORRAJE SECO}$$

$$\text{Kg DE AGUA} = 10.830,77 - 8.000$$

$$\text{Kg DE AGUA} = 2.830,77$$

El porcentaje de agua que se evapora será igual:

$$\% \text{ AGUA EVAPORADA} = \frac{2.830,77}{10.830,77} \times 100 = 27,27\%$$

Para el resto de valores serían los mismos cálculos, de donde obtendríamos los siguientes resultados.

% Humedad	Masa inicial	Kg. agua	% de agua evaporado
35	10.830,77	2.830,77	26,14
40	11.733,33	3.733,33	31,82
50	14.080,00	6.080,00	43,18
60	17.600,00	9.600,00	54,55

3.2.7 Balance energético

Es preciso cuantificar las necesidades de calor del proceso que estamos abordando.

Para ello, calcularemos el calor absorbido por los distintos elementos que entran en juego en el proceso de deshidratación de la alfalfa, como son, el agua a evaporar y la alfalfa seca.

El mayor gasto energético lo tendrá el agua ya que primero deberemos elevar su temperatura de 25º C (temperatura media del ambiente) a 100º C para que el agua líquida se transforme en vapor y después trabajaremos a una temperatura de 120º C (temperatura a la cual llegaría la energía calorífica producida en la planta de gasificación de biomasa), produciéndose así, la disminución del contenido de humedad de la alfalfa. A la salida del ciclón del trómel, la alfalfa ya deshidratada tiene una

temperatura variable de aproximadamente 65º C, por lo que también existe una absorción de calor por parte de la alfalfa y del contenido de agua que ésta tiene (recordamos que el contenido de agua al final del trómel es del 12%).

A modo de conclusión el esquema de la evolución de las temperaturas sería el siguiente:



Después de este diagrama gráfico para un mejor entendimiento de cómo se va a producir la absorción de agua, procederemos a cuantificar el calor total necesario. El calor total será igual al calor que se absorba a lo largo del proceso, de esta manera tendremos que:

Q₁ SERÁ EL CALOR NECESARIO PARA ELEVAR LA TEMPERATURA DE 25º C A 100º C, PERO PERMANECIENDO EN ESTADO LÍQUIDO, siendo igual a:

$$Q_1 = \text{MATERIAL VERDE} \times \% \text{ DE HUMEDAD} \times C_p \text{ AGUA} \times \Delta T$$

$$Q_1 = 10.830,77 \times 0,65 \times 1 \text{ Kcal/ Kg } ^\circ\text{C} \times (100 - 25)$$

Donde $Q_1 = 527.999,65 \text{ Kcal/h}$

También se podría calcular como:

$$Q_1 = \text{MATERIAL SECO} \times \% \text{ DE HUMEDAD} \times C_p \text{ AGUA} \times \Delta T$$

$$Q_1 = 8.000 \times 0,88 \times 1 \text{ Kcal/ Kg } ^\circ\text{C} \times (100 - 25)$$

Dando en este caso que $Q_1 = 528.000 \text{ Kcal/h}$

**Q₂ CALOR NECESARIO PARA PASAR DE ESTADO LÍQUIDO A ESTADO GASEOSO
A UNA TEMPERATURA DE 100° C**

$$Q_2 = \text{MATERIAL SECO} \times \% \text{ DE HUMEDAD} \times C. \text{ EVAPORACIÓN}$$

$$Q_2 = 10.830,77 \times 0,65 \times 539 \text{ Kcal/ Kg}$$

Tras realizar estas operaciones $Q_2 = 3.794.560,27 \text{ Kcal/h}$

Al igual que Q_1 podemos utilizar la cantidad de materia deshidratada que obtenemos, teniendo en cuenta su humedad, siendo en este caso el valor de $Q_2 = 3.794.560 \text{ Kcal/h}$

Q₃ CALOR NECESARIO PARA AUMENTAR LA TEMPERATURA DE 100° C A 120°

C estando el agua en estado vapor.

$$Q_3 = \text{MATERIAL VERDE} \times \% \text{ DE HUMEDAD} \times C_p \text{ VAPOR} \times \Delta T$$

Si sustituimos los valores en la ecuación, teniendo en cuenta que en este caso C_p del vapor de agua es $0,51 \text{ Kcal/ Kg } ^\circ\text{C}$, nos quedaría lo siguiente:

$$Q_3 = 10.830,77 \times 0,65 \times 0,51 \text{ Kcal/ Kg } ^\circ\text{C} \times (120 - 100)$$

Siendo $Q_3 = 71.808,00 \text{ Kcal/h}$

Q₄ CALOR ABSORBIDO POR EL AGUA DE LA ALFALFA A LA SALIDA DEL CICLÓN DEL TRÓMEL, en estos momentos el porcentaje de humedad es del 12% y la temperatura a la que se encuentra es de 65° C, por lo tanto, Q₄ será igual a:

$$Q_4 = \text{ALFALFA DESHIDRATADA} \times \% \text{ DE HUMEDAD} \times C_p \text{ DEL AGUA} \times \Delta T$$

$$Q_4 = 8.000 \times \frac{100 - 12}{100} \times 1 \text{ Kcal/Kg } ^\circ\text{C} \times (65 - 25)$$

Siendo finalmente Q₄ igual a 38.400,00 Kcal/h

Q₅ SERÁ EL CALOR ABSORBIDO POR LA ALFAFA QUE SE HA DESHIDRATADO, teniendo en cuenta que el contenido de materia seca es el 88% y la temperatura es de 65° C

De esta manera y ya como último cálculo previo para determinar el calor total absorbido para disminuir el contenido de humedad, tenemos que:

$$Q_5 = \text{ALFALFA SECA} \times \% \text{ MATERIA SECA} \times C_p \text{ ALFALFA} \times \Delta T$$

$$Q_5 = 8.000 \times \frac{100 - 12}{100} \times 0,33 \text{ Kcal/ Kg } ^\circ\text{C} \times (65 - 25)$$

De donde sale que Q₅ tendrá un valor igual a 92.928,00 Kcal/h

Q_T SERÁ EL CALOR TOTAL NECESARIO APORTAR.

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5$$

$$Q_T = 527.999,25 + 3.794.560,27 + 71.808,00 + 38.400,00 + 92.928,00$$

$$Q_T = 4.525.695,52 \text{ Kcal/ h}$$



Una vez realizados todos los cálculos de los balances tanto de materia, de agua como de energía, recogeremos los valores más relevantes en la siguiente tabla, con el fin de que en el caso de que sea necesario utilizar algún dato, pueda ser más fácil su localización

TABLA BALANCE DE MATERIA:

PROCESO	Inicio	Tróm el	C.Tróm el	Molin o	C.Molin o	Mezclado ra	Granulad o	Enfriador a	C.Enfriado ra	Tamizad o	Túnel Enfriad or	Prensa
Granulado	10.830,7 7	8.000	7.999,2 0	7.999, 2	7.997,2 0	7.997,20	7.995,60	7.931,63	7.930,84	7.811,11	—	—
Empaqueta do	10.830,7 7	8.000	7.999,2 0	—	—	—	—	—	—	—	7.999,2 0	7.995,2 0

AGUA A EVAPORAR: 2.830,77 Kg

TABLA BALANCE DE ENERGÍA

	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅	Q _T
Kcal/h	527.999,25	3.794.560,27	71.808,00	38.400,00	92.928,00	4.525.695,52

3.3 Balance de materias y energías del maíz

3.3.1 Introducción

Una vez finalizado en ciclo fisiológico del maíz, la planta cesa de acumular sustancias nobles en el grano y comenzará a perder humedad, incluso en campo.

El momento más idóneo para recolectar con la cosechadora es cuando el contenido en humedad del grano es del 25 %, con un mínimo del 20 % y un máximo del 28 %. Los cultivadores de maíz deben controlar el estado del grano con un medidor de humedad para cosechar en el momento óptimo y así evitar pérdidas de tiempo y un coste excesivo del secado.

Recolectar muy pronto supone una mayor rotura de granos, con la consiguiente pérdida de calidad, y se la recolección se hace demasiado tarde, se pueden ocasionar problemas por condiciones climatológicas adversas.

El precio de mercado del grano es tanto menor cuanto mayor es su humedad, por encima del 14 %, que es el límite que se considera válido para su comercialización y almacenamiento.

El secado se realiza a temperaturas que varían, según el destino del producto, entre 50 y 130º C. El calor que actúa sobre la superficie del grano produce también una destrucción de la microflora y de los insectos y huevos, lo que mejora las condiciones de conservación.

El proceso de secado del grano se realiza en dos fases sucesivas:

1º. Calentamiento del producto por medio de una corriente de aire caliente que provoca la exudación de la humedad interna del grano

2º. Una corriente de aire fresco absorbe y expulsa la humedad hasta el exterior.

Para la conservación a medio y largo plazo del grano seco, se utilizan modernos silos metálicos verticales, de sólidas y simples características constructivas, hechos de chapa de acero zincado onduladas. La parte metálica se instala sobre una base de

mampostería y que haya sido zincada por un procedimiento en caliente, para ofrecer las máximas garantías contra la corrosión.

Las operaciones de carga y descarga están mecanizadas. Los silos además, deben preservar el grano y mantener su calidad comercial, estando provistos de aparatos de control de posibles alteraciones que puedan surgir durante la conservación, como consecuencia de la variación de las condiciones interiores y exteriores.

3.3.2 Secado del maíz

El secado consiste en la pérdida de la humedad del grano para evitar que el producto con un alto contenido de humedad sea atacado por hongos o continúe su actividad vegetativa.

El secado puede hacerse en mazorcas o en grano, nosotros lo realizaremos en grano. El acondicionamiento o secado de la mazorca sin desgranar es más fácil que el del grano suelto. El aire circula más fácilmente a través de los huecos que dejan entre sí las mazorcas almacenadas que entre una masa de granos de maíz.

El secado del grano consiste en hacer circular una corriente de aire por el interior de una tolva o un silo, por donde se mueve a una velocidad autorregulada según el contenido de humedad y la eficacia de la corriente de aire de secado.

La temperatura a la que es sometido el grano de maíz no debe superar los 60º C, nosotros utilizaremos una temperatura del aire no superior a 55º C. Durante el proceso, y etapas sucesivas, el maíz se calienta, se seca y por último, se enfría.

3.3.3 Descripción del proceso de secado

Para el secado del maíz se requiere de una instalación con al menos los siguientes elementos:

- Sistema de recepción del grano

- Silo de espera de grano húmedo
- Dispositivo de prelimpieza
- Secador
- Silos de almacenamiento.

Además de estas instalaciones, es necesario transportar el maíz, por lo que, debemos contar con unas instalaciones que faciliten el manejo del maíz tanto dentro como fuera del secadero.

Para el transporte del maíz utilizaremos:

- Elevadores de cangilones
- Rosca sinfín
- Rosca transportadora
- Cintas

Las características de alguno de estos elementos son muy diversas, dependiendo del fin que se les vaya a dar.

A continuación detallaremos las diferentes instalaciones para el secado y almacenamiento del grano.

Sistema de recepción del grano.

Se utilizan fosas de recepción. Estas permiten la recepción del grano por simple basculación de la caja de los camiones o remolques reduciendo al mínimo los tiempos muertos en la cadena de recolección. Además, la capacidad de la fosa actúa como amortiguador tanto en el caso de fallos en la cadena de entrega como en la propia instalación de almacenamiento y conservación.

Se recomienda darle a la fosa forma de pirámide regular invertida, estando condicionada por el depósito de elevación del grano que se quiere utilizar.

Cuando se utiliza un tornillo sinfín se debe usar una fosa con una profundidad entre 0,5- 0,7 veces la longitud de uno de los lados de la base.

Si se va a utilizar en elevador de cangilones es preferible construir una fosa con forma de pirámide irregular de sección rectangular, con una cara vertical a la que irá adosado el elevador, y cuya anchura sea la mitad de la longitud y la profundidad de 0,7 veces ésta.

Silo de espera del grano húmedo.

Su función es mantener almacenado en condiciones adecuadas el grano, a la espera de poder ser secado lo más pronto posible.

Dispositivo de prelimpieza.

Para la eliminación de la mayoría de las impurezas que acompañan al grano de maíz. Este proceso de prelimpieza mejora la presentación y sobre todo la densidad, ya que cuando son eliminadas las impurezas, los kilos de grano por unidad de volumen aumentan.

En el mercado existen numerosos equipos para la limpieza del grano. Estos equipos utilizan principios físicos combinados entre sí, como las cribas de tamaño apropiado al tipo de grano, corrientes de aire, dispositivos vibratorios, tambores rotativos, etc.

Generalmente se utiliza el sistema denominado calibrador- limpiador, ya que, al mismo tiempo que calibra los granos de maíz limpia de otros cereales cambiando las perforaciones de la criba rotativa.

La limpieza se hace en dos fases. En la primera el grano es atravesado por una corriente de aire que elimina las impurezas más ligeras. A continuación entra en una criba rotativa con orificios de tamaño creciente. En el primer tramo sólo pasan las partículas de menor tamaño (granos partidos, arena) y seguidamente todos los granos de manera que al final del tambor sólo llegan las impurezas de mayor tamaño que el grano.

Secador.

El proceso de secado se acelera recurriendo a las instalaciones que se conocen como secaderos. La eliminación del agua se favorece al someter el grano a una corriente de aire caliente y bajo contenido en humedad.

La calidad de secado y la eficiencia energética del proceso guarda relación con las características técnicas del secadero, y puede señalarse que, a medida que aumenta el tamaño, se reduce el consumo específico de energía, ya que en ellos se utilizan mejor los circuitos de recuperación de calor.

Hay tres tipos de secaderos de grano:

SECADEROS ESTÁTICOS.

Son aquellos secaderos en los que, el grano permanece quieto en todo el proceso. En los secaderos más perfeccionados se dispone de elementos que realizan su removido en el transcurso del secado.

El aire entra caliente por la parte inferior de la capa de grano y sale por la superficie arrastrando de manera progresiva su humedad. Esto trae como consecuencia diferencias de contenido de humedad entre las capas superiores (más húmedas) y las capas inferiores (más secas).

Se utiliza aire calentado hasta 50- 60º C precisando un caudal de aire de 140 m³/h por metro cúbico de grano que llega a través del fondo perforado. Con un doble tornillo sinfín colocado radialmente en la base, se pueden secar capas de hasta 80 cm

El rendimiento térmico de los secaderos estáticos es bajo, aproximadamente 1.500 – 2.000 Kcal. /Kg. de agua evaporada.

SECADEROS ESTÁTICOS DE RECIRCULACIÓN DEL AGUA.

El grano permanece en el secadero hasta que completa su secado, pero existe un dispositivo que lo obliga a circular de manera continua extrayéndolo por el fondo e introduciéndolo simultáneamente por la parte superior. Este dispositivo se utiliza asimismo para el vaciado del secadero una vez completado el proceso.

SECADEROS CONTINUOS

El secado se realiza con una sola pasada del grano. Existen varios tipos, el secadero continuo vertical es el más empleado en el mercado debido a sus mayores prestaciones.

En él, el grano desciende por gravedad desde la tolva, que sirve además, como zona de precalentamiento del grano, a través de unas conducciones formadas por chapas dobladas y dispuestas en persiana, que dejan pasar el aire caliente que realiza el secado y que obligan al grano a presentar todas sus caras para conseguir mayor uniformidad. El conjunto se automatiza controlando la velocidad de avance del grano en las conducciones de grano se puede utilizar como zona de enfriamiento, o como una zona de secado, si está previsto el secado con enfriamiento lento diferido.

Los elementos que componen el secadero son de fabricación modular, de manera que puede montarse en cualquier lugar deseado adaptándose a las necesidades de la instalación. En algunos casos, las canales por los que circula el grano son doble, en cuyo caso el grano que circula más próximo a la entrada de aire caliente lo hace a mayor velocidad que en el otro tipo de canal.

Naves de almacenamiento o silos

Torre de enfriamiento.

Este dispositivo realiza el enfriamiento del grano de una manera lenta (dryeration). El proceso se realiza en la zona vertical de la ventilación, utilizando un caudal de aire de 40 a 60 m³ /h y m³ de grano.

Esta operación permite, a la vez que se refrigere el grano utilizando su calor como energía para la evaporación del exceso de humedad con la que todavía sale de secadero.

La cantidad de agua evaporada durante esta fase permite disminuir la humedad del maíz del 18% con la que salía del secado hasta el 14% que es la permitida por la legislación, además de ser el valor recomendado para una correcta conservación.

Sistema de post- limpieza.

Una vez secado el grano, mediante un sistema de aspiración es despojado del resto de las impurezas que no se han podido eliminar en todo el proceso anterior del grano.

La limpieza del grano seco es más eficaz que en estado húmedo, sobre todo para la eliminación de partículas finas como puede ser el polvo.

3.3.4 Balance de materia y energía

3.3.4.1 Introducción

Cuando se alcanza la madurez fisiológica del grano, éste posee una humedad del orden del 35 %, a partir de este momento, comienza el secado en campo, es decir, se inicia un proceso que tiene como finalidad disminuir el contenido de humedad del grano hasta alcanzar el 14%, porcentaje de humedad adecuado para su conservación ya que imposibilita que agentes diversos puedan atacarlo y así poder almacenarlo.

Por ello, el secado del grano previo a su almacenamiento es imprescindible, para alcanzar los límites que permitan la conservación. Para el caso del maíz esto significa evaporar entre un cuarto y un tercio de la masa del grano antes de su almacenamiento.

Para la eliminación del exceso de humedad se utilizan los secaderos como ya hemos visto con anterioridad, en los que el grano se somete a la acción de una corriente de aire caliente, de manera que aumenta su temperatura hasta la evaporación del agua.

En primer lugar, se evapora el agua libre, proceso que precisa de poco gasto energético. Esta agua libre se encuentra cuando el maíz supera el 27% de humedad. Luego empieza a hacerlo el agua situada en los capilares, siendo más difícil de evaporar, y por tanto, supondrá un mayor aporte calorífico.

3.3.4.2 Cantidad de agua a evaporar

La cantidad de agua a evaporar por cada Kg de maíz que entra en el secadero será igual a:

$$P_i \frac{(100 - H_f \%)}{100} = P_f \frac{(100 - 14)}{100}$$

Donde:

P_i: cantidad de maíz que inicia el proceso de secado (Kg. /h)

P_f: peso del maíz seco (Kg./h)

H_f: porcentaje de humedad del maíz que entra en el secadero

Teniendo en cuenta la fórmula anterior y los contenidos de humedad del material vegetal, calcularemos la masa inicial de maíz. A modo de ejemplo se expondrán los cálculos para el 30 % (esto de repetirá a lo largo de todo el anejo)



$$Pf \frac{(100 - 30)}{100} = 11.000 \frac{(100 - 14)}{100}$$

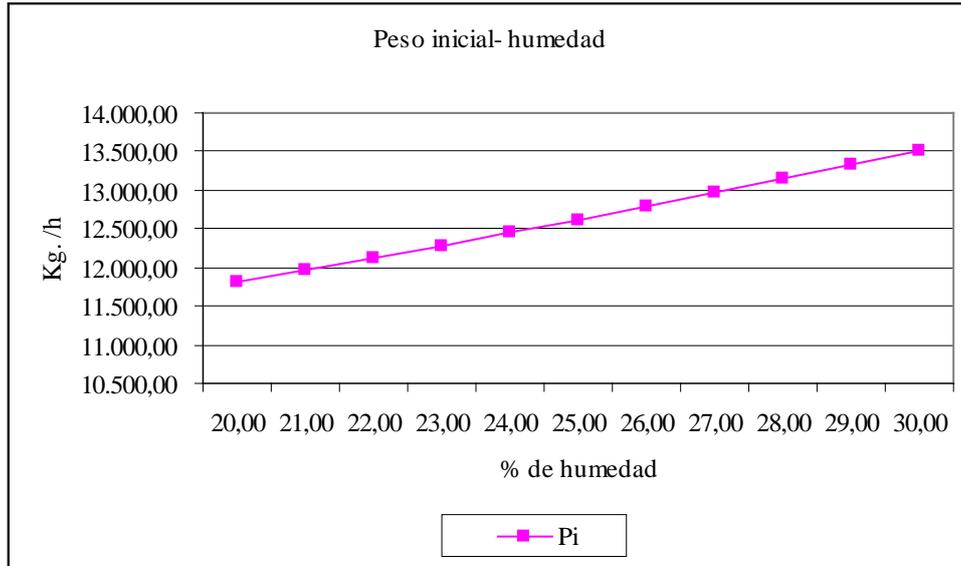
De donde:

$$Pf = 11.000 \frac{(100 - 14)}{(100 - 30)} = 13.514,29 \text{ Kg}$$

Es decir, a través del canal de alimentación, deberán entrar al inicio del proceso 13.514,29 Kg./h, para que, una vez secado el maíz vayan al silo de almacenamiento 11.000 Kg./ h de maíz.

Para el resto de valores los cálculos son idénticos y se reflejarán en la siguiente tabla:

Hi (%)	Pi (Kg. /h)
20,00	11.825,00
21,00	11.974,68
22,00	12.128,21
23,00	12.285,71
24,00	12.447,37
25,00	12.613,33
26,00	12.783,78
27,00	12.958,90
28,00	13.138,89
29,00	13.323,94
30,00	13.514,29



Si tenemos en cuenta las pérdidas del 4% que tienen lugar antes del secado la cantidad de agua evaporar será:

$$A = \frac{H_i - H_f}{100 - H_f} \times 100$$

Donde H_i es la humedad inicial y H_f es la humedad final del proceso, con esta ecuación obtendremos la cantidad de agua a evaporar por cada 100 Kg. De producto verde que entra en el proceso de secado.

Las condiciones a las que vamos a trabajar son las siguientes:

H_i : variable entre el 20- 30% (Kg. agua/ Kg. maíz)

H_f : según la normativa debe ser del 14% (Kg. agua/ Kg. maíz)

P_f : la cantidad de maíz seco que queremos obtener es de 11.000 Kg. /h

P_i : cantidad de forraje húmedo en Kg. /h después de las pérdidas.

La cantidad a evaporar para una humedad inicial 30% es de:

$$A = P_{\text{inicial}} \times \% \text{ de agua inicial} + P_{\text{secadero}} \times \% \text{ de agua en secadero}$$

$$A = 1631,44 \text{ Kg agua/h}$$

3.3.4.3 Balance de materia

En el proceso de secado de maíz, al contrario que la alfalfa, apenas tienen lugar pérdidas de materia.

Las únicas pérdidas que se producirán serán:

- Granos partidos
- Piedras
- Polvo

Las pérdidas totales de este proceso no superarán el 4% del maíz aportado al inicio del proceso.

También se producirá pérdida de peso por la merma del grano debidas al proceso de secado. Estas pérdidas de peso debidas a la disminución del porcentaje de humedad tienen lugar en el secadero.

Teniendo en cuenta esto, las pérdidas que se producirán son:

Hi	Pi	P secadero
20,00	11.825,00	11.777,700
21,00	11.974,68	11.926,785
22,00	12.128,21	12.079,692
23,00	12.285,71	12.236,571
24,00	12.447,37	12.397,579
25,00	12.613,33	12.562,880
26,00	12.783,78	12.732,649
27,00	12.958,90	12.907,068
28,00	13.138,89	13.086,333
29,00	13.323,94	13.270,648
30,00	13.514,29	13.460,229

3.3.5 Balance energético

3.3.5.1 Balance de energías en el silo de grano húmedo

La función de esta célula es la de conservar el grano con las condiciones de entra a la espera de ser secado lo antes posible (como máximo 3 días)

En las condiciones de entrada la actividad vital del grano se pone de manifiesto en su respiración y en su germinación. La intensidad de su respiración depende de la temperatura y de la humedad del grano y del oxígeno presente en el lugar de almacenamiento. Así, un aumento en 5º C doblaría la intensidad respiratoria y un aumento del 1,5% en humedad del grano ocasionaría la duplicación de la intensidad respiratoria y del calor producido.

La presencia de oxígeno transforma el almidón dando lugar a agua, gas carbónico y calor, provocando, con una atmósfera por renovada, incrementos de la temperatura que reducen el contenido de humedad.

En ausencia de oxígeno la respiración se sustituye por una fermentación en la que aparece, además de anhídrido carbónico, alcohol y calor en menor cantidad, eso sí, se producen menores pérdidas de materia seca en el grano.

Para evitar, pues, este aumento de la temperatura y de la humedad del grano se recurre a la ventilación del silo.

La única manera de regular el flujo de aire en el interior del silo, será mediante la ayuda de sondas que controlen la humedad del interior, para la ventilación del interior el aire será tomado directamente de la atmósfera con unas condiciones que pueden variar (temperatura media 15º C y humedad relativa aproximadamente del 80%).

3.3.5.2 Balance de energías en el secadero

Una cierta cantidad de aire, procedente de la planta de gasificación, se introducirá en el secadero. Este aire caliente suministrará el calor necesario para:

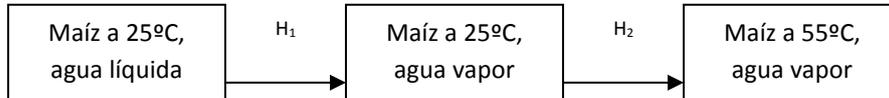
- Evaporar la cantidad de agua precisa para llevar el grano de un 30% de humedad relativa a un 18% de humedad.
- Calentar el grano hasta alcanzar una temperatura aproximada de 50- 60° C (temperatura tomada para los cálculos 55° C)

CÁLCULO DEL CALOR NECESARIO SUMINISTRAR PARA EVAPORAR EL AGUA

Tendremos en cuenta los siguientes datos:

- La cantidad de agua a evaporar: variable en función de la humedad a la que entra el grano en el secadero.
- El calor latente del agua a 25° C, $H_v = 600$ Kcal. /Kg.
- La capacidad calorífica media del agua (25- 55° C), $C_p = 0,9987$ Kcal. /Kg. °C

El proceso energético del secado sería el siguiente:



Donde:

$$\begin{aligned}
 H_1 &= m \times H_v \\
 H_2 &= m \times C_p
 \end{aligned}$$

Por tanto el calor total de este proceso (H_3) será igual a la suma de las dos anteriores:

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Hi	H₁	H₂	H₃
20,00	147.008,40	7.340,864	77732,82
21,00	220.717,37	11.021,522	78716,78
22,00	296.316,31	14.796,555	79725,97
23,00	373.878,86	18.669,641	80761,37
24,00	453.482,53	22.644,650	81824,02

25,00	535.208,96	26.725,659	82915,01
26,00	619.144,22	30.916,966	84035,48
27,00	705.379,07	35.223,104	85186,65
28,00	794.009,33	39.648,856	86369,80
29,00	885.136,23	44.199,277	87586,28
30,00	978.866,74	48.879,711	88837,51

CÁLCULO DEL CALOR A SUMINISTRAR AL GRANO

Datos:

- Capacidad calorífica del maíz: C_p es 0,22 Kcal./ Kg. °C
- Capacidad calorífica del agua: C_p es 0,9987 Kcal. / Kg. °C
- Masa de maíz (Kg. de maíz que entran al cabo de una hora)

El maíz sólo eleva su temperatura de 25° C a 55° C, no hay un cambio de estado, siendo el consumo de energía calorífica igual a:

$$H_4 = (m_{\text{maíz}} \times C_{p.\text{maíz}} + m_{\text{agua}} \times C_{p.\text{agua}}) \times \Delta T$$

Los resultados obtenidos han sido los siguientes:

Hi	H ₄
20,00	63.516,901
21,00	64.320,912
22,00	65.145,539
23,00	65.991,585
24,00	66.859,895
25,00	67.751,361
26,00	68.666,920
27,00	69.607,562
28,00	70.574,334
29,00	71.568,339
30,00	72.590,743

CÁLCULO DEL CALOR SUMINISTRADO POR EL AIRE

Será igual al calor necesario suministrar al grano para evaporar la cantidad de agua para alcanzar la humedad del 18% y el calor suministrado al grano. Es decir:

$$C_3 = H_3 + H_4$$

Por lo tanto, el calor que debe llegar desde la planta de gasificación de biomasa será:

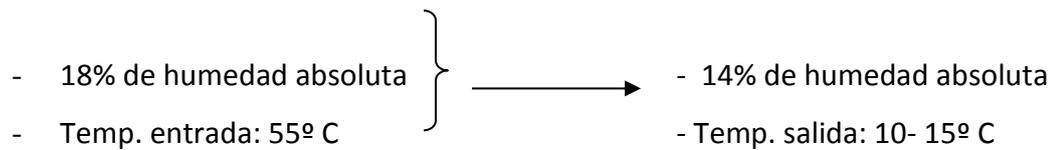
Hi	C ₃
20,00	295.598,985
21,00	374.776,581
22,00	455.984,371
23,00	539.301,454
24,00	624.811,093
25,00	712.600,988
26,00	802.763,583
27,00	895.396,387
28,00	990.602,323
29,00	1.088.490,117
30,00	1.189.174,706

3.3.5.3 Balance de energías en la torre de enfriamiento

La energía que se pone en juego en el balance energético de la torre de enfriamiento es aprovechada para conseguir que el producto alcance una humedad absoluta del 14%. Esta energía es suministrada por:

- El calor desprendido por el grano
- La energía cinética suministrada por el aire a través del ventilador

El grano sufre dentro de la torres de almacenamiento los siguientes cambios:



Estas condiciones de salida ya son las más adecuada para almacenar el grano durante varios meses son que se deteriore, ni se afectado por patógenos que lo estropeen.

3.3.5.4 Balance de energías en silos de almacenamiento

Este balance de energía tiene como función mantener el grano en las condiciones de almacenamiento adecuadas para una conservación prolongada, la temperatura ideal sería 15° C con una humedad absoluta del 14%.

Cualquier alteración en estas condiciones (aumento de la temperatura y de la humedad) deberá ser corregida ventilando el grano.

En caso de almacenaje de larga duración, es necesario saber, que durante la primavera la temperatura del grano se elevará lentamente. Para evitar que sobrepase los 15° C, será adecuado bajar la temperatura del lote durante los meses de inviernos, lo justo para que cuando se produzcan los aumentos primaverales la temperatura máxima alcanzada sea de 15° C.

Para refrigerar, hay que hacer circular en toda la masa almacenada aire más frío que el grano. Se ventilará preferentemente por la noche ya que el aire es más frío que durante el día, y además el precio de la electricidad es más bajo.

Además, habrá que tener en cuenta que si la temperatura entre aire y el grano es muy fuerte, se producirá condensación del agua sobre las paredes del silo, esto provocaría zonas húmedas y en consecuencia, podría producir moho. Así pues, sólo sería necesario ventilar en otoño y en invierno cuando la diferencia de temperatura entre el aire y el grano esté entre 5 y 7° C.

Aunque hemos señalado los resultados de todo un intervalo de temperaturas, nosotros para el dimensionado de la instalación y de la maquinaria sólo utilizaremos los datos del caso más desfavorable, 30% de humedad del grano de entrada en el secadero.



e s c u e l a
p o l i t é c n i c a
s u p e r i o r
d e h u e s c a



UNIVERSIDAD
DE ZARAGOZA

PROYECTO- TRABAJO FIN DE GRADO

Estudio de viabilidad de la instalación de una caldera de biomasa como medio alternativo a la instalación de gas propano actual para el secadero de una cooperativa en la provincia de Huesca

CAPITULO-4: ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

CAPITULO – 4

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

Índice:

4.1 Introducción.....	1
4.1.1 Tipos de calderas de biomasa.....	1
4.1.2 Funcionamiento de las calderas de biomasa.....	1-2
4.2 Ventajas e inconvenientes de instalar una caldera de biomasa	
4.2.1 Ventajas.....	2
4.2.2 Inconvenientes.....	3
4.3 Tipos de biomasa.....	3
4.4 Comparativa biomasa / combustibles fósiles.....	3-4
4.5 Alternativa a la caldera actual.....	4
4.5.1 Caldera elegida.....	4-5

4.1 Introducción

Tras el dimensionado mediante el estudio de balances debemos comparar las alternativas que tenemos y elegir el tipo de caldera que vamos a instalar.

Las calderas de biomasa son aquellas que utilizan combustibles naturales provenientes de fuentes renovables para su funcionamiento. Los pellets de madera, procedentes de residuos forestales o de los excedentes de industrias madereras, huesos de aceituna, cascara de frutos secos, leña, etc. Son las fuentes de energía natural que emplean las calderas de biomasa. El biocombustible del que se alimentan las calderas de biomasa, resulta más económico que los combustibles tradicionales (gasóleo, propano, etc.), siendo su precio, además, más estable a través del tiempo, ya que no depende de los precios que fijan otros países.

Su alto poder calorífico hace del biocombustible una forma de energía rentable y renovable y aporta a la caldera de biomasa unos rendimientos caloríficos que alcanzan casi el 100%.

4.1.1 Tipos de calderas de biomasa

En función del combustible que utilicen tendremos tres tipos de calderas de biomasa:

- Calderas de pellets: Únicamente se alimentan de combustibles uniformes, tipo fluido, como pellets o huesos de aceituna, que se absorben a la caldera por medio de succión o tornillo sin fin.
- Calderas policombustible: Pueden alimentarse con todo tipo de biocombustible triturado, lo que requiere mayor capacidad de almacenamiento.
- Estufas de leña: Utilizan troncos de leña para combustión. Por su alto valor estético a modo de chimenea francesa.

4.1.2 Funcionamiento de la caldera de biomasa

Una caldera de biomasa funciona de una forma similar a una caldera de gas.

El quemador de combustible quema el pellet que se le proporciona, generando una llama horizontal que entra a la caldera, como suele suceder en sistemas de gasóleo. El calor generado durante esta combustión es transmitido al circuito de agua en el intercambiador incorporado en la caldera.

El agua caliente generada se utiliza para calefacción y agua caliente sanitaria, climatización de piscinas, etc. La calefacción puede ser por cualquiera de los sistemas convencionales de agua. Las calderas de biomasa necesitan un contenedor o silo para

el almacenaje del biocombustible situado próximo a la caldera. Desde el mismo, un alimentador de tornillo sin fin o de succión, lo lleva a la caldera, donde se realiza la combustión.

El combustible tipo pellet debe almacenarse con una inclinación de unos 45º para su correcta inserción en la caldera.

Al quemar biomasa se produce algo de ceniza, que se recoge generalmente de manera automática en un cenicero que debe vaciarse unas 4 veces al año. El porcentaje de contenido en cenizas en los pellets es inferior al 1%.

Para optimizar el funcionamiento de la caldera de biomasa, podemos instalar un acumulador, que almacenará el calor de una forma similar a un sistema de energía solar.

4.2 Ventajas e inconvenientes de instalar una caldera de biomasa

4.2.1 Ventajas

- Energía limpia: emiten CO₂ neutro, ya que proviene de combustible natural.
- Energía barata: el precio de la biomasa no depende de mercados internacionales como los combustibles fósiles, además de ser mucho más bajo.
- Energía segura: La biomasa, a diferencia del gas, no puede explotar.
- Es una fuente de energía inagotable, que disminuye la dependencia de los combustibles fósiles.
- Ayuda a la limpieza de montes y al uso de los residuos de las industrias.
- Fomenta la creación de nuevos puestos de trabajo.
- Gran variedad de combustibles disponibles aptos para consumo en la misma caldera.
- Existe tecnología muy avanzada, con garantía de funcionamiento, alto rendimiento y fiabilidad.
- La implantación de cultivos energéticos en tierras abandonadas evita la erosión y degradación del suelo.
- Ayuda a evitar incendios.
- Además en nuestro país hay un gran excedente de biomasa.

4.2.2 Inconvenientes

- Los rendimientos de este tipo de calderas son algo inferiores a las calderas de combustible fósil.
- La biomasa posee menor densidad energética, lo que hace que los sistemas de almacenamiento sean mayores.
- Los sistemas de alimentación de combustible y eliminación de cenizas son mas complejos y requieren mayores costes de operación y mantenimiento.
- Los canales de distribución de la biomasa no están tan desarrollados como los de los combustibles fósiles.
- Muchos de éstos recursos tienen alto contenido en humedad, lo que hace que en determinadas aplicaciones pueda ser necesario un proceso previo de secado.

4.3 Tipos de biomasa

Los distintos tipos de biomasa utilizados son los siguientes:

- Podas de olivo y vid
- De la industria olivar obtenemos orujillo, alperujo y hueso de aceituna
- De las destilerías obtenemos orujos de uva, harina de granilla y cascara de almendra.
- Astilla forestal.
- Cultivos energéticos: *Brassica carinata*, *Cynara cardunculus*, *Sorgum*, *Salix*
- Pellets

4.4 Comparativa biomasa / combustibles fósiles

Los precios de los combustibles fósiles y de la energía eléctrica han incrementado su valor a lo largo de los últimos años. Esto hace que cada día que pasa sea más rentable la utilización de biomasa como combustible para obtener energía.

Aunque el rendimiento no sea tan bueno como el de los combustibles fósiles, su bajo precio en comparación con éstos permite comprar mayor cantidad de éstos y mejorar el rendimiento de las instalaciones.

Debido al incremento de la demanda de la biomasa el precio podría aumentar, por lo que mantendremos la caldera de gas en la instalación por si fuera necesario volver a utilizarla si los precios de biomasa se dispararan.

Aun así, a día de hoy la biomasa es muy rentable en comparación con el uso de combustibles fósiles. Por ello, la instalación de dicha caldera es muy viable y seguro proporcionara un mejor rendimiento de la instalación y un ahorro energético considerable.

4.5 Alternativa a la caldera actual

Para la instalación necesitaremos una caldera con las siguientes características:

- Deberá tener un rendimiento de 9770 Kg/h al deshidratar maíz húmedo al 24%.
- Potencia calorífica máxima de 1.350.000 Kcal/h

Las calderas de biomasa industriales pueden utilizar en su instalación para calentar el aire sistemas de:

- Agua caliente, agua sobrecalentada o vapor.
- Aceite térmico
- Aire caliente

4.5.1 Caldera elegida

La caldera que se va a presentar como alternativa será una caldera de 1040 kW de potencia térmica útil para la producción de agua caliente de 90-109°C a la presión de trabajo de 2 bar.

Tendrá un funcionamiento anual equivalente a plena carga de 6000 horas, con una eficiencia media de los equipos en funcionamiento del 85%.

Características del combustible que admite y otros parámetros:

Tipología del combustible	Biocombustible de tipo 1.1; 1.2.1; 1.3.1; 1.4
Contenido de humedad	Hasta M50 (<50% base húmeda, <100% base seca)
Poder calorífico inferior (PCI)	>10 MJ/Kg
Límite del PCI	<17 MJ/Kg
Contenido máx. ceniza residual	hasta el 3% (A3.0)
Tª min. fluidificación cenizas	mínimo 1050°C
Densidad aparente combustible	aproximadamente 200-350 Kg./m3
Tamaños de combustible, detalle a continuación:	<p>Alimentación con DUPLO:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Virutas P16 < 16mm. - Astillas P100 - Madera en troza P200 con sección máxima 50x50mm (hasta 15% del volumen de carga). - Madera molida P16 < 16 mm. - Pedazos P200 - Astillas - Mezcla de combustibles admitidos - Corteza con humedad 50% - 100% residuos en mezcla tal y como resulta del ensayo de laboratorio sobre la muestra RM ITE-110454, con humedad máxima del 30%
La potencia nominal de la caldera está garantizada con una humedad del combustible máxima del 50%.	



e s c u e l a
p o l i t é c n i c a
s u p e r i o r
d e h u e s c a



UNIVERSIDAD
DE ZARAGOZA

PROYECTO- TRABAJO FIN DE GRADO

Estudio de viabilidad de la instalación de una caldera de biomasa como medio alternativo a la instalación de gas propano actual para el secadero de una cooperativa en la provincia de Huesca

CAPITULO-5: ELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN

ADOPTADA



CAPITULO – 5

ELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

Índice:

5.1 Introducción.....	1
5.2 Caldera adoptada.....	1
5.3 Partes de la caldera.....	1-4
5.4 Complementos de la caldera.....	4-5
5.5 Complementos opcionales.....	5

5.1 Introducción

En éste capítulo se describirá cada una de las partes de la caldera elegida, incluidos los complementos opcionales.

5.2 Caldera adoptada

- Caldera de acero con cuatro pasos de humo UNICONFORT modelo GLOBAL/G/Especial 90 de 900.000 kcal/h (1.044 kW) de potencia térmica útil para la producción de agua caliente 90-109°C y presión de 2 bar(g), equipada con una base adecuada para la instalación del sistema de alimentación mecánico con tecnología sinfín para introducir el combustible a una cámara de combustión con PARRILLA MÓVIL INCLINADA. La caldera esta diseñada para utilizar como combustibles materiales sólidos leñosos y similares y como alternativa combustibles líquidos y gaseosos. La estructura autoportante de desarrollo horizontal es fabricada con chapa en acero grueso, espesor mín. 10 - máx. 12 mm, idónea para soportar las cargas térmicas y las presiones a las cuales esta sometida mediante barras de tracción específicas.
- Cámara de combustión de gran volumen de paredes secas, 4 pasos de humo para la decantación óptima de las partículas del humo, temperatura variable 900 - 1.300 ° C, fácil abertura para la limpieza periódica. Cámara de postcombustión con entrada del gas a elevada velocidad y turbulencia por efecto del particular sistema de inyección del aire secundario. Toda la cámara de combustión tiene un revestimiento refractario de gran espesor, con alto contenido de aluminio para poder alcanzar elevadas temperaturas y optimizar la combustión. El intercambiador de calor horizontal está construido con tubos en acero de gran espesor sumergidos en agua, con tres pasos de humo para el máximo rendimiento térmico, y cuyos extremos están empalmados a cámaras de recogida de cenizas que pueden abrirse e inspeccionarse para la limpieza periódica y la extracción de los residuos de la combustión. El aislamiento de la caldera ha sido realizado con material antiirradiación de alta densidad con paneles de cierre de acero con barnizado protector.

5.3 Partes de la caldera

- Sistema de alimentación mecánico del combustible: dispositivo DUPLO. Consta de un receptor de combustible que puede conectarse con 2 o más tornillos sinfín introductores, cada uno motorizado con su variador de velocidad, y acoplados a una junta articulada que permite a cada sinfín levantarse de su emplazamiento, de forma semiesférica, variando el ángulo de trabajo con respecto a su accionamiento, lo que permite el transporte de una amplia variedad de combustibles evitando el riesgo de atascamientos. Ventiladores de aire de combustión primario, 2º, 3º y 4º, guillotina de separación manual y compuerta de regulación accionada automáticamente. Guillotina receptora con accionamiento hidráulico con función anti-incendio, adaptada a la recepción de combustible con granulometría irregular desde un transportador en doble cadena pesado (Reddler).

- Cámara de combustión y post combustión adiabática, equipada con BRASERO EN PARRILLA MÓVIL, para caldera modelo GLOBAL/G 90 especial; la parrilla tiene funcionamiento modulante y proporcional, en función de la carga térmica del sistema, realizada con elementos en aleación de acero Níquel, para funcionamiento con altas temperaturas y adaptada a la gestión de la combustión óptima de la biomasa. Funcionamiento horizontal alternado con el uso de un sistema hidráulico, para el avance controlado del combustible sobre la parrilla. La cámara de combustión está revestida con 3 capas diferentes de material refractario de alta calidad (contenido aluminio: 60%); asimismo es terminada exteriormente con aislamiento en fibra mineral y paneles de cierre pintados en horno. El volumen extremadamente grande de la cámara asegura la permanencia durante al menos 3 segundos de los gases producidos en la combustión; su exposición a elevadas temperaturas permite reducir drásticamente los valores de contaminantes en las emisiones a la atmósfera. La parrilla móvil, con funcionamiento proporcional, está dividida en zonas de oxigenación independientes, para un control total de las distintas fases de la combustión. La presencia de una cámara de post-combustión, permite alcanzar temperaturas de entrada al intercambiador de hasta 1.000°C. La forma particular de esta cámara de post-combustión permite reducir la cantidad de partículas en los humos, de manera que entran al intercambiador más limpios, minimizando las necesidades de limpieza manual. En su zona inferior tienen sitio los sistemas de extracción automática de cenizas. Por último, la estructura de soporte de los elementos del brasero se enfría con agua procedente del circuito de calefacción. Esta solución técnica permite controlar la temperatura del brasero, evitando la formación de clinker debido a la fluidificación de la ceniza e incrementando significativamente la vida útil de los componentes del equipo. Además, la energía térmica obtenida, puede ser utilizada para precalentar el agua de alimentación a la caldera, aumentando la eficiencia energética del conjunto.
- Multiciclón de humos que reduce la cantidad de partículas por inversión de la velocidad inercial para la captación a baja velocidad de aeriformes residuales de combustión con un 65% aprox. de eficiencia de funcionamiento, construido con desarrollo vertical y estructura autoportante de chapa de acero, de mín. 2,5 - máx. 4 mm de espesor, de dimensiones adecuadas, equipado con registros para su periódica limpieza y mantenimiento, pedestales, contenedor para la recogida de las cenizas (entregado doble para operaciones de evacuación) y electroventilador extractor de humos, marca *F.lli Ferrari* con motor de 7,5 kW de potencia. Equipado con el correspondiente aislamiento térmico en lana mineral y acabado con lámina de galvanizado.
- Sistema de extracción automática de cenizas y residuos de combustión, cada uno formado por:

- 1 empujador hidráulico tipo bastidor de fondo, para mover los residuos que caen a través de la parrilla al sistema de extracción Fenix.
- 1 sistema de extracción Fenix, que consta de un extractor de doble caja de cierre, con movimiento hidráulico, para extraer y descargar los residuos del bastidor y de la parrilla sobre el sistema de transporte.
- Sistema de recepción y transporte de la ceniza que eleva los residuos al lado de la caldera (8 metros).

- Tablero eléctrico modulante de potencia P.L.C. TOUCH SCREEN para el control programado y automático de la combustión con microprocesador formado por:
 - Base de mando y control de alimentación de combustible según la energía requerida, modulante según los parámetros definidos y las variaciones de las características del combustible en la alimentación.
 - Control y regulación del aire de combustión primario mediante convertidor de frecuencia para la modulación según la carga térmica aplicada y compuertas para el sistema de recirculación de humos, que permite reducir aún más los niveles de emisiones contaminantes.
 - Control y regulación del aire de combustión secundario a través de convertidores de frecuencia para el mantenimiento del valor ideal de oxígeno residual (sonda lambda).
 - Control y regulación del tiro forzado de los humos con convertidor de frecuencia trifásico para mantener la depresión ideal en la cámara de combustión.
 - Control total de la combustión con unidad de análisis de oxígeno (sonda LAMBDA), y retroregulación automática de la caldera.
 - Control del encendido y mantenimiento.

- Cableado eléctrico completo, desde el tablero de potencia y control PLC hasta todos los componentes de la instalación, equipado con soportes y accesorios para entregar un conjunto perfectamente acabado y listo para la puesta en marcha. El cliente ejecutará las líneas de alimentación eléctrica hasta nuestro tablero PLC, equipada con sistema de puesta a tierra, cable neutro y, si fuese necesario, instalará un sistema de corrección del factor de potencia (condensadores etc.)

- Tecnología para la extracción del combustible de silos de almacenamiento de unos 50 m³ (4 x 5 x 2,5 m), tipo suelo móvil con extractor de lecho flotante para el almacenamiento y la extracción de la biomasa. El suelo móvil esta formado por 2 bastidores y brazos de 1,80 m de ancho x 5 m de longitud aproximadamente cada uno, instalados a nivel del suelo sobre guías de deslizamiento y conectados con 2 cilindros accionados hidráulicamente, alimentados por un dispositivo de bombeo de aceite. La programación del funcionamiento se hará a través de un tablero eléctrico general que incluye los dispositivos de protección eléctrica, los interruptores de accionamiento

y los testigos luminosos de funcionamiento, potencia de 5,5kW. La tecnología descrita se realiza para la instalación sobre una construcción en cemento armado, realizada por el cliente según nuestras indicaciones (proyecto ejecutivo) y anclada por un sistema en contraplacas. El sistema de recepción y transporte del combustible hasta el alimentador DUPLO se realiza mediante un transportador mecánico pesado con doble cadena de tracción, arrastradores metálicos con recubrimiento en teflón de los perfiles para reducir el nivel sonoro y garantizar la fiabilidad del transporte. (Longitud máxima considerada para el transportador 12m.)

- Sistema de limpieza automático del intercambiador de calor mediante electroválvulas con funcionamiento secuencial que funcionan con aire comprimido (1.250 litros/minuto de aire seco a 8 bar de presión debe ser suministrado por cliente). Serie de conexiones para humos de servicio y de by-pass de emergencia en acero inox de doble pared (AISI 304 lado externo y AISI 316 cara interior) y aislante de elevada densidad de 50mm espesor, desde la caldera al multiciclón y desde el multiciclón a la chimenea con curvas, piezas especiales, anillos de fijación (según nuestro esquema).
- Serie de conexiones para la recirculación modulante de los humos, en doble pared, en acero inoxidable AISI 316 en el lado interior, y AISI 304 en el exterior, con aislamiento de elevada densidad de 50 mm de espesor, desde el ventilador de tiro hasta los ventiladores de aire de combustión (1º, 2º, 3º y 4º), con compuertas motorizadas controladas por el control central PLC de la caldera. (Según esquema proporcionado por el fabricante, a confirmar por escrito).
- Soporte para quemador extraíble, fabricado con chapa gruesa de acero, de 10mm de espesor, incluida la placa para la fijación de la caldera, el carro movable sobre ruedas cilíndricas de \varnothing 30-50 mm con rodamientos tangenciales, la placa para la fijación del quemador y la placa de cierre.
- Disipador de potencia residual con válvula auto accionante.

5.4 Complementos de la caldera

- Chimenea en acero inoxidable AISI 304 de 2 mm de espesor, \varnothing 500 mm, 12 m de altura, provista de base para el anclaje al suelo, registro para la limpieza, anillo intermedio para tirantes, codo de 90° para la unión con la caldera de pared simple. Aislamiento térmico, en fibra de lana mineral, espesor 30mm, con acabado exterior en aluminio 8-10mm.

- Sistema de válvulas de seguridad de descarga rápida, de tipo resorte pretensado, para la evacuación de sobrepresiones en el intercambiador de la caldera, en la cantidad de 2 válvulas DN 50 X 80, precalibradas en 3 bar.

- Quemador piloto de gas natural, marca Riello de tipo bi-estado progresivo automático de 1.600 kW de potencia térmica, equipado con los accesorios para el montaje (Módulo RS 28/1 T.L. MB 12/1), con ventilación continua, arranque en llama automático al bajar la temperatura en la cámara de combustión por debajo de 450°C (para evitar la formación de HCl).

5.5 Complementos opcionales

- Sistema para la filtración adicional de los humos, para mantener el límite de emisión de partículas a la atmósfera por debajo de 12 mg/Nm³, esencialmente constituido por:
 - Filtro de alta eficiencia para la decantación de partículas, modelo FAI 120 (120 mangas de filtración), compuesto por:
 - o Cámara filtrante con pre-cámara de calma, para la captación de los residuos aereiformes con las mangas de filtración en malla de acero inoxidable AISI 304 instaladas en su interior, resistentes a una temperatura de trabajo de >500°C.
 - o Cámara de recogida de las cenizas y partículas equipada con contenedores extraíbles para la limpieza periódica, sistema neumático y automático de limpieza de las mangas, sinfín de recogida y descarga a través de válvulas estelares en fundición, con rotor en aleación de acero, directamente y conjuntamente con la descarga del multiciclón y del sistema de extracción de cenizas de la caldera en el sistema de recepción y transporte de cenizas.
 - o Estructura entera de acero CORTEN A, aislada térmicamente con lana mineral y terminada con láminas de aluminio.

- Sistema informatizado central con monitor, para la conexión a internet y para permitir al cliente, o al mismo proveedor:
 - o visualizar el estado de funcionamiento con todos los parámetros del equipo
 - o modificar la regulación de la instalación
 - o registrar y guardar todas las situaciones de anomalías o alarma
 - o crear gráficos para los diferentes parámetros de funcionamiento
 - o visualizar y controlar los estados de las salidas del sistema PLC
 - o activar y desactivar manualmente cada motor de accionamiento
 - o habilitar una llamada de emergencia (aviso) a un número seleccionado por el cliente



e s c u e l a
p o l i t é c n i c a
s u p e r i o r
d e h u e s c a



UNIVERSIDAD
DE ZARAGOZA

PROYECTO- TRABAJO FIN DE GRADO

Estudio de viabilidad de la instalación de una caldera de biomasa como medio alternativo a la instalación de gas propano actual para el secadero de una cooperativa en la provincia de Huesca

CAPITULO-6: DETERMINACIÓN DEL COSTE DE
IMPLANTACIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA



CAPITULO – 6

DETERMINACIÓN DEL COSTE DE IMPLANTACIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

Índice:

6.1 Introducción.....1

6.2 Tabla de costes.....1

6.1 Introducción

En éste capítulo determinaremos el coste total de la solución adoptada. Para determinar el coste total de la implantación de la solución propuesta se desglosará por partes los costes de dicha instalación y la construcción de la estructura que albergara la caldera. Los costes se mostrarán por medio de la siguiente tabla:

6.2 Tabla de costes:

Resumen	Coste (€)
Caldera de acero con cuatro pasos de humo UNICONFORT	93.900,00
Sistema de alimentación mecánico del combustible: dispositivo DUPLO	20.270,00
Cámara de combustión y post combustión adiabática, equipada con BRASERO EN PARRILLA MÓVIL	23.770,00
Multiciclón de humos	20.060,00
Sistema de extracción automática de cenizas y residuos de combustión	25.370,00
Tablero eléctrico modulante de potencia P.L.C. TOUCH SCREEN	13.950,00
Cableado eléctrico completo	9.600,00
Tecnología para la extracción del combustible de silos de almacenamiento de unos 50 m ³	46.400,00
Sistema de limpieza automático del intercambiador de calor	17.400,00
Serie de conexiones para humos de servicio y de by-pass de emergencia	16.200,00
Serie de conexiones para la recirculación modulante de los humos, en doble pared	12.800,00
Soporte para quemador extraíble	1.590,00
Disipador de potencia residual	3.960,00
Chimenea en acero inoxidable	11.000,00
Sistema de válvulas de seguridad	2.090,00
Quemador piloto de gas natural	3.340,00
Sistema para la filtración adicional de los humos, para mantener el límite de emisión de partículas a la atmósfera por debajo de 12 mg/Nm ³	44.400,00
Sistema informatizado central	3.300,00
Cimentación	1.176,29
Estructura, cerramientos y cubierta	2.275,17
TOTAL	372.851,46



e s c u e l a
p o l i t é c n i c a
s u p e r i o r
d e h u e s c a



UNIVERSIDAD
DE ZARAGOZA

PROYECTO- TRABAJO FIN DE GRADO

Estudio de viabilidad de la instalación de una caldera de biomasa como medio alternativo a la instalación de gas propano actual para el secadero de una cooperativa en la provincia de Huesca

CAPITULO-7: COMPARACIÓN ENTRE BIOMASA Y
PROPANO

CAPITULO – 7

COMPARACIÓN ENTRE BIOMASA Y PROPANO

Índice:

7.1 Introducción.....	1
7.2 Comparación de precios y poder calorífico	
7.2.1 Comparación de precios.....	1
7.2.2 Poder calorífico.....	2
7.3 Costes energéticos.....	2
7.4 Cantidad de combustible necesaria para secar el maíz y la alfalfa.....	3
7.5 Coste económico para cada combustible de secar una tonelada de cada elemento.....	4
7.6 Conclusión.....	4

7.1 Introducción

Tanto a nivel de poder calorífico como a nivel de precio, el gas propano y los distintos tipos de biomasa albergan muchas diferencias.

Debemos hacer un estudio que nos permita comparar ambos sistemas y así evaluar la definitiva viabilidad del proyecto en cuestión.

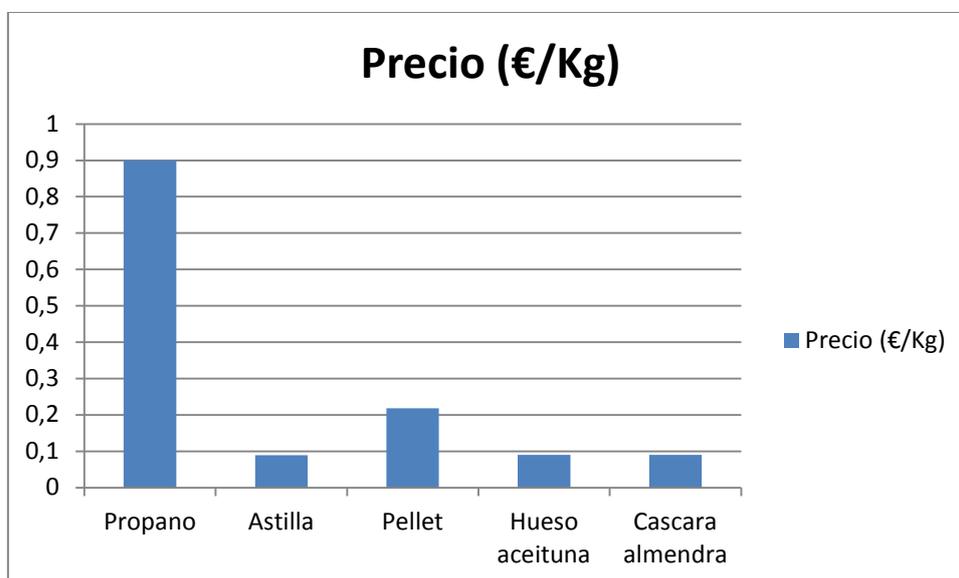
Antes de nada, habrá que tener en cuenta que no hay unos precios estables cada año y por lo tanto cualquier estudio económico no será tomado en cuenta de forma definitiva.

El dueño de la instalación deberá estar atento a posibles cambios de precio en distintos tipos de biomasa para poder alternarlos y hacer mas rentable su instalación.

7.2 Comparación de precios y poder calorífico

7.2.1 Comparación de precios

En la siguiente tabla podemos observar que el precio del gas propano está muy por encima del precio de la biomasa en general (existen más tipos de biomasa, más para la comparación no es necesario el estudio de todas, solo las mas representativas).



7.2.2 Poder calorífico

El poder calorífico, es la cantidad de energía que es capaz de liberar una unidad de masa de una materia al llevarse a cabo una reacción de oxidación de ésta.

En la siguiente tabla se muestra el poder calorífico para el propano y los distintos tipos de biomasa:

Combustible	Poder calorífico (Kcal / Tm)
Propano	11074868
Astilla	3181445
Pellet	4213265
Hueso aceituna	4385235
Cascara almendra	4127280



7.3 Costes energéticos

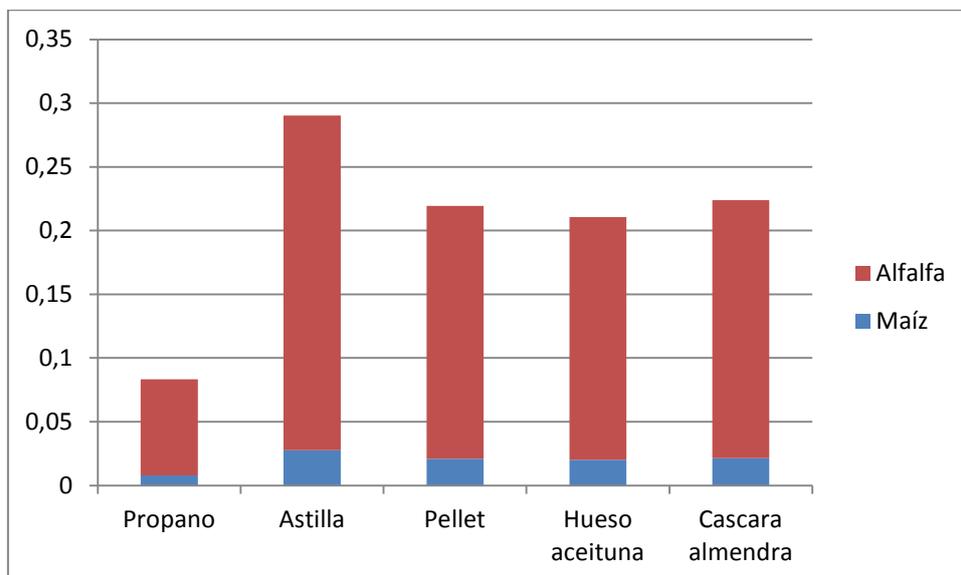
En el capítulo 3 hemos calculado los costes de secar alfalfa y maíz. En la siguiente tabla se muestra la cantidad de energía necesaria para secar una tonelada de cada uno de estos dos elementos.

Cultivos a secar	Coste energético de secarlo (Kcal/Kg)	Secar una tonelada (Kcal)
Alfalfa	835,71	835710
Maíz	87,99	87990

7.4 Cantidad de combustible necesaria para secar el maíz y la alfalfa

Con los datos anteriores, podremos hacer un cálculo en toneladas de la cantidad de combustible necesaria para secar estos dos elementos. Una vez tengamos la cantidad, podremos obtener un coste medio y así poder comprobar la viabilidad del proyecto.

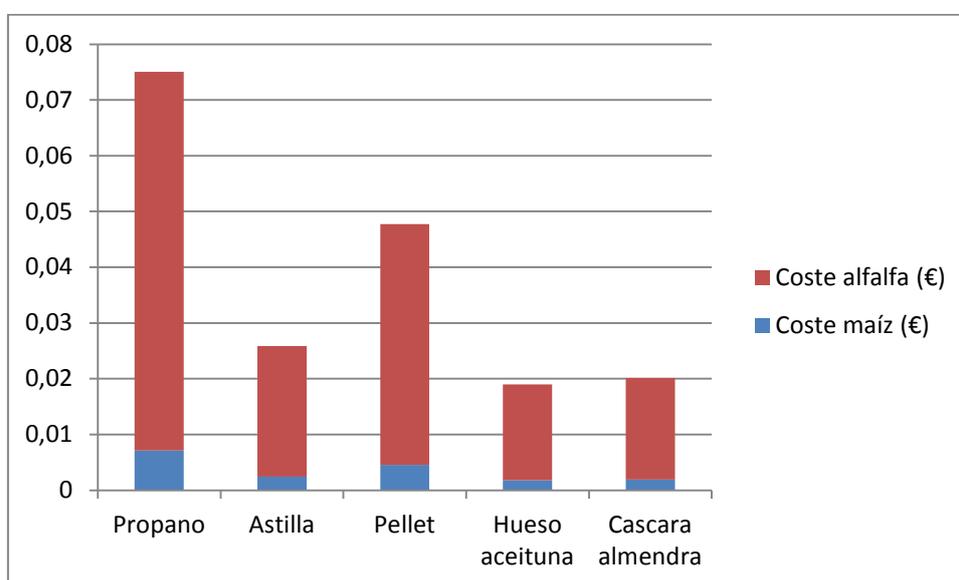
Combustible	Maíz (Toneladas)	Alfalfa (Toneladas)
Propano	0,007945016	0,075460042
Astilla	0,027657244	0,262682523
Pellet	0,020884041	0,198352109
Hueso aceituna	0,020065059	0,190573595
Cascara almendra	0,021319125	0,202484445



7.5 Coste económico para cada combustible de secar una tonelada de cada elemento

Mediante el precio por tonelada y el dato anterior obtendremos un coste para cada combustible.

Combustible	Coste maíz (€)	Coste alfalfa (€)
Propano	0,007150514	0,067914037
Astilla	0,002461495	0,023378745
Pellet	0,004548544	0,043201089
Hueso aceituna	0,001805855	0,017151624
Cascara almendra	0,001918721	0,0182236



7.6 Conclusión

Podemos observar, según el estudio realizado (para datos de éste año), que para secar cualquiera de los cultivos es más rentable utilizar como combustible la biomasa.

No obstante, el precio de dichos productos varía constantemente y el dueño de la instalación deberá estar al día de precios de distintos tipos de biomasa para poder alternarlos y hacer más rentable su instalación.

Por otra parte, el mercado de la biomasa cada vez se expande más y hay más competencia. Si en un momento dado los precios se elevaran demasiado, la instalación podría dejar de ser rentable, con lo que se recomienda no descartar que el propano en otra situación pudiera ser más rentable que la biomasa.



e s c u e l a
p o l i t é c n i c a
s u p e r i o r
d e h u e s c a



UNIVERSIDAD
DE ZARAGOZA

PROYECTO- TRABAJO FIN DE GRADO

Estudio de viabilidad de la instalación de
una caldera de biomasa como medio
alternativo a la instalación de gas propano
actual para el secadero de una cooperativa
en la provincia de Huesca

CAPITULO-8: CONCLUSIÓN

CAPITULO – 8

CONCLUSIÓN

Índice:

8.1 Introducción.....	1
8.2 Balances de materias y energías.....	1
8.3 Alternativas y solución adoptada.....	1-2
8.4 Comparación entre biomasa y gas propano.....	2-3
8.5 Conclusión final.....	4

8.1 Introducción

A lo largo del estudio de viabilidad hemos comprobado la normativa vigente y los planes energéticos que afectan a la biomasa.

Se ha calculado el coste energético y material de realizar el secado de maíz y alfalfa en la instalación actual.

Una vez teníamos los datos necesarios hemos comprobado que alternativas a la caldera de propano podíamos utilizar y se ha elegido una caldera de biomasa que cumpliera con las características necesarias para la instalación.

Ante la solución adoptada se ha calculado el coste de la inversión a realizar.

Por último se realizó una comparación entre el rendimiento de la biomasa y el gas propano, tanto a nivel energético como económico.

8.2 Balances de materias y energías

Mediante los cálculos pertinentes hemos podido conocer la cantidad de energía necesaria para secar una tonelada de maíz o alfalfa. Es importante conocer éste dato, pues con el podremos saber que cantidad de cada uno de los posibles combustibles es necesaria para secar cada uno de éstos elementos y así poder hacer una comparación.

Cultivos a secar	Coste energético de secarlo (Kcal/Kg)	Secar una tonelada (Kcal)
Alfalfa	835,71	835710
Maíz	87,99	87990

Además, conociendo el rendimiento que debe llevar la instalación realizamos un dimensionado de la caldera que vamos a necesitar en la nueva instalación.

8.3 Alternativas y solución adoptada

Tras el dimensionado de caldera se ha buscado una caldera de biomasa con unas características determinadas, cumpliendo así con los requisitos necesarios para mantener un buen rendimiento de la instalación.

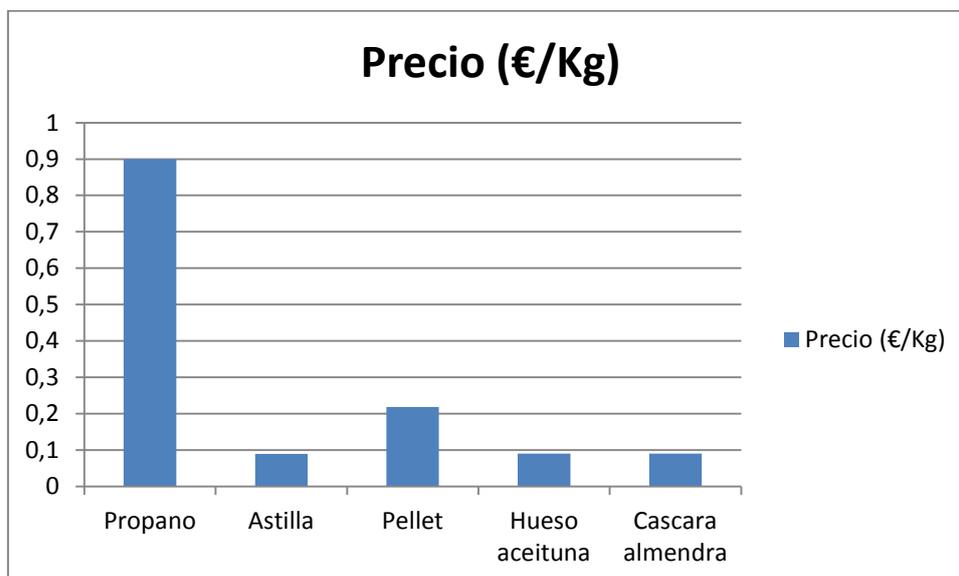
Tipología del combustible	Biocombustible de tipo 1.1; 1.2.1; 1.3.1; 1.4
Contenido de humedad	Hasta M50 (<50% base húmeda, <100% base seca)
Poder calorífico inferior (PCI)	>10 MJ/Kg
Límite del PCI	<17 MJ/Kg
Contenido máx. ceniza residual	hasta el 3% (A3.0)
Tª min. fluidificación cenizas	mínimo 1050°C
Densidad aparente combustible	aproximadamente 200-350 Kg./m3
Tamaños de combustible, detalle a continuación:	Alimentación con DUPLO: - Virutas P16 < 16mm. - Astillas P100 - Madera en troza P200 con sección máxima 50x50mm (hasta 15% del volumen de carga). - Madera molida P16 < 16 mm. - Pedazos P200 - Astillas - Mezcla de combustibles admitidos - Corteza con humedad 50% - 100% residuos en mezcla tal y como resulta del ensayo de laboratorio sobre la muestra RM ITE-110454, con humedad máxima del 30%
La potencia nominal de la caldera está garantizada con una humedad del combustible máxima del 50%.	

Una vez encontrada la caldera a instalar, hemos descrito todas sus partes y posibles elementos a instalar en ella de forma opcional.

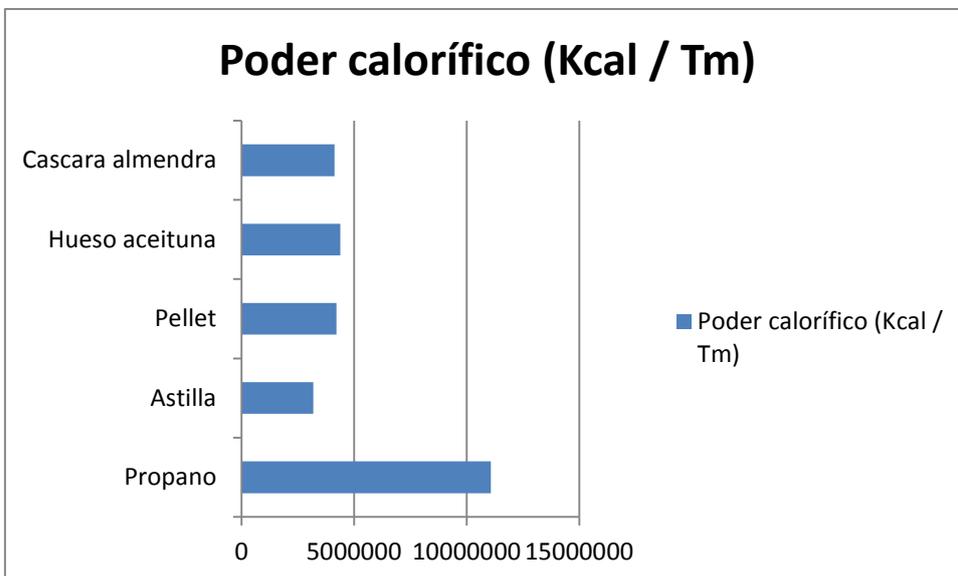
Finalmente se ha presupuestado su coste de instalación, que asciende a un total de 372.851,46 €

8.4 Comparación entre biomasa y gas propano

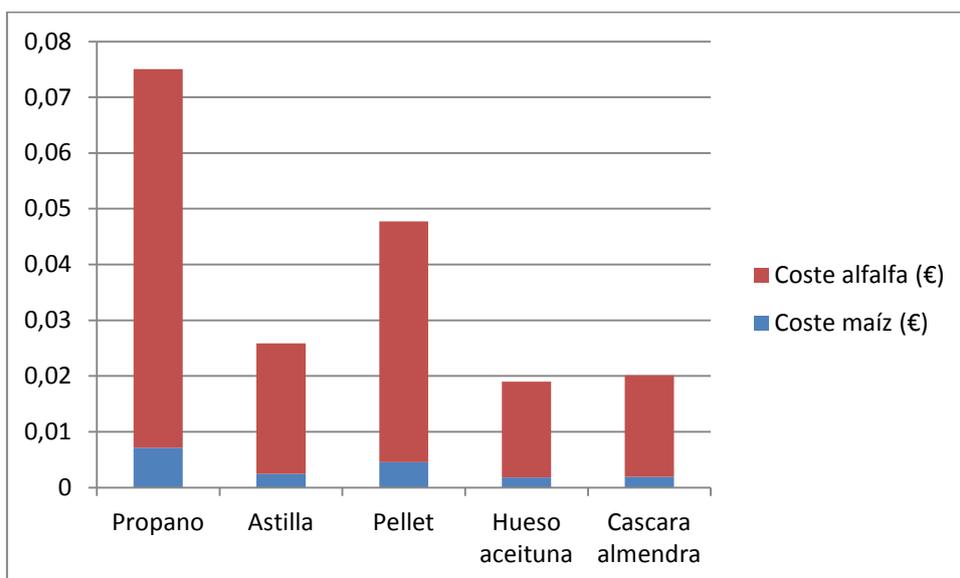
Hemos comparado precio de distintos tipos de biomasa con los del gas propano, donde se hace evidente una gran diferencia de precio entre ellos.



También se ha comprobado el poder calorífico para cada uno de ellos, donde el gas propano también era muy superior.



Por último, se han calculado los costes de secar maíz y alfalfa para cada uno de ellos y se ha observado que resulta más económica la utilización de la biomasa como combustible.



8.5 Conclusión final

En conclusión, es viable la instalación de la caldera de biomasa, a pesar de su elevado coste. No debemos tomar al pie de la letra los números obtenidos en el apartado en que comparamos gas propano y biomasa, pues el precio varía mucho y la diferencia no es siempre la misma. Aun así, se ve una gran diferencia de precio y considero rentable la inversión.

Es una inversión a largo plazo que nos permitirá ahorrar en costes energéticos y seguir rentabilizando la explotación con la misma eficacia. En poco tiempo la tendremos amortizada. Además, tenemos una gran cantidad de combustibles para elegir en caso de que alguno de ellos se encarezca.

Para que la viabilidad sea completa no basta con la instalación, sino que además el dueño de la instalación deberá preocuparse de comparar precios de distintos tipos de biomasa, alternándolos de la mejor forma para disminuir costes al mínimo y rentabilizar mejor la nueva instalación.

Por otra parte, el mercado de la biomasa crece y cada día hay más demanda. No se recomienda eliminar la instalación de gas propano, pues si algún día el precio de la biomasa se incrementara demasiado, dicha instalación podría volver a ser más rentable que la nueva.



e s c u e l a
p o l i t é c n i c a
s u p e r i o r
d e h u e s c a



UNIVERSIDAD
DE ZARAGOZA

PROYECTO- TRABAJO FIN DE GRADO

Estudio de viabilidad de la instalación de una caldera de biomasa como medio alternativo a la instalación de gas propano actual para el secadero de una cooperativa en la provincia de Huesca

BIBLIOGRAFÍA

BRETO, S. (2009). “El Plan Energético de Aragón 2005-2012 y las energías renovables”. *Aragón exterior*, nº 29. Departamento de Economía, Hacienda y Empleo, Gobierno de Aragón.

España. Ley 7/2006, de 22 de junio, de protección ambiental de Aragón. *Boletín Oficial de Aragón*, 17 de julio de 2006, nº 81.

INSTITUTO ARAGONÉS DE ESTADÍSTICA (IAEST) (2012). *Datos Básicos de Aragón, 2012*. Zaragoza, Gobierno de Aragón.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO; INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA (IDAE). (2005). *Plan de Energías Renovables en España 2005-2010*. Madrid, Gobierno de España.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO; INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA (IDAE). (2011). *Plan de Energías Renovables en España 2011-2020*. Madrid, Gobierno de España.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO; INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA (IDAE). (2007). “Energía de la Biomasa”. *Manuales de energías renovables*, nº2. Madrid, Gobierno de España

SOTO, S. (2005). “La energía en Aragón”. *Informes económicos*, nº 8. Departamento de Economía, Hacienda y Empleo, Gobierno de Aragón.

Páginas web:

www.energias-renovables.com

www.infoagro.com

www.magrama.gob.es

gnf.unizar.es

www.mourlan.com

www.combustiblesaragon.com