



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO INDUSTRIAL

Título del proyecto:

**“UTILIZACIÓN DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA Y
BIOMASA PARA CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE
SANITARIA EN VIVIENDAS: Estudio del comportamiento de
las instalaciones”**

Alumno: Alejandro Astibia Bruno

Tutores: María Ángeles de Blas

Corral y Eduardo Prieto Cobo

Pamplona, 18 de Febrero del 2010

AGRADECIMIENTOS

Durante todo el tiempo en el que he estado realizando este Proyecto Fin de Carrera siempre he tenido personas a mi alrededor que me han apoyado y animado para seguir adelante. Ahora me gustaría agradecerles sus esfuerzos y consejos, porque sin su ayuda todo habría resultado mucho más difícil.

En primer lugar quiero mencionar a mi familia, que ha estado preocupándose desde el primer día que empecé la carrera y me han brindado su apoyo incondicional.

En segundo lugar me gustaría agradecer a mis tutores, María Ángeles de Blas Corral y Eduardo Prieto Cobo, su ayuda y colaboración durante todo el proyecto.

En tercer lugar me gustaría expresar mis agradecimientos a las personas que han colaborado desde la empresa ACSolar XXI para que este proyecto saliera adelante. En especial debo agradecer su colaboración a Ana Garrúes Iñiguez, Gerente de ACSolar, por su colaboración en la realización del proyecto.

En cuarto lugar me gustaría agradecer a los propietarios de las viviendas sobre las cuales se ha desarrollado el proyecto, por su amabilidad y por permitirme acceder a sus casas para tomar los datos.

En quinto lugar querría expresar mi agradecimiento a mis profesores de Ingeniería Industrial por la formación que me han dado durante estos años y al resto de la Universidad Pública de Navarra.

Por último quiero señalar a mis amigos y compañeros de universidad, que a pesar de los momentos difíciles nunca han dejado de animarme y confiar en mí.

ÍNDICE

1	Introducción y objeto del trabajo	5
2	Consideraciones iniciales	6
3	Descripción de la empresa en la que se realiza el proyecto	7
3.1	Breve historia de la empresa	7
3.2	Estrategia de la empresa	7
3.3	Medios materiales e instalaciones de producción	8
3.4	Desarrollos tecnológicos	9
3.5	Patentes y modelos de utilidad a nombre de la empresa	9
4	Energía solar térmica	11
4.1	¿Qué es la energía solar térmica?	11
4.2	¿Cómo funciona la instalación?	12
4.3	Elementos de la instalación	13
4.4	Aplicaciones	17
5	Biomasa	21
5.1	¿Qué es la biomasa?	21
5.2	Tipos de biocombustibles	22
5.3	Tipos de calderas de biomasa	24
5.4	Calderas de pellets que se van a utilizar en las instalaciones	26
6	Zona climática	28
7	Instalaciones en zona 1	29
7.1	Instalación en Ciaurriz	29
7.2	Instalación en Gazcue	34
7.3	Conclusiones sobre las instalaciones de la zona 1	38
8	Instalaciones en zona 2	43
8.1	Instalación en Aoiz	43
8.2	Instalación en Artica	49
8.3	Instalación en Orcoyen	53
8.4	Conclusiones sobre las instalaciones de la zona 2	57
9	Instalaciones en zona 3	61
9.1	Instalación en Lerín	61
9.2	Instalación en Santacara	65
9.3	Instalación en Carcastillo	69
9.4	Conclusiones sobre las instalaciones de la zona 3	73
10	Instalación con gasoil	75
10.1	Instalación en Eguaras	75
11	Instalación con gas	80
11.1	Instalación en Iraizotz	80
12	Posibles mejoras en la parte de energía solar	88
12.1	Instalación solar	88
12.2	Fluido de trabajo	89
12.3	Vasos de expansión cerrados	89
12.4	Acumulador con intercambiador de calor interno	90

12.5 Intercambiador de calor externo.....	90
13 Posibles mejoras en la parte de biomasa.....	91
13.1 Chimenea.....	91
13.2 Suministro de pellets.....	92
13.3 Deposito de pellets.....	92
14 Conclusiones	94
15 Líneas de futuro.....	96
16 Bibliografía.....	97
Anexo 1: Datos medios de irradiancia en Pamplona.....	99
Anexo 2: Datos técnicos de las calderas de biomasa	112
Anexo 3: Datos técnicos de los captadores solares	114
Anexo 4: Datos técnicos de los acumuladores.....	118

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO DEL TRABAJO

El trabajo fin de carrera que se va a realizar consiste en suministrar agua caliente para uso sanitario y para calefacción mediante suelo radiante o radiadores. Para ello se dispone de dos fuentes: energía solar térmica y biomasa. La fuente de energía solar térmica se obtiene gracias a unos paneles térmicos que se encuentran en los tejados de las viviendas. Mientras que la fuente de biomasa se obtiene de dos maneras, con una caldera o con una caldera y un fuego bajo o fogón en algunas instalaciones.

En las diferentes instalaciones que se van a analizar existen unos aparatos de medida, contadores, que se van a encargar de suministrar los datos de producción y consumo de energía. De esta manera en los lugares que exista una fuente de energía (paneles, caldera y fogón) existirá un contador que mostrará la producción. Por otro lado en las diferentes zonas de calefacción existen contadores que suministran el consumo debido a la calefacción. También se dispone de estos aparatos de medida en la zona de suministro de agua caliente. Antes de pasar a explicar las diferentes instalaciones se ha tratado de realizar una introducción de las diferentes fuentes de energías.

El objeto del trabajo fin de carrera a realizar es el de estudiar, evaluar y comparar el comportamiento del conjunto de instalaciones explicadas anteriormente. Además, se dispone de otras instalaciones alimentadas desde sistemas de energía solar térmica junto con calderas de combustibles fósiles como gas o gasóleo.

Con los datos de consumo y producción se podrá apreciar si la instalación satisface la demanda de agua caliente de la vivienda, comparar los resultados obtenidos en las diferentes instalaciones y obtener conclusiones sobre posibles mejoras.

Además se tratará de realizar el análisis económico de una instalación con caldera de gasoil y otro con caldera de gas. De esta manera se podrá apreciar el tiempo de recuperación de la inversión inicial, y la evolución de los beneficios aportados por los captadores solares o por la biomasa.

2. CONSIDERACIONES INICIALES

A lo largo de las diferentes instalaciones existen un conjunto de elementos que serán comunes a todas. Las calderas utilizadas en todas las instalaciones son de la marca Biotech y sus características vienen reflejadas en el Anexo 2. En cuanto a los captadores solares todas las instalaciones disponen del mismo tipo de paneles, éstos son de la marca LKN y sus características se muestran en el Anexo 3. Otro elemento común es el acumulador de doble serpentín, las características del mismo se pueden ver en el Anexo 4.

Otra consideración es que cada vivienda tiene un uso diferente, por lo tanto es posible que los resultados no sean similares y sea complicado llegar a una conclusión general. Ahora bien todas las instalaciones tienen diferentes zonas de calefacción, en cada zona existe un contador de energía para saber cuanto consumen. Dentro de cada instalación se va a comentar el número de circuitos de calefacción que tiene cada zona y las zonas de la casa que cubren. Esto se va a hacer ya que no será igual el consumo en un baño que en un salón.

En cuanto a los temas de irradiancia que se analizarán mas adelante se han tomado como punto de partido los datos que se muestran en el Anexo 1, que son referidos a Pamplona, por lo tanto quizás no se han exactos al 100% para las diferentes instalaciones situadas a lo largo de Navarra.

A la hora del análisis económico se han efectuado unas suposiciones en cuanto al precio de la materia prima y la inversión inicial, que se comentarán en su momento.

3. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA EN LA QUE SE REALIZA EL PROYECTO

3.1. Breve historia de la empresa

ACSolar XXI, S.L.L. (<http://www.acsolarxxi.com>) es una empresa dedicada al asesoramiento, cálculo, diseño, realización del proyecto, instalación y mantenimiento de instalaciones de energías renovables, utilizando una combinación de:

- Energía solar fotovoltaica
- Energía solar fotovoltaica y eólica
- Energía solar térmica, geotérmica y biomasa
- Domótica
- Arquitectura bioclimática

La empresa nace a mediados de 2004 gracias al afán emprendedor de sus dos promotores, especializados en el área de las energías renovables y bioclimática:

- Ana Garrués Íñiguez: 'Técnico superior en mantenimiento de instalaciones bioclimáticas en edificios'.
- Javier Heredia Fernández: 'Técnico especialista en Instalaciones y Líneas Eléctricas' y postgrado como 'Especialista en Instalaciones de Energías Renovables'.

Tras cinco años desde su constitución la empresa ha adquirido un gran reconocimiento en el sector de las energías renovables gracias a la profesionalidad de su equipo y al excelente comportamiento de las instalaciones realizadas.

Actualmente la empresa se encuentra en fase de crecimiento tanto a en lo que se refiere a su estructura (va a ampliar su personal técnico) como a su facturación (el desarrollo de la empresa ha sido notable desde su creación y prevé continuar aumentando su nivel de actividad).

El desarrollo de la empresa les ha valido a sus promotores para conseguir el Premio Emprendedor XXI en su fase regional. Este premio ha reconocido la trayectoria de la empresa tanto por su carácter innovador como por su potencial de crecimiento.

3.2. Estrategia de la empresa

La estrategia de ACSolar se basa en la innovación. Actualmente, ACSolar XXI tiene su sede en el Polígono Industrial Mocholi, en las instalaciones del vivero de empresas innovadoras del CEIN (Centro Europeo de Empresas e Innovación de Navarra). Esta empresa fue acogida en el vivero de empresas gracias a su carácter innovador:

- Integración de diferentes fuentes de energía renovable y de ahorro energético: solar fotovoltaica/térmica, arquitectura bioclimática, eólica...

- Incorporación del control automático inteligente (domótica) a las instalaciones de energías renovables.
- Desarrollo de su propio sistema domótico para la gestión de la instalación así como prestación de servicios añadidos (alarma de robo).
- Personal especializado en la instalación de sistemas de energías renovables.

La estrategia de diferenciación de ACSolar se sustenta en la innovación, ofreciendo aquellas fuentes de energía renovable con tecnología emergente y susceptible de ser aplicadas en entornos domésticos, edificios públicos... Como objetivo de los procesos de innovación, la empresa pretende desarrollar nuevos productos y servicios, así como mejorar los sistemas actuales a través de estudios que señalen las buenas prácticas en la instalación y uso de las energías renovables. Además, para fomentar estas fuentes energéticas, los promotores de ACSolar han potenciado las actividades de formación, difusión y concienciación sobre las fuentes energéticas alternativas y el ahorro energético.

3.3. Medios materiales e instalaciones de producción

Las principales líneas de actividad de ACSolar XXI, S.L.L. son:

- Arquitectura bioclimática y energía solar pasiva. Se trabaja en el diseño de viviendas o edificios con un consumo de energía un 70% inferior al de una vivienda convencional. De esta manera se obtienen viviendas o edificios más confortables y respetuosos con el medio ambiente.
- Asesoramiento, diseño, proyecto, instalación y mantenimiento de instalaciones de Energías Renovables. Son muchas las fuentes renovables pero no siempre se utilizan correctamente y de manera eficiente. ACSolar presta un servicio integral sobre cualquier fuente renovable:
 - Térmica. La empresa realiza proyectos de:
 - Solar térmica para agua caliente sanitaria (ACS) en viviendas individuales y/o edificios construidos o por construir; este tipo de instalaciones suponen un ahorro de hasta el 60% del consumo anual.
 - Solar térmica para calefacción en viviendas individuales y/o edificios construidos o por construir. Con este sistema se puede aportar entre el 30 y el 50% del consumo anual de calefacción dependiendo de la eficiencia constructiva de la vivienda y del sistema de calefacción existente.
 - Solar térmica para procesos industriales o grandes consumos de agua caliente. En procesos industriales que necesiten calentar grandes masas de agua la energía solar térmica es un gran aporte, ahorrando entre el 20 y el 60% del consumo de energía, ya sea gas, gasoil o electricidad, dependiendo de la demanda energética.

- Fotovoltaica. Desarrolla proyectos de:
 - Solar Fotovoltaica aislada para viviendas de uso habitual o de fin de semana; granjas; industrias; explotaciones agrícolas, ganaderas y avícolas; invernaderos, etc. Todas las instalaciones están diseñadas para cada usuario en particular, atendiendo a las necesidades de éstos y contemplando posibles ampliaciones posteriores. Se realiza un asesoramiento sobre iluminación eficiente, electrodomésticos de mejor clasificación energética y el uso eficiente de la instalación.
 - Solar fotovoltaica para conexiones a red. Se realizan instalaciones en vivienda, naves industriales, casas rurales o terrenos, etc.
- Además de las mencionadas, pueden realizarse proyectos de:
 - Energía eólica para instalaciones aislada o conectadas a red.
 - Biomasa o geotermia para ACS y calefacción.
 - Hidroeléctrica para pequeños saltos de agua en viviendas aisladas.
- Fomento del ahorro y eficiencia energética: Se realiza asesoramiento y mejoras en las instalaciones solares térmicas y en las fotovoltaicas aisladas existentes así como en cualquier tipo de iluminación para reducir el consumo de energía.
- Formación en energías renovables, instalaciones... Se trata de un servicio a medida según las necesidades de la entidad que organice el curso.

3.4. Desarrollos tecnológicos

Además de los servicios indicados anteriormente, ACSolar ofrece un producto propio (denominado ACSol) desarrollado por la empresa y que permite el control del funcionamiento de instalaciones de energía renovable.

Este sistema es capaz de transmitir a través de mensajes SMS información sobre el funcionamiento de la instalación (ej: energía suministrada) e, incluso, es capaz de detectar si una instalación deja de funcionar o si está siendo robada (algo muy importante en instalaciones solares aisladas). De esta forma, tanto los dueños de la instalación como los técnicos de ACSolar pueden realizar un seguimiento del funcionamiento de la instalación y poder tomar medidas correctoras en caso de que el sistema no funcione adecuadamente.

3.5. Patentes y modelos de utilidad a nombre de la empresa

La empresa ha realizado la patente nacional de su sistema ACSol, que se puede ver en la imagen 1:

Solicitud: P200601462 (concedida el 25 de septiembre de 2009).

Título: Sistema de telecontrol y supervisión para instalaciones de energía solar.



Imagen 1 Sistema ACSol

4. ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

4.1. ¿Qué es la energía solar térmica?

El sol es una poderosa fuente de energía. La energía solar es la fuente principal de vida en la Tierra y es el origen de la mayoría de fuentes de energía renovables: la energía eólica, la hidroeléctrica, la biomasa, y la de las olas y corrientes marinas.

Todos los aspectos de la vida diaria involucran el uso de energía: el transporte, la producción de alimentos y el abastecimiento de agua (bombeo), así como la calefacción o el acondicionamiento de los hogares y oficinas. Para estos fines, los combustibles fósiles tales como el petróleo, el carbón y el gas natural son los más empleados, a pesar de que la energía solar absorbida por la Tierra en un año equivale a 20 veces la energía almacenada en todas las reservas de combustibles fósiles en el mundo y es diez mil veces superior al consumo actual.

La energía solar puede ser aprovechada de modos diversos. Además de las formas simples empleadas para secar productos, calentar agua o calefactar edificios (lo que se conoce como energía térmica solar), se puede utilizar la energía del sol para producir electricidad destinada a hogares u oficinas, lo que se denomina electricidad solar.

Se entiende por energía solar térmica, a la transformación de la energía radiante solar en calor o energía térmica. La energía solar térmica se encarga de calentar el agua de forma directa alcanzando temperaturas que oscilan entre los 40° y 50° gracias a la utilización de paneles solares. El agua caliente queda almacenada para su posterior consumo: calentamiento de agua sanitaria, usos industriales, calefacción de espacio, calentamiento de piscinas, secaderos, refrigeración, etc.

La intensidad de energía utilizable una vez que la radiación solar atraviesa la atmósfera es muy baja y su utilización está condicionada por la temperatura a la cual se va a aprovechar. La energía solar térmica, según su utilización, se puede clasificar en baja, media o alta temperatura. [17] y [1]

4.2. ¿Cómo funciona la instalación?

Una instalación de energía solar térmica capta la radiación solar en unos paneles denominados colectores y la transmite, bien al agua corriente de consumo como se puede ver en la imagen 2, o bien al fluido usado como calefactor mediante radiadores o suelo radiante. Es por tanto, un ingenio que transmite el calor solar desde un sitio a otro sin producir electricidad en ningún caso.



Imagen 2 Suministro de ACS

Los colectores absorben la radiación solar y la transmiten al fluido gracias al efecto invernadero creado en el interior de la placa, al aislamiento del medio exterior y a la capacidad de absorción de los cuerpos, fomentado por el tratamiento químico al que se somete a ciertas partes de la placa. En el interior de los colectores existe un circuito cerrado (circuito primario) por el cual discurre un fluido con anticongelante. Este líquido alcanza temperaturas superiores a 100°C en las placas con recubrimiento selectivo y se hace circular siempre por un circuito cerrado hasta el interior de una cisterna llamada acumulador; en esta cisterna el tubo adquiere forma de serpentín y entra en contacto directo con el agua que se usará posteriormente en la casa (circuito secundario).

El calor del fluido que atraviesa el serpentín se transmite al agua destinada al consumo que la rodea, aumentando su temperatura. En caso de necesidad, por ejemplo días nublados, se hace uso de un equipo generador auxiliar, generalmente un caldera de gas, gasóleo o de biomasa (este será nuestro caso), para elevar la temperatura los grados que sea necesario. Según la actual

normativa (RITE IT. 1.1.4.1.2.), el agua debe salir del acumulador a una temperatura de 60°C, para evitar peligro de legionella, aunque posteriormente se mezcla con agua fría para rebajar la temperatura hasta 45°C que es la temperatura convencional de consumo.

Todo este proceso está, en general, controlado por un dispositivo electrónico central que es el que se encarga de automatizar y coordinar la circulación del agua del circuito primario cuando es necesaria mayor aportación térmica, controlar la temperatura de los colectores, garantizar la seguridad del sistema, e incluso en modelos más avanzados, de enviar un correo electrónico avisando de incidencias. [1]

4.3. Elementos de la instalación

Los sistemas que conforman la instalación solar térmica para agua caliente son los siguientes:

- a) un sistema de captación formado por los captadores solares, encargado de transformar la radiación solar incidente en energía térmica de forma que se calienta el fluido de trabajo que circula por ellos;
- b) un sistema de acumulación constituido por uno o varios depósitos que almacenan el agua caliente hasta que se precisa su uso;
- c) un circuito hidráulico constituido por tuberías, bombas, válvulas, etc., que se encarga de establecer el movimiento del fluido caliente hasta el sistema de acumulación;
- d) un sistema de intercambio que realiza la transferencia de energía térmica captada desde el circuito de captadores, o circuito primario, al agua caliente que se consume;
- e) sistema de regulación y control que se encarga por un lado de asegurar el correcto funcionamiento del equipo para proporcionar la máxima energía solar térmica posible y, por otro lado, actúa como protección frente a la acción de múltiples factores como sobrecalentamientos del sistema, riesgos de congelaciones, etc.;
- f) adicionalmente, se dispone de un equipo de energía convencional auxiliar que se utiliza para complementar la contribución solar suministrando la energía necesaria para cubrir la demanda prevista, garantizando la continuidad del suministro de agua caliente en los casos de escasa radiación solar o demanda superior a la prevista.[10]

Todos estos componentes deberán cumplir la normativa vigente (Documento Básico HE Ahorro de Energía) [10]. A continuación se puede ver una instalación en la ilustración 1.

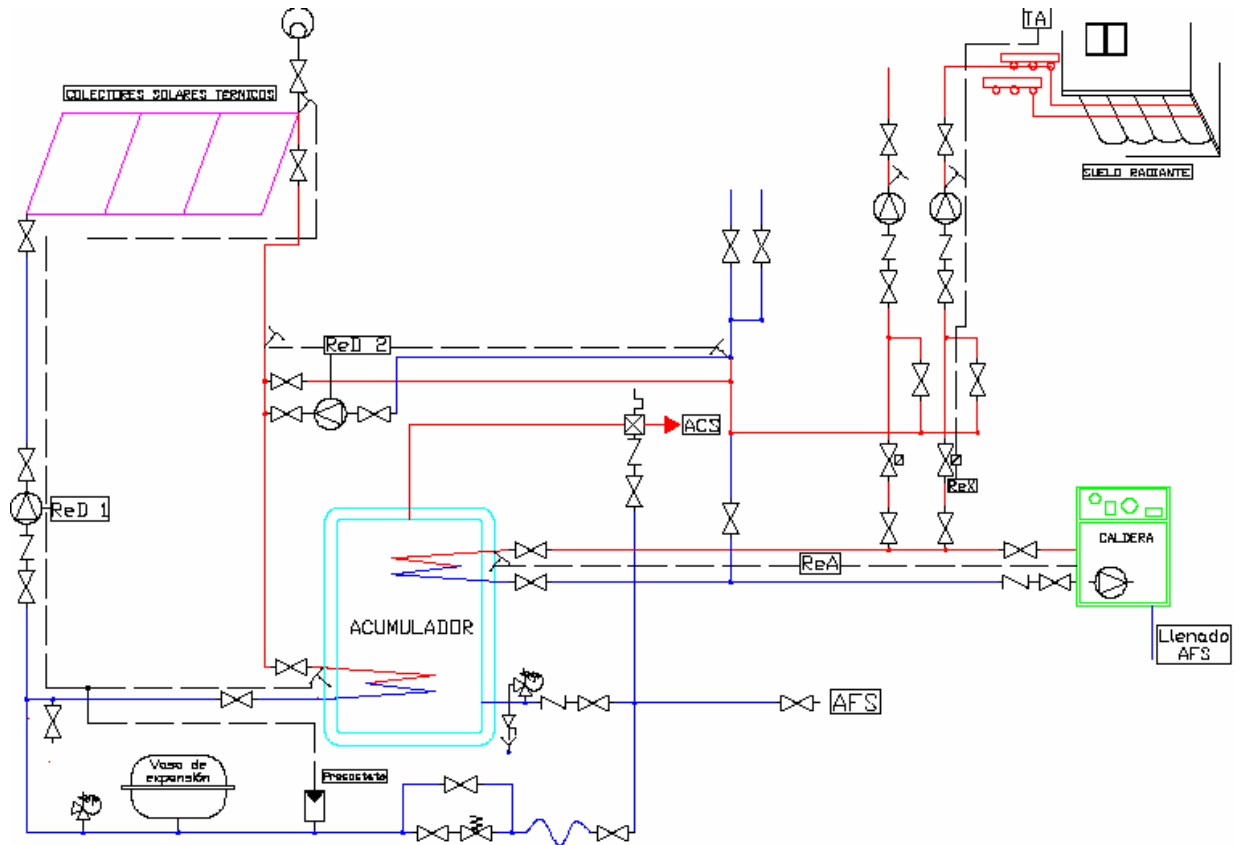


Ilustración 1 Instalación solar-térmica

4.3.1 Captador o placas solares

El captador representa la “fuerza motriz” de la instalación. En su interior se calienta el fluido de trabajo gracias a la energía de la radiación solar, transfiriéndose el calor generado a través del circuito primario que, en la mayoría de los casos, se almacena en un acumulador. Según se vaya necesitando, el calor pasa desde el acumulador al circuito de consumo.

En la imagen 3 se puede observar un ejemplo de captadores solares.



Imagen 3 Captadores solares [1]

La disponibilidad de ensayos por entidades reconocidas, así como de certificados de homologación, proporciona una mayor fiabilidad del producto. A continuación se muestra una tabla con los diferentes ensayos y su correspondiente norma (Imagen 4).

PRODUCTO/MATERIAL A ENSAYAR	ENSAYO	NORMA/PROCEDIMIENTO DE ENSAYO
Captadores solares térmicos para calentamiento de líquido con cubierta, con absorbedor metálico y en estado estacionario y cuasi dinámico	Presión interna	UNE EN 12975-2:2006 Apdo. 5.2.1
	Resistencia a alta temperatura	UNE EN 12975-2:2006 Apdo. 5.3
	Exposición	UNE EN 12975-2:2006 Apdo. 5.4
	Choque térmico externo	UNE EN 12975-2:2006 Apdo. 5.5
	Choque termico interno	UNE EN 12975-2:2006 Apdo. 5.6
	Penetración de lluvia	UNE EN 12975-2:2006 Apdo. 5.7
	Carga mecánica	UNE EN 12975-2:2006 Apdo. 5.9
	Resistencia al impacto, por el Método 2	UNE EN 12975-2:2006 Apdo. 5.10
	Inspección final	UNE EN 12975-2:2006 Apdo. 5.11
	Rendimiento térmico en estado estacionario y cuasi dinámico	UNE EN 12975-2:2006 Apdo. 6, excepto Apdo. 6.2
PRODUCTO/MATERIAL A ENSAYAR	ENSAYO	NORMA/PROCEDIMIENTO DE ENSAYO
Sistemas Solares Térmicos (Sistemas prefabricados)	Protección contra heladas Protección contra sobretemperaturas Resistencia a la presión Contaminación del agua Protección contra rayos Equipo de seguridad Etiquetado Rendimiento Térmico Protección contra flujo invertido	UNE EN 12976-2:2006 Excepto Apdo. 5.9 y 5.11
	Documentación para el usuario	UNE EN 12976-1:2006 Apdo. 4.6

Imagen 4 Ensayos necesarios

4.3.2. Acumulador de agua

Los acumuladores cumplen la función de una “batería” que permite independizar el suministro de calor solar del consumo, puesto que el perfil

temporal de la entrada de energía no suele corresponderse con el del consumo energético. El periodo de tiempo de acumulación varía entre unas pocas horas, días o, hasta meses, dependiendo en gran parte de la aplicación y, además, de la fracción solar deseada.

Un acumulador está formado por un depósito con un o dos serpentines en su interior, por el que circula el fluido caliente que procede de los captadores solares y que cede el calor al agua que lo rodea. Se encontrarán perfectamente aislados con espuma dura y poliestireno.

Preferentemente, el sistema de acumulación solar estará constituido por un solo depósito, será de configuración vertical y estará ubicado en zonas interiores similar al que se muestra en la imagen 5. El volumen de acumulación podrá fraccionarse en dos o más depósitos que se conectarán, preferentemente, en serie invertida en el circuito de consumo ó en paralelo con los circuitos primarios y secundarios equilibrados. [1] y [10]



Imagen 5 Acumulador

4.3.3. Intercambiador

Es el dispositivo en el que se transmite el calor generado en los colectores hacia el agua que posteriormente se va a emplear para consumo. En sistemas solares térmicos suele ser un tubo con forma de serpentín, el cual se encuentra situado dentro del tanque acumulador o calentador, por el que discurre el fluido caloportador proveniente de los colectores. El agua a consumir entra en contacto con ese serpentín y recibe el calor. [1] y [10]

4.4.4. Bomba circuladora

La función de la bomba es la de producir la circulación del fluido de trabajo en el circuito primario. Las bombas utilizadas deben resistir las temperaturas de trabajo que pueden producirse en el circuito primario durante un periodo muy prolongado. Debido a las menores cargas térmicas, la bomba suele instalarse en la tubería de retorno, donde las temperaturas de trabajo son mínimas. No obstante, aun durante la operación normal, las temperaturas en el circuito primario pueden ascender a unos 100 °C en las tuberías de impulsión. [1] y [10]

4.3.5. Circuito hidráulico

Para el diseño del circuito hidráulico deben tenerse en cuenta las acciones a las que va a estar sometido el mismo, y las condiciones más desfavorables que se pueden presentar para, una vez definido el tipo de fluido de trabajo que se va a utilizar, determinar los componentes y materiales más adecuados.

No debe olvidarse que al haber en una instalación de energía solar elementos del circuito hidráulico, como son los captadores, intercambiadores de calor, acumuladores, etc., contruidos de materiales diferentes, los que se deben usar en los circuitos deben ser compatibles con aquellos y también con el fluido de trabajo. Si esto no es posible, deben tomarse precauciones, tanto en lo que respecta al ensamblaje de los elementos entre sí, como al tratamiento del fluido. Los componentes fundamentales del circuito hidráulico son: tuberías, aislamiento, vaso de expansión, purga de aire y equipo de telecontrol.

4.4. Aplicaciones

4.4.1. Agua caliente sanitaria

La forma más sencilla y económica de aprovechar la energía solar es generando agua caliente sanitaria; denominación que se usa para referirse al agua potable de uso doméstico. La instalación es simple, el coste asequible y se amortiza en poco tiempo.

La instalación de agua caliente sanitaria está compuesta de un grupo de colectores solares térmicos, un acumulador y una bomba de circulación. Los colectores pueden integrarse en el tejado o colocarse en una terraza sin sombra orientados hacia el sur.

En la mayoría de los casos, la demanda de energía para el calentamiento del agua caliente sanitaria se mantiene casi constante en el transcurso del año, razón por la cual se puede aprovechar eficientemente la gran oferta de radiación solar durante el verano para la producción de ACS mediante sistemas solares térmicos. La energía que se ahorra es elevada, ya que con una instalación sencilla se consigue alrededor del 60% del consumo anual. Si el consumo se concentra en verano se consigue una rentabilidad aún mayor, ya que es en verano cuando mejor funcionan los captadores, pudiendo cumplir completamente la demanda y amortizándose la inversión muy deprisa.

Los sistemas tradicionales de producción de agua caliente sanitaria con energía solar térmica, se basan en el calentamiento y almacenamiento del agua potable de red. Una vez caliente ha de mantenerse la temperatura de confort para poder ser posteriormente consumida en aplicaciones como la ducha, lavado, cocina, etc. A la hora de calcular el tamaño de la instalación habrá que tener en cuenta el Documento Básico HE Ahorro de Energía en su apartado (Cálculo y dimensionado). Entre otras cosas habrá que tener en cuenta la siguiente tabla (Imagen 6). [1], [10] y [16]

Criterio de demanda	Litros ACS/día a 60° C	
Viviendas unifamiliares	30	por persona
Viviendas multifamiliares	22	por persona
Hospitales y clínicas	55	por cama
Hotel ****	70	por cama
Hotel ***	55	por cama
Hotel/Hostal **	40	por cama
Camping	40	por emplazamiento
Hostal/Pensión *	35	por cama
Residencia (ancianos, estudiantes, etc)	55	por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15	por servicio
Escuelas	3	por alumno
Cuarteles	20	por persona
Fábricas y talleres	15	por persona
Administrativos	3	por persona
Gimnasios	20 a 25	por usuario
Lavanderías	3 a 5	por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10	por comida
Cafeterías	1	por almuerzo

Imagen 6 CS

4.4.2. Calefacción solar

Gracias a la calefacción solar se puede conseguir hasta un 55 % de ahorro en el consumo de gas o gasoil para calefacción. Instalar colectores solares permite producir agua caliente útil para el sistema de calefacción durante el invierno.

El agua caliente generada puede utilizarse directamente en el circuito de calefacción o servir de apoyo para disminuir el consumo de la caldera, precalentando el agua de alimentación.

Los colectores solares no pueden mantener fija la temperatura a la que generan el agua caliente, así que trabajarán de las dos formas, en función de la temperatura a la que consigan calentar el agua.

Cuando la energía térmica captada por los colectores puede abastecer toda la instalación a la temperatura deseada, la caldera deja de funcionar. Cuando no, es la caldera la que suministra el calor necesario para alcanzar la temperatura de trabajo. Cabe mencionar que la caldera tendrá que ser dimensionada para poder suministrar la energía necesaria a toda la vivienda sin el apoyo de los captadores.

El sistema de calefacción que mejor se adapta a la energía solar térmica es el suelo radiante; ya que trabaja a baja temperatura, alrededor de 40 °C. Además de ser muy saludable (es recomendado por la Organización Mundial de la salud), permite ahorrar más energía que otros sistemas. Si ya se tienen instalados radiadores, la energía solar puede ayudar en gran parte a reducir el consumo de la caldera.

En la imagen 7 se representa la evolución anual de la irradiación solar, la demanda de energía, tanto para A.C.S. como para calefacción, y el aporte de energía útil referente a dos instalaciones solares distintas ubicadas en Europa Central.

Mientras que la demanda de energía A.C.S. es prácticamente constante, como se ha comentado antes, durante todo el año, la demanda de energía para la calefacción es mucho mayor en invierno, cuando la irradiación es mas baja.

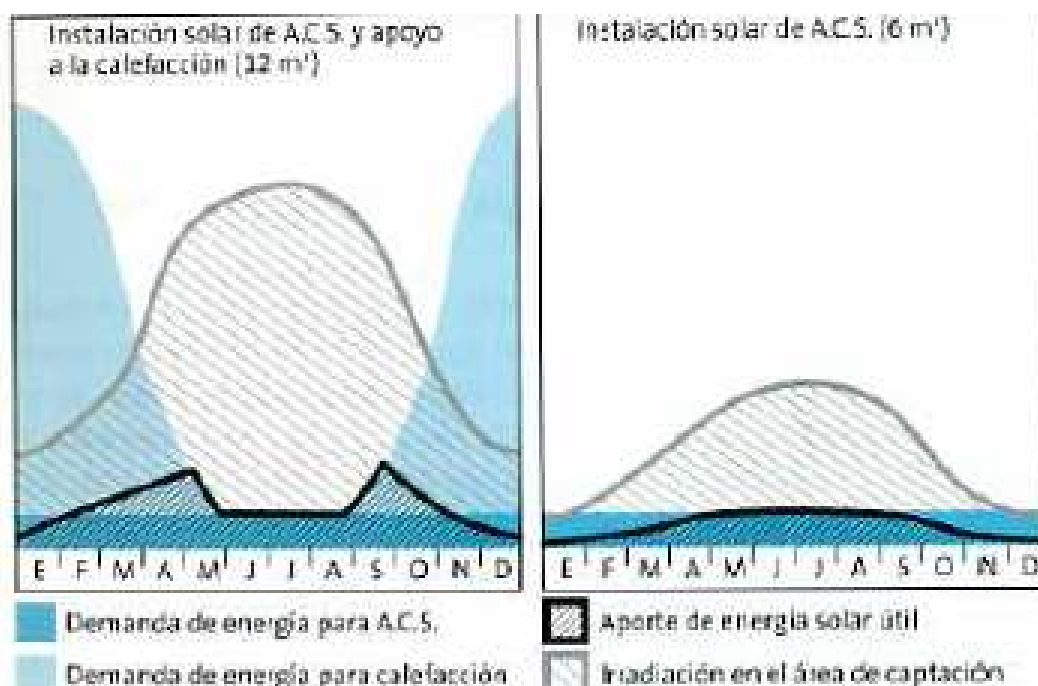


Imagen 7 Evaluación anual de la irradiación solar y demanda de energía

El suelo radiante es la tecnología de calefacción que sitúa el origen del calor debajo de los pies, y que es muy recomendable para instalaciones de calefacción con energía solar. La instalación del suelo radiante consiste en la colocación de tubos por debajo del suelo. En estos tubos circula agua caliente que calienta el suelo, el cual transmite este calor a la estancia, dando una sensación inigualable de confort ya que toda la estancia se calienta por igual. La temperatura a la que el agua fluye por su interior es moderada, de 35 a 45 °C, a diferencia de los 70 – 90 °C de los sistemas que utilizan radiadores.

Al gastar menos energía (como se ha comentado anteriormente), y funcionar con el sistema estratificado de calefacción solar, se aprovecha mejor la energía proveniente de las placas solares.

Al ser un sistema invisible de calefacción, la instalación no quita espacio que sea necesario para la colocación de muebles, ni se ponen elementos que con el paso de los años se vean anticuados. Evita ennegrecimientos de las paredes debidos a la convección del aire.

La tecnología de suelo radiante es la forma de usar el calor más utilizada en el norte de Europa, donde se necesitan sistemas de calefacción fiables, confortables, saludables y económicos. Esta instalación se puede hacer bajo todo tipo de suelos, incluido parquet. Además, al trabajar con bajas temperaturas de impulsión, se puede utilizar directamente la energía solar incluso en las peores circunstancias.

La ventaja económica de utilizar suelo radiante es notable ya que produce ahorros de un 25-30% en casas particulares, o un 15% si se instala bajo parquet. En construcciones con grandes alturas puede suponer hasta un 60%. A todos

estos ahorros se añade el ahorro ocasionado por un sistema de acumulación que estratifica bien la energía.

La seguridad de la instalación es óptima ya que tiene una vida útil superior a los 200 años, aunque los laboratorios de homologación solo pueden firmar garantías de hasta 50 años. Todas las uniones de los tubos se efectúan por encima del nivel de suelo, de forma que si la instalación esta correctamente desarrollada, las incidencias son fácilmente solucionables. La altura que se necesita para la instalación de suelo radiante es de unos 9 cm., aunque puede variar ligeramente en función del pavimento a utilizar. [1], [16] y [18]

4.4.3. Calentamiento de agua de piscinas

El uso de colectores puede permitir el apoyo energético en piscinas al exterior alargando el periodo de baño, mientras que en instalaciones para uso de invierno, en las épocas de poca radiación solar, podrán suministrar una parte pequeña de apoyo a la instalación convencional. [19]

5. BIOMASA

5.1. ¿Qué es la biomasa?

Según la Real Academia de la Lengua, la biomasa se define como “Materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía”. Por lo tanto, la biomasa es un recurso energético generado en los ecosistemas naturales (biomasa espontánea, natural) o por procesos antropogénicos (actividades humanas, provocado).

La biomasa se puede utilizar para producir calor, producir electricidad y para transporte. La aportación más importante de biomasa es sin lugar a dudas la calefacción (es la que se va a analizar). El procedimiento empleado es sencillo desde el punto de vista tecnológico y poco costoso desde el punto de vista económico. Paradójicamente, sin embargo, es en este sector en el que crece con mayor lentitud la proporción correspondiente a la biomasa.

Para corregir esta situación, la Comisión Europea contempla varias medidas pero la principal es normalizar las características de la materia prima empleada en la calefacción basada en biomasa. [26]

La energía de la biomasa proviene de la energía que almacenan los seres vivos. En primer lugar, los vegetales al realizar la fotosíntesis, utilizan la energía del sol para formar sustancias orgánicas. Después los animales incorporan y transforman esa energía al alimentarse de las plantas

La energía que se almacena en las plantas y los animales (que se alimentan de plantas u otros animales), o en los desechos que producen, se llama bioenergía. Mediante diferentes procesos de conversión tales como la combustión, emitiendo el dióxido de carbono que fue absorbido durante el proceso de fotosíntesis.

Desde principios de la historia de la humanidad, la biomasa ha sido una fuente energética esencial para el hombre. Con la llegada de los combustibles fósiles, este recurso energético perdió importancia en el mundo industrial. En la actualidad los principales usos que tiene son domésticos.

Los factores que condicionan el consumo de biomasa en Europa son:

Factores geográficos: las condiciones climáticas de cada zona determinan las necesidades de calor.

Factores económicos: por la rentabilidad o no de la biomasa como recurso energético. Esto dependerá de los precios y del mercado energético en cada momento.

5.1. 1. Ventajas

La utilización de la biomasa con fines energéticos tiene las siguientes ventajas medioambientales:

- Emisiones de CO₂ netas.
- Emiten pequeñas cantidades de contaminantes sulfurados o nitrogenados, ni apenas partículas sólidas.

- Canaliza los excedentes agrícolas alimentarios, permitiendo el aprovechamiento de las tierras de retirada.
- Disminuye la dependencia externa del abastecimiento de combustibles.

En la actualidad la tecnología aplicada a la biomasa está sufriendo un gran desarrollo, y la investigación se está centrando en minimizar los efectos negativos ambientales de los residuos aprovechados y de las propias aplicaciones.

5.1. 2. Inconvenientes

- Para el usuario final el rendimiento energético de los combustibles derivados de la biomasa en comparación con los combustibles fósiles es menor.
- La materia prima es de baja densidad energética lo que quiere decir que ocupa mucho volumen y por lo tanto puede tener problemas de transporte y almacenamiento.
- Necesidad de acondicionamiento o transformación para su utilización. [25]

5.2. Tipos de biocombustibles sólidos más importantes

Algunos tipos de biocombustibles sólidos que existen son los siguientes:

- Astillas: Las astillas de madera son trozos pequeños de entre 5 y 100 mm de longitud cuya calidad depende fundamentalmente de la materia prima de la que proceden, su recogida y de la tecnología de astillado. Como ventaja tiene que, al ser un combustible que tiene un pretratamiento relativamente sencillo (astillado y, en su caso, secado), tienen un coste inferior a biomasa producidas industrialmente. Se pueden producir localmente y pueden ser un combustible de alta calidad para calderas de cualquier tamaño, aunque precisan de mayor espacio de almacenamiento que los pellets.
- Residuos agroindustriales: Los residuos agroindustriales adecuados para su uso como combustible en calderas de biomasa son fundamentalmente los provenientes de las industrias de la producción de aceite de oliva y aceituna, de las alcoholeras y la uva, y de los frutos secos. En general, los proveedores suelen reducir su grado de humedad mediante procesos de secado con el objetivo de aumentar su poder calorífico inferior. Normalmente, son combustibles económicos y de buena calidad, aunque en algunos casos se debe prestar una especial atención a las distintas calidades de una misma biomasa. Por ejemplo, el hueso de aceituna es recomendable que esté limpio de pieles o pellejo, para reducir las labores de mantenimiento y mejorar la operación.
- Leña: La leña proviene de trocear troncos que no van a ser utilizados para producir madera, y pueden producirse localmente por los propios usuarios. Al igual que ocurre con el resto de la biomasa, la energía que producen en la caldera va a depender del tipo de madera y de la humedad que contenga. La leña debe introducirse manualmente en la caldera, normalmente varias veces al día. Por lo tanto, los sistemas de calefacción de leña son semiautomáticos, con la ventaja de que esta biomasa es muy económica. Existen calderas que funcionan exclusivamente con leña, y

otras que funcionan con leña y astillas o pellets y que tienen un mayor campo de aplicación.

- **Pellets:** Éste va a ser el biocombustible sobre el que se va a centrar más el trabajo, ya que las calderas de biomasa que se van a usar en el estudio, su combustible es el pellet. Por ello se va a dedicar un apartado a este biocombustible.

5.2.1. Pellets

Los pellets de biomasa son un biocombustible estandarizado a nivel internacional (UNE-EN ISO 12086-1:2000). Se forman pequeños cilindros (como se puede apreciar en la figura) procedentes de la compactación de serrines y virutas molturadas y secas, provenientes de serrerías, de otras industrias, o se producen a partir de astillas y otras biomásas de diversos orígenes, como los agropellets. En el proceso de peletización no se utilizan productos químicos sino simplemente presión, aunque es posible encontrar también un porcentaje reducido de aditivos biológicos.



Es aconsejable exigir al suministrador de pellets que indique explícitamente el origen y tipo de biomasa del que están compuestos para evitar malentendidos con otros tipos de pellets no aptos para las calderas de biomasa.

Las características principales de los pellets de madera se muestran en la imagen 8:

	PELLET BAJA CALIDAD	PELLET ESTÁNDAR	PELLET ALTA CALIDAD
Poder Calorífico Inferior			
(kcal/kg)	> 3.000	> 4.000	> 4.300
(kJ/kg)	> 12.500	> 16.700	> 18.000
Humedad b.h. (% en masa)	< 12	< 12	< 10
Densidad (kg/m³)	> 1.000	1.000-1.400	> 1.120
Contenido en cenizas (% en peso)	< 6	< 1,5	< 0,5
Longitud (mm)	< 7 x diámetro	< 50	< 5 x diámetro
Diámetro (mm)	< 12	4-10	< 8

Imagen 8 Características de los pellets [22]

En general, un buen pellet de madera presenta menos de un 10% de humedad y una durabilidad mecánica mayor del 97,5%. El contenido de finos no pasa del 1% ó 2% mientras que las cenizas y el azufre se sitúan en torno al 0,7% y 0,05%, respectivamente. Los aditivos no deben representar más de un 2% en peso en base seca y como compactadores sólo son válidos productos de la biomasa agrícola y forestal que no han sido tratados químicamente. En todo caso, el tipo y la cantidad de aditivos tienen que ser especificados por el fabricante.

Considerando un poder calorífico cercano a 4.300 kcal/kg (unos 18 MJ/kg), puede establecerse que de 2 a 2,2 kilogramos de pellets equivalen energéticamente a un litro de gasóleo.

Las calderas denominadas “de pellets” normalmente admiten pellets de calidades medias y altas, siendo, en principio, el único tipo de combustible admitido por estos equipos aunque, realizando los ensayos y pruebas necesarios

por parte de los fabricantes, pueden llegar a utilizar otros. También existen calderas de biomasa que pueden funcionar con pellets de calidad inferior, más económicos aunque con mayor porcentaje de cenizas y menor poder calorífico.

Una de las características a considerar en los pellets es su posible degradación para ciertos porcentajes de humedad, por lo que siempre deben estar almacenados en recintos impermeabilizados, tanto en los puntos de suministro como en el almacenamiento en edificios y viviendas.

Es imprescindible exigir una durabilidad mecánica mínima para evitar la desintegración de los pellets en polvo, el cual posee unas propiedades de combustión diferentes y genera problemas en los procesos de transporte, descarga, almacenamiento y combustión.

La degradación del pellet puede dar lugar a finos que implican una mayor emisión de polvo en los almacenamientos, daños en las calderas, menor eficiencia y más cenizas volantes.

5.2.1.1. Ventajas

- Elevado poder calorífico.
- Muy bajo contenido en cenizas, reduciendo las necesidades de operación y mantenimiento.
- Muy alta eficiencia.
- Comercialización a nivel internacional.

5.2.1.2. Inconvenientes

- Elevado precio en comparación con otras biomásas.

5.2.1.3. Consideraciones

- Almacenamiento en lugar seco y aislado.
- No se necesita tratamiento o secado después de su producción.
- Están estandarizados.[22]

5.3. Tipos de calderas de biomasa

Las calderas de biomasa son equipos compactos diseñados específicamente para un uso doméstico en viviendas unifamiliares, edificios de viviendas o comerciales; o para instalaciones industriales. Todas ellas presentan sistemas automáticos de encendido y regulación e, incluso algunas, de retirada de cenizas, que facilitan el manejo al usuario. Para aplicaciones de calefacción doméstica o comercial, estos equipos son de potencia baja a media (hasta 150-200 kW). Este tipo de sistemas alcanzan rendimientos energéticos más altos que las calderas de gas y de gasoil.

Un caso concreto, cada vez más extendido, son las calderas de pellets. Debido a las características de este combustible: poder calorífico, compactación, etc., las calderas diseñadas para pellets son muy eficientes y más compactas que el resto de calderas de biomasa.

Las calderas de biomasa pueden clasificarse atendiendo al tipo de combustible que admiten y a la clase de tecnología que utilizan. Existen tres tipos de calderas según el combustible:

- *Calderas específicas de pellets:* suelen ser pequeñas (hasta 40 kW) y altamente eficientes. La razón de ser de estas calderas tiene sentido por su bajo coste, pequeño tamaño y un elevado rendimiento.
- *Calderas de biomasa:* su potencia varía desde 25 kW a cientos de kW no admiten varios combustibles simultáneamente, aunque se puede cambiar el combustible si se programa con suficiente antelación el vaciado del silo, la nueva recarga y la reprogramación de la caldera. Precisan de modificaciones en tornillo de alimentación y parrilla.
- *Calderas mixtas o multicomcombustible:* admiten varios tipos distintos de combustible, cambiando de unos a otros de manera rápida y eficiente, como por ejemplo pellets y astillas. Suelen fabricarse para potencias medias (alrededor de 200 kW) o grandes.

De acuerdo a su tecnología, las calderas se dividen en cuatro grupos:

- *Calderas convencionales adaptadas para biomasa:* suelen ser antiguas calderas de carbón adaptadas para poder ser utilizadas con biomasa o calderas de gasóleo con un quemador de biomasa. Aunque resultan baratas, su eficiencia es reducida, situándose en torno al 75-85%. Suelen ser semi-automáticas ya que, al no estar diseñadas específicamente para biomasa no disponen de sistemas específicos de mantenimiento y limpieza.
- *Calderas estándar de biomasa:* diseñadas específicamente para un biocombustible determinado (pellets, astillas, leña,...), alcanzan rendimientos de hasta un 92%, aunque suele ser posible su uso con un combustible alternativo a costa de una menor eficiencia. Generalmente se trata de calderas automáticas ya que disponen de sistemas automáticos de alimentación del combustible, de limpieza del intercambiador de calor y de extracción de las cenizas.
- *Calderas mixtas:* las calderas mixtas permiten el uso alternativo de dos combustibles, haciendo posible el cambio de uno a otro si las condiciones económicas o de suministro de uno de los combustibles así lo aconsejan. Necesitan un almacenamiento y un sistema de alimentación de la caldera para cada combustible, por lo que el coste de inversión es mayor que para otras tecnologías. Su rendimiento es alto, cercano al 92%, y son calderas totalmente automáticas.
- *Calderas de pellets a condensación:* Pequeñas, automáticas y para uso exclusivo de pellets, estas calderas recuperan el calor latente de condensación contenido en el combustible bajando progresivamente la temperatura de los gases hasta que se condensa el vapor de agua en el intercambiador. Mediante esta tecnología, el ahorro de pellets es del 15% respecto a una combustión estándar,. [22]

5.4. Calderas de pellets que se van a utilizar en las instalaciones

Las calderas utilizadas en todas las instalaciones son de la marca Biotech. Estas calderas funcionan únicamente con pellets. A causa de la forma cilíndrica y lisa y del tamaño pequeño, el pellet tiende a comportarse como un fluido, lo que facilita el movimiento del combustible y la carga automática de las calderas. El transporte puede realizarse con camiones cisterna, desde los cuales se bombea directamente en el depósito de almacenamiento del sistema. La alta densidad energética y la facilidad de movimiento hacen del pellet el combustible vegetal más indicado para sistemas de calefacción automáticos de todos los tamaños. El pellet de madera puede utilizarse en las calderas de astillas o en calderas proyectadas especialmente para pellet. Es posible incluso utilizar el pellet en algunos modelos de calderas de gasóleo, a través de quemadores especiales. Un sistema de caldera de pellets del tipo Biotech consta de los siguientes componentes:

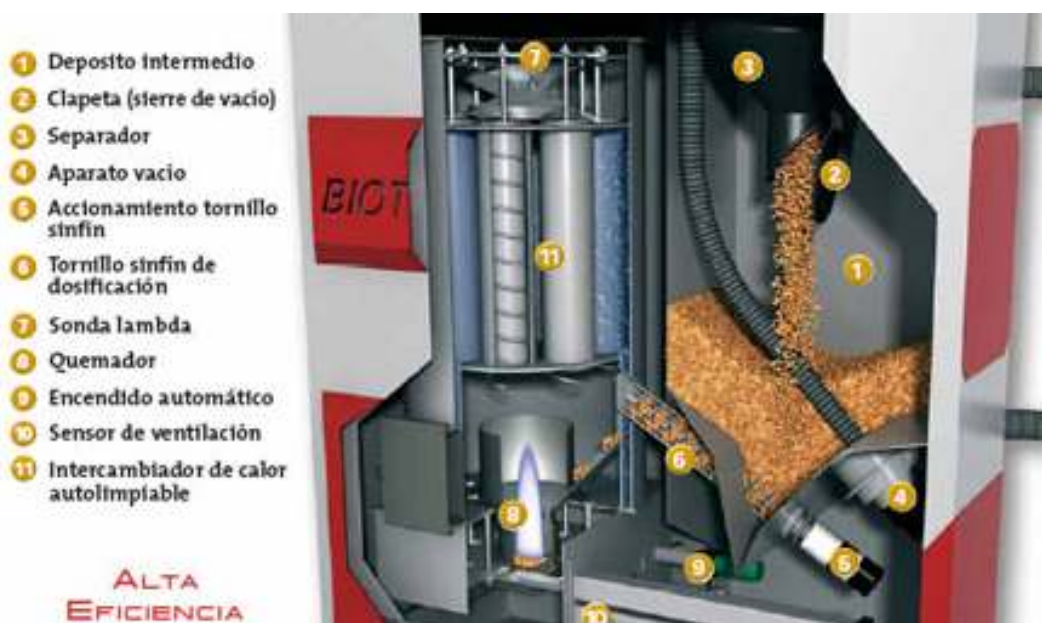


Imagen 9 Caldera de biomasa

Una turbina de aspiración (4) integrada aspira los pellets hasta el depósito de almacenamiento (1). Desde allí son transportados los pellets por un tornillo de dosificación (6) hasta el carril de descarga y caen a través de éste a la parrilla del quemador (8). Un encendido automático por aire caliente (9) inflama los pellets. La regulación de combustión DCC con sonda lambda (7) y sensores de masa de aire (10) controla el proceso de combustión: la sonda lambda controla la sincronización del tornillo sin fin de dosificación y la alimentación de oxígeno.

Con ello se garantiza una combustión limpia en todos los rangos de potencia. El intercambiador de calor (11) transfiere la energía de los gases de combustión calientes al agua. La limpieza del sistema de caldera y del intercambiador de calor se realiza automáticamente.

Las calderas de pellets, como las de astillas, requieren un contenedor para el almacenaje del combustible situado cerca de la caldera. Desde el mismo, un alimentador de tornillo sinfín lo lleva a la caldera, donde se realiza la combustión. Los quemadores de pellets para su uso en calderas de gasóleo se ponen en la parte anterior de la caldera. Se alimentan desde arriba y queman el pellet, desarrollando una llama horizontal que entra en la caldera, como suele suceder en los sistemas de gasóleo.

En cualquier caso, el encendido es automático y muy rápido, gracias a una resistencia eléctrica. En los sistemas más avanzados la regulación del aire comburente y del flujo de combustible se realizan automáticamente gracias a un microprocesador. Estas características de sencillez de empleo y de automatización confieren a los sistemas de calefacción de pellets un elevado nivel de confort.

Los dispositivos contra el retorno de llama del quemador hacia el depósito son elementos fundamentales para la seguridad de una caldera de pellet. El sistema más común consiste en colocar un tramo de caída libre del pellet entre el transportador sinfín y la caldera. Este tramo está normalmente constituido por un tubo flexible. Otros sistemas prevén cierres corta-llama o válvulas con forma de estrella.

En caso de corte del suministro de electricidad o de avería de la bomba de circulación, el riesgo de ebullición del agua es mucho menor que el de las calderas de leña, gracias a la pequeña cantidad de combustible presente en el hogar. [22] y [28]

6. ZONA CLIMÁTICA

Según la normativa existente en España existen 5 zonas de contribución solar mínima anual [10]. Estas 5 zonas las podemos observar en la imagen 10:



Como se puede observar, Navarra se ve afectada por tres de estas zonas por lo que, a efectos del estudio, dividiremos las diferentes instalaciones según la zona en la que se encuentren. Vamos a considerar que la zona 1 se corresponde con la parte de Navarra de Pamplona hacia el norte, la zona 2 corresponderá a Pamplona y sus alrededores, y la zona 3 comprenderá de Tafalla hacia el sur.

A continuación se va a proceder a mostrar instalaciones representativas de las tres zonas que afectan a Navarra. Los datos técnicos de cada instalación, potencia de la caldera, superficie útil de los captadores..., han sido obtenidos de los diferentes contratos de cada instalación.

7. INSTALACIONES EN ZONA 1

7.1. Instalación en Ciaurriz

La instalación que se va a describir a continuación se encuentra en la localidad de Ciaurriz, un pueblo que se encuentra al norte de Pamplona a una distancia de 17.8 km. La instalación consiste principalmente en una caldera de biomasa de 35 kW, 10 paneles solares térmicos con una superficie útil de 1.6 m² cada captador, un depósito acumulador de 1000 litros con sistema de doble intercambio de serpentín y un fuego bajo.

Con esta instalación lo que se pretende es satisfacer las necesidades de agua caliente sanitaria y calefacción, con suelo radiante, de una vivienda y una casa rural cuya superficie aproximada es de 260 metros cuadrados. El suelo radiante está estructurado de la siguiente forma:

- La zona de día de la planta baja de la vivienda está compuesta por 6 circuitos distribuidos a lo largo del salón, almacén, cocina, despensa y pasillo.
- La zona de noche de la planta baja de la vivienda está compuesta de tres circuitos que reencuentran en dos habitaciones, un baño y el vestíbulo.
- La primera planta de la vivienda está compuesta de cinco circuitos distribuidos por un salón, un baño, un zaguán, un comedor y el vestíbulo.
- La planta baja de la casa rural tiene tres circuitos que se encuentran en un baño, el salón y el distribuidor.
- La primera planta de la casa rural dispone de cinco circuitos a lo largo de tres dormitorios, un vestíbulo y un baño.

Antes de mostrar los resultados obtenidos a lo largo del último año (Tablas 2 y 3) se va a explicar en que consiste cada columna; esta explicación será válida para las demás tablas, que se expondrán más adelante:

- En las columnas de solar, fogón y caldera de biomasa se muestra la cantidad de kWh obtenidos en cada mes.
- Las columnas de consumo de calefacción corresponde con los consumos de los circuitos de cada parte de la instalación.
- La siguiente columna muestra el consumo de agua caliente sanitaria de la vivienda y de la casa rural.
- Luego se encuentra la columna del consumo total, en la que se tiene en cuenta la calefacción y el agua caliente sanitaria.

- La columna del gasto representa la cantidad de kWh que la caldera debería haber aportado; es decir, descontando a la columna del consumo los kilovatios producidos de energía solar y por el fogón.

La segunda tabla contiene los siguientes datos:

- *Total € biomasa* representa la inversión económica correspondiente a la biomasa, teniendo en cuenta el precio del pellet en función del kWh (ver siguiente columna).
- *Gasto pellets:* representa la cantidad de euros que nos cuesta el kWh para este cálculo se utiliza la siguiente operación.

$$\text{Coste}(\text{€} / \text{kWh}) = \frac{(\text{kg}_{\text{pellets}}) \times (\text{€} / \text{kg}_{\text{pellets}})}{\text{kWh}_{\text{producidos}}}$$

Las cifras disponibles se muestran en la tabla 1:

Producido (kWh)	Cantidad consumida (kg)	Precio de compra (€/kg)
24392.9	5500	0,23

Tabla 1 Biomasa Ciaurriz

Luego:

$$(\text{€} / \text{kWh}) = \frac{5500(\text{kg}) \times 0.23(\text{€} / \text{kg})}{23122.9(\text{kWh})} = 0.052$$

- *Producción solar:* euros de biomasa que te ahorras debido a la producción solar utilizando el valor obtenido antes.
- *Producción en euros:* Cantidad total de euros correspondiente a toda la producción (los euros de la producción solar están incluidos)
- *Totales:* Las tres últimas columnas representan los totales de producción, consumo y agua caliente sanitaria.

Por último, se muestran unas gráficas de la producción y del consumo para que puedan apreciarse rápidamente diversos aspectos que se comentarán más adelante.

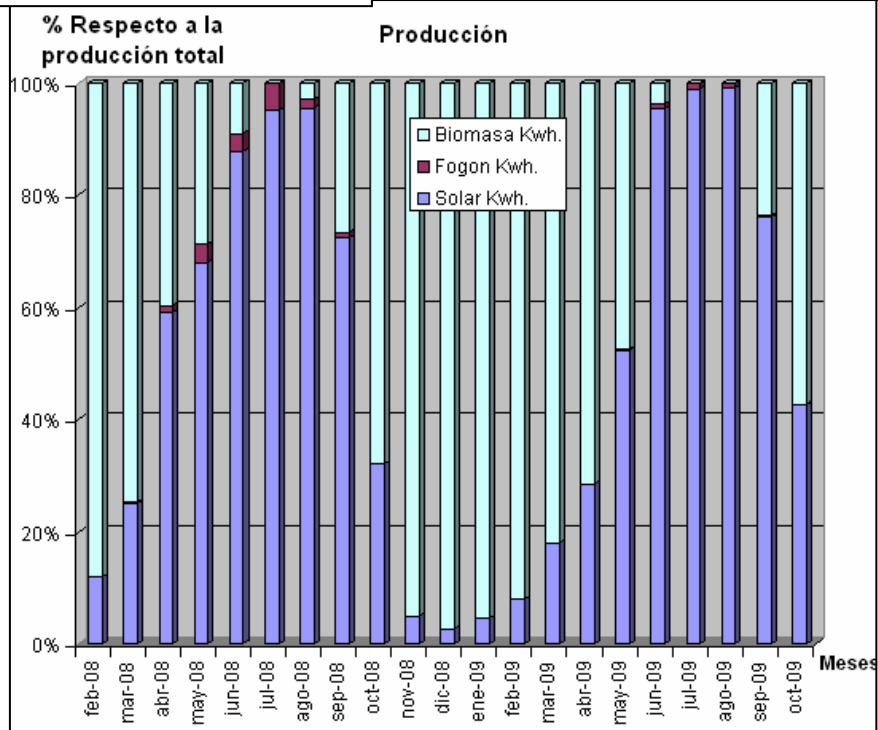
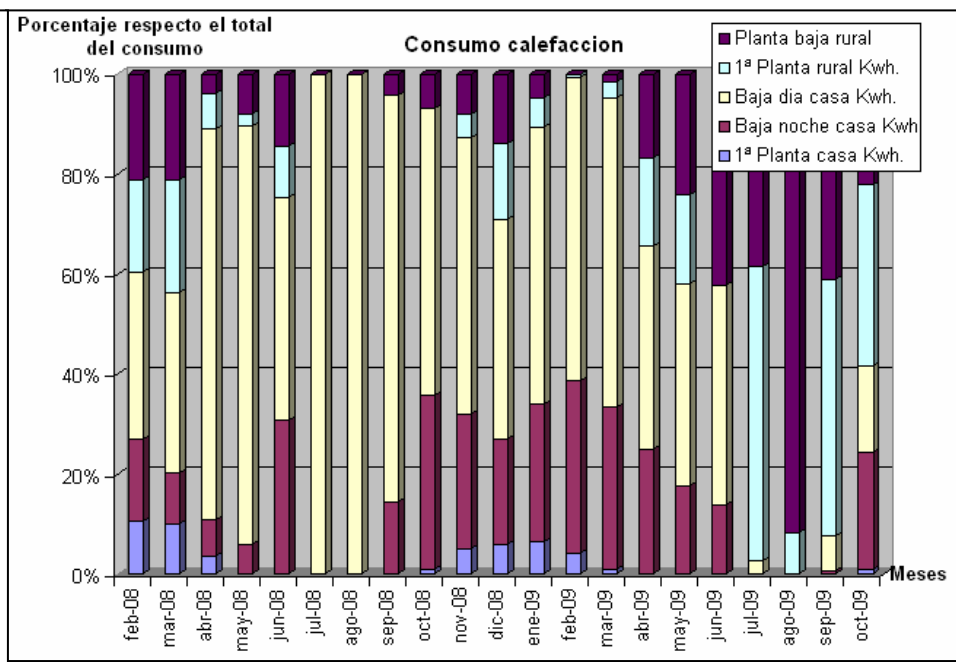
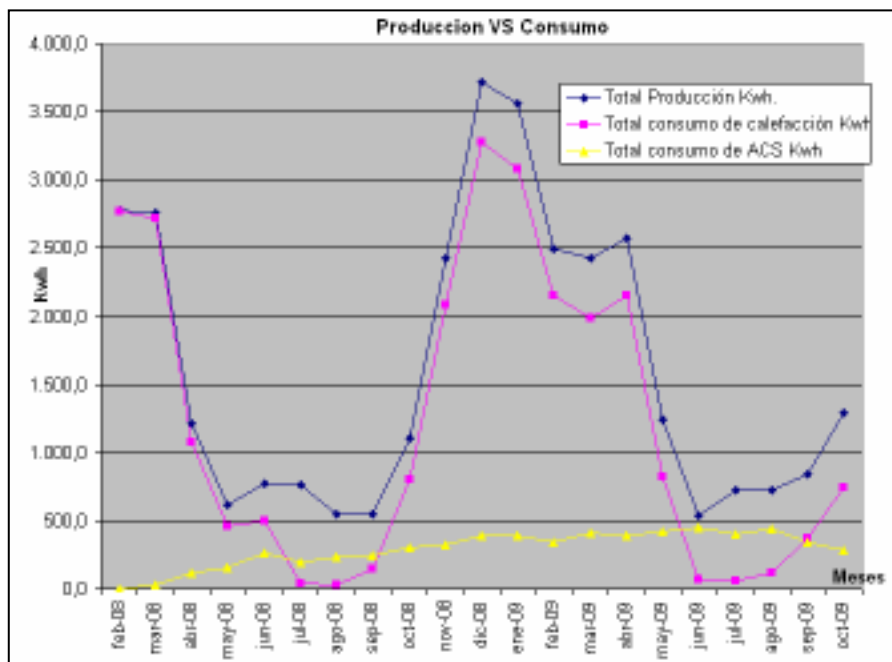
Fecha	Producción			Consumo calefacción					ACS	Total Consumo kWh	Total gasto kWh
	Solar kWh	Fogón kWh	Biomasa kWh	1ª Planta casa kWh	Baja noche casa kWh	Baja día casa kWh	1ª Planta rural kWh	Planta baja rural	Energía kWh		
ene-08	340,0	0,0	0,0	52,9	72,4	162,8	29,2	16,7	0,0	334,0	-6,0
feb-08	632,7	1,0	2.140,4	288,8	456,1	929,6	512,1	584,9	0,0	2.771,5	2.137,8
mar-08	390,6	4,3	2.359,2	273,4	276,1	983,5	614,0	576,3	30,1	2.753,4	2.358,5
abr-08	715,2	16,5	480,4	38,4	78,1	843,1	77,8	41,1	122,2	1.200,7	469,0
may-08	420,9	20,1	177,8	0,3	27,4	384,3	11,2	37,0	158,0	618,2	177,2
jun-08	677,5	24,9	69,0	0,0	154,2	224,8	50,9	72,7	268,3	770,9	68,5
jul-08	729,4	36,4	0,6	0,0	0,0	36,9	0,0	0,0	196,7	233,6	-532,2
ago-08	525,6	9,0	15,6	0,0	0,0	29,3	0,0	0,7	235,7	264,3	-270,3
sep-08	396,1	5,7	145,5	0,0	21,7	122,6	0,0	7,3	245,0	396,6	-5,2
oct-08	355,8	0,9	753,2	7,5	279,0	460,4	0,0	55,5	300,2	1.102,6	745,9
nov-08	121,4	0,1	2.305,9	104,5	561,2	1.151,4	96,2	170,5	327,1	2.410,9	2.289,4
dic-08	100,8	0,3	3.611,9	196,8	689,3	1.442,6	492,1	460,1	388,4	3.669,3	3.568,2
ene-09	163,3	0,2	3.399,8	196,7	846,6	1.711,4	176,7	149,2	396,0	3.476,6	3.313,1
feb-09	196,7	0,3	2.293,7	88,8	739,6	1.307,3	13,2	0,0	341,8	2.490,7	2.293,7
mar-09	437,5	0,8	1.984,5	20,2	640,4	1.227,8	65,6	29,9	410,7	2.394,6	1.956,3
abr-09	733,0	0,6	1.835,3	0,0	539,2	872,2	379,8	361,1	392,8	2.545,1	1.811,5
may-09	651,8	1,9	590,4	0,0	144,7	332,2	144,5	199,2	419,1	1.239,7	586,0
jun-09	509,2	4,6	20,1	0,0	9,0	28,5	0,0	27,4	449,4	514,3	0,5
jul-09	713,1	7,2	0,0	0,0	0,0	1,6	37,2	24,4	401,8	465,0	-255,3
ago-09	718,1	6,9	0,0	0,0	0,0	0,0	9,3	103,5	437,7	550,5	-174,5
sep-09	643,8	1,6	200,0	0,0	2,2	25,7	189,5	151,9	343,5	712,8	67,4
oct-09	550,6	1,9	739,3	7,5	172,6	127,8	268,1	163,8	281,8	1.021,6	469,1
26/11/09	407,9	0,1	1.270,3	224,5	273,0	649,5	189,4	52,6	276,9	1.665,9	1.257,9

Tabla 2 Producción, calefacción, ACS, consumo y gasto de la instalación de Ciaurriz.

Fecha	Total € Biomasa	Gasto pellets (€/kWh)	Producción solar € (Ahorro)	Producción Leña € (Ahorro)	Suma producción total en € (biomasa, solar y fogón)	Total Producción kWh	Total consumo de calefacción kWh	Total consumo de ACS kWh
ene-08	0,00	0,052	17,63	0,00	17,63	340,0	334,0	0,0
feb-08	126,90	0,052	17,30	0,05	144,25	2.774,1	2.771,5	0,0
mar-08	107,08	0,052	35,91	0,22	143,21	2.754,1	2.723,3	30,1
abr-08	24,98	0,052	37,19	0,86	63,03	1.212,1	1.078,5	122,2
may-08	9,25	0,052	21,89	1,05	32,18	618,8	460,2	158,0
jun-08	3,59	0,052	35,23	1,29	40,11	771,4	502,6	268,3
jul-08	0,03	0,052	37,93	1,89	39,85	766,4	36,9	196,7
ago-08	0,81	0,052	27,33	0,47	28,61	550,2	28,6	235,7
sep-08	7,57	0,052	20,60	0,30	28,46	547,3	151,6	245,0
oct-08	39,17	0,052	18,50	0,05	57,71	1.109,9	802,4	300,2
nov-08	119,91	0,052	6,31	0,01	126,22	2.427,4	2.083,8	327,1
dic-08	187,82	0,052	5,24	0,02	193,08	3.713,0	3.280,9	388,4
ene-09	176,79	0,052	8,49	0,01	185,29	3.563,3	3.080,6	396,0
feb-09	119,27	0,052	10,23	0,02	129,52	2.490,7	2.148,9	341,8
mar-09	103,19	0,052	22,75	0,04	125,99	2.422,8	1.983,9	410,7
abr-09	95,44	0,052	38,12	0,03	133,58	2.568,9	2.152,3	392,8
may-09	30,70	0,052	33,89	0,10	64,69	1.244,1	820,6	419,1
jun-09	1,05	0,052	26,48	0,24	27,76	533,9	64,9	449,4
jul-09	0,00	0,052	37,08	0,37	37,46	720,3	63,2	401,8
ago-09	0,00	0,052	37,34	0,36	37,70	725,0	112,8	437,7
sep-09	10,40	0,052	33,48	0,08	43,96	845,4	369,3	343,5
oct-09	38,44	0,052	28,63	0,10	67,17	1.291,8	739,8	281,8
26/11/09	66,06	0,052	21,21	0,01	87,27	1.678,3	1.389,0	276,9

Tabla 3 Total de euros y total de producciones y consumos en Ciurriz.

Los siguientes gráficos recogen los datos más importantes de las tablas anteriores, que son: Producción de cada dispositivo, consumos de calefacción de cada zona y comparativa entre producción y consumo.



7.2 Instalación en Gazcue

La siguiente instalación se encuentra situada en la localidad de Gazcue, un pueblo que se encuentra al norte de Pamplona a una distancia aproximada de 18.7 km. La instalación consiste principalmente en una caldera de biomasa de 25 kW, 10 paneles solares térmicos con una superficie útil de cada captador de 1.6 m², un depósito acumulador de 750 litros de doble intercambio de serpentín y un fuego bajo en la cocina. En la imagen 11 se puede apreciar la sala de calderas que dispone esta vivienda.



Imagen 11 Sala de calderas Gazcue

Con esta instalación lo que se pretende es satisfacer las necesidades de agua caliente sanitaria y calefacción, con suelo radiante, de una vivienda cuya superficie aproximada es de 450 metros cuadrados. La instalación del suelo radiante esta dividida en cuatro zonas que son:

- La zona de día está compuesta de seis circuitos que se encuentran en el salón, la cocina y en el baño.
- La zona de noche está compuesta también de seis circuitos distribuidos a lo largo de 4 habitaciones, un baño y el distribuidor.
- La zona del ático en la cual no se dispone de cuantos circuitos tiene.
- La zona de la planta baja cuyo sistema de calefacción es a través de radiadores.

El consumo de pellets, la cantidad de energía obtenida y el precio de compra vienen reflejados en la tabla 4:

Producido (kWh)	Cantidad consumida(kg)	Precio de compra (€/kg)
1088,5	200	0,23

Tabla 4 Biomasa Gazcue

Aplicando la fórmula comentada en la instalación anterior tenemos lo siguiente:

$$(\text{€} / kWh) = \frac{200(\text{Kg}) \times 0.23(\text{€} / \text{Kg})}{1088.5(\text{kWh})} = 0.042$$

6): Se muestra a continuación los datos medidos de la instalación (Tabla 5 y 6):

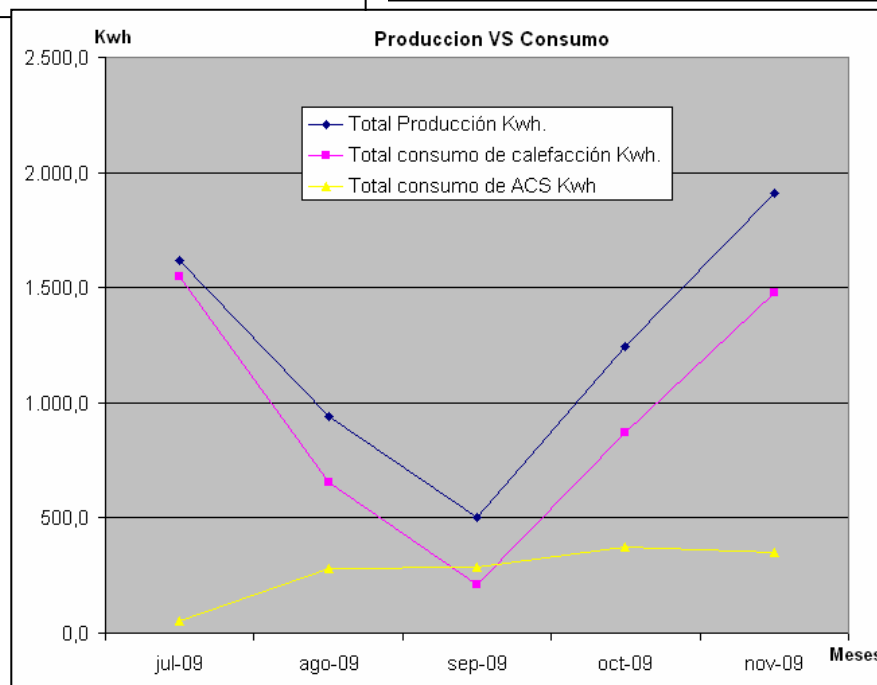
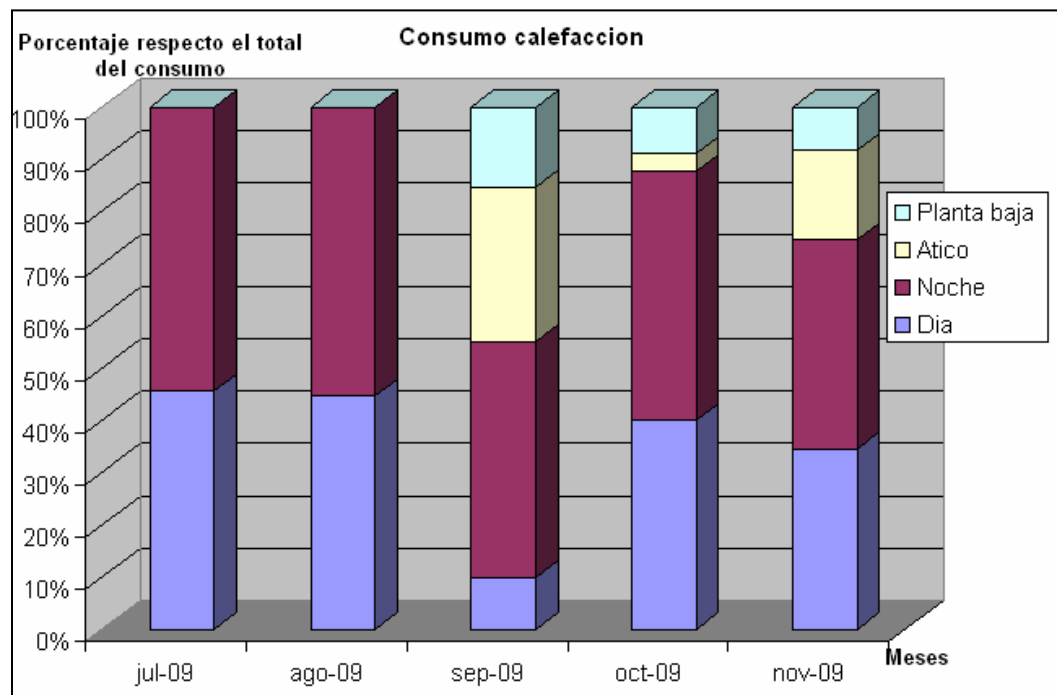
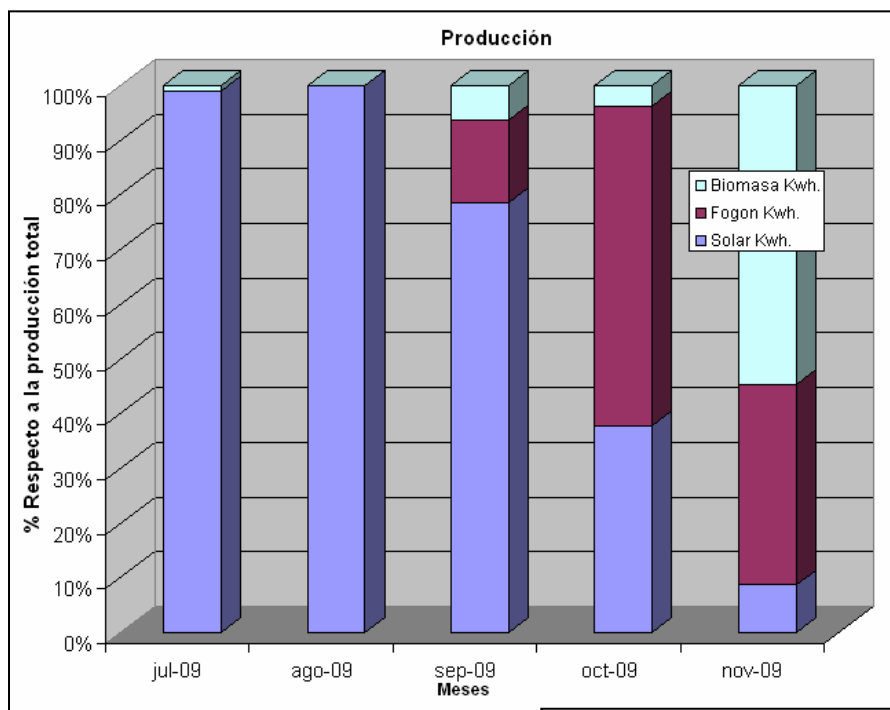
Fecha	Producción			Consumo calefacción				ACS	Total Consumo kWh	Total gasto kWh
	Solar kWh	Fogón kWh	Biomasa kWh	Zona Día kWh	Zona Noche kWh	Ático kWh	Planta Baja radiadores kWh	Energía kWh		
jul-09	1.605,7	0,4	14,4	707,8	842,7	0,0	0,0	53,9	1.604,4	-1,7
ago-09	938,9	0,4	0,0	291,3	361,0	0,0	0,0	281,8	934,1	-5,2
sep-09	379,1	88,8	36,8	21,2	96,2	62,9	32,5	285,8	498,6	30,7
oct-09	470,0	726,6	45,8	347,9	413,9	30,3	76,7	373,1	1.241,9	45,3
26/11/09	157,5	665,1	1.088,8	510,9	591,5	253,4	122,7	351,8	1.830,3	1.007,7

Tabla 5 Producción, calefacción, ACS, consumo y gasto de la instalación de Gazcue.

Fecha	Total € Biomasa	Gasto pellets (€/kWh)	Producción solar € (Ahorro)	Producción fogón € (Ahorro)	Suma producción total en € (biomasa, solar y fogón)	Total Producción kWh	Total consumo de calefacción kWh	Total consumo de ACS kWh
jul-09	0,60	0,042	67,44	0,02	68,06	1.620,5	1.550,5	53,9
ago-09	0,00	0,042	39,43	0,02	39,45	939,3	652,3	281,8
sep-09	1,55	0,042	15,92	3,73	21,20	504,7	212,8	285,8
oct-09	1,92	0,042	19,74	30,52	52,18	1.242,4	868,8	373,1
26/11/09	45,73	0,042	6,62	27,93	80,28	1.911,4	1.478,5	351,8

Tabla 6 Total de euros y total de producciones y consumos en Gazcue.

Las siguientes imágenes muestran los datos más importantes de las tablas anteriores, que son: Producción de cada dispositivo, consumos de calefacción de cada zona y comparativa entre producción y consumo.



7.3 Conclusiones sobre las instalaciones de la zona 1

En este apartado se van a resaltar los datos más relevantes de las dos instalaciones.

En cuanto a la producción de Ciaurriz, la caldera de biomasa aporta la mayor parte de la energía consumida en los meses de invierno, mientras que en los meses de verano es la energía solar la que aporta la mayor parte de la energía consumida. Como se puede observar en la imagen 12, en los meses de invierno la demanda de energía es muy superior a la demanda en los meses de verano; es por ello que en los meses de verano sea prácticamente suficiente con los paneles solares.

En la instalación de Gazcue ocurrirá lo mismo pero al ser una instalación recién puesta en marcha no se dispone de datos suficientes para realizar la misma afirmación que para la vivienda de Ciaurriz.

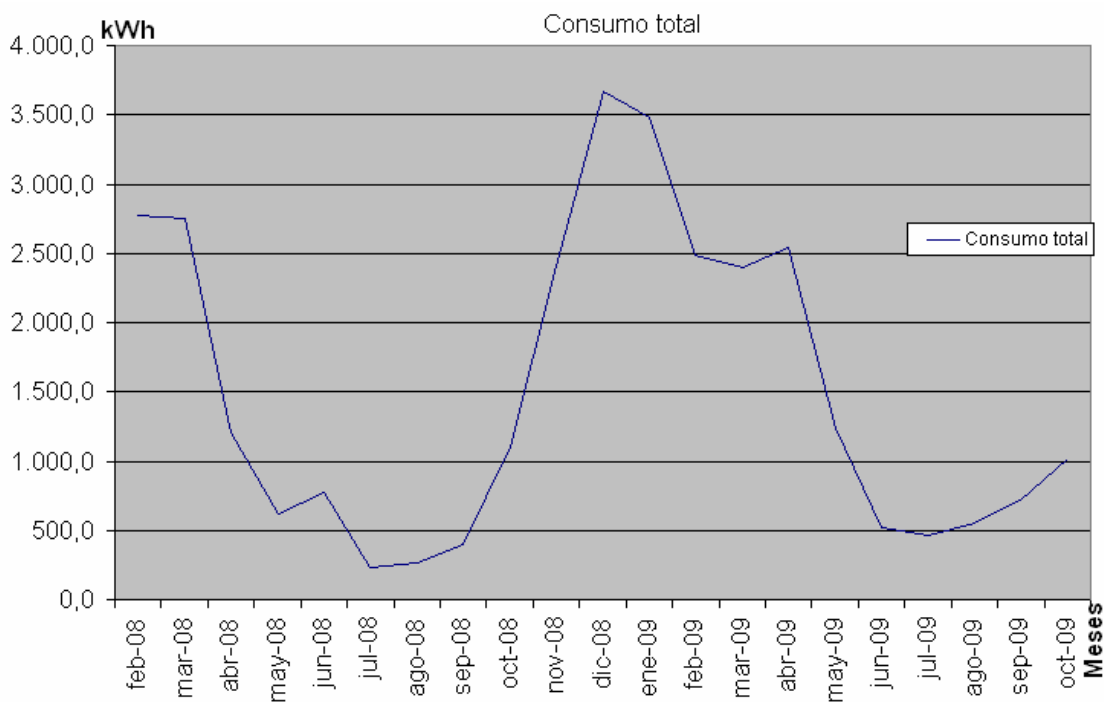


Imagen 12 Consumo Ciaurriz

En cuanto al consumo de calefacción, como se puede ver en la gráfica de consumo por zona, la zona que más consume es donde se encuentra el salón y la cocina en la vivienda; este resultado es lo esperado y, además, el consumo de la casa es muy superior al consumo de la casa rural ya que ésta no está ocupada todos los días.

Es interesante comentar que gracias a la producción de energía solar y del fogón en los meses de julio 08, agosto 08, septiembre 08, junio 09, julio 09 y agosto 09 no ha sido necesario el uso de la caldera ya que se obtienen mayores ratios de producción de energía solar que de consumo. Esto mismo ocurre en Gazcue en los meses de agosto y septiembre 09.

Si observamos la columna del coste térmico de Ciaurriz se puede ver que el valor obtenido es de 0.052€/kWh, el cual, se aproxima bastante al valor teórico (0.048€/kWh). Debido a la proximidad entre estos valores se puede afirmar que el uso de la caldera está siendo el correcto. Gracias a este dato se puede estimar cual sería el gasto en pellets a lo largo de estos meses si sólo se dispusiera de una caldera de biomasa. Si sumamos los gastos de todos los meses se obtiene un valor de 1749.8 euros. Si se realiza lo mismo con la columna del solar se observa que el total de euros ahorrados es de 539.92 y, por tanto, la inversión aproximada habrá sido de 1209.88 euros. Gracias a los captadores solares sus gastos se han reducido un 31%. Los resultados obtenidos en Gazcue son de aún mejores beneficios ya que solo se dispone de datos de los meses de verano.

También resulta de interés comentar que la suma del consumo de las diferentes zonas y del consumo de ACS es inferior a la producción total. Esta puntualización se puede apreciar fácilmente en la gráfica de producción vs consumo. Esta situación ocurre en las dos instalaciones.

Podría ser interesante instalar una piscina para poder aprovechar la energía sobrante de los captadores solares en los meses de verano. De esta manera, el suministro de agua caliente para la piscina no supondría un coste adicional.

Gracias a que se dispone de datos de otras instalaciones (que tienen paneles pero las calderas son de gas o de gasoil) situadas en la zona 1 se ha podido realizar una estimación sobre la energía solar aprovechada. Evidentemente, si se dispusiera de más datos se podría obtener una estimación mejor que la que se ha obtenido con 7 instalaciones. Ésta consiste en una representación gráfica de la energía producida en cada mes por un captador solar situado en la zona 1. Este captador es del mismo tipo que los que se ponen en las diferentes instalaciones. Se va a proceder a comparar esta estimación con los resultados obtenidos en Ciaurriz. Para ello, será necesario dividir la producción de cada mes entre 10 que es el número de paneles que se dispone en esa instalación. El resultado se muestra en la imagen 13:

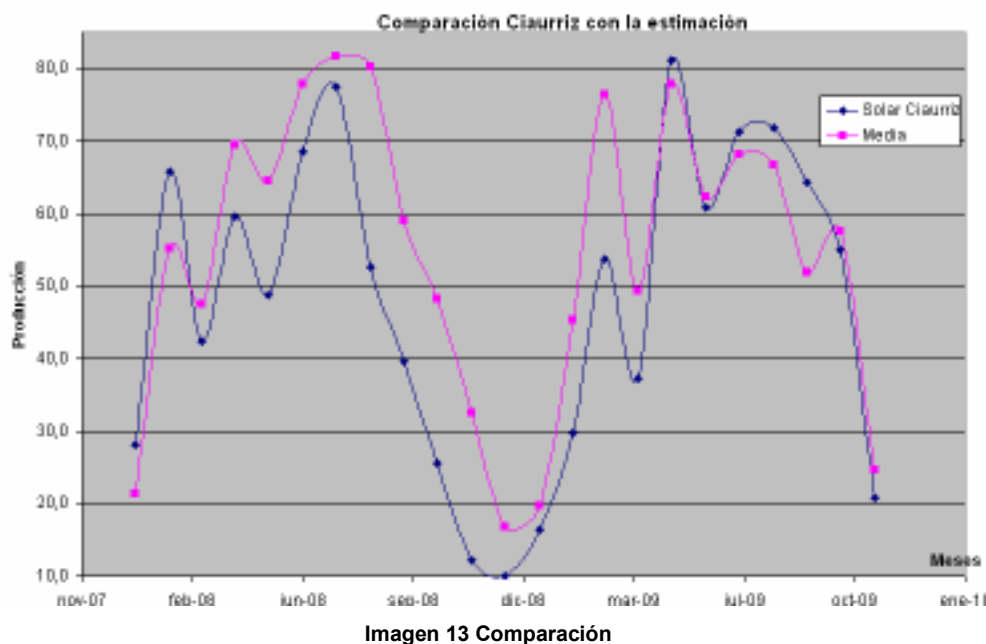


Imagen 13 Comparación

Como se puede observar la tendencia de las dos curvas es similar, por lo que los resultados obtenidos cumplen lo esperado. Como no se dispone de muchos datos de Gazcue no se lleva a cabo esta comparación.

Además, se dispone de los datos de irradiancia global para un día medio de cada mes en Pamplona, por lo que, con ello, se puede obtener una tabla aproximada de la irradiancia global de cada mes. Estos datos han sido obtenidos del ministerio de industria en el siguiente enlace y se adjuntan en el Anexo 1.

Los resultados obtenidos para cada mes se muestran en la tabla 7:

Mes	Irradiancia global de cada mes (kW.m ²)
Enero	45,4
Febrero	64,4
Marzo	106,6
Abril	127,0
Mayo	161,0
Junio	189,6
Julio	208,7
Agosto	181,7
Septiembre	137,7
Octubre	91,5
Noviembre	53,6
Diciembre	40,5

Tabla 7 Irradiancia global

Si comparamos estos datos de irradiancia con los datos de la producción obtenida en Ciauriz; se puede obtener un valor numérico del aprovechamiento de la irradiancia solar para producir energía. Hay que tener en cuenta que los

captadores son de 1.6 m² y la incidencia es por metro cuadrado por lo que, operando, se obtienen los resultados que se muestran en la tabla 8:

Mes	Irradiancia global de cada mes (kW.m ²)	Ciaurriz (captador de 1.6m ²)(kW.1,6 m ²)	Ciaurriz (captador de 1m ²)(kW.m ²)	Rendimiento
ene-08	45,4	28,1	17,5	38,6
feb-08	64,4	65,8	41,1	63,9
mar-08	106,6	42,5	26,5	24,9
abr-08	127,0	59,5	37,2	29,3
may-08	161,0	48,8	30,5	18,9
jun-08	189,6	68,5	42,8	22,6
jul-08	208,7	77,5	48,5	23,2
ago-08	181,7	52,6	32,9	18,1
sep-08	137,7	39,6	24,8	18,0
oct-08	91,5	25,6	16,0	17,5
nov-08	53,6	12,1	7,6	14,2
dic-08	40,5	10,1	6,3	15,6
ene-09	45,4	16,3	10,2	22,5
feb-09	64,4	29,7	18,5	28,8
mar-09	106,6	53,8	33,6	31,5
abr-09	127	37,3	23,3	18,4
may-09	161	81,2	50,7	31,5
jun-09	189,6	60,9	38,1	20,1
jul-09	208,7	71,3	44,6	21,4
ago-09	181,7	71,8	44,9	24,7
sep-09	137,7	64,4	40,2	29,2
oct-09	91,5	55,1	34,4	37,6
nov-09	53,6	20,8	13,0	24,2

Tabla 8 Relación de Ciaurriz con irradiancia global

Como se puede ver, los rendimientos no son muy elevados pero hay que tener en cuenta lo siguiente:

- Se halla un rendimiento utilizando la irradiancia global en función de la energía aprovechada por lo que más que un rendimiento se podría decir que es una relación entre la irradiancia y la energía aprovechada.
- La razón por la que los rendimientos en verano son muy bajos es debido a que las instalaciones son unifamiliares. Esto provoca que en el momento en el que la irradiancia es mayor, en verano, la demanda de agua caliente para la vivienda es muy pequeña, por lo que la energía aprovechada no es toda la que podría ser ya que la instalación no la necesita.

Esta misma estimación no se puede realizar para la biomasa porque no se dispone de datos de varias instalaciones y, además, a la hora de realizar el estudio sería necesario controlar otras variables, como potencia de la caldera, metros de vivienda, zona climática.....

Hubiera sido interesante haber mostrado alguna instalación más de esta zona para así poder ver el comportamiento de las instalaciones que se encuentran en la zona 1. Esto no ha sido posible porque las pocas instalaciones que existen en la zona 1 con biomasa y paneles solares son muy recientes y no aportan gran cantidad de datos. La mayor parte de las instalaciones de esta zona disponen de una caldera de gas o de gasoil.

8. INSTALACIONES EN ZONA 2

8.1. Instalación en Aoiz

La siguiente instalación se encuentra situada en la localidad Navarra de Aoiz, un pueblo que se encuentra al este de Pamplona a una distancia aproximada de 29.2 km. La instalación consiste principalmente en una caldera de biomasa de 35 kW, 12 paneles solares térmicos con una superficie útil de 1,6 m² cada uno dispuestos en una bancada de 2x6, un depósito acumulador de 1000 litros y dos fuegos bajos en las cocinas. En la imagen 14 se puede apreciar la sala de calderas que dispone esta vivienda.



Imagen 14 Caldera y acumulador de Aoiz

Con esta instalación lo que se pretende es satisfacer las necesidades de agua caliente sanitaria y calefacción, con suelo radiante, de una vivienda cuya superficie aproximada es de 300 metros cuadrados. La peculiaridad de esta vivienda es que en ella viven dos familias por lo que el consumo total está dividido en lo que consume una familia u otra. Una de las familias dispone de la planta baja (Cliente 1) y la otra de la primera planta y el ático (Cliente 2) como se apreciará en la tabla 10. La instalación del suelo radiante está dividida en cinco zonas que son:

- La zona de día del cliente 1 está compuesta de cinco circuitos que se encuentran en el salón, en la cocina, en el pasillo y en la entrada.
- La zona de noche del cliente 1 está compuesta de nueve circuitos distribuidos a lo largo de tres habitaciones, dos baños, el pasillo, el vestidor y el distribuidor.

- La zona de día del cliente 2 está compuesta de cinco circuitos a lo largo del salón, la cocina y el pasillo.
- La zona de noche del cliente 2 tiene seis circuitos distribuidos a lo largo de tres dormitorios, dos baños, pasillo y vestidor.
- Por último, está el ático del cliente 2 que está formado por cuatro circuitos.

El consumo de pellets, la cantidad de energía obtenida y el precio de compra vienen reflejados en la tabla 9.

Producido (kWh)	Cantidad consumida(kg)	Precio de compra (€/kg)
29341.4	7280	0.18

Tabla 9 Biomasa Aoiz

Aplicando la fórmula comentada en la instalación anterior tenemos lo siguiente:

$$(\text{€} / kWh) = \frac{7280(kg) \times 0.18(\text{€} / kg)}{29341.4(kWh)} = 0.045$$

En las tablas 10, 11 y 12 se muestran los datos obtenidos.

Fecha	Producción				Consumo calefacción					ACS		
	Solar kWh	Fuego bajo cliente 1 kWh	fuego bajo cliente 2 kWh	Biomasa kWh	Día cliente 1 kWh	Noche cliente 1 kWh	Día cliente 2 kWh	Noche cliente 2 kWh	Ático cliente 2 kWh	Común	Cliente 1	Cliente 2
										Energía kWh	Energía individual kWh	Energía individual kWh
mar-08	684,4	188,9	35,3	3.082,3	591,2	774,9	802,4	561,5	775,4	313,3	38,1	75,2
abr-08	638,2	0,0	0,0	1.053,4	215,2	328,4	412,5	167,5	191,5	325,5	18,5	18,3
may-08	1.957,7	0,0	0,0	1.232,3	306,9	465,2	750,7	190,2	140,4	344,3	70,0	53,6
jun-08	1.264,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	237,7	54,5	37,7
jul-08	730,3	0,0	0,0	12,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	144,5	30,9	19,2
ago-08	674,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	139,6	26,5	12,7
sep-08	879,6	0,0	0,0	165,5	0,0	0,0	75,3	164,5	116,8	187,2	33,6	11,5
oct-08	965,7	193,9	433,5	3.457,2	565,4	783,4	398,9	879,0	1.029,4	421,3	46,9	35,3
nov-08	386,8	150,3	282,1	5.632,5	722,9	1.422,6	898,1	973,4	1.357,2	422,1	39,9	35,4
dic-08	453,5	88,4	343,0	5.594,5	374,8	1.413,9	955,0	1.089,7	1.389,4	385,7	38,9	31,8
ene-09	202,9	116,6	353,0	3.049,9	981,7	644,5	440,1	657,7	670,7	239,6	20,4	18,6
feb-09	757,4	78,7	598,6	4.071,6	759,7	1.052,1	766,7	973,0	1.021,6	395,7	37,2	24,8
mar-09	1.241,0	0,0	390,6	2.555,4	552,4	776,7	554,9	655,6	595,2	421,0	42,9	29,0
abr-09	1.041,8	42,7	399,4	1.952,2	584,7	747,0	326,0	574,0	321,4	353,8	38,9	23,0
may-09	1.273,7	0,1	17,6	279,0	102,0	230,7	72,0	143,0	0,0	310,3	45,4	25,9
jun-09	939,0	0,0	0,0	0,0	11,1	16,7	0,6	0,4	1,1	274,7	44,6	24,9
jul-09	1.073,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	277,1	38,9	29,9
ago-09	908,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	185,8	35,5	34,0
sep-09	880,0	14,0	0,0	67,2	6,3	31,5	0,0	38,2	27,4	170,3	32,5	21,8
oct-09	835,8	93,0	93,2	738,9	100,7	221,9	94,6	313,5	117,8	310,7	47,1	14,5
24/11/09	294,8	128,9	118,5	1.943,0	279,1	462,3	253,1	514,1	354,4	267,1	37,7	9,6

Tabla 10 Producción y consumos de Aoiz

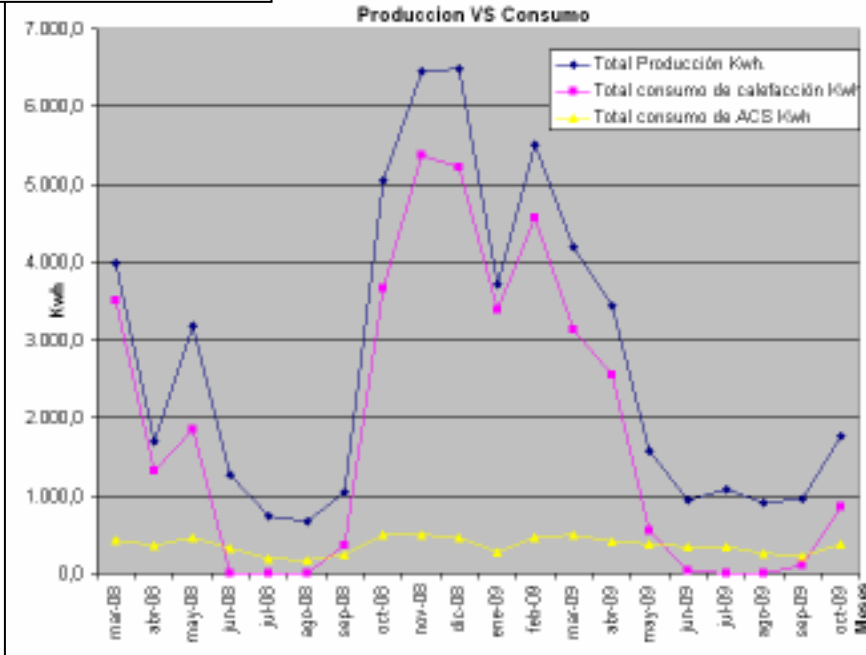
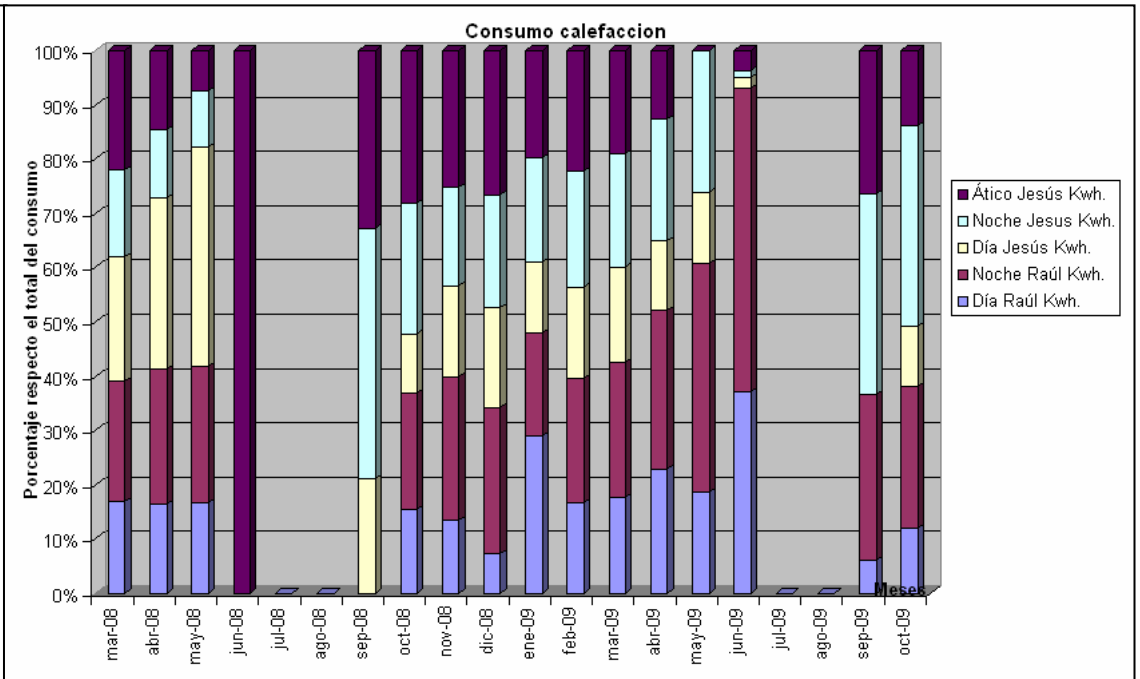
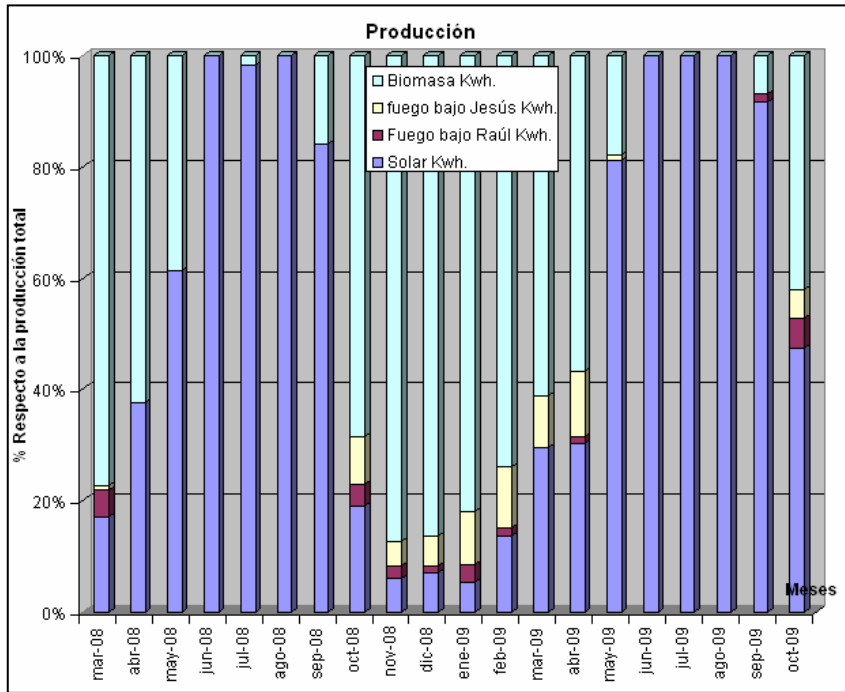
Fecha	Total consumo cliente 1 kWh	Total consumo cliente 2 kWh	Total gasto cliente 1 kWh	Total gasto cliente 2 kWh	Total € cliente 1 kWh (biomasa)	Total € cliente 2 kWh (biomasa)	Gasto Pellet €/kWh	Porcentaje cliente 1 kWh	Porcentaje cliente 2 kWh	Producción solar € (Ahorro)	Producción Leña € (Ahorro)	Suma producción total en €
mar-08	1.404,2	2.214,5	949,7	1.760,4	53,8	84,9	0,045	0,4	0,6	30,8	10,1	179,6
abr-08	562,1	789,8	296,7	417,0	19,7	27,7	0,045	0,4	0,6	28,7	0,0	76,1
may-08	842,1	1.134,9	8,2	11,1	23,6	31,8	0,045	0,4	0,6	88,1	0,0	143,6
jun-08	54,5	38,2	-689,2	-483,0	0,0	0,0	0,045	0,6	0,4	56,9	0,0	56,9
jul-08	30,9	19,2	-419,5	-260,7	0,3	0,2	0,045	0,6	0,4	32,9	0,0	33,4
ago-08	26,5	12,7	-429,5	-205,8	0,0	0,0	0,045	0,7	0,3	30,4	0,0	30,4
sep-08	33,6	368,1	-40,0	-437,9	0,6	6,8	0,045	0,1	0,9	39,6	0,0	47,0
oct-08	1.395,7	2.342,6	841,3	1.303,9	58,1	97,5	0,045	0,4	0,6	43,5	28,2	227,3
nov-08	2.185,4	3.264,1	1.880,0	2.750,3	101,6	151,8	0,045	0,4	0,6	17,4	19,5	290,3
dic-08	1.827,6	3.465,9	1.582,6	2.826,0	86,9	164,8	0,045	0,3	0,7	20,4	19,4	291,6
ene-09	1.646,6	1.787,1	1.432,7	1.328,5	65,8	71,4	0,045	0,5	0,5	9,1	21,1	167,5
feb-09	1.849,0	2.786,1	1.468,2	1.732,2	73,1	110,1	0,045	0,4	0,6	34,1	30,5	247,8
mar-09	1.372,0	1.834,7	841,0	734,1	49,2	65,8	0,045	0,4	0,6	55,8	17,6	188,4
abr-09	1.370,6	1.244,4	781,9	349,2	46,0	41,8	0,045	0,5	0,5	46,9	19,9	154,6
may-09	378,1	240,9	-400,0	-272,4	7,7	4,9	0,045	0,6	0,4	57,3	0,8	70,7
jun-09	72,4	27,0	-611,5	-228,1	0,0	0,0	0,045	0,7	0,3	42,3	0,0	42,3
jul-09	38,9	29,9	-567,8	-436,4	0,0	0,0	0,045	0,6	0,4	48,3	0,0	48,3
ago-09	35,5	34,0	-428,6	-410,4	0,0	0,0	0,045	0,5	0,5	40,9	0,0	40,9
sep-09	70,3	87,4	-336,0	-400,3	1,3	1,7	0,045	0,4	0,6	39,6	0,6	43,3
oct-09	369,7	540,4	-62,8	-49,1	13,5	19,7	0,045	0,4	0,6	37,6	8,4	79,2
24/11/09	779,1	1.131,2	530,0	838,1	35,7	51,8	0,045	0,4	0,6	13,3	11,1	111,8

Tabla 11 División de los consumos, ahorros... de cada cliente

Fecha	Total Producción kWh	Total consumo de calefacción kWh	Total consumo de ACS kWh
mar-08	3.990,9	3.505,4	426,6
abr-08	1.691,6	1.315,1	362,3
may-08	3.190,0	1.853,4	467,9
jun-08	1.264,9	0,5	329,9
jul-08	742,4	0,0	194,6
ago-08	674,5	0,0	178,8
sep-08	1.045,1	356,6	232,3
oct-08	5.050,3	3.656,1	503,5
nov-08	6.451,7	5.374,2	497,4
dic-08	6.479,4	5.222,8	456,4
ene-09	3.722,4	3.394,7	278,6
feb-09	5.506,3	4.573,1	457,7
mar-09	4.187,0	3.134,8	492,9
abr-09	3.436,1	2.553,1	415,7
may-09	1.570,4	547,7	381,6
jun-09	939,0	29,9	344,2
jul-09	1.073,0	0,0	345,9
ago-09	908,5	0,0	255,3
sep-09	961,2	103,4	224,6
oct-09	1.760,9	848,5	372,3
24/11/09	2.485,2	1.863,0	314,4

Tabla 12 Totales Aoiz

Las siguientes imágenes muestran los datos más importantes de las tablas anteriores, que son: Producción de cada dispositivo, consumos de calefacción de cada zona y comparativa entre producción y consumo.



8.2. Instalación en Artica

La siguiente instalación se encuentra situada en la localidad Navarra de Artica, una localidad que se encuentra en el extrarradio de Pamplona a una distancia aproximada del centro de Pamplona de 4 km. La instalación consiste principalmente en una caldera de biomasa de 25 kW, 8 paneles solares térmicos con una superficie útil de 1,6 m², un depósito acumulador de 750 litros con sistema de doble intercambio de serpentín y un fuego bajo en la cocina.

Con esta instalación lo que se pretende es satisfacer las necesidades de agua caliente sanitaria y calefacción, con suelo radiante, de una vivienda cuya superficie aproximada es de 190 metros cuadrados. La instalación del suelo radiante esta dividida en tres zonas que son:

- La zona de noche de la planta baja que está compuesta por dos circuitos que se encuentran en la habitación principal.
- La zona de día de la planta baja está compuesta de siete circuitos distribuidos a lo largo de dos cocinas, un baño, un salón, dos comedores y el distribuidor.
- La zona de noche de la planta primera está compuesta de siete circuitos a lo largo de dos baños, dos dormitorios, distribuidor y vestidor.

El consumo de pellets, la cantidad de energía obtenida y el precio de compra vienen reflejados en la tabla 13.

Producido (kWh)	Cantidad consumida(kg)	Precio de compra (€/kg)
12331.6	2500	0.18

Tabla 13 Biomasa Artica

Aplicando la fórmula comentada en la instalación anterior se obtiene lo siguiente:

$$(\text{€} / kWh) = \frac{2500(\text{kg}) \times 0.18(\text{€} / \text{kg})}{12331.6(\text{kWh})} = 0.036$$

En las tablas 14 y 15 se muestran los datos obtenidos.

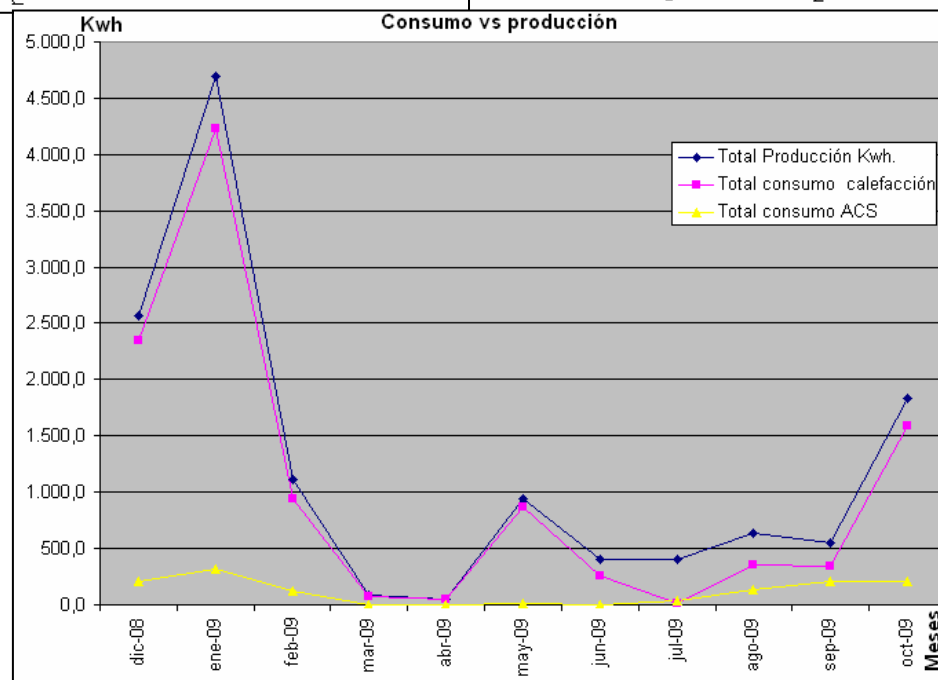
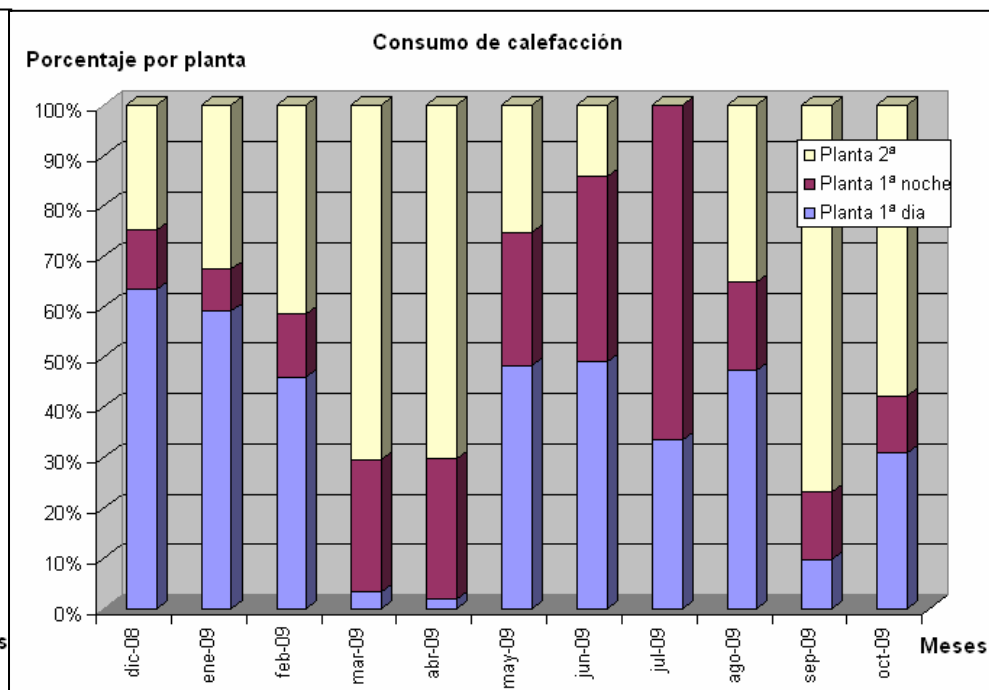
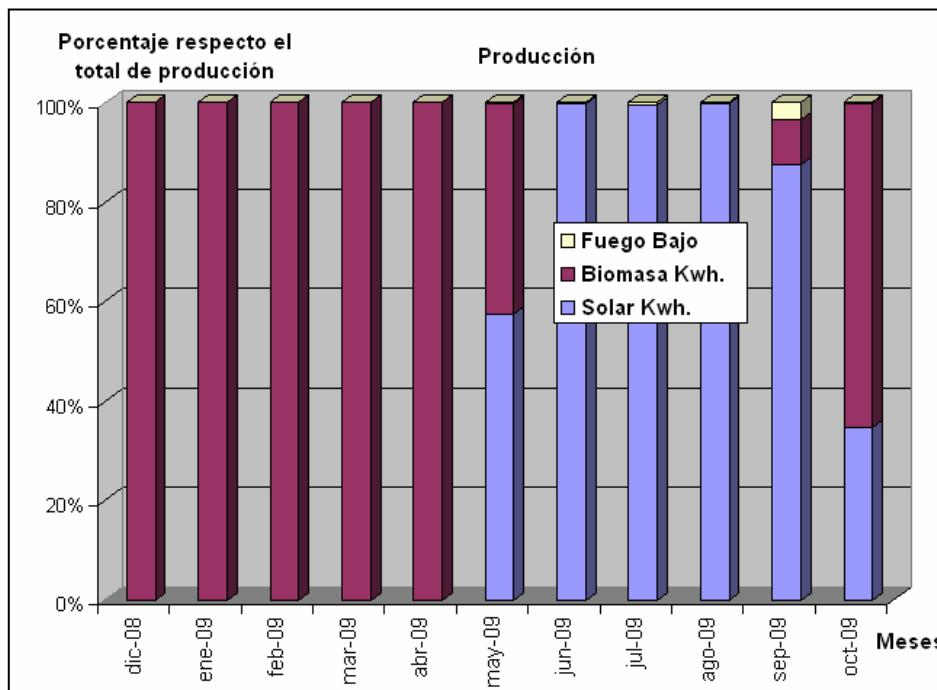
Fecha	Producción			Consumo Calefacción			ACS	Total Consumo kWh	Total gasto kWh	Total € biomasa
	Solar kWh	Biomasa kWh	Fuego bajo kWh	Planta 1ª día kWh	Planta 1ª noche kWh	Planta 2ª kWh	Energía kWh			
nov-08	0,0	40,3	0,0	0,1	8,4	0,6	25,8	34,9	34,9	1,47
dic-08	0,0	2.565,9	0,0	1.485,1	272,5	583,8	208,2	2.549,6	2.549,6	92,37
ene-09	0,0	4.696,2	0,0	2.495,5	350,3	1.378,1	320,4	4.544,3	4.544,3	169,06
feb-09	0,0	1.117,9	0,0	433,8	117,9	392,1	118,4	1.062,2	1.062,2	40,24
mar-09	0,0	80,0	0,0	2,4	19,5	52,2	0,1	74,2	74,2	2,88
abr-09	0,0	55,0	0,0	1,0	14,4	36,5	0,0	51,9	51,9	1,98
may-09	537,2	399,4	0,5	421,6	231,3	220,4	9,2	882,5	344,8	14,38
jun-09	401,5	0,0	0,8	128,3	96,2	37,4	4,0	265,9	-136,4	0,00
jul-09	395,8	0,0	2,0	5,1	10,1	0,0	34,0	49,2	-348,6	0,00
ago-09	632,2	0,0	1,2	166,9	61,9	123,9	133,9	486,6	-146,8	0,00
sep-09	479,5	50,0	18,0	32,9	45,1	258,7	208,9	545,6	48,1	1,80
oct-09	637,0	1.195,9	0,4	492,2	181,2	921,7	211,0	1.806,1	1.168,7	43,05
25/11/09	267,7	2.131,0	0,1	991,6	137,8	1.016,6	159,5	2.305,5	2.037,7	76,72

Tabla 14 Producciones, consumos y gastos de biomasa Artica

Fecha	Gasto Pellet (kWh/€)	Producción solar € (Te ahorras)	Suma producción total en € (biomasa, solar)	Total Producción kWh	Total consumo calefacción kWh	Total consumo ACS kWh
nov-08	0,036	0,0	1,47	40,3	9,1	25,8
dic-08	0,036	0,0	92,37	2.565,9	2.341,4	208,2
ene-09	0,036	0,0	169,06	4.696,2	4.223,9	320,4
feb-09	0,036	0,0	40,24	1.117,9	943,8	118,4
mar-09	0,036	0,0	2,88	80,0	74,1	0,1
abr-09	0,036	0,0	1,98	55,0	51,9	0,0
may-09	0,036	19,34	33,74	937,1	873,3	9,2
jun-09	0,036	14,45	14,48	402,3	261,9	4,0
jul-09	0,036	14,25	14,32	397,8	15,2	34,0
ago-09	0,036	22,76	22,80	633,4	352,7	133,9
sep-09	0,036	17,26	19,71	547,5	336,7	208,9
oct-09	0,036	22,93	66,00	1.833,3	1.595,1	211,0
25/11/09	0,036	9,64	86,36	2.398,8	2.146,0	159,5

Tabla 15 Coste térmico del pellet, ahorro solar, producción total y consumo total de Artica

Las siguientes imágenes muestran los datos más importantes de las tablas anteriores, que son: Producción de cada dispositivo, consumos de calefacción de cada zona y comparativa entre producción y consumo.



8.3. Instalación en Orcoyen

La siguiente instalación se encuentra situada en Orcoyen, localidad del extrarradio de Pamplona que dista unos 6 Km del centro de la capital. La instalación consiste principalmente en una caldera de biomasa de 35 kW, 8 paneles solares térmicos con una superficie útil de 1,6 m² y un depósito acumulador de 750 litros con sistema de doble intercambio de serpentín.

Con esta instalación lo que se pretende es satisfacer las necesidades de agua caliente sanitaria y calefacción, con suelo radiante, de una vivienda cuya superficie aproximada es de 220 metros cuadrados y se instalan aproximadamente 190 metros cuadrados de suelo radiante. La instalación del suelo radiante está dividida en tres zonas que son:

- La planta baja que está compuesta por cinco circuitos que se encuentran en el salón, el comedor, la cocina, el vestíbulo y el aseo.
- La planta primera está compuesta de siete circuitos distribuidos a lo largo de cuatro dormitorios, dos baños y el distribuidor.
- El ático está compuesto de seis circuitos a lo largo de un baño, un dormitorio, un vestidor, un trastero y un salón.

El consumo de pellets, la cantidad de energía obtenida y el precio de compra vienen reflejados en la tabla 16.

Producido (kWh)	Cantidad consumida(kg)	Precio de compra (€/kg)
13256	2600	0.22

Tabla 16 Biomasa Orcoyen

Aplicando la fórmula comentada en la instalación anterior tenemos lo siguiente:

$$(\text{€} / kWh) = \frac{2600(\text{kg}) \times 0.22(\text{€} / \text{kg})}{13256(\text{kWh})} = 0.043$$

En las tablas 17 y 18 se muestran los datos obtenidos

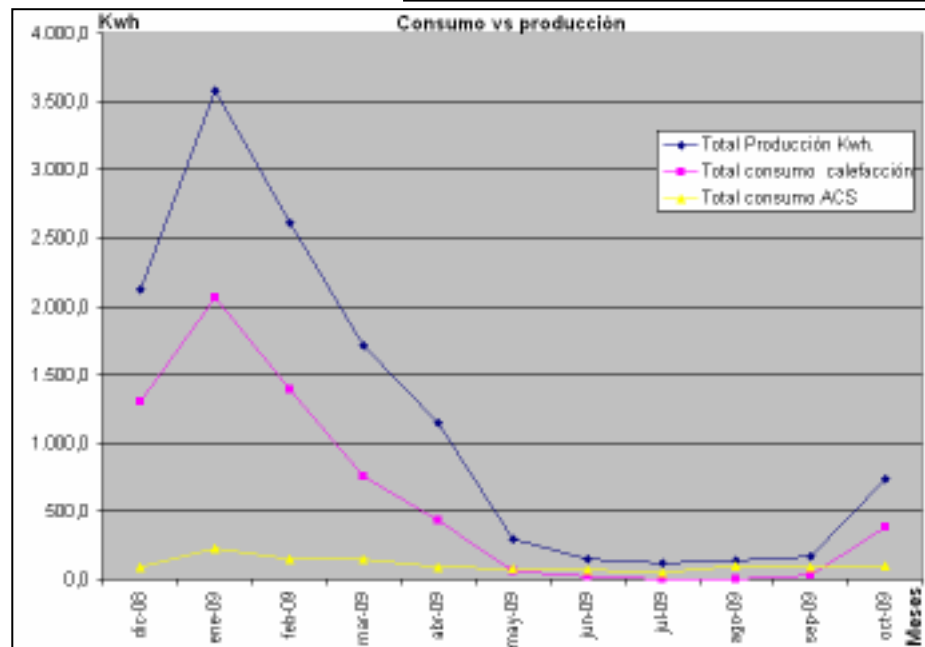
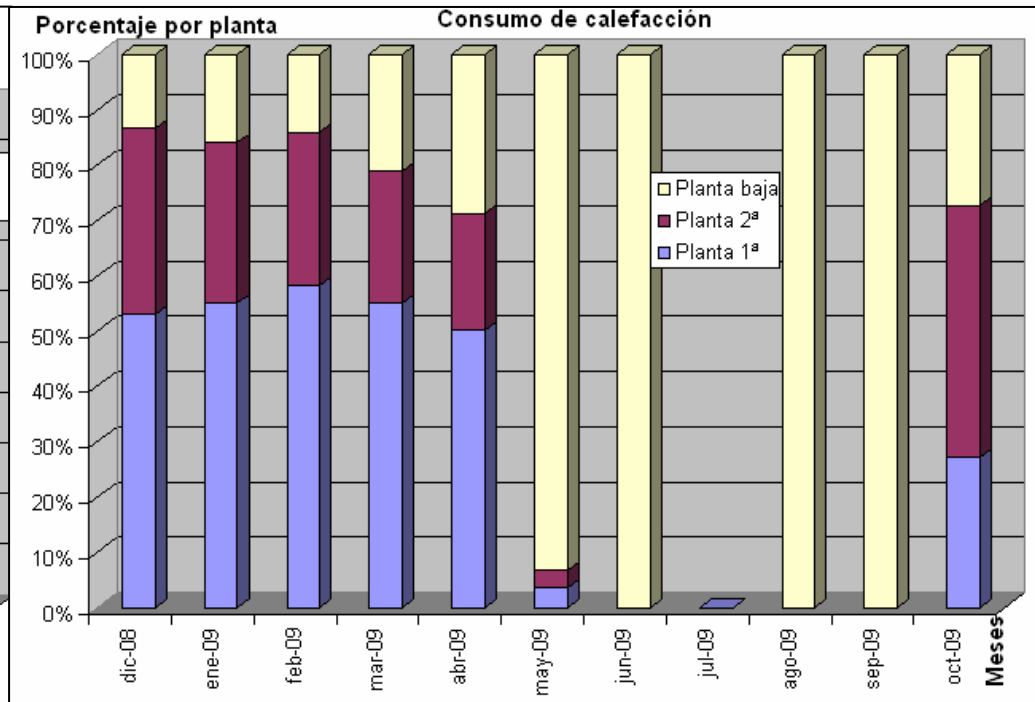
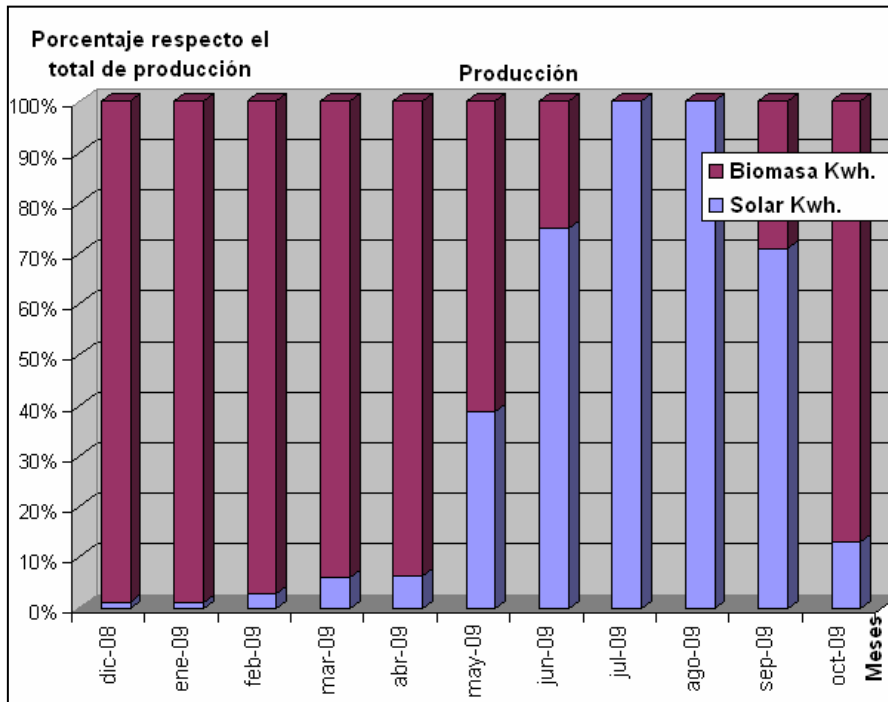
Fecha	Producción		Consumo Calefacción			ACS	Total consumo kWh	Total gasto kWh	Total € biomasa	Gasto Pellet (kWh/€)
	Solar kWh	Biomasa kWh	Planta 1ª kWh	Planta 2ª kWh	Planta baja kWh	Energía kWh				
nov-08	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,043
dic-08	25,0	2.102,1	687,7	436,9	173,6	84,1	1.382,3	1.357,3	90,39	0,043
ene-09	37,4	3.539,1	1.137,3	602,0	327,6	228,3	2.295,2	2.257,8	152,71	0,043
feb-09	71,6	2.541,3	811,6	385,7	195,6	146,3	1.539,2	1.467,6	109,28	0,043
mar-09	104,9	1.604,8	413,7	179,6	158,4	145,0	896,7	791,8	69,01	0,043
abr-09	73,3	1.075,2	215,9	91,2	123,7	89,5	520,3	447,0	46,23	0,043
may-09	111,6	177,3	2,2	2,0	58,6	81,4	144,2	32,6	7,62	0,043
jun-09	107,2	36,0	0,0	0,0	18,7	66,4	85,1	-22,1	1,55	0,043
jul-09	113,7	0,0	0,0	0,0	0,0	53,7	53,7	-60,0	0,00	0,043
ago-09	136,4	0,0	0,0	0,0	0,6	100,1	100,7	-35,7	0,00	0,043
sep-09	118,6	48,3	0,0	0,0	33,3	91,6	124,9	6,3	2,08	0,043
oct-09	95,2	640,7	104,5	176,1	105,4	102,4	488,4	393,2	27,55	0,043
26/11/09	44,0	1.491,8	520,2	275,0	171,4	120,0	1.086,6	1.042,6	64,15	0,043

Tabla 17 producciones, consumos y biomasa de Orcoyen

Fecha	Producción solar € (Te ahorras)	Suma producción total en € (biomasa, solar)	Total Producción kWh	Total consumo calefacción kWh	Total consumo ACS kWh
nov-08	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0
dic-08	1,08	91,47	2.127,1	1.298,2	84,1
ene-09	1,61	154,33	3.576,5	2.066,9	228,3
feb-09	3,08	112,35	2.612,9	1.392,9	146,3
mar-09	4,51	73,52	1.709,7	751,7	145,0
abr-09	3,15	49,39	1.148,5	430,8	89,5
may-09	4,80	12,42	288,9	62,8	81,4
jun-09	4,61	6,16	143,2	18,7	66,4
jul-09	4,89	4,89	113,7	0,0	53,7
ago-09	5,87	5,87	136,4	0,6	100,1
sep-09	5,10	7,18	166,9	33,3	91,6
oct-09	4,09	31,64	735,9	386,0	102,4
26/11/09	1,89	66,04	1.535,8	966,6	120,0

Tabla 18 Ahorros, producción total y consumo total de Orcoyen

Las siguientes imágenes muestran los datos más importantes de las tablas anteriores, que son: Producción de cada dispositivo, consumos de calefacción de cada zona y comparativa entre producción y consumo.



8.4 Conclusiones sobre las instalaciones de la zona 2

En este apartado se van a explicar los datos más relevantes de las tres instalaciones ubicadas en la zona 2.

En cuanto a la producción de Aoiz, la caldera de biomasa aporta la mayor parte de la energía consumida en los meses de invierno pero también hay que tener en cuenta la aportación del fogón en estos meses, mientras que en los meses de verano es la energía solar la que otorga la mayor parte de la energía consumida. Como se puede observar en la imagen 13 en los meses de invierno la demanda de energía es muy superior a la demanda en los meses de verano; es por ello que en los meses de verano sea prácticamente suficiente con los paneles solares.

En la instalación de Artica los captadores solares no se ponen en marcha hasta mayo de 2009, por ello, en los meses anteriores, el consumo de la caldera es más elevado. En Orcoyen sucede parecido a Aoiz pero en pequeña escala, ya que el consumo de calefacción y agua caliente sanitaria es inferior.

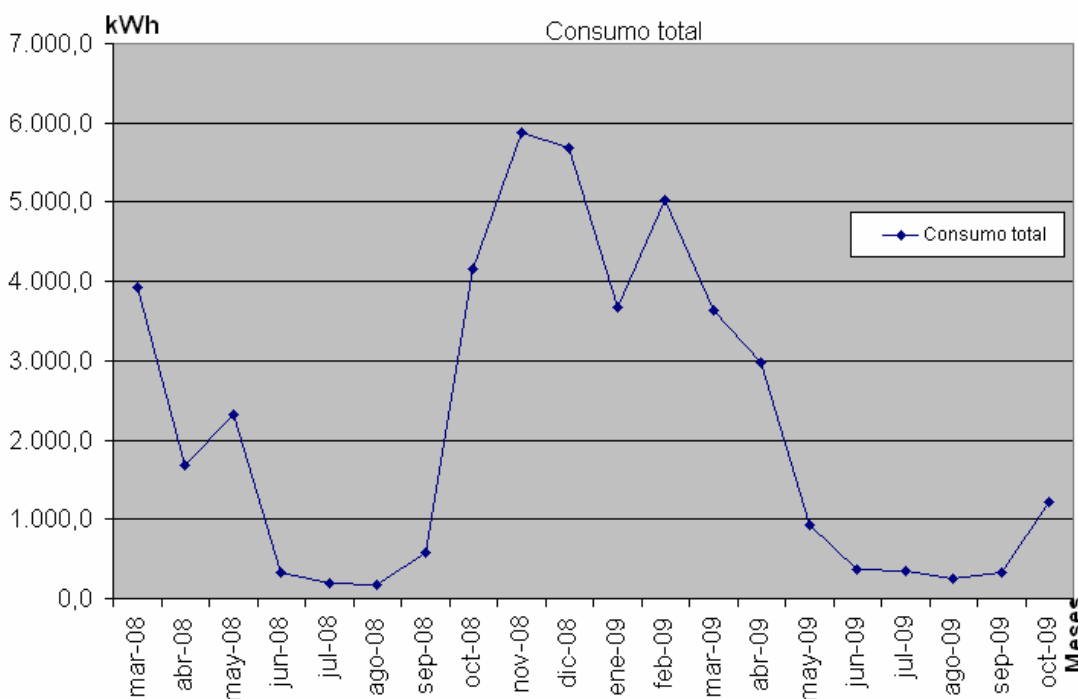


Imagen 13 Consumo Aoiz

Es interesante comentar que, gracias a la producción de energía solar y del fogón, la instalación de Aoiz no necesita utilizar la caldera en los meses de junio 08, julio 08, agosto 08, septiembre 08, mayo 09, junio 09, julio 09, agosto 09, septiembre 09 y octubre 09; salvo momentos puntuales y fuertes demandas en poco tiempo. Esto ocurre gracias a que se obtienen mayores ratios de producción de energía solar que de consumo. Esta misma situación ocurre en Artica y en Orcoyen en los meses de junio, julio y agosto 09.

Si observamos la columna del coste térmico de Aoiz se puede ver que el valor obtenido es de 0.045€/kWh, el cual, se aproxima bastante al valor teórico

(0.048€/kWh). En Artica y Orcoyen ocurre algo similar pero con unos valores de 0.036€/kWh y 0.043€/kWh respectivamente. Debido a la proximidad entre estos valores se puede afirmar que el uso de la caldera está siendo el correcto. Gracias a este dato se puede estimar cual sería el gasto en pellets a lo largo de estos meses si sólo se dispusiera de una caldera de biomasa. Si sumamos los gastos de Aoiz (columna “suma producción total en euros”) de todos los meses se obtiene un valor de 2570.9 euros. Si se realiza lo mismo con la columna del solar se observa que el total de euros ahorrados es de 813.8 y, por tanto, la inversión aproximada habrá sido de 1757.1 euros. Gracias a los captadores solares sus gastos se han reducido un 32%.

Para el caso de Artica se tiene que los euros totales son 565.42 suponiendo sólo biomasa y los captadores provocan un ahorro de 120.6; por lo tanto, los gastos habrán sido de 444.82 y la reducción de gastos habrá sido de un 21%. Este valor es pequeño pero hay que tener en cuenta que los captadores comenzaron a funcionar en el mes de mayo. De esta manera, si se miran los datos a partir de este momento se obtendría una reducción de gastos del 47%. Tampoco este dato es completamente fiable porque sólo se tienen en cuenta los meses de mejor tiempo.

En cuanto a Orcoyen los euros totales son 615.24 suponiendo sólo biomasa y el ahorro debido a los captadores es de 44.7 euros. Por tanto, los gastos sumarían un total de 570.54 euros y el ahorro gracias a los captadores sería del 7%. Este dato es más pequeño de lo esperado y observando los datos no se puede llegar a ninguna conclusión, aunque una posible razón sería que los captadores no se encuentren bien situados, es decir, existen edificios que obstaculizan la captación solar o hay problemas técnicos en los paneles solares.

También resulta interesante comentar que la suma del consumo de las diferentes zonas y del consumo de ACS es inferior a la producción total. Esta puntualización se puede apreciar fácilmente en la gráfica de producción vs consumo. Esta situación ocurre en las tres instalaciones.

Gracias a que se dispone de datos de otras instalaciones situadas en la zona 2, se ha podido realizar una estimación de la energía solar aprovechada. Evidentemente si se dispusiera de más datos se podría obtener una estimación mejor que la que se ha obtenido con 8 instalaciones. Ésta consiste en una representación gráfica de la energía producida en cada mes por un captador solar situado en la zona 2. Este captador es del mismo tipo que los que se ponen en las diferentes instalaciones. Se va a proceder a comparar esta estimación con los resultados obtenidos en Aoiz y Orcoyen. El resultado se muestra en la imagen 16:

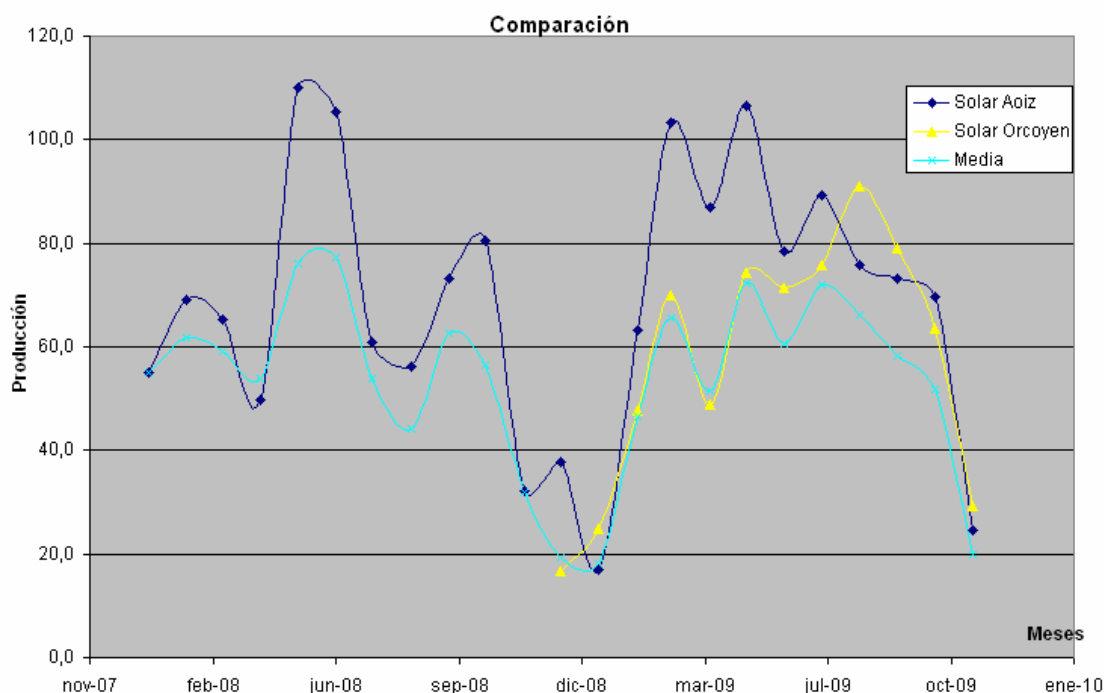


Imagen 16 Comparación

Como se puede observar la tendencia de las tres curvas es similar, por lo que los resultados obtenidos cumplen lo esperado. Como no se dispone de muchos datos de Artica no se lleva a cabo esta comparación.

Además, se dispone de los datos de irradiancia global para un día medio de cada mes en Pamplona, como se ha comentado anteriormente (Anexo 1). Si comparamos estos datos de irradiancia con los datos de la producción obtenida en Aoiz, se puede obtener un valor numérico del aprovechamiento de la irradiancia solar para producir energía. Hay que tener en cuenta que los captadores son de 1.6m² y la incidencia es por metro cuadrado, por lo que, operando, se obtienen los resultados que se muestran en la tabla 19:

Mes	Irradiancia global de cada mes (kW.m ²)	Aoiz (captador de 1.6m ²)(kW.1,6 m ²)	Aoiz (captador de 1m ²)(kW. m ²)	Rendimiento
ene-08	45,4	28,0	17,5	38,5
feb-08	64,4	69,0	43,1	67,0
mar-08	106,6	65,4	40,9	38,3
abr-08	127	49,9	31,2	24,6
may-08	161	110,0	68,8	42,7
jun-08	189,6	105,4	65,9	34,7
jul-08	208,7	60,9	38,1	18,2
ago-08	181,7	56,2	35,1	19,3
sep-08	137,7	73,3	45,8	33,3
oct-08	91,5	80,5	50,3	55,0
nov-08	53,6	32,2	20,1	37,5

dic-08	40,5	37,8	23,6	58,3
ene-09	45,4	16,9	10,6	23,3
feb-09	64,4	63,1	39,4	61,2
mar-09	106,6	103,4	64,6	60,6
abr-09	127	86,8	54,3	42,7
may-09	161	106,4	66,5	41,3
jun-09	189,6	78,3	48,9	25,8
jul-09	208,7	89,4	55,9	26,8
ago-09	181,7	75,7	47,3	26,0
sep-09	137,7	73,3	45,8	33,3
oct-09	91,5	69,7	43,6	47,6

Tabla 19 Relación de Aoiz con irradiancia global

Como se puede ver los rendimientos no son muy elevados debido a las mismas razones que se han comentado anteriormente. Aunque estos valores son bajos, son superiores a los del ejemplo de Ciaurriz; esto se debe a que la instalación es mucho más grande y se aprovecha mucho mejor la irradiancia global. Aunque en los meses de verano, si hubiese mayor demanda de agua caliente, se podría aprovechar mejor la irradiancia, por lo que el rendimiento o relación de aprovechamiento aumentaría.

Esta misma estimación no se puede realizar para la biomasa porque no se dispone de datos de varias instalaciones y, además, sería necesario controlar más variables a la hora de realizar el estudio. Éstas serían potencia de la caldera, metros de vivienda, zona climática.....

9. INSTALACIONES EN ZONA 3

9.1. Instalación en Lerín

La siguiente instalación se encuentra situada en la localidad Navarra de Lerín, una localidad al suroeste de Pamplona, a una distancia aproximada de 56 km. La instalación consiste principalmente en una caldera de biomasa de 35 kW, 12 paneles solares térmicos con una superficie útil de 1,7 m² y un depósito acumulador de 1000 litros con sistema de doble intercambio de serpentín.

Con esta instalación lo que se pretende es satisfacer las necesidades de agua caliente sanitaria y calefacción, con radiadores.

El consumo de pellets, la cantidad de energía obtenida y el precio de compra vienen reflejados en la tabla 20.

Producido (kWh)	Cantidad consumida(kg)	Precio de compra (€/kg)
16500	19521.1	0.24

Tabla 20 Biomasa Lerín

Aplicando la fórmula comentada en la instalación anterior tenemos lo siguiente:

$$(\text{€} / kWh) = \frac{16500(kg) \times 0.24(\text{€} / kg)}{19521.1(kWh)} = 0.20$$

La razón por la que obtenemos un valor tan elevado es que se le ha dado un uso inapropiado a la caldera, dándole otros usos que no vienen reflejados en las tablas 21 y 22 que se muestran a continuación.

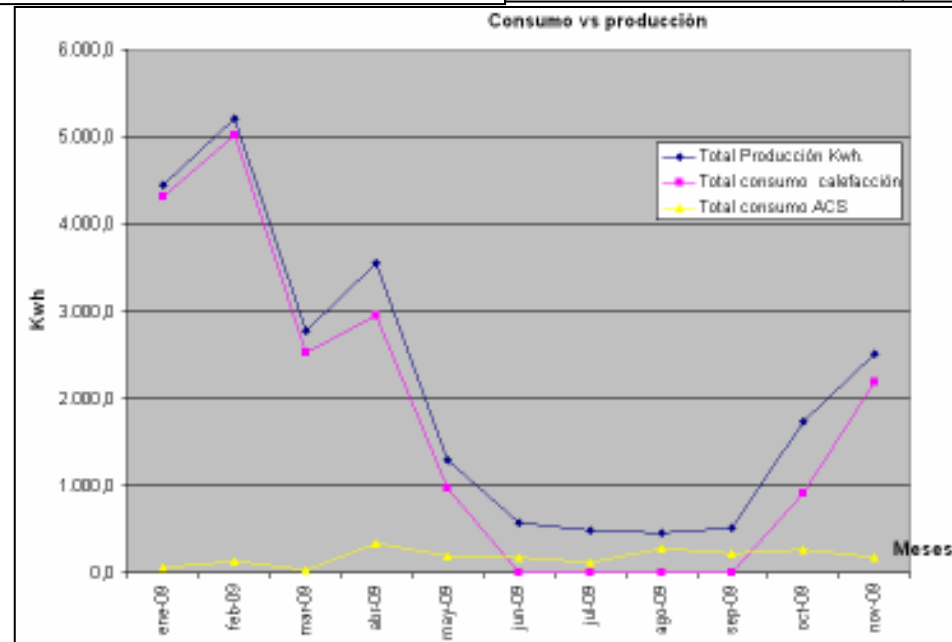
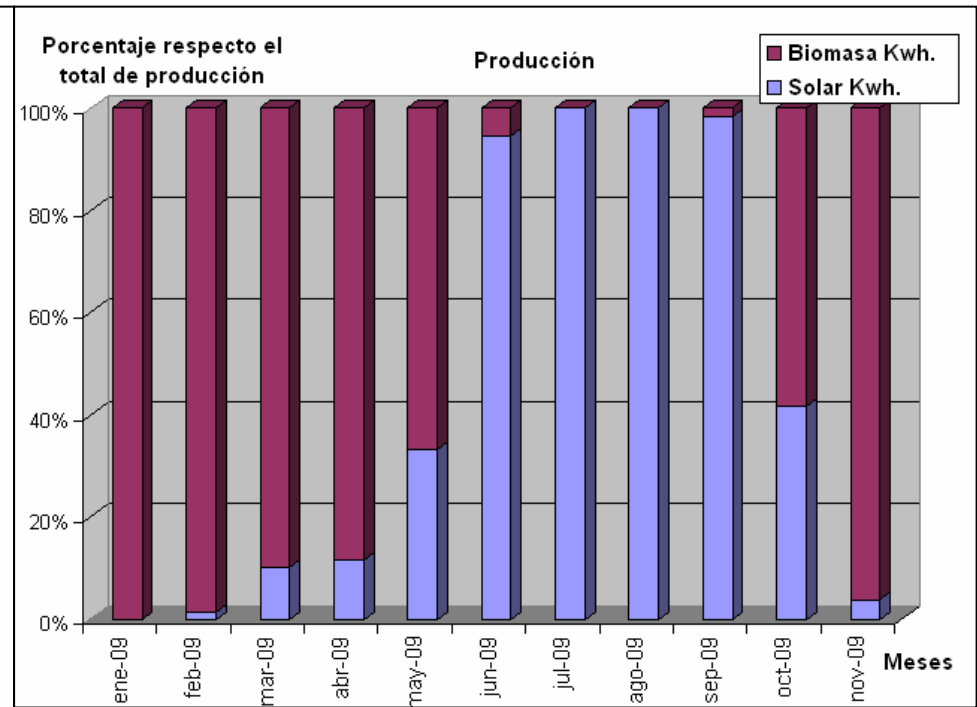
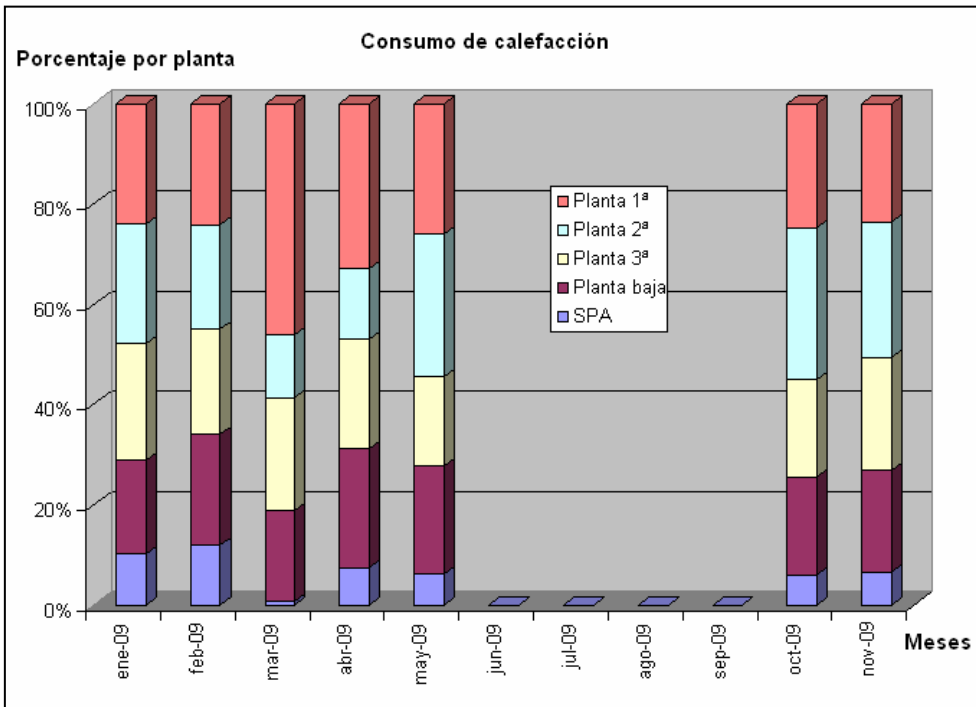
Fecha	Producción		Consumo calefacción				ACS	
	Solar kWh	Biomasa kWh	SPA kWh	Planta baja kWh	Planta 3ª kWh	Planta 2ª kWh	Planta 1ª kWh	Energía kWh
ene-09	0,0	4.443,9	438,5	805,5	999,4	1.027,9	1.036,7	62,5
feb-09	65,7	5.142,5	598,1	1.111,6	1.046,8	1.047,7	1.212,0	131,1
mar-09	279,8	2.488,4	15,6	460,4	569,8	315,5	1.168,3	25,3
abr-09	411,3	3.131,9	220,5	699,9	643,8	417,8	973,0	338,8
may-09	426,6	859,9	59,3	208,4	171,9	276,0	251,4	188,8
jun-09	538,7	31,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	180,2
jul-09	487,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	113,1
ago-09	460,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	271,8
sep-09	510,3	8,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	223,1
oct-09	722,4	1.008,5	54,8	179,3	178,9	277,5	226,3	261,0
23/11/09	95,7	2.406,3	142,7	444,2	491,1	589,1	512,9	174,7

Tabla 21 Producciones y consumos Lerín

Fecha	Total Consumo kWh	Total gasto kWh	Total € biomasa	Gasto Pellets (kWh/€)	Producción solar € (Te ahorras)	Suma producción total en € (biomasa, solar)	Total Producción kWh	Total consumo calefacción kWh	Total consumo ACS kWh
ene-09	4.370,5	4.370,5	901,48	0,20	0,00	901,48	4.443,9	4.308,0	62,5
feb-09	5.147,3	5.081,6	1.028,50	0,20	13,14	1041,64	5.208,2	5.016,2	131,1
mar-09	2.554,9	2.275,1	497,68	0,20	55,96	553,64	2.768,2	2.529,6	25,3
abr-09	3.293,8	2.882,5	626,38	0,20	82,26	708,64	3.543,2	2.955,0	338,8
may-09	1.155,8	729,2	171,98	0,20	85,32	257,30	1.286,5	967,0	188,8
jun-09	180,2	-358,5	6,32	0,20	107,74	114,06	570,3	0,0	180,2
jul-09	113,1	-374,7	0,00	0,20	97,56	97,56	487,8	0,0	113,1
ago-09	271,8	-188,3	0,00	0,20	92,02	92,02	460,1	0,0	271,8
sep-09	223,1	-287,2	1,62	0,20	102,06	103,68	518,4	0,0	223,1
oct-09	1.177,8	455,4	201,70	0,20	144,48	346,18	1.730,9	916,8	261,0
23/11/09	2.354,7	2.259,0	481,26	0,20	19,14	500,40	2.502,0	2.180,0	174,7

Tabla 22 Biomasa, ahorros, producción total y consumos total Lerín

Las siguientes imágenes muestran los datos más importantes de las tablas anteriores, que son: Producción de cada dispositivo, consumos de calefacción de cada zona y comparativa entre producción y consumo.



9.2. Instalación en Santacara

La siguiente instalación se encuentra situada en la localidad Navarra de Santacara, una localidad al sur de Pamplona, a una distancia aproximada de 60 km. La instalación consiste principalmente en una caldera de biomasa de 35 kW, 12 paneles solares térmicos con una superficie útil de 1,6 m² y un depósito acumulador de 1000 litros con sistema de doble intercambio de serpentín.

Con esta instalación lo que se pretende es satisfacer las necesidades de agua caliente sanitaria y calefacción, con suelo radiante, de dos viviendas. La instalación del suelo radiante esta dividida en cinco zonas (no se dispone del número de circuitos y ni de la composición de cada planta) que son:

- La planta baja del cliente 1.
- La planta primera del cliente 1.
- La planta primera del cliente 2
- La planta segunda del cliente 2
- El ático del cliente 2

El consumo de pellets, la cantidad de energía obtenida y el precio de compra vienen reflejados en la tabla 23.

Producido (kWh)	Cantidad consumida(kg)	Precio de compra (€/kg)
11688.2	2880	0.18

Tabla 23 Biomasa Santacara

Aplicando la fórmula comentada en la instalación anterior tenemos lo siguiente:

$$(\text{€} / kWh) = \frac{2880(kg) \times 0.18(\text{€} / kg)}{11688.2(kWh)} = 0.044$$

En las tablas 24 y 25 se muestran los datos obtenidos.

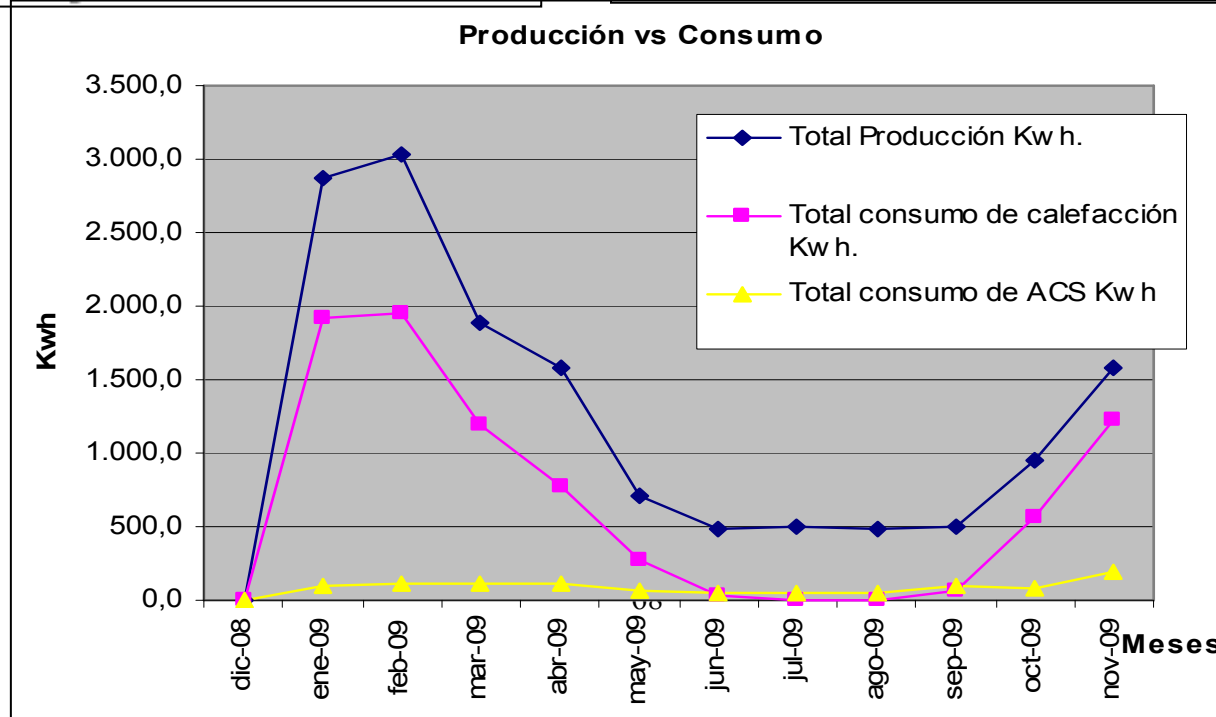
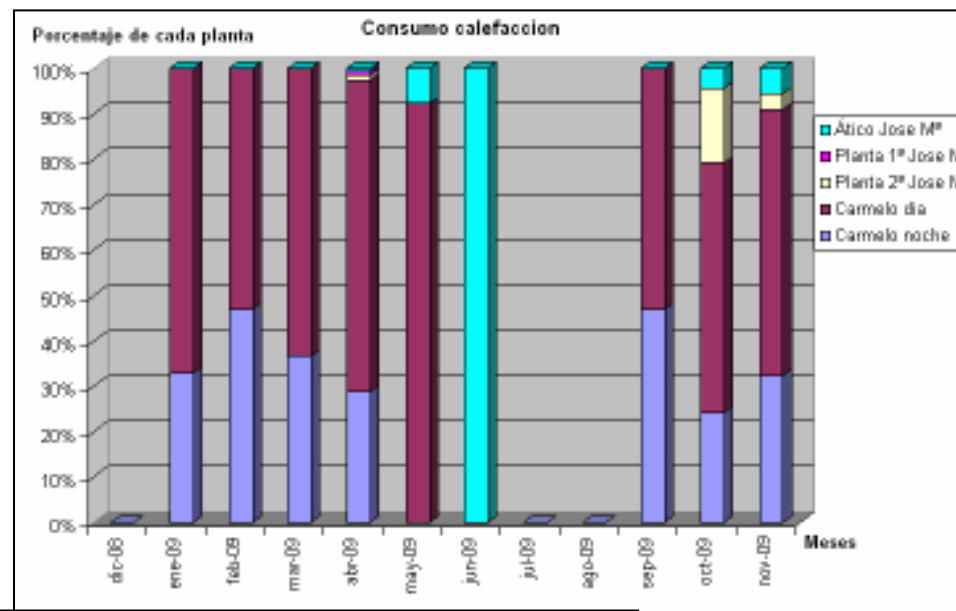
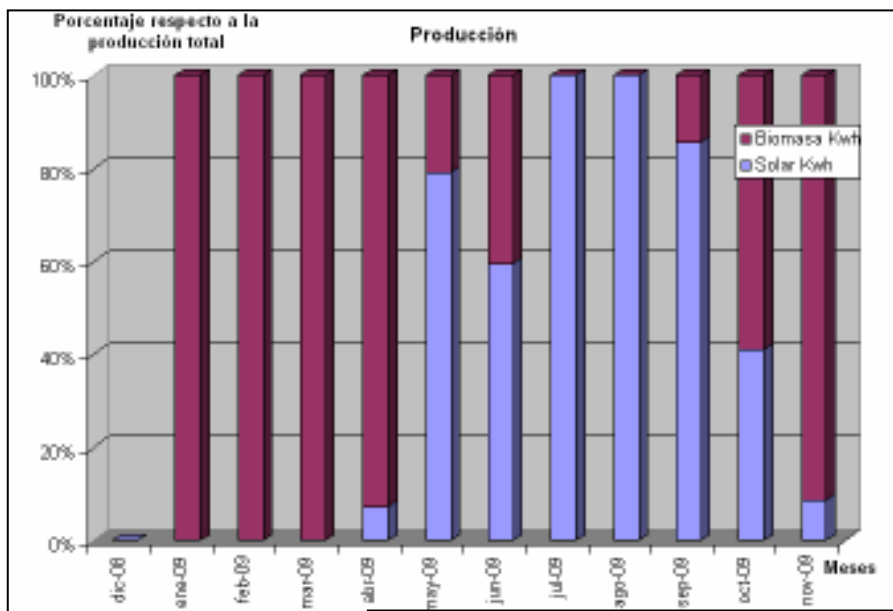
Fecha	Producción		Consumo calefacción					ACS	Porcentaje cliente 1	Porcentaje cliente 2
	Solar kWh	Biomasa kWh	Cliente 1 noche kWh	Cliente 1 baja día kWh	Planta 2ª cliente 2 kWh	Planta 1ª cliente 2 kWh	Ático cliente 2 kWh	Energía kWh		
dic-08	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0
ene-09	0,0	2.875,6	631,9	1.286,8	0,0	0,0	0,0	102,9	1	0
feb-09	0,0	3.035,3	917,7	1.036,0	0,0	0,0	0,0	120,2	1	0
mar-09	0,0	1.892,1	438,8	760,8	0,0	0,0	0,0	116,8	1	0
abr-09	113,4	1.460,2	222,9	531,4	9,7	6,0	4,9	119,0	0,97	0,03
may-09	563,1	148,4	0,0	254,2	0,0	0,0	21,1	68,5	0,92	0,08
jun-09	288,7	197,1	0,0	0,0	0,0	0,0	31,5	47,1	0	1
jul-09	494,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	43,9	0	0
ago-09	490,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	52,7	0	0
sep-09	431,5	71,6	33,5	38,0	0,0	0,0	0,0	93,2	1	0
oct-09	392,1	560,7	135,1	306,2	92,0	0,0	24,4	85,7	0,79	0,21
23/11/09	136,0	1.447,2	396,6	717,6	43,8	0,0	67,8	192,5	0,91	0,09

Tabla 24 Producción, consumos y porcentajes de Santacara

Fecha	Total Consumo cliente 1 kWh	Total consumo cliente 2 kWh	Total gasto cliente 1 kWh	Total gasto cliente 2 kWh	Total € cliente 1 Biomasa	Total € cliente 2 Biomasa	Gasto Pellet euros el kilovatio (kWh/€)	Producción solar € (Te ahorras)	Suma producción total en € (biomasa, solar)	Total Producción kWh	Total consumo de calefacción kWh	Total consumo de ACS kWh
dic-08	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,044	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0
ene-09	2.021,6	0,0	2.021,6	0,0	126,53	0,00	0,044	0,00	126,53	2.875,6	1.918,7	102,9
feb-09	2.073,9	0,0	2.073,9	0,0	133,55	0,00	0,044	0,00	133,55	3.035,3	1.953,7	120,2
mar-09	1.316,4	0,0	1.316,4	0,0	83,25	0,00	0,044	0,00	83,25	1.892,1	1.199,6	116,8
abr-09	870,1	23,8	759,8	20,7	62,54	1,71	0,044	4,99	69,24	1.573,6	774,9	119,0
may-09	317,4	26,4	-202,5	-16,8	6,03	0,50	0,044	24,78	31,31	711,5	275,3	68,5
jun-09	0,0	78,6	0,0	-210,1	0,00	8,67	0,044	12,70	21,38	485,8	31,5	47,1
jul-09	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,044	21,76	21,76	494,5	0,0	43,9
ago-09	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,044	21,57	21,57	490,3	0,0	52,7
sep-09	164,7	0,0	-266,8	0,0	3,15	0,00	0,044	18,99	22,14	503,1	71,5	93,2
oct-09	509,1	134,3	198,9	52,4	19,52	5,15	0,044	17,25	41,92	952,8	557,7	85,7
23/11/09	1.289,2	129,1	1.165,6	116,7	57,88	5,80	0,044	5,98	69,66	1.583,2	1.225,8	192,5

Tabla 25 Gastos, ahorros, biomasa, total de producción y total de consumo de Santacara

Las siguientes gráficas muestran los datos más importantes de las tablas anteriores, que son: Producción de cada dispositivo, consumos de calefacción de cada zona y comparativa entre producción y consumo.



9.3. Instalación en Carcastillo

La siguiente instalación se encuentra situada en la localidad Navarra de Carcastillo, una localidad al sur-este de Pamplona, a una distancia aproximada de 69 km. La instalación consiste principalmente en una caldera de biomasa de 25 kW, 8 paneles solares térmicos con una superficie útil de 1,6 m² y un depósito acumulador de 750 litros con sistema de doble intercambio de serpentín.

Con esta instalación lo que se pretende es satisfacer las necesidades de agua caliente sanitaria y calefacción, con suelo radiante, de una vivienda de 190 metros cuadrados. La instalación del suelo radiante esta dividida en cuatro zonas que son:

- La zona del comedor donde hay dos circuitos a lo largo del comedor.
- La zona de habitaciones de la planta primera compuesta de dos circuitos a lo largo de dos habitaciones.
- La planta baja compuesta por ocho circuitos que están en tres habitaciones, un estudio, un baño, un vestidor y dos distribuidores.
- La zona de día de la planta primera está compuesta de seis circuitos que se encuentran en la cocina, salón, despensa, pasillo y baño.

El consumo de pellets, la cantidad de energía obtenida y el precio de compra vienen reflejados en la tabla 26.

Producido (kWh)	Cantidad consumida(kg)	Precio de compra (€/kg)
16807.9	3500	0.23

Tabla 26 Biomasa Carcastillo

Aplicando la fórmula comentada en la instalación anterior tenemos lo siguiente:

$$(\text{€} / kWh) = \frac{3500(\text{kg}) \times 0.23(\text{€} / \text{kg})}{16807.9(\text{kWh})} = 0.048$$

En las tablas 27 y 28 se muestran los datos obtenidos

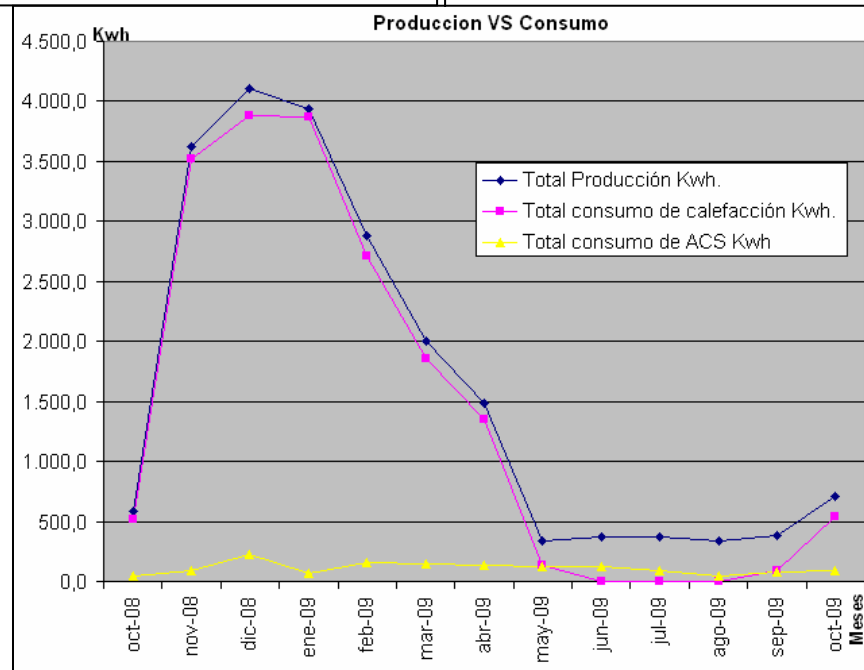
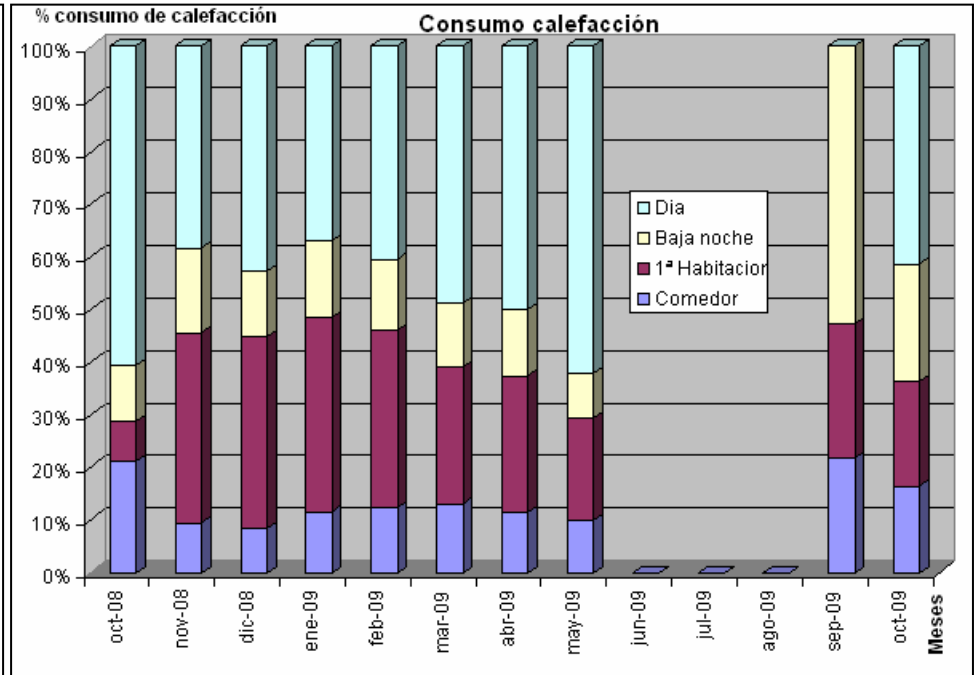
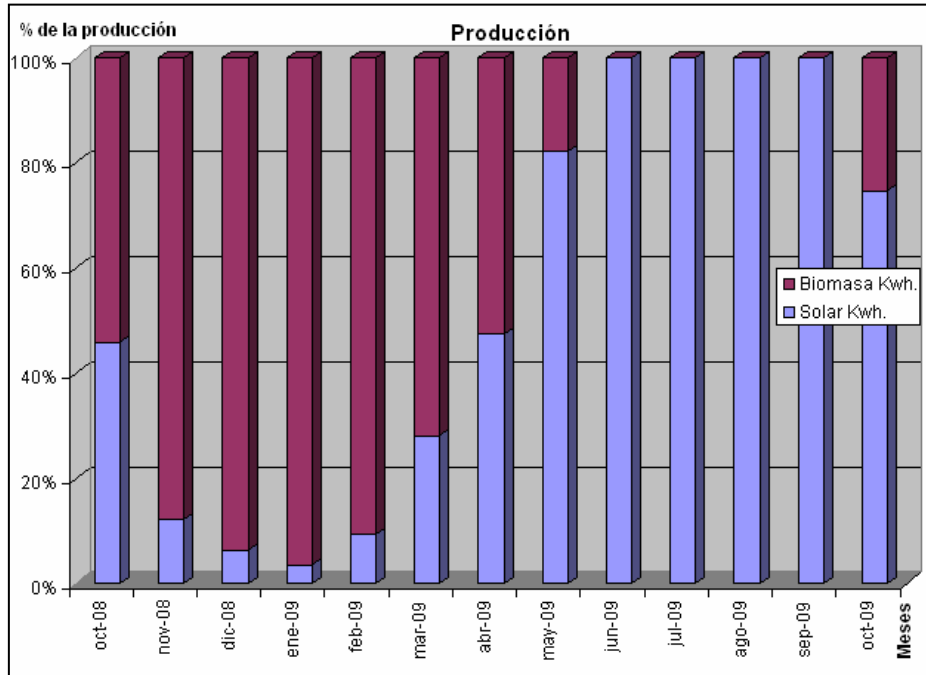
Fecha	Producción		Consumo calefacción				ACS	Total Consumo kWh	Total gasto kWh
	Solar kWh	Biomasa kWh	Comedor kWh	Planta 1ª Habitación kWh	Planta Baja kWh	Planta 1ª Día kWh	Energía kWh		
sep-08	193,6	0,0	4,8	1,9	6,8	28,7	38,2	80,4	-113,2
oct-08	265,9	313,8	109,5	39,0	54,5	312,2	44,3	559,5	293,6
nov-08	442,7	3.176,0	332,8	1.275,7	566,4	1.350,6	90,0	3.615,5	3.172,8
dic-08	259,4	3.846,5	329,6	1.415,2	478,3	1.660,1	220,5	4.103,7	3.844,3
ene-09	138,1	3.803,3	448,8	1.423,4	569,5	1.427,4	71,2	3.940,3	3.802,2
feb-09	267,5	2.612,5	334,2	914,7	366,4	1.095,0	162,2	2.872,5	2.605,0
mar-09	564,7	1.443,4	243,3	482,6	226,9	905,1	147,7	2.005,6	1.440,9
abr-09	706,0	781,4	155,3	349,5	169,6	676,4	136,2	1.487,0	781,0
may-09	274,2	59,6	13,6	26,9	11,7	85,4	128,5	266,1	-8,1
jun-09	367,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	120,0	120,0	-247,0
jul-09	373,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	90,8	90,8	-282,3
ago-09	332,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	44,3	44,3	-288,4
sep-09	382,7	0,0	18,4	21,7	44,8	0,0	77,7	162,6	-220,1
oct-09	530,9	179,3	88,5	106,9	120,3	222,3	92,3	630,3	99,4
11/11/09	70,7	592,1	82,4	136,0	108,3	283,3	41,6	651,6	580,9

Tabla 27 Producción y consumos

Fecha	Total € Biomasa	Gasto pellets (kWh/€)	Producción solar (Ahorro)€	Suma producción total en € (biomasa, solar)	Total Producción kWh	Total consumo de calefacción kWh	Total consumo de ACS kWh
sep-08	0,00	0,048	9,29	9,29	193,6	42,2	38,2
oct-08	15,06	0,048	12,76	27,83	579,7	515,2	44,3
nov-08	152,11	0,048	21,20	173,31	3.618,7	3.525,5	90,0
dic-08	184,63	0,048	12,45	197,08	4.105,9	3.883,2	220,5
ene-09	182,56	0,048	6,63	189,19	3.941,4	3.869,1	71,2
feb-09	125,40	0,048	12,84	138,24	2.880,0	2.710,3	162,2
mar-09	69,28	0,048	27,11	96,39	2.008,1	1.857,9	147,7
abr-09	37,51	0,048	33,89	71,40	1.487,4	1.350,8	136,2
may-09	2,86	0,048	13,16	16,02	333,8	137,6	128,5
jun-09	0,00	0,048	17,62	17,62	367,0	0,0	120,0
jul-09	0,00	0,048	17,91	17,91	373,1	0,0	90,8
ago-09	0,00	0,048	15,97	15,97	332,7	0,0	44,3
sep-09	0,00	0,048	18,37	18,37	382,7	84,9	77,7
oct-09	8,61	0,048	25,48	34,09	710,2	538,0	92,3
11/11/09	28,42	0,048	3,39	31,81	662,8	610,0	41,6

Tabla 28 Biomasa, ahorro, totales de producciones y consumos

Las siguientes imágenes muestran los datos más importantes de las tablas anteriores, que son: Producción de cada dispositivo, consumos de calefacción de cada zona y comparativa entre producción y consumo.



9.4. Conclusiones sobre las instalaciones de la zona 3

En este apartado se van a explicar los datos más relevantes de las tres instalaciones ubicadas en la zona 3.

En cuanto a la producción de Carcastillo, la caldera de biomasa aporta la mayor parte de la energía consumida en los meses de invierno, mientras que en los meses de verano es la energía solar la que otorga la mayor parte de la energía consumida. Como se puede observar en la imagen 17, en los meses de invierno la demanda de energía es muy superior a la demanda en los meses de verano; es por ello que en los meses de verano sea prácticamente suficiente con los paneles solares. En la instalación de Santacara los captadores solares no se ponen en marcha hasta abril de 2009, por ello, en los meses anteriores el consumo de la caldera es más elevado. En Lerín sucede parecido a Carcastillo.

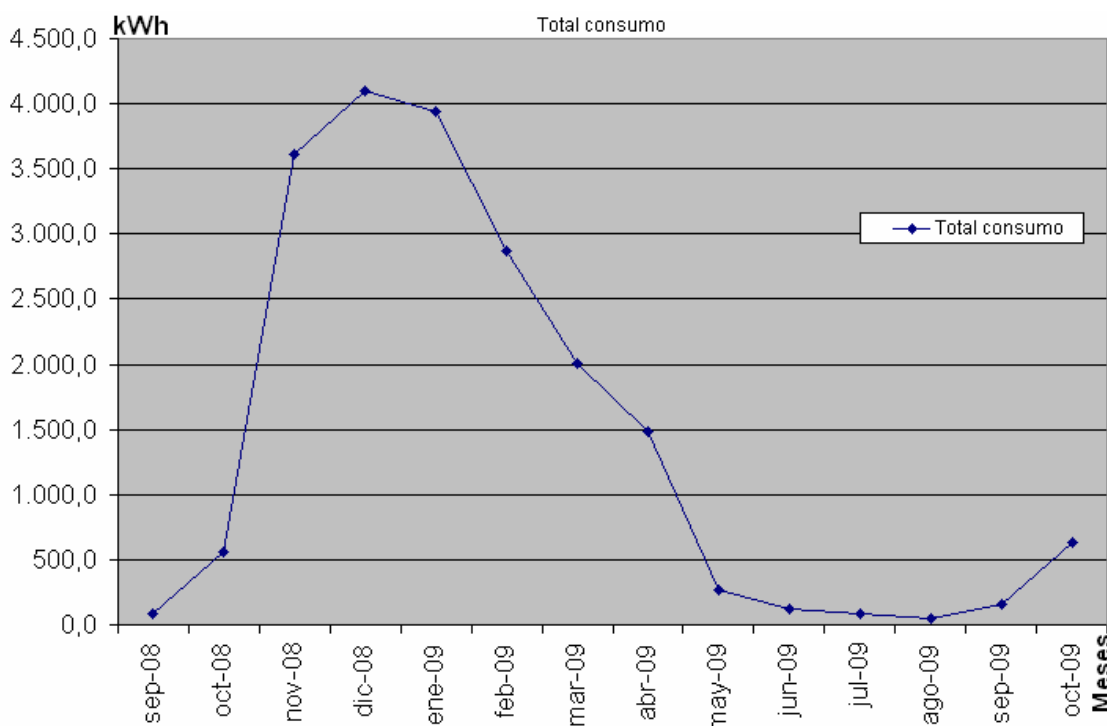


Imagen 17 Total consumo Carcastillo

Es interesante comentar que, gracias a la producción de energía solar, la instalación de Carcastillo no necesita utilizar la caldera en el mes de septiembre 08 ni desde mayo 09 hasta septiembre 09, salvo posibles momentos puntuales y fuertes demandas en poco tiempo. Esto ocurre gracias a que se obtienen mayores ratios de producción de energía solar que de consumo. En Santacara esta situación ocurre desde mayo 09 hasta septiembre 09 y en Lerín desde junio 09 hasta septiembre 09.

Si observamos la columna del coste térmico de Carcastillo se puede ver que el valor obtenido es de 0.048€/kWh. En Santacara ocurre algo similar pero con un valor 0.044€/kWh pero en Lerín el valor del coste térmico es de 0.2€/kWh. Este valor es tan elevado porque los dueños de la instalación comentaron que le estaban dando otro uso a los pellets y a la caldera. Esta instalación se ha añadido

para demostrar que un uso inapropiado de la materia prima o de la caldera puede provocar costes elevados. Debido a la proximidad de los valores de Santacara y Carcastillo al teórico, se puede afirmar que el uso de la caldera está siendo el correcto mientras que el uso en Lerín no ha sido el adecuado. Gracias a este dato se puede estimar cual sería el gasto en pellets a lo largo de estos meses si sólo se dispusiera de una caldera de biomasa. Si sumamos los gastos de Carcastillo (columna "suma producción total en euros") de todos los meses se obtiene un valor de 1054.5 euros. Si se realiza lo mismo con la columna del solar se observa que el total de euros ahorrados es de 248.7 y, por tanto, la inversión aproximada habrá sido de 805.8 euros. Gracias a los captadores solares sus gastos se han reducido un 24%. Para el caso de Santacara se tiene que los euros totales son 642.3 suponiendo sólo biomasa, y los captadores provocan un ahorro de 128.2; por lo tanto, los gastos habrán sido de 514.1 y la reducción de gastos habrá sido de un 20%. Este valor es pequeño pero hay que tener en cuenta que los captadores comenzaron a funcionar en el mes de abril. De esta manera, si se miran los datos a partir de este momento se obtendría una reducción de gastos del 43%. Tampoco este dato es completamente fiable porque sólo se tienen en cuenta los meses de mejor tiempo.

En cuanto a Lerín, utilizando el enorme valor del coste térmico comentado anteriormente, los euros totales son 4716.6 suponiendo sólo biomasa, y el ahorro debido a los captadores es de 799.7 euros. Por tanto, los gastos sumarían un total de 3916.9 euros y el ahorro gracias a los captadores sería del 17%. Este dato es más pequeño de lo esperado y observando los datos no se puede llegar a ninguna conclusión.

También resulta interesante comentar que la suma del consumo de las diferentes zonas y del consumo de ACS es inferior a la producción total. Esta puntualización se puede apreciar fácilmente en la gráfica de producción vs consumo. Este hecho se produce en las tres instalaciones.

La estimación realizada en las otras dos zonas no se puede aplicar para la energía solar ni para la biomasa porque no se dispone de suficientes datos para obtener un valor medio fiable.

10. INSTALACIÓN CON GASOIL

10.1 Instalación en Eguaras

La siguiente instalación se encuentra situada en la localidad Navarra de Eguaras, un pueblo al norte de Pamplona, a una distancia aproximada de 15.4 Km. La instalación consiste principalmente en una caldera de gasoil, 10 paneles solares térmicos con superficie útil de 1,6 m² dispuestos en una bancada de 2x5 y un depósito acumulador de 750 litros.

Con esta instalación lo que se pretende es satisfacer las necesidades de agua caliente sanitaria y calefacción, con suelo radiante, de una vivienda cuya superficie aproximada es de 280 metros cuadrados. Además, la vivienda dispone de una piscina que también hará uso de la caldera y de los paneles solares. La instalación esta dividida en dos zonas que son:

- La zona de día está compuesta de ocho circuitos que se encuentran en el salón, la cocina, el distribuidor, un baño y un dormitorio.
- La zona de noche está compuesta de ocho circuitos distribuidos a lo largo de cuatro habitaciones, dos baños, el pasillo, el vestidor, el distribuidor y el trastero.

Como se puede ver en la tabla 29 el consumo de gasoil es evidentemente muy superior al consumo que se realiza mediante la energía solar, pero el consumo de energía solar es importante desde el punto de vista de ahorro en gasto de gasoil. A continuación se realizan unas cuentas para ver de cuánto dinero se está hablando.

Lo primero que se debe hacer es calcular el coste térmico relacionado con el gasoil; para ello se realiza el siguiente cálculo en el que se tiene en cuenta el coste del combustible (en este caso el gasoil C), el poder calorífico de dicho combustible y el rendimiento de una caldera estándar:

Coste Combustible	Poder calorífico	Rendimiento caldera
0.73 €/L	10 kWh/L	0.8

Tabla 29 Datos caldera de gasoil

$$(\text{€} / kWh) = \frac{(\text{€} / L)}{(kWh / L) \times \eta}$$

Si se sustituyen los valores de la tabla 29 en la fórmula se obtiene lo siguiente:

$$(\text{€} / kWh) = \frac{0.73(\text{€} / L)}{10(kWh / L) \times 0.8} = 0.091\text{€} / kWh.$$

En la tabla 30 se muestran los resultados obtenidos de la instalación:

Fecha	Producción		Consumo Calefacción			ACS	Total Consumo kWh	Total gasto kWh	Total Producción kWh	Total consumo calefacción kWh	Total consumo ACS kWh
	Solar kWh	Gasoil kWh	Planta 1ª kWh	Planta baja kWh	Piscina kWh	Energía kWh					
jun-08	858,8	40,1	258,5	562,1	27,3	47,7	895,6	36,8	898,9	847,9	47,7
jul-08	464,0	6,5	61,1	234,6	91,3	79,8	466,8	2,8	470,5	387,0	79,8
ago-08	767,2	40,8	69,3	252,0	314,2	125,5	761,0	-6,2	808,0	635,5	125,5
sep-08	752,8	62,4	259,6	438,6	22,6	86,1	806,9	54,1	815,2	720,8	86,1
oct-08	423,8	1.511,8	760,7	959,1	14,3	191,3	1.925,4	1.501,6	1.935,6	1.734,1	191,3
nov-08	242,2	2.764,0	1.263,5	1.511,1	7,7	213,1	2.995,4	2.753,2	3.006,2	2.782,3	213,1
dic-08	171,5	3.181,8	1.364,5	1.688,5	5,2	284,9	3.343,1	3.171,6	3.353,3	3.058,2	284,9
ene-09	127,9	3.453,6	1.437,0	1.834,4	6,3	274,3	3.552,0	3.424,1	3.581,5	3.277,7	274,3
feb-09	482,7	2.595,5	1.242,7	1.547,7	10,1	250,0	3.050,5	2.567,8	3.078,2	2.800,5	250,0
mar-09	699,6	2.057,0	1.035,0	1.419,7	22,6	265,4	2.742,7	2.043,1	2.756,6	2.477,3	265,4
abr-09	552,5	1.890,1	896,2	1.299,9	15,6	228,0	2.439,7	1.887,2	2.442,6	2.211,7	228,0
may-09	1.235,8	453,7	284,9	1.044,1	24,1	276,1	1.629,2	393,4	1.689,5	1.353,1	276,1
jun-09	421,4	74,0	0,0	0,4	33,2	206,6	240,2	-181,2	495,4	33,6	206,6
jul-09	864,0	1,8	1,2	37,8	359,4	177,7	576,1	-287,9	865,8	398,4	177,7
ago-09	920,0	14,2	0,0	28,9	712,3	183,5	924,7	4,7	934,2	741,2	183,5
sep-09	646,3	61,3	60,8	321,0	83,1	133,9	598,8	-47,5	707,6	464,9	133,9
oct-09	324,5	966,1	390,0	715,9	28,4	142,3	1.276,6	952,1	1.290,6	1.134,3	142,3

Tabla 30 Resultados Egúaras

Por lo que con el valor del precio del combustible por kWh y la producción total de energía solar que se observa en la tabla anterior, se pueden obtener los euros ahorrados a lo largo de los últimos 17 meses.

Producción solar total: 9955 kWh

$$\text{€ ahorrados} = 9955(\text{kWh.}) \times 0.091(\text{€ / kWh.}) = 905.91\text{€}$$

Producción caldera gasoil total: 19174.7 kWh

$$\text{€ gastados} = 19174.7(\text{kWh.}) \times 0.091(\text{€ / kWh.}) = 1744.9\text{€}$$

Por tanto, se ahorra aproximadamente un 34%, dato que se aproxima mucho al teórico (35%). Teniendo en cuenta que la inversión para la instalación de los diez paneles solares fue de aproximadamente 16000 euros y que la instalación dispuso de una subvención del 65 % (en la actualidad estas ayudas son inferiores), el cliente tuvo que desembolsar un montante de 5600 euros. A continuación se va a realizar un estudio del tiempo que se tarda en amortizar la inversión y ver el beneficio que se obtiene a partir de ese momento. A la hora de estimar el precio del gasoil se va a suponer un aumento teórico del 5% cada año. Este aumento es conservador puesto que entre los años 2002 y 2008 se produjo un incremento del 60%. Otra consideración a tener en cuenta es que se va a suponer que la producción de energía solar será constante a lo largo de los años y tendrá un valor medio de 7027,06 kWh.

Año	Euros ahorrados	Euros ahorrados	Precio del gasoil C
0		-5.600,00	0,73
1	641,22	-4.958,78	0,77
2	673,28	-4.285,50	0,80
3	706,94	-3.578,56	0,85
4	742,29	-2.836,26	0,89
5	779,41	-2.056,86	0,93
6	818,38	-1.238,48	0,98
7	859,30	-379,19	1,03
8	902,26	523,07	1,08
9	947,37	1.470,45	1,13
10	994,74	2.465,19	1,19
11	1.044,48	3.509,67	1,25
12	1.096,70	4.606,37	1,31
13	1.151,54	5.757,91	1,38
14	1.209,11	6.967,02	1,45
15	1.269,57	8.236,59	1,52

Tabla 31 Previsión de los captadores solares

Como se puede ver en la tabla 31 la inversión estará amortizada dentro de siete años y algún mes, y a partir de este momento la instalación producirá

beneficio al cliente. Gracias a los captadores el cliente se ahorrará en los próximos 15 años aproximadamente 14000 euros en el consumo de gasoil.

El siguiente paso a realizar sería analizar qué se podría hacer en el momento que se tenga que cambiar la caldera debido al deterioro de la misma. Llegados a este punto se tienen dos opciones: se pone otra vez una caldera de gasoil o se instala una caldera de biomasa. Para tomar esta decisión se va a observar cuales serían los beneficios y el tiempo de amortización. Observando la producción que tiene la caldera se puede estimar que una caldera de biomasa de 35kW se ajustaría perfectamente a las necesidades de la instalación. Una instalación de este tipo con todos sus componentes, mano de obra etc. supondría una inversión aproximada de 14500 euros. A este valor habría que descontarle el 40% de la subvención correspondiente a este tipo de energía renovable, por lo que la inversión sería de 8700 euros. Si la caldera es de gasoil se puede suponer que la inversión sería de 5000 euros.

A la hora de realizar el estudio se va a considerar que el precio de compra del pellet es de 0.23 €/kg, precio que es bastante elevado ya que los márgenes, entre los que se suele mover el pellet, son de 0.14 – 0.23. Con este valor se obtiene que el coste térmico teórico generado por la biomasa es de 0.048. Éste valor sale de la siguiente operación:

$$(\text{€} / kWh) = \frac{(\text{€} / kg)}{(kWh / kg) \times \eta}$$

Y con los siguientes datos:

Coste Combustible (pellet)	Poder calorífico	Rendimiento caldera
0.23 €/kg	5 kWh/kg	96.3

Tabla 32 Datos caldera de biomasa

Por lo que:

$$(\text{€} / kWh) = \frac{0.23(\text{€} / kg)}{5(kWh / kg) \times 0.963} = 0.047\text{€} / kWh$$

Con este valor, sabiendo que el consumo de la caldera de gasoil es de 13535.08 kWh cada año y suponiendo un incremento del precio del pellet del 2% anual (éste último dato no es muy fiable ya que es complicado estimar una subida de este precio debido a que las empresas distribuidoras son privadas y compiten entre sí, en calidad y precio), se obtiene la siguiente tabla:

Año	Euros biomasa anual	Precio del pellet	Euros gasoil anual	Precio del gasoil	Ahorro anual	Euros ahorrados (supongo biomasa)
0	8500	0,23	5000	0,73	-3500,00	-3500
1	646,54	0,235	1235,08	0,77	588,54	-2911,46
2	659,47	0,239	1296,83	0,80	637,36	-2274,10
3	672,66	0,244	1361,67	0,85	689,02	-1585,08
4	686,11	0,249	1429,75	0,89	743,65	-841,43

5	699,83	0,254	1501,24	0,93	801,41	-40,02
6	713,83	0,259	1576,30	0,98	862,48	822,46
7	728,10	0,264	1655,12	1,03	927,02	1749,47
8	742,67	0,269	1737,88	1,08	995,21	2744,68
9	757,52	0,275	1824,77	1,13	1067,25	3811,93
10	772,67	0,280	1916,01	1,19	1143,34	4955,27
11	788,12	0,286	2011,81	1,25	1223,69	6178,96
12	803,89	0,292	2112,40	1,31	1308,51	7487,47
13	819,96	0,298	2218,02	1,38	1398,06	8885,53
14	836,36	0,303	2328,92	1,45	1492,56	10378,08
15	853,09	0,310	2445,37	1,52	1592,28	11970,36

Tabla 33 Análisis económico

Analizando los datos de la tabla 33, se puede observar que invirtiendo 3500 euros más en la caldera, al cabo de poco más de 5 años esta inversión habrá sido amortizada. Además, si el objetivo es a largo plazo (por ejemplo 15 años) se puede observar que el cliente ahorraría aproximadamente 15500 euros. También es conveniente comentar que el cliente con una caldera de gasoil por lo general no es capaz de realizar el mantenimiento preventivo necesario para un buen funcionamiento de la caldera, mientras que con una caldera de biomasa es más fácil que el cliente realice la limpieza y el mantenimiento de la caldera.

Ésta no sería la única alternativa posible pero como el informe se está centrando en la biomasa sólo se va a analizar esta opción.

Por último, cabe destacar que la inversión no es sólo económica sino que también se invierte en un planeta más limpio ya que según los documentos consultados, por cada litro de gasóleo se producen aproximadamente 2.9 kg de CO₂. Como se conoce el consumo anual, el poder calorífico de cada litro y los kilos de CO₂, se puede estimar las emisiones de CO₂.

$$(kg_{CO_2}) = \frac{2.9(kg/L) \times 13535.08(kWh)}{10(kWh/L) \times 0.8} = 4906.5kg \approx 5toneladas / año$$

11. INSTALACIÓN CON GAS

11.1 Instalación en Iraizotz

Esta instalación se encuentra situada en la localidad Navarra de Iraizotz, un pueblo al norte de Pamplona, a una distancia aproximada de 26 Km. La instalación consiste principalmente en una caldera de gas, 8 paneles solares térmicos del tipo LKN-90 con superficie útil de 1.7 metros cuadrados dispuestos en una bancada de 2x4 y un depósito acumulador de 750 litros con sistema de doble intercambio de serpentín.

Con esta instalación lo que se pretende es satisfacer las necesidades de agua caliente sanitaria, calefacción, con suelo radiante, de una vivienda La instalación esta dividida en dos zonas que son:

- La zona de la planta baja donde se encuentran varios circuitos a lo largo de un salón, una cocina, un comedor, un baño, un distribuidor y una habitación.
- La zona de la planta primera que está compuesta de varios circuitos distribuidos a lo largo de tres habitaciones, dos baños y el pasillo.

Como se puede ver en la tabla 34 el consumo de gas es evidentemente muy superior al consumo que se realiza mediante la energía solar en los meses de invierno, mientras que en los meses de verano ocurre justo lo contrario. Pero el consumo de energía solar es importante desde el punto de vista de ahorro en gasto de gas. A continuación se realizan unas cuentas para observar de cuanto dinero se está hablando.

Lo primero que hay que hacer es calcular el coste térmico relacionado con el gas; para este caso se va a seguir la “resolución de 29 de Septiembre de 2009, de la Dirección general de Política Energética y Minas, por la que se hace pública la tarifa de último recurso de gas natural” según el boletín oficial del Estado.

Tarifa	Término	
	Fijo (€/Cliente)/mes	Variable cent/kWh
TUR.1 Consumo inferior o igual a 5.000 kWh/año	3,90	4,288704
TUR.2 Consumo superior a 5.000 kWh/año e inferior o igual a 50.000 kWh/año	7,84	3,724504

Imagen 18 Coste térmico gas natural

A continuación se muestra la tabla 34 con los resultados de producción y consumo de la instalación:

Fecha	Producción		Consumo Calefacción		ACS	Total Consumo kWh	Total gasto kWh	Total Producción kWh	Total consumo calefacción kWh	Total consumo ACS kWh
	Solar kWh	Caldera gas kWh	Baja kWh	Planta 1ª kWh	Energía kWh					
may-08	764,0	141,5	572,9	313,6	5,5	892,0	128,0	905,5	886,5	5,5
jun-08	626,9	54,8	384,5	293,6	1,4	679,5	52,6	681,7	678,1	1,4
jul-08	1.165,7	79,0	738,8	443,3	32,8	1.214,9	49,2	1.244,7	1.182,1	32,8
ago-08	737,6	120,4	628,1	179,1	44,3	851,5	113,9	858,0	807,2	44,3
sep-08	335,4	800,5	767,7	238,1	121,0	1.126,8	791,4	1.135,9	1.005,8	121,0
oct-08	255,8	1.451,8	1.068,1	490,7	140,7	1.699,5	1.443,7	1.707,6	1.558,8	140,7
nov-08	115,1	2.237,1	1.135,8	980,3	228,8	2.344,9	2.229,8	2.352,2	2.116,1	228,8
dic-08	54,8	3.690,8	2.271,9	1.154,5	276,3	3.702,7	3.647,9	3.745,6	3.426,4	276,3
ene-09	170,2	3.980,7	2.474,4	1.351,0	276,0	4.101,4	3.931,2	4.150,9	3.825,4	276,0
feb-09	370,3	2.903,3	1.994,6	1.009,4	216,2	3.220,2	2.849,9	3.273,6	3.004,0	216,2
mar-09	410,3	2.272,2	1.739,8	708,8	230,6	2.679,2	2.268,9	2.682,5	2.448,6	230,6
abr-09	299,0	1.626,0	1.169,7	541,6	208,2	1.919,5	1.620,5	1.925,0	1.711,3	208,2
may-09	350,8	286,6	326,2	0,0	210,9	537,1	186,3	637,4	326,2	210,9
jun-09	344,8	15,6	0,0	0,0	173,7	173,7	-171,1	360,4	0,0	173,7
jul-09	379,9	2,8	0,0	0,0	186,3	186,3	-193,6	382,7	0,0	186,3
ago-09	366,5	2,5	0,0	0,0	159,6	159,6	-206,9	369,0	0,0	159,6
sep-09	278,9	7,9	1,7	0,0	149,1	150,8	-128,1	286,8	1,7	149,1
oct-09	344,0	295,6	298,2	74,6	169,2	542,0	198,0	639,6	372,8	169,2

Tabla 34 Resultados Iraizotz

Con el valor del precio del combustible por kWh y la producción total de energía solar que se observa en la tabla anterior se pueden obtener los euros ahorrados a lo largo de los últimos 18 meses.

Producción solar total: 7370 kWh

$$\text{€ahorrados} = 7370(\text{kWh.}) \times 0.0372504(\text{€ / kWh.}) + 7.84(\text{€}) \times 18 = 415.66\text{€}$$

Producción caldera gas total: 19969.1KWh

$$\text{€gastados} = 19969.1(\text{kWh.}) \times 0.0372504(\text{€ / kWh.}) + 7.84(\text{€}) \times 18 = 884.98\text{€}$$

Por tanto, se ahorra aproximadamente un 32%, valor muy aproximado al valor teórico del 35%. Teniendo en cuenta que la inversión para la instalación de los ocho paneles solares fue de aproximadamente 14900 euros y que la instalación dispuso de una subvención del 65 % (en la actualidad estas ayudas son inferiores), el cliente sólo tuvo que desembolsar un montante de 5215 euros. A continuación se va a realizar un estudio del tiempo que se tarda en amortizar la inversión y ver el beneficio que se obtiene a partir de ese momento. A la hora de estimar el precio del gas se va a suponer un aumento teórico del 4% cada año sobre el coste térmico que se ha mencionado antes. Se ha decidido escoger este valor ya que la evolución del precio del gas suele estar relacionado con el precio del petróleo como se ve en la imagen 19 (Fuente Bloomberg) y, como en el caso anterior se ha supuesto una evolución del precio del gasóleo del 5%, se va a tomar un dato un poco inferior (4%).



Imagen 19 Comparativa evolución gas con petróleo

Otra hipótesis considerada es que la producción de energía solar será constante a lo largo de los años (cogeremos el año que va desde Mayo de 2008 a Abril de 2009) y tendrá un valor medio de 5305.1kWh. También suponemos que el

rendimiento de una caldera convencional de gas es de aproximadamente el 85%. Con todo ello, se obtienen los resultados que se muestran en la tabla 35.

Año	Fijo mensual	Variable	Ahorro anual (gracias al solar)	Euros ahorrados
0	7,8400	0,0372		-5.215,0000
1	8,1536	0,0387	326,5372	-4888,4628
2	8,4797	0,0403	339,5987	-4548,8640
3	8,8189	0,0419	353,1827	-4195,6813
4	9,1717	0,0436	367,3100	-3828,3713
5	9,5386	0,0453	382,0024	-3446,3689
6	9,9201	0,0471	397,2825	-3049,0864
7	10,3169	0,0490	413,1738	-2635,9126
8	10,7296	0,0510	429,7007	-2206,2119
9	11,1588	0,0530	446,8888	-1759,3231
10	11,6051	0,0551	464,7643	-1294,5588
11	12,0693	0,0573	483,3549	-811,2039
12	12,5521	0,0596	502,6891	-308,5148
13	13,0542	0,0620	522,7967	214,2818
14	13,5763	0,0645	543,7085	757,9904
15	14,1194	0,0671	565,4569	1323,4472

Tabla 35 Previsión de los captadores solares

Como se puede ver, la inversión estará amortizada dentro de doce años y algún mes, y a partir de este momento la instalación producirá beneficio al cliente. Gracias a los captadores, el cliente se ahorrará en los próximos 15 años aproximadamente 6538.45 euros en el consumo de gas.

El siguiente paso a realizar sería analizar qué se podría hacer en el momento que se tenga que cambiar la caldera debido al deterioro de la misma. Llegados a este punto se tienen dos opciones: se pone otra vez una caldera de gas o se instala una caldera de biomasa. Para tomar esta decisión se va a observar cuales serían los beneficios y el tiempo de amortización. Observando la producción que tiene la caldera se puede estimar que una caldera de biomasa de 35kW se ajustaría perfectamente a las necesidades de la instalación. Una

instalación de este tipo con todos sus componentes, mano de obra etc. supondría una inversión aproximada de 14500 euros; a este valor habría que descontarle el 40% de la subvención correspondiente a este tipo de energía renovable, por lo que la inversión sería de 8700 euros. Si la caldera es de gas con un rendimiento del 85%, se puede suponer que la inversión sería de aproximadamente 6500 euros.

A la hora de realizar el estudio se va a considerar que el precio de compra del pellet es de 0.20 €/kg, precio que es moderado ya que los márgenes entre los que se suele mover el pellet son de 0.14 – 0.23. Con este valor se obtiene que el coste térmico teórico generado por la biomasa es de 0.041. Este valor sale de la siguiente operación:

$$(\text{€} / kWh) = \frac{(\text{€} / kg)}{(kWh / kg) \times \eta}$$

Y con los siguientes datos:

Coste Combustible (pellet)	Poder calorífico	Rendimiento caldera
0.20 €/kg	5 kWh/kg	96.3

Tabla 36 Datos biomasa

Por lo que:

$$(\text{€} / kWh) = \frac{0.20(\text{€} / kg)}{5(kWh / kg) \times 0.963} = 0.041\text{€} / kWh$$

Bueno con este valor, sabiendo que el consumo de la caldera de gas es de 19358.1 cada año y suponiendo un incremento del precio del pellet del 2% anual; como se ha comentado en el apartado anterior.

Año	Euros biomasa anual	Precio del pellet	Euros gas anual	Fijo mensual	Variable	Ahorro anual	Euros ahorrados (supongo biomasa)
0	8500,0000	0,2000	6500,0000	7,8400	0,0372	-2000,0000	-2000,0000
1	804,0748	0,2040	942,3073	8,1536	0,0387	138,2325	-1861,7675
2	820,1563	0,2081	979,9996	8,4797	0,0403	159,8433	-1701,9241
3	836,5594	0,2122	1019,1996	8,8189	0,0419	182,6402	-1519,2839
4	853,2906	0,2165	1059,9676	9,1717	0,0436	206,6770	-1312,6069
5	870,3564	0,2208	1102,3663	9,5386	0,0453	232,0099	-1080,5971
6	887,7635	0,2252	1146,4609	9,9201	0,0471	258,6974	-821,8997

7	905,5188	0,2297	1192,3194	10,3169	0,0490	286,8006	-535,0991
8	923,6292	0,2343	1240,0121	10,7296	0,0510	316,3830	-218,7161
9	942,1017	0,2390	1289,6126	11,1588	0,0530	347,5109	128,7947
10	960,9438	0,2438	1341,1971	11,6051	0,0551	380,2533	509,0481
11	980,1627	0,2487	1394,8450	12,0693	0,0573	414,6823	923,7304
12	999,7659	0,2536	1450,6388	12,5521	0,0596	450,8729	1374,6033
13	1019,7612	0,2587	1508,6644	13,0542	0,0620	488,9031	1863,5065
14	1040,1564	0,2639	1569,0109	13,5763	0,0645	528,8545	2392,3609
15	1060,9596	0,2692	1631,7714	14,1194	0,0671	570,8118	2963,1727

Tabla 37 Análisis económico

Analizando los datos de la tabla 37 se puede deducir que invirtiendo 2000 euros más en la caldera, al cabo de 8 años y pico esta inversión habrá sido amortizada. Además, si el objetivo es a largo plazo (por ejemplo 15 años) se puede observar que el cliente ahorraría aproximadamente 5000 euros. Esta no sería la única alternativa posible pero como el informe se está centrando en la biomasa sólo se va a analizar esta opción

Comentar, por otro lado, que, debido a la crisis económica, en la actualidad el precio del gas ha disminuido notablemente. Si realizamos el mismo cálculo con los datos ofrecidos por el BOE del 3 de Julio del 2008 (Ver imagen 20) se obtienen los resultados que se muestran en la tabla 38.

Tarifa	Término	
	Fijo	Variable
	(€/Cliente) - mes	cent/kWh
T.1 Consumo inferior o igual a 5.000 kWh/año	2,56	5,421427
T.2 Consumo superior a 5.000 kWh/año e inferior o igual a 50.000 kWh/año	5,72	4,657527
T.3 Consumo superior a 50.000 kWh/año e inferior o igual a 100.000 kWh/año	44,17	3,715727
T.4 Consumo superior a 100.000 kWh/año	65,77	3,448027

Imagen 20 BOE 3 de Julio del 2008

Año	Euros biomasa anual	Precio del pellet	Euros gas anual	Fijo mensual	Variable	Ahorro anual	Euros ahorrados (supongo biomasa)
0	8500,0000	0,2000	6500,0000	5,7200	0,0460	-2000,0000	-2000,0000
1	804,0748	0,2040	1116,2548	5,9488	0,0478	312,1801	-1687,8199
2	820,1563	0,2081	1160,9050	6,1868	0,0498	340,7488	-1347,0712
3	836,5594	0,2122	1207,3412	6,4342	0,0517	370,7818	-976,2894
4	853,2906	0,2165	1255,6349	6,6916	0,0538	402,3443	-573,9451
5	870,3564	0,2208	1305,8603	6,9593	0,0560	435,5039	-138,4412
6	887,7635	0,2252	1358,0947	7,2376	0,0582	470,3312	331,8900
7	905,5188	0,2297	1412,4185	7,5271	0,0605	506,8997	838,7896
8	923,6292	0,2343	1468,9152	7,8282	0,0630	545,2860	1384,0757
9	942,1017	0,2390	1527,6718	8,1413	0,0655	585,5701	1969,6457
10	960,9438	0,2438	1588,7787	8,4670	0,0681	627,8349	2597,4806
11	980,1627	0,2487	1652,3298	8,8057	0,0708	672,1672	3269,6478
12	999,7659	0,2536	1718,4230	9,1579	0,0736	718,6571	3988,3049
13	1019,7612	0,2587	1787,1599	9,5242	0,0766	767,3987	4755,7036
14	1040,1564	0,2639	1858,6463	9,9052	0,0797	818,4899	5574,1935
15	1060,9596	0,2692	1932,9922	10,3014	0,0828	872,0326	6446,2261

Tabla 38 Análisis económico 2008

Con estos datos, se observa que los resultados obtenidos son más favorables a la biomasa ya que la inversión se amortiza en cinco años y unos pocos meses. Además, el beneficio obtenido en quince años es de 8446.23 euros.

Por último, cabe destacar que la inversión no es sólo económica, sino que también se invierte en un planeta más limpio ya que según los documentos consultados por cada metro cúbico de gas se producen aproximadamente 1.8 kg de CO₂. Como se conoce el consumo anual, el poder calorífico de cada litro, el rendimiento de la caldera y los kilos de CO₂, se puede estimar las emisiones de CO₂.

$$(kg_{CO_2}) = \frac{1.8(kg/m^3) \times 19358,1(kWh)}{8.2(kWh/m^3) \times 0.85} = 4999.2kg \approx 5toneladas / año$$

El valor es similar al obtenido antes pero esto se debe a que el consumo es muy superior. Si se realiza la cuenta con el consumo que se tenía para la instalación de gasoil se obtiene lo siguiente:

$$(kg_{CO_2}) = \frac{1.8(kg/m^3) \times 13535.08(kWh)}{8.2(kWh/m^3) \times 0.85} = 3495.43kg \approx 3.5toneladas / año$$

Se observa que la cantidad de CO₂ obtenido es de 1,5 toneladas menos que en el caso de la gasolina.

12. POSIBLES MEJORAS EN LA PARTE DE ENERGÍA SOLAR

A la hora de elaborar este apartado sería conveniente comentar que, con los datos que se dispone, es complicado sugerir posibles mejoras. Por lo tanto, lo que se va a tratar en este apartado es comentar diferentes aspectos que podrían ser beneficiosos para la instalación, es decir, algunas recomendaciones a la hora de dimensionar o realizar una instalación.

12.1 Instalación solar

12.1.1 Recomendaciones

Si en una instalación solar, además del calentamiento de agua sanitaria, se pretende lograr una cobertura parcial de la demanda de energía para calefacción, los sistemas se han de diseñar mayores que en caso de sistemas destinados exclusivamente para ACS. Como en verano hay muchos días de radiación solar intensa durante los cuales no se necesita calefacción, se presentan en el transcurso de este periodo estancamientos del campo de captadores. Este fenómeno provoca una reducción del rendimiento medio anual de los captadores. Una posible solución sería instalar acumuladores muy grandes,

En España, en edificios que cumplen la normativa existente de aislamiento térmico (NORMA BÁSICA DE LA EDIFICACIÓN: CONDICIONES TÉRMICAS EN LOS EDIFICIOS), la demanda de energía para agua caliente sanitaria representa, generalmente, un porcentaje que va del 25% del total en las zonas frías a más del 90 % en las cálidas. Cuanto mejor sea el aislamiento térmico de un edificio y mejor sea el empleo pasivo de la energía solar (por ejemplo mediante grandes áreas de ventanas situadas hacia el sur), más largo será el periodo en el que se puede prescindir de la calefacción.

La demanda de energía para calefacción puede variar mucho, hasta en un factor de dos, incluso entre dos casas similares o entre dos pisos idénticos en el mismo edificio. Esto se debe en gran parte al hecho de que el comportamiento del usuario afecta en gran medida a la demanda (nivel de temperaturas en las habitaciones, número de habitaciones en las que se prescinde del uso de calefacción, empleo de persianas, periodos de bajas temperaturas en las habitaciones, etc.). Este acontecimiento es muy importante para el proyecto ya que debido a esto no se pueden sacar conclusiones generales de los resultados, porque aunque haya viviendas similares el uso dado por los propietarios puede ser totalmente diferente y esto provocaría unos resultados totalmente diferentes.

12.1.2 Dimensionamiento

A la hora de realizar el dimensionado de la instalación se recomienda seguir unas pautas que se van a mencionar a continuación. En todas las instalaciones solares de apoyo a la calefacción se recomienda que se conecten las tuberías de recirculación de agua caliente sanitaria con la instalación solar de tal manera que en el periodo en el que no se utiliza calefacción se pueda transferir tanta energía como sea posible hacia el sistema de ACS.

Además, en todas las instalaciones solares se recomienda que para la calefacción se utilice un mayor ángulo de inclinación del captador que en las instalaciones sólo de ACS. De este modo, se consigue tanto una ligera atenuación de los excedentes de energía en verano como una incidencia de la radiación solar más favorable durante los periodos de transición climatológica y en invierno.

En caso de que se deseen obtener fracciones solares elevadas se deberá prestar atención especial a disponer de una buena estratificación de temperaturas en el acumulador así como a un proceso de carga y de descarga estratificada bien adaptado; es decir, que tenga en cuenta las temperaturas necesarias y disponibles en los diferentes niveles del acumulador. Por fracción solar se entiende la relación entre la energía suministrada por la parte solar de una instalación y la energía total suministrada por la instalación.

Para alcanzar un alto rendimiento de la instalación solar el sistema de calefacción deberá operarse con temperaturas de impulsión y retorno en un nivel lo más bajo posible. Las temperaturas del retorno han de ser siempre inferiores a 50 °C. Cuanta más alta se elija la fracción solar para la calefacción mayor será el efecto de las elevadas temperaturas del sistema de calefacción sobre la reducción del rendimiento de la instalación solar. En casos extremos de una fracción solar del 100%, un aumento del nivel de temperaturas en la red de calefacción en 10K disminuye el rendimiento medio anual de la instalación solar entre un 5% y un 7%. En caso de instalaciones solares bajas, el rendimiento medio anual se reduce alrededor de un 2% bajo estas condiciones.

12.2 Fluido de trabajo

También sería interesante hablar sobre el fluido que se va a encontrar en el circuito primario porque la temperatura a la que empieza la evaporación depende del fluido de trabajo y de la presión de trabajo en la instalación. Por ejemplo, una mezcla de agua-glicol (60/40) empieza a evaporarse a 160 °C y a una presión de 6 bares. Esta mezcla permanece líquida a temperaturas inferiores o a presiones superiores. No obstante, con una temperatura de ebullición alta, todo el volumen del líquido de los captadores en los captadores quedará expuesto a una carga térmica durante periodos prolongados, lo que puede acarrear un envejecimiento acelerado de la mezcla anticongelante, o sea, una alteración química de la misma.

12.3 Vasos de expansión cerrados

12.3.1 Recomendaciones

Se va a comentar cómo se puede realizar una colocación correcta del vaso de expansión. Por lo general, las temperaturas de trabajo máximas admisibles de los vasos de expansión son de 120 °C, por este motivo se ha de evitar que entre líquido demasiado caliente o vapor en el vaso. Por lo general, el vaso de expansión se instala en el lado de aspiración de la bomba. Sobre todo, cuando la bomba debe superar una gran pérdida de carga, un conexionado en el lado de impulsión lleva a condiciones de presión poco favorables.

Se recomienda conectar el vaso por la parte superior, con tal de que la membrana y la cámara de gas se sitúen en la parte inferior. De este modo, la

carga térmica de la membrana en el fondo del vaso será limitada gracias a la estratificación térmica del fluido. Además, de esta manera se logrará evitar que burbujas de vapor puedan alcanzar la membrana.

12.4 Acumulador con intercambiador de calor interno

12.4.1 Recomendaciones

Para diseñar los acumuladores con intercambiadores de calor internos que tengan una diferencia logarítmica media de temperaturas de 10 K se aplican las siguientes reglas de cálculo:

- Intercambiador de tubo liso. 0.2 m² de superficie de transferencia por m² de captador.
- Intercambiador de tubo aleteado: 0.3 m² – 0.4 m² de superficie de transferencia por m² de captador.

Si se desea lograr una diferencia de temperaturas inferior a través de la superficie de transferencia de calor, hay que aumentar el área de dicha superficie. El valor orientativo de 10 K es aceptable sólo para instalaciones pequeñas.

12.5 Intercambiador de calor externo

12.5.1 Recomendaciones

A pesar de que en todos los tipos de intercambiadores de calor existe siempre cierta diferencia de temperaturas entre la superficie de transferencia, se aconseja que el circuito primario funcione a una temperatura lo más baja posible para así lograr un rendimiento solar máximo. Como esta diferencia de temperaturas constituye un desaprovechamiento, los intercambiadores de calor deben diseñarse con un tamaño lo suficientemente grande para minimizar dicha diferencia. No es difícil lograr un buen diseño del intercambiador de carga entre el circuito primario y el acumulador de inercia debido al hecho de que las bombas suministran un caudal fijo tanto en el circuito primario como en el secundario.

No es aconsejable reducir excesivamente el nivel de temperaturas desde el circuito primario hasta el consumo pasando a través de dos intercambiadores como en un sistema con acumulador de inercia. Al mismo tiempo, se recomienda que la temperatura en la entrada del captador se mantenga en un valor cercano al de la temperatura del agua fría de la red. Por consiguiente, es mejor que el incremento de la temperatura media necesaria para la transferencia de calor en el intercambiador se mantenga lo más bajo posible.

13. POSIBLES MEJORAS EN LA PARTE DE BIOMASA

Este apartado ha estado condicionado por los datos disponibles, ya que no son demasiados, por lo que es complicado sugerir posibles mejoras. Por lo tanto, lo que se va a tratar en este apartado es comentar diferentes aspectos que podrían ser beneficiosos para la instalación, es decir, algunas recomendaciones a la hora de dimensionar o realizar una instalación

Es recomendable utilizar únicamente los combustibles prescritos por la empresa distribuidora de las calderas; para este caso, se pueden utilizar pellets de madera conforme a la normativa ecológica, normativa DIN-Plus o SWISSPELLET (similar a la normativa europea UNE-EN ISO 12086-1:2000) que se muestra en la tabla 39. Solamente de esta manera se puede garantizar un funcionamiento con una tasa mínima de emisión, económico y sin anomalías de su aparato de calefacción por pellets.

Diámetro	6mm
Longitud	5-30 mm (20% - 45 mm)
Superficie	Lisa
Densidad	Min. 1,12kg/dm ³
Densidad aparente	Min. 650 kg/m ³
Contenido de energía	Min. 4,6 kWh/kg
Contenido en agua	Max. 10%
Porcentaje de ceniza	Max. 0,5%
Porcentaje de polvo (antes del transporte)	Max. 1%
Aglutinante	Prohibido
Impurezas	Ninguna

Tabla 39 Hoja de características de los pellets de madera según Norma Ecológica M 7135, Norma DIN-PLUS y SWISSPELLET

Es ideal la combinación de la caldera con un regulador de cuarto o de calefacción modulando para evitar temporizaciones innecesarias y para garantizar largos tiempos de funcionamiento.

13.1 Chimenea

13.1.1 Recomendaciones

Se requiere una chimenea insensible a la humedad con un tiro máximo de 10 Pa (0,10 mbar) según los fabricantes de calderas Biotech. El tubo de conexión (tubo de aire de salida) debe extenderse con un mínimo de 10° de subida, aunque

lo ideal sería 30°, con una longitud máxima de 3,0 metros. El tubo de aire de salida debe estar bien aislado. Es recomendable llevar a cabo la conexión con la chimenea a ser posible con una inclinación de 45° para que no halla riesgo de acumulación de suciedades. La integración del tubo de aire de salida en la chimenea deberá realizarse de tal manera que no pueda fluir agua de condensación en la caldera.

13.2 Suministro de pellets

12.2.1 Recomendaciones

Los pellets se suministran y se aspiran en el depósito mediante un camión-silo. Éste dispone por lo general de un tubo de bombeo de una longitud máxima de 30 m. Por lo tanto, el depósito de pellets o los manguitos de alimentación deben estar a una distancia máxima de 30 m del punto de descarga del camión como se muestra en la imagen 21. Si es posible, el depósito de pellets debería limitar con un muro exterior para que los manguitos de alimentación sean accesibles desde fuera, hay que tener especial cuidado en que el muro este bien diseñado y en buenas condiciones, para que no deje pasar humedad. En caso de una sala de calefacción interior conviene alargar los manguitos de relleno y de aspiración hasta el muro exterior, respectivamente, se puede extender el tubo de bombeo del suministrador de pellets durante el llenado a través de la casa.

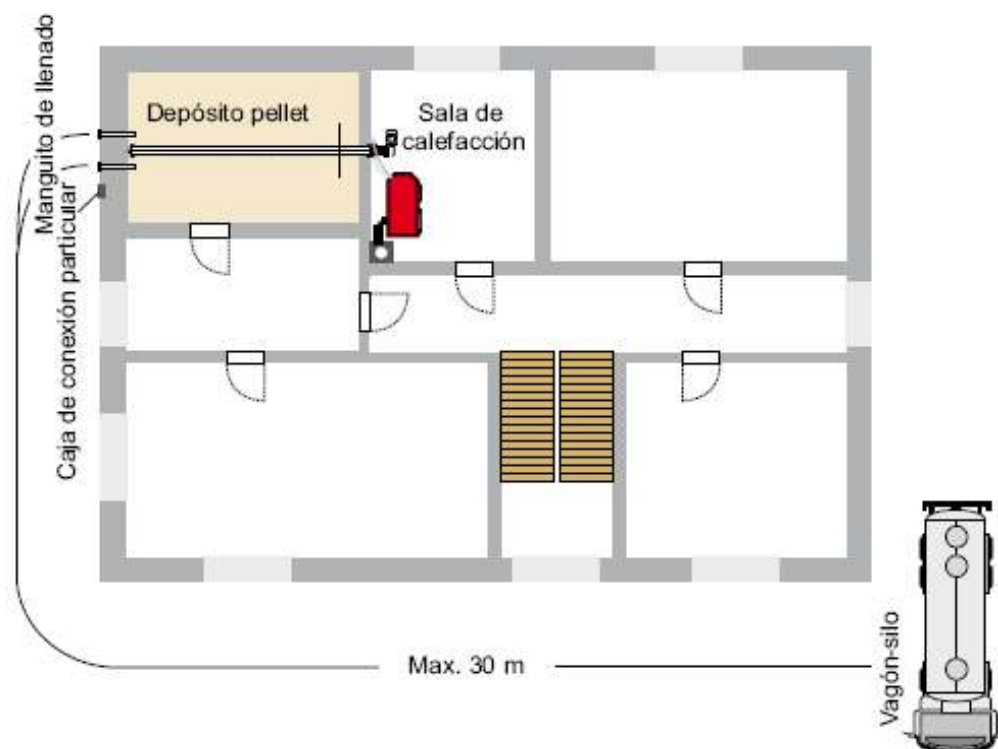


Imagen 21 Suministro de pellets

13.3 Depósito de pellets

13.3.1 Recomendaciones

Las dimensiones requeridas del depósito de pellets dependen de la carga calorífica del edificio. El depósito debe estar seco durante todo el año. En caso de que existe peligro de paredes húmedas por ejemplo edificios antiguos, se

recomienda colocar una cubierta antepuesta ventilada por detrás en las paredes. Existe también la opción del almacenamiento en contenedores, como por ejemplo en saco-silos. Es necesario proteger los sacos-silos y las unidades de extracción que están al aire libre contra la lluvia, salpicaduras y la exposición directa al sol por ejemplo mediante tejados de protección, tabiques de madera, etc.

También es interesante realizar ensayos de carga para saber cuanto presión los depósitos son capaces de soportar.

14. CONCLUSIONES

El objetivo de este apartado es exponer las principales conclusiones obtenidas durante la realización del presente trabajo en el que se ha tratado de estudiar el comportamiento de un conjunto de instalaciones compuestas de una caldera de biomasa y paneles solares térmicos. En algunas instalaciones también se dispone de fogones.

Se ha realizado un análisis de diferentes instalaciones situadas en las tres zonas climáticas con las que se ha caracterizado Navarra. Con estos datos se han obtenido las siguientes conclusiones:

- Las instalaciones están correctamente dimensionadas y diseñadas porque cumplen completamente las necesidades de consumo de los diferentes clientes.
- Las instalaciones en las cuales se realiza un uso adecuado de la caldera de biomasa, el ahorro de combustible es notable ya que el valor del gasto de pellet (€/kWh) se aproxima bastante al valor teórico. Este uso adecuado consiste en mantener la caldera en buen estado y en caso de alguna avería avisar al servicio técnico en lugar de intentar arreglarlo por uno mismo.
- Como era de esperar el consumo de agua caliente sanitaria es prácticamente constante a lo largo del año. Mientras que evidentemente el consumo de calefacción fluctuará en función del frío que haga.
- Se puede observar también que el rendimiento que se obtiene con los datos de irradiancia global en función de la energía consumida es mayor en los meses de invierno, ya que es cuando se les exige más a los captadores solares.
- En cuanto a las inversiones realizadas para colocar paneles solares, se puede decir que la inversión se recupera en un margen tiempo moderado y los beneficios obtenidos son bastante importantes para el caso de disponer una caldera de gasoil. En el caso de disponer de una caldera de gas la amortización se produce más tarde y el ahorro es inferior al caso anterior. Existe el factor medioambiental que no se puede cuantificar pero seguro que al disminuir el gasto de combustible se obtendrán ratios de emisiones de CO₂ menores.
- En el caso de las calderas de biomasa se tiene que las emisiones de CO₂ son netas
- Es importante comentar la importancia de realizar la instalación correctamente porque en caso de que existan fugas, en el circuito primario, podrían existir problemas con los captadores solares... Los resultados no serían tan buenos y el ahorro económico sería inferior.

En cuanto a la experiencia personal de realizar este proyecto, en líneas generales, ha sido muy enriquecedora. Gracias a la elaboración del proyecto he conseguido empezar a conocer y entender dos campos de las energías renovables. Además me ha servido para darme cuenta que me gustaría enfocar mi futuro laboral en el campo de las energías renovables. Es un mundo en

continuo cambio y que está creciendo exponencialmente en España y en Navarra, por lo que puede ser un buen lugar donde llevar a cabo proyectos de investigación y de desarrollo.

15. LÍNEAS DE FUTURO

El presente proyecto presenta multitud de posibilidades para realizar estudios. Se pueden destacar tres posibles líneas de investigación que se pueden seguir:

- La primera de estas líneas consiste en continuar con la recogida de datos de un mayor número de instalaciones, ya que cuantos más datos se disponga mejor.
- La segunda de las líneas de investigación consistiría en realizar un análisis similar de diversas instalaciones pero que tengan las mismas dimensiones, mismas condiciones meteorológicas, con iguales paneles e igual calidad de pellet. De esta manera los resultados serían totalmente fiables y sería más fácil poder determinar si el uso de la caldera y sus componentes es el adecuado.
- La tercera línea de investigación consistiría en realizar el estudio con calderas de peor eficiencia que las que se disponen; así como, otro combustible diferente al pellet. De esta manera se podrían sacar importantes conclusiones entre los diferentes tipos de biomasa, conociendo las ventajas y los inconvenientes de cada combustible.

16. BIBLIOGRAFÍA

Energía solar térmica

(Libros)

- [1] Peuser, F.A., K.H. Remmers, M. Schnauss (2005). Sistemas solares térmicos: diseño e instalación, 1ª ed. Progensa, Sevilla.
- [2] Duffie, J.A., W.A Beckman (1991). Solar Engineering of Thermal Processes, 2ª ed. Wiley Interscience, New York.
- [3] Censolar (1997). Instalaciones de Energía Solar. Tomo IV Sistemas de Aprovechamiento Térmico II, 4ª ed. Progensa, Sevilla.

(Normativa)

- [4] Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo. Nuevo Código Técnico de la Edificación e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- [5] IDAE. Instalaciones de Energía Solar Térmica. Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura.
- [6] IDAE. Plan de Energías Renovables en España. 2005-2010.
- [7] Real Decreto 661/2007 de 25 de mayo por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- [8] Real Decreto 1027/2007 de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.
- [9] El pliego de condiciones técnicas de instalaciones de baja temperatura.
- [10] Sección HE 4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.

(Páginas web)

- [11] www.idae.es (Instituto para la Diversificación y el Ahorro Energético).
- [12] www.asit-solar.com (Asociación Solar de la Industria Térmica).
- [13] www.psa.es (Plataforma Solar de Almería).
- [14] www.observ-er.org (L'Observatoire des Énergies Renouvelables).
- [15] www.estif.org (Federación de la Industria Solar Térmica Europea).
- [16] www.solisclima.com.
- [17] www.procobre.org.
- [18] www.ecoinnova.com
- [19] www.biodisol.com

Biomasa

- [20] www.iee-library.eu/images/all_ieelibrary_docs/edificios.pdf
- [21] www.bioheat.info/pdf/brochure_es_biom.pdf

- [22] www.mityc.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/propuestas/Documents/GuiaBiomasa.pdf (Guía técnica de instalaciones de biomasa térmica en edificios (dirección técnica IDAE))
- [23] www.bioheat.info/pdf/brochure_es_biom.pdf
- [24] www.biomasaweb.com
- [25] www.cecun.es/campanas/medio%20ambiente/res&rue/htm/dossier/5%20biomasa.htm (“Biomasa. Calefacción sostenible para edificios públicos” (Autor IDAE))
- [26] www.europa.eu/legislation_summaries/energy/renewable_energy/l27014_es.htm
- [27] www.euractiv.com/en/energy/biomass-action-plan/article-155362
- [28] www.pelletsworld.com/ (Distribuidora de las calderas de Biotech)

Pamplona, Febrero 2010

Alejandro Astibia Bruno

ANEXO 1: DATOS MEDIOS DE IRRADIANCIA EN PAMPLONA

Latitud:	Longitud:	Altura:
42,76	-1,64	461

Mes:	Día:	Hora:	Tª seca (°C):	Tª cielo (°C):	Irrad.Directa sobre Sup.Hor. (w/m²):	Irrad.Difusa sobre Sup.Hor. (w/m²):	Irrad.Global sobre Sup.Hor. (w/m²):	Humedad absoluta (gr/kg Aire seco):	Humedad relativa (%):	Vel.viento (m/s):
1	Día medio	1	2,8323	-8,3507	0,0000	0,0000	0,0000	0,0040	82,9777	1,9889
1	Día medio	2	2,6968	-8,4913	0,0000	0,0000	0,0000	0,0040	83,4547	1,9894
1	Día medio	3	2,5161	-8,6808	0,0000	0,0000	0,0000	0,0040	83,8979	1,9898
1	Día medio	4	2,2194	-8,9711	0,0000	0,0000	0,0000	0,0040	85,2153	1,9903
1	Día medio	5	2,0129	-9,1570	0,0000	0,0000	0,0000	0,0040	86,2459	1,9907
1	Día medio	6	1,8032	-9,3499	0,0000	0,0000	0,0000	0,0039	87,0067	1,9911
1	Día medio	7	1,5774	-9,5433	0,0000	0,0000	0,0000	0,0039	88,2198	1,9916
1	Día medio	8	1,6806	-9,3957	1,5484	20,4839	22,0323	0,0040	88,1416	1,9920
1	Día medio	9	2,4323	-8,5737	24,2581	52,5806	76,8387	0,0041	85,7734	1,9925
1	Día medio	10	3,6355	-7,3370	54,4839	100,6129	155,0968	0,0042	80,7366	1,9929
1	Día medio	11	5,2290	-5,8232	93,9677	128,1935	222,1613	0,0042	73,5776	1,9933
1	Día medio	12	6,7355	-4,1692	108,1290	144,7419	252,8710	0,0043	67,1811	1,9938
1	Día medio	13	8,1677	-3,0137	120,6129	136,8710	257,4839	0,0043	61,7122	1,9942
1	Día medio	14	8,9871	-2,2125	95,1613	128,7419	223,9032	0,0043	58,9237	1,9946
1	Día medio	15	8,9774	-1,9472	62,0000	95,1935	157,1935	0,0043	59,2411	1,9951
1	Día medio	16	8,4452	-2,4862	26,5161	49,6129	76,1290	0,0043	61,2824	1,9955

1	Día medio	17	7,4194	-3,5175	2,1290	19,3226	21,4516	0,0043	65,3896	1,9960
1	Día medio	18	6,5032	-4,4525	0,0000	0,0000	0,0000	0,0043	69,2154	1,9964
1	Día medio	19	5,6161	-5,3653	0,0000	0,0000	0,0000	0,0043	72,9745	1,9968
1	Día medio	20	4,9581	-6,0626	0,0000	0,0000	0,0000	0,0043	75,6349	1,9973
1	Día medio	21	4,3355	-6,7234	0,0000	0,0000	0,0000	0,0042	78,1558	1,9977
1	Día medio	22	3,8903	-7,2123	0,0000	0,0000	0,0000	0,0042	79,5515	1,9981
1	Día medio	23	3,5226	-7,6178	0,0000	0,0000	0,0000	0,0041	80,8164	1,9986
1	Día medio	24	3,1452	-8,0298	0,0000	0,0000	0,0000	0,0041	82,0246	1,9990
2	Día medio	1	4,4464	-7,0619	0,0000	0,0000	0,0000	0,0041	74,7150	2,3950
2	Día medio	2	4,1964	-7,2878	0,0000	0,0000	0,0000	0,0041	75,4113	2,3961
2	Día medio	3	3,8643	-7,5752	0,0000	0,0000	0,0000	0,0040	76,9088	2,3971
2	Día medio	4	3,6429	-7,7480	0,0000	0,0000	0,0000	0,0040	77,8295	2,3982
2	Día medio	5	3,3393	-7,9875	0,0000	0,0000	0,0000	0,0040	79,5531	2,3992
2	Día medio	6	2,9500	-8,2968	0,0000	0,0000	0,0000	0,0040	82,0226	2,4003
2	Día medio	7	2,9321	-8,2447	0,0000	2,3214	2,3214	0,0040	82,3834	2,4013
2	Día medio	8	3,3214	-7,7836	19,0357	42,2143	61,2500	0,0041	80,8474	2,4024
2	Día medio	9	4,3357	-6,7204	63,0357	88,3571	151,3929	0,0041	76,4557	2,4034
2	Día medio	10	5,8571	-5,1350	106,2857	128,9286	235,2143	0,0042	69,6847	2,4045
2	Día medio	11	7,5214	-3,6166	144,9643	161,1429	306,1071	0,0042	63,1632	2,4055
2	Día medio	12	9,2607	-2,5515	197,0714	165,6071	362,6786	0,0043	57,1287	2,4066
2	Día medio	13	10,7143	-1,0788	199,0714	161,0357	360,1071	0,0043	52,5933	2,4076
2	Día medio	14	11,5929	-0,2631	173,4286	155,1071	328,5357	0,0043	50,2376	2,4087
2	Día medio	15	11,6929	-0,0979	119,0357	139,3214	258,3571	0,0043	50,1594	2,4097
2	Día medio	16	11,2214	-0,4820	70,0357	99,4286	169,4643	0,0044	51,6020	2,4108
2	Día medio	17	10,0893	-1,5642	20,0000	42,3214	62,3214	0,0043	55,2875	2,4118

2	Día medio	18	8,8250	-2,7871	0,0000	2,1071	2,1071	0,0043	59,5720	2,4129
2	Día medio	19	7,7750	-3,8132	0,0000	0,0000	0,0000	0,0043	63,2601	2,4139
2	Día medio	20	6,9250	-4,6535	0,0000	0,0000	0,0000	0,0043	66,3005	2,4150
2	Día medio	21	6,2143	-5,3618	0,0000	0,0000	0,0000	0,0042	68,8282	2,4160
2	Día medio	22	5,6571	-5,9219	0,0000	0,0000	0,0000	0,0042	70,7356	2,4171
2	Día medio	23	5,1929	-6,3864	0,0000	0,0000	0,0000	0,0042	72,2872	2,4181
2	Día medio	24	4,7286	-6,8482	0,0000	0,0000	0,0000	0,0041	73,8928	2,4192
3	Día medio	1	5,2387	-6,0342	0,0000	0,0000	0,0000	0,0045	76,2086	3,2948
3	Día medio	2	4,9710	-6,3114	0,0000	0,0000	0,0000	0,0044	77,1819	3,2954
3	Día medio	3	4,5258	-6,7505	0,0000	0,0000	0,0000	0,0044	79,2158	3,2961
3	Día medio	4	4,2935	-6,9746	0,0000	0,0000	0,0000	0,0044	80,3231	3,2967
3	Día medio	5	3,9419	-7,3034	0,0000	0,0000	0,0000	0,0044	82,3588	3,2974
3	Día medio	6	3,7387	-7,4890	0,0000	0,0000	0,0000	0,0044	83,5759	3,2981
3	Día medio	7	3,9194	-7,2787	11,2903	31,3548	42,6452	0,0044	83,3497	3,2987
3	Día medio	8	4,6742	-6,5390	70,2903	82,6452	152,9355	0,0045	79,7763	3,2994
3	Día medio	9	5,9968	-5,3113	133,8065	126,0000	259,8065	0,0045	73,3880	3,3000
3	Día medio	10	7,7226	-3,8387	205,0645	155,9355	361,0000	0,0046	65,8261	3,3007
3	Día medio	11	9,6419	-2,0966	261,4194	181,3548	442,7742	0,0046	58,5970	3,3013
3	Día medio	12	11,4839	-0,2170	283,8387	193,3871	477,2258	0,0046	52,5390	3,3020
3	Día medio	13	12,9742	1,3629	280,1290	187,0000	467,1290	0,0047	48,2181	3,3027
3	Día medio	14	13,7839	2,0212	246,9677	185,5806	432,5484	0,0047	46,2075	3,3033
3	Día medio	15	14,0452	2,2049	207,4516	157,9032	365,3548	0,0047	45,6518	3,3040
3	Día medio	16	13,5161	2,0742	131,0323	122,1290	253,1613	0,0047	47,2023	3,3046
3	Día medio	17	12,5161	1,1657	65,2903	83,1290	148,4194	0,0047	50,1796	3,3053
3	Día medio	18	11,0161	-0,2804	8,3871	28,5806	36,9677	0,0047	55,0467	3,3060

3	Día medio	19	9,5645	-1,7040	0,0000	0,0000	0,0000	0,0047	60,1460	3,3066
3	Día medio	20	8,3774	-2,8881	0,0000	0,0000	0,0000	0,0047	64,6776	3,3073
3	Día medio	21	7,4613	-3,8141	0,0000	0,0000	0,0000	0,0046	68,2431	3,3079
3	Día medio	22	6,7387	-4,5541	0,0000	0,0000	0,0000	0,0046	71,1437	3,3086
3	Día medio	23	6,1194	-5,1890	0,0000	0,0000	0,0000	0,0046	73,5663	3,3092
3	Día medio	24	5,6484	-5,6754	0,0000	0,0000	0,0000	0,0045	75,4707	3,3099
4	Día medio	1	6,8633	-3,6668	0,0000	0,0000	0,0000	0,0052	81,1303	3,1644
4	Día medio	2	6,5500	-3,9780	0,0000	0,0000	0,0000	0,0052	82,2320	3,1637
4	Día medio	3	6,1700	-4,3574	0,0000	0,0000	0,0000	0,0051	83,3836	3,1630
4	Día medio	4	5,8367	-4,6853	0,0000	0,0000	0,0000	0,0051	84,1241	3,1623
4	Día medio	5	5,5200	-4,9729	0,0000	0,0000	0,0000	0,0050	85,2498	3,1616
4	Día medio	6	5,5633	-4,8702	0,6333	12,8000	13,4333	0,0050	85,2231	3,1610
4	Día medio	7	6,1000	-4,2420	28,9000	62,6667	91,5667	0,0051	83,6160	3,1603
4	Día medio	8	7,0067	-3,2496	81,7667	126,8000	208,5667	0,0052	80,3717	3,1596
4	Día medio	9	8,5133	-2,2792	165,9333	175,9000	341,8333	0,0053	73,1805	3,1589
4	Día medio	10	10,0600	-0,8528	223,6667	211,5000	435,1667	0,0053	66,3702	3,1582
4	Día medio	11	11,8067	0,7624	281,5000	235,7333	517,2333	0,0054	59,5101	3,1576
4	Día medio	12	13,5167	2,3799	329,3667	224,2333	553,6000	0,0054	53,5861	3,1569
4	Día medio	13	14,7733	3,8589	313,2000	220,5000	533,7000	0,0054	49,7545	3,1562
4	Día medio	14	15,6700	4,7067	276,4000	226,6333	503,0333	0,0055	47,2449	3,1555
4	Día medio	15	15,8033	5,0865	204,0000	205,9333	409,9333	0,0055	46,9873	3,1548
4	Día medio	16	15,3367	4,8342	142,9333	168,6333	311,5667	0,0055	48,4269	3,1542
4	Día medio	17	14,3267	3,8576	84,4000	125,2000	209,6000	0,0055	51,6430	3,1535
4	Día medio	18	13,0700	2,7050	25,7667	65,4333	91,2000	0,0055	55,8654	3,1528
4	Día medio	19	11,5767	1,2552	0,8000	13,2667	14,0667	0,0055	61,3580	3,1521

4	Día medio	20	10,2600	-0,0506	0,0000	0,0000	0,0000	0,0054	66,5683	3,1514
4	Día medio	21	9,2900	-1,0316	0,0000	0,0000	0,0000	0,0054	70,6544	3,1508
4	Día medio	22	8,4967	-1,8428	0,0000	0,0000	0,0000	0,0054	74,1176	3,1501
4	Día medio	23	7,8600	-2,4964	0,0000	0,0000	0,0000	0,0053	76,8380	3,1494
4	Día medio	24	7,3767	-2,9938	0,0000	0,0000	0,0000	0,0053	78,8812	3,1487
5	Día medio	1	9,7839	-0,6000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0065	82,4809	2,6584
5	Día medio	2	9,3387	-1,0070	0,0000	0,0000	0,0000	0,0065	84,7410	2,6583
5	Día medio	3	8,8161	-1,4792	0,0000	0,0000	0,0000	0,0065	87,5914	2,6581
5	Día medio	4	8,3258	-1,9377	0,0000	0,0000	0,0000	0,0064	89,6732	2,6580
5	Día medio	5	8,3323	-1,8795	0,0000	2,0323	2,0323	0,0064	89,6410	2,6578
5	Día medio	6	8,6613	-1,4889	15,6452	45,8065	61,4516	0,0065	88,3626	2,6577
5	Día medio	7	9,4645	-0,6553	66,6774	101,7419	168,4194	0,0065	84,3518	2,6575
5	Día medio	8	10,5581	0,4027	120,2903	162,0000	282,2903	0,0066	78,7076	2,6574
5	Día medio	9	12,1419	1,9119	184,1613	205,6774	389,8387	0,0066	71,1708	2,6572
5	Día medio	10	13,9129	3,2578	259,0968	251,5806	510,6774	0,0066	63,7566	2,6571
5	Día medio	11	15,7065	5,3255	307,5161	256,2581	563,7742	0,0067	57,1963	2,6569
5	Día medio	12	17,3226	6,3579	361,5806	273,9355	635,5161	0,0067	51,9953	2,6568
5	Día medio	13	18,5419	8,2326	327,1935	258,0000	585,1935	0,0068	48,4615	2,6566
5	Día medio	14	19,3968	8,9053	288,4194	274,9677	563,3871	0,0068	46,1768	2,6565
5	Día medio	15	19,5742	9,0033	257,4516	234,6129	492,0645	0,0068	45,7917	2,6563
5	Día medio	16	19,0452	8,2695	205,3548	205,3226	410,6774	0,0068	47,3767	2,6562
5	Día medio	17	18,1742	7,0884	149,6774	163,4516	313,1290	0,0068	49,9634	2,6560
5	Día medio	18	16,8677	5,9437	57,6774	102,9032	160,5806	0,0068	54,0441	2,6559
5	Día medio	19	15,2484	4,4375	15,7419	35,9032	51,6452	0,0068	59,6904	2,6557
5	Día medio	20	13,6548	2,9278	0,0000	2,0323	2,0323	0,0067	65,8486	2,6556

5	Día medio	21	12,5516	1,8759	0,0000	0,0000	0,0000	0,0067	70,4449	2,6554
5	Día medio	22	11,6194	0,9842	0,0000	0,0000	0,0000	0,0067	74,5427	2,6553
5	Día medio	23	10,8387	0,2396	0,0000	0,0000	0,0000	0,0066	78,0481	2,6551
5	Día medio	24	10,2935	-0,2731	0,0000	0,0000	0,0000	0,0066	80,5280	2,6550
6	Día medio	1	13,2700	2,1605	0,0000	0,0000	0,0000	0,0075	75,4717	3,0042
6	Día medio	2	12,6867	1,6001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0075	78,0784	3,0050
6	Día medio	3	12,1233	1,0639	0,0000	0,0000	0,0000	0,0075	80,8129	3,0057
6	Día medio	4	11,6100	0,5812	0,0000	0,0000	0,0000	0,0075	83,4884	3,0065
6	Día medio	5	11,6900	0,6717	0,0000	10,8000	10,8000	0,0075	83,0045	3,0072
6	Día medio	6	12,1933	1,1550	34,8333	56,1333	90,9667	0,0075	80,5137	3,0080
6	Día medio	7	13,1100	1,9720	115,2333	110,8333	226,0667	0,0075	76,2726	3,0087
6	Día medio	8	14,5167	2,9805	212,0000	151,8667	363,8667	0,0076	69,8284	3,0095
6	Día medio	9	16,3333	4,4631	341,3000	159,7667	501,0667	0,0076	62,4182	3,0102
6	Día medio	10	18,2367	6,8868	392,7000	189,2667	581,9667	0,0076	55,6318	3,0110
6	Día medio	11	20,2033	8,7502	475,2000	189,5667	664,7667	0,0077	49,5196	3,0117
6	Día medio	12	21,8933	10,2746	495,0000	218,4000	713,4000	0,0077	44,9186	3,0125
6	Día medio	13	23,3933	11,6371	508,6000	208,5667	717,1667	0,0078	41,2364	3,0132
6	Día medio	14	24,1167	12,5294	454,4000	213,0333	667,4333	0,0078	39,6583	3,0140
6	Día medio	15	24,2800	12,5757	411,8333	183,9667	595,8000	0,0078	39,3599	3,0147
6	Día medio	16	23,8067	12,2257	320,1333	168,9000	489,0333	0,0078	40,5405	3,0155
6	Día medio	17	22,8067	11,0101	223,0000	147,4333	370,4333	0,0078	43,0150	3,0162
6	Día medio	18	21,4000	10,1163	113,5333	110,7667	224,3000	0,0078	46,7384	3,0170
6	Día medio	19	19,6167	8,3820	36,1000	57,9333	94,0333	0,0078	51,9945	3,0177
6	Día medio	20	17,8767	6,6794	0,0000	10,4667	10,4667	0,0077	57,7154	3,0185
6	Día medio	21	16,3900	5,2165	0,0000	0,0000	0,0000	0,0077	63,1399	3,0193

6	Día medio	22	15,3367	4,1742	0,0000	0,0000	0,0000	0,0077	67,2616	3,0200
6	Día medio	23	14,5100	3,3560	0,0000	0,0000	0,0000	0,0076	70,6321	3,0208
6	Día medio	24	13,8433	2,6997	0,0000	0,0000	0,0000	0,0076	73,4739	3,0215
7	Día medio	1	16,2065	4,3656	0,0000	0,0000	0,0000	0,0084	70,5432	3,5205
7	Día medio	2	15,5484	3,7898	0,0000	0,0000	0,0000	0,0084	73,4182	3,5209
7	Día medio	3	15,0161	3,3374	0,0000	0,0000	0,0000	0,0084	75,9834	3,5214
7	Día medio	4	14,3419	2,7429	0,0000	0,0000	0,0000	0,0083	79,1301	3,5218
7	Día medio	5	14,3806	2,8464	0,0000	4,8387	4,8387	0,0083	78,9540	3,5222
7	Día medio	6	14,9129	3,4402	30,4194	47,7419	78,1613	0,0084	76,6710	3,5226
7	Día medio	7	15,8452	4,4014	110,7097	109,0645	219,7742	0,0084	72,2174	3,5230
7	Día medio	8	17,3677	5,7117	220,5161	148,3871	368,9032	0,0084	65,5025	3,5235
7	Día medio	9	19,2065	7,2088	334,7742	179,7742	514,5484	0,0085	58,3703	3,5239
7	Día medio	10	21,4194	9,3707	427,2903	202,8710	630,1613	0,0085	51,0036	3,5243
7	Día medio	11	23,5935	11,6459	470,3548	231,1935	701,5484	0,0085	44,8329	3,5247
7	Día medio	12	25,4839	13,0124	547,8387	228,9677	776,8065	0,0086	40,1951	3,5251
7	Día medio	13	26,9935	14,8275	548,7419	206,8710	755,6129	0,0086	36,9043	3,5255
7	Día medio	14	27,8161	15,1664	548,7742	191,3548	740,1290	0,0086	35,3078	3,5260
7	Día medio	15	28,0323	15,4135	442,8065	206,5484	649,3548	0,0087	34,9536	3,5264
7	Día medio	16	27,5613	14,4509	386,9677	167,1290	554,0968	0,0087	35,9526	3,5268
7	Día medio	17	26,4194	13,4351	258,9355	147,2258	406,1613	0,0087	38,4080	3,5272
7	Día medio	18	24,8323	12,1950	123,7097	116,2903	240,0000	0,0086	42,1037	3,5276
7	Día medio	19	22,9290	10,5123	33,5484	53,5484	87,0968	0,0086	47,1079	3,5281
7	Día medio	20	21,0710	8,8145	0,0000	5,1935	5,1935	0,0086	52,6530	3,5285
7	Día medio	21	19,4903	7,3569	0,0000	0,0000	0,0000	0,0086	57,9781	3,5289
7	Día medio	22	18,3806	6,3388	0,0000	0,0000	0,0000	0,0085	61,9659	3,5293

7	Día medio	23	17,5194	5,5540	0,0000	0,0000	0,0000	0,0085	65,3176	3,5297
7	Día medio	24	16,8258	4,9297	0,0000	0,0000	0,0000	0,0084	68,0337	3,5302
8	Día medio	1	16,3871	4,6676	0,0000	0,0000	0,0000	0,0085	68,9047	3,4706
8	Día medio	2	15,8484	4,1404	0,0000	0,0000	0,0000	0,0084	71,0710	3,4698
8	Día medio	3	15,2742	3,5850	0,0000	0,0000	0,0000	0,0084	73,5855	3,4690
8	Día medio	4	14,8258	3,1535	0,0000	0,0000	0,0000	0,0084	75,7010	3,4682
8	Día medio	5	14,4484	2,7918	0,0000	0,0000	0,0000	0,0084	77,7326	3,4674
8	Día medio	6	14,7161	3,0453	10,4839	28,9355	39,4194	0,0084	76,5183	3,4666
8	Día medio	7	15,5581	3,8358	80,6129	81,5161	162,1290	0,0084	72,7235	3,4658
8	Día medio	8	16,8806	5,0432	194,8710	120,9032	315,7742	0,0085	67,0343	3,4650
8	Día medio	9	18,6516	6,4167	313,9032	152,0968	466,0000	0,0085	60,2105	3,4642
8	Día medio	10	20,8323	8,4799	425,3226	165,2581	590,5806	0,0086	52,9537	3,4634
8	Día medio	11	23,0935	10,7615	513,9677	163,0645	677,0323	0,0086	46,4567	3,4626
8	Día medio	12	25,0097	12,6831	558,7097	158,6129	717,3226	0,0086	41,7301	3,4618
8	Día medio	13	26,6355	14,2987	551,9032	162,7419	714,6452	0,0087	38,1368	3,4609
8	Día medio	14	27,6226	15,0944	512,5484	163,0323	675,5806	0,0087	36,1515	3,4601
8	Día medio	15	27,8677	15,7408	417,3871	151,5484	568,9355	0,0087	35,7246	3,4593
8	Día medio	16	27,2968	15,6045	293,1290	142,4194	435,5484	0,0087	36,9278	3,4585
8	Día medio	17	26,1484	14,2472	186,7097	117,6129	304,3226	0,0087	39,4352	3,4577
8	Día medio	18	24,4968	12,7294	79,6774	76,4194	156,0968	0,0087	43,2907	3,4569
8	Día medio	19	22,5097	10,8457	10,6452	28,5806	39,2258	0,0087	48,5381	3,4561
8	Día medio	20	20,8290	9,2319	0,0000	0,0000	0,0000	0,0086	53,5042	3,4553
8	Día medio	21	19,4516	7,8995	0,0000	0,0000	0,0000	0,0086	57,9608	3,4545
8	Día medio	22	18,3484	6,8265	0,0000	0,0000	0,0000	0,0086	61,7890	3,4537
8	Día medio	23	17,5323	6,0269	0,0000	0,0000	0,0000	0,0085	64,7479	3,4529

8	Día medio	24	16,9323	5,4391	0,0000	0,0000	0,0000	0,0085	66,8990	3,4521
9	Día medio	1	14,7567	3,2034	0,0000	0,0000	0,0000	0,0078	70,9349	2,7228
9	Día medio	2	14,2867	2,7563	0,0000	0,0000	0,0000	0,0078	72,8711	2,7229
9	Día medio	3	13,7600	2,2567	0,0000	0,0000	0,0000	0,0078	75,0938	2,7230
9	Día medio	4	13,4033	1,9212	0,0000	0,0000	0,0000	0,0078	76,6828	2,7232
9	Día medio	5	12,7833	1,3260	0,0000	0,0000	0,0000	0,0077	79,5094	2,7233
9	Día medio	6	12,7900	1,3350	0,0000	1,6333	1,6333	0,0077	79,3630	2,7234
9	Día medio	7	13,1533	1,6916	26,9000	44,0333	70,9333	0,0078	77,8780	2,7235
9	Día medio	8	14,2867	2,7820	116,4667	92,1667	208,6333	0,0078	73,2059	2,7236
9	Día medio	9	15,9800	4,2917	212,6000	132,1667	344,7667	0,0079	66,1924	2,7237
9	Día medio	10	18,1400	5,9709	315,9000	160,6000	476,5000	0,0079	58,1409	2,7238
9	Día medio	11	20,4333	8,2873	384,2000	172,8000	557,0000	0,0080	50,8908	2,7239
9	Día medio	12	22,6033	10,4223	414,7333	183,2667	598,0000	0,0080	44,9941	2,7240
9	Día medio	13	24,2833	11,6616	461,2333	163,1333	624,3667	0,0080	41,0005	2,7241
9	Día medio	14	25,4033	13,0597	398,5333	162,1667	560,7000	0,0080	38,5970	2,7242
9	Día medio	15	25,6267	12,9264	335,2000	150,4667	485,6667	0,0081	38,2069	2,7243
9	Día medio	16	25,0700	12,4322	246,5667	120,8333	367,4000	0,0081	39,3814	2,7244
9	Día medio	17	23,8567	11,5136	125,6000	97,9667	223,5667	0,0081	42,1896	2,7245
9	Día medio	18	22,0133	9,8076	27,3667	43,0000	70,3667	0,0080	46,8404	2,7246
9	Día medio	19	20,1500	8,0542	0,0000	1,6333	1,6333	0,0080	52,1134	2,7248
9	Día medio	20	18,6900	6,6707	0,0000	0,0000	0,0000	0,0080	56,6170	2,7249
9	Día medio	21	17,4400	5,4786	0,0000	0,0000	0,0000	0,0079	60,8061	2,7250
9	Día medio	22	16,5533	4,6297	0,0000	0,0000	0,0000	0,0079	63,9121	2,7251
9	Día medio	23	15,8000	3,9066	0,0000	0,0000	0,0000	0,0079	66,6452	2,7252
9	Día medio	24	15,1967	3,3248	0,0000	0,0000	0,0000	0,0078	68,8356	2,7253

10	Día medio	1	11,3097	0,1347	0,0000	0,0000	0,0000	0,0068	78,3067	3,5055
10	Día medio	2	10,9452	-0,2180	0,0000	0,0000	0,0000	0,0068	79,7245	3,5059
10	Día medio	3	10,5839	-0,5642	0,0000	0,0000	0,0000	0,0068	81,1659	3,5063
10	Día medio	4	10,2161	-0,9190	0,0000	0,0000	0,0000	0,0067	82,5769	3,5066
10	Día medio	5	9,8097	-1,2953	0,0000	0,0000	0,0000	0,0067	84,5111	3,5070
10	Día medio	6	9,3774	-1,7088	0,0000	0,0000	0,0000	0,0066	86,3939	3,5074
10	Día medio	7	9,5387	-1,5196	0,6774	9,7419	10,4194	0,0067	85,9287	3,5077
10	Día medio	8	10,1000	-0,9466	38,9677	54,8710	93,8387	0,0067	83,5477	3,5081
10	Día medio	9	11,3645	0,2899	115,7742	101,1935	216,9677	0,0068	78,0784	3,5085
10	Día medio	10	13,0516	2,1495	171,8387	133,3871	305,2258	0,0069	70,7931	3,5088
10	Día medio	11	15,0839	3,7428	245,4194	141,6129	387,0323	0,0070	62,4676	3,5092
10	Día medio	12	17,1290	5,6435	259,7419	172,5806	432,3226	0,0070	55,2321	3,5096
10	Día medio	13	18,6323	6,7906	283,0323	167,3548	450,3871	0,0070	50,5141	3,5099
10	Día medio	14	19,5935	7,8581	248,8065	159,6129	408,4194	0,0070	47,7833	3,5103
10	Día medio	15	19,9000	8,2060	193,2258	134,7097	327,9355	0,0071	47,0087	3,5106
10	Día medio	16	19,2355	7,6953	101,0000	110,1290	211,1290	0,0071	48,9536	3,5110
10	Día medio	17	18,0677	6,6445	36,1613	60,1613	96,3226	0,0071	52,6335	3,5114
10	Día medio	18	16,4903	5,1507	1,0968	10,5806	11,6774	0,0070	57,8565	3,5117
10	Día medio	19	15,1871	3,8954	0,0000	0,0000	0,0000	0,0070	62,5720	3,5121
10	Día medio	20	14,1452	2,8788	0,0000	0,0000	0,0000	0,0070	66,5668	3,5125
10	Día medio	21	13,2677	2,0152	0,0000	0,0000	0,0000	0,0070	70,1038	3,5128
10	Día medio	22	12,4968	1,2542	0,0000	0,0000	0,0000	0,0069	73,2493	3,5132
10	Día medio	23	11,9903	0,7486	0,0000	0,0000	0,0000	0,0069	75,3002	3,5136
10	Día medio	24	11,4613	0,2219	0,0000	0,0000	0,0000	0,0068	77,4116	3,5139
11	Día medio	1	6,5467	-4,5325	0,0000	0,0000	0,0000	0,0055	86,3995	3,0010

11	Día medio	2	6,2433	-4,8143	0,0000	0,0000	0,0000	0,0055	87,8270	3,0002
11	Día medio	3	5,9400	-5,0947	0,0000	0,0000	0,0000	0,0054	89,0917	2,9994
11	Día medio	4	5,7167	-5,2921	0,0000	0,0000	0,0000	0,0054	90,0247	2,9987
11	Día medio	5	5,4933	-5,4713	0,0000	0,0000	0,0000	0,0054	91,3437	2,9979
11	Día medio	6	5,2067	-5,7239	0,0000	0,0000	0,0000	0,0054	92,7232	2,9972
11	Día medio	7	5,0300	-5,8634	0,0000	0,0000	0,0000	0,0054	93,5497	2,9964
11	Día medio	8	5,1633	-5,6804	7,0000	23,9333	30,9333	0,0054	93,2382	2,9956
11	Día medio	9	6,0067	-4,7865	51,8667	55,9000	107,7667	0,0055	89,6873	2,9949
11	Día medio	10	7,3433	-3,4501	104,9333	84,3667	189,3000	0,0056	83,2189	2,9941
11	Día medio	11	9,0967	-1,7951	157,3667	102,2333	259,6000	0,0056	74,4308	2,9934
11	Día medio	12	10,8700	-0,0238	182,4333	114,5000	296,9333	0,0056	66,7389	2,9926
11	Día medio	13	12,3300	1,4147	180,1333	112,9667	293,1000	0,0057	61,1365	2,9918
11	Día medio	14	13,1533	1,8744	159,9333	104,8667	264,8000	0,0057	58,2483	2,9911
11	Día medio	15	13,3967	2,0519	115,1000	91,3333	206,4333	0,0057	57,5688	2,9903
11	Día medio	16	12,7633	1,5917	50,0667	56,7667	106,8333	0,0057	59,9441	2,9896
11	Día medio	17	11,5900	0,5395	7,3667	22,9667	30,3333	0,0057	64,5369	2,9888
11	Día medio	18	10,4933	-0,4792	0,0000	0,0000	0,0000	0,0057	69,1307	2,9880
11	Día medio	19	9,4900	-1,4284	0,0000	0,0000	0,0000	0,0057	73,4997	2,9873
11	Día medio	20	8,7633	-2,1250	0,0000	0,0000	0,0000	0,0057	76,6858	2,9865
11	Día medio	21	8,0900	-2,7769	0,0000	0,0000	0,0000	0,0056	79,6949	2,9858
11	Día medio	22	7,5733	-3,2803	0,0000	0,0000	0,0000	0,0056	81,9743	2,9850
11	Día medio	23	7,1433	-3,7000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0055	83,7723	2,9842
11	Día medio	24	6,7500	-4,0825	0,0000	0,0000	0,0000	0,0055	85,4567	2,9835
12	Día medio	1	4,3645	-6,6755	0,0000	0,0000	0,0000	0,0046	84,9052	2,7106
12	Día medio	2	4,1613	-6,8825	0,0000	0,0000	0,0000	0,0046	85,5215	2,7103

12	Día medio	3	3,7968	-7,2435	0,0000	0,0000	0,0000	0,0046	87,0888	2,7101
12	Día medio	4	3,5645	-7,4652	0,0000	0,0000	0,0000	0,0046	88,1235	2,7098
12	Día medio	5	3,3129	-7,7116	0,0000	0,0000	0,0000	0,0045	88,9941	2,7095
12	Día medio	6	3,0839	-7,9314	0,0000	0,0000	0,0000	0,0045	89,6709	2,7093
12	Día medio	7	2,8129	-8,1760	0,0000	0,0000	0,0000	0,0045	91,0374	2,7090
12	Día medio	8	2,8968	-8,0486	0,0000	12,8710	12,8710	0,0045	90,9523	2,7087
12	Día medio	9	3,5581	-7,3070	20,6774	46,9677	67,6452	0,0046	88,9598	2,7085
12	Día medio	10	4,6613	-6,1349	50,1935	86,1935	136,3871	0,0047	84,6399	2,7082
12	Día medio	11	6,1968	-4,5873	83,3548	114,7742	198,1290	0,0048	77,2696	2,7079
12	Día medio	12	7,7613	-2,8175	98,0000	122,3548	220,3548	0,0048	70,0094	2,7076
12	Día medio	13	9,1419	-2,2165	119,1613	125,8065	244,9677	0,0049	64,3256	2,7074
12	Día medio	14	9,8742	-1,0764	86,7742	114,1613	200,9355	0,0049	61,6624	2,7071
12	Día medio	15	9,9935	-0,9616	55,8065	90,3871	146,1935	0,0049	61,3597	2,7068
12	Día medio	16	9,3968	-1,5514	17,8065	48,1613	65,9677	0,0049	63,8232	2,7066
12	Día medio	17	8,4194	-2,5147	0,0000	12,2581	12,2581	0,0049	68,0766	2,7063
12	Día medio	18	7,4742	-3,4544	0,0000	0,0000	0,0000	0,0049	72,3212	2,7060
12	Día medio	19	6,6258	-4,3074	0,0000	0,0000	0,0000	0,0049	76,1456	2,7058
12	Día medio	20	6,0968	-4,8584	0,0000	0,0000	0,0000	0,0048	78,3554	2,7055
12	Día medio	21	5,5452	-5,4294	0,0000	0,0000	0,0000	0,0048	80,6961	2,7052
12	Día medio	22	5,1258	-5,8800	0,0000	0,0000	0,0000	0,0047	82,1889	2,7050
12	Día medio	23	4,6484	-6,3760	0,0000	0,0000	0,0000	0,0047	84,1107	2,7047
12	Día medio	24	4,3871	-6,6605	0,0000	0,0000	0,0000	0,0046	84,8566	2,7044

ANEXO 2: DATOS TÉCNICOS DE LAS CALDERAS DE BIOMASA

Calderas de pellets



Datos técnicos

Tipo de equipo	Top Light	Top Light M	PZ8RL	PZ25RL	PZ35RL	PZ100RL
Potencia térmica nominal [kW]	9,20	14,90	14,50	25,00	35,00	99,90
Rendimiento a plena carga [%]	92,00	93,00	93,64	94,19	92,39	95,10
Rendimiento a carga parcial [%]	92,20	93,50	96,34	93,80	95,76	95,60
Temperatura ajustable max. de la caldera [°C]	80	90	90	90	90	90
Presión de servicio permitida [bar]	3	3	3	3	3	3
Identificativo CE de acuerdo con las directivas de baja tensión	CE	CE	CE	CE	CE	CE
Dimensiones						
Anchura de caldera [mm]	900	1060	1050	1300	1300	1875 ²
Profundidad de caldera [mm]	460	665	650	650	650	1215,50
Profundidad total [mm]	620 ²	825 ²	750 ³	750 ³	750 ³	1381 ⁶
Altura de caldera [mm]	1400 ¹	1345 ¹	1385 ¹	1520 ¹	1770 ¹	1852 ¹
Altura conexión tubo de humo [mm]	1450 ¹	1450 ¹	830 ¹	1090 ¹	1335 ¹	1427,50 ⁴
Altura de impulsión [mm]	1435 ¹	1460 ¹	360 ¹	465 ¹	465 ¹	552,50 ¹
Altura de retorno [mm]	1435 ¹	1460 ¹	930 ¹	845 ¹	1110 ¹	1448 ¹
Altura de purgado [mm]	1435 ¹	1460 ¹	930 ¹	1210 ¹	1480 ¹	1548 ¹
Diámetro conexión tubo de humos [Ø]	130	130	130	130	130	200
Peso total [kg]	245	330	310	370	430	951
Contenido de agua [lt.]	25	60	50	80	120	250
Depósito de almacenaje - utilizable automáticamente [kg]	27	40	34	67	134	201
Volumen cajón para cenizas - útil [lt.]	13	6	6	23	23	2 x 35
Conexiones						
Impulsión [pulgadas]	¾	-	-	-	¾	-
Retorno [pulgadas]	¾	-	-	-	¾	-
Purga para caldera [pulgadas]	½	½	½	½	½	½
Vaciado para caldera [pulgadas]	½	½	½	½	½	¾
Resistencia de peso de agua caliente						
ΔT = 20 K [mbar]	-	5	9,5	32,9	25,8	5
ΔT = 10 K [mbar]	-	20	37,8	131,7	103,2	20
Datos de gases de escape						
Temperatura de gases de escape a plena carga [°C]	95,00	125	94,42	119,26	97,01	110
Temperatura de gases de escape a carga parcial [°C]	54,00	79	50,07	63,90	57,54	73
Caudal másico de humos a plena carga [g/s]	5,3	9,0	8,0	15,0	22,0	52
Caudal másico de humos a carga parcial [g/s]	1,8	3,0	1,9	5,5	5,8	13
CO ₂ a plena carga [%Vol]	13,1	13,5	13,311	13,848	12,777	15,1
CO ₂ a carga parcial [%Vol]	10,5	9,95	7,755	9,262	9,362	13,7
Presión de tiro necesaria [mbar / Pa]	0,00-0,05/0-5	0,00-0,05/0-5	0,00-0,05/0-5	0,00-0,05/0-5	0,00-0,05/0-5	0,2/20
Consumo de potencia eléctrica						
Standby [W]	20	20	20	20	20	15
Llenado - Turbina [W]	1600	1600 / 0 ⁷	1600	1600	1600	1600
Limpieza de parrilla [W]	65	65	65	65	65	65
Carga combustible [W]	75	75	75	75	75	75
Ignición [W]	1020	1020	1020	1020	1020	1020
Con 100% de potencia [W]	50-80	50-80	50-80	50-80	50-80	200
Distancias mínimas de separación						
Hacia atrás [mm]	-	-	260	260	260	750
A la izquierda de la pared [mm]	-	-	-	-	-	500
A la derecha de la pared [mm]	400	400	400	400	400	750

1) excl. pies de fijación 2) incl. regulación 3) incl. conexión para humos 4) 2065 mm si se coloca en la parte superior 5) incl. cajón para cenizas 6) incl. motor-WTR
7) Consumo eléctrico para caldera de pellets TLM (carga manual)

ANEXO 3: DATOS TÉCNICOS DE LOS CAPTADORES SOLARES



Captador LKN 90 L

Garantía 10 Años. Fabricación Nacional

CE Cumple los requisitos de la Norma Europea EN-12975

Certificación CENER Informe nº 30.0164.0-1

Homologado con certificación GPS-8133

Ventajas

- Facilidad de integración, por su acabado plano y perfil perimetral, en; cubiertas, fachadas, muros corona o fachadas y cubiertas estructurales.
- **Temperregulado:** Altas prestaciones con limitación de temperatura máxima.
- Con **estabilizado térmico:** sin fluctuaciones incontroladas de temperatura.
- **Compensado mecánico:** absorbe los esfuerzos mecánicos debidos a las fluctuaciones de temperatura alargando la vida.
- Captador solar plano de muy alta eficiencia con **superficie selectiva Negra por oxidación del Cu.**
- Mejores prestaciones con baja caída de presión por la disposición y sección de los tubos del absorbedor.
- **Mayor durabilidad:** cristal templado protegido por **carcasa de aluminio "anodizado"** y aislamiento, insensibles a condiciones ambientales.
- Estanqueidad y durabilidad del cristal templado garantizadas por su sistema de **sellado tipo "estructural"**.

Características de Instalación

- **Montaje vertical** sobre superficies o cubiertas planas o inclinadas.
- **Conexión en paralelo** formando grupos de hasta 8 unidades y 13 m².
- Rapidez y eficacia en la conexión: **absorbe las dilataciones** producidas por los cambios de temperatura y ofrece una seguridad ante riesgos imprevistos por congelación.
- Estructura **soporte de acero inoxidable**, fácil de transportar y montar, componible con pocos elementos, **libre de mantenimiento**.
- Permite la **colocación a presión de un embellecedor** que confiere al grupo una superficie plana, sin aberturas entre captadores, ocultando y protegiendo las conexiones y el aislamiento entre captadores.
- Facilidad de desmontar captadores sin necesidad de mover o manipular los demás.



Desde 1977

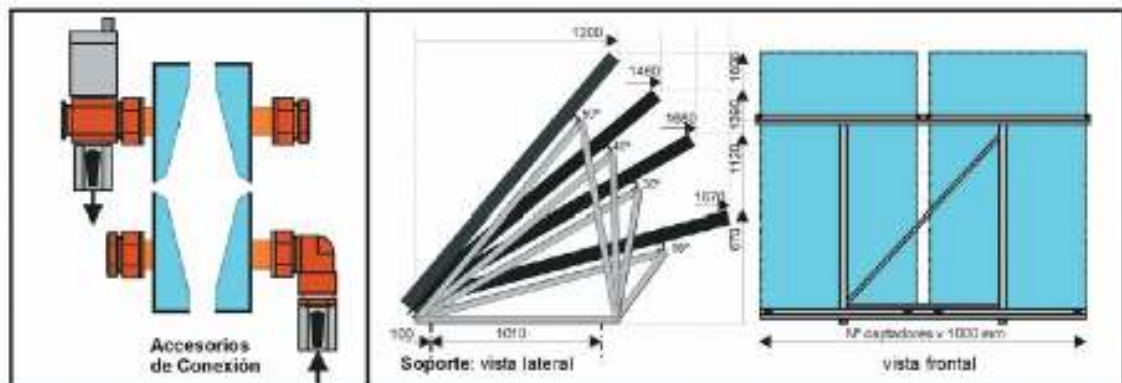
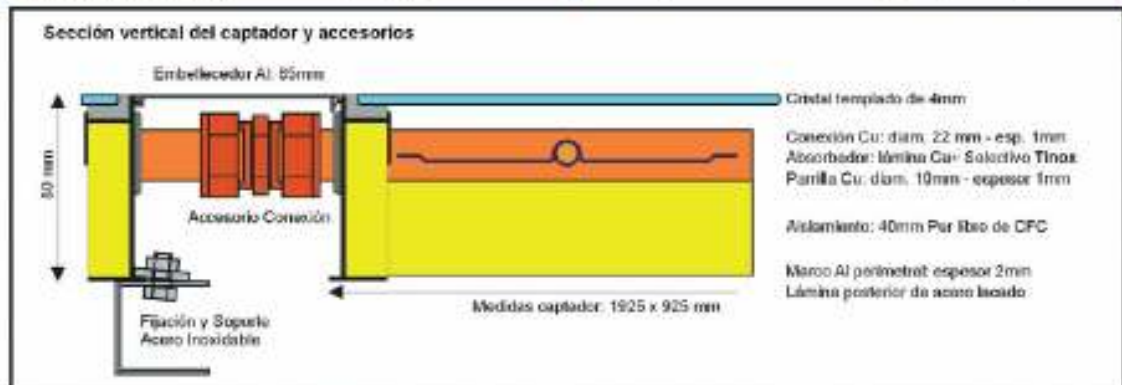
Datos técnicos

DIMENSIONES	Alto x ancho x grueso (mm):	1915x915x80	
	SUPERFICIES	Total bruta:	1,75 m ²
	Abertura útil:	1,63 m ²	
	Absorción:	1,60 m ²	
PESO	En vacío (kg):	46	
CERRAMIENTO	SUPERIOR	Crisol flotante de seguridad	Templado de 4 mm
		Junta estanqueidad	Soldado estructural
	MARCO	Perfil aluminio perimetral	Anodizado negro
	POSTERIOR	Lámina acero	Lacado negro
 AISLAMIENTO	Lateral (libre CFC)	Poliuretano inyectado 20 mm	
	Posterior (libre CFC)	Poliuretano rígido 40 mm	

ABSORVEDOR	Parrilla tubería cobre	1 mm espesor
	Lámina cobre 0,2 mm	Embutida en parrilla
	Tratamiento superficial	Oxido de cobre selectivo
COEFICIENTES DE ENSAYO	Absorción	$\tau = 90\% \pm 2\%$
	Emisión	$\epsilon = 14\% \pm 4\%$
CONEXIONES	4 manguitos laterales	\varnothing : 22 mm
	Racor a compresión	Latón / Teflón
	Capacidad (litros):	1,2
FLUIDO	Tipo:	Agua con glicol y aditivos
PRESIÓN (bar)	De prueba:	18
	Máxima de trabajo:	9
CAUDAL	Recomendado	50 - 85 l/m ² h
FIJACIÓN	Pestaña perimetral	Acero inoxidable
	Tomillaría	Acero inoxidable
SOPORTACIÓN	Estructura desmontable	Acero inoxidable

Rendimiento térmico basado en el área del absorbedor:		
Rendimiento óptico * : τ_{0A}		0,64
Coefficiente de pérdida * : U_{1A}		4 W/m ² K
Coefficiente de pérdida * : U_{2A}		0,01 W/m ² K ²
Temperatura estancamiento:		177°C

Caudal kg/m ² (agua a 20°C ± 2°C):	l/m ² h	Caída presión mbar:
2	75	1
3	113	2
4	150	3
5	188	4



	<h2 style="margin: 0;">INFORME DE ENSAYO</h2>	LABORATORIO DE CAPTADORES SOLARES																				
<p>Identificación</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 33%;">Fabricante:</td> <td style="width: 33%;">LKN SISTEMES, S.L.</td> <td style="width: 33%;">Nº de serie: 4118-01</td> </tr> <tr> <td>Nombre comercial:</td> <td>LKN 90L</td> <td>Dibujos: --</td> </tr> <tr> <td>Tipo de captador:</td> <td>Plano con cubierta</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Año de producción:</td> <td>2006</td> <td></td> </tr> </table>			Fabricante:	LKN SISTEMES, S.L.	Nº de serie: 4118-01	Nombre comercial:	LKN 90L	Dibujos: --	Tipo de captador:	Plano con cubierta		Año de producción:	2006									
Fabricante:	LKN SISTEMES, S.L.	Nº de serie: 4118-01																				
Nombre comercial:	LKN 90L	Dibujos: --																				
Tipo de captador:	Plano con cubierta																					
Año de producción:	2006																					
<p>Dimensiones de la unidad captador</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: 1px solid black;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 30%;">Longitud:</td><td>1915 mm</td></tr> <tr><td>Ancho:</td><td>917 mm</td></tr> <tr><td>Altura:</td><td>80 mm</td></tr> </table> </td> <td style="width: 50%; border: 1px solid black;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 30%;">Área del absorbedor:</td><td>1,60 m²</td></tr> <tr><td>Área de apertura:</td><td>1,63 m²</td></tr> <tr><td>Área total:</td><td>1,75 m²</td></tr> </table> </td> </tr> </table>			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 30%;">Longitud:</td><td>1915 mm</td></tr> <tr><td>Ancho:</td><td>917 mm</td></tr> <tr><td>Altura:</td><td>80 mm</td></tr> </table>	Longitud:	1915 mm	Ancho:	917 mm	Altura:	80 mm	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 30%;">Área del absorbedor:</td><td>1,60 m²</td></tr> <tr><td>Área de apertura:</td><td>1,63 m²</td></tr> <tr><td>Área total:</td><td>1,75 m²</td></tr> </table>	Área del absorbedor:	1,60 m ²	Área de apertura:	1,63 m ²	Área total:	1,75 m ²						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 30%;">Longitud:</td><td>1915 mm</td></tr> <tr><td>Ancho:</td><td>917 mm</td></tr> <tr><td>Altura:</td><td>80 mm</td></tr> </table>	Longitud:	1915 mm	Ancho:	917 mm	Altura:	80 mm	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 30%;">Área del absorbedor:</td><td>1,60 m²</td></tr> <tr><td>Área de apertura:</td><td>1,63 m²</td></tr> <tr><td>Área total:</td><td>1,75 m²</td></tr> </table>	Área del absorbedor:	1,60 m ²	Área de apertura:	1,63 m ²	Área total:	1,75 m ²									
Longitud:	1915 mm																					
Ancho:	917 mm																					
Altura:	80 mm																					
Área del absorbedor:	1,60 m ²																					
Área de apertura:	1,63 m ²																					
Área total:	1,75 m ²																					
<p>Especificaciones generales</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 60%;">Peso (EC):</td><td>46 kg</td></tr> <tr><td>Fluido de transferencia de calor:</td><td>Agua</td></tr> <tr><td>Rango de flujo:</td><td>60 a 150 l/h</td></tr> <tr><td>Caida de presión:</td><td>400 Pa a 4,9 kg y 20 ± 2° C</td></tr> <tr><td>Presión de operación:</td><td>Max 9 kg/cm²</td></tr> <tr><td>Tª estancamiento a 1000 W/m² y 30° de Tª ambiente:</td><td>176,8° C</td></tr> </table>			Peso (EC):	46 kg	Fluido de transferencia de calor:	Agua	Rango de flujo:	60 a 150 l/h	Caida de presión:	400 Pa a 4,9 kg y 20 ± 2° C	Presión de operación:	Max 9 kg/cm ²	Tª estancamiento a 1000 W/m ² y 30° de Tª ambiente:	176,8° C								
Peso (EC):	46 kg																					
Fluido de transferencia de calor:	Agua																					
Rango de flujo:	60 a 150 l/h																					
Caida de presión:	400 Pa a 4,9 kg y 20 ± 2° C																					
Presión de operación:	Max 9 kg/cm ²																					
Tª estancamiento a 1000 W/m ² y 30° de Tª ambiente:	176,8° C																					
<p>El rendimiento térmico ha sido ensayado sobre la base de los métodos</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 25%;">6.1 Exterior</td> <td style="width: 10%;">X</td> <td style="width: 25%;">6.1 Interior</td> <td style="width: 40%;">6.3 Exterior</td> </tr> </table>			6.1 Exterior	X	6.1 Interior	6.3 Exterior																
6.1 Exterior	X	6.1 Interior	6.3 Exterior																			
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: 1px solid black;"> <p>Basado en el área de absorbedor</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 20%;">h₀</td><td style="width: 20%;">0,635</td><td style="width: 60%;"></td></tr> <tr><td>a₁</td><td>4,030</td><td>W/m²K</td></tr> <tr><td>a₂</td><td>0,010</td><td>W/m²K²</td></tr> </table> </td> <td style="width: 50%; border: 1px solid black;"> <p>Basado en el área de apertura</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 20%;">h₀</td><td style="width: 20%;">0,623</td><td style="width: 60%;"></td></tr> <tr><td>a₁</td><td>3,956</td><td>W/m²K</td></tr> <tr><td>a₂</td><td>0,010</td><td>W/m²K²</td></tr> </table> </td> </tr> </table> <p>En caso de 6.3 se deberán adjuntar a este documento los resultados de ensayos de acuerdo con el anexo M</p>			<p>Basado en el área de absorbedor</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 20%;">h₀</td><td style="width: 20%;">0,635</td><td style="width: 60%;"></td></tr> <tr><td>a₁</td><td>4,030</td><td>W/m²K</td></tr> <tr><td>a₂</td><td>0,010</td><td>W/m²K²</td></tr> </table>	h ₀	0,635		a ₁	4,030	W/m ² K	a ₂	0,010	W/m ² K ²	<p>Basado en el área de apertura</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 20%;">h₀</td><td style="width: 20%;">0,623</td><td style="width: 60%;"></td></tr> <tr><td>a₁</td><td>3,956</td><td>W/m²K</td></tr> <tr><td>a₂</td><td>0,010</td><td>W/m²K²</td></tr> </table>	h ₀	0,623		a ₁	3,956	W/m ² K	a ₂	0,010	W/m ² K ²
<p>Basado en el área de absorbedor</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 20%;">h₀</td><td style="width: 20%;">0,635</td><td style="width: 60%;"></td></tr> <tr><td>a₁</td><td>4,030</td><td>W/m²K</td></tr> <tr><td>a₂</td><td>0,010</td><td>W/m²K²</td></tr> </table>	h ₀	0,635		a ₁	4,030	W/m ² K	a ₂	0,010	W/m ² K ²	<p>Basado en el área de apertura</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 20%;">h₀</td><td style="width: 20%;">0,623</td><td style="width: 60%;"></td></tr> <tr><td>a₁</td><td>3,956</td><td>W/m²K</td></tr> <tr><td>a₂</td><td>0,010</td><td>W/m²K²</td></tr> </table>	h ₀	0,623		a ₁	3,956	W/m ² K	a ₂	0,010	W/m ² K ²			
h ₀	0,635																					
a ₁	4,030	W/m ² K																				
a ₂	0,010	W/m ² K ²																				
h ₀	0,623																					
a ₁	3,956	W/m ² K																				
a ₂	0,010	W/m ² K ²																				
<p>Potencia extraída por unidad de captador (W)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th style="width: 25%;">T_m - T_a (K)</th> <th style="width: 25%;">400 W/m²</th> <th style="width: 25%;">700 W/m²</th> <th style="width: 25%;">1000 W/m²</th> </tr> <tr><td>10</td><td>340</td><td>645</td><td>950</td></tr> <tr><td>30</td><td>199</td><td>503</td><td>808</td></tr> <tr><td>50</td><td>44</td><td>349</td><td>654</td></tr> </table>			T _m - T _a (K)	400 W/m ²	700 W/m ²	1000 W/m ²	10	340	645	950	30	199	503	808	50	44	349	654				
T _m - T _a (K)	400 W/m ²	700 W/m ²	1000 W/m ²																			
10	340	645	950																			
30	199	503	808																			
50	44	349	654																			
<p>Modificador del ángulo de incidencia K₅₈ 0,95</p>																						
<p>Instituto de ensayos: CENER Fecha: 03/10/2006</p>																						
Informe nº: 30.0164.0-1 Anexo 7	Fecha de emisión: 03/10/2006	Página: 3/3																				

ANEXO 4: DATOS TÉCNICOS DE LOS ACUMULADORES

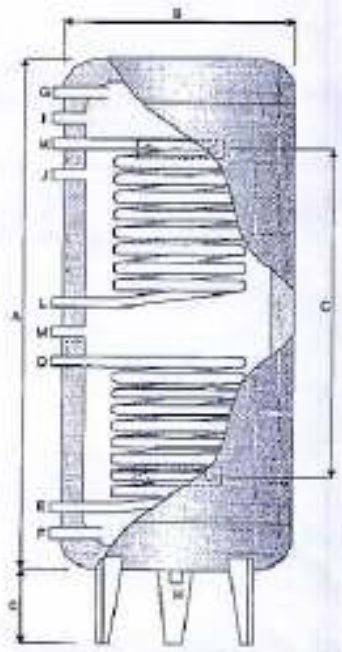
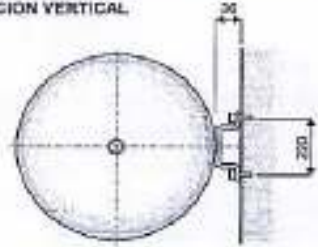
ACUMULADORES CON 2 SERPENTINES **Modelo IS-2**
INOX AISI 316 L

Modelo IS-2:
Depósito para producción y acumulación de agua caliente sanitaria desde 100 hasta 1000 litros de capacidad. Libre de mantenimiento.
Fabricado totalmente en acero inoxidable AISI-316L por lo que es inmune a la corrosión incluso con agua muy agresiva. Aislamiento de 30mm de espuma rígida de poliuretano inyectado, libre de CFC.
Sistema de producción de agua caliente sanitaria por calentamiento indirecto a través de serpentín.
Hasta 200 litros, diseñado para instalación vertical, mural o sobre suelo indistintamente.
A partir de 300 litros se suministra con apoyos inferiores, en estos casos la cota C = distancia al suelo.
Excelente acabado exterior en carcasa de políster de color blanco.
Garantía 5 años.

CODIGO	DESCRIPCION	Potencia* Kcal/h	PESO Kg	DIMENSIONES (mm)		
				A	B	C
DIP0100	ACUMULADOR 100L 2INTISERP INOX AISI 316L	6285	25	180	430	740
DIP0150	ACUMULADOR 150L 2INTISERP INOX AISI 316L	6293	30	180	510	740
DIP0200	ACUMULADOR 200L 2INTISERP INOX AISI 316L	6343	35	180	590	740
DIP0300	ACUMULADOR 300L 2INTISERP INOX AISI 316L	13720	92,5	140	620	190
DIP0500	ACUMULADOR 500L 2INTISERP INOX AISI 316L	17694	128,5	170	720	190
DIP0750	ACUMULADOR 750L 2INTISERP INOX AISI 316L	23404	175	180	800	190
DIP21000	ACUMULADOR 1000L 2INTISERP INOX AISI 316L	34230	235,5	220	800	190

* Potencia por serpentín.
Los depósitos de 100, 150 y 200 litros se instalan indistintamente colgados de pared o sobre suelo.

INSTALACION VERTICAL



CONEXIONES:

	1/2"	3/4"	1"
D: Entrada agua primario s. solar.	3/4"	3/4"	1"
E: Salida agua primario s. solar.	3/4"	3/4"	1"
F: Entrada APS y válv. seguridad.	3/4"	1"	1"
G: Salida agua caliente sanitaria.	3/4"	1"	1"
H: Ventilado.	-	-	1"
I: Entrada técnica/limpieza.	-	3/4"	3/4"
J: Termostato.	1/2"	1/2"	1/2"
K: Entrada primario calefacción.	3/4"	3/4"	1"
L: Salida primario calefacción.	3/4"	3/4"	1"
N: Pock Eléctrico / resistencia.	opcional	1.1/4"	1.5/4"

Próx de trabajo:
Acumulador: 6 Kg/cm2
Serpentín: 3 Kg/cm2