

UNIVERSIDAD DE SEVILLA
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ENERGÉTICA
TITULACIÓN: INGENIERO INDUSTRIAL

PROYECTO FIN DE CARRERA:

***CENTRO DEMOSTRATIVO DE
ENERGÍAS RENOVABLES EN EL
“AULA DE LA NATURALEZA DE
NARVÁEZ”***

Autor: Leonardo Pereda Benavente
Tutor: Servando Álvarez Domínguez

Proyecto fin de carrera:

Centro Demostrativo de energías Renovables, Aula de la naturaleza de Narváez (Sierra de Baza).

Autor:

Pereda Benavente, Leonardo

NIF: 45 656 667 B

Titulación:

Ingeniería Industrial

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Sevilla

Camino de los Descubrimientos, S.N. Isla de la Cartuja Sevilla - 41092

TLF: 95.448.61.00/61.50/73.96

FAX: 95.448.61.20

Tutor:

Álvarez Domínguez, Servando

Departamento:

Ingeniería Energética

Fecha:

30 noviembre del 2008

TABLA DE CONTENIDOS

0	INTRODUCCIÓN	6
0.1	Localización.....	6
0.2	Exposición del proyecto	16
1	OBJETIVOS.....	19
1.1	Instalación de producción de energía eléctrica con sistema de captadores solares fotovoltaicos	19
1.2	Sistema de producción de energía térmica con biomasa.....	19
1.3	Sistema de producción de ACS con captadores solares de baja temperatura	20
2	ACTUACIONES DE REMODELACIÓN	21
2.1	Remodelaciones arquitectónicas.....	21
2.2	Cambios de las instalaciones.....	22
2.2.1	Instalación para calefacción.....	22
2.2.2	Instalación de Captadores solares fotovoltaicos.....	23
2.2.3	Instalación para el tratamiento y suministro de biomasa a las calderas. 23	
2.2.4	Instalación para ACS.....	23
2.2.5	Instalaciones para el ahorro y la eficiencia energética del complejo.	24
2.3	Planta de preparación de biomasa.....	24
3	NORMATIVA APLICABLE	24
	ANEJO I: INSTALACIÓN DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON SISTEMA DE CAPTADORES SOLARES FOTOVOLTAICOS.....	26
4	UBICACIÓN	27
5	DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN	27
5.1	Subsistema de generación	27
5.2	Subsistema de potencia	28
5.3	Sistema de Control y Monitoreo	29
6	CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.....	29
7	CÁLCULO DE LA RED DE BAJA TENSIÓN.....	35
7.1	Cálculo y comprobación de secciones del lado de continua	35
7.2	Cálculo y comprobación de secciones del lado de alterna.....	36
8	INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA.....	36
9	ESQUEMA UNIFILAR.....	37

ANEJO II: PRODUCCIÓN DE ENERGÍA TÉRMICA CON BIOMASA.....	38
10 SITUACIÓN ACTUAL DEL COMPLEJO	39
11 BASES DEL DISEÑO.....	39
11.1 Discriminación y selección de materiales.....	40
11.2 Trituración y cribado.....	40
11.3 Almacenamiento y condiciones de conservación.....	40
12 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	40
13 DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN	41
13.1 Caracterización de la biomasa a procesar.....	41
13.2 Silo de biomasa bruta.	42
13.3 Transportador de cadenas o redler	43
13.4 Criba	43
13.5 Astilladora	44
13.6 Silo de biomasa para alimentación de calderas.....	44
14 GESTIÓN DE LAS CENIZAS.....	46
15 BALANCE DE MASAS	46
16 INSTALACIÓN DE CALDERAS DE BIOMASA.....	47
16.1 Valores de diseño	47
16.2 Funcionamiento de las calderas	47
16.3 Especificaciones técnicas calderas.....	47
17 FUNCIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN DE AGUA	48
18 ESTUDIO DE VIABILIDAD AMBIENTAL: EMISIONES.....	50
18.1 Proyecto de antigua implantación	51
18.2 Proyecto de nueva implantación	54
ANEJO III: SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE ACS CON CAPTADORES SOLARES	56
19 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN	57
20 CÁLCULO DEL CONSUMO DE ACS	59
21 CÁLCULO DE LA DEMANDA ENERGÉTICA.....	59
21.1 Datos de partida.....	59
22 CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA.....	61
23 CRITERIOS GENERALES DE LA INSTALACIÓN.....	63
23.1 Dimensionamiento preliminar.....	63

23.2	Selección de la configuración básica	63
23.3	Fluido de trabajo	64
24	OTROS CONDICIONANTES DEL SISTEMA	64
24.1	Rango de presión.....	64
24.2	Prevención de flujo inverso	64
25	DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN	64
25.1	Generalidades.....	64
25.2	Ubicación de los colectores	65
25.3	Conexionado.....	65
25.4	Estructura soporte.....	65
25.5	Intercambiador de placas.....	66
25.6	Sistema de acumulación solar	66
25.7	Sobrecalentamiento. Sistemas de disipación.....	67
25.8	Circuito hidráulico.....	67
25.8.1	Dimensionado de circuito hidráulico	67
25.8.2	Dimensionado del aislante.....	68
25.9	Volumen del fluido caloportador.....	69
25.10	Elección de bombas.....	69
25.10.1	Primario	70
25.10.2	Secundario.....	70
25.11	Vaso de expansión.....	71
25.12	Disposición.....	73
26	CÁLCULO DE PÉRDIDAS	74
26.1	Pérdidas por inclinación	74
26.2	Pérdidas por sombras	75
27	MANTENIMIENTO DEL SUELO RADIANTE	75
27.1	Cálculo de variables.....	75
27.1.1	Primario:	75
27.1.2	Secundario:.....	76
27.1.3	Intercambiador.....	76
27.2	Elección del intercambiador	76
28	BIBLIOGRAFÍA	77

0 INTRODUCCIÓN

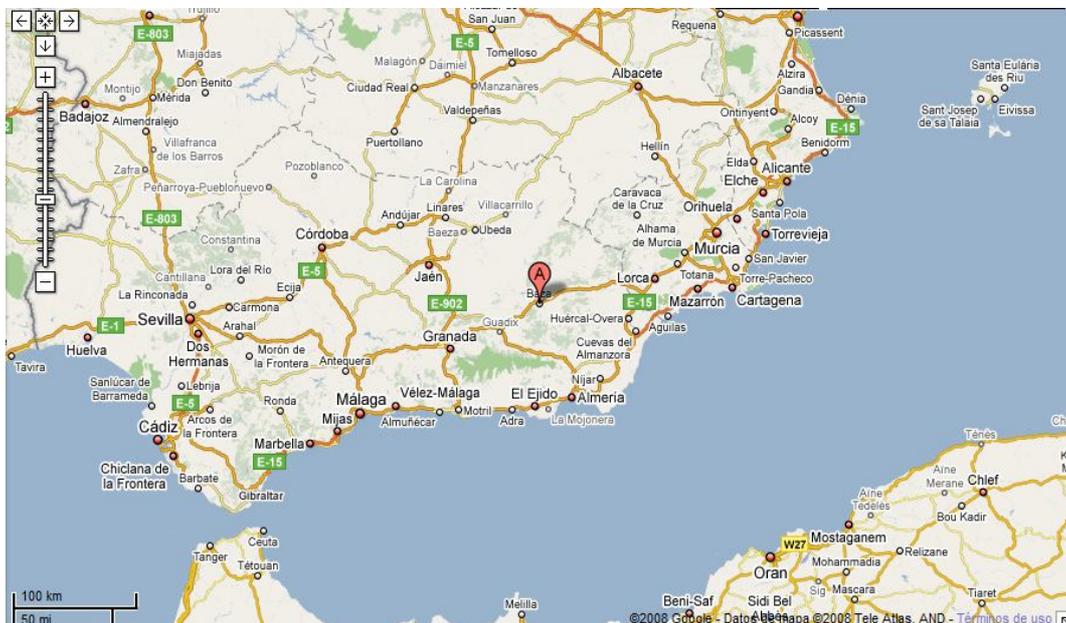
0.1 Localización

El Aula de la Naturaleza “Narváez”, se encuentra situado en el Parque Natural de la Sierra de Baza, está localizado en el oeste del término municipal de Baza. A sus instalaciones se accede por la salida 324 de la autovía A-92, a unos 10 km de Baza. Este acceso tiene una longitud aproximada de 5 km y se encuentra totalmente pavimentado. Sus coordenadas UTM son:

X = 512.934

Y = 4.141.787

Huso UTM: 29



Aquí se muestran unas fotos del emplazamiento:



Aula de la Naturaleza de Narváez, Sierra de Baza



Camino de entrada al Centro de Visitantes



Centro de visitantes



Centro de visitantes parte de atrás



Camino de llegada al Centro de Visitantes de Narváez, Sierra de Baza



Centro de Visitantes



Centro de Visitantes



Centro de visitantes a la derecha y Aula de la Naturaleza



Cantera



Lugar donde se creará el Centro de Energías Renovables

0.2 Exposición del proyecto

El proyecto consta de una rehabilitación arquitectónica de un “Aula de la naturaleza” en la que se introducirán un centro demostrativo de energías renovables, en este caso biomasa, solar fotovoltaica y solar térmica de baja temperatura.

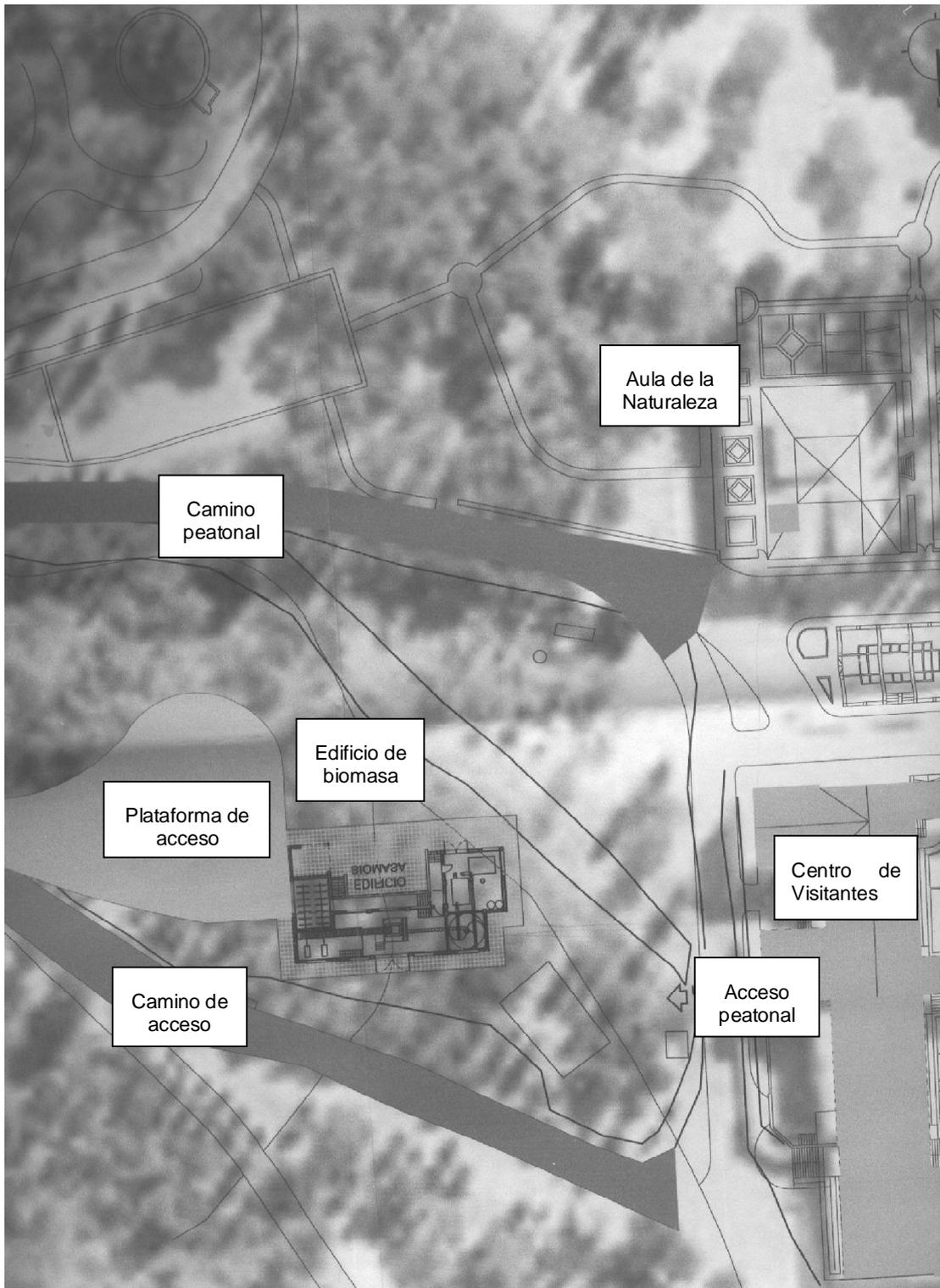
El presente documento tiene por objeto describir las actuaciones a realizar en el Aula de la Naturaleza “Narváez”, situado en el Parque Natural de la Sierra de Baza (Granada); con el fin de ampliar, reformar y modernizar de los servicios que se prestan, así como aumentar la eficiencia energética de sus instalaciones y el uso de energías renovables.

En resumen, la necesidad de dichas actuaciones se hace evidente por:

- Aumentar el número de plazas para disfrute del centro.
- Garantizar la habitabilidad y confortabilidad de las instalaciones.
- Aumento de la eficiencia energética del edificio.

- Utilización de energías renovables, eliminando las fuentes de energía no renovables.
- Utilización óptima de los recursos naturales disponibles en el entorno más cercano.

Este documento permitirá justificar los incentivos solicitados dentro de la Orden 11 de abril de 2007 de la Consejería de Innovación, Ciencia y Egreso de la Junta de Andalucía.



1 OBJETIVOS

1.1 Instalación de producción de energía eléctrica con sistema de captadores solares fotovoltaicos

El objetivo del ANEJO I es establecer el diseño y las condiciones técnicas, para la instalación de un sistema fotovoltaico en el Aula de la Naturaleza de la Sierra de Baza, Granada. Así como, servir de documento base para la solicitud de subvención, bajo la Orden de 11 de abril de 2007, por la que se establece las bases reguladoras de un programa de incentivos para el desarrollo energético sostenible de Andalucía.

1.2 Sistema de producción de energía térmica con biomasa

El ANEJO II tiene por objetivo establecer y justificar todos los aspectos técnicos y las condiciones económicas que permitan la realización de una planta para la producción de biocombustible sólido a partir de Biomasa y la Fracción Resto de planta de reciclado y compostaje.

La utilización de biomasa como fuente energética busca conseguir los siguientes objetivos:

Objetivos técnicos:

- Desarrollo de un proceso tecnológico para la producción de combustibles alternativos a partir de diversos tipos de biomasa y de fracción resto procedente de planta de reciclado y compostaje.
- Validación del proceso, a escala industrial, para producir combustibles finales asimilables a biomasa que permitan su valorización en condiciones de producción de energía en régimen especial y bajo epígrafes de biomasa.
- Obtención de un combustible, a escala industrial, asimilable a biomasa con unos estándares que garanticen su homogeneidad, presente garantías de suministro y de operación y mantenimiento. Los combustibles deberán producirse en cantidad y durante un período suficiente para validar las condiciones anteriores con las necesarias garantías.
- Demostración y caracterización de la valorización energética de los combustibles que permitan evaluar las condiciones para la posterior incorporación del módulo de generación energética más adecuado para la viabilidad técnico-económica de la instalación.

Objetivos comerciales.

- Caracterización y estudio, a escala industrial, de la producción y condicionantes de los diversos tipos de combustibles alternativos,

generados en el proceso a desarrollar, para evaluar la viabilidad de valorización en instalaciones propias para producción de energía en condiciones de régimen especial. Las inversiones en las instalaciones de valorización no se incluyen en el alcance del presente proyecto.

Objetivos ambientales:

- Mejora de la problemática ambiental asociada al vertido controlado de la fracción resto de plantas de reciclado y compostaje.
- Contribución a la reducción de emisiones de gases con efecto invernadero (metano), según objetivos de Kyoto, priorizando la valorización energética frente al vertido.
- Valorización de biomasa residual que actualmente son abandonadas ó quemadas sin control ambiental.
- Características de esta fracción resto que hacen factible su valorización energética en óptimas condiciones técnicas y ambientales; ya que es obtenida tras procesos previos de valorización material.

Objetivos estratégicos:

- Contribución a los objetivos básicos del PLEAN y del PER de generación de energía eléctrica a partir de biomasa. La contribución del nuevo proceso, a desarrollar y validar, supone una alternativa novedosa que aporta, respecto a la situación actual, las siguientes ventajas:
 - Mejoras en las garantías de suministro de combustible frente a proyecto concebidos exclusivamente en base a biomasa agrícola ó forestal.
 - Mejoras en las condiciones de viabilidad económica por los ingresos adicionales por gestión de fracción resto alternativa al vertido.

1.3 Sistema de producción de ACS con captadores solares de baja temperatura

El objetivo del ANEJO III es aportar la documentación técnica necesaria, tal como queda dispuesto por el CTE-HE4 para la implementación de una instalación de colectores solares para producción de ACS, en un edificio de nueva construcción incluido en las instalaciones del Aula de la Naturaleza de Narváez, situado en la Sierra de Baza, Granada. Dicho edificio será destinado a albergar una instalación de biomasa. La cubierta del edificio es a un agua, orientada hacia el Sur. La instalación tendrá una integración total en la cubierta, disponiéndose de un espacio en la zona inferior, para realizar toda la instalación hidráulica del campo de captadores. El diseño que se desarrolla a continuación abarca desde el campo de colectores hasta el acumulador, encontrándose la instalación de distribución de ACS, desarrollada en el Anejo de Fontanería de este mismo proyecto.

2 ACTUACIONES DE REMODELACIÓN

2.1 Remodelaciones arquitectónicas

Se plantea la remodelación de los actuales espacios destinados a alojamiento de visitantes, del Aula de la Naturaleza de Narváez en Baza. La nueva distribución del albergue permite disponer de 20 habitaciones dobles con cuarto de baño incorporado, espacios de circulación y sala de estar. La superficie total afectada por la remodelación es de unos 640 m² repartidos en dos plantas. En la planta baja se situarán 7 de los dormitorios, uno de los cuales estará adaptado a personas con problemas de movilidad, y la sala de estar. La planta alta estará ocupada por otras 13 habitaciones y un office.

La intervención no se limita a una redistribución espacial, si no que alcanza a los restantes aspectos constructivos que determinan el nivel de confort y sostenibilidad de estos espacios. El uso de energías alternativas, y más aún, el ahorro de la energía para no consumirla en exceso, son factores determinantes en el diseño de instalaciones y soluciones constructivas; así como la normativa obligatoria vigente con el nuevo Código Técnico de la Edificación como referente.

Para limitar el consumo de energía las fachadas del edificio se trasdosarán con una capa de aislamiento de lana mineral ($\lambda=0,041$ W/mK) de 5 cm de espesor y un tabique interior de ladrillo hueco doble (6 cm); lo que proporcionará aislamiento térmico (transmitancia) de 0,54 W/m²K.

Además, las carpinterías de aluminio lacado con acristalamiento doble 4-6-4 y persiana enrollable de lamas de aluminio lacado, serán de clase 2 ó superior conforme a la norma UNE 1026, con una permeabilidad al aire, medida con una sobrepresión de 100 Pa, de valor inferior a 27 m³/h m².

El cerramiento de separación de la zona destinada a albergue y los restantes espacio del Aula de la Naturaleza estará formado por aislante de poliestireno extruido XPS ($\lambda=0,038$ W/mK) de 3 cm de espesor al exterior y hoja interior de ladrillo cerámico perforado de 13,5 cm de espesor para revestir, lo que proporcionará un aislamiento acústico al ruido aéreo 47 dBA. Las divisiones entre habitaciones estarán formadas por fábrica de ladrillo perforado de 14,5 cm de espesor tomado con mortero de cemento 1:6 (M-40).

Se dispondrá de unos medios adecuados destinados a atender la demanda de bienestar térmico e higiene a través de las instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria, con objeto de conseguir un uso racional de la energía que consumen, por consideraciones tanto económicas como de protección al medio ambiente, y teniendo en cuenta a la vez los demás requisitos básicos que deben cumplirse en el edificio, y todo ello durante un periodo de vida económicamente razonable.

Una parte de las necesidades energéticas derivadas de la demanda de agua caliente sanitaria, se cubrirá mediante la incorporación de sistemas de captación, almacenamiento y utilización de energía solar de baja temperatura adecuada a la radiación solar global del emplazamiento y a la demanda de agua caliente del albergue. El equipamiento higiénico previsto de agua apta para el consumo de forma sostenible, aportará caudales suficientes para su funcionamiento, sin alteración de las propiedades de aptitud para el consumo e impidiendo los posibles retornos que puedan contaminar la red, incorporando medios que permitan el ahorro y el control del caudal del agua. Además, los puntos terminales de utilización tendrán unas características tales que eviten el desarrollo de gérmenes patógenos. El diseño y dimensionado de estas instalaciones se hará según el DB HE-4 y el HS-4 del CTE, el Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios RITE, y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITE.

Se dispondrá de medios para que las habitaciones y demás recintos del albergue puedan ventilar adecuadamente, de forma que se aporte un caudal suficiente de aire exterior y se garantice la extracción y expulsión del aire viciado por los contaminantes. Se ajustará el diseño a las exigencias básicas que al respecto recoge el CTE (DB HS-3).

2.2 Cambios de las instalaciones

Debemos diferenciar el origen de los cambios en las instalaciones propuestos. Unos vendrán asociados a las modificaciones arquitectónicas del edificio; y otros promovidos por el objetivo de ahorro y eficiencia energética.

**** Instalaciones asociados a las modificaciones arquitectónicas.***

Como consecuencia de la redistribución de los espacios interiores del edificio, descritas en el apartado anterior, será necesario cambiar las instalaciones que permitan dotar a las habitaciones de agua, calefacción (mural y suelo radiante), ACS y electricidad. Todas ellas se realizarán siguiendo los criterios de máxima eficiencia energética y las normativas de obligado cumplimiento (CTE).

La instalación que afecta al objeto del presente documento es la calefacción y el ACS.

**** Instalaciones para el ahorro y la eficiencia energética del complejo.***

Estas actuaciones se centran en la reducción del consumo eléctrico del complejo, asociado a la iluminación del mismo.

2.2.1 Instalación para calefacción.

El sistema de aporte de energía térmica al complejo será mediante una instalación solar térmica y calderas de biomasa.

La calefacción se efectuará por agua caliente, suministrada por una caldera de biomasa (astilla de pino). La remodelación proyectada no supondrá un aumento significativo en la potencia ya instalada para calefacción; salvo en la asociada al suelo radiante.

TIPO	POTENCIA	COMBUSTIBLE
Caldera de biomasa	298 kW	Astilla pino

La justificación de la potencia de la caldera aparece en el **Anejo II**, del presente documento.

2.2.2 Instalación de Captadores solares fotovoltaicos

Se instalará un sistema de captadores fotovoltaicos con conexión a red con el fin de servir de ejemplo de fuente de energía renovable, teniendo en cuenta con ello la implicación de "Aula Escuela de la Naturaleza".

Los cálculos aparecen reflejados en el **Anejo I** del presente documento.

2.2.3 Instalación para el tratamiento y suministro de biomasa a las calderas.

Dado el emplazamiento del complejo, Parque Natural de Sierra de Baza en Granada, se dispone de una fuente energética renovable de uso casi directo.

Cantidad de biomasa bruta a almacenar en un mes de 12,31 toneladas. Lo que supone un volumen de biomasa bruta a almacenar de 50 m³.

Para el almacenamiento se construirá un silo con un sistema de extracción automática mediante alimentador de doble tornillo y rascador móvil que evite la formación de bóvedas.

Mediante una astilladora, reduciremos el tamaño de la astilla hasta el demandado por las calderas (menor de 20 mm). La capacidad de procesamiento viene determinada al considerar 80 horas de producción al mes, lo que supone dimensionar todos los equipos para una capacidad de 175 kg/h.

La biomasa procesada pasará a un silo pulmón que será capaz de garantizar el consumo de una semana de las calderas.

Los cálculos aparecen reflejados en el **Anejo II** del presente documento.

2.2.4 Instalación para ACS.

La instalación Solar Térmica se dimensionará para abastecer el ACS, y si fuera posible, como precalentamiento para el agua de calefacción. Los datos básicos de la instalación son:

Nº de captadores	COBERTURA
18	70,5%

La justificación de la solución adoptada aparece en el **Anejo III**, del presente documento.

2.2.5 Instalaciones para el ahorro y la eficiencia energética del complejo.

Al sustituir las lámparas existentes por otras de bajo consumo se conseguirá una disminución como mínimo del 40% en iluminación. En el siguiente cuadro se resume el ahorro energético previsto.

kW instalados	Horas de funcionamiento	kWh/mes	% de ahorro	Total (kWh/mes)
34,067 kW en alumbrado interior	4	4 088,04	40%	1 635,22

El objetivo de las actuaciones previstas era conseguir un 10% de ahorro en el consumo eléctrico del complejo. En el cuadro se observa que con las medidas que se van a adoptar se podría llegar hasta el 40% de disminución en el gasto energético del complejo.

2.3 Planta de preparación de biomasa

Se creará una planta de preparación de biomasa que albergará en su techo los captadores fotovoltaicos y los captadores solares térmicos. En el interior de la planta de biomasa se encuentran todos los sistemas necesarios tanto para la producción y almacenamiento de las astillas utilizadas en las calderas de biomasa como para la obtención de energía térmica y eléctrica.

3 **NORMATIVA APLICABLE**

El marco legislativo actual en materia de diseño y construcción se compone de normas básicas, instrucciones y reglamentos, cuya aplicación se adaptará a las características particulares de este Proyecto y quedará sometida a las condiciones que el proyectista estima necesarias.

Los principales documentos de referencia en la redacción del Proyecto se reseñan a continuación:

- Ordenación urbanística de Andalucía. [LOUA]. Ley 7/2002, del 17 de Diciembre.
- Instrucción de hormigón estructural. [EHE]. Real Decreto 2661/1998.

- Reglamento electrotécnico de baja tensión e instrucciones técnicas complementarias. [REBT]. Real Decreto 482/2002 del 2 de Agosto.
- Reglamento general de la ley de contratos con las administraciones públicas. Real Decreto 1098/2001 del 12 de Octubre.
- Prevención de Riesgos Laborales. [PRL]. Ley 31/1995, del 8 de noviembre.
- Disposiciones mínimas en materia de seguridad y salud en las obras de construcción. Real Decreto 1627/1997 del 24 de Octubre.
- Código técnico de la edificación. [CTE]. Real Decreto 314/2006 del 17 de Marzo.
- RITE-2007. Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.
- RD 105/2008, de 1 de febrero. Regulación de la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.

ANEJO I: INSTALACIÓN DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON SISTEMA DE CAPTADORES SOLARES FOTOVOLTAICOS

subcampos es de 2 160Wp y la instalación al completo 6480Wp. En el siguiente cuadro se resumen las características técnicas de los módulos fotovoltaicos:

Características	
Potencia Nominal	180W
Tensión en el punto de máxima potencia (Vmp)	36,2V
Corriente en el punto de máxima potencia (Imp)	5,0A
Corriente de cortocircuito (Isc)	5,4A
Tensión de circuito abierto (Voc)	44,8V
Coeficiente de temperatura de Isc	(0,065±0,015)%/K
Coeficiente de temperatura de Voc	-(160±20)mv/k
NOCT	47±2°C
Dimensiones (mm)	1593X790X50
Peso (Kg)	15,4

La estructura soporte de los módulos fotovoltaicos proporcionarán a los mismos la sujeción necesaria así como la total integración sobre la cubierta. Se realizará en acero inoxidable, aluminio o cualquier otro material que no sea susceptible de sufrir oxidación.

5.2 Subsistema de potencia

El campo fotovoltaico produce electricidad en forma de corriente continua, a 24V, para poder conectarnos a la red de distribución, será necesario transformar ésta energía, en forma de corriente continua a corriente alterna trifásica a 400V. Para realizar ésta transformación, se instalarán tres (3) inversores de potencia, cada uno de los cuales será alimentado por doce (12) módulos que conforman cada subcampo fotovoltaico. La salida de cada uno de los inversores, a 230V, se conectará a cada una de las fases del embarrado trifásico de salida de la instalación, tal como se indica en el esquema eléctrico de la instalación. Para completar el sistema se incluirá un PC para control y monitoreo, así como el aparellaje de protección y maniobra. Las protecciones se realizará mediante interruptores magnetotérmicos de corte omnipolar, bipolar o tetrapolar según el caso, y protección diferencial en la salida general, según esquema en planos. Los interruptores serán específicos para el tipo de corriente, bien continua o alterna. También se incluirán descargadores de sobretensión en la entrada de los inversores, así como a la salida del embarrado trifásico de la instalación. Para evitar posibles descargas eléctricas al personal de mantenimiento, debido a la falta de aislamiento, se instalarán vigilantes de aislamiento con rearme automático en la salida de cada uno de los subcampos fotovoltaicos. En la siguiente tabla se resumen las características técnicas de los inversores:

Características	
Máxima potencia CC(Wp)	2.700

Mínima tensión MPP (V)	150
Máxima tensión MPP (V)	400
Máxima tensión CC (V)	500
Máxima corriente CC (A)	14,30
Potencia máxima CA (W)	1.800
Máxima potencia en CA (W)	2.000
Máx. rendimiento (%)	94,30
Máx. rendimiento europeo (%)	92,30
Transformador	Si
Peso (Kg)	9
Dimensiones (mm)	366x344x220
Protección	IP 21
Intervalo de temperaturas	-20 a 50°C

5.3 Sistema de Control y Monitoreo

La instalación se completará con PC que reciba la señal de los inversores, el sistema y el software instalado será capaz de representar las siguientes variables:

- Tensión de corriente de entrada.
- Potencia activa de salida y potencia de entrada.
- Radiación y temperatura en el campo fotovoltaico.
- Energía total inyectada en la red.
- Estado del sistema, marcha-paro, seguimiento del punto de máxima potencia, alarmas, etc.

El sistema permitirá visualizar un histórico de energía producida por mes y año, con valores medios y picos obtenidos, día de máxima producción.

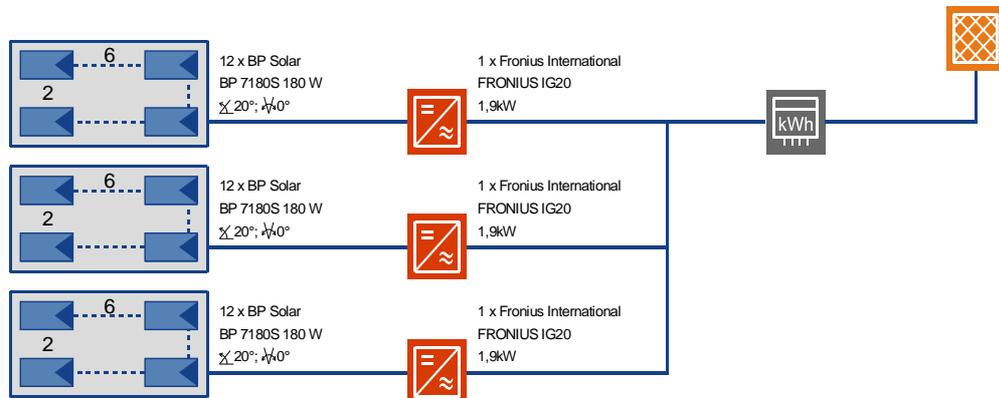
La instalación contará con todas las protecciones necesarias para su correcto funcionamiento y para garantizar su seguridad hacia terceros.

6 CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

El cálculo de la instalación se ha realizado con el "Programa para diseño y simulación de sistemas fotovoltaicos PV-SOL para WINDOWS™" con número de serie 37488-012P-300-CXBI-1-FJCX-NT-CXBI-AGQ.

Para proceder a la simulación, es necesario introducir en el programa, modelos de equipos concretos de su base de datos. Estos equipos, no serán tenidos en cuenta a la hora de realizar las ofertas económicas, prevaleciendo las características técnicas incluidas en el Pliego de Condiciones Técnicas.

A continuación se muestran los resultados obtenidos con el programa de cálculo:



Ubicación:	Granada	
Archivo de datos climáticos:	Granada	
Potencia FV:	6,48	kWp
Superficie FV bruta/ de referencia:	45,30 / 45,30	m ²
Irradiación al generador FV:	62.656	kWh
Energía producida por el generador FV(AC):	6.201,7	kWh
Inyección en la red:	6.201,7	kWh
Grado de eficiencia del sistema:	9,9	%
Performance ratio (Eficiencia del sistema):	69	%
Rendimiento específico anual:	953,9	kWh/kWp
Emisión de CO2 evitada	5.477	kg/a

Los resultados son calculados usando un modelo matemático. El rendimiento real del sistema FV

puede variar debido a las variaciones de las condiciones climáticas, módulos, eficiencia del inversor y otros factores.

El diagrama anterior es un esbozo, y no puede reemplazar el dibujo técnico profesional del sistema FV.

Sistema conectado a la red

Ubicación:	Granada	Potencia FV:	6,48 kWp
Archivo de datos climáticos:	Granada	Superficie FV bruta/ referencia:	de 45,3 m ² / 45,3 m ²
Nº. de subgeneradores:	3		

Subgenerador 1

Potencia:	2,16 kW	Reflexión del suelo:	20,0 %
Superficie de referencia / bruta:	15,1 m ² / 15,1 m ²	Pérdidas de potencia por desvío de AM 1.5:	1,0 %
Módulo FV	12 x	Desvío de las especificaciones del fabricante:	2,0 %
Fabricante:	BP Solar	En diodos:	0,5 %
Tipo:	BP 7180S	Por ensuciamiento:	1,5 %
Potencia nominal:	180 W	Inversor	1 x
Desviación de la potencia nominal:	0 %	Fabricante:	Fronius International
Eficiencia (STC):	14,3 %	Tipo:	FRONIUS IG20
Nº. de Módulos en serie:	6	Potencia:	1,94 kW
Tensión MPP (STC):	216 V	Eficiencia europea:	92,3 %
Orientación:	12,0 °	Nº de seguidores MPP:	1
Ángulo de inclinación:	20,0 °	Seguimiento MPP:	150 V hasta 400 V
Instalación:	Sin ventilación		
Sombra:	si		

subgenerador 2

Potencia:	2,16 kW	Reflexión del suelo:	20,0 %
Superficie de referencia / bruta:	15,1 m ² / 15,1 m ²	Pérdidas de potencia por	

Módulo FV	12 x	desvío de AM 1.5:	1,0 %
Fabricante:	BP Solar	Desvío de las especificaciones del fabricante:	2,0 %
Tipo:	BP 7180S	En diodos:	0,5 %
Potencia nominal:	180 W	Por ensuciamiento:	0,0 %
Desviación de la potencia nominal:	0 %	Inversor	1 x
Eficiencia (STC):	14,3 %	Fabricante:	Fronius International
Nº. de Módulos en serie:	6	Tipo:	FRONIUS IG20
Tensión MPP (STC):	216 V	Potencia:	1,94 kW
Orientación:	12,0 °	Eficiencia europea:	92,3 %
Ángulo de inclinación:	20,0 °	Nº de seguidores MPP:	1
Instalación:	Sin ventilación	Seguimiento MPP:	150 V hasta 400 V
Sombra:	si		

subgenerador 3

Potencia:	2,16 kW	Reflexión del suelo:	20,0 %
Superficie de referencia / bruta:	15,1 m ² / 15,1 m ²	Pérdidas de potencia por	
Módulo FV	12 x	desvío de AM 1.5:	1,0 %
Fabricante:	BP Solar	Desvío de las especificaciones del fabricante:	2,0 %
Tipo:	BP 7180S	En diodos:	0,5 %
Potencia nominal:	180 W	Por ensuciamiento:	0,0 %
Desviación de la potencia nominal:	0 %	Inversor	1 x
Eficiencia (STC):	14,3 %	Fabricante:	Fronius International
Nº. de Módulos en serie:	6	Tipo:	FRONIUS IG20

Tensión MPP (STC):	216 V	Potencia:	1,94 kW
Orientación:	12,0 °	Eficiencia europea:	92,3 %
Ángulo de inclinación:	20,0 °	Nº de seguidores MPP:	1
Instalación:	Sin ventilación	Seguimiento MPP:	150 V hasta 400 V
Sombra:	si		

Consumo total de las cargas individuales: 0 kWh

Carga individual 1	Tipo: Carga que no depende del usuario	0 kWh
--------------------	--	-------

Resultados de la simulación para el sistema entero

Irradiación sobre la horizontal:	63.539 kWh	Energía de la red:	20 kWh
Irradiación al generador FV:	62.511 kWh	Consumo propio:	20,3 kWh
Irradiación menos reflexión:	60.016 kWh	Energía producida por el generador FV:	6.771 kWh
Irradiación sin sombra:	68.021 kWh	Grado de eficiencia del sistema:	9,9 %
Energía saliendo del inversor (AC):	6.184 kWh	Performance ratio:	69,0 %
Demanda de consumo:	0 kWh	Rendimiento final (Final yield):	2,6 h/d
Rendimiento específico anual:	951 kWh/kWp		

Resultados para subgenerador 1

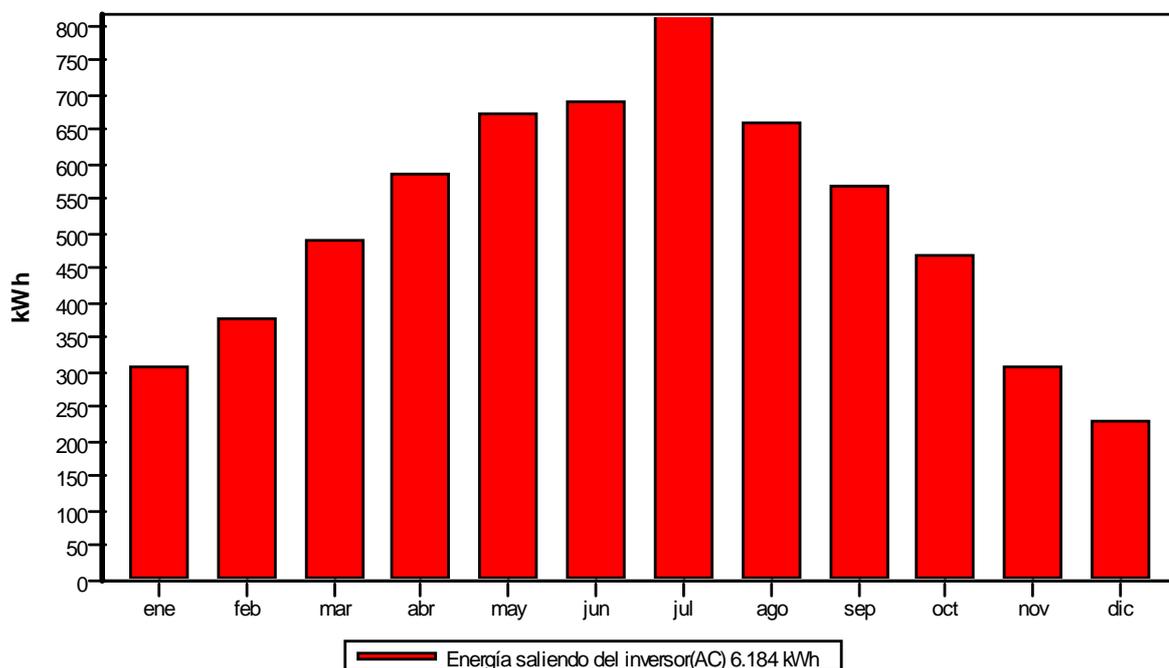
Irradiación sobre la horizontal:	21.177 kWh	Energía producida (DC):	2.252 kWh
Irradiación al subgenerador :	20.837 kWh	Grado de eficiencia del sistema:	9,9 %
Irradiación sin sombra:	22.674 kWh	Performance ratio:	68,9 %
Energía producida (AC):	2.061 kWh	Rendimiento específico anual:	951 kWh/kWp
Consumo propio:	7 kWh	Eficiencia del generador:	10,8 %
Eficiencia del inversor:	91,3 %		

Resultados para subgen: Nombre del subgenerador 2

Irradiación sobre la horizontal:	21.177 kWh	Energía producida (DC):	2.252 kWh
Irradiación al subgenerador :	20.837 kWh	Grado de eficiencia del sistema:	9,9 %
Irradiación sin sombra:	22.674 kWh	Performance ratio:	68,9 %
Energía producida (AC):	2.061 kWh	Rendimiento específico anual:	951 kWh/kWp
Consumo propio:	7 kWh	Eficiencia del generador:	10,8 %
Eficiencia del inversor:	91,3 %		

Resultados para subgen: Nombre del subgenerador 3

Irradiación sobre la horizontal:	21.177 kWh	Energía producida (DC):	2.252 kWh
Irradiación al subgenerador :	20.837 kWh	Grado de eficiencia del sistema:	9,9 %
Irradiación sin sombra:	22.674 kWh	Performance ratio:	68,9 %
Energía producida (AC):	2.061 kWh	Rendimiento específico anual:	951 kWh/kWp
Consumo propio:	7 kWh	Eficiencia del generador:	10,8 %
Eficiencia del inversor:	91,3 %		



7 CÁLCULO DE LA RED DE BAJA TENSIÓN

7.1 Cálculo y comprobación de secciones del lado de continua

Conexión entre módulos en serie: para realizar la conexión de los módulos en serie, se utilizarán los cables proporcionados por el fabricante con una sección de 4mm^2 . Si los módulos instalados, no estuvieran provistos de los cables de conexión, se utilizarán cables de doble aislamiento con la sección antes indicada. Con esta sección se consigue una caída de tensión máxima de 0,13% en cada una de las líneas en serie.

Conexión entre los módulos en paralelo: el sistema de generación se encuentra dividido en tres subcampos fotovoltaicos, cada uno de los cuales cuenta con dos líneas en paralelo. Para realizar estas conexiones se utilizará conductor de cobre con aislamiento de polietileno reticulado, para una temperatura máxima de servicio de 90°C . En el siguiente cuadro se resumen las secciones y caídas de tensión para cada uno de los subcampos.

Circuito	Sección (m^2)	L(m)	Caída de tensión (%)
Subcampo 1 a inversor 1	10	30	0,66

Subcampo 2 a inversor 2	10	25	0,55
Subcampo 3 a inversor 3	10	20	0,44

7.2 Cálculo y comprobación de secciones del lado de alterna

Conexión de inversores a embarrado de la instalación: la salida de cada uno de los inversores se realizará con cable de cobre y aislamiento de PVC, con una sección de 6mm^2 . La caída de tensión en cada una de las líneas es de 0,058%.

Salida desde el embarrado de la instalación hasta el contador: este conductor irá bajo zanja hasta su llegada al cuadro de salida de la instalación. La sección será de 16mm^2 , produciéndose una caída de tensión de 0,643% en la línea.

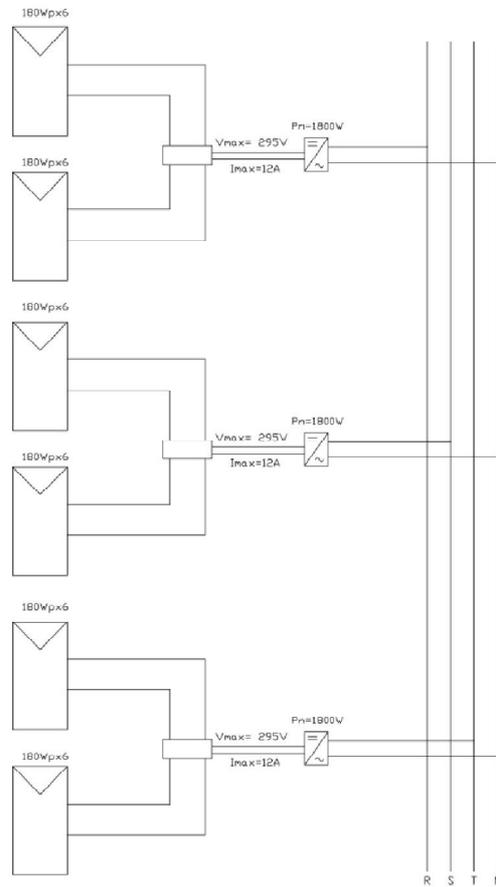
Todas las secciones así como los tipos de conductores quedan reflejados en el esquema unifilar de la instalación.

8 INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

El esquema de puesta a tierra de la instalación será el TT, donde el neutro de la instalación se conectará a tierra, y las masas se conectarán a una tierra independiente.

Se conectarán a tierra la estructura soporte de los módulos fotovoltaicos, así como los marcos de los mismos.

9 ESQUEMA UNIFILAR



ANEJO II: PRODUCCIÓN DE ENERGÍA TÉRMICA CON BIOMASA

10 SITUACIÓN ACTUAL DEL COMPLEJO

Según el proyecto de agosto de 1.995 para las instalaciones de calefacción y ACS; y teniendo en cuenta la información facilitada por los actuales gestores del complejo, la potencia instalada es:

Caldera 1	74.40	KW	64 050	Kcal/h
Caldera 2	101.00	KW	86 950	Kcal/h
Caldera 0	63.00	KW	54 236	Kcal/h

Considerando los PCI de los combustibles:

Propano: PCI = 10 938 kcal/kg

Gasóleo: PCI = 10 200 kcal/kg

Los consumos nominales son:

Mf (propano) = 12,91 kg/h

Mf (gasóleo) = 6,28 kg/h

Considerando los datos de consumo a partir de las facturas emitidas por las empresas correspondientes:

Mf (propano) = 1 734 kg/mes

Mf (gasóleo) = 844 kg/mes

La energía generada asociada a dichos consumos es: 27 570 803 kcal/mes.

En función del tipo de biomasa a emplear en la caldera (de mayor o menor PCI), podemos estimar:

BIOMASA	P.C.I. (Kcal/kg)	Mf (Kg/mes)	Mf (Kg/año)	Mf (t/año)
Biomasa A	3 425	8 050	96 598	96.60
Biomasa B	1 961	14 060	168 715	168.71

11 BASES DEL DISEÑO

La mejora continua del proceso de tratamiento es una característica de este proyecto, derivada de la necesidad de unir la valorización de los residuos con la eficiencia energética del mismo, adoptando unos criterios de producción que equilibren costos y calidad del producto. Por tanto, es necesaria la adaptación de la tecnología disponible a los objetivos del proyecto.

La estrategia de explotación considerada en el proyecto unifica la captación de la biomasa y la producción del biocombustible derivado de ella. El primer paso es la

gestión de la materia prima, bien su recolección en origen o bien su adquisición a los gestores finales del residuo.

Considerando la diversidad de origen y características de la biomasa a tratar, surge una necesidad tecnológica de definición de la maquinaria de recolección y manipulación óptima.

El diseño de la línea de proceso y la tecnología empleada se desarrolla en las siguientes etapas:

11.1 Discriminación y selección de materiales.

En esta etapa se incluye maquinaria de clasificación de residuos sólidos por tamaño y de separación de inertes contaminantes. Este tipo de equipos son habituales en la industria y su aplicación a los residuos previstos solo exigirá pequeñas adaptaciones.

11.2 Trituración y cribado.

Necesaria para obtener el tamaño adecuado. La diversidad en los tipos de residuo admitido requiere una trituración específica según las características de la biomasa, para la cual se contará con una máquina de trituración de reducción con doble eje.

11.3 Almacenamiento y condiciones de conservación.

Existe un problema logístico en la gestión y el manejo de los residuos. Por un lado, la generación de biomasa se produce en condiciones extensivas y con una baja densidad energética. El acopio de la materia de alimentación a la línea de producción y el sentido estacional de su generación implican un volumen de entrada muy alto.

12 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

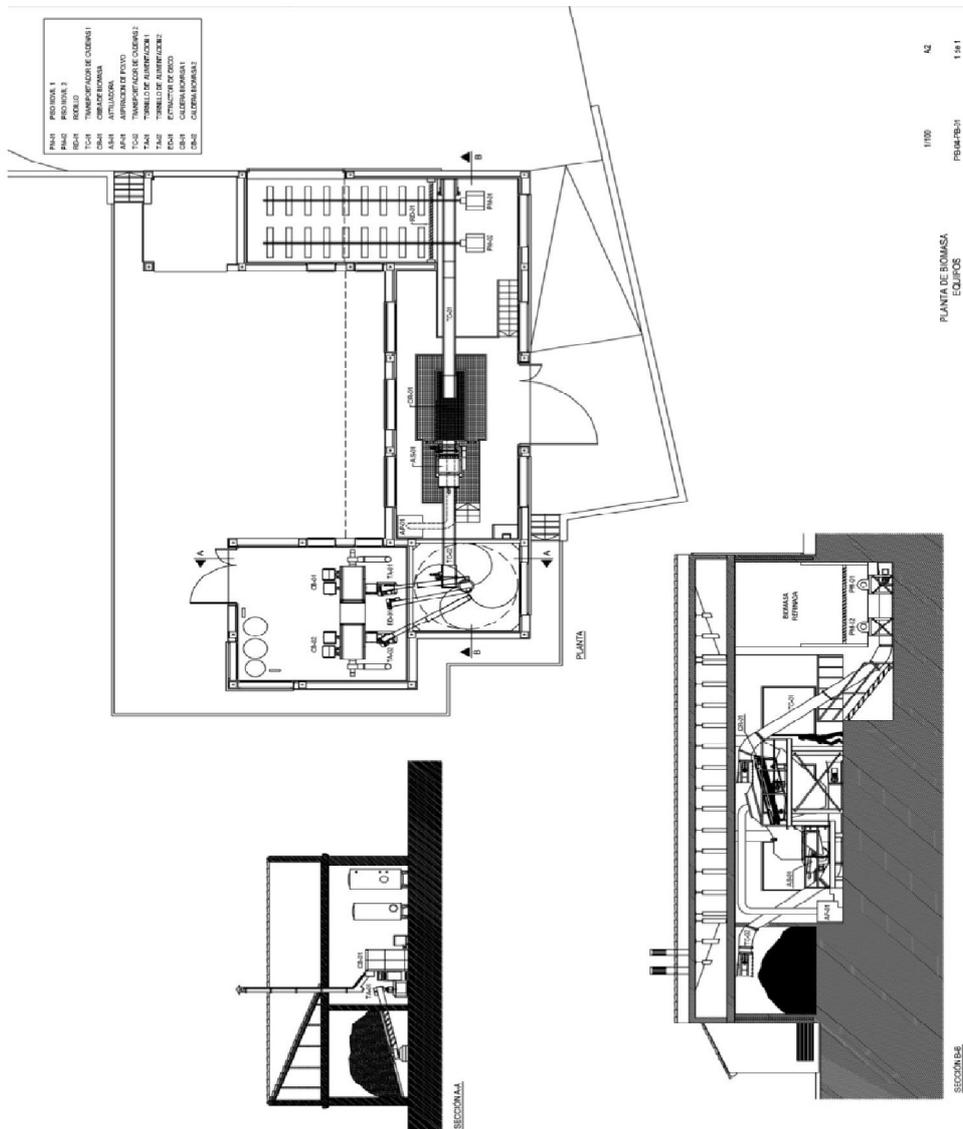
La biomasa que se utilizará será astilla de pino ya que se dispone de ella al estar emplazado en el Parque Natural de Sierra de Baza

La biomasa será recibida en un silo de almacenamiento. Dicho silo posee un suelo móvil de empuje hidráulico que introduce las astillas en estado bruto en un transportador de cadenas (CT-01) el cual lleva la biomasa hacia una criba (CR-01) de tamaño 25 mm de luz de malla.

El rechazo de la criba (CR-01) se introduce en la trituradora con el fin de obtener el tamaño apropiado. Las astillas que pasaron la criba se unirán al material triturado a la salida de la astilladora en un transportador de cadenas (CT-02) el cual llevará las astillas tratadas al silo de almacenamiento de las calderas.

El silo de almacenamiento final posee dos tornillos sin-fin que alimentan a las dos calderas de 150 kW.

El plano de la instalación se presenta a continuación.



13 DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN

Dado el emplazamiento del complejo, Parque Natural de Sierra de Baza en Granada, se dispone de una fuente energética renovable de uso casi directo.

13.1 Caracterización de la biomasa a procesar.

Tipo: poda de pinos.

Especie: Pinus pinaster

Humedad: 30%

Densidad: 250 kg/m³ de astilla

Tamaño medio: 100 mm

Tamaño máximo: 250 mm

Tamaño mínimo: 10 mm

Cantidad de biomasa bruta a almacenar en un mes de 12,31 toneladas, considerando los siguientes datos:

- P.C.I. de 3.700 kcal/kg.
- Potencia de la caldera: 298 kW (256.234 Kcal/h).
- Rendimiento de la caldera: 90%
- Horas de funcionamiento: 160 h/mes.

Lo que supone un volumen de biomasa bruta a almacenar de 50 m³.

Para el almacenamiento se construirá un silo de de dimensiones 5 x 4 x 2,5 m. Dispondrá de un fondo móvil de empuje hidráulico para evacuar las astillas del silo.

Mediante una astilladora reduciremos el tamaño de la astilla hasta el demandado por las calderas (menor de 25 mm). La capacidad de procesado viene determinada al considerar 80 horas de producción al mes, lo que supone dimensionar todos los equipos para una capacidad de 175 kg/h.

La biomasa procesada pasará a un silo pulmón que será capaz de garantizar el consumo de una semana de la caldera, lo que suponen 3,08 toneladas, unos 12,31 m³. Se construirá un silo, anejo a la sala de calderas, de base cuadrada de 3 metros, con 2 metros de altura efectiva de almacenamiento. Dispondrá de un sistema de alimentación a calderas automática mediante tornillo sin-fin y rascador móvil que garantice el llenado de los sinfines.

13.2 Silo de biomasa bruta.

La cantidad de biomasa bruta a almacenar, astilla de pino en este caso, depende fundamentalmente de los parámetros de diseño de las calderas a instalar y del tiempo de almacenamiento que se requiera.

Calderas (*):

- Potencia de la caldera: 298 kW (256.234 Kcal/h).
- Rendimiento de la caldera: 90%
- Horas de funcionamiento: 160 h/mes

Tiempo de almacenamiento requerido: 1 mes

Biomasa:

- P.C.I. de 3 750 kcal/kg.
- Densidad: 350 kg/m³ de astilla.

Por tanto, la cantidad de biomasa bruta a almacenar en un mes es de **12 162 kg**.

Lo que supone un volumen de biomasa bruta a almacenar de **34.75 m³**.

Para el almacenamiento se construirá un silo de base rectangular de 5 m x 4 m, con 2,5 metros de altura efectiva de almacenamiento. Dándonos un volumen de 50 m³.

Dispondrá de un sistema de extracción automática mediante fondo móvil de empuje hidráulico, que al ponerse en funcionamiento verterán la biomasa sobre una cinta transportadora de cadenas o "redler". Dicha cinta estará carenada y alimentará a la astilladora.



13.3 Transportador de cadenas o redler

Para el transporte de las astillas hacia sus diferentes lugares de su tratamiento se utilizarán los transportadores de cadenas o redlers.

13.4 Criba

Antes de introducir la biomasa en la trituradora se hace pasar por una criba el material sin triturar. En la criba se pretende separar las astillas que no necesitan

tratamiento mecánico para la reducción de tamaño a la idónea para su entrada en la caldera. Las astillas que superan el tamaño de 25 mm caen a través de una tolva hacia la trituradora. Las astillas que poseen tamaño adecuado (<25 mm) se unen a las astillas que salen de la trituradora para ser almacenadas en el silo de almacenamiento de biomasa para calderas.



13.5 Astilladora

Tendrá una capacidad de 150 kg/h.

El tamaño de astilla saliente 20 mm.

La capacidad de producción de la astilladora está dimensionada para trabajar unas 4 horas al día, durante tres días a la semana. Estas condiciones vienen impuestas por el hecho de encontrarse esta actividad dentro de una zona recreativa y de descanso; y por tanto, tratamos de reducir, en lo posible, el tiempo de operación de astillado, durante el cual el nivel de ruidos puede ser elevado (aún cumpliendo Normativa).

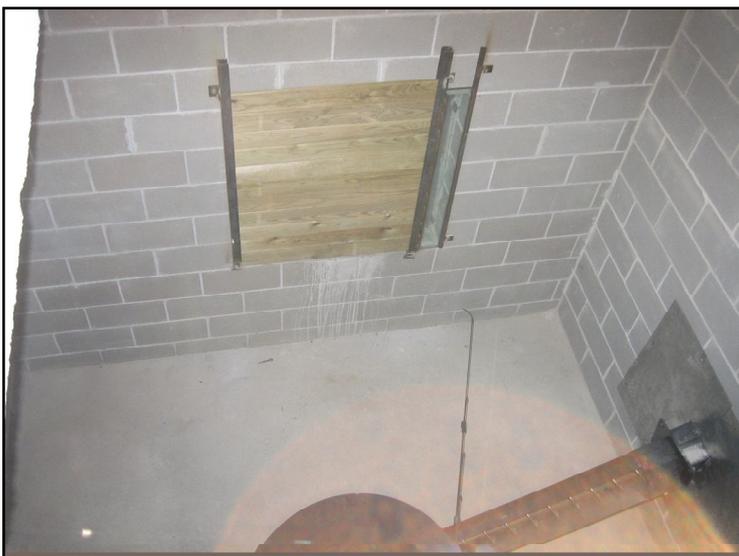
Tanto la alimentación, como la extracción del material a procesar se realizarán mediante cinta transportadora de cadenas o “redler”.

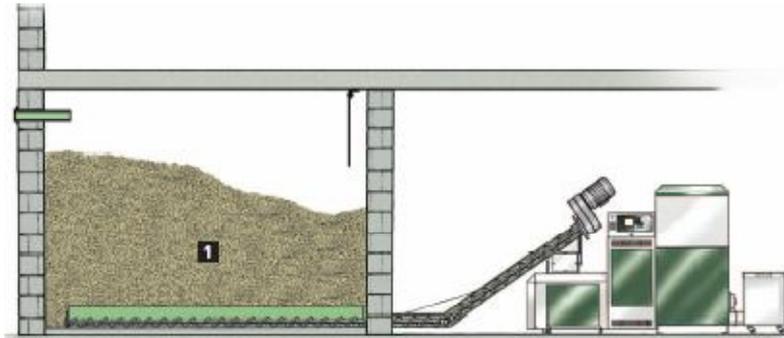
13.6 Silo de biomasa para alimentación de calderas.

La biomasa procesada pasará a un silo pulmón que será capaz de garantizar el consumo de tres semanas de las calderas, lo que suponen **9,12 toneladas**. Teniendo en cuenta que la astilla de 20 mm tendrá una densidad superior a la astilla bruta recibida, hemos estimado un a densidad de 400 kg/m³; dándonos un volumen de almacenamiento de **22.80 m³**.

Se construirá un silo, anejo a la sala de calderas, de base rectangular, 3 m x 4 m, con 3 metros de altura efectiva de almacenamiento. Dispondrá de un sistema de alimentación a calderas automática mediante tornillo sin-fin y rascador móvil que garantice el llenado de los sinfines.

Sistemas de alimentación a calderas:





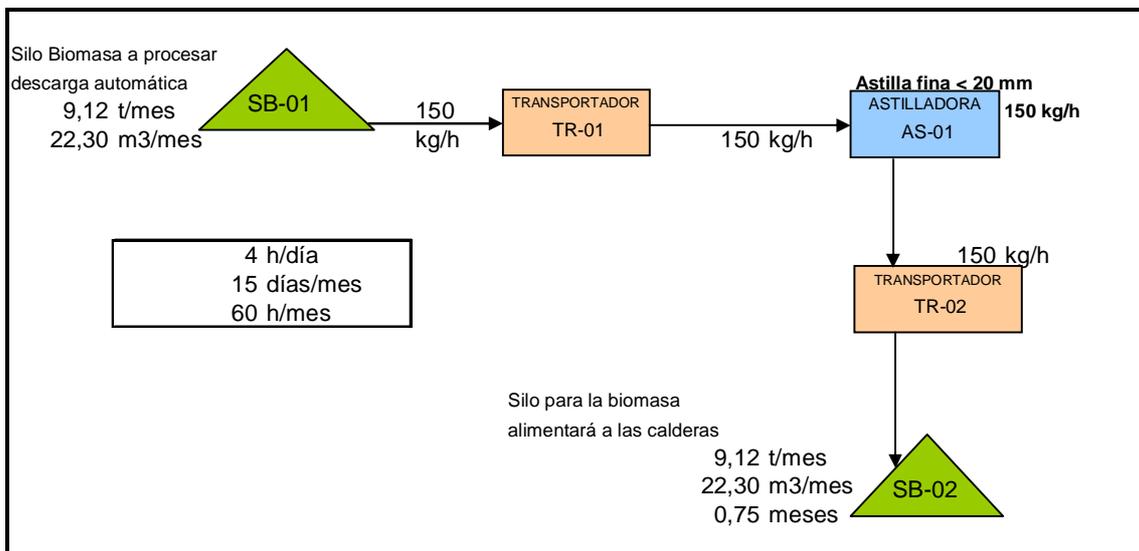
14 GESTIÓN DE LAS CENIZAS

Las calderas dispondrán de un sistema automático de limpieza y retirada de cenizas. Estas son el único residuo que se espera que genere la planta de energía renovables aquí proyectada.

Las cenizas de madera son un producto muy útil en el huerto. Por una parte son el único producto natural de probada eficacia contra el ataque de caracoles y babosas. Tienen una elevada actividad anti-criptogámica, y su uso permite satisfacer las necesidades de potasio, siendo un útil abono.

15 BALANCE DE MASAS

Según lo expuesto en el apartado anterior, pasamos a representar en un esquema el proceso con balance de masas:



16 INSTALACIÓN DE CALDERAS DE BIOMASA

16.1 Valores de diseño

En el proyecto demostrativo para la utilización integral de energías renovables en instalaciones de uso público pertenecientes a la Red de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía en la Sierra de Baza (Granada), se calculó la potencia térmica necesaria para el abastecimiento de agua caliente sanitaria y calefacción para el Centro de Visitantes y el Aula de la Naturaleza.

La potencia calculada es de 298 kW.

Para proporcionar dicha potencia se ha proyectado la instalación de dos calderas en paralelo, cada una con una potencia de 150 kW. Con ello conseguimos 300 kW, suficientes para las necesidades de calefacción y ACS.

Potencia calculada	298 kW
Potencia proyectada	2 x 150kW

16.2 Funcionamiento de las calderas

En este tipo de calderas, la potencia se regula mediante ventiladores de tiro inducido. Los sistemas programables o PLCs, controlan la ignición y el funcionamiento completo del sistema. Esto permite que el sistema se adapte de forma continua a la demanda de calor, yendo desde un 100% de carga, hasta una carga parcial del 30%. El sistema de control electrónico asegura una combustión casi completa con un rendimiento de 87-90%. Las calderas de astillas modernas se diseñan para el funcionamiento totalmente automático, por lo que normalmente no se requiere una limpieza regular de las mismas.

Se opta por una instalación de dos calderas, capaces de dar el 50%, cada una, de la potencia demandada.

	kW	Kcal/h
Caldera 1	150	129 133
Caldera 2	150	129 133
TOTALES	300	258 267

16.3 Especificaciones técnicas calderas.

Se opta por una instalación de dos calderas, capaces de dar el 50%, cada una, de la potencia demandada.

	kW	Kcal/h
Caldera 1	149	128 272
Caldera 2	149	128 272
TOTALES	298	256 545

Datos técnicos genericos:

Tiro necesario: 0.15 mbar

Presión máxima de servicio: 3 bar

Temperatura máxima de servicio: 90 °C

Temperatura de humos: 180 °C

Flujo másico de humos: 0.092 kg/s

Capacidad hidráulica: 350 litros

Peso sin alimentación: 1.390 kg

Diámetro de salida: 3"

Diámetro de retorno: 3"

17 FUNCIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN DE AGUA

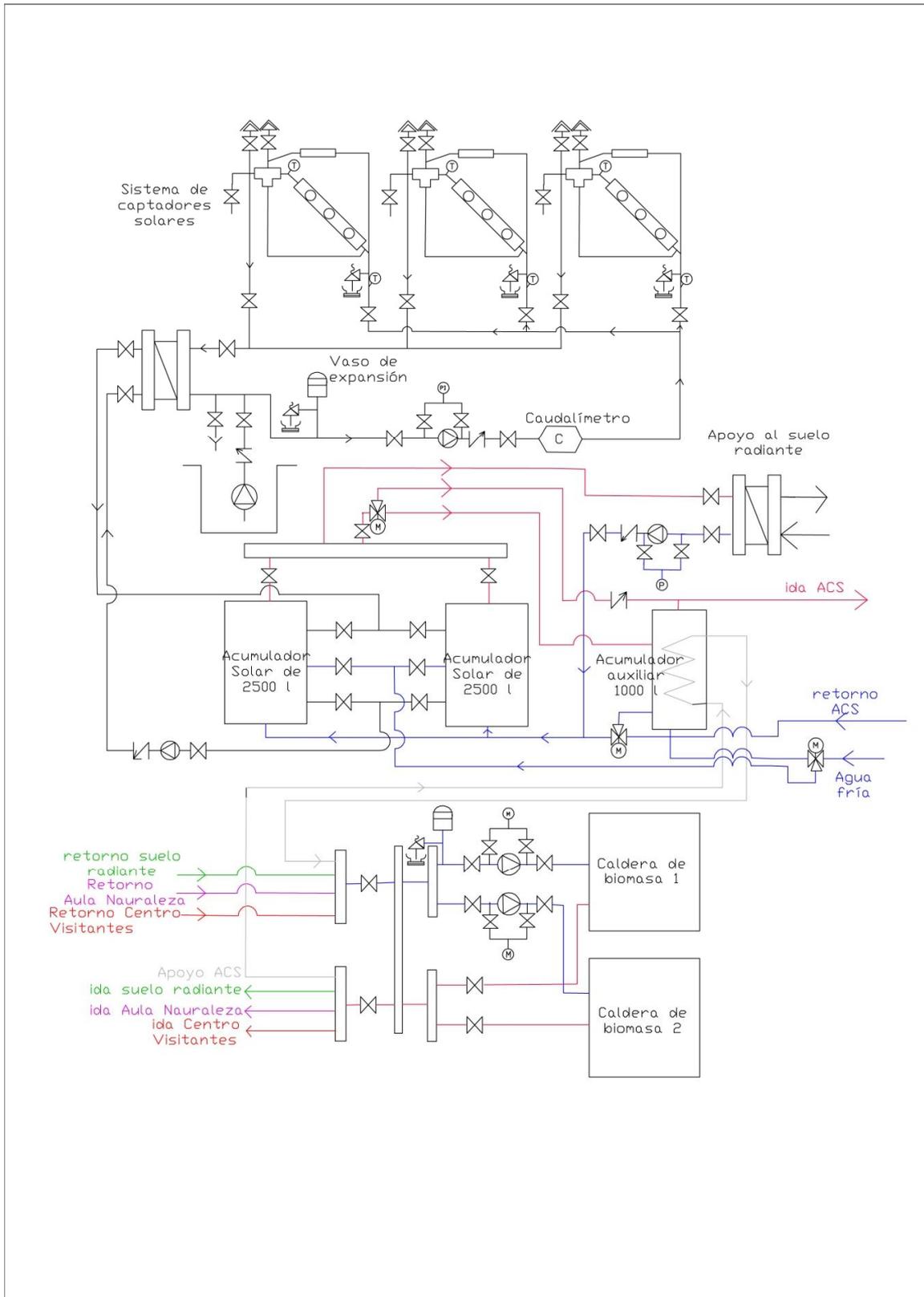
La salida de agua caliente a 90°C alimenta el colector de ida que alberga las idas de los siguientes circuitos:

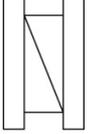
- Calefacción del centro de visitantes
- Calefacción del aula de la Naturaleza
- Suelo radiante de nuevas instalaciones
- Apoyo al A.C.S.

El circuito se recircula a través de un colector de que alimenta a las dos calderas con el agua de retorno.

El apoyo al ACS desde caldera se realizará desde un acumulador de inercia con intercambiador interno de 1 000 l de capacidad. Dicho acumulador recibe agua desde los acumuladores de ACS del sistema de captadores solares y la calienta a través del intercambiador alimentado por el agua que proviene de calderas.

Esquema de la instalación de captadores solares y biomasa



	Válvula de corte
	Purgador de gases
	Válvulas de tres vías
	Válvula de seguridad con depósito de recogida
	Válvula antirretorno
	Vaciado
	Caudalímetro
	Bomba
	Manómetro
	Sonda de presión
	Termómetro
	Intercambiador

18 ESTUDIO DE VIABILIDAD AMBIENTAL: EMISIONES

En este apartado se va a hacer un estudio viabilidad medioambiental comparando la producción de ACS y calefacción entre el antiguo sistema de energías no renovables y el nuevo sistema propuesto basado en la energía solar térmica y apoyada por un sistema de biomasa, ambas últimas catalogadas como energías renovables.

La energía térmica antes obtenida de la combustión de combustibles de índole “no renovables” será obtenida bajo el proyecto de nueva implantación principalmente por la combustión de biomasa, combustible generado por la naturaleza debido a la captación del CO₂ del aire, y de la aportación de la energía térmica solar, la cual aparece con una fuerte importancia debida a la ubicación del proyecto en sí, Andalucía, una de las zonas de Europa con más kWh recibidos por metro cuadrado.

18.1 Proyecto de antigua implantación

En el sistema de producción de calefacción y ACS del proyecto de antigua implantación está basado en el consumo de propano industrial y de gasoil en unas calderas adaptadas para ello. Los consumos de dichos combustibles se presentan en el siguiente cuadro:

Consumo mensual de propano	1 734 kg
Consumo mensual de gasoil	844 kg

La combustión del propano industrial y del gasóleo generan gases proporcionales a la composición en peso de cada uno de los elementos que conforman el combustible. El hidrógeno, el carbono y el azufre formarán sus óxidos en la combustión, no así el nitrógeno del combustible que se transformará en nitrógeno gas y en una proporción despreciable en óxidos del nitrógeno debido a las bajas temperaturas y presiones en la cámara de combustión. En el caso del gasóleo también se emitirán cenizas procedentes de su composición.

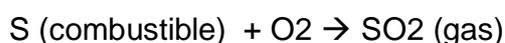
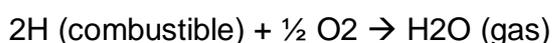
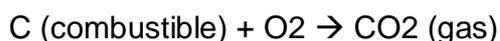
La composición del propano industrial por kilogramo de combustible para sus componentes elementales es la siguiente:

Componentes elementales	C	H	N
kg / kg de combustible	0,8080	0,1793	0,0127

La composición del gasóleo por kilogramo de combustible para sus componentes elementales es la siguiente:

Componentes elementales	C	H	S	N	H ₂ O	CENIZAS
kg/kg de combustible	0,8460	0,0970	0,0270	0,0100	0,0150	0,0050

Las reacciones transcurridas en la oxidación del combustible son las siguientes:



2N (combustible) → N₂ (gas)

Las cantidades de CO₂ (gas), H₂O (gas), SO₂ (gas) quedan definidas estequímicamente por las relaciones siguientes:

- 12 kg de C producen 44 kg de CO₂ (gas)
- 2 kg de H producen 18 kg de H₂O (gas)
- 32 kg de S producen 64 kg de SO₂ (gas)
- Todo el nitrógeno del combustible pasará a su forma más estable, N₂ (gas).

Con esto podemos calcular la cantidad de CO₂ (gas), H₂O (gas), SO₂ (gas) que se producen por kg de combustible para el propano industrial y para el gasóleo.

También se poseen datos sobre los consumos de combustible mensuales a los que estaba sometida la antigua instalación de calderas, con ambos datos podemos obtener la cuantificación de las emisiones realizadas al ambiente.

En la siguiente tabla se reflejan las cantidades de CO₂ (gas), H₂O (gas) y N₂ (g) que se producen por la combustión del propano industrial por kilogramo de combustible:

kg de C por kg de propano	0,8080	Kg de CO ₂ (g) por kg de propano	2,9627
kg de H por kg de propano	0,1793	Kg de H ₂ O (g) por kg de propano	1,6137
kg de N por kg de propano	0,0127	Kg de N ₂ (g) por kg de propano	0,0127

En la siguiente tabla se reflejan las cantidades de CO₂ (gas), H₂O (gas), SO₂ (gas), H₂O (gas), N₂ (gas) y cenizas que se producen por la combustión del gasóleo por kilogramo de combustible:

kg de C por kg de gasoil	0,8460	kg de CO ₂ (g) por kg de gasoil	3,1020
kg de H por kg de gasoil	0,0970	kg de H ₂ O (g) por kg de gasoil	0,8730
kg de S por kg de gasoil	0,0270	kg de SO ₂ (g) por kg de gasoil	0,0270
kg de N por kg de gasoil	0,0100	kg de N ₂ (g) por kg de gasoil	0,0200
kg de H ₂ O (humedad) por kg de gasoil	0,0150	kg de H ₂ O (g) por kg de gasoil (*)	0,0150

kg de ceniza por kg de gasoil	0,0050	kg de cenizas por kg de gasoil	0,0050
-------------------------------	--------	--------------------------------	--------

(*) esta agua procede de la humedad del combustible no de la reacción de oxidación del hidrógeno procedente de éste.

Las emisiones quedan definidas para los consumos mensuales de ambos combustibles cuyos valores se expresan en la siguiente tabla:

Propano mensual consumido: 1 734 kg

Kg mesuales de CO ₂ (g) por consumo de propano	5 137,3
Kg mesuales de H ₂ O (g) por consumo de propano	2 798,2
Kg mesuales de N ₂ (g) por consumo de propano	22,0

Gasoil mensual consumido: 844 kg

kg de CO ₂ (g) por consumo de gasoil	2 618,1
kg de H ₂ O (g) por consumo de gasoil	736,8
kg de SO ₂ (g) por consumo de gasoil	22,8
kg de N ₂ (g) por consumo de gasoil	16,9
kg de H ₂ O (g) por consumo de gasoil	12,7
kg de cenizas por consumo de gasoil	4,2

Las emisiones totales realizadas por las calderas serán la suma de las emisiones realizadas por el consumo del gasoil y del propano:

CO₂ (g) total mensual emitido = Kg de CO₂ (g) por consumo de propano + kg de CO₂ (g) por consumo de gasoil.

H₂O (g) total mensual emitido = Kg de H₂O (g) por kg de propano + kg de H₂O (g) por consumo de gasoil + kg de H₂O (g) por consumo de gasoil procedente de la humedad del combustible.

SO₂ (g) total mensual emitido = kg de SO₂ (g) por consumo de gasoil

N₂ (g) total mensual emitido = Kg de N₂ (g) por consumo de propano+ kg de N₂ (g) por kg de gasoil

Ceniza total mensual emitida = kg de cenizas por consumo de gasoil

Las emisiones totales mensuales se reflejan en la siguiente tabla:

Kg CO ₂ TOTALES MENSUALES	7 755
Kg H ₂ O TOTALES MENSUALES	3 548
Kg N ₂ TOTALES MENSUALES	45
Kg H ₂ O TOTALES MENSUALES	17

Kg cenizas TOTALES MENSUALES	4
------------------------------	---

Las emisiones netas anuales vertidas al medio ambiente se detallan en el cuadro inferior:

Kg CO ₂ TOTALES ANUALES EMITIDOS AL AMBIENTE	93 064
Kg H ₂ O TOTALES ANUALES EMITIDOS AL AMBIENTE	42 572
Kg SO ₂ TOTALES ANUALES EMITIDAS AL AMBIENTE	202
Kg N ₂ TOTALES ANUALES EMITIDOS AL AMBIENTE	538
Kg H ₂ O TOTALES ANUALES EMITIDOS AL AMBIENTE	203
Kg cenizas TOTALES ANUALES EMITIDOS AL AMBIENTE	51

18.2 Proyecto de nueva implantación

En el proyecto de nueva implantación se han cambiado las calderas que utilizaban propano y gasoil por otras dos calderas que funcionan a base de biomasa.

Según la información suministrada por los gestores de la biomasa del Parque, la caracterización de la biomasa a procesar es la siguiente:

Tipo: astilla de pino.

Especie: *Pinus pinaster*

Humedad: 30%

Densidad: 350 kg/m³ de astilla

Se dispone de estudios de caracterización de diferentes tipos de biomasa, asociados a otros proyectos. De dichos informes, extraemos los siguientes datos sobre la especie *pinus pinaster*.

Análisis Elemental:

Tipo	% N	% C	% H	% S	% O	% Cl
Pinus pinaster	1,25	45,32	7,13	< 0,05	46,3	0,31

Análisis de Microelementos en cenizas (mg/Kg):

Tipo	B	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Se
Pinus pinaster	311,04	23,26	151,16	4,07	2642,4	337,2	212,2	6,1	<LOD

Tipo	Mo	Ag	Cd	Ba	Pb	Sb	Sn	U
Pinus pinaster	31,98	4,94	1,74	732,54	17,44	0,29	3,49	0,96

Análisis de Macroelementos en cenizas (%):

Tipo	Al	Ti	Fe	Si	P	Mg	Ca	Mn	Na	K
Pinus pinaster	0,33	0,01	0,49	21,51	0,71	1,39	3,67	0,03	1,49	1,05

La biomasa es una fuente renovable debido a que las plantas crecen gracias a las sustancias que son capaces de absorber del medio ambiente, en ello consta que toda la biomasa que se queme será la que haya sido absorbida del medio ambiente, es un ciclo cerrado en la que no se altera la composición del medio ambiente siempre que la generación de biomasa sea igual al consumo. En nuestro caso está garantizado este proceso ya que la biomasa utilizada en nuestro proyecto procede de las podas realizadas para el mantenimiento del parque.

Se concluye con esto que la biomasa no modifica el medio ambiente al formar parte de un ciclo cerrado de absorción de sustancias, generación de biomasa y posterior combustión que favorecen el inicio del ciclo de captación de sustancias por los seres vivos. **El balance global de las emisiones es nulo**, de ahí su índole de renovable.

ANEJO III: SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE ACS CON CAPTADORES SOLARES

19 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

La instalación proyectada contará con un conjunto de colectores solares planos de baja temperatura, dos acumuladores y un intercambiador de calor de placas, como ya se ha mencionado el circuito hidráulico de distribución y retorno y el apoyo mediante caldera de biomasa, se encuentra desarrollado en el plano de la instalación de captadores solares y biomasa.

La instalación de colectores solares se proyecta ubicarla en la cubierta inclinada, siendo esta accesible únicamente para el personal de mantenimiento. En el presente proyecto no se contempla el diseño de las estructuras soporte de los colectores, se utilizarán elementos estandarizados existentes en la industria del sector; en cualquier caso han cumplir la norma UNE ENV 91-2-3 y la UNE ENV 91-2-4, respecto a la carga de viento y nieve, así como deben permitir las dilataciones y retracciones térmicas de los colectores y circuito hidráulico sin transmitirles tensión ni carga alguna.

El campo de colectores, se dispone orientados totalmente al Sur, azimut 0, y con una inclinación del plano captador de 20°. Se disponen en varias filas separadas un espacio $e \geq D$, que se puede obtener mediante la expresión

$$D = \frac{h}{\operatorname{tg}(61 - L)}$$

siendo:

h altura total del colector inclinado, más el incremento de cota producida por la estructura de sujeción.

L latitud del lugar.

Los colectores a instalar se conectaran en paralelo, con retorno invertido; el circuito primario contará con una bomba que será la responsable de asegurar la presión y el caudal para que se realice el intercambio de calor necesario.

Para la producción del ACS, se proyecta efectuar el intercambio de calor del primario al secundario mediante un intercambiador de placas. Para almacenar el agua de consumo, se dispondrá de dos acumuladores solares calorifugados con capacidad de 1.500L cada uno, conectados en paralelo.

Para garantizar el suministro de ACS a la temperatura operativa de referencia 60°C, se proyecta el apoyo en un acumulador con calentamiento directo por

biomasa, situado aguas abajo del principal. La capacidad de este segundo acumulador es de 1.000L, y sin posibilidad de retorno al acumulador solar. Así el agua procedente de la red urbana de aguas potables pasará por el acumulador solar, calentándose y desde aquí se suministra al edificio, en caso de que el gradiente térmico no sea el suficiente, se realizará el calentamiento de este depósito por medio de dos calderas de biomasa.

La instalación se desarrolla con un circuito primario de agua, con glicol como anticongelante, dado que la temperatura mínima histórica es de -14°C . En el CTE se indica que se reduzca en 1°C esta mínima, se calcula una temperatura de -15°C y una adición al agua del 35% de su peso de propilenglicol como anticongelante.

Tanto el circuito primario, como el secundario deben ser totalmente independientes, de forma que se impida cualquier tipo de mezcla de los distintos fluidos.

La instalación de los colectores solares se proyecta con circulación forzada mediante electrobomba en el circuito primario.

Dado que el fluido en el primario sobrepasara fácilmente los 60°C , y que en el secundario se proyecta para permitir que el agua caliente sanitaria alcance hasta una temperatura de 60°C , debiendo soportar incrementos puntuales de hasta 70°C , no se permitirá el uso de tuberías de acero galvanizado. Así mismo, obligatoriamente se prevé el total calorifugado de todo el tendido de tuberías, válvulas, accesorios y acumuladores. Dado el cambio de temperaturas que se producen en estas instalaciones, tanto en el circuito hidráulico primario como los colectores estarán protegidos con la instalación de vasos de expansión cerrados.

Todo el circuito hidráulico se realizará en cobre, las válvulas de corte y las de regulación, purgadores y otros accesorios serán de cobre, latón o bronce; no se admitirá la presencia de componentes de acero galvanizado. Se deberá instalar manguitos electrolíticos entre los elementos de diferentes metales para evitar el par galvánico.

La regulación del circuito primario está encomendada a un control diferencial de temperatura que procederá a la activación de la bomba, cuando el salto térmico, entre colectores y acumulador, permita una transferencia energética superior al consumo eléctrico de la bomba, marcándose un $\Delta T \geq 3^{\circ}\text{C}$ para la puesta en marcha. Cuando se alcance $\Delta T \geq 7^{\circ}\text{C}$ entre el fluido del circuito primario a la salida de los captadores y del secundario en el acumulador solar, el sistema de circulación forzada del primario se pondrá en marcha.

20 CÁLCULO DEL CONSUMO DE ACS

En el proyecto original el Aula de la Naturaleza se encontraba dividido en tres zonas Z1, Z2 y Z3. Las reformas previstas en este proyecto afectarán a las zonas Z2 y Z3, por lo que para el cálculo de la demanda total de A.C.S se ha considerado los datos del proyecto original, para Z1 y lo establecido por el Código Técnico para Z2 y Z3.

- La zona Z1 se le asignará un consumo de 400 L/día según especificaciones del proyecto.
- Las zonas Z2 y Z3 corresponden al consumo de ACS de 40 L/(día-cama) fijado por el Código Técnico para hostales de dos estrellas, a una temperatura de referencia de 60°C.

ZONA	CAMAS	CONSUMO (L/día)
Z1		560
Z2 Y Z3	37	1 480
TOTAL		2.040

21 CÁLCULO DE LA DEMANDA ENERGÉTICA

21.1 Datos de partida

Para realizar el cálculo de la demanda energética será necesario tener en cuenta varios factores:

- Localización de la instalación: la instalación se encuentra ubicada en la Sierra de Baza (Granada), a una latitud de 37°, y orientada al Sur.
- Temperatura de agua de red (T_{red}): se tomarán las temperaturas medias mensuales de Granada (datos tomados del IDAE y CENSOLAR)

MES	TEMPERATURA AGUA FRÍA (°C)
Enero	6
Febrero	7
Marzo	9
Abril	11
Mayo	12

Junio	13
Julio	14
Agosto	13
Septiembre	12
Octubre	11
Noviembre	9
Diciembre	6

Radiación solar incidente media sobre la horizontal: estos datos fueron tomados del IDAE y de CENSOLAR referidos a dicha provincia, los datos se muestran en la siguiente tabla.

Mes	Radiación solar incidente superficie horizontal Hdía (kWh/(m ² ·dia))
Enero	2,2
Febrero	3,0
Marzo	4,2
Abril	5,1
Mayo	6,1
Junio	6,9
Julio	7,4
Agosto	6,6
Septiembre	5,2
Octubre	3,6
Noviembre	2,7
Diciembre	2,0

La temperatura del agua en el acumulador solar será de 60°C.

La demanda energética diaria se calculará a partir de la siguiente fórmula:

$$E_{\text{diaria}}(\text{kJ}) = C \cdot (T_{\text{consumo}} - T_{\text{red}}) \cdot 4,18$$

Donde C es la carga de consumo medio diario. En la siguiente tabla se muestra las necesidades energéticas por meses y la total anual.

	N	Temp. agua fría	Demanda
	días/mes	°C	KWh
Enero	31	6	3.961
Febrero	28	7	3.512
Marzo	31	9	3.741
Abril	30	11	3.479
Mayo	31	12	3.521
Junio	30	13	3.337
Julio	31	14	3.374
Agosto	31	13	3.448
Septiembre	30	12	3.408
Octubre	31	11	3.595
Noviembre	30	9	3.621
Diciembre	31	6	3.961
ANUAL	365		42.957

22 CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA

Siguiendo lo prescrito en la Sección HE 4 del vigente Código Técnico, según la tabla 2.1, la contribución mínima anual considerando que la energía del Sistema Apoyo es biomasa, que el edificio se ubica en Granada, zona climática V, y del consumo diario de ACS (2.040 litros), queda determinada la contribución solar mínima en el **70 %** de la demanda energética anual.

Para el cálculo de la contribución solar se utilizará el método de cálculo F-Chart. También se tendrá en cuenta las especificaciones técnicas indicadas por la Agencia Andaluza de la Energía, así como el Código Técnico de la Edificación. En la siguiente tabla se muestran los datos de temperatura ambiente y radiación (IDAE y de CENSOLAR).

	Temperatura ambiental media °C	Radiación solar incidente superf. horizontal H _{dia} kWh/(m ² -dia)	Factor K (es función de la latitud e inclinación captador)	Radiación solar incidente superf. inclinada E _{l_{dia}} (*) kWh/(m ² -dia)
Enero	7,0	2,2	1,23	2,27
Febrero	8,0	3,0	1,18	3,01
Marzo	11,0	4,2	1,12	4,02
Abril	13,0	5,1	1,06	4,63
Mayo	16,0	6,1	1,02	5,27
Junio	22,0	6,9	1	5,86
Julio	26,0	7,4	1,02	6,43
Agosto	25,0	6,6	1,07	5,96
Septiembre	22,0	5,2	1,15	5,10
Octubre	16,0	3,6	1,23	3,75
Noviembre	12,0	2,7	1,09	2,47
Diciembre	8,0	2,0	1,28	2,15

Los datos de aporte solar por meses, así como la fracción anual se muestra en el siguiente cuadro, como se puede observar el aporte solar anual supera el 70%, sobrepasando únicamente en los meses de Junio y julio la fracción del 100%.

	Radiación solar incidente superf. Inclinada E _{l_{mês}} (kWh/m ²)	Fracción solar mensual f	Energía útil aportada por captadores EU _{mês} (kWh)
Enero	70,22	37%	1.474
Febrero	84,25	51%	1.789
Marzo	124,61	69%	2.576
Abril	138,90	79%	2.756
Mayo	163,50	89%	3.145
Junio	175,67	99%	3.305
Julio	199,34	107%	3.374
Agosto	184,83	101%	3.448
Septiembre	153,14	90%	3.051
Octubre	116,14	67%	2.415
Noviembre	74,12	43%	1.556
Diciembre	66,52	35%	1.399
ANUAL		70,5%	30.286

23 CRITERIOS GENERALES DE LA INSTALACIÓN

23.1 Dimensionamiento preliminar

El método de cálculo utilizado para el dimensionado de la instalación es el F-Chart, recomendado en el Pliego de Condiciones Técnicas de IDAE. Las características del colector seleccionado y de la instalación proyectada, se muestran en la siguiente tabla:

Factor de eficiencia del colector:	0,803
Area Util del Colector (m ²):	2,31
Area Total del Colector (m ²):	2,48
Alto (m):	2,065
Largo (m):	1,225
Número de captadores:	18
Area colectores (m ²):	41,58
Inclinación (°):	20
Orientación (°):	0
Posición de los colectores:	Vertical
Volumen de acumulación (L/m ² Colec):	67,2
Volumen de acumulación total (L):	3 000
Caudal total circuito primario:	2 079 l/h
Relación V/A:	72,15

23.2 Selección de la configuración básica

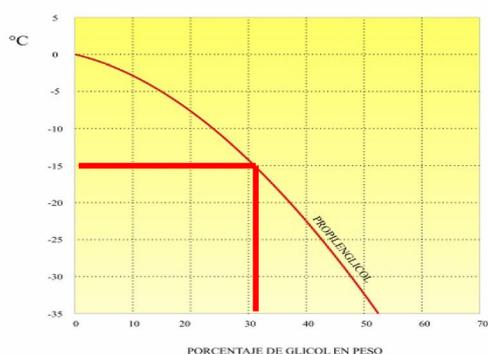
Configuración elegida: circulación forzada con acumulación centralizada, intercambiador independiente.

Circuito primario: circuito cerrado.

Sistema de energía auxiliar: conexión en serie (caldera de biomasa)

23.3 Fluido de trabajo

La instalación solar, como ya se ha mencionado se encontrará ubicada en la Sierra de Baza (Granada). Esta zona presenta mínimos históricos de hasta -15°C , es por esto que el fluido de trabajo elegido es agua con propilenglicol en una proporción del 35% en peso, tal como se indica en la gráfica adjunta.



Temperatura mínima histórica: -15°C

Riesgo de heladas: Sí

Fluido seleccionado: agua con propilenglicol al 35%

Protección contra heladas: anticongelante

24 OTROS CONDICIONANTES DEL SISTEMA.

24.1 Rango de presión

El circuito hidráulico primario se proyecta para una presión máxima de trabajo igual a la máxima que soportan los colectores reducida en un 30%, debiendo en cualquier caso ser inferior a la presión del circuito secundario. En función de ello la presión máxima de trabajo en el primario se fija en 3 Bar, con protección de válvulas de seguridad pretaradas.

La prueba de presión de se fija en 1'50 veces el valor de la presión máxima definida.

24.2 Prevención de flujo inverso

El circuito primario está dotado con bomba que fuerza el flujo en la dirección correcta, su potencia es suficiente para el caudal y pérdida de carga determinado en calculo. En su instalación, tras la bomba, en impulsión, se instala válvula antirretorno que imposibilita el flujo inverso en cualquier caso.

25 DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN

25.1 Generalidades

Homologación de captador; el captador posee la certificación emitida por organismo competente según el RD 891/1.980.

- a. Se aportará la documentación de Homologación del colector solar escogido. En este caso se ha tomado como colector que responde a las características indicadas en el apartado anterior.
- b. Todos los colectores utilizados serán iguales y del mismo modelo que él especificado anteriormente.
- c. El coeficiente global de pérdidas es de $3,125\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, menor que el límite de $10\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$.

25.2 Ubicación de los colectores

Los colectores se ubicarán en la cubierta del edificio, emplazados sobre una estructura de apoyo.

25.3 Conexionado

La conexión de los colectores solares se proyecta en paralelo, situados en tres filas de seis colectores; en la entrada y salida se instalarán válvulas de cierre para favorecer las tareas de mantenimiento.

En la instalación del campo de colectores solares se dispondrá una válvula de seguridad para proteger la instalación. Para favorecer el equilibrado hidráulico se diseña un retorno invertido que garantiza el equilibrado del sistema y válvulas de equilibrado.

25.4 Estructura soporte

La función de la estructura soporte es el de aportar sujeción y rigidez al campo de captadores solares, propiciando, en la medida de lo posible, la integración de los equipos solares en la edificación. Deben estar realizadas con materiales que soporten el exterior, el material más empleado para su ejecución es el acero galvanizado en caliente.

A la estructura soporte le será de aplicación las exigencias del Código Técnico de la Edificación en cuanto a condiciones de seguridad.

Su diseño deberá cumplir la norma UNE ENV 1991-2-3 y UNE ENV 1991-2-4, de modo especial en lo que se refiere a cargas de viento y nieve que deba soportar. El sistema de sujeción debe permitir las dilataciones térmicas que sean necesarias, sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los captadores o al circuito hidráulico.

Deben proveerse los puntos de apoyo en cantidad suficiente y en posición correcta, de modo que nunca sobrepasen los valores de flexión máxima prescritos por el fabricante.

Es esencial que los elementos de fijación de los captadores y los elementos de la propia estructura no produzcan sombra sobre los colectores solares.

25.5 Intercambiador de placas

Según la CTE H4 la potencia mínima del intercambiador deberá cumplir la relación:

$$P \geq 500 \cdot A$$

Siendo P la potencia del intercambiador expresado en W y A el área de captación expresado en m².

$$P = 500 \cdot 41,58 = 20\,948 \text{ W} = 17\,880 \text{ kCal/h}$$

Se ha seleccionado un intercambiador de 20 000 kCal/h con estas características básicas:

Placas	ACS (L/h)	Caudal del primario a 50°C (L/h)	Pérdida carga primario (m.c.a)	Volumen (L)	Pot (kCal/h)
23	670	4 000	2,8	160	20 000

Las pérdidas del intercambiador de calor no superan los 3 m.c.a.

El intercambiador irá aislado con poliuretano tipo II cuyo coeficiente de transferencia de 0,024 W/m²/°C con un espesor de 30mm.

25.6 Sistema de acumulación solar

El volumen de acumulación, se fija en 3 000 litros ACS/día repartidos en dos depósitos de 1 500 l cada uno.

Siendo el área de captadores solares de 41,58m², la relación existente entre el volumen y el área es de (V/A) 67,2 l / m², valor dentro de los límites establecidos según el CTE HE4, según la expresión:

$$50 < V/A < 180$$

Se instalarán termómetros visibles y de fácil lectura, a la entrada y salida del acumulador solar .

El acumulador estará dotado de válvulas de corte en todas sus conexiones hidráulicas, de modo que se puedan aislar en operaciones de mantenimiento o reparación; el de mayor capacidad dispondrá de boca tipo hombre.

25.7 Sobrecalentamiento. Sistemas de disipación

Según la tabla anterior de producción de energía, en los meses de julio y agosto se obtiene excedente de energía solar, por lo que se prevé que pueda existir sobrecalentamiento. Como ya se ha mencionado la ocupación en los meses de invierno disminuye considerablemente, por lo que se prevé un exceso en la energía producida en estos meses. Para evitar problemas en el mantenimiento de la instalación y ya que no es posible darle un segundo uso a la misma, se instalará un disipador de calor estático en cada uno de los paneles solares.

Este dispositivo, sin aporte de energía eléctrica, puede evacuar los excesos de ganancias salvaguardando la integridad de los colectores y de la instalación hidráulica (circuito primario).

Además de lo expuesto, considerando el incremento de presión en el circuito primario, todos sus componentes se dimensionan para una temperatura máxima de 110° C, instalándose válvulas de seguridad taradas a una presión máxima de 3 kg/cm².

La presión mínima en el circuito primario se fija 1,5 kg/cm², con la que se obtiene un punto de ebullición del fluido caloportador superior a los 130° C.

25.8 Circuito hidráulico

25.8.1 Dimensionado de circuito hidráulico

El circuito hidráulico contará con la bomba recirculadora monofásica con tres velocidades, para una presión máxima en el sistema de 10 bar.

En el circuito primario, el caudal máximo previsto será de 0,7l/s. El tendido de tuberías se configurara de retorno invertido en la alimentación de la fila de colectores, de modo se obtiene un circuito hidráulicamente equilibrados en su conjunto.

Los tramos del primario y secundario del sistema de captadores solares han sido dimensionado para unas pérdidas de carga no superiores a 0,035 m.c.a./m y una velocidad entre 0,5 y 1 m/s. La tabla de resultados se muestra a continuación:

TRAMO	Longitud M	Caudal l/h	DN	Velocidad m/s	m.c.a/m	PdC tubos m.c.a
Primario	25	2 520	33/35	0,74	0,01639	0,41
Secundario	1	2 520	33/35	0,74	0,01639	0,02

Para la valvulería y codos se han calculado las longitudes equivalentes para cada tramo asociado a su DN, dando la siguiente tabla de resultados de pérdidas de carga por accesorios:

TRAMO	Válv. Retención	Codos	L equivalente m	PdC accesorios m.c.a.
Primario	2	16	31,4	0,51
Secundario	2	4	9,5	0,17

La pérdida acumulada será la suma de la pérdida de carga en las tuberías como en los accesorios (codos, válvulas,...) colocados en cada tramo, dando como resultado los siguientes valores:

Tramo	PdC accesorios m.c.a.	PdC tubos m.c.a	PdC acumulada m.c.a
Primario	0,51	0,41	0,92
Secundario	0,17	0,02	0,19

Los circuitos primario y secundario se realizarán en cobre 33/35.

Para mantener el volumen del circuito se instalará un sistema de llenado automático que incluirá un depósito, un interruptor de nivel y un equipo de bombeo.

25.8.2 Dimensionado del aislante

Datos:

Conducto	Cobre 33/35 al aire
temperatura del fluido interior	90°C
h interior se ha estimado	50 W/(m ² *K)
Temperatura suelo	0°C
h exterior estimado	16 m
K aislante	0,024 W/(m·°C)

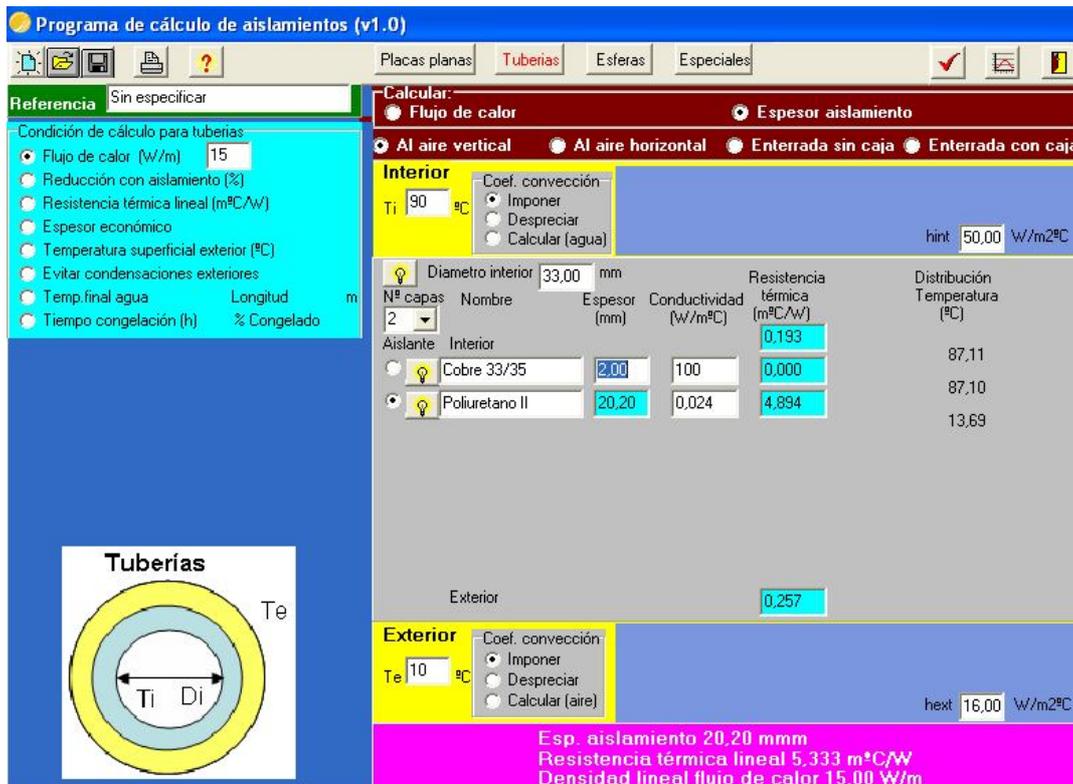
Resultados:

Tipo aislante	Poliuretano II
Espesor aislante	23,10 mm(*)
Resistencia térmica lineal	6,00 m·°C/W
Densidad del flujo de calor	15,00 W/m

(*) No cumple el criterio del Rite 2007, tabla 1.2.4.2.2: espesor mínimo de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el exterior de edificios.

El primario poseerá 40mm de espesor de aislante poliuretano tipo II con un coeficiente de transferencia de 0,024 W/m²/°C.

El secundario poseerá 30mm de espesor de aislante poliuretano tipo II con un coeficiente de transferencia de 0,024 W/m²/°C.



25.9 Volumen del fluido caloportador

El volumen de fluido caloportador se obtiene sumando los volúmenes de los conductos del primario, el intercambiador y de los captadores solares.

$$V_{\text{fluido caloportador del primario}} = V_{\text{intercambiador}} + V_{\text{conductos}} + V_{\text{captadores}} = 0,137 \text{ m}^3 = 137 \text{ l}$$

$$V_{\text{conductos}} (\text{m}^3) = L_{\text{tubos primario}} * \pi * D_{\text{int}}^2 / 4 = 25 * \pi * 0,033^2 / 4 = 0,022 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{captadores}} (\text{m}^3) = N_{\text{captadores}} * V_{\text{captadores}} = 18 * 0,002 = 0,036 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{intercambiador}} (\text{m}^3) = 0,08 \text{ m}^3$$

25.10 Elección de bombas

Las bombas se colocarán en la zona fría de los circuitos, estando en el primario a la salida del intercambiador y en el secundario en la salida del acumulador de inercia en el tramo que va hacia el intercambiador.

Las bombas serán elegidas para superar la pérdida de carga de los circuitos hidráulicos y para impulsar el caudal necesario en las condiciones de funcionamiento requeridas.

Aparte de las pérdidas de carga en los tubos se acumulará la pérdida de carga en los colectores solares y el intercambiador.

25.10.1 Primario

La pérdida de carga total en el circuito primario será la suma de la pérdida de carga en los tubos, más la pérdida de carga en el intercambiador, más la pérdida de carga en los colectores. Siendo:

De cálculos hidráulicos anteriores la $PdC_{\text{tubos}}=0,92$ m.c.a.

De las especificaciones del intercambiador para un caudal de 2 500 l/h tenemos que $PdC_{\text{intercambiador}}= 2,80$ m.c.a.

De las especificaciones de los colectores solares para un caudal de 140 l/h correspondiente a cada colector tenemos una $PdC_{\text{colector solar}} = 0,15$ m.c.a.

Con todo ello:

$PdC_{\text{PRIMARIO}}= PdC_{\text{tubos}} + PdC_{\text{intercambiador}} + PdC_{\text{colector solar}} = 0,92 + 2,80 + 0,15 = 3,87$ m.c.a.

El caudal del primario será de 2520 l/h.

25.10.2 Secundario

La pérdida de carga del secundario será la suma de la pérdida de carga en los tubos más la pérdida de carga en el intercambiador. Siendo:

De las especificaciones del intercambiador para un caudal de 2 500 l/h tenemos que $PdC_{\text{intercambiador}}= 2,80$ m.c.a.

De cálculos hidráulicos anteriores la $PdC_{\text{tubos}}=0,19$ m.c.a .

Con todo ello:

$PdC_{\text{SECUNDARIO}}= PdC_{\text{intercambiador}} + PdC_{\text{tubos}} = 2,99$ m.c.a.

El caudal del secundario será de 2 520 l/h y no superará nunca en un 10% al caudal del primario.

Se muestra a continuación una tabla resumen de las características mínimas de las bombas a colocar en los circuitos hidráulicos primario y secundario:

Primario	2 520 l/h	3,87 m.c.a.
Secundario	2 520 l/h	2,99 m.c.a.

25.11 Vaso de expansión

El vaso de expansión seleccionado será cerrado y se colocará en lugar cerrado para evitar su deterioro debido a las inclemencias del tiempo.

Los datos necesarios para su dimensionado son:

- V_t (L): volumen total del circuito primario
- n (%): coeficiente de dilatación del fluido
- V_d (L): volumen de dilatación
- V_{vap} (L): volumen de vapor
- V_u (L): volumen útil del vaso de expansión
- F_p : factor de presión
- V_n (L): volumen nominal del vaso de expansión
- P_{est} (bar): presión estática por diferencia de cotas
- P_{mf} (bar): presión mínima en el punto superior de la instalación (sistema en estado frío)
- P_{gas} (bar): presión inicial en el lado del gas del vaso de expansión (desconectado del circuito)
- P_{vr} (bar): presión equivalente al volumen de reserva
- $P_{inicial}$ (bar): presión inicial en el vaso de expansión
- P_{final} (bar): presión final o presión máxima (sistema en caliente o evaporación máxima)
- P_{vs} (bar): presión nominal de la válvula de seguridad. 6 bar.
- ΔP_m (bar): margen de presión entre la presión máxima y la nominal de la válvula de seguridad, un 10% de la presión de la válvula de seguridad.

El cálculo de volumen total de circuito primario incluye la suma del volumen de los captadores, tuberías e intercambiador:

$$V_t = V_{intercambiador} + V_{conductos} + V_{captadores} = 137 \text{ L}$$

El coeficiente de dilatación (n) para una mezcla de agua-glicol (60/40) con una diferencia de temperaturas máximas de 130K nos da un resultado de:

$$n = 130 \text{ K} * 0,000654/\text{K} = 0,085$$

Siendo el volumen de dilatación de la mezcla:

$$V_d = n * V_t = 0,085 * 137 = 11,65 \text{ L}$$

El volumen de reserva compensará las pérdidas de fluido debida a purgas así como la contracción de fluido a temperaturas muy bajas, en nuestro caso un llenado a 20°C y una temperatura mínima de -20°C.

$$V_r = V_t * 0,000654/\text{K} * 40\text{K} = 3,58 \text{ L}$$

El volumen útil del vaso de expansión se calcula de la siguiente manera:

$$V_u = V_d + V_r + V_{vap} = 11,65 + 3,58 + 0 = 15,23 \text{ L}$$

El volumen nominal del vaso de expansión se calcula de la siguiente manera:

$$V_n = F_p * V_u$$

Siendo F_p el factor de presión correspondiente a la siguiente expresión:

$$F_p = (P_{final} + 1) / (P_{final} - P_{gas})$$

P_{gas} se calcula sumando la presión estática con la presión mínima en estado frío:

$$P_{gas} = P_{mf} + P_{est} = 1,5 + 0,5 = 2,0 \text{ bar}$$

$P_{est} = \Delta h * (1 \text{ bar} / 10\text{m}) = 5/10 = 0,5 \text{ bar}$, siendo Δh la diferencia de cota entre el punto más alto de la instalación.

$$P_{mf} = 1,5 \text{ bar}$$

$$P_{final} = P_{vs} - \Delta P_m = 6 - 0,1 * 6 = 5,4 \text{ bar}$$

Quedando el valor del factor de presión en:

$$F_p = (5,4 + 1) / (5,4 - 2,0) = 1,88$$

El volumen nominal del vaso de expansión se calcula de la siguiente manera:

$$V_n > V_u / F_p$$

V_u (L)	F_p	V_n (L)
15,23	1,88	8,16

Aproximadamente coincide con un 8% del volumen de líquido caloportador estimado en 11,04 l.

Se colocará un vaso de expansión por duplicado con una capacidad mayor de 8,16 l.

25.12 Disposición

Los dieciocho captadores se agruparán en tres grupos de seis, todos conectados en paralelo.

En el esquema de principio del sistema hidráulico, se muestra la instalación desde el campo de colectores, a producción y de distribución de ACS. El esquema de la instalación de captadores solares se encuentra en la página 49 de este documento.

El circuito primario consta de:

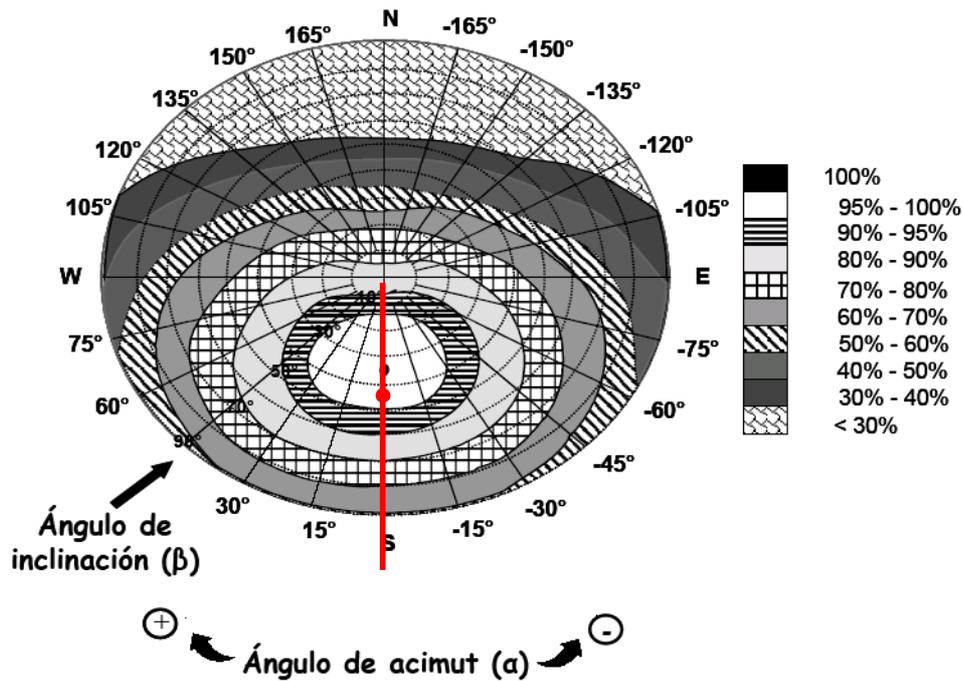
- Tubería de ida (agua caliente) desde el campo de captadores hasta el intercambiador.
- Tubería de retorno (agua fría) desde el intercambiador hasta el campo de captadores.
- Sistema de llenado y vaciado del circuito cerrado.
- Valvulería: válvulas de corte de esfera, de seguridad con dispositivo de vaciado, antirretorno, y filtros.
- Vaso de expansión
- Purgadores
- Elementos de medida (termómetros, manómetros, etc), sondas y actuadores.
- Bomba.
- Intercambiador
- Sistema de mando y control

En el plano correspondiente se sitúa el campo de captadores, la sala del acumulador, donde se encuentra el intercambiador, la bomba, el sistema de llenado y el vaso de expansión.

26 CÁLCULO DE PÉRDIDAS

26.1 Pérdidas por inclinación

La inclinación de diseño de los captadores solares es de $\beta=45^\circ$. El azimut de los colectores de 0° , es decir orientación sur, para dichos valores el porcentaje de energía respecto al máximo se encuentra entre el 95% y el 100 %, próximo al 100%.



26.2 Pérdidas por sombras

El único obstáculo que podría provocar sombras es el pretil de la azote, pero se tomarán las precauciones necesarias, retranqueando la fila de captadores una distancia de seguridad, equivalente a dos veces la altura del pretil.

Por lo tanto se considera que las pérdidas por sombreado son nulas.

27 MANTENIMIENTO DEL SUELO RADIANTE

Debido al poco uso que poseen las instalaciones en la época estival y a la variabilidad de ocupación de las instalaciones a lo largo del año se ha decidido introducir un sistema de mantenimiento para el suelo radiante aprovechando la posible energía sobrante del sistema de captadores solares.

El sistema de mantenimiento del suelo radiante en condiciones de poco uso del ACS constará de:

- Acumulador de inercia del sistema solar.
- Intercambiador de placas que separa el circuito hidráulico en primario y secundario. Al primario pertenecerá el acumulador de inercia de ACS y al secundario el suelo radiante.
- Circuito hidráulico
- Bombas en primario y secundario

27.1 Cálculo de variables

27.1.1 Primario:

Temperatura de entrada al intercambiador ($T_{\text{entrada intercambiador}} = T_{\text{acumulador}} = 60^{\circ}\text{C}$), supuesta igual a la de acumulación. Se suponen despreciables las

pérdidas térmicas desde la salida del acumulador hasta el intercambiador debido al poco trayecto y al aislante correspondiente.

27.1.2 Secundario:

Temperatura de mantenimiento a la entrada del suelo radiante ($T_{\text{mantenimiento}} = T_{\text{salida intercambiador}} = 25^{\circ}\text{C}$), supuesta igual a la salida del intercambiador. Suponemos despreciables las pérdidas térmicas en las canalizaciones desde el centro de energías renovables hasta el aula de la naturaleza debido al bajo gradiente de temperaturas y al aislante.

Temperatura de mantenimiento de retorno ($T_{\text{retorno mantenimiento}} = T_{\text{entrada al intercambiador}} = 15^{\circ}\text{C}$). Se suponen despreciables las pérdidas térmicas desde el aula de la naturaleza hasta el centro de energías renovables debido al bajo gradiente de temperaturas y al aislante correspondiente.

Caudal de agua de mantenimiento del suelo radiante ($m_w \text{ mantenimiento} = 0,7 \text{ L/s}$).

27.1.3 Intercambiador

Seleccionando como dato adicional un funcionamiento del intercambiador con una eficiencia ϵ del 0,80 obtengo los siguientes datos:

$$\epsilon = (T_{\text{acumulador}} - T_{\text{salida del intercambiador primario}}) / (T_{\text{acumulador}} - T_{\text{retorno mantenimiento}})$$

$$\rightarrow T_{\text{salida del intercambiador primario}} = 60 - 0,8 \cdot (60 - 25) = 24^{\circ}\text{C}$$

El calor intercambiado en el intercambiador será el incremento e energía del secundario para sus condiciones de uso:

$$P = m_w \text{ mantenimiento} \cdot C_p \cdot \Delta T_s = 0,7 \text{ l/s} \cdot 4,186 \text{ kJ/L}^{\circ}\text{C} \cdot (25 - 15)^{\circ}\text{C} = 29,30 \text{ kW}$$

El caudal de agua del primario quedará definido por:

$$m_{wp} = P / (\Delta T_p \cdot C_p) = 29,30 \text{ kW} / ((60-24)^{\circ}\text{C} \cdot 4,186 \text{ kJ/l}^{\circ}\text{C}) = 0,19 \text{ l/s}$$

	Caudal (l/s)	Temperatura entrada intercambiador ($^{\circ}\text{C}$)	Temperatura de salida del intercambiador ($^{\circ}\text{C}$)
primario	0,19	60	24
secundario	0,7	15	25

27.2 Elección del intercambiador

El intercambiador elegido deberá de proporcionar como mínimo la potencia intercambiada en condiciones de diseño.

$$P_{\text{diseño}} = 30 \text{ kW}$$

Trabjará en las condiciones establecidas en la tabla anterior.

28 BIBLIOGRAFÍA

- “*Biocombustibles Sólidos de Origen Forestal*”, autor: Francisco Marcos Martín, editorial: AENOR 2000, ISBN: 84-8143-278-5.
- “*Manual de Usuario de Instalaciones Fotovoltaicas*”, autor: Serveis Energètics Bàsics Autònoms, editorial: PROGENSA 1998, ISBN: 84-86505-74-7.
- “*Energía Solar Fotovoltaica*”, autor: Javier María Méndez Muñiz, Rafael Cuervo García, Instituto de Tecnología y formación SAU, editorial: Fundación Confemetal, ISBN: 84-69169-97-9.
- “*Energía Solar Térmica*”, autor: Javier María Méndez Muñiz, Rafael Cuervo García, Instituto de Tecnología y formación SAU, editorial: Fundación Confemetal, ISBN-13: 978-84-96743-31-1.
- “*Energía Solar Térmica para Instalaciones (2ª Edición)*”, autor: M.Carlos Tobajas Vázquez, editorial: Cano Pina S.L.-Ediciones Ceysa, ISBN: 978-84-96960-01-5.
- “*Ahorro y Eficiencia Energética en Climatización*”, Agencia Andaluza de la Energía, Conserjería de Innovación Ciencia y Empresa.
- *RITE 2007*.
- “*Diseño y Cálculo de Aislamiento Térmico de Conducciones, Aparatos y Equipos*”, Ministerio de Industria, Turismo y Comercio e IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía).
- “*Prescripciones Técnicas Para las Instalaciones solares Térmicas*”, Agencia Andaluza de la Energía, Conserjería de Innovación Ciencia y Empresa.
- “*BOJA 81 del 25 de Abril del 2007, Orden de Incentivos de 11 de Abril*”, Conserjería de Innovación Ciencia y Empresa.
- “*Ayudas Públicas de Instalaciones Solares Térmicas, Fotovoltaicas, Eólicas y Biomasa, Programa Prosol*”, SOEAN 2004.
- “*Código Técnico de la Edificación HE*” Ministerio de Industria, Turismo y Comercio e IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía).

PEREDA BENAVENTE, LEONARDO
INGENIERO INDUSTRIAL (INTENSIFICACIÓN ENERGÉTICA)
NIF: 45 656 667-B
EMAIL: leo_pereda@hotmail.com
TELÉFONO: +34 652 528 642

