

Universidad de **Cádiz**

Proyectos de fin de carrera de **Ingeniería Química**

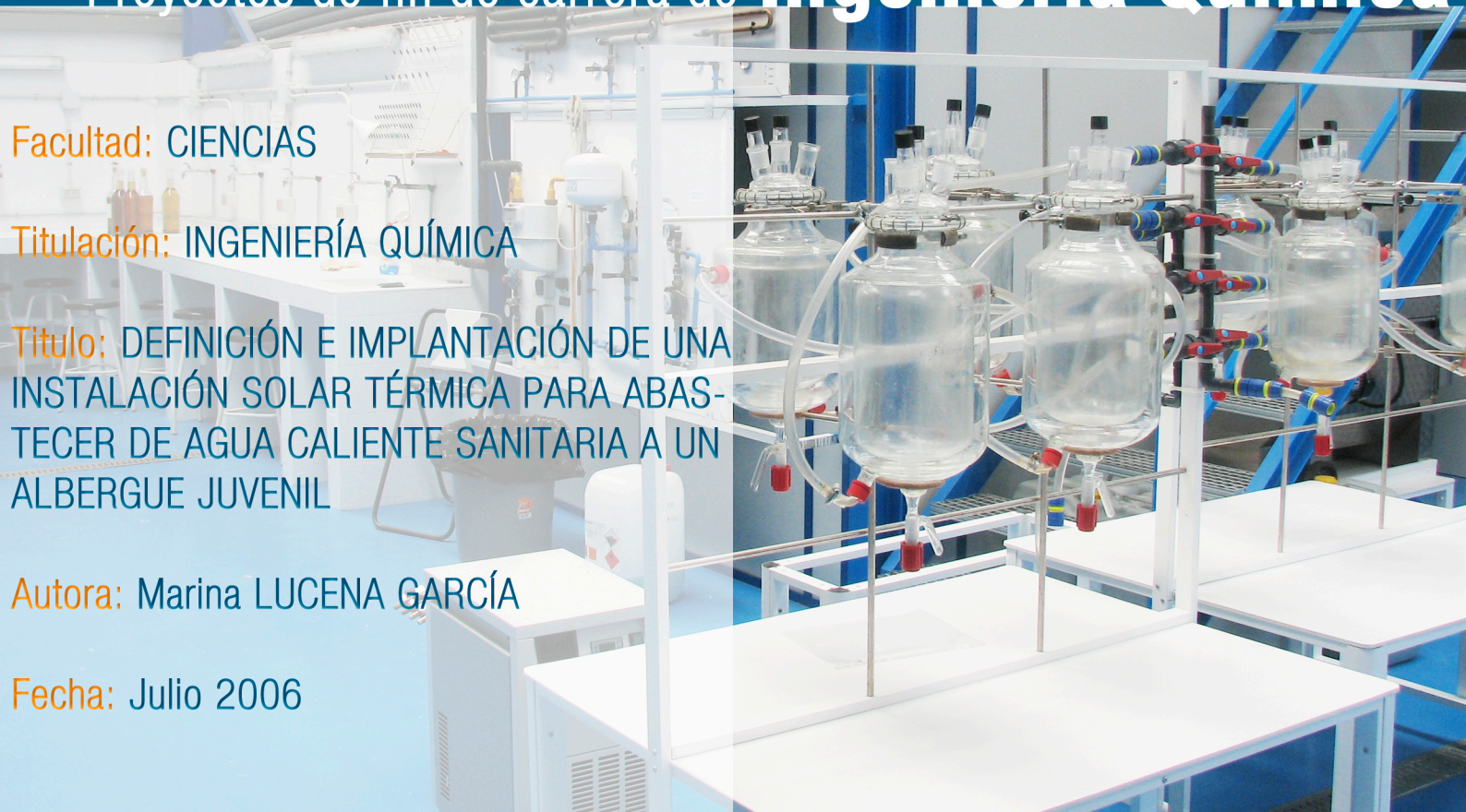
Facultad: CIENCIAS

Titulación: INGENIERÍA QUÍMICA

Título: DEFINICIÓN E IMPLANTACIÓN DE UNA
INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA ABAS-
TECER DE AGUA CALIENTE SANITARIA A UN
ALBERGUE JUVENIL

Autora: Marina LUCENA GARCÍA

Fecha: Julio 2006





DOCUMENTO I

MEMORIA

1. ÍNDICE

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. Índice.....	1
2. Introducción.....	5
2.1. Descripción del proyecto, objeto y justificación.....	5
2.1.1. Objeto y descripción del proyecto	5
2.1.1.1. Ubicación del albergue.....	6
2.1.2. Justificación.....	6
2.1.2.1. Idoneidad del sistema solar térmico para el albergue.....	9
2.1.3. Descripción de la instalación solar térmica.....	10
3. Datos de partida de la instalación.....	11
3.1. Tipología y clasificación de la instalación:.....	13
4. Sistema de captación.....	14
4.1. Introducción.....	14
4.2. Ubicación de los paneles solares.....	16
4.2.1. Lugar de anclaje.....	17
4.2.2. Distancia recorrida al punto de consumo.....	17
4.2.3. Estudio de sombras.....	18
4.2.4. Orientación e inclinación de los paneles solares.....	21
4.3. Características técnicas de la superficie de captación.....	24
4.4. Fluido caloportador.....	25
5. Interacumulador.....	26
5.1. Características del interacumulador.....	26
5.2. Funcionamiento del interacumulador.....	27
5.3. Situación del interacumulador.....	28
6. Circuito hidráulico.....	28
6.1.1. Circuito hidráulico primario.....	29

6.1.1.1. Elementos y características técnicas.....	29
6.1.2. Aislamiento térmico de conducciones y elementos....	32
6.1.3. Circuito hidráulico secundario.....	33
7. Sistema auxiliar.....	34
8. Ahorro económico.....	35
8.1. Amortización de la instalación.....	35
9. Subvención Prosol.....	37
9.1. Introducción.....	37
9.2. Fines generales.....	38
9.3. Objetivos.....	38
9.4. Ámbito temporal.....	39
9.5. Ámbito territorial	39
9.6. Beneficiarios.....	39
9.7. Tipos de instalaciones.....	40
9.7.1. Instalaciones generadoras de energía térmica.....	40
9.7.2. Instalaciones de generación de energía térmica con biomasa.....	41
9.7.3. Instalaciones generadoras de energía eléctrica.....	41
9.7.4. Precio de referencia de la instalación	42
9.8. Tramitación de solicitudes	43
9.9. Comisión de seguimiento	45
10. Anexo de cálculos.....	46
10.1. Datos de partida.....	46
10.2. Cálculos referentes a la superficie de captación.....	47
10.2.1. Radiación solar incidente (H) sobre superficie de captación.....	47
10.2.2. Cálculo del salto térmico (ΔT).....	48
10.2.3. Cálculo de las necesidades energéticas mensuales (q).....	49

10.2.3.1. Cálculo de la temperatura del fluido caloportador (Te).....	50
10.2.4. Cálculo de la intensidad media útil de radiación solar incidente (I).....	52
10.2.5. Cálculo del rendimiento del captador solar plano.....	54
10.2.6. Cálculo de la energía incidente considerando el rendimiento del captador solar plano (e).....	56
10.2.7. Cálculo de la energía neta disponible (E').....	57
10.2.8. Cálculo de la superficie de captación.....	58
10.2.9. Cálculo de la distribución de los captadores solares	59
10.2.10. Cálculo de la energía total obtenida por el sistema de captación de energía solar térmica (Et).....	60
10.2.11. Cálculo de la aportación de energía de la instalación solar térmica en la producción de agua caliente sanitaria (As)	61
10.2.12. Cálculo del déficit de energía aportada por la instalación solar térmica.....	62
10.2.13. Determinación de la inclinación de los captadores solares planos.....	63
10.3. Cálculos referentes al Circuito hidráulico.....	65
10.3.1. Circuito hidráulico primario.....	65
10.3.1.1. Cálculo del caudal del fluido caloportador.....	65
10.3.1.2. Diámetro del circuito primario.....	66
10.3.1.3. Cálculo del aislamiento del circuito primario.....	67
10.3.1.4. Cálculo de las pérdidas de carga en el circuito primario.....	69
10.3.1.5. Cálculo del volumen de expansión.....	71
10.3.1.6. Cálculo de la bomba circuladora.....	72
10.3.2. Circuito hidráulico secundario.....	73

10.3.2.1. Caudal de agua caliente sanitaria.....	73
10.3.2.2. Diámetro del circuito secundario.....	73
10.3.2.3. Cálculo del aislamiento del circuito secundario.	74
10.3.2.4. Cálculo de las pérdidas de carga en el circuito secundario.....	75
10.4. Cálculos interacumulador.....	77
10.4.1. Cálculo del volumen de acumulación.....	77
10.4.2. Cálculo del área de intercambio en el interacumulador	79
10.4.3. Espesor de aislamiento del interacumulador.....	80
11. Bibliografía.....	81

2. INTRODUCCIÓN

2.1. Descripción del proyecto, objeto y justificación

2.1.1. OBJETO Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El presente proyecto tiene por objeto la definición e implantación de una instalación solar térmica para abastecer de agua caliente sanitaria (ACS) a un albergue juvenil en Arcos de la Frontera (Cádiz).

La definición de la instalación consistirá en el dimensionado de la superficie de captación de energía solar, del sistema de acumulación de ACS, del sistema de intercambio y del circuito hidráulico.

El albergue cuenta con un total de 42 plazas de alberguistas y 4 plazas ocupadas durante todo el año por la familia del director.

Para poder determinar la instalación solar térmica que mejor se ajusta en nuestro caso, se tiene en cuenta la ocupación media mensual del albergue. Siendo estos datos los siguientes:

MES	Ocupación en tanto por 100
Enero	70
Febrero	80
Marzo	90
Abril	100
Mayo	100
Junio	100
Julio	100
Agosto	100
Septiembre	100

MES	Ocupación en tanto por 100
Octubre	60
Noviembre	60
Diciembre	70

Tabla 2.1.: Porcentajes de ocupación mensual del Albergue

2.1.1.1. Ubicación del albergue

Localizado en Arcos de la Frontera, ciudad situada en la Serranía de Cádiz y perteneciente a la ruta de los pueblos blancos. Se asienta sobre un macizo rocoso que ha sido erosionado por el río Guadalete a lo largo de los años creando una estrecha franja elevada 500 m.

El albergue objeto del presente proyecto, situado en la calle Maldonado, en los números 18 y 20 de la misma, limita en la dirección SO-NE con la Peña Nueva y la Iglesia de San Pedro.

En dirección noroeste limita con una vivienda de dos plantas sobre rasante y otras dos bajo rasante. En el límite sureste el solar se asoma al precipicio por donde existe una amplia visión de la Campiña.

Ésta ubicación hace viable la instalación de captadores planos en sus puntos más altos y poder así instalar un sistema solar térmico.

2.1.2. JUSTIFICACIÓN

Actualmente existen bastantes preguntas sobre cuál será la energía alternativa cuando el petróleo se extinga, algo que tiene fecha cada vez más próxima. Por otro lado el Protocolo de Kioto suscrito por España obliga a una reducción en la emisión de gases de efecto invernadero de un 8% con respecto a los niveles

de 1990, por lo que resulta indispensable buscar alternativas a los combustibles fósiles. Esto ha provocado que se experimente con otras energías y se invierta para investigar sobre ellas. Entre estas energías alternativas se encuentran las energías renovables, grupo al que pertenece la energía solar térmica.

Estas energías renovables presentan una serie de características generales:

- Como recurso energético se encuentra, en general, muy distribuido en todo el planeta, lo que permite su utilización autóctona.
- Las tecnologías de conversión son, generalmente, modulares y con pequeños períodos de construcción, lo que permite su adaptación en tamaño y emplazamientos.
- Necesitan una inversión económica al inicio, aunque presentan costes bajos de funcionamiento.
- La relativa sencillez de los procesos tecnológicos asociados permite su accesibilidad a países no desarrollados tecnológicamente o bien al desarrollo regional.
- Su reducido impacto ambiental las convierte en un elemento clave con relación al efecto invernadero y las lluvias ácidas.
- Al ser un recurso no agotable, no tiene problemas de escasez.

La energía solar, como ya se indica, proviene del sol, y es considerada fuente inagotable. Esta energía solar se aprovecha de diversas formas dando en cada una de ellas una forma de energía aprovechable final distinta. En función de la forma de

transformar la energía solar en estos otros tipos de energía aprovechables, podemos establecer la siguiente clasificación :

Transformación biológica: a través del mecanismo de la fotosíntesis, la radiación solar produce oxígeno y materia orgánica a partir de agua y dióxido de carbono. En la materia orgánica la energía queda almacenada en forma de energía química y puede ser utilizada para alimentación de animales y hombre y para producción de carbón u otros combustibles (biomasa, biodiesel).

Transformación fotovoltaica: la utilización de semiconductores que transforman directamente la radiación solar en energía eléctrica comenzó a utilizarse para alimentar los satélites en el espacio. El mercado se abre a otros sistemas al bajar los costes de producción. Así, son empleados en aplicaciones eléctricas para sistemas aislados de la red como sistema de telecomunicaciones, electrificación rural... Investigaciones actuales apuntan hacia sistemas de apoyo y mejora de las líneas eléctricas, sistemas conectados a red con integración en el sector de la edificación o sistemas centralizados de potencia de pequeños tamaños.

Transformación fototérmica: que es la transformación producida y aprovechada en determinados cuerpos que aumentan su temperatura al incidir la radiación solar. Suelen clasificarse por su nivel térmico (alta, media y baja temperatura) relacionado con los dispositivos empleados:

- Media y alta temperatura: se utiliza la energía solar de forma directa y no difusa. Está teniendo un fuerte avance en la última década. Existen varios sistemas aunque todos se basan en la

concentración de la radiación solar (captadores con concentradores cilíndricos, sistemas de discos parabólicos...)

- Baja temperatura: Son las aplicaciones que utilizan temperaturas de fluido de hasta 60-80 °C. Los sistemas solares térmicos en este caso utilizan captadores solares planos.

Las aplicaciones típicas de esta tecnología son la producción de agua caliente sanitaria, el calentamiento de agua para procesos industriales, la climatización de piscinas, la calefacción ambiental, los secadores...

La aplicación más desarrollada de la energía solar térmica es el calentamiento de agua caliente sanitaria para uso doméstico. Es también la aplicación más rentable y comercial.

2.1.2.1. Idoneidad del sistema solar térmico para el albergue

- Se encuentra situado en una zona en la que predominan los días soleados y existe una amplia banda de horas solares
- La Junta de Andalucía promueve la instalación de equipos solares térmicos mediante el aporte de subvenciones incluidas dentro del programa Prosol. Este es el “Programa Andaluz de Promoción de Instalaciones de Energías Renovables” gestionado por la Sociedad para el Desarrollo Energético de Andalucía (SODEAN S.A.) desde su inicio, en 1993. El Programa fomenta las instalaciones solares térmicas, solares fotovoltaicas (tanto aisladas como conectadas a la red eléctrica), eólicas para el suministro eléctrico, instalaciones mixtas de dos o más de los

sistemas anteriores e instalaciones de biomasa para usos térmicos.

- La mayoría de los alberguistas que se alojan son jóvenes y gente a la que le gusta la naturaleza y generalmente concienciados desde el punto de vista medioambiental, por lo que tanto a unos como a otros les agrada el hecho de utilizar un sistema de calentamiento de agua que respeta en mayor grado el medio ambiente, lo que repercute en las ganancias económicas del albergue, ya que puede utilizarlo como medio publicitario para sus clientes.

2.1.3. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA

La instalación solar térmica dimensionada en este proyecto consta de un sistema de captación formado por 8 captadores solares planos. Estos captadores están situados en la parte más alta de uno de los edificios que componen el albergue, alineados en dos filas de 4 captadores cada una.

Por el interior de los captadores circula el fluido caloportador, que es el fluido que absorbe el calor de los captadores para poder así calentar el agua caliente sanitaria. Este fluido es una mezcla de agua y propilenglicol.

La instalación se compone, también, de un interacumulador, que es un depósito de agua fría sanitaria que es calentada por un serpentín situado en el interior. Este serpentín es una tubería por la que circula el fluido caloportador que se ha calentado en los captadores solares planos, transmitiendo después ese calor.

La conexión entre el interacumulador y el sistema de captación se produce por medio de un circuito hidráulico por donde circula el fluido caloportador. El movimiento del fluido caloportador es

posible debido al accionamiento de una bomba circuladora situada en el circuito.

Una vez calentada el agua fría sanitaria, ésta va al sistema auxiliar y de ahí a los distintos puntos de consumo del albergue. Si el agua no está lo suficientemente caliente, entonces entrará en funcionamiento el sistema auxiliar.

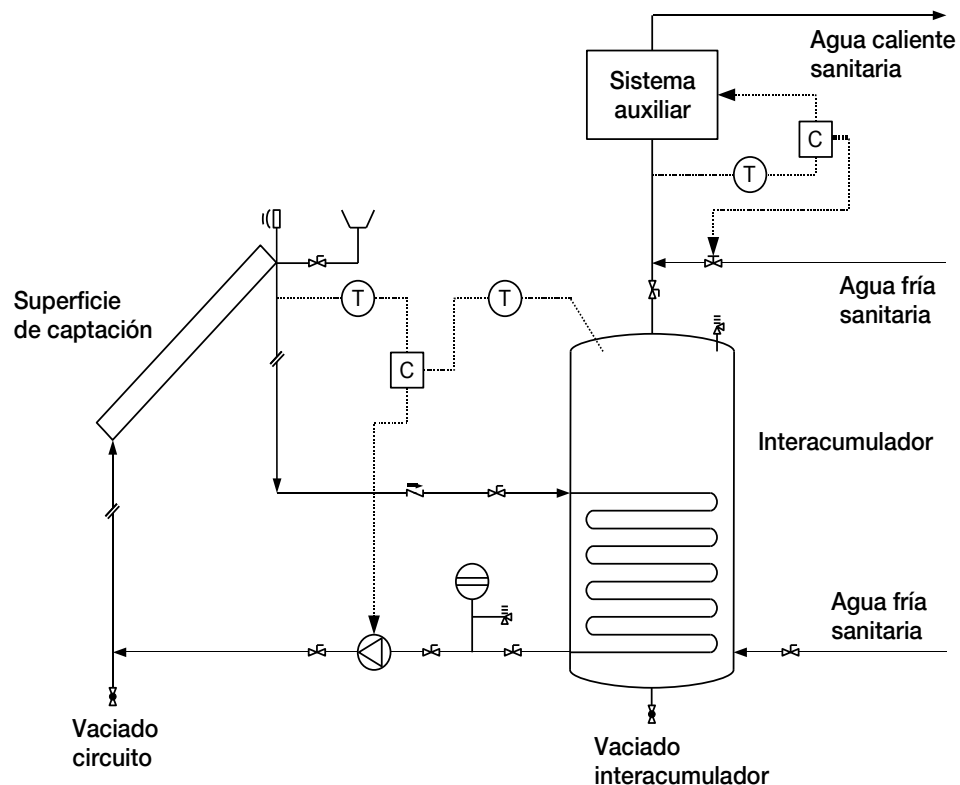


Ilustración 1: Esquema de la instalación solar térmica

Posteriormente se describirán cada uno de los elementos que componen la instalación solar térmica del albergue juvenil situado en Arcos de la Frontera (Cádiz).

3. DATOS DE PARTIDA DE LA INSTALACIÓN

El parámetro básico para seleccionar el tamaño de un equipo de consumo, y por tanto el área de captación necesaria, es el

consumo medio diario de agua caliente. Cuando no se dispone de este dato, se calcula a partir del consumo de agua fría que es fácil de determinar a partir de la lectura del contador de agua. Tomando el dato del agua caliente consumida como la cantidad comprendida entre el 25 y el 35% del consumo medio diario de agua fría.

Para casos en los que no se disponga de ningún dato del consumo medio diario de agua, los datos serán tomados de las especificaciones técnicas para la instalación de un equipo solar doméstico, de donde se obtiene que el consumo de agua caliente sanitaria es de 30l/día para instalaciones multifamiliares, que es la modalidad más parecida a nuestro albergue.

Según las especificaciones técnicas para instalaciones solares la temperatura de consumo debe ser de 45°C, que debe entenderse como la temperatura de referencia única para el consumo medio diario.

Es muy importante a la hora de de calcular la instalación, conocer los datos de temperatura de agua fría. Estos datos son proporcionados por las Especificaciones técnicas para realizar los cálculos:

<i>Mes</i>	<i>Temperatura (°C)</i>
Enero	10
Febrero	11
Marzo	12
Abril	13
Mayo	14
Junio	15
Julio	16
Agosto	16
Septiembre	15
Octubre	13
Noviembre	11
Diciembre	10
Media anual	13

Tabla 3.1.: Temperaturas del agua fría

3.1. Tipología y clasificación de la instalación:

Los equipos solares domésticos para el calentamiento de agua pueden clasificarse atendiendo a los siguientes criterios:

- El principio de circulación
- El sistema de intercambio
- El sistema de expansión
- La forma de acoplamiento de los componentes
- La disposición de componentes
- El sistema de energía auxiliar

El principio de circulación de la instalación a la que hace referencia el presente proyecto es de circulación forzada. Esto quiere decir que la circulación del fluido caloportador se produce por bombeo y no por convección natural.

El sistema de intercambio es indirecto por lo que el fluido caloportador es distinto del agua de consumo. Existe un intercambiador de calor entre el fluido caloportador y el agua de consumo.

El sistema de expansión del circuito hidráulico es cerrado, es decir, no está abierto a la atmósfera. Estos sistemas cerrados ofrecen menos condicionantes de instalación que los abiertos.

La forma de acoplamiento de componentes seleccionada es partida, es decir, el sistema de captación y el almacenamiento se encuentran a distancia física.

La disposición de los componentes es vertical. Esto quiere decir que tanto los captadores como el interacumulador se encuentran en disposición vertical. Los primeros por minimizar el espacio y por conseguir mayor incidencia solar ya que de este modo les afecta menos la sombra de los obstáculos. El segundo por ocupar menos espacio en el cuarto de calderas y por conseguir una mejor distribución de la temperatura.

El sistema auxiliar, que ya estaba determinado por el arquitecto que proyectó el albergue, es instantáneo, no está acoplado al acumulador.

4. SISTEMA DE CAPTACIÓN

4.1. Introducción

Este sistema de captación lo componen una serie de captadores solares planos que, para poder aprovechar la energía solar y transformarla en energía térmica, primero deben colectarla o

atraparla. Ésta es realmente la función básica que desempeñan los captadores dentro de un equipo solar térmico.

Estos equipos están formados por paneles, llamados paneles solares, que absorben la energía solar para posteriormente obtener energía térmica o calor que calentará, en este caso, el agua que se utilizará como agua caliente sanitaria (ACS).

El funcionamiento básico de un captador solar térmico consiste en la utilización de una placa plana y negra que absorbe y transforma en calor la energía solar. La placa es negra porque es el color que absorbe la máxima radiación en todas las longitudes de onda. Cuando esta placa se calienta, comienza a perder calor mediante los tres mecanismos de transmisión de calor (radiación, convección y conducción). Para minimizar esta pérdida, se utiliza el principio del efecto invernadero, de forma que se sitúa un vidrio entre la placa absorbidora y el sol. De este modo, se logra que el vidrio deje pasar la radiación solar hasta la placa absorbidora y no deje pasar la radiación infrarroja que ésta emite una vez que se calienta.

Finalmente se aísla el conjunto de la placa absorbidora y el vidrio tanto por los laterales como por la parte posterior, de forma que se evite el contacto de la placa con el aire, lo que también reduce las pérdidas por convección. De este modo, la placa pierde menos calor y consigue una mayor temperatura.

Entre la placa absorbidora y el vidrio se coloca un serpentín o un haz de tubos por donde circula el fluido que se quiere calentar para posteriormente obtener agua caliente sanitaria.

Un esquema aproximado de un captador solar plano convencional sería como sigue:

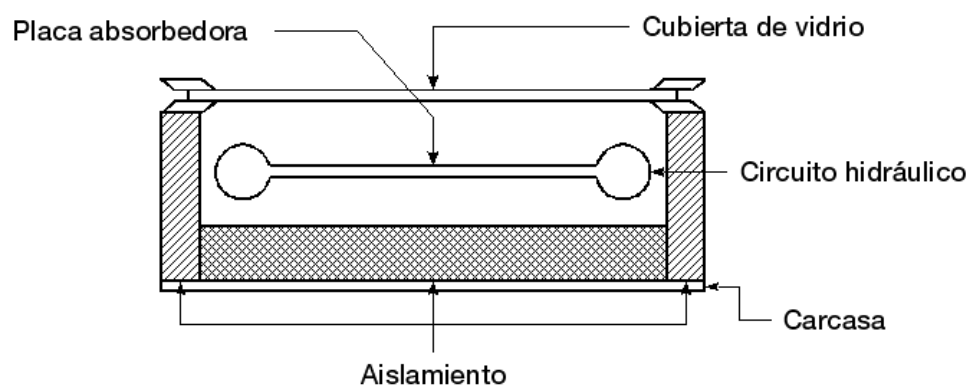


Ilustración 2: Esquema del captador solar plano

4.2. Ubicación de los paneles solares

Para que los paneles solares pueden abarcar la máxima radiación posible de energía solar es necesario que sean colocados en el lugar de máxima exposición al sol, en nuestro caso, el techo del albergue.

El albergue está formado por tres edificios o módulos en línea, siendo el central el más alto. Al ser edificios con techos paralelos a la horizontal, se facilita el anclaje de los paneles, así como la posibilidad de orientar los paneles hacia el sur, que es la orientación donde la exposición al sol se produce el máximo números de horas posibles.

A la hora de determinar en qué módulo, se colocan los paneles, es necesario tener en cuenta los siguientes factores:

- Lugar de anclaje
- Distancia recorrida hasta el punto de consumo
- Estudio de sombras

4.2.1. LUGAR DE ANCLAJE

Como hemos dicho con anterioridad, los techos de los tres módulos que componen el albergue son paralelos a la horizontal. Esto hace que el anclaje tenga la misma dificultad en cualquiera de los tres módulos, por lo que no es relevante a la hora de decidir en qué módulo se ubican los paneles solares.

Siendo la superficie sobre la que se anclan los paneles, plana, concede todas las posibilidades a la hora de orientar los paneles respecto al sur y respecto a la horizontal.

4.2.2. DISTANCIA RECORRIDA AL PUNTO DE CONSUMO

Al ser tres los edificios que componen el albergue, se presentan varias posibilidades de colocar los paneles solares.

Se descarta la posibilidad de situar los paneles repartidos en los tres edificios, pues esto supondría un alejamiento considerable entre unos paneles y otros con las consecuentes pérdidas de calor a través de las tuberías que unen dichos paneles.

Tanto el módulo norte del albergue como el módulo sur tienen la misma altura, y el módulo central tiene 3 metros más de altura que estos últimos. El módulo norte tiene en dirección sur-este al módulo central y éste a su vez en la misma dirección al módulo sur. Resulta, por tanto, evidente, que el módulo central sufrirá menos sombras que el módulo norte y prácticamente igual que el módulo sur. Esto induce a pensar, que los lugares más propicios para la ubicación de los paneles son tanto el módulo central como el sur.

Para determinar concretamente el módulo sobre el que se ubicarán los paneles debe tenerse en cuenta uno de los aspectos

más importantes en el dimensionado de un equipo solar doméstico (ESD): la distancia al punto de consumo. Este punto se encuentra situado a la salida del equipo auxiliar.

La distancia al punto de consumo debe ser lo menor posible dentro de las posibilidades que ofrezca la estructura. La distancia desde el acumulador al punto de consumo no debe sobrepasar los 12 metros.

En nuestro caso tenemos la posibilidad de situar el acumulador en el cuarto de calderas, que se encuentra en la planta 0 del módulo norte del albergue. Esto supone una ventaja, pues así, el acumulador abastecerá de ACS prácticamente en el mismo punto desde donde lo hace el sistema auxiliar, consiguiendo, de este modo, minimizar las pérdidas caloríficas entre el punto de abastecimiento del acumulador y el punto de consumo.

Todo esto hace pensar que los módulos candidatos a albergar los paneles solares son tanto el módulo norte como el módulo central de nuestro albergue. Para decantarnos por uno u otro módulo, debemos tener en cuenta, aún, el estudio de sombras sobre ambos módulos.

4.2.3. ESTUDIO DE SOMBRAS

El estudio de sombra que se realiza para un equipo solar térmico nos sirve para saber si donde se van a situar los paneles solares es un lugar donde llega la radiación solar sin problemas, o si por el contrario es un lugar con obstáculos que pueden producir sombra sobre los paneles.

Para realizar este estudio de sombras se han tomado los datos sobre la posición del sol publicados por el “Instituto nacional de meteorología” para un punto de latitud 37° , que corresponde a un

valor medio de Andalucía. Estos datos se encuentran en las tablas que se exponen a continuación:

HORA		ENE		FEB		MAR		ABR		MAY		JUN	
		A	α	A	α	A	α	A	α	A	α	A	α
5	19									114	0	117	3
6	18							98	6	105	11	109	14
7	17			70	4	79	10	89	18	97	23	101	25
8	16	55	9	61	14	69	22	79	30	88	35	93	37
9	15	44	18	49	24	57	33	68	41	78	47	83	49
10	14	31	25	35	32	42	42	53	52	64	58	71	61
11	13	16	30	19	38	23	48	30	60	40	68	48	71
12		0	32	0	40	0	51	0	63	0	72	0	76

Tabla 4.1: Posición del sol en función del tiempo (I)

HORA		JUL		AGO		SEP		OCT		NOV		DIC	
		A	α	A	α	A	α	A	α	A	α	A	α
5	19	116	2										
6	18	107	13	101	8	91	1						
7	17	99	24	92	20	82	13	73	6				
8	16	91	36	83	32	72	25	63	17	56	10	53	7
9	15	81	48	72	44	60	36	51	27	45	19	43	16
10	14	67	60	57	54	45	45	37	35	32	27	30	23
11	13	44	70	34	63	25	52	20	41	17	32	16	28
12		0	74	0	66	0	55	0	43	0	34	0	30

Tabla 4.2: Posición del sol en función del tiempo (II)

Siendo:

A \equiv Azimut (ángulo que forma el sol respecto al sur)

α \equiv Altura (ángulo que forma el sol con la horizontal)

HORA \equiv hora solar diaria

Para realizar el estudio de sombras se ha tomado un punto medio del techo de cada módulo, norte y central, que representa el área total de captación. Sobre este punto se han realizado todas las medidas necesarias para nuestros cálculos.

Para nuestro estudio hemos tomando los datos de azimut que determinan la posición del sol, respecto al sur, en cada momento del día. Estas posiciones se trazan en el plano que tenemos del albergue y vemos si en esa dirección existe algún obstáculo que pueda dar sombra sobre los paneles solares. Una vez localizado el obstáculo se traza una recta que une el punto medio del tejado del módulo en estudio y el punto más cercano y alto de dicho obstáculo. Comparando el ángulo que obtenemos de trazar esta recta con la horizontal y el ángulo (α) que tenemos para cada azimut según las tablas 1 y 2, sabremos que: si $\alpha >$ ángulo medido con el obstáculo, entonces habrá sol sobre los paneles, y si por el contrario $\alpha <$ ángulo medido con el obstáculo, entonces en esa posición del sol, habrá sombra sobre los paneles.

Existe también la posibilidad de orientar los paneles solares al suroeste o al sureste. Orientarlos al sureste no parece lógico ya que la única dirección libre de obstáculos es la dirección suroeste y la sur presenta menos obstáculos que la sureste. Sin embargo, aunque la dirección sur no está totalmente libre de obstáculos, recibe más horas de insolación que la dirección suroeste. Por este motivo, los paneles solares se orientan al sur.

Una vez realizado este estudio se ha obtenido que:

El módulo norte tiene una media de 11,25h solares diarias de un total de 12 horas posibles.

El módulo central tiene una media de 12h solares diarias de un total de 12 posibles.

Aunque el módulo central presenta más horas solares que el módulo norte, esta diferencia no es lo suficientemente significativa para compensar las pérdidas caloríficas que se producirían desde los paneles solares situados en el módulo central hasta el punto de consumo.

Una vez hechos estos estudios, se determina que la ubicación de los paneles se hará sobre el módulo norte del albergue.

4.2.4. ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN DE LOS PANELES SOLARES

Según se establece en las especificaciones técnicas de diseño y montaje de instalaciones solares para la producción de agua caliente, elaborado por el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial “Esteban Terradas” (INTA) en colaboración con la Asociación para el Desarrollo de la Energía Solar y Alternativas en Andalucía (ADESA):

1. Los captadores se orientarán al sur. A los efectos de estas especificaciones se admitirán desviaciones de $\pm 45^\circ$.
2. En instalaciones de uso anual la inclinación respecto del plano horizontal será de 45° . A efectos de estas especificaciones se admitirán desviaciones de $\pm 15^\circ$.
3. En instalaciones de uso estival la inclinación respecto del plano horizontal será de 30° . A efectos de estas especificaciones se admitirán desviaciones de $\pm 15^\circ$.
4. En sistemas integrados en la edificación no será necesario ajustarse a lo especificado en los puntos 3 y 4. En todos los

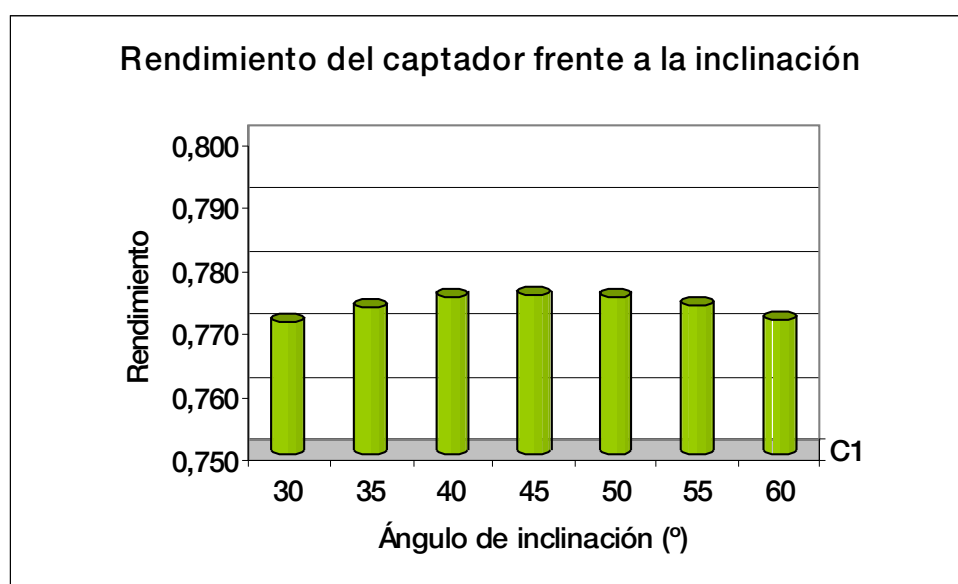
casos la memoria de diseño incluirá el estudio comparativo del aporte energético de la instalación con las condiciones de orientación e inclinación que proporcionan el máximo aporte solar.

Sabemos que:

- Es práctica habitual que para viviendas ocupadas durante todo el año los captadores de los equipos se instalen orientados al sur e inclinados 45°.
- Se mejoran algo las prestaciones durante el invierno si se utiliza una inclinación superior.
- Cuando el consumo es superior en verano que el resto del año es conveniente establecer inclinaciones menores.

En nuestro caso, la orientación debe ser al sur, como se indica en el estudio de sombras realizado y como se establece en las especificaciones técnicas de diseño y montaje de instalaciones solares para la producción de agua caliente. Y como nuestra instalación es anual y la ocupación del Albergue es parecida en invierno y verano, cabe pensar que la inclinación óptima de los paneles es 45°.

Para asegurarnos al 100% calculamos los distintos datos energéticos de los captadores para todas las inclinaciones posibles de los captadores, y haciendo la comparativa, se determina que la mejor inclinación para la instalación es 45°:



Como vemos, el rendimiento de los captadores es máximo cuando la inclinación es de 45°.

Se concluye entonces que la orientación e inclinación de los captadores solares planos será:

- **ORIENTACIÓN** paneles solares: **SUR**
- **INCLINACIÓN** paneles solares: **45°**

La superficie de captación se distribuirá en 8 captadores. Estos captadores se situarán en el techo en dos filas paralelas de 4 captadores cada una. Los captadores de cada fila estarán conectados entre sí en serie, mientras que ambas filas estarán conectadas en paralelo. La separación entre una fila y otra de captadores será de 3,87 m como mínimo para evitar la proyección de sombra de una fila de captadores sobre la otra.

La fila de captadores se compondrá de un captador al lado del otro, siendo el lado de 1m paralelo a la horizontal. Ésto viene motivado por la necesidad de evitar al máximo la producción de sombras por el módulo central. Además de favorecer el

rendimiento térmico de la instalación, no supone impacto visual considerable ya que en rara ocasión son visibles.

El interior de los captadores alberga un haz de tubos en cuyo interior circula el fluido caloportador.

4.3. Características técnicas de la superficie de captación

Nuestro captadores serán normalizados de 1 x 2 m. Según los datos proporcionados por el programa Prosol, estos captadores tienen un factor óptico o factor de ganancia de 0,9 y el factor de pérdidas térmicas es 6.

Según están situados los captadores, las horas de incidencia de sol son 11,25h al día.

La necesidad energética anual es 73208,520 MJ / año

El rendimiento medio anual del captador es 0,78, que es la relación entre la energía útil, es decir, la que se aprovecha, y la radiación total incidente.

La energía incidente considerando el rendimiento del captador es 57717,59 MJ/año, pero como siempre se producen pérdidas motivadas por los distintos fenómenos de transmisión de calor, estimadas en un 15%, la energía neta proporcionada es 4859,95 MJ / m² · año.

Basándonos en lo anterior, la superficie de captación será 16 m², por lo que son necesarios los 8 captadores anteriormente mencionados.

La energía total obtenida por el sistema de captación es 77759,23 MJ / año.

Y la fracción energética que relaciona la energía obtenida con la energía necesaria es 91,14% al año, así que ésta es la demanda que cubre la instalación solar.

El déficit de energía es -4550,71 MJ / año, esto quiere decir que la instalación tiene un superávit de energía. Este superávit se debe a la existencia de meses donde se produce más energía de la que se consume (verano), aunque hay otros meses donde la demanda energética no se cubre sólo con la energía producida por energía solar. Esto es lo normal, ya que quiere decir que nuestra instalación no está sobredimensionada. Es muy interesante que los meses donde la demanda energética está totalmente cubierta por la instalación solar térmica son los meses en los que la ocupación del albergue es mayor, incluso el 100%.

4.4. Fluido caloportador

Es el encargado de transportar la energía calorífica colectada en los captadores hasta el interacumulador donde a través del intercambiador de calor la cede al agua de consumo.

En instalaciones donde exista el riesgo de heladas es necesario utilizar mezclas anticongelantes. El uso de líquidos como el etilenglicol o el propilenglicol añadidos al agua en una proporción adecuada, forma una mezcla con un punto de fusión lo suficientemente bajo para evitar congelación. Este método obliga a utilizar un intercambiador de calor para independizar el circuito del captador del agua de consumo.

De este modo, la mezcla líquida elegida como fluido caloportador de la instalación será una mezcla de agua desmineralizada y propilenglicol en una proporción de 70% de agua y 30% de propilenglicol.

Esta mezcla soporta las condiciones extremas que se puedan producir en la instalación, ya que soporta temperaturas de $-13\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $140\text{ }^{\circ}\text{C}$.

5. INTERACUMULADOR

El interacumulador es el elemento de la instalación donde se acumula el agua de uso que es calentada por el sistema de intercambio para obtener el agua caliente sanitaria. Es llamado interacumulador porque es la combinación de un acumulador o depósito y un intercambiador de calor.

5.1. Características del interacumulador

El interacumulador de la instalación es un depósito con un volumen de 1500l. En su interior se encuentra el serpentín por el que circula el fluido caloportador proveniente de los captadores.

El interacumulador será un depósito cilíndrico de 1 m de diámetro por 1,92 m de altura.

El interacumulador estará aislado para evitar pérdidas caloríficas al ambiente. El aislamiento consistirá en un encamisado de espuma rígida de poliuretano de un espesor de 50mm.

El área de intercambio es de $2,4\text{ m}^2$ y la longitud del serpentín es de 48 m.

Para la instalación se elegirá un interacumulador disponible en el mercado que se ajuste a las características citadas. Éste será de acero inoxidable y tendrá que cumplir además una serie de requisitos:

- El interacumulador tendrá un grifo de vaciado en la base del depósito para poder ser limpiado el interior.

- El serpentín podrá ser desmontado del acumulador para su limpieza.
- La salida de agua caliente sanitaria se producirá por la parte más alta del depósito.
- La entrada de agua fría del depósito será por el lateral del depósito, situado en la parte más baja posible.
- El depósito deberá permitir la introducción de una sonda termométrica en la parte alta del depósito
- Tendrá una válvula de seguridad en la parte alta para salvar sobrepresiones.

5.2. Funcionamiento del interacumulador

El serpentín permite la circulación del fluido caloportador por su interior y consigue así el calentamiento del agua sanitaria que se encuentra en el interior del acumulador. Cuando el agua caliente sanitaria es descargada, el interacumulador se llena de forma inmediata con agua fría sanitaria que entra por su base.

La instalación está preparada para calentar el agua del interior del interacumulador a 45°C, ya que ésta es la temperatura de uso.

Debe tenerse en cuenta, también, lo establecido por la IT. IC. 04.8.2:

- El agua caliente para usos sanitarios se prepara a una temperatura máxima de 58°C y se distribuirá a una temperatura máxima de 50°C medida a la salida de los depósitos acumuladores.

Para conseguir que las temperaturas a la salida y en el interior del interacumulador sean las deseadas, se utiliza una sonda termométrica en el punto de salida del interacumulador. De este

modo, si la temperatura a la salida del interacumulador es mayor a 45° se acciona una válvula que permite la entrada de agua fría para obtener dicha temperatura.

5.3. Situación del interacumulador

El interacumulador se encuentra en el cuarto de calderas del albergue. Esta ubicación permite que tanto el agua caliente sanitaria proveniente del sistema auxiliar como el proveniente del sistema solar se encuentren en el mismo punto, algo que favorece que el agua esté siempre a la temperatura deseada y en el punto deseado.

Al estar ubicado en el cuarto de calderas, el deterioro del interacumulador es menor, ya que se encuentra mucho más protegido de las inclemencias meteorológicas y aumenta así su durabilidad. Esto repercute económicamente, pues la vida media del interacumulador se alarga.

Con esta ubicación se consigue también que las pérdidas térmicas sean menores, aumentando así la eficacia de la instalación.

6. CIRCUITO HIDRÁULICO

El circuito hidráulico se puede dividir en dos partes claramente diferenciadas, una es el circuito hidráulico primario y otra es el circuito hidráulico secundario. El primero es el que está ocupado por el fluido caloportador y el segundo por el agua sanitaria de uso.

6.1.1. CIRCUITO HIDRÁULICO PRIMARIO

El circuito hidráulico primario es el que comunica los captadores con el serpentín que se encuentra en el interior del acumulador. Por este circuito circula el fluido caloportador encargado de transportar la energía calorífica colectada en los captadores. Este fluido caloportador circula por el accionamiento de una bomba circuladora que se pone en funcionamiento dependiendo de las diferencias de temperatura existentes entre la zona de captación y la zona de interacumulación.

6.1.1.1. Elementos y características técnicas

Las tuberías del circuito primario serán de cobre con un diámetro interno de 13,9 mm y un diámetro externo de 15,9 mm. El aislamiento en la parte de tubería que está a la intemperie será de 23,3 mm, y del que está en el interior del edificio será de 18,57mm.

A cada lado de cada una de las filas de captadores se encuentra situada una válvula de bola. Esto quiere decir que en la zona de captadores tenemos cuatro válvulas de bola. Esto permite aislar una fila de captadores si hubiese que realizar alguna operación de mantenimiento, permitiendo el completo funcionamiento de la otra fila.

Una vez en el cuarto de calderas, antes de entrar en el interacumulador tenemos una válvula antirretorno y una válvula de bola. A la salida del interacumulador, entre la bomba y el serpentín se sitúa un vaso expansor con una válvula de esfera aguas arriba y otra aguas abajo. Detrás de la bomba encontramos una válvula de esfera también.

El circuito lleva también un grifo de vaciado en la parte más baja y un elemento de llenado en la parte más alta. Esto se encuentra representado en la Ilustración 1: Esquema de la instalación solar térmica, pág. 11 de la memoria.

En la tubería que conecta el circuito primario con el vaso de expansión se emplazará una válvula de seguridad.

En la parte más alta de los captadores se situará un purgador de aire del circuito.

Todos estos elementos son descritos a continuación:

Válvulas de esfera

Estas válvulas sirven para cerrar el circuito en el punto en el que haga falta, son válvulas de aislamiento. Normalmente se usan para desmontar algún elemento para su mantenimiento o sustitución.

El cuerpo de fundición será de hierro o acero. La esfera y eje será de acero dicromado o acero inoxidable. Los asientos, estopada y juntas serán de teflón.

Válvula de retención

Esta válvula es utilizada para evitar que se pueda producir un reflujó del intercambiador hacia los captadores.

El cuerpo y la tapa serán de bronce o latón. El asiento y clapeta de bronce, y las conexiones en rosca hembra.

Válvulas de seguridad

Son válvulas que en caso de sobrepresión no controlada en el circuito, la presión se libera por ellas.

El cuerpo será de hierro fundido o acero al carbono con escape conducido.

El obturador y el vástago serán de acero inoxidable. Las prensa-estopas serán de latón y estopada de amianto grafitado. El resorte será de acero especial para muelle.

Vaso de expansión

Los vasos de expansión, son, en general de dos tipos: abiertos y cerrados.

Los vasos de expansión abiertos se comunican directamente con la atmósfera y se ubican en las partes más altas de la instalación.

Los vasos de expansión cerrados llevan una membrana y un colchón de aire o de nitrógeno, que permite una compresión y, por tanto, una absorción de las dilataciones del fluido del circuito.

El vaso de expansión seleccionado es cerrado y por eso puede estar situado en el interior del cuarto de calderas, donde está protegido de condiciones climáticas adversas. Este vaso se utiliza para absorber los aumentos de presión en el circuito.

La membrana del vaso será resistente a temperaturas de 110°C y a esfuerzos alternativos.

El volumen de expansión será de $8,9 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$.

La variación de temperatura a que se ve sometida el agua en los circuitos produce diferencias de volumen del agua en los mismos, dilatándose cuando se calienta y contrayéndose cuando se enfría.

Estas variaciones de volumen del fluido circulante se absorben mediante el vaso de expansión, evitando que se formen sobrepresiones en el circuito.

Para dimensionar el vaso de expansión es necesario calcular la dilatación máxima del agua en el circuito, de forma que este

depósito sea capaz de absorberla sin que se sobrepasen las presiones máximas de trabajo de la instalación.

Los vasos de expansión deberán ser unidos directamente mediante tuberías a los equipos de producción de calor. Además, el depósito de expansión deberá cumplir las exigencias de la norma ITIC 16,8 de aplicación en España.

Bomba circuladora

Es la encargada de hacer que el fluido caloportador circule por el circuito. Ésta se accionará cuando el termostato diferencial le mande la orden, una vez se haya detectado que la diferencia de temperatura entre los captadores y el interior del acumulador sea mayor a 7 °C.

La bomba de circulación que se empleará en la instalación será de tipo centrífugo y estará acoplada directamente a un motor eléctrico.

La bomba será compatible para trabajar con mezclas de agua y propilenglicol en proporciones de hasta un 50%.

Tendrá que vencer una altura manométrica de 24,7 m.c.a.

La potencia de la bomba será de 47,08 W.

6.1.2. AISLAMIENTO TÉRMICO DE CONDUCCIONES Y ELEMENTOS

Los aparatos, equipos y conducciones de las instalaciones de agua caliente sanitaria deben estar aislados térmicamente con el fin de evitar consumos energéticos superfluos y conseguir que el fluido caloportador llegue a las unidades terminales con temperaturas próximas a las de salida de los equipos de producción, así como para cumplir las condiciones de seguridad para evitar contactos accidentales con superficies calientes.

Para realizar el aislamiento se deben utilizar aislantes térmicos que cumplan las características técnicas y de colocación especificadas en la norma UNE 100171. Los equipos y aparatos aislados por el fabricante cumplirán la normativa existente al respecto.

El material aislante elegido es espuma rígida de poliuretano, que tiene una conductividad térmica de 0,029 W/m·K, un peso específico de 30-40 kg/m³, tiene buena resistencia a la humedad ya que es impermeable y puede llevar un tratamiento de ignifugado.

El circuito primario baja desde el tejado del módulo norte del albergue, donde pasa por todos los captadores hasta el cuarto de calderas que se encuentra en la planta -1. Las válvulas y accesorios utilizados tendrán una presión nominal igual o superior a 4 kg/cm².

6.1.3. CIRCUITO HIDRÁULICO SECUNDARIO

El circuito hidráulico secundario es aquel por el que circula el agua sanitaria.

La mayor parte del circuito hidráulico secundario ha sido diseñado por el arquitecto. En nuestra instalación hemos incluido algún elemento que ha sido añadido a la instalación del arquitecto.

El diámetro interior de la tubería que sale del interacumulador para transportar el agua caliente sanitaria es 62,7 mm, y el exterior es 62,67 mm. La tubería será de cobre, igual que las utilizadas por el arquitecto.

La tubería saldrá de la parte más alta del acumulador para ir hasta el sistema auxiliar. A partir del sistema auxiliar, el agua caliente sanitaria se distribuirá a todos los puntos de uso.

Las válvulas y accesorios utilizados tendrán una presión nominal igual o superior a 4 kg/cm²

Se utiliza una válvula de esfera regulable para entrada de agua fría en la tubería de consumo. Esta válvula accionará la salida de agua fría si la temperatura a la salida del acumulador es mayor de 45 °C.

7. SISTEMA AUXILIAR

El sistema auxiliar es el sistema del que ya dispone el albergue para abastecer de agua caliente sanitaria a todos sus usuarios.

Este sistema se encuentra instalado en el cuarto de calderas.

Este sistema consiste en una caldera de acero modelo CPA-60, de la marca GAVINA, de combustible líquido (gasoil).

Las características técnicas son:

<i>Característica</i>	<i>Valor</i>
Potencia útil	66.3 Kw
Rendimiento	90.2%
Capacidad de agua	150 l
Peso	330 kg
Largo	1394mm
Ancho	810mm

Tabla 7.1.: Características técnicas del sistema auxiliar

8. AHORRO ECONÓMICO

El sistema auxiliar de la instalación utiliza como combustible el gasóleo. El precio de 1 kW /h de gasóleo es 0,04 €.

Sabemos que la necesidad energética anual de la instalación es 73208,520 MJ / año y que la instalación solar térmica aporta el 91,14%. Esto quiere decir que el 8,86% de la necesidad energética anual debe ser cubierta por el sistema auxiliar.

Un kW / h = 3,6 MJ con lo que la necesidad energética anual cubierta por el sistema auxiliar son 813,43 € / año.

Si cubrimos el 91,4% de la necesidad energética anual con energía solar térmica, pagaríamos el coste del consumo del 8,86% de la energía anual:

$$\frac{8,86}{100} \cdot 73208,52 = 259,54 \text{ €/año}$$

Tenemos entonces que el ahorro anual que se produce en la producción de agua caliente sanitaria con el sistema solar térmico es:

$$813,43 - 259,54 = 553,89 \text{ €/año}$$

Éste es un ahorro considerable, ya que supone un ahorro del 68,09 % en el coste anual de consumo para calentar agua caliente sanitaria.

8.1. Amortización de la instalación

La instalación tiene un coste de instalación de 10389 €, como puede verse en el documento de presupuesto del presente proyecto.

Si nos ahorramos 553,89 € / año, entonces tenemos que la amortización de la instalación se producirá en 18 años y 9 meses.

Esto ha sido calculado sin tener en cuenta la subvención del programa Prosol, que sabemos que es 6557,80 € según se especifica en el documento de presupuesto. Si la tenemos en cuenta, la amortización sería en, aproximadamente, **7 años**.

9. SUBVENCIÓN PROSOL

9.1. Introducción

La Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa, a través de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, promueve el Programa Andaluz de Promoción de Instalaciones de Energías Renovables (Programa PROSOL), gestionado por la Sociedad para el Desarrollo Energético de Andalucía (SODEAN S.A.) desde su inicio, en 1993.

La concepción general del Programa PROSOL, como programa integral de promoción de energías renovables, introduce la metodología de la actividad comercial. Este aspecto, aunque sea práctica habitual en otros sectores de actividad, puede considerarse novedoso en su aplicación por la Administración para este sector.

El Programa fomenta las instalaciones solares térmicas , solares fotovoltaicas (tanto aisladas como conectadas a la red eléctrica), eólicas para el suministro eléctrico, instalaciones mixtas de dos o más de los sistemas anteriores e instalaciones de biomasa para usos térmicos.

Las características fundamentales del Programa son la aportación de elementos innovadores que:

- Agilizan y simplifican la tramitación y obtención de ayudas para las instalaciones
- Permiten al usuario adquirir un sistema energético obteniendo una subvención inicial y financiando el pago del resto en varios años,
- Garantizan el control de calidad de los equipos.

- Controlan la cualificación de empresas instaladoras.

9.2. Fines generales

El Programa pretende:

- Incrementar la diversificación y el ahorro energético, y fortalecer el tejido industrial andaluz.
- Crear puestos de trabajo.
- Disminuir los niveles de contaminación ambiental.
- Potenciar el uso de los recursos energéticos andaluces.
- Dinamizar el mercado de la oferta de energía solar, estableciendo un nivel mínimo de demanda.

La potenciación del uso de energías renovables asumida por la Junta de Andalucía responde a criterios no solamente energéticos, dada la elevada tasa de dependencia exterior de Andalucía (en torno al 90%), sino a la confluencia de su interés medioambiental y socioeconómico, con el papel que pueden jugar como fuente de generación de empleo, tanto en la fabricación como en la instalación de dichos sistemas.

9.3. Objetivos

Los recursos económicos previstos se destinarán a subvenciones a fondo perdido, subsidiación de los puntos de interés del importe financiado y el seguro de la instalación.

Con estos recursos, los objetivos del PROSOL fijados en el Plan Energético de Andalucía (PLEAN) para el año 2004, son los siguientes:

- 24.000 tep de instalaciones de biomasa.

- 384 kWp de instalaciones solares fotovoltaicas y eólica aisladas.
- 772 kWp de instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red eléctrica.
- 47.000 m² de instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente.

No obstante, el convenio contempla la posibilidad de acomodar los fondos a la demanda de instalaciones que se produzca realmente.

La Orden que regula el funcionamiento del Programa se publicó en el BOJA de fecha 18 de febrero de 2003.

9.4. Ámbito temporal

El plazo de presentación de solicitudes finaliza el 15 de Octubre del año 2006. En función de los fondos disponibles cada año, podrán fijarse sucesivos plazos de presentación de solicitudes.

9.5. Ámbito territorial

Las instalaciones acogidas al presente Programa se ubicarán en el territorio de la Comunidad Autónoma de Andalucía.

9.6. Beneficiarios

Podrán ser beneficiarios de las ayudas del Programa los promotores de instalaciones de energía renovable, que descontarán al usuario del precio de la instalación.

9.7. Tipos de instalaciones

El Programa se asienta en toda una labor legislativa, administrativa y técnica, realizada con anterioridad en la Comunidad Autónoma Andaluza. La Dirección General de Industria, Energía y Minas ha llevado a cabo la tarea de establecer un marco legislativo y normativo suficiente para servir de soporte al presente Programa, regulando los requisitos mínimos que han de cumplir no sólo las instalaciones, sino las empresas instaladoras que las realizan, que deberán estar debidamente acreditadas.

9.7.1. INSTALACIONES GENERADORAS DE ENERGÍA TÉRMICA

Se consideran los siguientes tipos:

- Equipos solares domésticos homologados.

Se define como equipo solar doméstico homologado el equipo de calentamiento de agua por energía solar que está compuesto por elementos y equipos predefinidos, que han sido conectados entre sí según el mínimo diseño, y que ha sido previamente ensayado y evaluado en un laboratorio reconocido.

- Instalaciones de energía solar térmica.

Podrán acogerse al Programa las instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente, cualquiera que sea su uso. Exceptuando las destinadas a la producción de agua caliente para uso sanitario o industrial, las restantes aplicaciones deberán ser expresamente autorizadas por la Comisión de Seguimiento.

9.7.2. INSTALACIONES DE GENERACIÓN DE ENERGÍA TÉRMICA CON BIOMASA

Se distinguen dos grupos:

Grupo 1: potencia comprendida entre 12 kW y 1.158 kW.

Grupo 2: potencia superior a 1.158 kW.

9.7.3. INSTALACIONES GENERADORAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

Se consideran los siguientes tipos:

- Fotovoltáicas:
 - Aisladas.
 - Conectadas a la Red.
- Eólicas.
- Mixtas.

Las aplicaciones admitidas en el PROGRAMA PROSOL, así como las potencias mínimas y máximas de cada tipo de instalación se recogen en la Tabla 9.1: Aplicaciones admitidas por Prosol (pág. 42).

Exceptuando las aplicaciones incluidas en el cuadro anterior, las restantes deberán ser expresamente autorizadas por la Comisión de Seguimiento.

En instalaciones mixtas, sus potencias parciales serán las que correspondan a cada tipo de instalación, individualmente consideradas, según los criterios anteriores y cumplirán los requisitos de cada instalación.

TIPO DE INSTALACIÓN	APLICACIÓN	POTENCIA MÍNIMA (W)	POTENCIA MÁXIMA (W)
FOTOVOLTAICA AISLADA	Vivienda Uso agrícola y ganadero	300	15.000
	Alumbrado centralizado de viales	1.000	15.000
	Bombeo de agua Otros usos	150	15.000
FOTOVOLTAICA CONECTADA		500	15.000
EÓLICA	Vivienda Bombeo de agua Uso agrícola y ganadero Otros usos	100	15.000
	Alumbrado centralizado de viales	1.000	15.000

Tabla 9.1: Aplicaciones admitidas por Prosol

9.7.4. PRECIO DE REFERENCIA DE LA INSTALACIÓN

Con carácter general, el programa PROSOL consiste en organizar y controlar un procedimiento que permita al usuario adquirir una instalación de energía renovable, para la producción de agua caliente o electricidad.

Todas las instalaciones tendrán un precio de referencia de la instalación (PRI), que representará el precio que la Junta de Andalucía reconoce a una instalación. Corresponde a la suma de los importes subvencionado y financiado que la Administración le otorga, dependiendo del tipo de instalación, características técnicas, tamaño (m² o kW), años de garantía y aplicación.

En base a esto, el promotor de la instalación se verá beneficiado por tres tipos de ayuda a través del Programa:

1. subvención a fondo perdido del importe subvencionado del PRI.
2. subsidiación de puntos de interés en la operación de préstamo, destinada a financiar el importe financiado del PRI, como subvención adicional.
3. seguro de la instalación.

La empresa promotora descontará al usuario el importe total de ayudas del precio de instalación, reflejándolo en la factura.

En caso de existir, la diferencia entre el precio de venta y el PRI, correrá por cuenta del usuario. El IVA no se considera objeto de subvención ni de subsidiación de puntos de interés.

Se considera precio de la instalación el contenido en el documento de solicitud del Programa PROSOL. Este precio, previamente pactado y acordado entre usuario y empresa promotora, deberá incluir los impuestos repercutibles y todos los conceptos que se mencionan en dicha solicitud, así como las obras y servicios auxiliares necesarios para la completa terminación de la obra y el funcionamiento correcto de la instalación.

9.8. Tramitación de solicitudes

Para solicitar una instalación de energía renovable al PROGRAMA PROSOL, es aconsejable contactar primero con varias empresas promotoras acreditadas, informando a la empresa de sus necesidades y pidiendo varios presupuestos del coste de la instalación.

El precio de la instalación debe incluir:

- Ejecución completa de la instalación.
- Garantía de la instalación por tres años.
- Mantenimiento de la instalación durante tres años.

Una vez seleccionada la empresa instaladora que ofrezca la mejor relación calidad/precio, se aporta la documentación necesaria según el tipo de solicitante. Es importante adjuntar toda la documentación para agilizar la concesión de las ayudas correspondientes. La empresa promotora (o el solicitante) presentará la solicitud en la Delegación Provincial de la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa, enviando a SODEAN la copia sellada correspondiente y el resto de la documentación necesaria, tanto administrativa como técnica.

Una vez revisada su solicitud, se enviará la resolución a la empresa promotora, donde figura el importe de la ayuda concedida, que será suma de tres conceptos: subvención a fondo perdido, subsidiación de puntos de interés y seguro de la instalación.

SODEAN ha suscrito acuerdos para facilitarle la tramitación de un préstamo (si así lo desea) con las siguientes entidades financieras.

BBVA - BSCH Red BCH - BSCH Red BS - CAJAS RURALES - CAJASUR - EL MONTE- LA CAIXA - SOLBANK - UNICAJA

El importe del préstamo que podrá solicitar, y las condiciones particulares de su instalación, se indican en la hoja de datos financieros que se adjunta a la resolución de ayudas concedidas.

La empresa promotora informará a SODEAN del final de la ejecución de la instalación. Personal técnico de SODEAN visitará

y revisará la instalación certificándola si procede o indicando las modificaciones a realizar.

Una vez certificada se procederá al pago de la instalación en la forma especificada en el contrato, la Junta de Andalucía abonará las ayudas públicas correspondientes.

9.9. Comisión de seguimiento

El control de las actividades derivadas del desarrollo del Programa, será realizado por una Comisión de Seguimiento. Esta Comisión estará presidida por el Director General de Industria, contando con representantes de dicha Dirección General y de SODEAN.

Entre otras competencias, determinará los procedimientos de cálculo y valores de los parámetros incluidos en el PRI, así como los puntos de interés y subvenciones que el Programa concede.

10. ANEXO DE CÁLCULOS

10.1. Datos de partida

<i>Concepto</i>	<i>Valor</i>	<i>Unidades</i>
Consumo unitario	30	l / día · persona
Ocupación máxima	46	plazas
Porcentaje ocupación media anual	82,69	%
Temperatura de uso	45	°C
Temperatura media agua fría	13,0	°C
Temperatura media ambiente	17,7	°C
Radiación solar incidente diaria (H)	19,98	MJ / m ²
Salto térmico	32,0	°C
Calor específico del agua	4,18	kJ / l
Número de días por mes	30,42	días
Conductividad térmica de referencia	0,04	W / m · K
Conductividad térmica de espuma PU	0,029	W / m · K
Velocidad de circulación fluido CH primario	0,6	m / s
Viscosidad cinemática fluido caloportador (n)	1,20*10 ⁻⁶	m ² / s
Rugosidad tubería de cobre (e)	0,0015	mm
Gravedad	9,81	m / s ²
Densidad relativa del propilenglicol	1040	kg / m ³
Densidad relativa del agua	1000	kg / m ³
Proporción de propilenglicol en fluido caloportador	0,3	%
Proporción de agua en fluido caloportador	0,7	%
Densidad del fluido caloportador	1012	kg / m ³
Viscosidad cinemática agua (n)	1,22*10 ⁻⁶	W / m · K
Velocidad de circulación agua caliente	1,1	m / s

Concepto	Valor	Unidades
Volumen fluido en interior captador	1,25	l
Pérdida de carga de 1 captador	0,0104	m.c.a.

Tabla 10.1.: Datos de partida para los cálculos de la Instalación solar térmica

10.2. Cálculos referentes a la superficie de captación

10.2.1. RADIACIÓN SOLAR INCIDENTE (H) SOBRE SUPERFICIE DE CAPTACIÓN

Para poder obtener la energía que incide sobre los paneles de captación de energía solar, debemos saber cuál es la radiación solar incidente en la zona de Arcos de la Frontera para una orientación sur e inclinación sobre la horizontal de 45°, que es la orientación y la inclinación de los captadores solares planos.

El programa PROSOL nos indica que para la zona de Andalucía, orientación sur y 45° de inclinación, los datos de radiación solar son los siguientes:

Orientación SUR / 45° de inclinación	
Mes	Radiación solar (MJ/m²)
Enero	15,86
Febrero	17,73
Marzo	21,93
Abril	20,89
Mayo	21,62
Junio	21,58
Julio	22,62
Agosto	22,97
Septiembre	22,72
Octubre	19,82
Noviembre	17,77

Orientación SUR / 45° de inclinación	
Mes	Radiación solar (MJ/m²)
Diciembre	14,30

Tabla 10.2.: Radiación solar incidente

10.2.2. CÁLCULO DEL SALTO TÉRMICO (ΔT)

El salto térmico es la diferencia de temperatura entre la red de distribución de agua fría de Arcos de la Frontera y la de consumo del ACS producida en la instalación:

$$\Delta T = T_c - T_a$$

T_c = Temperatura de consumo (45°) ; T_m = Temperatura media ambiente

Las temperaturas de distribución de agua fría se suponen iguales a la temperatura ambiente media mensual en la zona. Los datos de la temperatura ambiente se han tomado de los publicados por el “Instituto nacional de meteorología” para el Aeropuerto de Jerez de la Frontera:

Mes	Temperatura ambiente (T_a, °C)
Enero	10
Febrero	11
Marzo	12
Abril	13
Mayo	14
Junio	15
Julio	16
Agosto	16
Septiembre	15
Octubre	13

Mes	Temperatura ambiente ($T_{a,}$ °C)
Noviembre	11
Diciembre	10

Tabla 10.3: Temperatura ambiente en Arcos de la Frontera, según el Instituto nacional de meteorología

De este modo, el salto térmico mensual es:

Enero: $\Delta T = 45 - 10 = 35^\circ$

Febrero: $\Delta T = 45 - 11 = 34^\circ$

Marzo: $\Delta T = 45 - 12 = 33^\circ$

Abril: $\Delta T = 45 - 13 = 32^\circ$

Mayo: $\Delta T = 45 - 14 = 31^\circ$

Junio: $\Delta T = 45 - 15 = 30^\circ$

Julio: $\Delta T = 45 - 16 = 29^\circ$

Agosto: $\Delta T = 45 - 16 = 29^\circ$

Septiembre: $\Delta T = 45 - 15 = 30^\circ$

Octubre: $\Delta T = 45 - 13 = 32^\circ$

Noviembre: $\Delta T = 45 - 11 = 34^\circ$

Diciembre: $\Delta T = 45 - 11 = 34^\circ$

Media anual: $\Delta T = 32^\circ$

10.2.3. CÁLCULO DE LAS NECESIDADES ENERGÉTICAS MENSUALES (q)

Estas necesidades energéticas corresponden a la energía necesaria para calentar el agua de la red hasta la temperatura de uso seleccionada.

Los cálculos serán realizados para obtener la energía necesaria para calentar un volumen de acumulación de 1500l de agua,

desde la temperatura de red de distribución hasta la temperatura de consumo durante todos los días de cada mes.

La necesidad energética viene definida por la siguiente expresión:

$$q = m \cdot C_p \cdot (T_c - T_e) \cdot n^\circ \text{ días} = m \cdot C_p \cdot (\Delta T) \cdot n^\circ \text{ días}$$

Siendo:

$m \equiv$ cantidad de agua a calentar cada día (volumen acumulador, l) = 1500 l (Explicado en los cálculos del interacumulador)

$C_p \equiv$ calor específico del agua (4,18 kJ/l)

$T_c \equiv$ temperatura de consumo del agua (45 °C)

$T_e \equiv$ temperatura del fluido caloportador a la entrada del captador (°C)

$q \equiv$ necesidad energética mensual (MJ/mes)

$n^\circ \text{ días} \equiv n^\circ \text{ días de cada mes}$

10.2.3.1. Cálculo de la temperatura del fluido caloportador (T_e)

Para el cálculo de la necesidad energética (q), necesitamos conocer, también, T_e , que como se ha indicado anteriormente, es la temperatura del fluido caloportador a la entrada del captador, siendo la misma que la temperatura de salida del acumulador en el circuito primario, suponiendo que el sistema se encuentre en equilibrio.

En este caso, el agua del acumulador deberá estar a 45°, que es la temperatura de consumo seleccionada, y la temperatura del circuito hidráulico secundario (T_a) oscilará entre 10 y 16°C en enero y agosto respectivamente.

Así, la temperatura media del depósito interacumulador será en el peor de los supuestos en el mes de enero, por lo que la tomaremos como temperatura media de cálculo. Esta temperatura la calcularemos como la temperatura media entre el agua de consumo y la de entrada al depósito interacumulador:

$$T_e = \frac{(T_c + T_a)}{2} = \frac{(45 + 10)}{2} = 27,5^\circ\text{C}$$

De este modo, el fluido caloportador cederá su calor hasta alcanzar esta temperatura de 27.5 °C, y ésta será la temperatura a la entrada del captador solar plano.

Una vez calculado “T_e”, podemos calcular “q”:

Enero (31 días):	q = 6803,0 MJ/mes
Febrero (28 días):	q = 5969,0 MJ/mes
Marzo (31 días):	q = 6414,2 MJ/mes
Abril (30 días):	q = 6019,2 MJ/mes
Mayo (31 días):	q = 6025,5 MJ/mes
Junio (30 días):	q = 5643,0 MJ/mes
Julio (31 días):	q = 5636,7 MJ/mes
Agosto (31 días):	q = 5636,7 MJ/mes
Septiembre (30 días):	q = 5643,0 MJ/mes
Octubre (31 días):	q = 6219,8 MJ/mes
Noviembre (30 días):	q = 6395,4 MJ/mes
Diciembre (31 días):	q = 6803,0 MJ/mes
Media anual (30,42 días):	q = 73208,52 MJ/año

10.2.4. CÁLCULO DE LA INTENSIDAD MEDIA ÚTIL DE RADIACIÓN SOLAR INCIDENTE (I)

La intensidad media útil de la radiación solar, es la intensidad con que incide la radiación de forma instantánea en un día medio de cada mes.

De esta forma, tenemos que la intensidad de radiación media incidente en la superficie de captación será la relación entre la radiación solar recibida y el número de horas que incide esta radiación:

$$I = \frac{H}{\text{n}^\circ \text{ de horas}}$$

Los datos de radiación proporcionados por el programa Prosol corresponden a datos de radiación medio mensuales con 12 horas de radiación solar diaria. En nuestro caso, como se especifica en la memoria descriptiva, existen meses en los que la radiación solar incidente se produce durante algo menos de 12 horas al día, por lo que tendremos que tener en cuenta este factor. La fórmula nos quedaría de esta otra forma:

$$I = \frac{\frac{\text{n}^\circ \text{ horas captador}}{\text{n}^\circ \text{ horas totales}} \cdot H}{\text{n}^\circ \text{ horas captador}}$$

Las horas de radiación solar de cada mes en nuestro sistema de captación y las horas totales de un sistema de captación estándar, las vemos reflejadas en la siguiente tabla:

<i>Mes</i>	<i>Horas captador</i>	<i>Horas totales</i>
Enero	7	9
Febrero	9	11
Marzo	11	11
Abril	13	13

Mes	Horas captador	Horas totales
Mayo	15	15
Junio	15	15
Julio	15	15
Agosto	13	13
Septiembre	13	13
Octubre	10	11
Noviembre	7	9
Diciembre	7	9
Anual	11,25	12

Tabla 10.4.: Horas diarias de radiación solar

Sustituyendo estos datos y los de radiación solar en la fórmula, obtenemos los siguientes valores de I:

Enero: $I = 489,5 \text{ W / m}^2$

Febrero: $I = 447,7 \text{ W / m}^2$

Marzo: $I = 553,8 \text{ W / m}^2$

Abril: $I = 446,4 \text{ W / m}^2$

Mayo: $I = 400,4 \text{ W / m}^2$

Junio: $I = 399,6 \text{ W / m}^2$

Julio: $I = 418,9 \text{ W / m}^2$

Agosto: $I = 490,8 \text{ W / m}^2$

Septiembre: $I = 485,5 \text{ W / m}^2$

Octubre: $I = 500,5 \text{ W / m}^2$

Noviembre: $I = 548,5 \text{ W / m}^2$

Diciembre: $I = 441,4 \text{ W / m}^2$

Media anual: $I = 468,6 \text{ W / m}^2$

Estos resultados nos serán de gran utilidad para calcular el rendimiento de nuestro sistema de captación.

10.2.5. CÁLCULO DEL RENDIMIENTO DEL CAPTADOR SOLAR PLANO

El rendimiento de un captador es la relación entre la energía útil y la radiación solar total que incide sobre el mismo:

$$\eta = \frac{q_{\text{útil}}}{I \cdot A}$$

Siendo “I” intensidad media útil de la radiación solar y “A” la superficie útil de captación.

Por otro lado, la energía útil útil puede calcularse también como la diferencia entre la energía captada y la energía que se pierde, ya que no toda la energía solar que incide en el captador es realmente captada por éste. La energía absorbida depende de lo que transmite el vidrio y de lo que absorbe la placa absorbidora. De este modo, la energía absorbida puede expresarse por la siguiente expresión:

$$q_{\text{abs}} = a \cdot I \cdot A$$

siendo “a” el factor óptico del captador solar plano

Las pérdidas térmicas del captador son proporcionales a su superficie y a la diferencia de temperatura del absorbedor, T_e , con la temperatura ambiente, T_a , y vienen dadas por la expresión:

$$q_{\text{per}} = b \cdot (T_e - T_a) \cdot A$$

siendo “b” las pérdidas térmicas del captador solar plano

El rendimiento del captador puede expresarse, entonces, de la siguiente manera:

$$\eta = \frac{q_{\text{útil}}}{I \cdot A} = \frac{q_{\text{abs}} - q_{\text{per}}}{I \cdot A} = a - b \cdot \frac{T_e - T_a}{I}$$

La recta de rendimiento del captador solar plano que puede determinarse experimentalmente realizando medidas de prestaciones reales y ajustando una recta a los valores obtenidos. En España se sigue a estos efectos la Norma INTA 610001.

Y gráficamente, tenemos que el rendimiento del captador solar plano es:

Para el caso de nuestro captador standard de 1 x 2 m² y según los datos proporcionados por el programa Prosol: a = 0,9 y b = 6,0
“I” ha sido calculado con anterioridad, al igual que T_e y T_a.
Sustituimos todos estos valores en la expresión del rendimiento y obtenemos los siguientes valores:

Enero:	$\eta = 0,69$
Febrero:	$\eta = 0,69$
Marzo:	$\eta = 0,75$
Abril:	$\eta = 0,74$
Mayo:	$\eta = 0,76$
Junio:	$\eta = 0,82$
Julio:	$\eta = 0,87$
Agosto:	$\eta = 0,88$
Septiembre:	$\eta = 0,85$
Octubre:	$\eta = 0,80$
Noviembre:	$\eta = 0,76$

Diciembre: $\eta = 0,69$

Media anual: $\eta = 0,78$

10.2.6. CÁLCULO DE LA ENERGÍA INCIDENTE CONSIDERANDO EL RENDIMIENTO DEL CAPTADOR SOLAR PLANO (E)

Esta energía incidente es la energía que incide en el captador solar plano y que es transferida al fluido caloportador para cada mes del año, es decir, es la energía que el captador aprovecha de la total que incide sobre él procedente del sol.

Para calcular esta energía incidente, multiplicamos la radiación solar que incide por día y metro cuadrado de superficie (H) por el rendimiento del captador solar plano en cada mes (η) y por el número de días de cada mes:

$$E = H \cdot \eta \cdot n^{\circ} \text{ días}$$

De este modo obtenemos la energía que el captador solar plano transfiere al sistema de energía solar y que puede ser aprovechada para calentar el agua caliente sanitaria (ACS):

Enero: $E = 341,25 \text{ MJ /m}^2 \cdot \text{mes}$

Febrero: $E = 343,68 \text{ MJ /m}^2 \cdot \text{mes}$

Marzo: $E = 512,41 \text{ MJ /m}^2 \cdot \text{mes}$

Abril: $E = 462,10 \text{ MJ /m}^2 \cdot \text{mes}$

Mayo: $E = 511,80 \text{ MJ /m}^2 \cdot \text{mes}$

Junio: $E = 529,20 \text{ MJ /m}^2 \cdot \text{mes}$

Julio: $E = 611,01 \text{ MJ /m}^2 \cdot \text{mes}$

Agosto: $E = 625,19 \text{ MJ /m}^2 \cdot \text{mes}$

Septiembre: $E = 579,74 \text{ MJ /m}^2 \cdot \text{mes}$

Octubre:	$E = 491,11 \text{ MJ /m}^2 \cdot \text{mes}$
Noviembre:	$E = 405,14 \text{ MJ /m}^2 \cdot \text{mes}$
Diciembre:	$E = 304,96 \text{ MJ /m}^2 \cdot \text{mes}$
Media anual:	$E = 5717,59 \text{ MJ /m}^2 \cdot \text{año}$

10.2.7. CÁLCULO DE LA ENERGÍA NETA DISPONIBLE (E')

En una instalación solar térmica se producen pérdidas motivadas por los distintos fenómenos de transmisión de calor. Estas pérdidas se estiman en un 15%, por lo que la energía utilizada para el calentamiento del ACS será el 85% de la energía total captada por el captador solar plano.

De este modo, la energía neta disponible será:

$$E' = 0,85 \cdot E$$

Obteniendo,

Enero:	$E' = 290,06 \text{ MJ /m}^2 \cdot \text{mes}$
Febrero:	$E' = 292,13 \text{ MJ /m}^2 \cdot \text{mes}$
Marzo:	$E' = 435,55 \text{ MJ /m}^2 \cdot \text{mes}$
Abril:	$E' = 392,78 \text{ MJ /m}^2 \cdot \text{mes}$
Mayo:	$E' = 435,03 \text{ MJ /m}^2 \cdot \text{mes}$
Junio:	$E' = 449,82 \text{ MJ /m}^2 \cdot \text{mes}$
Julio:	$E' = 519,36 \text{ MJ /m}^2 \cdot \text{mes}$
Agosto:	$E' = 531,42 \text{ MJ /m}^2 \cdot \text{mes}$
Septiembre:	$E' = 492,78 \text{ MJ /m}^2 \cdot \text{mes}$
Octubre:	$E' = 417,44 \text{ MJ /m}^2 \cdot \text{mes}$
Noviembre:	$E' = 344,37 \text{ MJ /m}^2 \cdot \text{mes}$

Diciembre: $E' = 259,21 \text{ MJ /m}^2 \cdot \text{mes}$

Media anual: $E' = 4859,95 \text{ MJ /m}^2 \cdot \text{año}$

10.2.8. CÁLCULO DE LA SUPERFICIE DE CAPTACIÓN

Para calcular la superficie de captación, debemos tener en cuenta que es mucho más rentable diseñar la instalación para suministrar sólo una fracción de la demanda anual, mientras el resto de la demanda energética anual es suministrada por el sistema de energía auxiliar.

Para determinar la superficie de captación, utilizamos la expresión comúnmente utilizada entre los profesionales de la energía solar térmica:

$$A = \frac{q}{E'} = \frac{73208,52}{4859,95} = 15,06 \text{ m}^2$$

siendo q la necesidad energética anual (MJ /año) y E' la energía neta disponible (MJ / m² * año).

Como nuestra superficie útil de captación es 2 m², la superficie total de captación debe ser múltiplo de 2, por lo que cogemos la superficie inmediatamente superior a 15,06 y múltiplo de 2: **16 m²**.

Tanto el RITE como la normativa que regula el programa Prosol establecen que en instalaciones de energía solar térmica se debe cumplir la siguiente condición respecto a la superficie de captación:

$$60 \leq \frac{M}{A} \leq 100$$

Siendo M la carga de consumo diario (l / día) y A la superficie de captación (m²).

La carga de consumo diario (M) se referirá al valor medio diario anual cuando el consumo sea constante a lo largo de todo el año, o a los valores medios diario de los meses estivales cuando sea variable a lo largo del año. Nuestro caso es el segundo, así que:

$$M = 30 \frac{I}{\text{día} \cdot \text{persona}} \cdot 46 \text{ personas} = 1380I/\text{día}$$

De este modo tenemos que: $M / A = 86,25$, luego cumplimos perfectamente la condición impuesta por el RITE y el programa Prosol.

10.2.9. CÁLCULO DE LA DISTRIBUCIÓN DE LOS CAPTADORES SOLARES

Según las especificaciones técnicas para el diseño de instalaciones solares elaboradas por el INTA en colaboración con ADESA, la distancia entre comienzos de filas que estén al mismo nivel no será inferior a la obtenida por la expresión:

$$d = k \cdot I$$

Siendo,

I es la altura del captador

k es un coeficiente obtenido de la tabla siguiente:

Inclinación	20°	25°	30°	35°
Coeficiente k	1,532	1,638	1,732	1,813

Inclinación	40°	45°	50°	55°
Coeficiente k	1,879	1,932	1,970	1,992

Tabla 10.5.: Coeficientes k para calcular la distancia entre filas de captadores

La inclinación de los captadores, en nuestro caso, es 45°.

Tenemos, entonces que: $d = k \cdot l = 1,932 \cdot 2 = 3,864$ m. Ésta es la distancia entre las 2 filas de captadores, pues ésta es la distancia que puede haber como mínimo.

10.2.10. CÁLCULO DE LA ENERGÍA TOTAL OBTENIDA POR EL SISTEMA DE CAPTACIÓN DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA (E_t)

Esta es la energía total que disponemos en toda nuestra superficie de captación. Para calcularla multiplicamos la energía neta disponible por m^2 de captador (E') por la superficie total de captación de que disponemos (A):

$$E_t = E' \cdot A$$

Enero:	$E_t = 4641,01$ MJ /mes
Febrero:	$E_t = 4674,02$ MJ /mes
Marzo:	$E_t = 6968,80$ MJ /mes
Abril:	$E_t = 6284,55$ MJ /mes
Mayo:	$E_t = 6960,45$ MJ /mes
Junio:	$E_t = 7197,12$ MJ /mes
Julio:	$E_t = 8309,74$ MJ /mes
Agosto:	$E_t = 8502,64$ MJ /mes
Septiembre:	$E_t = 7884,52$ MJ /mes
Octubre:	$E_t = 6679,05$ MJ /mes
Noviembre:	$E_t = 5509,91$ MJ /mes
Diciembre:	$E_t = 4147,43$ MJ /mes
Media anual:	$E_t = 77759,23$ MJ /año

10.2.11. CÁLCULO DE LA APORTACIÓN DE ENERGÍA DE LA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA EN LA PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA (A_s)

En este apartado calculamos la proporción de energía necesaria que cubre la instalación solar térmica que hemos dimensionado:

$$A_s = \frac{E_t}{q} \cdot 100$$

Siendo,

A_s \equiv Fracción energética aportada por la instalación solar térmica (%).

E_t \equiv Energía total obtenida mensual (MJ/mes).

q \equiv Energía necesaria mensual (MJ/mes).

Enero:	$A_s = 68,22 \%$
Febrero:	$A_s = 78,30 \%$
Marzo:	$A_s = 100,00 \%$
Abril:	$A_s = 100,00 \%$
Mayo:	$A_s = 100,00 \%$
Junio:	$A_s = 100,00 \%$
Julio:	$A_s = 100,00 \%$
Agosto:	$A_s = 100,00 \%$
Septiembre:	$A_s = 100,00 \%$
Octubre:	$A_s = 100,00 \%$
Noviembre:	$A_s = 86,15 \%$
Diciembre:	$A_s = 60,97\%$
Media anual:	$A_s = 91,14\%$

Todos aquellas fracciones superiores al 100 % equivalen a cubrir el 100 % de la energía necesaria.

Toda aquella energía que no queda cubierta con la energía solar térmica se cubrirá con la energía auxiliar.

10.2.12. CÁLCULO DEL DÉFICIT DE ENERGÍA APORTADA POR LA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA.

El déficit de energía aportada por la instalación de energía solar es la diferencia entre la energía necesaria en cada mes y la energía aportada por la instalación para el calentamiento del agua caliente sanitaria (ACS):

$$D_e = q - E_t$$

D_e ≡ déficit energía (MJ/mes)

E_t ≡ Energía total obtenida mensual (MJ/mes).

q ≡ Energía necesaria mensual (MJ/mes).

Enero:	$D_e = 2161,94$ MJ /mes
Febrero:	$D_e = 1295,02$ MJ /mes
Marzo:	$D_e = -554,59$ MJ /mes
Abril:	$D_e = -265,35$ MJ /mes
Mayo:	$D_e = -934,98$ MJ /mes
Junio:	$D_e = -1554,12$ MJ /mes
Julio:	$D_e = -2673,01$ MJ /mes
Agosto:	$D_e = -2865,91$ MJ /mes
Septiembre:	$D_e = -2241,52$ MJ /mes
Octubre:	$D_e = -459,21$ MJ /mes

Noviembre: $D_e = 885,49$ MJ /mes

Diciembre: $D_e = 2655,52$ MJ /mes

Media anual: $D_e = -4550,71$ MJ /año

Los datos negativos indican que existe superávit de energía disponible para el calentamiento del agua caliente sanitaria, y que nuestra instalación solar térmica cubre las necesidades energéticas existentes para calentar el agua caliente sanitaria.

10.2.13. DETERMINACIÓN DE LA INCLINACIÓN DE LOS CAPTADORES SOLARES PLANOS

Del mismo modo que hemos realizado los cálculos para una inclinación de captadores de 45° , lo hacemos para todas las posibles inclinaciones que pueden tener los captadores dentro de las recomendaciones de diseño:

Grados de Inclinación de Captadores	30	35	40	45	50	55	60
	Rendimiento (η)	0,7710	0,7735	0,7750	0,7755	0,7750	0,7736
Energía incidente aprovechada (E)	5695,77	5709,85	5717,04	5717,59	5711,65	5698,85	5681,04
Energía neta disponible (E')	4841,40	4853,37	4859,49	4859,95	4854,91	4850,37	4828,88
Energía total obtenida por captación (E_i)	77462,41	77653,93	77751,81	77759,23	77678,49	77504,37	77262,08
Aportación energética de la instalación (A_e)	90,49	90,77	90,98	91,14	91,25	91,31	91,33
Déficit de energía (D_e)	-4253,89	-4445,41	-4543,29	-4550,71	-4469,97	-4295,85	-4053,56

Tabla 10.6.: Datos de energía para las distintas inclinaciones del captador

Como vemos, todo es mayor para 45°, excepto la aportación energética de la instalación, en donde la diferencia de proporción es despreciable. De este modo, la inclinación de captadores será 45°.

10.3. Cálculos referentes al Circuito hidráulico

10.3.1. CIRCUITO HIDRÁULICO PRIMARIO

10.3.1.1. Cálculo del caudal del fluido caloportador

Para determinar el caudal del fluido caloportador, tenemos que tener en cuenta dos criterios. Uno es el criterio impuesto por las instrucciones técnicas complementarias del RITE, y el otro es el criterio impuesto por el programa Prosol:

$$\hookrightarrow \text{CRITERIO PROSOL: } 0,7 \frac{l}{\text{min} \cdot \text{m}^2} < q < 1 \frac{l}{\text{min} \cdot \text{m}^2}$$

$$\hookrightarrow \text{CRITERIO RITE: } 1,2 \frac{l}{\text{s} \cdot 100\text{m}^2} < q < 1,6 \frac{l}{\text{s} \cdot 100\text{m}^2}$$

Siendo “q” el caudal del fluido caloportador.

Pasamos estas cantidades a l / s y las adaptamos a nuestra superficie de captación (16 m²), ya que en el programa Prosol el caudal viene determinado por cada m² de superficie de captación, mientras que en el RITE viene determinada por cada 100 m².

De este modo, tenemos que para nuestro caso el caudal del fluido caloportador estará comprendido entre:

$$\hookrightarrow 0,187 \frac{l}{s} < q < 0,267 \frac{l}{s} \quad \text{según el programa Prosol}$$

$$\Rightarrow 0,192 \frac{\text{l}}{\text{s}} < q < 0,256 \frac{\text{l}}{\text{s}} \quad \text{según el RITE}$$

Nuestro caudal, estará entonces comprendido entre $\{ 0,192 \text{ l / s} < q < 0,256 \text{ l / s} \}$ ya que así cumplirá los dos criterios. Tomamos el caudal menor de estos dos (**0,192 l / s**) porque así es requerida menos energía de bombeo.

10.3.1.2. *Diámetro del circuito primario*

Según establece el programa Prosol, el diámetro de la tubería del circuito primario se elegirá de modo que la velocidad del fluido caloportador esté comprendida entre

$$1,5 \frac{\text{m}}{\text{s}} > v > 0,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Siendo “v” la velocidad del fluido caloportador.

Fijamos la velocidad en $v = 0,6 \text{ m/s}$, ya que así se realizará el intercambio de calor en el interacumulador durante más tiempo, siendo un intercambio más eficaz y de mayor rendimiento. Al mismo tiempo, el fluido caloportador estará más tiempo en el captador solar plano, por lo que la captación de energía solar será también más eficiente.

Calculamos el diámetro de tubería de la siguiente forma:

$$Q = v \cdot s$$

siendo “Q” el caudal en l/s, “v” la velocidad del fluido caloportador en m/s y “s” la sección de la tubería en m².

Sabemos que:

$$Q = v \cdot \pi \cdot \left(\frac{\Phi_i}{2} \right)^2 \rightarrow \Phi_i = 2 \cdot \sqrt{\frac{Q}{v \cdot \pi}} = 2,02 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

Este es el diámetro obtenido para la tubería del circuito primario, aunque hay que coger uno comercial. Para ello, cogeremos el comercial inmediatamente inferior al diámetro que hemos calculado, ya que velocidad del fluido caloportador no puede disminuir de 0,6 m/s. De este modo, el **diámetro interior** que escogemos para la tubería del circuito primario es: $1,39 \cdot 10^{-2}$ m

El diámetro exterior de la tubería es $1,59 \cdot 10^{-2}$ m.

Comprobamos que la nueva **velocidad de paso del fluido caloportador** cumple la condición del programa Prosol:

$$v = \frac{Q}{\pi \cdot (\Phi_i/2)^2} = 1,265 \text{ m/s} \rightarrow 1,5 \frac{\text{m}}{\text{s}} > v > 0,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Esta velocidad cumple la condición del programa Prosol, luego es válida y es la que escogemos para el fluido caloportador.

10.3.1.3. Cálculo del aislamiento del circuito primario.

Según el reglamento de instalaciones térmicas en edificios (RITE) el aislamiento térmico viene definido por la siguiente expresión:

$$e_{\text{ais}} = \left(\frac{\Phi_i}{2} \right) \cdot e^{\frac{\lambda}{\lambda_{\text{ref}}} \ln \left(\Phi_i + \frac{2 \cdot e_{\text{ref}}}{\Phi_i} \right)}$$

Siendo:

- λ_{ref} la conductividad térmica de referencia: 0,40 W/m*K
- e_{ref} espesor de referencia mínimo de las tablas de espesores
- Φ_i diámetro de la tubería (mm)

El espesor de referencia (e_{ref}) podemos obtenerlo por la tabla que aparece en el RITE para tuberías y accesorios:

Fluido interior caliente				
Φ_i (mm)	Temperatura del fluido (°C)			
	40 a 65	66 a 100	101 a 150	151 a 200
$\Phi_i \leq 35$	20	20	30	40
$35 < \Phi_i \leq 65$	20	30	40	40
$60 < \Phi_i \leq 90$	30	30	40	50
$90 < \Phi_i \leq 140$	30	40	50	50
$140 < \Phi_i$	30	40	50	60

Tabla 10.7.: Espesores mínimos en interiores para tuberías y accesorios (RITE)

En nuestro caso el $\Phi_i = 13,9 \text{ mm} < 35 \text{ mm}$, y la temperatura a la que tiene que estar el fluido es a 45 °C , luego el espesor debe ser 20 mm según la tabla. El RITE también dice que cuando los componentes estén instalados al exterior, el espesor indicado en las tablas anteriores será incrementado, como mínimo, en 10 mm para fluidos calientes y 20 mm para fluidos fríos.

En nuestro caso, el circuito primario tiene una parte en interior y otra en exterior, así que el espesor de aislamiento será distinto para cada parte del circuito. Así, el espesor de referencia para la parte del circuito primario que está en exterior es 30 mm , y para la que está en interior es 20 mm .

Sabemos que la conductividad térmica del aislante utilizado (espuma rígida de poliuretano) es $0,029 \text{ W/m} \cdot \text{K}$.

Sustituyendo en la expresión del espesor del aislante tenemos que el espesor del circuito primario es:

$$e_{\text{tramo exterior}} = \left(\frac{2,02 \cdot 10^{-2} \cdot 1000}{2} \right) \cdot e^{\frac{0,029}{0,040} \ln \left(2,02 \cdot 10^{-2} \cdot 1000 + \frac{2 \cdot 30}{2,02 \cdot 10^{-2} \cdot 1000} \right)} =$$

$$= \mathbf{23,3 \text{ mm}}$$

$$e_{\text{tramo interior}} = \left(\frac{2,02 \cdot 10^{-2} \cdot 1000}{2} \right) \cdot e^{\frac{0,029}{0,040} \ln \left(2,02 \cdot 10^{-2} \cdot 1000 + \frac{2 \cdot 20}{2,02 \cdot 10^{-2} \cdot 1000} \right)} =$$

$$= 18,57 \text{ mm}$$

10.3.1.4. Cálculo de las pérdidas de carga en el circuito primario

Las pérdidas de carga se traducen en un mayor consumo de la bomba circuladora, por lo que deben minimizarse estas pérdidas.

Para calcular las pérdidas de carga, el método de cálculo utilizado es el método del coeficiente de perdidas. Con este método se calculan las pérdidas de carga por fricción en la tubería y las perdidas de carga puntuales como té, válvulas, codos... mediante un coeficiente tabulado para cada elemento de la instalación.

Este método utiliza la siguiente expresión:

$$H_r = \left(\frac{f \cdot L \cdot v^2}{2 \cdot \Phi_i \cdot g} \right) + \frac{\sum k \cdot v^2}{2g}$$

Siendo:

- Φ_i , el diámetro interno de la tubería = $1,39 \cdot 10^{-2} \text{ m}$
- v , la velocidad circulación del fluido caloportador = $1,265 \text{ m/s}$
- $\nu = \rho / \mu$, la viscosidad cinemática del fluido caloportador = $1,2 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$
- K , es el coeficiente tabulado para determinar las cargas puntuales en cada elemento de la instalación.
- f , es el factor de fricción
- L , es la longitud de la tubería ($68,35 \text{ m}$)

- g, la aceleración de la gravedad en m/s²

Los valores de las diferentes K son:

<i>Elementos del circuito hidráulico primario</i>	<i>Metros equivalentes</i>
Codo radio pequeño 90°	0,48
Codo radio grande 90°	0,30
Válvula esférica	5,40
Válvula de retención	1,80
Serpentín	1.5

Tabla 10.8.: Coeficientes tabulados de pérdidas para cada elemento del circuito hidráulico primario.

En nuestro circuito tenemos los siguientes elementos:

- 4 codos de radio pequeño de 90°
- 4 codos de radio grande de 90°
- 8 válvulas de bola
- 1 válvula de retención
- 1 válvula de seguridad

De este modo el $\Sigma k = 48,12$ m equivalentes de tubería.

Para poder calcular el factor de fricción (f), utilizamos la expresión de Colebrook:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -4 \cdot \log_{10} \left(\frac{k}{3,7 \cdot \Phi_i} + \frac{1,256}{N_{Re}} \cdot \sqrt{f} \right)$$

Donde

- k, es rugosidad de la tubería = 1,5 m
- Re, es el número de Reynolds

Calculamos, entonces, el número de Reynolds:

$$Re = \frac{v \cdot \Phi_i}{\nu} = 1,47 \cdot 10^4$$

Sustituyendo Re en la expresión de Colebrook e iterando obtenemos que $f = 0,027$

Calculando H_r , obtenemos las pérdidas de carga en el circuito primario de la instalación solar térmica:

$$H_r = 16,6 \text{ m.c.a.}$$

A estas pérdidas se suman las pérdidas de carga de los colectores solares planos. Sabemos que la pérdida de carga de un captador es $0,0104$ m.c.a, y tenemos 8, con lo que la pérdida de carga de captadores será $0,0832$ m.c.a. De este modo:

$$H_T = H_r + H_{\text{colector}} = 16,7 \text{ m.c.a.}$$

10.3.1.5. Cálculo del volumen de expansión

El depósito de expansión se dimensionará para un volumen mínimo de dilatación de $4,3\%$ del volumen total del circuito primario de la instalación, como se determina en el programa Prosol, y se instalará, preferentemente, en la aspiración de la bomba circuladora.

El depósito de expansión cerrado se dimensionará de forma que la presión mínima en frío en el punto más alto de la instalación, no sea inferior a $1,5 \text{ kg/cm}^2$ y la presión máxima en caliente en cualquier punto del circuito no supere la presión máxima de trabajo.

Para hacer el cálculo del volumen de expansión, calculamos primero el volumen del fluido que circula por el circuito primario:

$$V = L \cdot S = 1,04 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$$

Siendo L la longitud de tubería del circuito primario, incluido el serpentín y S la sección de la misma.

En el volumen del circuito primario debemos incluir, también, el volumen de fluido que hay en los captadores solares planos ($0,01 \text{ m}^3$) y el volumen del fluido que ocupa el interior de la bomba ($5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$).

Sumando todos los volúmenes que intervienen en el circuito primario, tenemos que:

$$V_T = 2,09 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3 \text{ de fluido caloportador}$$

Y con este dato calculamos el mínimo volumen de expansión:

$$V_{\text{expansión}} = 0,043 \cdot V_T = 8,9 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

10.3.1.6. Cálculo de la bomba circuladora

La altura manométrica que deberá vencer la bomba para hacer circular el fluido caloportador a través del circuito primario será igual a las pérdidas de carga que tiene que vencer, más el desnivel existente entre el colector solar plano y la propia bomba (H).

De este modo tenemos que:

$$H_{\text{bomba}} = H_T + H = 16,7 + 8,1 = 24,7 \text{ m.c.a.}$$

Siendo H_T las pérdidas de carga en el circuito primario.

La potencia de la bomba viene dada por la siguiente expresión:

$$P = \gamma \cdot Q \cdot H_{\text{bomba}} = 47,08 \text{ W}$$

Donde,

- γ es el peso específico del fluido ($\rho \cdot g$) = $1012 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2$
- Q es el caudal del fluido en m^3/s = $0,192 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$

- H_{bomba} es la altura manométrica a vencer (m.c.a) = 24,7 m.c.a.

10.3.2. CIRCUITO HIDRÁULICO SECUNDARIO

10.3.2.1. Caudal de agua caliente sanitaria

En nuestro caso, el arquitecto ya ha determinado el caudal necesario para abastecer a toda la instalación. Este caudal es el correspondiente al de la salida de la caldera del circuito auxiliar, es decir, 4,09 l/s.

10.3.2.2. Diámetro del circuito secundario

La velocidad de circulación del agua caliente sanitaria también está dada por la calculada para el circuito auxiliar por el arquitecto. Ésta es 1,1 m/s. Como podemos ver, esta velocidad está comprendida entre 0,6 y 1,5 m/s, luego, es compatible con la condición impuesta por el programa Prosol para el valor de la velocidad de circulación del fluido.

Para calcular el diámetro tomamos el caudal y la velocidad determinada por el arquitecto para el sistema auxiliar: $Q = 4,09$ l/s y $v = 1,1$ m/s. Sustituyendo estos valores, obtenemos el diámetro interno de la tubería del circuito secundario:

$$Q = v \cdot \pi \left(\frac{\Phi_i}{2} \right)^2 \rightarrow \Phi_i = 2 \cdot \sqrt{\frac{Q}{v \cdot \pi}} = 6,88 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

Este es el diámetro obtenido para la tubería del circuito secundario, aunque hay que coger uno comercial. Para ello, cogeremos el comercial inmediatamente inferior al diámetro que hemos calculado, ya que la velocidad del agua caliente sanitaria no puede disminuir de 0,6 m/s. De este modo, el **diámetro interior**

que escogemos para la tubería del circuito secundario es: **$6,27 * 10^{-2} \text{ m}$**

El diámetro exterior de la tubería es entonces **$6,67 * 10^{-2} \text{ m}$** .

Comprobamos que la nueva **velocidad de paso del fluido caloportador** cumple la condición del programa Prosol:

$$v = \frac{Q}{\pi \cdot (\Phi_i/2)^2} = 1,325 \text{ m/s} \rightarrow 1,5 \frac{\text{m}}{\text{s}} > v > 0,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Esta velocidad cumple la condición del programa Prosol, luego es válida y es la que escogemos para el circuito secundario.

10.3.2.3. Cálculo del aislamiento del circuito secundario.

Según el reglamento de instalaciones térmicas en edificios (RITE) el aislamiento térmico viene definido por la siguiente expresión:

$$e_{\text{ais}} = \left(\frac{\Phi_i}{2} \right) \cdot e^{\frac{\lambda}{\lambda_{\text{ref}}} \ln \left(\Phi_i + \frac{2 \cdot e_{\text{ref}}}{\Phi_i} \right)}$$

Siendo:

- λ_{ref} la conductividad térmica de referencia: **0,40 W/m*K**
- e_{ref} espesor de referencia mínimo de las tablas de espesores
- Φ_i diámetro de la tubería (mm)

El espesor de referencia (e_{ref}) podemos obtenerlo por la tabla que aparece en el RITE para tuberías y accesorios:

Fluido interior caliente				
Φ_i (mm)	Temperatura del fluido (°C)			
	40 a 65	66 a 100	101 a 150	151 a 200
$\Phi_i \leq 35$	20	20	30	40
$35 < \Phi_i \leq 65$	20	30	40	40

Fluido interior caliente				
$60 < \Phi_i \leq 90$	30	30	40	50
$90 < \Phi_i \leq 140$	30	40	50	50
$140 < \Phi_i$	30	40	50	60

Tabla 10.9.: Espesores mínimos en interiores para tuberías y accesorios (RITE)

En nuestro caso el diámetro interno es 66,7 mm, que es mayor que 60mm y menor que 90 mm, y la temperatura a la que tiene que estar el fluido es a 45 °C, luego el espesor debe ser 30 mm según la tabla.

Sabemos que la conductividad térmica del aislante utilizado (espuma rígida de poliuretano) es 0,029 W/m*K.

Sustituyendo en la expresión del espesor del aislante tenemos que el espesor del circuito secundario es:

$$e_{\text{circuito secundario}} = \left(\frac{6,27 \cdot 10^{-2} \cdot 1000}{2} \right) \cdot e^{\frac{0,029}{0,040} \ln \left(6,27 \cdot 10^{-2} \cdot 1000 + \frac{2 \cdot 30}{6,27 \cdot 10^{-2} \cdot 1000} \right)} =$$

$$= 51 \text{ mm}$$

10.3.2.4. Cálculo de las pérdidas de carga en el circuito secundario

Las pérdidas de carga del circuito secundario han sido calculadas por el arquitecto para toda la instalación.

Lo que vamos a calcular en este apartado es la pérdida de carga producida por los elementos que se han añadido nuevos con la instalación de un sistema solar térmico, de modo que el arquitecto pueda determinar si el sistema de bombeo diseñado es suficiente, o si por el contrario debe ser cambiado.

Para calcular las pérdidas de carga, el método de cálculo utilizado es el método del coeficiente de pérdidas. Con este método se calculan las pérdidas de carga por fricción en la tubería y las pérdidas de carga puntuales como té, válvulas, codos... mediante un coeficiente tabulado para cada elemento de la instalación.

Este método utiliza la siguiente expresión:

$$H_r = \left(\frac{f \cdot L \cdot v^2}{2 \cdot \Phi_i \cdot g} \right) + \frac{\sum k \cdot v^2}{2g}$$

Siendo:

- Φ_i , el diámetro interno de la tubería = $1,39 \cdot 10^{-2}$ m
- v, la velocidad circulación del agua caliente sanitaria = 1,265 m/s
- $\nu = \rho / \mu$, la viscosidad cinemática del agua = $1,22 \cdot 10^{-6}$ m²/s
- K, es el coeficiente tabulado para determinar las cargas puntuales en cada elemento de la instalación.
- f, es el factor de fricción
- L, es la longitud de tubería = 4,57 m
- g, la aceleración de la gravedad en m/s²

Los valores de las diferentes K son:

<i>Elementos del circuito hidráulico secundario</i>	<i>Metros equivalentes</i>
Válvula esférica	20,70
Codo pequeño de 90°	1,8

Tabla 10.10.: Coeficientes tabulados de pérdidas para cada elemento del circuito hidráulico secundario.

En nuestro circuito tenemos los siguientes elementos:

- 2 codos de radio pequeño y de 90°
- 1 válvulas de bola, esfera o asiento

De este modo el $\Sigma k = 24,30$ m equivalentes de tubería.

Para poder calcular el factor de fricción (f), utilizamos la expresión de Colebrook:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -4 \cdot \log_{10} \left(\frac{k}{3,7 \cdot D} + \frac{1,256}{N_{Re}} \cdot \sqrt{f} \right)$$

Donde

- k, es rugosidad de la tubería = 1,5 m
- Re, es el número de Reynolds

Calculamos, entonces, el número de Reynolds:

$$Re = \frac{v \cdot \Phi_i}{\nu} = 6,81 \cdot 10^4$$

Sustituyendo Re en la expresión de Colebrook e iterando obtenemos que $f = 0,024$

Calculando H_r , obtenemos las pérdidas de carga en el circuito secundario de la instalación solar térmica:

$$H_r = 2,12 \cdot 10^{-2} \text{ m.c.a.}$$

10.4. Cálculos interacumulador

10.4.1. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE ACUMULACIÓN

El volumen de acumulación se calcula teniendo en cuenta la ocupación media diaria y el consumo medio diario por persona y día. Así, el volumen de acumulación viene determinado por:

$$V = \text{consumo medio diario} \cdot \text{ocupación media diaria}$$

Sabemos que la ocupación máxima del Albergue son 40 alberguistas más 4 miembros que forman la familia del Director, y conocemos también la ocupación media diaria de cada mes. Y sabemos, que el consumo medio diario son 30l / persona.

Ocupación media mensual:

Enero:	70%
Febrero:	80%
Marzo:	90%
Abril:	100%
Mayo:	100%
Junio:	100%
Julio:	100%
Agosto:	100%
Septiembre:	100%
Octubre:	60%
Noviembre:	60%
Diciembre:	70%
Media anual:	82,69%

Tenemos , entonces que el **volumen de acumulación es: 1045,9 l**, y como cogemos el inmediatamente superior que existe comercialmente, el volumen de acumulación es, finalmente, **1500 l**

Según el RITE y las especificaciones del programa Prosol, para saber si el volumen de acumulación obtenido es válido para la instalación que estamos dimensionando, debe cumplir la siguiente condición:

$$0,8 \leq \frac{V}{M} \leq 1,2$$

Siendo V el volumen de acumulación en litros y M la carga de consumo diario en l/día.

La carga de consumo diario (M) se referirá al valor medio diario anual cuando el consumo sea constante a lo largo de todo el año, o a los valores medios diario de los meses estivales cuando sea variable a lo largo del año. Nuestro caso es el segundo, así que:

$$M = 30 \text{ l/día} \cdot \text{persona} \cdot 46 \text{ personas} = 1380 \text{ l/día} .$$

Sabemos que $V = 1500 \text{ l}$.

Sustituyendo, tenemos que $V / M = 1,087$. Luego se cumple perfectamente la condición exigida por el RITE y el programa Prosol.

10.4.2. CÁLCULO DEL ÁREA DE INTERCAMBIO EN EL INTERACUMULADOR

Sabemos por el RITE que el área de intercambio de un serpentín que se encuentra dentro del depósito acumulador de una instalación solar térmica, cumplirá la siguiente condición:

“ La relación entre la superficie de intercambio y el área de captadores, no será inferior a 0,15”:

$$\frac{\text{Área de intercambio}}{\text{Área de captadores}} \geq 0,15$$

$$\text{Área de intercambio} \geq 0,15 \cdot \text{Área de captadores} = 0,15 \cdot 16 \text{ m}^2$$

Esto quiere decir que el área de intercambio será como mínimo $2,4 \text{ m}^2$ y será éste el área de intercambio que nosotros tomamos.

Sabiendo esto, podemos calcular la longitud del serpentín:

$$A_s = \pi \cdot \Phi_i \cdot L \rightarrow L = \frac{A_s}{\pi \cdot \Phi_i} = 48 \text{ m}$$

Donde,

A_s = Área de intercambio del serpentín

Φ_i = Diámetro interno de tubería

L = Longitud de serpentín

10.4.3. ESPESOR DE AISLAMIENTO DEL INTERACUMULADOR

Según el reglamento de instalaciones térmicas en edificios (RITE):
“ El aislamiento de acumuladores cuya capacidad sea inferior a 300 litros tendrá un espesor mínimo de 30 mm, para volúmenes superiores el espesor será de 50 mm”.

Esto significa que el aislamiento que tendrá nuestro acumulador será de **50 mm de espesor** como mínimo.

11. BIBLIOGRAFÍA

- ✓ **Reglamento de Instalaciones Termicas en los Edificios y sus instrucciones tecnicas complementaias ite (RITE)**

Leyes y Decretos

Centro de publicaciones de la Secretaria General Técnica del Ministerio de Fomento, 1998

- ✓ **Reglamento de instalciones de calefaccion, climatización y agua caliente sanitaria y sus instrucciones técnicas complementarias, con el fin de racionalizar el consumo de energía**

Leyes y decretos

Centro de publicaciones de la Secretaria General Técnica del Ministerio de Fomento, 1992

- ✓ **Optimizacion energética de instalaciones de calefacción y agua caliente**

Instituto para la diversificación y ahorro de la energía

Instituto para la diversificación y ahorro de la energía, 1989

- ✓ **Energia solar: cálculo y diseño de instalaciones**

Enrique Alaiz Fernández,

E.T.S. de Ingenieros Industriales de Madrid, 1984

- ✓ **Especificaciones técnicas de diseño y montaje de instalaciones solares para producción de agua caliente.**
Eduardo Mézquida Gómez, M^a Eulalia Blanco Solá, Juan Carlos Martínez Escribano
INTA 1990. (Publicado en BOJA nº 29 de 23 de abril de 1991)
- ✓ **Revisión y actualizaciones de las Especificaciones Técnicas . Comité técnico Prosol**
- ✓ **Criterios de diseño de las instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente**
Eduardo Mézquida Gómez, Juan Carlos Escribano y col.
INTA 1991.
- ✓ **Manual de funcionamiento programa Prosol, Sodean S.A. 1994**
- ✓ **Guía de la Energía**
Ministerio de Industria, Comercio y Turismo
IDAE 1994
- ✓ **Reglamento de instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente y sus Instrucciones Técnicas complementarias**
- ✓ **Reglamento de recipientes a presión**
- ✓ **Energía solar. Manual de instalaciones térmicas**
J.A. Minguella. M^a C. Torrens
- ✓ **Procesos térmicos en energía solar**
Duffie y Beckman

- ✓ **Energía solar, edificación y clima. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. 1984**
Guillermo Yañez Parareda
- ✓ **Manual de energía solar térmica**
Cuadernos de Energías Renovables nº1. IDAE 1991
- ✓ **Normativa europea CEN 312 (borradores)**
- ✓ **Manual de instrucciones de equipos solares domésticos**

DOCUMENTO II

PLIEGO

1. ÍNDICE

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. Índice.....	1
2. Introducción.....	3
3. Condiciones generales.....	3
3.1. Descripción de las obras.....	4
3.1.1. Condiciones generales del montaje de la instalación... 4	
3.1.2. Montaje de la estructura soporte del captador.....	6
3.1.3. Montaje de la bomba circuladora.....	7
3.1.4. Montaje de las tuberías.....	7
3.1.5. Otras consideraciones de montaje.....	8
3.2. Reglamentación vigente.....	8
3.2.1. Normativa aplicable.....	8
3.3. Modificaciones.....	9
3.3.1. Modificaciones de precios.....	9
3.3.2. Modificaciones en la ejecución de la obra.....	9
3.3.3. Obras defectuosas.....	10
3.4. Recepción de los materiales.....	10
3.4.1. Captadores.....	11
3.4.2. Interacumulador.....	12
3.4.3. Bomba.....	12
3.4.4. Material eléctrico.....	13
3.4.5. Material de fontanería.....	13
3.5. Dirección e inspección durante la realización de la obra... 13	
3.6. Rescisión del contrato.....	14
3.7. Litigios.....	14
4. Condiciones económicas.....	15
4.1. Mediciones.....	15

4.2. Valoraciones.....	16
4.3. Sanciones.....	16
4.3.1. Daños a tercero.....	17
4.4. Certificaciones.....	17
4.5. Liquidación de la obra.....	18
4.6. Aspectos a tener en cuenta en la amortización de la instalación.....	18
5. Prevención de riesgos laborales.....	19
5.1. Riesgos en la ejecución del proyecto.....	19
5.1.1. Riesgos en la construcción.....	19
5.1.2. Riesgos en la instalación y montaje de las tuberías....	20
5.1.3. Riesgos en el montaje eléctrico.....	20
5.2. Medidas preventivas.....	20
5.2.1. Protecciones individuales.....	20
5.3. Servicio de prevención.....	22
5.3.1. Formación.....	22
5.3.2. Reconocimiento médico.....	23
6. Condiciones de funcionamiento.....	23
6.1. Condiciones de conservación.....	24

2. INTRODUCCIÓN

El presente pliego de condiciones, tiene como objetivo establecer todas las disposiciones que son necesarias para la correcta ejecución de las obras, de la instalación objeto del proyecto. Así como las características técnicas que deben reunir los equipos que forman parte de la instalación objeto del proyecto.

3. CONDICIONES GENERALES

El objeto del presente proyecto es el dimensionado de una instalación de agua caliente sanitaria (A.C.S.), para un albergue juvenil mediante la utilización de un sistema de energía solar térmica de baja temperatura, como medio aportación de calor.

La instalación dimensionada debe cumplir las normas reguladoras de la concesión de ayudas del programa andaluz de la promoción de instalaciones de energías renovables (PROSOL). Así mismo también se cumplirá toda la reglamentación y legislación vigente de carácter estatal y autonómica que afecte a al instalación objeto del proyecto.

La instalación de A.C.S. mediante energía solar, dispondrá de captadores solares planos, que captan la radiación solar que incida sobre su superficie y la transformen en energía térmica, elevando la temperatura del fluido caloportador, que circule por su interior.

La energía captada será transferida a un depósito interacumulador de agua caliente. Este interacumulador se conectará al sistema auxiliar existente en el albergue, para suministrar agua caliente sanitaria cuando cuando el sistema de captación solar no

sea capaz de aportar la energía necesaria. Para la circulación del fluido caloportador, la instalación constará de una bomba de funcionamiento automático y de todos los elementos auxiliares que requieren este tipo de instalaciones, como tuberías, aislamientos, vaso de expansión, válvulas y elementos de seguridad.

3.1. Descripción de las obras

En los siguientes subapartados se especifican las características especiales a tener en cuenta en la implantación de los distintos equipos de la instalación solar térmica.

A continuación se enumeran los elementos de la instalación:

- Captadores solares planos
- Depósito acumulador
- Bomba
- Válvulas y dispositivos de seguridad
- Tuberías
- Aislamiento
- Estructura soporte de los captadores
- Sistema de control
- Instalación eléctrica asociada

3.1.1. CONDICIONES GENERALES DEL MONTAJE DE LA INSTALACIÓN

La instalación se construirá en su totalidad utilizando materiales y procedimientos de ejecución que garanticen las exigencias del servicio, durabilidad, salubridad y mantenimiento.

A efectos de las especificaciones de montaje de la instalación, estas se complementarán con la aplicación de la reglamentación vigente que tengan competencia en el caso y las recomendaciones del fabricante del equipo.

El instalador evitará que los captadores estén expuestos al sol por periodos prolongados de tiempo durante el montaje. Si se produjera dicha exposición, las conexiones de los captadores deben estar abiertas a la atmósfera, pero impidiendo la entrada de suciedad.

Terminado el montaje de los captadores, se taparán para su protección cuando se prevea un periodo de tiempo hasta el funcionamiento o arranque de la instalación.

En las partes dañadas por roces en los equipos durante su instalación o montaje, se aplicara pintura rica en cinc u otro material similar.

Se tendrá en cuenta la presión máxima en red que se puede producir en la vivienda.

Los equipos, válvulas, purgadores, etc. se instalarán de forma que se permitirá su posterior acceso para su reparación, mantenimiento o desmontaje.

Una vez instalados los equipos se procurará que sus placas de características técnicas sean visibles.

A todos los elementos metálicos que no estén protegidos contra la oxidación por su fabricante, se les dará dos capas de pintura antioxidante.

Los circuitos de agua caliente sanitaria se protegerán mediante el empleo de ánodos de sacrificio.

Todos los equipos irán provistos de una válvula de vaciado que permita ser vaciados parcialmente o totalmente.

Las conexiones de la red de vaciado se realizarán en PVC, cobre o acero inoxidable.

3.1.2. MONTAJE DE LA ESTRUCTURA SOPORTE DEL CAPTADOR

La sujeción de los captadores a la estructura resistirá las cargas de viento y nieve, pero el sistema de fijación permitirá, si fuera necesario el movimiento del captador de forma que no se transmitan esfuerzos de dilatación.

La instalación permitirá el acceso a los captadores, para su mantenimiento y desmontaje en caso de necesario.

La conexión de los captadores podrá hacerse con accesorios metálicos o manguitos flexibles.

El montaje de las tuberías flexibles evitará que las tuberías queden retorcidas y que se produzcan radios de curvatura superiores a los especificados por el fabricante.

Los conductos de drenaje de los captadores se montarán de forma que no puedan congelarse.

La conexión entre el captador y la válvula de seguridad tendrá la longitud mínima posible, y no se instalarán llaves u otros elementos que puedan obstruirse por la suciedad.

La estructura soporte se montará en el techo del módulo norte, de manera adecuada en cuanto a orientación y características mecánicas que debe soportar.

3.1.3. MONTAJE DE LA BOMBA CIRCULADORA

La bomba se montará con el eje de rotación horizontal, dejando espacio suficiente para poder desmontarla en caso necesario.

Las tuberías conectadas a la bomba se fijarán en sus proximidades, de forma que no provoquen esfuerzos recíprocos.

3.1.4. MONTAJE DE LAS TUBERÍAS

Las tuberías serán instaladas de forma ordenada, formando tres ejes perpendiculares entre sí, y paralelas a elementos estructurales del edificio, salvo en las pendientes que se deban montar.

Las tuberías se instalarán dejando espacio suficiente para manipular el aislamiento y los accesorios.

Las tuberías siempre se instalarán por debajo de las conducciones eléctricas que cruzaren o a las que sean paralelas, manteniendo una distancia mínima de 5 cm para cables con protección. En ningún caso se instalarán nunca encima de instalaciones eléctricas.

Las tuberías no se instalarán de forma que transmitan esfuerzos a los demás elementos de la instalación.

Para evitar la formación de bolsas de aire, los tramos de tubería horizontales tendrán una pendiente del 1% en sentido de la circulación.

Durante el montaje de las tuberías se evitará en su corte las rebabas y escorias.

3.1.5. OTRAS CONSIDERACIONES DE MONTAJE

Los captadores se instalarán según se especificó en el apartado de la memoria dedicado a la orientación e inclinación (apartado 4.2.4, pág. 21), así se montarán sobre el techo del módulo norte.

Los captadores se conectarán con los demás elementos situados en el interior del módulo norte mediante un orificio practicado en el techo del módulo norte sobre el cuarto de instalaciones.

El deposito interacumulador se instalará en el cuarto de calderas, de manera que quede bien fijado al suelo, siendo todas sus conexiones accesibles para su manipulación y mantenimiento.

3.2. Reglamentación vigente

3.2.1. NORMATIVA APLICABLE

- Especificaciones técnicas de diseño y montaje de instalaciones solares para la producción de agua caliente (BOJA 23.4.91). Elaborado por el Instituto de Técnica Aeroespacial “Esteban Terradas” (INTA) en colaboración con la Asociación para el Desarrollo de la Energía Solar y Alternativas en Andalucía (ADESA).
- Revisión 1 de especificaciones técnicas de diseño y montaje de instalaciones solares térmicas. Elaborado por INTA en colaboración con ADESA y Sociedad para el Desarrollo Energético de Andalucía (SODEAN).
- Modificaciones a las especificaciones técnicas de diseño y montaje de instalaciones solares. Elaboradas por la comisión técnica del programa Prosol.

3.3. Modificaciones

3.3.1. MODIFICACIONES DE PRECIOS

No se podrá realizar ninguna modificación en el presupuesto de la obra, en ninguno de sus apartados, sin el permiso del director de obra. En el caso de que se deba cambiar algún precio, el director lo deberá comunicar por escrito al contratista, de forma que no halla lugar a dudas.

Las modificaciones en los precios solo se podrán realizar por subidas en los precios de los materiales que no puedan ser absorbidas por el contratista, entendiéndose por dichas subidas de precios la superior a un 10 % del precio inicial del producto antes de la subida, y siempre que el precio del producto sea superior a 600 €.

Cuando se realice en cambio en los precios la propiedad deberá ser informada por escrito, para aprobar dicha subida.

3.3.2. MODIFICACIONES EN LA EJECUCIÓN DE LA OBRA

No se podrá realizar ninguna modificación en la ejecución de la obra, en ninguno de sus apartados, sin el permiso del director de obra. En el caso de que se deba cambiar algún detalle el director lo deberá comunicar por escrito al contratista, de forma que no halla lugar a dudas.

En el caso de que el director técnico de la obra estime oportuno algún cambio en la ejecución de la obra, este cambio requerirá la aprobación previa del proyectista

Así mismo estos cambios también se comunicarán por escrito para su aprobación a la propiedad cuando dichos cambios

produzcan alguna alteración en el aspecto exterior de la instalación o se produzca algún cambio estético en la instalación.

3.3.3. OBRAS DEFECTUOSAS

El Contratista estará obligado a demoler y reconstruir a sus expensas las obras defectuosas que fuesen inaceptables a juicio de la propiedad, o a reconstruir aquella parte que sea causa del rechazo

Si excepcionalmente se ejecutase una obra que no cumpliendo las condiciones generales fuese admisible a juicio de la propiedad, ésta determinará la rebaja aplicable a los precios unitarios. El contratista, en este caso, optará entre aceptar el precio para la obra defectuosa o demoler y rehacer, a su cargo, la obra en cuestión.

3.4. *Recepción de los materiales*

Todos los materiales necesarios para la ejecución de la obra y de la instalación de deberán de encontrar a disposición de los operarios que los monten o manipulen en el momento de dicha operación, debiéndose entregar todos los materiales y equipos un día antes del comienzo de las obras de manera que no se puedan producir retrasos por la demora en la llegada de los materiales.

El contratista proporcionará a la dirección facultativa muestra de los materiales para su aprobación, que será necesaria para poder ser empleados en la obra. Los ensayos y análisis que la dirección facultativa crea necesarios, se realizarán en laboratorios autorizados para ello o realizados por el propio fabricante de los elementos que componen la instalación.

Los accesorios, codos, latiguillos, racores, etc. serán de buena calidad y estarán exentos de defectos, tanto en su fabricación como en la calidad de los materiales empleados.

3.4.1. CAPTADORES

Los captadores serán suministrados en un embalaje adecuado para su transporte, manipulación y almacenamiento mientras duren las obras. En caso de almacenarse a la intemperie deberán estar protegidos de la lluvia.

En el caso de que los captadores, una vez desembalados y previamente a su montaje, deban estar depositados a la intemperie, se colocará con un ángulo de inclinación de 20° como mínimo y 70° como máximo, con la cubierta de cristal hacia arriba, de forma que se asegure su estanqueidad. Se evitará la posición horizontal y vertical.

Con el fin de evitar excesivas dilataciones, es conveniente cubrir a los captadores, una vez instalados, hasta el llenado de la instalación con el fluido caloportador.

Se comprobará que los captadores vayan acompañados de los certificados de calidad y de garantía que su fabricante establece en el contrato de compra con el contratista, así como que cumple con las especificaciones técnicas que se indican en la memoria.

Se deberá comprobar que ningún captador solar plano haya sufrido daños durante su transporte, en cuyo caso correrán a cargo de la empresa de transporte.

3.4.2. INTERACUMULADOR

El interacumulador se suministrará embalado adecuadamente de forma que no pueda sufrir ningún deterioro durante su transporte y manipulación.

El interacumulador se almacenará durante el tiempo que permanezca sin montarse durante las obras en posición vertical y de manera que se evite su caída o rodadura que podría causarle daños.

Las conexiones a los otros los elementos que forman la instalación deberán protegerse especialmente para evitar el deterioro de la roscas de conexión.

Así mismo se deberá comprobar que viene acompañado de los certificados de calidad y de garantía que su fabricante establece, así como que cumple con las especificaciones técnicas que se indican en la memoria.

Al interacumulador se le deberá taponar todas sus conexiones hasta su montaje para evitar la entrada de suciedad en su interior.

3.4.3. BOMBA

Se recibirá embalada, adecuadamente de forma que no pueda sufrir ningún deterioro durante su transporte y manipulación.

Se protegerán de forma especial sus conexiones eléctricas para que no sufran deterioro alguno.

Se comprobará que cumple con los requisitos que se indican en la memoria y que se entrega con los certificados de calidad y de características técnicas que le corresponden.

3.4.4. MATERIAL ELÉCTRICO

El termostato diferencial se deberá recibir embalado de forma que no pueda sufrir ningún tipo de deterioro durante su transporte y manejo. Se comprobará que cumple con los requisitos especificados en la memoria descriptiva de este proyecto, y que se entrega con los certificados de calidad y garantía de su fabricante.

Con las sondas se procederá de forma similar al termostato diferencial y si cumple con lo especificado en la memoria descriptiva de este proyecto.

3.4.5. MATERIAL DE FONTANERÍA

Se recepcionara cada tipo de material embalado de forma que no puedan sufrir deterioro durante su transporte o manejo, debiendo cumplir toda la normativa existente al respecto.

Todo este material deberá tener su calidad certificada por su fabricante.

3.5. Dirección e inspección durante la realización de la obra

La dirección de la ejecución de la obra se realizará por parte de un ingeniero con conocimientos específicos en la materia de energía solar y en la ejecución de la obra.

Este ingeniero será la persona responsable de la ejecución de la obra, debiendo organizar toda la ejecución de manera que se cumpla todo lo especificado en las características técnicas del proyecto y con la calidad que se requiera.

En el caso de que se produzca algún problema en la ejecución será el responsable de establecer las responsabilidades del personal a su cargo.

Todo el personal presente en la obra deberá atender sus propuestas en la ejecución de la obra, así como los requerimientos que realice para la explicación de la realización de alguna actividad realizada sin su presencia.

3.6. Rescisión del contrato

La rescisión del contrato se puede producir por los motivos que se especifican a continuación:

- Por incumplimiento de contrato, por parte del contratista, entendiéndose como incumplimiento del contrato cuando no se cumpla lo especificado en la todos los documentos que forman el proyecto de la instalación.
- Cuando la calidad de la obra no coincida con lo establecido en el proyecto, o cuando el funcionamiento del sistema no sea correcto por fallos o errores de montaje por parte del contratista.

Cuando la rescisión del contrato sea por incumplimiento del contrato por parte del contratista, este deberá de abonar a la propiedad una indemnización, igual al valor de la obra que lleve realizada hasta ese momento.

3.7. Litigios

En caso de que se produjera alguna situación en que debiera intervenir la justicia para determinar las responsabilidades de

cada parte, esta intervención se realizaría en los juzgados de primera instancia de la ciudad de Arcos de la Frontera (Cádiz).

En el caso de que se produjera algún perjuicio a alguna de las partes implicadas en el contrato, este juzgado determinara las indemnizaciones que se deberá abonar al perjudicado para restablecer el daño causado.

En caso de que el denunciado ante la justicia por incumplimiento de contrato fuese el contratista, este estará obligado a terminar las obras iniciadas mientras se depuran las responsabilidades de cada parte, con independencia de las posibles indemnizaciones que pudiera establecer la justicia.

Lo anteriormente expuesto no exime a la propiedad de pagar la obra realizada una vez terminada, mientras se esté en trámites de juicios y no se haya dictado una sentencia firme en cuanto a las responsabilidades.

4. CONDICIONES ECONÓMICAS

Las condiciones económicas son de gran importancia en la realización y ejecución de un proyecto, ya que el aspecto económico hace que un proyecto sea o no viable.

En los siguientes apartados se analizarán todos los aspectos económicos que conlleva la realización de un proyecto.

4.1. Mediciones

Las mediciones en un proyecto son de gran importancia debido a que de ellas dependerá el coste total de la instalación objeto del proyecto.

Para realizar las mediciones se descompondrá la instalación en sus distintas partes.

A cada una de las partes que formaran el conjunto de la instalación se le asignara un número de precio, para facilitar la identificación de cada unidad de obra con su respectivo precio.

Las mediciones se han realizado utilizando la unidad de medida más representativa para cada parte.

4.2. Valoraciones

El valor de cada unidad o elemento será el que se corresponda con el precio de mercado del elemento en concreto de que se trate.

Este precio o valor será fijado en el momento de la realización del proyecto, no pudiendo ser modificado salvo excepciones.

Las modificaciones en los precios solo se podrán realizar por subidas en los precios de los materiales que no puedan ser absorbidas por el contratista, entendiéndose por dichas subidas de precios la superior a un 10%, del precio inicial del producto antes de la subida, y siempre que el precio del producto sea superior a 600€.

4.3. Sanciones

Las sanciones impuestas al contratista deberán de ser abonadas a quien corresponda, en las siguientes condiciones dependiendo de quien las reciba:

- Propiedad: las indemnizaciones podrán ser entregadas a la propiedad por parte del contratista, en el momento en que se

produzca la causa que origine dicha sanción o podrá liquidarse en el momento en que se pague la obra en forma de descuento.

- Terceros : los daños a terceros deberán abonarse en el momento de realizarse los hechos causantes de la indemnización, una vez que se halla establecido la responsabilidad de los hechos causantes del daño.

4.3.1. DAÑOS A TERCERO

Si el contratista causara algún desperfecto en las propiedades colindantes, tendrá que restaurarlas por su cuenta, dejándolas en el estado que las encontró al dar comienzo las obras de la instalación solar objeto del proyecto.

4.4. *Certificaciones*

Las certificaciones necesarias para poder solicitar las ayudas de programa Prosol de Andalucía, las realizará el contratista que deberá de ser una empresa autorizada por Sodean S.A. para realizar este tipo de instalaciones. Para ello deberá reunir los requisitos que se exigen en la normativa que regula al programa Prosol. De este modo, los gastos derivados de las certificaciones serán a cargo del contratista, realizándolo un especialista de Sodean S.A..

Dicha certificación garantizará que la instalación realizada cumple con los requisitos técnicos que se han de cumplir para recibir una subvención del Programa Prosol de Andalucía.

4.5. Liquidación de la obra

Se abonarán al contratista las obras que realmente ejecuta con sujeción al proyecto, las modificaciones debidamente autorizadas y que se introduzcan, y las órdenes que le hayan sido comunicadas por el director de la obra.

Si en virtud de alguna disposición del director de la obra, se introdujera alguna reforma en la misma que suponga aumento o disminución del presupuesto, el contratista queda obligado a ejecutarla con los precios que figuran en el presupuesto del contrato, siempre que no se cumpla alguna de las condiciones por las que se puede modificar el presupuesto.

El pago de las obras realizadas se hará efectivo en la recepción de las mismas, una vez que se halla comprobado el correcto funcionamiento de la instalación. El pago se realizará mediante transferencia bancaria de la propiedad a la cuenta que especifique el contratista.

4.6. Aspectos a tener en cuenta en la amortización de la instalación

El presupuesto referente a seguridad e higiene se calculará el total correspondiente a 6 meses, que es el periodo de tiempo en el que se deben de reponer las protecciones individuales como botas de seguridad, cascos, manguitos de soldadura, etc.

Solo se incluirá como coste del proyecto la cantidad correspondiente a los días de trabajo que sean necesarios para la realización de la instalación objeto del proyecto.

En lo referente al material de fontanería no se tendrá en cuenta el precio de la caldera de gasoil, a la hora de calcular la

amortización y rentabilidad de la instalación debido a que este equipo hubiese sido necesario e imprescindible aunque no se instalara la instalación objeto del proyecto.

5. PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

De la prevención de riesgos laborales dependen la seguridad y la salud de los trabajadores, por ello se debe de prestar una gran atención a las normas relativas a este aspecto.

La seguridad de los trabajadores de la obra, debe de ser un objetivo a cumplir en la realización del proyecto.

La ley que regula de forma general este tema es la Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. Esta Ley esta desarrollada por numerosos, decretos y reglamentos específicos, para cada sector en los que se desarrolla el trabajo.

5.1. Riesgos en la ejecución del proyecto

A continuación se especificaran los posibles riesgos que se pueden producir durante la realización del proyecto.

5.1.1. RIESGOS EN LA CONSTRUCCIÓN

- Caídas a distinto nivel
- Polvo
- Ruido
- Caída de altura de personal y objetos
- Electrocutión

5.1.2. RIESGOS EN LA INSTALACIÓN Y MONTAJE DE LAS TUBERÍAS

- Golpes de ó contra objetos
- Suspensión y transporte de grandes cargas
- Cortes, pinchazos y golpes con máquina, herramienta y material
- Proyección de partículas a los ojos
- Atrapamientos
- Peligro en el uso de equipo de oxicorte y amolado
- Propias de soldadura

5.1.3. RIESGOS EN EL MONTAJE ELÉCTRICO

- Derivados de útiles eléctricos
- Electrocuci3n.
- Riesgo de incendios
- Caídas a distinto nivel

5.2. Medidas preventivas

Las medidas preventivas pretenden evitar que se produzcan accidentes o daños en la salud de los trabajadores o, en caso de que se produzcan, minimizar sus consecuencias.

5.2.1. PROTECCIONES INDIVIDUALES

Todos los trabajadores que se encuentre en la obra deberán utilizar estas protecciones individuales, puesto que su uso reduce la gravedad de las lesiones que se producen en caso de accidente.

Cuando se realice alguna actividad que requiera una protección individual su uso será obligatorio, siendo responsabilidad del director de la obra velar por el cumplimiento de esta obligación por parte de los trabajadores.

Las protecciones individuales que se deberán de usar en la ejecución del proyecto se especifican a continuación:

- Cascos: para todas las personas que participan en la obra
- Arnés
- Guantes de uso general
- Guantes de goma
- Guantes de soldador
- Guantes dieléctricos
- Botas de agua
- Botas dieléctricas
- Gafas contra impacto y antipolvo
- Gafas para oxicorte
- Pantalla de seguridad para soldador
- Mandiles de soldador
- Manguitos de soldador
- Protectores auditivo

Todas las prendas de protección personal o elementos de protección colectiva tendrán fijado un período de vida útil, desechándose a su término. En Las prendas de uso individual como, botas de seguridad, guantes, etc., estos serán repuestos según las indicaciones del fabricante.

Aquellas prendas que por su uso hayan adquirido más holguras o tolerancias de las admitidas por el fabricante, serán repuestas inmediatamente. El uso de una prenda o equipo de protección nunca representará un riesgo en sí mismo.

Los trabajadores estarán obligados a utilizar las protecciones personales.

5.3. Servicio de prevención

El contratista deberá de contar con Servicio de Prevención, que realice un plan de prevención de riesgos laborales.

Se realizara periódicamente por parte del Servicio de Prevención, una inspección para comprobar el cumplimiento de lo establecido en el plan de prevención de riesgos laborales, en las obras que este realizando la empresa contratista, incluida la obra objeto del proyecto.

5.3.1. FORMACIÓN

Todo el personal que vaya a trabajar en la obra deberá recibir antes del comienzo de la misma la formación adecuada en materia de prevención de riesgos. Deberán conocer los métodos de trabajo, los riesgos a los que estarán expuestos, las medidas preventivas que deberán adoptar y los equipos de protección individual que deberán de usar para cada actividad a realizar.

En todo momento los trabajadores deberán conocer la ubicación de los botiquines de primeros auxilios que deberán de estar en la obra, conociendo además el servicio sanitario más cercano al lugar donde se desarrolla la obra.

Dicho botiquín deberá contener los elementos necesarios para un primer auxilio.

5.3.2. RECONOCIMIENTO MÉDICO

El contratista deberá de tener un contrato con una mutua de trabajo para realizar reconocimientos médicos periódicos a los trabajadores, para detectar cualquier enfermedad profesional o cualquier otra enfermedad incompatible con la actividad laboral del trabajador o que suponga algún riesgo para sí mismo o para los demás trabajadores.

Este servicio lo podrá realizar el servicio medico de la empresa contratista si dispone de él.

6. CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO

La instalación solar tiene un funcionamiento totalmente automático y todos los elementos de la instalación están controlados por el sistema de control y regulación, proporcionando agua caliente sanitaria en las condiciones de confort requeridas por los usuarios.

El sistema de control y regulación de la instalación esta formado por un termostato diferencial de tipo electrónico y unas sondas de temperatura.

Una sonda mide la temperatura del fluido caloportador en el captador solar plano y otra sonda mide la temperatura en el depósito interacumulador. Estos datos son transmitidos al termostato diferencial de tipo electrónico y, en función de las temperaturas detectadas en los puntos anteriores, el termostato

diferencial actúa sobre la bomba circuladora del circuito primario, haciéndola parar o entrar en marcha.

El sistema de control actúa de tal manera que la bomba de circulación no esté en marcha cuando exista una diferencia de temperaturas menor de 2 C° y no estará parada cuando la diferencia de temperaturas sea mayor de 7 C°.

El equipo de energía auxiliar instalado funciona cuando el sistema de energía solar térmica no puede suministrar el agua caliente sanitaria a la temperatura de consumo, por lo que entra en funcionamiento cuando, el agua caliente producida por el equipo solar no esta a una temperatura de 45 C°.

Esto se consigue gracias a una sonda termométrica situada a la salida del interacumulador, que envía la señas a un controlador automático. Si la temperatura es inferior a la temperatura de consumo, el actuador pondrá en marcha la caldera de gasoil para poder alcanzar dicha temperatura. Si se detectase una temperatura superior a la de consumo, el controlador actuará sobre una válvula que hará entrar agua fría sanitaria al circuito secundario, consiguiendo reducir de este modo la temperatura hasta los 45°C.

6.1. Condiciones de conservación

El contratista garantizará el conjunto de la instalación y los equipos por un periodo mínimo de dos años, responsabilizándose del mantenimiento por el mismo periodo de tiempo de dos años.

Este mantenimiento implica una revisión de la instalación con una periodicidad mínima de seis meses.

Las operaciones de mantenimiento se especifican a continuación:

- Comprobación de los niveles del fluido caloportador
- Comprobación de la estanqueidad del circuito de distribución
- Comprobación de la estanqueidad de las válvulas de interrupción
- Comprobación del tarado de los elementos de regulación
- Comprobación del tarado de la válvula de seguridad
- Revisión del estado del aislamiento térmico
- Comprobación del funcionamiento de la bomba circuladora
- Comprobación de las posibles fugas de agua en las juntas
- Comprobación de la exactitud de los elementos de medida
- Comprobación del sistema de control
- Comprobar el depósito interacumulador su funcionamiento y estanqueidad
- Cualesquiera otras medidas recomendadas por los fabricantes de los distintos equipos de la instalación

Por parte del usuario de la instalación se deberá realizar una observación de la instalación para comprobar su correcto funcionamiento, para detectar posibles anomalías en el funcionamiento y hacer unas pequeñas operaciones de mantenimiento preventivo en la instalación. Estas operaciones son las siguientes:

- Comprobación en frío de la presión del circuito cerrado
- Comprobación del estado del anticongelante
- Vaciado del aire de los circuitos por medio del purgador
- Verificación de la alimentación eléctrica

- Control del estado de los captadores y de la estructura soporte
- Comprobación de la presión del vaso de expansión
- Cualesquiera otras comprobaciones recomendadas por los fabricantes de los distintos equipos de las instalación

DOCUMENTO III

PRESUPUESTO

1. ÍNDICE

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. Índice.....	1
2. Coste de la instalación definida.....	2
2.1. Sistema de captación solar.....	2
2.2. Sistema de interacumulación.....	2
2.3. Circuito hidráulico primario.....	3
2.4. Circuito hidráulico secundario.....	3
2.5. Sistema de control.....	4
2.6. Montaje.....	4
2.7. Coste total de la instalación.....	5
2.8. Subvención Prosol.....	5

2. COSTE DE LA INSTALACIÓN DEFINIDA

Desglosamos el presupuesto en el número de partidas que lo componen:

2.1. Sistema de captación solar

<i>Elemento</i>	<i>Precio unitario</i>	<i>Unidades</i>	<i>Precio</i>
Captador	470,63 €	8	3.765,03 €

Tabla 2.1.: Coste del sistema de captación

2.2. Sistema de interacumulación

<i>Elemento</i>	<i>Precio unitario</i>	<i>Unidades</i>	<i>Precio</i>
Interacumulador	3.845,00 €	1	3.845,00 €
Aislamiento			
Válvula de seguridad			
Grifo de vaciado			

Tabla 2.2.: Coste del sistema de interacumulación

2.3. Circuito hidráulico primario

<i>Elemento</i>	<i>Precio unitario</i>	<i>Unidades</i>	<i>Precios</i>
Bomba	315,00 €	1	315,00 €
Grifo vaciado	25,00 €	1	25,00 €
Sistema llenado	15,00 €	1	15,00 €
Purgador	6,64 €	1	6,64 €
Tubería	9,72 €	32,06	311,50 €
Válvula antirretorno	13,93 €	1	13,93 €
Válvula de bola	12,90 €	8	103,23 €
Válvula de seguridad	15,07 €	1	15,07 €
Vaso de expansión	80,00 €	1	80,00 €
Aislamiento tubería int.	1,90 €	18,56	35,22 €
Aislamiento tubería ext.	2,88 €	13,5	38,94 €
Codo 90° pequeño	0,28 €	4	1,12 €
Codo 90° grande	0,32 €	4	1,28 €
Subtotal			961,93 €

Tabla 2.3.: Coste del circuito hidráulico primario

2.4. Circuito hidráulico secundario

<i>Elemento</i>	<i>Precio unitario</i>	<i>Unidades</i>	<i>Precios</i>
Tubería	49,34 €	2,1	103,61 €
Válvula de bola	13,66 €	1	13,66 €
Válvula bola regulable	15,18 €	1	15,18 €
Codos 90°	0,68 €	2	1,37 €
Subtotal			133,82 €

Tabla 2.4.: Coste del circuito hidráulico secundario

2.5. Sistema de control

<i>Elemento</i>	<i>Precio unitario</i>	<i>Unidades</i>	<i>Precios</i>
Sonda termométrica	28,84 €	3	86,53 €
Controlador bomba	198,52 €	1	198,52 €
Controlador válvula	138,52 €	1	138,52 €
Subtotal			423,57 €

Tabla 2.5.: Coste del sistema de control

2.6. Montaje

<i>Elemento</i>	<i>Precio unitario</i>	<i>Unidades</i>	<i>Precios</i>
Mano de obra	1.259,64 €	1	1.259,64 €

Tabla 2.6.: Coste de montaje

2.7. Coste total de la instalación

<i>Elemento</i>	<i>Precio</i>
Sistema de captación	3.765,03 €
Sistema de interacumulación	3.845,00 €
Circuito hidráulico primario	961,93 €
Circuito hidráulico secundario	133,82 €
Sistema de control	423,57 €
Montaje	1.259,64 €
TOTAL	10.388,99 €

Tabla 2.7.: Coste total de la instalación

Con esto vemos que el coste total de la instalación del presente proyecto es de diez mil trescientos ochenta y ocho euros con noventa y nueve céntimos (10.388,99 €).

2.8. Subvención Prosol

10388,99 € es el coste real de la instalación, pero a esto hay que restarle la subvención otorgada por el programa Prosol de Andalucía.

Sabemos por el documento de “Ayudas públicas de instalaciones solares térmicas, fotovoltaicas, eólicas y biomasa” de SODEAN, aplicable a partir del 3 de mayo de 2004 lo siguiente:

- El PRI es el precio de referencia de la instalación.
- La Junta de Andalucía subvenciona el PRI otorgado a la instalación para la que se solicita la subvención.
- Para instalaciones de circulación forzada indirecta, como es la que se describe en este proyecto, y 16 m² de superficie, el PRI es:

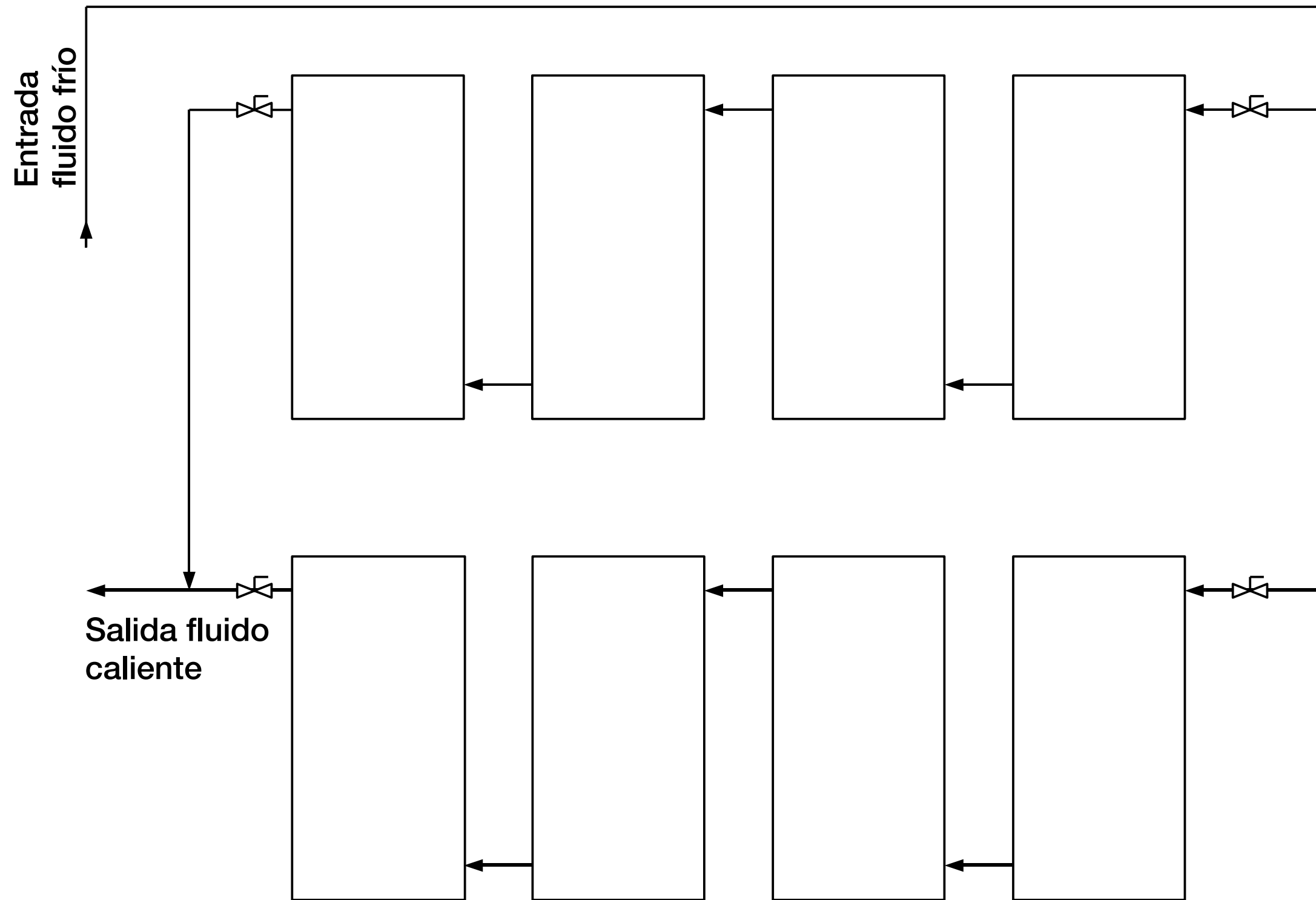
Lineal entre 415 € / m² y 380 € /m² para superficies comprendidas entre 5 y 80 m².

Haciendo un ajuste lineal se obtiene que para 16 m² la subvención otorgada por el programa Prosol es de 6557,80 €.

Luego, la instalación tiene un coste de **3821,20 €**.

DOCUMENTO IV

PLANOS



Autor:

Marina Lucena García

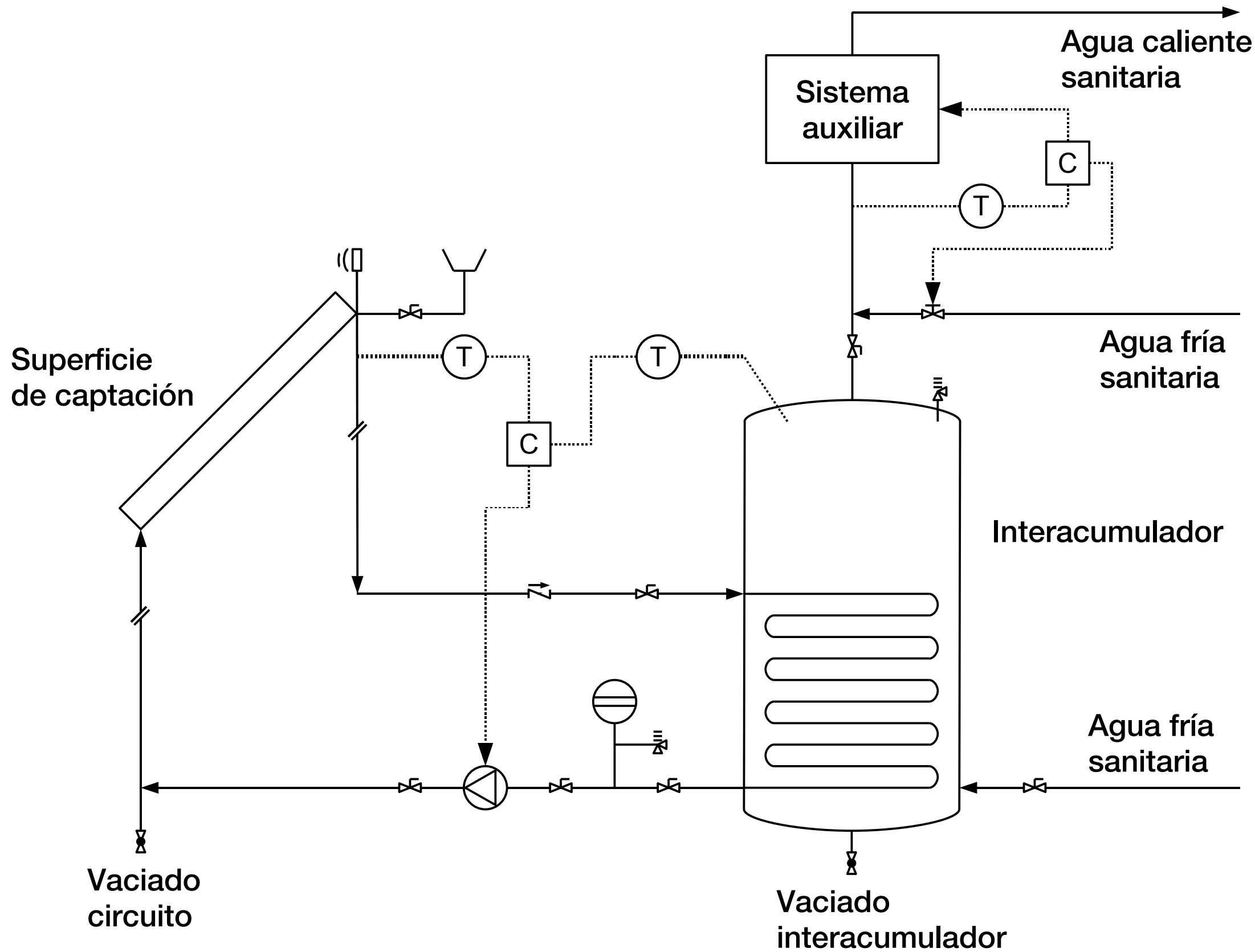
Fecha: Junio 2006

Definición e implantación de una instalación solar térmica para abastecer de agua caliente sanitaria a un Albergue Juvenil












Esquema de distribución de captadores

1

Escala



LEYENDA

-  Vaso de expansión
-  Bomba
-  Sensor de temperatura
-  Controlador
-  Válvula de esfera
-  Válvula de seguridad
-  Grifo
-  Válvula de bola
-  Purgador
-  Válvula de retención
-  Llenado

Autor:

Marina Lucena García

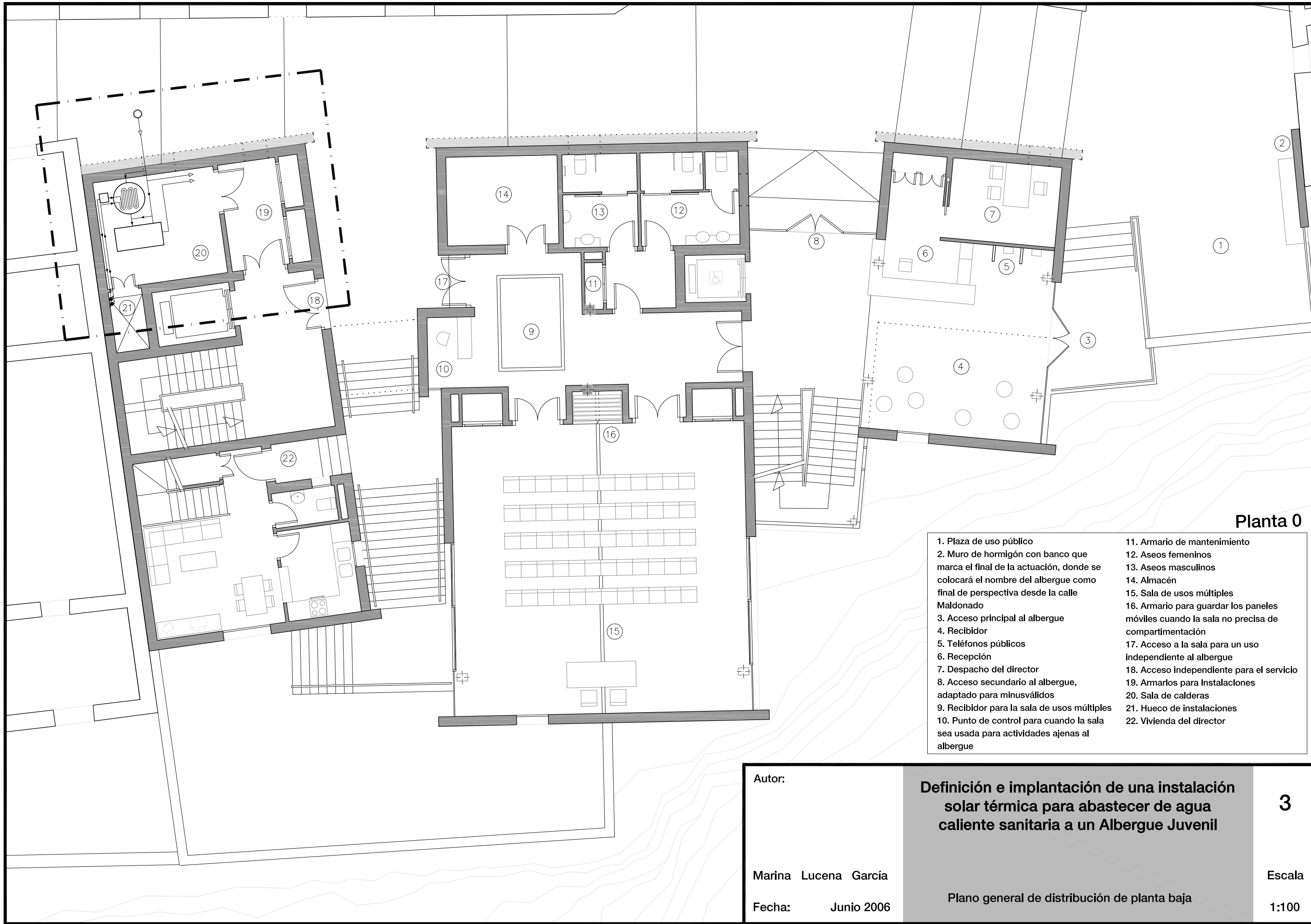
Fecha: Junio 2006

Definición e implantación de una instalación solar térmica para abastecer de agua caliente sanitaria a un Albergue Juvenil

Esquema de la instalación

2

Escala



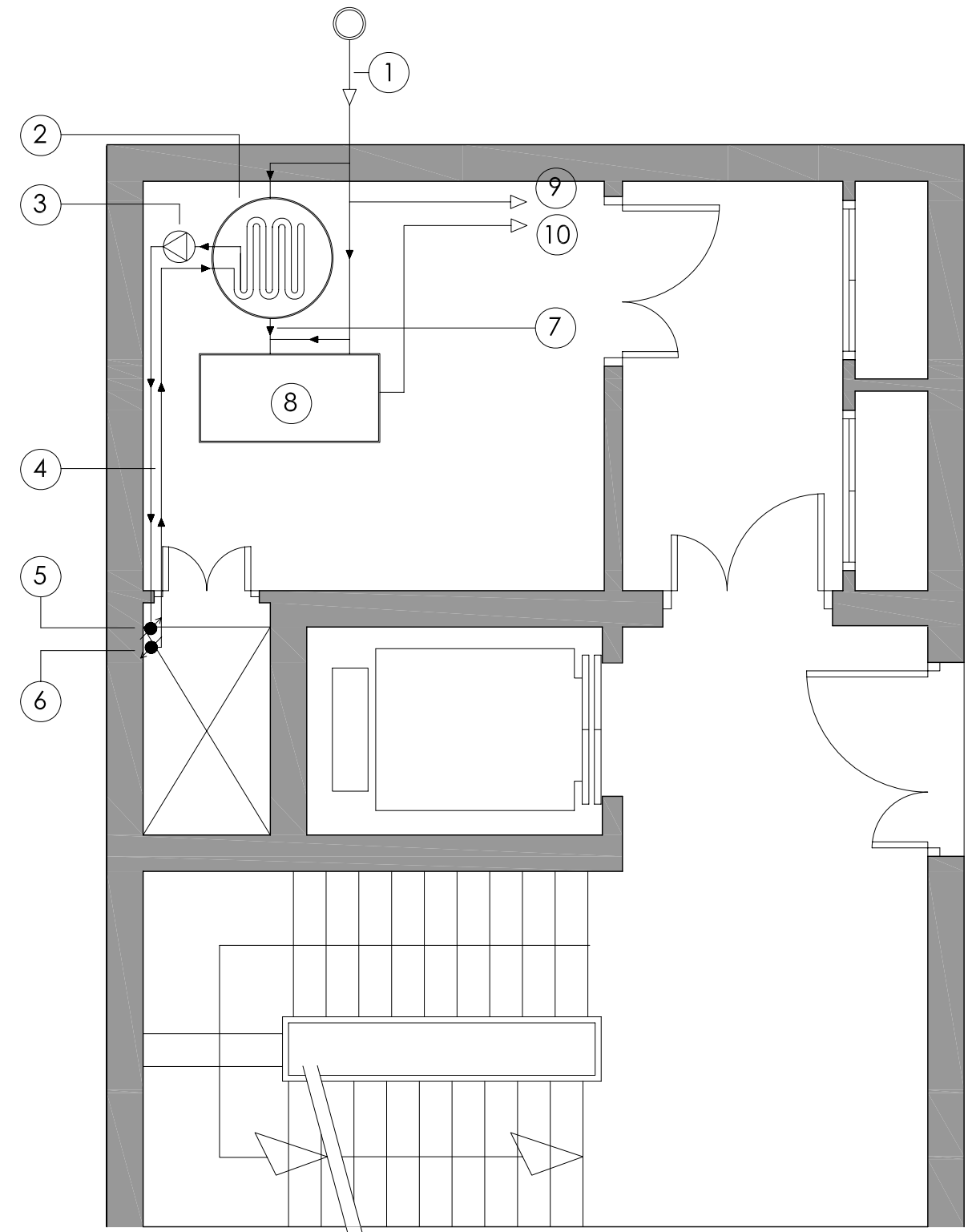
Planta 0

- | | |
|---|---|
| 1. Plaza de uso público | 11. Armario de mantenimiento |
| 2. Muro de hormigón con banco que marca el final de la actuación, donde se colocará el nombre del albergue como final de perspectiva desde la calle Maldonado | 12. Aseos femeninos |
| 3. Acceso principal al albergue | 13. Aseos masculinos |
| 4. Recibidor | 14. Almacén |
| 5. Teléfonos públicos | 15. Sala de usos múltiples |
| 6. Recepción | 16. Armario para guardar los paneles móviles cuando la sala no precisa de compartimentación |
| 7. Despacho del director | 17. Acceso a la sala para un uso independiente al albergue |
| 8. Acceso secundario al albergue, adaptado para minusválidos | 18. Acceso independiente para el servicio |
| 9. Recibidor para la sala de usos múltiples | 19. Armarlos para Instalaciones |
| 10. Punto de control para cuando la sala sea usada para actividades ajenas al albergue | 20. Sala de calderas |
| | 21. Hueco de instalaciones |
| | 22. Vivienda del director |

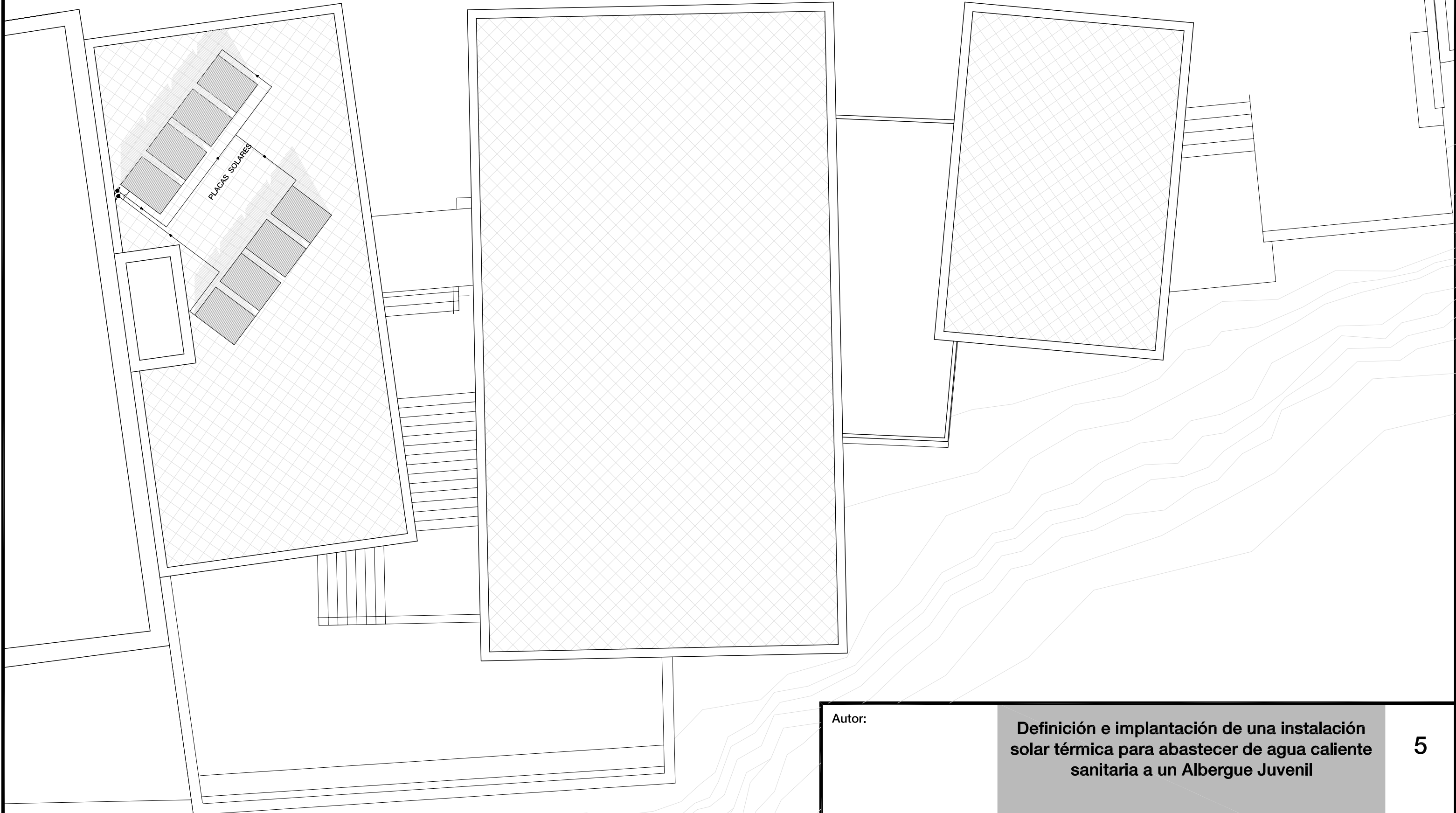
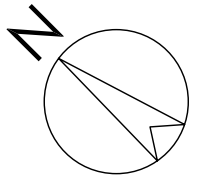
<p>Autor: Marina Lucena García Fecha: Junio 2006</p>	<p>Definición e implantación de una instalación solar térmica para abastecer de agua caliente sanitaria a un Albergue Juvenil</p>	<p>3</p> <p>Escala 1:100</p>
--	--	---

LEYENDA

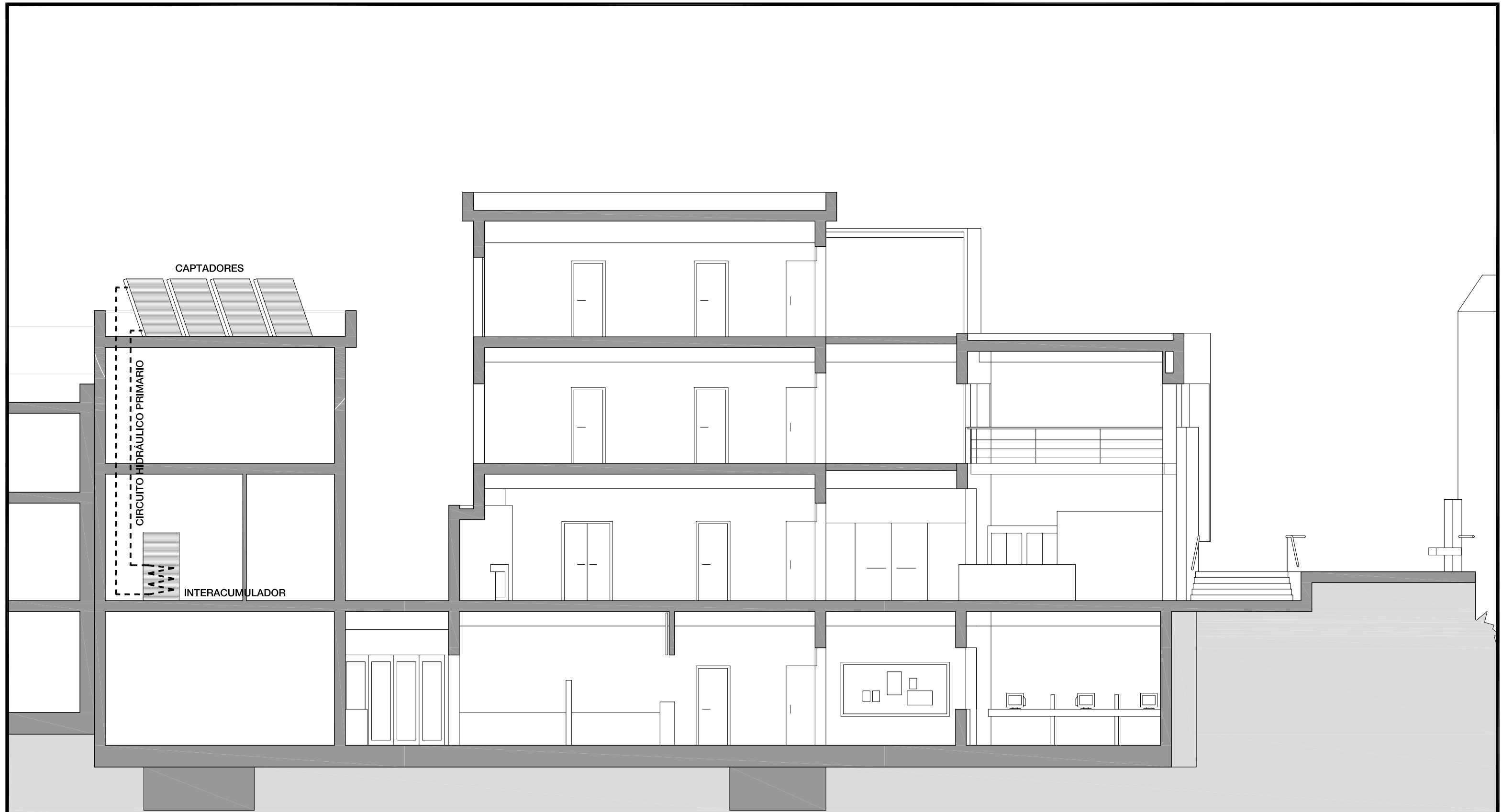
1. ACOMETIDA PARA ABASTECIMIENTO DEL ALBERGUE DESDE LA RED PÚBLICA DE AGUA.
2. DEPÓSITO DE INTERACUMULACIÓN CON SERPENTÍN INTERIOR .
3. BOMBA DE IMPULSIÓN DEL FLUIDO CALOPORTADOR.
4. TUBERÍAS DEL CIRCUITO HIDRÁULICO PRIMARIO.
5. MONTANTE A CUBIERTA DEL CIRCUITO HIDRÁULICO PRIMARIO.
6. BAJANTE DE CUBIERTA DEL CIRCUITO HIDRÁULICO PRIMARIO.
7. TUBERÍA DEL CIRCUITO HIDRÁULICO SECUNDARIO.
8. SISTEMA AUXILIAR.
9. TUBERÍA DE AGUA FRIA SANITARIA PARA ABASTECIMIENTO DEL ALBERGUE.
10. TUBERÍA DE AGUA CALIENTE SANITARIA PARA ABASTECIMIENTO DEL ALBERGUE.



Autor:	Definición e implantación de una instalación solar térmica para abastecer de agua caliente sanitaria a un Albergue Juvenil	4
Marina Lucena García		Escala
Fecha: Junio 2006	Detalle esquemático del cuarto de calderas	1:50



<p>Autor: Marina Lucena García Fecha: Junio 2006</p>	<p>Definición e implantación de una instalación solar térmica para abastecer de agua caliente sanitaria a un Albergue Juvenil</p> <p>Plano general de distribución de captadores en planta cubierta</p>	<p>5</p> <p>Escala 1:100</p>
---	--	---



Autor:	Definición e implantación de una instalación solar térmica para abastecer de agua caliente sanitaria a un Albergue Juvenil	6
Marina Lucena García		
Fecha: Junio 2006	Sección general del Albergue	Escala 1:100

