

# Trabajo Fin de Grado

## Ingeniería de la Energía

### Diseño de una instalación de energía solar térmica para producción de ACS en una residencia

Autor: Francisco de Asís Casado López

Tutor: José Julio Guerra Macho

**Dpto. de Ingeniería Energética**  
**Escuela Técnica Superior de Ingeniería**  
**Universidad de Sevilla**

Sevilla, 2020





Trabajo Fin de Grado  
Ingeniería de la Energía

# **Diseño de una instalación de energía solar térmica para producción de ACS en una residencia**

Autor:

Francisco de Asís Casado López

Tutor:

D.José Julio Guerra Macho

Catedrático de Universidad

Dpto. de Ingeniería Energética  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2020



Trabajo Fin de Grado: Diseño de una instalación de energía solar térmica para producción de ACS en una  
residencia

Autor: Francisco de Asís Casado López

Tutor: José Julio Guerra Macho

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2020

El Secretario del Tribunal



# Agradecimientos

---

A mi familia, a mis amigos, a mi tío Michael. A todos aquellos que me han hecho crecer como persona y a todos aquellos que en estos momentos duros han usado sus fuerzas en ayudar a otras. Gracias.

*Francisco de Asís Casado López*

*Sevilla, 2020*

---

# Resumen

---

Este trabajo estudia el diseño de un sistema de captación solar de baja temperatura para la producción de agua caliente sanitaria (ACS) en una residencia de cuidados multidisciplinar al servicio de personas con problemas mentales, situado en la Línea de la Concepción, provincia de Cádiz. Para ello se hará un análisis de las condiciones climatológicas y de la radiación solar incidente del lugar además de un estudio sobre la demanda de consumo diario de ACS del edificio.

Además, se ha realizado el análisis y dimensionado de un tipo de configuración, y de cada uno de los componentes que lo forman, captación, distribución, acumulación y control. Para la realización del proyecto, se ha utilizado el programa CHEQ4 para simular los parámetros de la instalación y para el cumplimiento y evaluación de la sección HE4 del Código Técnico de la Edificación (CTE).

Por último, se ha detallado el presupuesto de los elementos necesarios para esta instalación.





---

# Abstract

---

The aim of this project is to design a low temperature sanitary hot water system (SHW) in a residence located in La Línea de la Concepción, Cádiz.

To do this, an analysis of the climatological conditions and the receiving solar radiation in the location of choice will be executed, in addition to a study about the building's daily demand of SHW. Said study, following the HE4 of the "Código Técnico", will define the minimum feedback percentage of SHW total consumption, which should be covered by solar energy.

In addition, the project manages the SHW gathering, accumulation, exchange and pumping systems, as well as the expansion vessel and the piping network.

All of this following the current regulations in place, specified along the project when required. Lastly, it ends with the projects installation budget.

<b>Agradecimientos</b>	<b>7</b>
<b>Resumen</b>	<b>8</b>
<b>Abstract</b>	<b>10</b>
<b>Índice</b>	<b>11</b>
<b>Índice de Tablas</b>	<b>14</b>
<b>Índice de Figuras</b>	<b>16</b>
<b>1 MEMORIA DESCRIPTIVA</b>	<b>1</b>
1.1 <i>Objeto del Proyecto</i>	1
1.2 <i>Antecedentes</i>	1
1.3 <i>Método de cálculo</i>	1
1.3.1 Localización	2
1.3.2 Configuración	3
1.3.3 Demanda	5
1.3.4 Solar/Apoyo	6
1.3.5 Otros parámetros	7
1.3.6 Resultados	8
1.4 <i>Descripción del edificio</i>	8
1.5 <i>Descripción de la instalación solar</i>	10
1.5.1 Principio de funcionamiento	10
1.5.2 Sistema de captación	12
1.5.3 Orientación	16
1.5.4 Acumulación	16
1.5.5 Equipos	16
1.5.6 Sistema auxiliar	17
1.5.7 Sistema hidráulico	17
1.6 <i>Características técnicas</i>	18
1.6.1 Captador solar	18
1.6.2 Acumulador	19
1.6.3 Intercambiador de calor	20
1.6.4 Bomba de circulación	22
1.6.5 Vaso de expansión	22
1.6.6 Centralita de regulación	23
1.6.7 Sistemas auxiliares	24
1.7 <i>Normativa</i>	27
1.7.1 Código técnico de la edificación HE4	27
1.7.2 Norma UNE	28
1.7.3 Reglamento de las Instalaciones Térmicas en la Edificación (RITE)	28
1.8 <i>BIBLIOGRAFÍA</i>	30
<b>2 MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>33</b>
2.1 <i>Introducción</i>	33
2.2 <i>Datos de partida</i>	33
2.2.1 Datos geográficos y climáticos	33

2.2.2	Cálculo de la radiación incidente	34
2.2.3	Descomposición de la radiación solar	35
2.3	<i>Cálculo de la demanda</i>	37
2.3.1	Cálculo del consumo de agua	37
2.3.2	Demanda de ACS	38
2.4	<i>Cálculo de la superficie de captación</i>	39
2.4.1	Determinación del porcentaje de demanda cubierta	39
2.5	<i>Cálculo del volumen de acumulación</i>	40
2.5.1	Disposición de captadores	40
2.5.2	Pérdidas debido a la orientación, inclinación y sombras	41
2.6	<i>Cálculos sobre la red de tuberías</i>	42
2.6.1	Fluido del circuito primario	42
2.6.2	Caudal del circuito primario	44
2.6.3	Pérdida de carga en los captadores	44
2.6.4	Cálculo de la red de tuberías	45
2.6.5	Pérdida de cargas en accesorios	47
2.7	<i>Dimensionado del equipo de intercambio</i>	47
2.8	<i>Dimensionado del grupo de bombeo</i>	48
2.9	<i>Dimensionado del vaso de expansión</i>	49
2.10	<i>Cálculo del espesor de aislamiento</i>	51
2.10.1	Aislamiento en tuberías	51
2.11	<i>Centralita de regulación</i>	51
2.12	<i>Selección de accesorios</i>	52
<b>ANEXO</b>		<b>53</b>
<b>3</b>	<b>PLIEGO DE CONDICIONES</b>	<b>55</b>
3.1	<i>Objeto</i>	55
3.2	<i>Normativa aplicable</i>	55
3.3	<i>Condiciones de materiales y equipos</i>	55
3.3.1	Tuberías	55
3.3.2	Accesorios	56
3.3.3	Válvulas	57
3.3.4	Aislamiento	59
3.3.5	Vasos de expansión	59
3.3.6	Bombas	59
3.3.7	Captadores	60
3.3.8	Sistema eléctrico y de control	61
3.3.9	Aparatos de medida	62
3.3.10	Acumuladores	63
3.3.11	Intercambiadores de calor	64
3.4	<i>Provisión de material</i>	64
3.5	<i>Condiciones de montaje</i>	64
3.6	<i>Pruebas, puesta en marcha y recepción</i>	64
3.6.1	General	64
3.6.2	Pruebas parciales	65
3.6.3	Pruebas finales	65
3.6.4	Pruebas finales	65
3.6.5	Recepción	66
3.7	<i>Mantenimiento</i>	67
3.7.1	Vigilancia	67
3.7.2	Mantenimiento preventivo	67
3.7.3	Mantenimiento correctivo	69
<b>4</b>	<b>PRESUPUESTOS</b>	<b>70</b>
4.1	<i>Sistema de captación</i>	70

4.2	<i>Sistema de acumulación</i>	71
4.3	<i>Sistema de intercambio</i>	71
4.4	<i>Sistema hidráulico</i>	72
4.5	<i>Sistema de control</i>	73
4.6	<i>Presupuesto de la instalación</i>	74
<b>5</b>	<b>PLANOS</b>	<b>i</b>

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Datos geográficos y climáticos	33
Tabla 2: Irradiación global horizontal media mensual	34
Tabla 3: Irradiación global inclinada media mensual.	36
Tabla 4: Demanda de referencia a 60 °C	37
Tabla 5: Demanda mensual ACS	38
Tabla 6: Fracción mínima de demanda cubierta anual	39
Tabla 7: Porcentaje de demanda cubierta según el número de captadores	39
Tabla 8: Valores de $f$ para distinta acumulación en el depósito	40
Tabla 9: Fracción de demanda cubierta según captadores distribuidos en serie	41
Tabla 10: Datos finales	41
Tabla 11: Dimensionado de tuberías	46
Tabla 12: Longitudes equivalentes de accesorios de tuberías de cobre	47
Tabla 13: Pérdida de carga de accesorios por tramos	47
Tabla 14: Condiciones de operación del intercambiador	48
Tabla 15: Pérdida de carga total	49
Tabla 16: Valores de las variables para el cálculo del vaso de expansión	50
Tabla 17: Plan de vigilancia.	67
Tabla 18: Plan de mantenimiento del sistema de captación.	68
Tabla 19: Plan de mantenimiento del sistema de acumulación.	68
Tabla 20: Plan de mantenimiento del sistema de intercambio.	68
Tabla 21: Plan de mantenimiento del circuito hidráulico.	68
Tabla 22: Plan de mantenimiento del sistema de control.	69
Tabla 23: Plan de mantenimiento del sistema auxiliar.	69



# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Datos climáticos y localización.	2
Figura 1.2: Configuración del sistema solar térmico.	3
Figura 1.3: Instalación con sistema prefabricado	3
Figura 1.4: Instalación con interacumulador.	4
Figura 1.5: Instalación con intercambiador independiente.	4
Figura 1.6: Instalación con intercambiador y piscina cubierta.	4
Figura 1.7: Instalación con todo centralizado	4
Figura 1.8: Instalación con acumulación centralizada y apoyo distribuido.	5
Figura 1.9: Instalación con acumulación distribuida.	5
Figura 1.10: Instalación con intercambio distribuido.	5
Figura 1.11: Demanda ACS	6
Figura 1.12: Pestaña Solar/Apoyo	7
Figura 1.13: Pestaña Otros parámetros.	7
Figura 1.14: Resultados CHEQ4	8
Figura 1.15: Cubierta del edificio	9
Figura 1.16: Edificio Ocean`s View	9
Figura 1.17: Subsistemas de la instalación solar.	10
Figura 1.18: Esquema de principio.	11
Figura 1.19: Captador solar plano.	12
Figura 1.20: Componentes del captador solar	13
Figura 1.21: Diagrama de pérdidas	14
Figura 1.22: Distribución en paralelo.	15
Figura 1.23: Distribución en serie.	15
Figura 1.24: Distribución serie-paralelo.	15
Figura 1.25: Captador solar TERMICOL P21	19
Figura 1.26: Acumulador DSCE 1500 ACU.	20
Figura 1.27: Vista frontal	20
Figura 1.28: Intercambiadores marca TERMICOL	21
Figura 1.29: Potencia del intercambiador según el área de captación.	21
Figura 1.30: Bomba de recirculación SB-100XL	22
Figura 1.31: Dimensiones del vaso de expansión 5 SMF	23
Figura 1.32: Centralita solar ExBW.	23
Figura 1.33: Dimensiones centralita solar ExBW.	24
Figura 1.34: Válvula de esfera BAXI	24
Figura 1.35: Válvula de seguridad BAXI	25



Figura 1.36: Dimensiones de la válvula de seguridad BAXI	25
Figura 1.37: Purgador de aire BAXI	26
Figura 1.38: Dimensiones purgador de aire BAXI	26
Figura 1.39: Manguito antivibratorio Codinor	26
Figura 1.40: Termómetro BAXI	27
Figura 1.41: Manómetro	27
Figura 1.42: Espesores mínimos de aislamiento.	29
Figura 1.43: Espesores mínimo de aislamiento.	29
Figura 1.44: Espesores mínimos de aislamiento.	29
Figura 2.1: Zonas climáticas en España	33
Figura 2.2: Esquema para el cálculo de $H_i$ .	35
Figura 2.3: Curvas de congelación de dos preparados de etilenglicol y propilenglicol.	42
Figura 2.4: Calor específico de una disolución de propilenglicol, en función de la temperatura.	42
Figura 2.5: Densidad de una disolución de propilenglicol, en función de la temperatura.	43
Figura 2.6: Viscosidad de una disolución de propilenglicol, en función de la temperatura.	43
Figura 2.7: Pérdida de carga en el captador	45
Figura 2.8: Distribución de captadores	46
Figura 2.9: Diámetro para tuberías de cobre.	46
Figura 2.10: Selección de bomba de circulación	49
Figura 2.11: Espesores mínimos de aislamiento en tuberías en el interior de edificios.	51
Figura 2.12: Espesores mínimos de aislamiento en tuberías en el exterior de edificios.	51
Figura 2.13: Espesores mínimos de aislamiento en tuberías en el exterior de edificios.	51
Figura 4.1: Descomposición del presupuesto total	75



# 1 MEMORIA DESCRIPTIVA

---

## 1.1 Objeto del Proyecto

Este trabajo tiene como objetivo diseñar un sistema de captación solar de baja temperatura para la producción de agua caliente sanitaria (ACS) en una residencia de cuidados multidisciplinar al servicio de personas con problemas mentales, situado en la Línea de la Concepción, provincia de Cádiz. Para ello se hará un análisis de las condiciones climatológicas y de la radiación solar incidente del lugar además de un estudio sobre la demanda de consumo diario de ACS del edificio. Dicho estudio, a través del HE4 del Código Técnico, definirá el porcentaje de aportación mínimo del consumo total de ACS que la energía solar deberá cubrir. Cabe señalar que el desarrollo del presente proyecto es con fines puramente académicos, sirviendo como Trabajo de Fin de Grado de la titulación Grado en Ingeniería de la Energía.

## 1.2 Antecedentes

Dado el marco energético actual donde nos encontramos buscamos soluciones y mejoras futuras para conseguir reducir el consumo de combustibles fósiles, aumentar la eficiencia energética y fomentar la producción de energías renovables. Ya comenzado el 2020, y con ello finalizando la primera tanda de objetivos, la Unión Europea, así como España, tienen que planificar los siguientes objetivos fijados para el 2030; al menos un 40% de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (respecto a 1990), un 32 % de producción de fuentes renovables y mejorar la eficiencia energética en un 32,5%. En España la producción de combustibles fósiles es insignificante, basando su producción fundamentalmente en energías nuclear y renovables. Aún así la energía final consumida es su mayoría derivada mayormente parte de los fósiles, siendo todos estos importados, lo que conlleva a una gran dependencia energética exterior sobre otros países.

Para evitar esta dependencia, España tendrá que apostar más por sus recursos que en este caso son limpios, e inagotables, las energías renovables. Bien es sabido que España produce gran parte de su electricidad vía energía hidráulica, abundantes recursos de viento y sol y que todo esto puede ser aprovechado a su favor y que incluso en un futuro pueda exportar energía limpia a otros países. Con ello, este proyecto se centrará en una de las partes de estos aspectos, la producción mediante nuestro recurso solar de agua caliente sanitaria.

Hoy en día, el sector de la edificación, considerando el mismo como el conjunto de edificaciones residenciales, comerciales e industriales, es el consumidor principal de energía en nuestro país, cifrándose el consumo en un 40%. Dentro del consumo de energía de un edificio destacan la climatización, con un 45% del consumo, y la producción de agua corriente sanitaria, alrededor del 35%. Siendo el consumo de ACS alrededor del 5.4% de la energía final. De ahí la importancia de diseñar instalaciones energéticas eficientes y de producción de energía limpia que sustituyan las fuentes de energía convencionales derivada de la quema de combustibles fósiles.

Este Proyecto explicará así las medidas adoptadas para la implantación de la instalación, que ayudará a dos objetivos fundamentales marcados para el 2030: Implementación de energías renovables y reducción del uso de combustibles fósiles. Junto a estos dos objetivos, otro nada desdeñable como el ahorro en la factura del usuario.

Todo esto cobra aún más sentido si analizamos la localización del destino de la implantación. En la provincia de Cádiz, Andalucía, donde hay una gran irradiación solar a lo largo del año de aproximadamente  $5.3 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{día}$ .

## 1.3 Método de cálculo

Para el desarrollo de este Proyecto hemos utilizado el software CHEQ4. creado por el IDAE (Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía) y la ASIT (Asociación Solar de la Industria Térmica). Las mencionadas instituciones han desarrollado este programa informático para facilitar en el sector de la energía solar térmica de baja temperatura la aplicación, cumplimiento y evaluación de la sección HE4 incluida en la

exigencia básica HE Ahorro de energía del Código Técnico de la Edificación (CTE).

Los equipos se desarrollarán utilizando las pertinentes normas impuestas para cada uno. Se calculará el fluido del circuito primario, aislantes, intercambiadores y bombas utilizando el RITE, se dimensionarán las tuberías con el IDAE mientras que los vasos de expansión se dimensionan utilizando la norma UNE.

Tras introducir un mínimo de variables en el programa y definir la configuración del sistema, CHEQ4 dará la cobertura solar proporcionada por el sistema para la demanda de energía para ACS y piscina del edificio.

Los ámbitos de utilización del HE4 según el Código Técnico de la Edificación son los siguientes:

- Edificios de nueva construcción.
- Edificios existentes en los que se lleve a cabo una reforma integral del propio edificio o se reforme la instalación térmica, que cuenten con una demanda de agua caliente sanitaria superior a 50 l/día.
- Edificios existentes en los que se produzca un cambio de uso característico, que cuenten también con una demanda de agua caliente sanitaria superior a 50 l/día.
- En ampliaciones o intervenciones en edificios existentes, que no coincidan con los casos anteriores, con una demanda inicial de ACS superior a 5000 l/día, que supongan un incremento superior al 50% de la demanda inicial.
- En climatizaciones de piscinas: piscinas cubiertas nuevas, piscinas cubiertas existentes en las que se renueve la instalación térmica o piscinas descubiertas existentes que pasen a ser cubiertas.

La aplicación informática CHEQ4 genera dos tipos de informe. El informe favorable acredita el cumplimiento, desde el punto de vista energético, de los requisitos establecidos en la sección HE4. El informe desfavorable hace necesario demostrar el cumplimiento de la contribución solar mínima utilizando otros métodos.

### 1.3.1 Localización

Al entrar en el programa, nos aparecerá la ventana de localización del CHEQ, figura 1.1, los primeros datos que tendremos que meter serán la provincia y el municipio. CHEQ4 dará entonces información acerca de la radiación solar incidente horizontal mensual, así como la temperatura de red del municipio y la temperatura ambiente de la localización por mes.

**CHEQ4** Herramienta para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas

Provincia: Cádiz    Municipio: Línea de la Concepción (La)    Zona climática: Zona V    Latitud: 36° 9'

Mapa provincia

Altura municipio seleccionado (m): 10

Altura de la instalación (m): 10

	Rad(MJ/m <sup>2</sup> )	T.Red (°C)	T.Amb (°C)
Enero	10.0	12.0	12.7
Febrero	13.4	12.0	13.4
Marzo	18.1	13.0	14.6
Abril	22.9	14.0	16.1
Mayo	26.2	16.0	18.6
Junio	28.4	18.0	21.4
Julio	28.7	19.0	23.9
Agosto	25.6	20.0	24.4
Septiembre	20.9	19.0	23.4
Octubre	14.9	17.0	20.0
Noviembre	10.7	14.0	16.0
Diciembre	8.6	12.0	13.2
Promedio	19.0	15.5	18.1

Localización

Configuración

Demanda

Solar/Apoyo

Otros parámetros

Resultados

Datos proyecto    Nuevo proyecto    Abrir proyecto    Guardar proyecto    Ayuda    Acerca de...    Salir

Figura 1.1: Datos climáticos y localización.

### 1.3.2 Configuración

En la segunda pestaña nos encontramos con la configuración para nuestro sistema solar térmico, como vemos en la figura 1.2, donde nos permite elegir entre 8 modos distintos, 4 para consumo único y 4 para consumo múltiple. De consumo único estarían las Instalaciones con sistema fabricado, figura 1.3, que son sistemas de termodifón, se debe colocar el acumulador muy próximo al captador al no tener ningún sistema para bombear ya que se mueven por convección natural. Las instalaciones con interacumulador, figura 1.4, son sistemas donde el intercambiador está situado dentro del depósito, por otro lado, los sistemas de intercambiador independiente son en los que se sitúa fuera de este, figura 1.5. El último de los sistemas de consumo único es la instalación con intercambiador y piscina cubierta, figura 1.6. En consumo múltiple también contamos con otras 4 distribuciones, la instalación con todo centralizado está compuesta por un intercambiador, un acumulador y un sistema de apoyo para toda la distribución, figura 1.7. Las instalaciones con apoyo distribuidos son iguales al anterior con la diferencia de que cuentan con múltiples apoyos distribuidos de menor potencia y de más de un intercambiador como vemos en la figura 1.8. Las instalaciones con acumulación distribuida tendrán varios interacumuladores o acumuladores con intercambiadores, figura 1.9. Por último, las instalaciones con intercambio distribuido tendrán un solo depósito y varios intercambiadores, figura 1.10.



Figura 1.2: Configuración del sistema solar térmico.

- Consumo único:

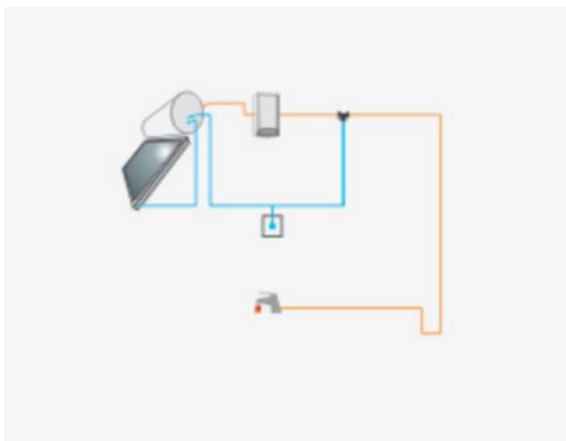


Figura 1.3: Instalación con sistema prefabricado

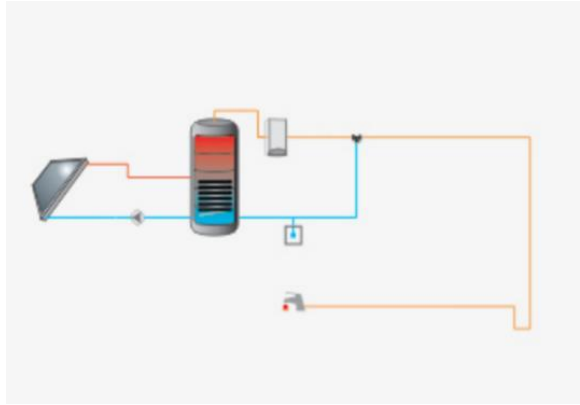


Figura 1.4: Instalación con interacumulador.

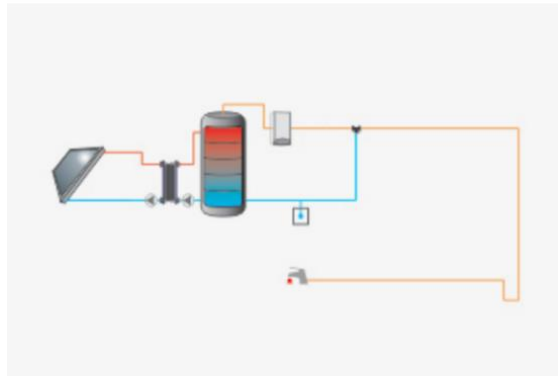


Figura 1.5: Instalación con intercambiador independiente.

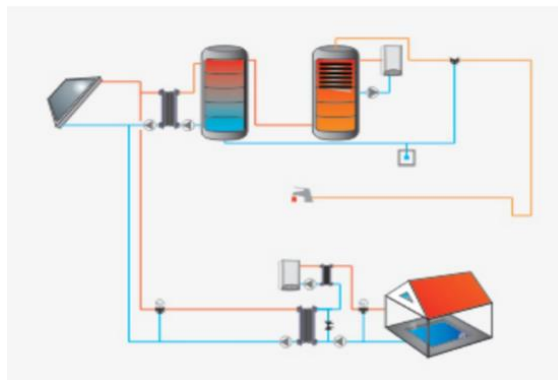


Figura 1.6: Instalación con intercambiador y piscina cubierta.

- Consumo múltiple:

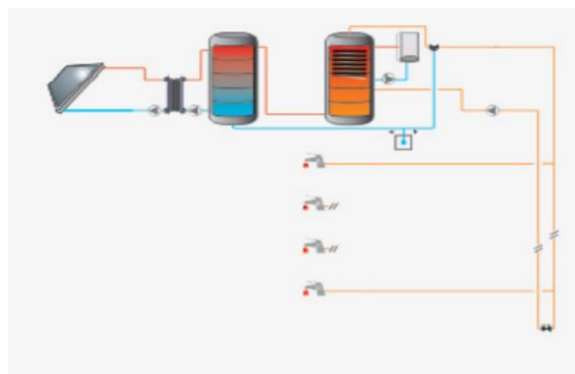


Figura 1.7: Instalación con todo centralizado

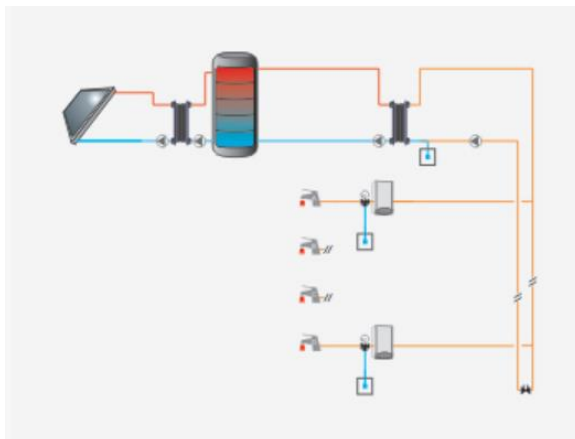


Figura 1.8: Instalación con acumulación centralizada y apoyo distribuido.

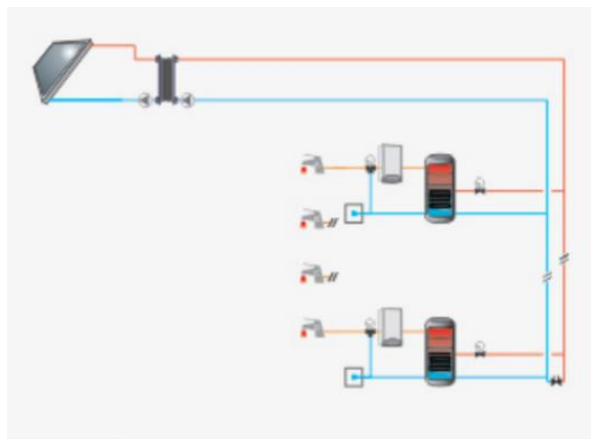


Figura 1.9: Instalación con acumulación distribuida.

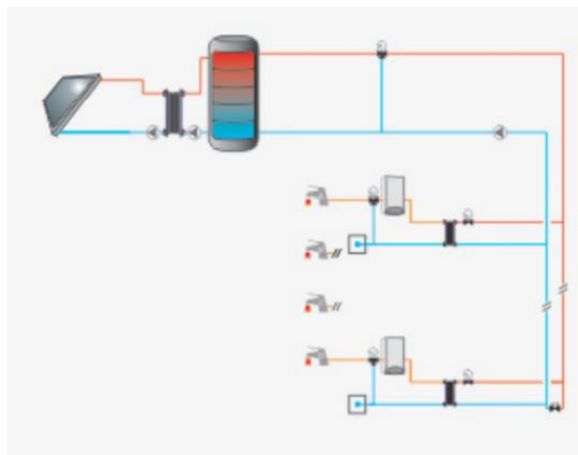


Figura 1.10: Instalación con intercambio distribuido.

### 1.3.3 Demanda

En este apartado se calculará el consumo, veáse la figura 1.11, dependiendo de si es único o múltiple. Calcularemos aquí la demanda de ACS en unidades de “litros/día” a una temperatura de 60 °C como dicta el código técnico. En nuestro caso se hará en cálculo en base al número de personas, si fuera consumo múltiple, rellenaríamos los datos según el número de viviendas y de dormitorios por vivienda. Finalmente, este epígrafe nos exigirá el factor solar mínimo a cumplir para que el sistema pueda en principio estar correcto.

**CHEQ4** Herramienta para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas

RSIT IDAE

**CONSUMO ÚNICO**

Aplicación: Residencia

Número de personas: 54

Demanda calculada (l/día a 60 °C): 2,132

**CONSUMO MÚLTIPLE**

	Viviendas	Dormitorios	Personas	Litros/día
Tipo A	0	0		
Tipo B	0	0		
Tipo C	0	0		
Tipo D	0	0		

Demanda calculada (l/día a 60 °C):

**CONSUMO TOTAL**

Otras demandas (l/día a 60°C):

Demanda total (l/día a 60°C): 2,132

**OCUPACIÓN ESTACIONAL (%)**

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
100	100	100	100	100	100	100
100	100	100	100	100	100	100

**CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA EXIGIDA**

Caso general FS 60%

Caso piscina FS 70%

Localización

Configuración

Demanda

Solar/Apoyo

Otros parámetros

Resultados

Datos proyecto | Nuevo proyecto | Abrir proyecto | Guardar proyecto | Ayuda | Acerca de... | Salir

Figura 1.11: Demanda ACS

### 1.3.4 Solar/Apoyo

Se precisan a continuación aquellos parámetros del captador solar, así como del sistema como se muestra en la figura 1.12.

#### 1.3.4.1 Captadores

- Marca y modelo de los captadores ofrecidos por diferentes empresas. Además de las características de los captadores que podemos encontrar en los catálogos como los parámetros de la curva de rendimiento, el rendimiento, el área bruta entre otros.

#### 1.3.4.2 Campo de captadores

- Número de captadores totales.
- Número de captadores en serie.
- Pérdidas por sombra por obstáculos.
- Orientación
- Inclinação de captadores.
- Área total.

#### 1.3.4.3 Circuito primario/secundario

- Caudal primario.
- Porcentaje de anticongelante.
- Longitud del circuito.
- Diámetro de tuberías.
- Espesor y tipo de aislante.



### 1.3.4.4 Sistema de apoyo

- Tipo de sistema de apoyo y combustible del mismo.

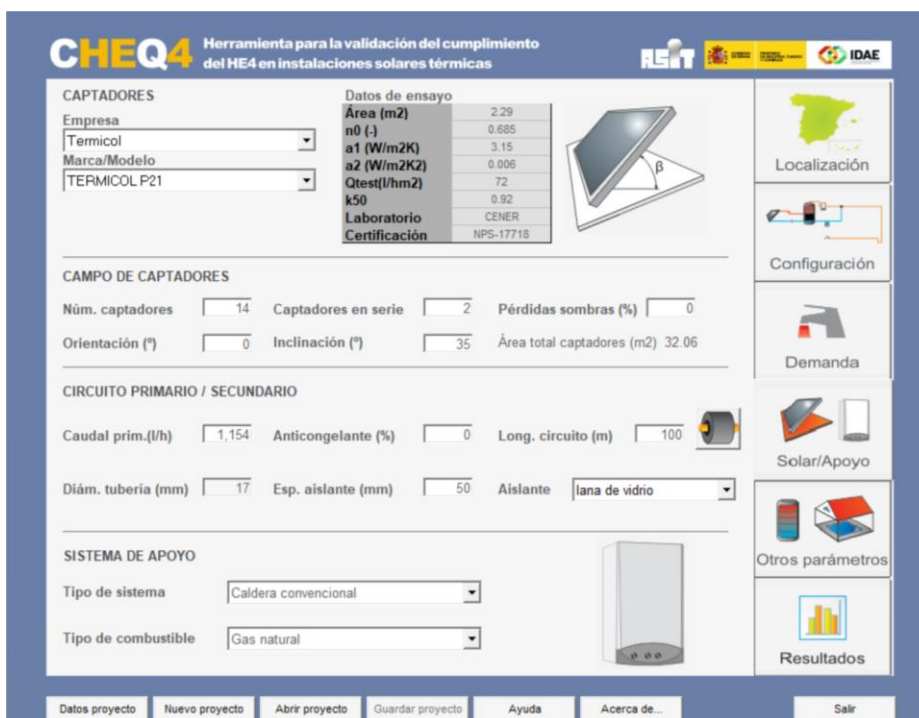


Figura 1.12: Pestaña Solar/Apoyo

### 1.3.5 Otros parámetros

En el siguiente epígrafe hay que rellenar los datos para el volumen de acumulación que nuestro sistema tendrá y los parámetros del sistema de distribución, figura 1.13.

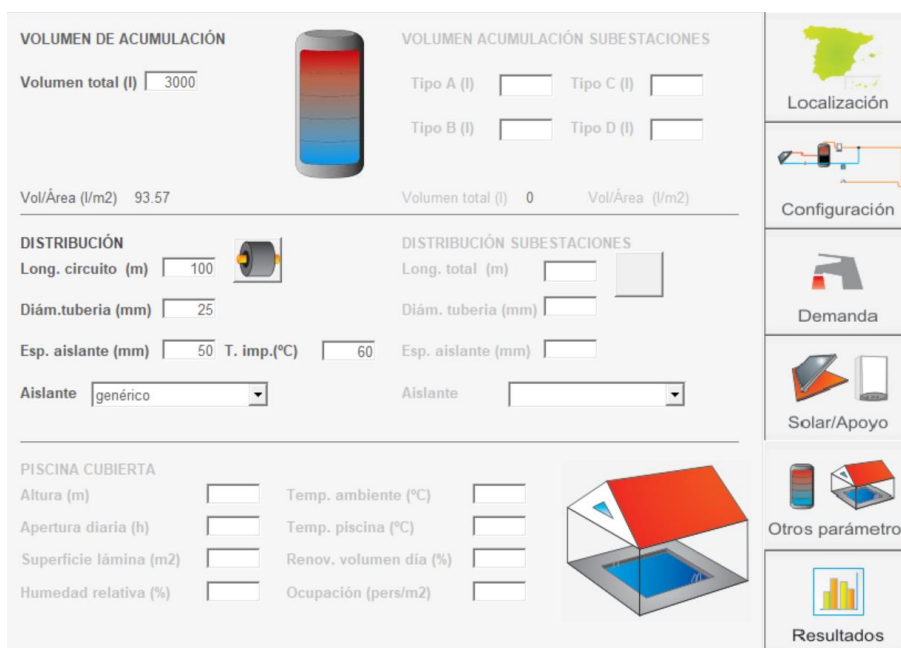


Figura 1.13: Pestaña Otros parámetros.

### 1.3.6 Resultados

Finalmente llegamos a la pestaña de Resultados donde obtendremos una gráfica de resultados y el valor de estos parámetros mensuales durante el año como se muestra en la figura 1.14. Los valores obtenidos son los siguientes:

- Fracción solar
- Demanda neta
- Demanda bruta
- Aporte solar
- Consumo auxiliar
- Reducción de CO2

De esta última pestaña obtenemos dos tipos diferentes de demanda, la neta y la bruta. La primera se define como la demanda energética anual del edificio sin contabilizar las pérdidas existentes en los sistemas de distribución. La segunda, es igual a la primera, pero teniendo en cuenta dichas pérdidas. El factor solar se calcula a partir de la demanda bruta.

Con lo establecido CHEQ4. Podemos obtener un certificado del programa indicando que nuestro sistema cumple con los requisitos necesarios.

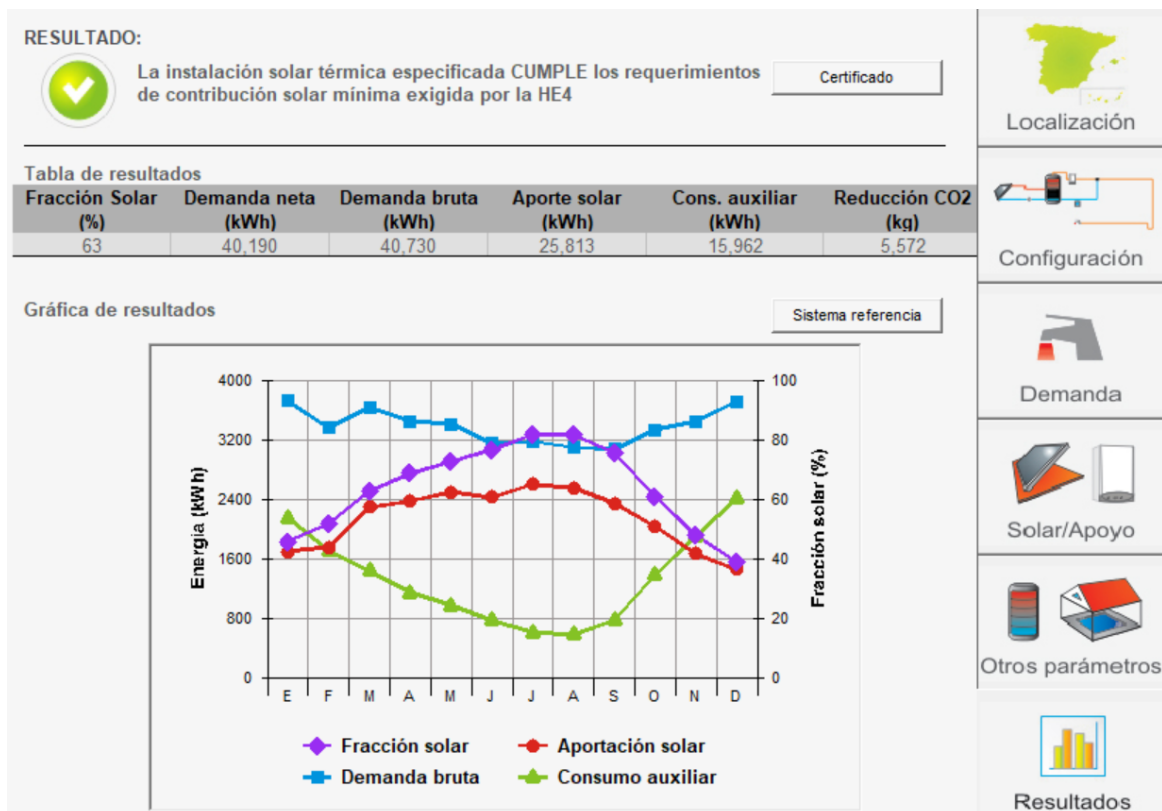


Figura 1.14: Resultados CHEQ4

## 1.4 Descripción del edificio

El presente edificio, “Ocean’s View”, se sitúa en la localidad de La Línea de la Concepción, perteneciente a la provincia de Cádiz. Es una residencia ocupada en los cuidados de personas con problemas mentales, por lo que no compete en el ámbito clínico sino únicamente se utiliza para un ámbito residencial. El edificio en cuestión tiene una ocupación máxima de 52 personas.

En las Figuras 1.15 y 1.16 podemos ver dos imágenes del complejo.

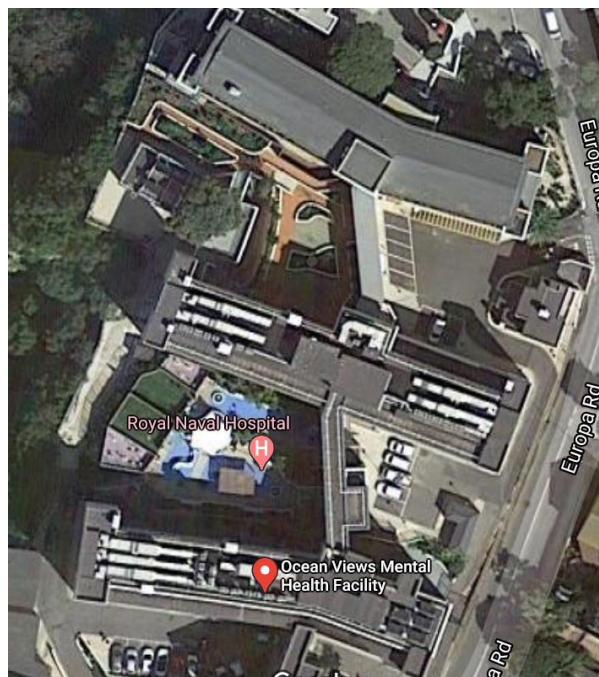


Figura 1.15: Cubierta del edificio

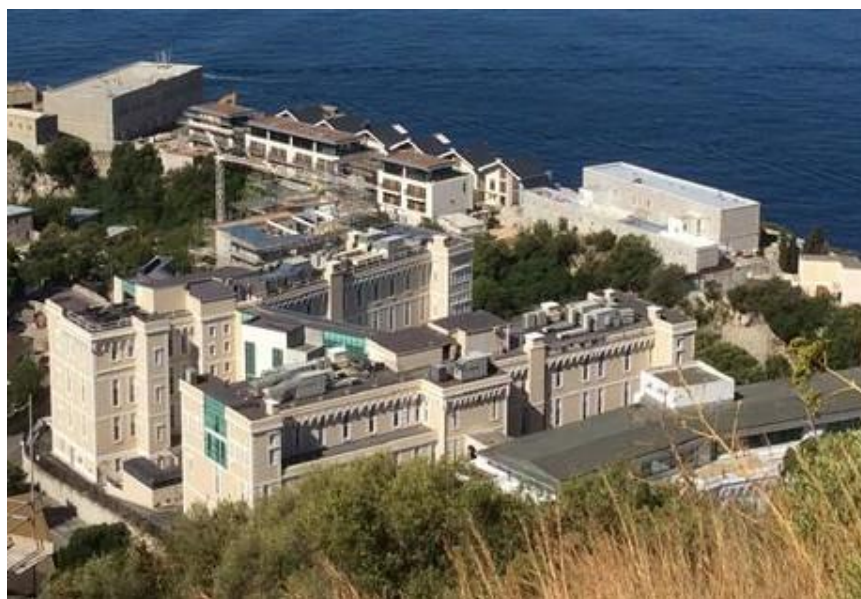


Figura 1.16: Edificio Ocean`s View

El edificio está dividido en 3 bloques compuesto de 4 plantas; la planta baja, 3 superiores además de un sótano, donde se encuentra el equipo auxiliar. La cubierta disponible en nuestro edificio se encuentra mayormente en el tercer bloque, pero debido a que en el segundo bloque el sistema de tuberías está ya comunicado con la cubierta debido a la existencia de diversos equipos para calefacción, ventilación y de otros usos, se ha decidido instalar el sistema de captación en el bloque intermedio, donde encontramos aproximadamente 115 metros cuadrados de superficie disponible.

El sistema auxiliar consta de dos acumuladores de 1500 litros cada uno colocados en el sótano del edificio junto a la caldera de gas natural del sistema cuya potencia es de 170 kW y que sirve para suministrar ACS para las 52 personas que ocupan el edificio.

La superficie disponible para el campo de captadores no se corresponde con la cubierta de los edificios debido a la existencia de equipos de calefacción, ventilación y aire acondicionado en la misma.

## 1.5 Descripción de la instalación solar

### 1.5.1 Principio de funcionamiento

El sistema completo de las instalaciones solares estará formado por varios subsistemas: subsistema de captación, de almacenamiento, auxiliar, de consumo y el subsistema de control. Todo su conjunto forma la instalación solar.

El subsistemas de captación es el encargado de obtener energía a partir de la radiación solar proporcionada transfiriendo la energía captada hacia un fluido caloportador. Puede ser que haya una instalación solar formada solo por subsistemas de captación y de consumo, cuando la curva de consumo y radiación sean similares, pero cuando esto no sucede necesitaremos de un subsistema de acumulación.

El subsistema de acumulación es el encargado de almacenar la energía obtenida para que sea utilizada en otro periodo de tiempo, cuando se demande. Tenemos un problema cuando la radiación solar es escasa durante un largo periodo de tiempo y nuestra acumulación es insuficiente, ahí entra en funcionamiento el subsistema auxiliar. Encargado de proporcionar mediante energía obtenida de combustibles fósiles la energía necesaria en los momentos que nuestro sistema de captación tiene imposibilitado el suministro de energía.

Por ultimo, precisamos de un subsistema de control, que ayude a que todos los subsistemas trabajen como deben para optimizar la operación y funcionamiento del sistema.

Podemos concluir que nuestro sistema no es 100% renovable, primero debido a la huella de carbono creada en la construcción de los aparatos y el transporte y Segundo, debido a que estamos sujetos a la necesidad de utilizar un sistema auxiliar de agua caliente como apoyo. Aún así, este equipo reduce en cierta medida el consumo de fósiles y por lo tanto la contaminación producida. Por ello, siempre que se pueda, se tiene que priorizar el uso del sistema de captación al de fósiles.

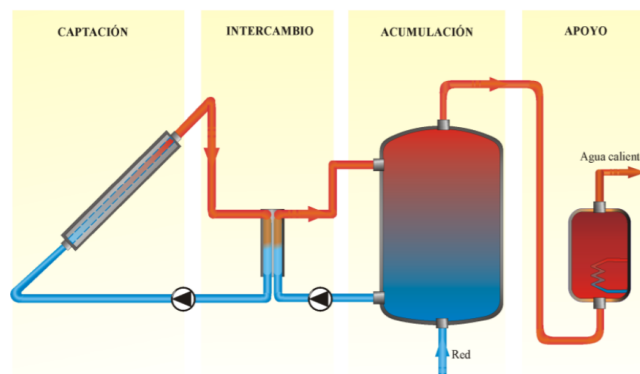


Figura 1.17: Subsistemas de la instalación solar.

El funcionamiento de nuestra instalación se recoge en la figura 1.18. El sistema de captación, situado en la cubierta de nuestro edificio, transfiere la energía hacia el fluido caloportador que es transportado a través de las tuberías hacia el intercambiador. En el intercambiador se transmite la energía térmica al circuito secundario, el agua proveniente del depósito que lo atraviesa, se calienta y es llevada hacia los depósitos.

Debido a que es una instalación con sistema de circulación forzada se requiere de un sistema de control que lleve el funcionamiento de la instalación. El sistema mide la temperatura a la salida del sistema de captación y la temperatura de la parte baja del acumulador conectada al intercambiador del circuito de captación. Dependiendo su funcionamiento de cierto rango de temperaturas entre ambos puntos. El sistema de control parará las bombas cuando la diferencia de temperatura sea menor a  $2^{\circ}\text{C}$  y que funcionen cuando la diferencia se mayor a  $7^{\circ}\text{C}$ . La diferencia de temperaturas entre los puntos de arranque y de parada de termostato diferencial no será menor de  $2^{\circ}\text{C}$ . De esta forma el funcionamiento de la parte solar de una instalación se optimiza. Para evitar que se produzcan congelaciones se dispondrá de una mezcla de agua y anticongelante en el circuito primario.

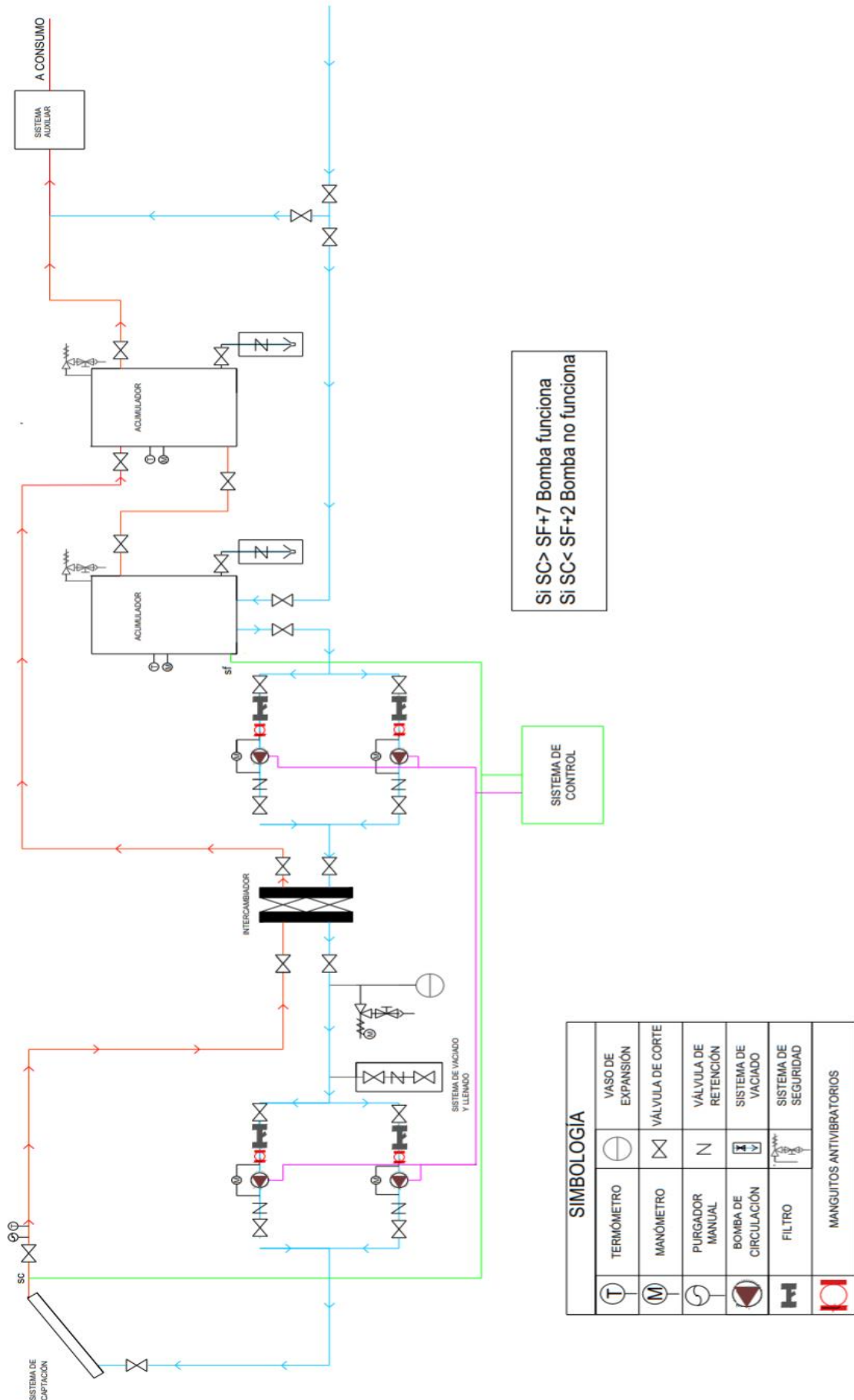


Figura 1.18: Esquema de principio.



## 1.5.2 Sistema de captación

### 1.5.2.1 Captador Solar

Dentro del subsistema de captación, y de la instalación en sí, el principal componente es el captador solar plano.

El captador solar plano es un tipo de colector solar térmico cuyo objetivo es transformar la radiación solar en energía térmica a través del fluido caloportador que se transporta en su interior. Este tipo de captador tiene una buena relación coste/efectividad en zonas con climas moderados para aplicaciones como: ACS, climatización de piscinas, calefacción, precalentamiento, funciones industriales, etc.



Figura 1.19: Captador solar plano.

### 1.5.2.2 Funcionamiento

El funcionamiento de un captador solar plano es muy básico, al estar expuesto a la radiación solar recibe un flujo energético que lo calienta aumentando su temperatura y, en consecuencia, aumentando la energía interna de este.

Un cuerpo a mayor temperatura que la de su ambiente emite energía en forma de radiación. En consecuencia, el captador se refrigera al hacerle pasar un fluido por su interior, que aprovecha dicho calor en forma de energía útil para transportarlo al resto del sistema. El resto de energía se pierde con el ambiente en forma de radiación.

Este funcionamiento sigue unos principios básicos:

1. El aporte de energía solar no es “controlable”.
2. La demanda y el aporte de energía solar están desfasados.
3. La orientación e inclinación del captador influyen fuertemente en el rendimiento.
4. El rendimiento de captación aumenta al disminuir la temperatura del fluido a la entrada.
5. Interesa captar la energía solar a la mayor temperatura posible.
6. Hay que dar preferencia al consumo de la energía solar frente a la convencional.

El captador solar está compuesto por distintos componentes que se recogen en la figura 1.20: una cubierta de vidrio, una placa absorbedora que se separa de la cubierta de vidrio debido a la cámara de aire, después de esta se sitúan distribuidos los tubos por donde circula el fluido caloportador, para evitar pérdidas se dispone después de algún tipo de aislamiento y finalmente, todo estará reunido dentro de la carcasa que servirá de protección y sujeción.

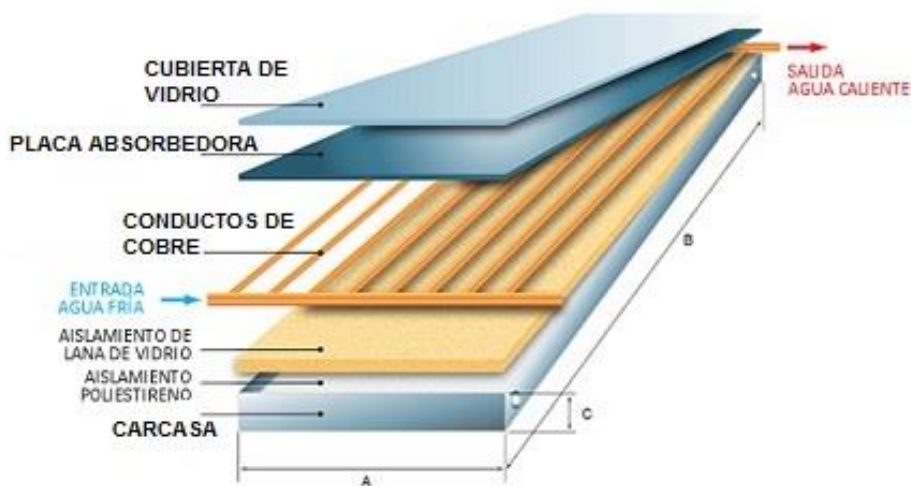


Figura 1.20: Componentes del captador solar

### 1.5.2.3 Componentes

#### a) Cubierta

Tienen una doble funcionalidad: reducir la velocidad del aire y generar un efecto invernadero.

Un captador solar que no está protegido por una cubierta está más expuesto al ambiente y con ello al viento. El movimiento del viento causa grandes pérdidas por convección debido al movimiento de este sobre la superficie del captador. La cubierta minimiza estas pérdidas. Pero la cubierta no se diseña con un aislamiento total del aire, se diseña con pequeños orificios para evitar así formación de agua condensado por dentro de la cubierta que supondrían mayores pérdidas de calor.

Por la cara interior de la cubierta se genera un efecto invernadero, la irradiación está formada por diferentes longitudes de onda repartidos en el espectro electromagnético. El espectro visible, parte de la luz de onda corta, donde la mayor cantidad de longitudes de onda se concentra, pasa a través de la cubierta hacia el absorbedor mientras que la onda larga es reflejada quedando identificada como pérdida. Al pasar la radiación, la temperatura en el absorbedor aumenta, emitiendo longitudes de onda larga hacia la cubierta que no permite que escape y la reflejada otra vez al interior hacia el absorbedor, minimizando las pérdidas por radiación. Dentro de los tipos de vidrios encontramos entre otros; los vidrios selectivos, al calentarse no emiten longitudes de onda infrarrojas, los vidrios con bajo contenido en hierro, tienen mayor transmitancia pero menor absorción, vidrios doble o triples, tienen mayor capacidad de aislamiento pero menor transmitancia.

Los vidrios en captadores plano suele ser un vidrio templado mientras que en captadores de propileno la cubierta está hecha de un material plástico en vez de vidrio.

#### b) Elemento absorbedor

Suelen ser superficies negras (oscuras) o mates. Las superficies negras captan muy bien la radiación pero tienen el problema de que son el mejor emisor debido a su aumento de temperatura, emitiendo mayores longitudes de ondas. Esto hace que sus pérdidas por radiación sean máximas.

Una solución ante esta problemática son las superficies selectivas. Estas superficies tienen un comportamiento distinto para las longitudes de onda corta (el espectro visible) con un comportamiento altamente absorbente y poco emisor para longitudes de ondas larga.

### c) Cámara de aire

Es necesario para crear una estanqueidad. Está demostrado que a mayor estanqueidad en la cámara mayor eficiencia del captador debido a la disminución de pérdidas convectivas.

### d) Tubos

Sus funciones son la de transportar el fluido caloportador por su interior y la de facilitar la transmisión de calor a través de ellos. Tienen un recubrimiento exterior para aumentar la absorción, este recubrimiento suele ser superficies negras o selectivas.

Los tubos suelen estar distribuidos en parrilla, así la pérdida de carga es homogénea a lo largo del captador. De este modo, el fluido entraría por un lado y saldría por su lado opuesto.

Los materiales de estos conductos serán metales que faciliten la transmitancia y por lo tanto que sean buenos conductores.

### e) Aislamiento

Cumple la función de minimizar las pérdidas de calor por el interior del captador hacia el medio ambiente. Formado por planchas de espumas sintéticas (poliuretano, fibras de vidrio, etc).

### f) Carcasa

Contiene todos los elementos del captador, su función es principalmente de protección y sujeción.

### g) Juntas de estanqueidad

Hechos de un material elástico, su función es mantener la estanqueidad e impedir la entrada de agua en el captador. También evita fallos mecánicos debido a incrementos de temperatura de los elementos.

### h) Pérdidas

Podemos ver como en la figura 1.21 la distribución de pérdidas en el captador. La podemos dividir en dos grupos:

Pérdidas ópticas: Pérdidas por reflectividad en la cubierta, sobre el 4-6 %, dependiendo del tipo de material.

Pérdidas térmicas: Aproximadamente el 80 % de las pérdidas térmicas se producen en la parte anterior de la cubierta, la cara del vidrio expuesta al ambiente, el resto en la cara posterior por los laterales y el aislamiento. De toda la radiación recibida, aprovechamos sobre el 60%.

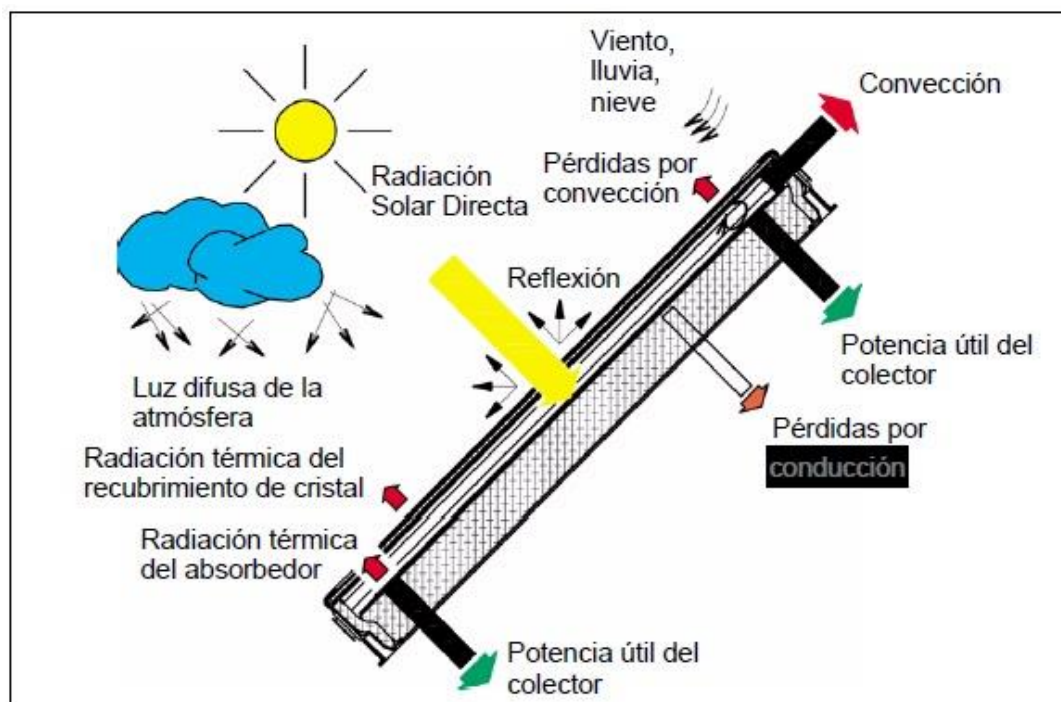


Figura 1.21: Diagrama de pérdidas



#### 1.5.2.4 Agrupación de captadores

Los captadores se pueden distribuir de tres maneras diferentes. En paralelo, en serie o en serie-paralelo. Siempre que se pueda se distribuirán en filas con el mismo número de captadores y se asegurarán distribuyendo válvulas al inicio y final de cada captador y de las bombas por condiciones de mantenimiento y seguridad.

Cuando se distribuyan en serie tendremos menor caudal y una temperatura de fluido a la salida del grupo de captadores mucho mayor, esta segunda condición perjudica el rendimiento de los sucesivos captadores ya que la temperatura a cada captador es mayor que la anterior. Por esto, no estará permitido instalar más de  $10 m^2$  de captadores en serie, a no ser, que se justifique para el proceso en cuestión y siguiendo siempre las condiciones descritas en el HE4 del Código de la Edificación.

En la distribución en paralelo el rendimiento de cada captador se mantiene casi constante, las temperaturas de entrada y salida apenas varían de un captador a otro, pero necesitaremos bombas de mayor potencia para mover el agua.

Finalmente, la conexión mixta (serie-paralelo) que permite buenos rendimientos a la vez que uniformiza el caudal necesario.

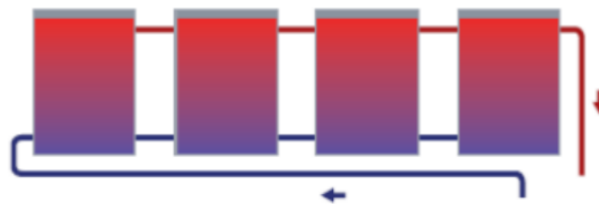


Figura 1.22: Distribución en paralelo.

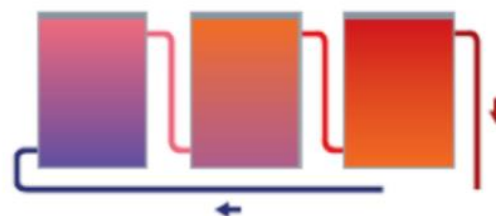


Figura 1.23: Distribución en serie.

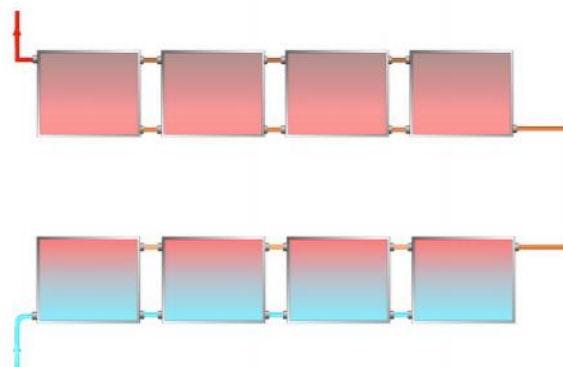


Figura 1.24: Distribución serie-paralelo.

### 1.5.3 Orientación

La orientación e inclinación del sistema de captación y las posibles sombras sobre el mismo serán tales que las pérdidas respecto al óptimo no superarán ciertos límites. Se considerarán tres casos: general, superposición e integración arquitectónica. Se tendrá que cumplir por lo tanto las especificaciones de orientación, inclinación y pérdidas por sombreado para los casos en cuestión.

Tomando como orientación óptima la dirección Sur, mientras que la inclinación óptima dependerá del periodo de utilización.

- Si el consumo es anual utilizaremos la latitud geográfica.
- Si el consumo preferente es invierno: latitud + 10°.
- Si el consumo preferente es invierno: latitud - 10°.

### 1.5.4 Acumulación

Cuando estudiamos conjuntamente la demanda de agua caliente junto con la irradiación, observamos que las curvas no se asemejan, sino que más bien, suelen ser muy distintas. Este problema hace que no tengamos la energía demandada cuando se requiera y como resultado, no la podemos aprovechar. De ahí que tengamos un sistema de almacenamiento para poder satisfacer la demanda en sus picos y poder acumular la energía solar cuando no se demanda.

Los depósitos podrán ser interacumuladores o acumuladores dependiendo de si contienen el intercambiador en su interior o no. Preferentemente su configuración será vertical y se ubicarán en zonas interiores. No se deberán de situar debajo de los captadores ya que afectaría al rendimiento del sistema.

Cuando dimensionamos el depósito, a más  $m^3$  de acumulador menos temperatura de fluido a la entrada del captador tendremos y mayor rendimiento de captación. Esto puede suponer que no lleguemos a la temperatura requerida. Y, por el contrario, si disponemos de un depósito pequeño, puede ser que desperdiciemos parte de la energía captada. Por ello, tenemos que hacer un buen dimensionado de la relación entre el volumen del acumulador y el área de captación. Esta relación variará según la localización de la región.

Hay ciertos requerimientos al elegir un tipo de acumulador u otro. Los acumuladores deberán venir con protecciones, recubrimiento de aislante, protecciones catódicas y anticorrosivas, etc. Ante todas estas especificaciones encontramos una serie de depósitos que cumplen con dichas características (acero vitrificado, aceros con tratamiento epoxidico, aceros inoxidables, cobre, etc).

### 1.5.5 Equipos

#### 1.5.5.1 Intercambiador de calor

Un intercambiador de calor es un aparato cuyo objetivo es transferir calor de un medio a otro. Es un elemento esencial en los sistemas ACS ya que tenemos dos circuitos separados, el circuito primario y el secundario.

El circuito primario es aquel conectado con el captador solar. Es un circuito cerrado para impedir la entrada de la cal y del oxígeno, un elemento corrosivo que empeoraría la vida útil de nuestro captador. El fluido que circula dentro de esta parte del sistema es mayormente agua a la que se le añade un líquido anticongelante.

Por el contrario, el circuito secundario si es un sistema abierto y es por donde entra el agua fría de red hacia el intercambiador para posteriormente, este fluido ya calentado, dirigirse desde el intercambiador al depósito.

Para sistemas ACS encontramos diversos tipos de intercambiadores:

- Tubulares: Constan de un haz tubular por el que pasa el agua caliente del primario, está dentro de una carcasa que contiene el agua del secundario para ser calentada. Este equipo que también es conocido como “de serpentín”, se pueden colocar dentro del depósito de acumulación. Generalmente el material utilizado para estos equipos es acero inoxidable.
- Placas: Son lo más comunes para las aplicaciones ACS. Compuesto por un conjunto de placas y juntas. Los fluidos son conducidos mediante las juntas hacia las placas, donde sucede el intercambio de calor entre los circuitos primario y secundario.

- De haz de tubos y carcasa: Se le denominan comúnmente como intercambiadores de tubo. Constan de dos flujos, uno flujo que circula por el interior de los tubos y otro exterior a los tubos por dentro de la carcasa. El fluido que circula a través de los tubos está a presiones mayores gracias a que los tubos muestran mayor resistencia para soportar presiones que la carcasa. Además, para beneficiar la transmisión de calor, la carcasa consta de unos deflectores para desviar el flujo.
- Interacumulador de doble envolvente: Formado por dos depósitos, el fluido del circuito primario circula por el depósito exterior calentando al fluido que atraviesa el depósito interior.

### 1.5.6 Sistema auxiliar

Para evitar situaciones de desabastecimiento en la demanda, en momentos en los que no hay radiación solar y el sistema de acumulación no puede aportar la energía requerida para calentar el agua, se dispone de un sistema auxiliar. Un sistema cuyo aporte viene de energías puramente convencionales. El Código Técnico HE4 dice que tiene que existir siempre y que la potencia calculada debe abastecer la demanda como si no existiera la instalación solar.

En nuestro caso, el sistema de apoyo es una caldera de gas natural.

### 1.5.7 Sistema hidráulico

El sistema hidráulico está formado por el conjunto de tuberías, bombas de circulación del fluido, los vasos de expansión y las purgas de aire.

Las tuberías estarán hechas de cobre o de acero inoxidable. El fluido que pasa por el circuito primario es una mezcla de agua más refrigerante.

#### 1.5.7.1 Tuberías

En la selección de las tuberías habrá que tener en cuenta que el material no produzca reacciones con el fluido que afecten al rendimiento del sistema. Los materiales de los que estarán hechas serán cobre o aceros inoxidables. Las tuberías tienen que ser capaces de soportar las condiciones de presión y temperatura.

Para evitar pérdidas, las longitudes de tuberías tienen que ser las más cortas posibles evitando cuando se pueda los codos y las pérdidas de cargas.

#### 1.5.7.2 Vasos de expansión

Los vasos de expansión son un elemento de seguridad imprescindible en instalaciones de ACS de circuito cerrado. Su función es absorber los aumentos de presión del agua que se generan cuando la temperatura del agua aumenta compensando las variaciones de volumen.

Cuando el sistema se calienta, una parte del fluido entra en el vaso de expansión. Al enfriarse, retorna al circuito. Regulando así la presión en el circuito e impidiendo de este modo la entrada de aire en el enfriamiento del circuito. Los vasos de expansión estarán hechos de un material que aguante las características fluido caloportador.

Los vasos de expansión se colocarán preferentemente en la aspiración de la bomba. Son necesarias para absorber dilataciones que son alrededor del 4-6 % del volumen de la instalación. Hay que colocarlas en todos los circuitos cerrados.

#### 1.5.7.3 Bombas de circulación

En las instalaciones de ACS se emplean bombas en el circuito primario para transferir el calor desde el circuito de calderas hasta el de agua de consumo; bombas de secundario cuando la producción se realiza por acumulación con intercambiadores externos, y bombas de recirculación para la circulación del agua por todo el edificio.

El circuito primario es un circuito cerrado en el cual el agua tiene muy poca agresividad, ya que tras las primeras purgas se le elimina el oxígeno disuelto y habitualmente es un circuito que solo recibe agua nueva en las reparaciones o reposiciones de fugas.

Sin embargo, los circuitos secundarios y de recirculación son circuitos abiertos, en los que se está recibiendo de manera continua agua de consumo, la cual es mucho más agresiva con los materiales constitutivos de las

instalaciones, además los materiales en contacto con esa agua no deben modificar su potabilidad.

Siempre que sea posible, las bombas en línea se mantendrán en las zonas más frías del circuito, teniendo en cuenta que no se produzca ningún tipo de cavitación.

#### 1.5.7.4 Purga de aire

Es un equipo cuya función es la eliminación del aire de las tuberías, normalmente a la salida del grupo de captación y en los puntos donde pueda quedar aire acumulado. Esta eliminación del aire se hace para evitar ensuciamientos, pérdidas de carga, etc.

Los sistemas que contegan purga de aire se colocarán de manera que estos no se puedan helar.

#### 1.5.7.5 Sistema de control

Nuestro sistema de control se encarga del correcto funcionamiento de la instalación. Consta de una serie de termostatos y manómetros para ello.

Los termostatos que envían las señales a nuestro sistema de control están ubicados uno a la salida del captador en el circuito primario y otro a la salida del depósito mas cercano al circuito primario. Dependiendo de la diferencia de temperatura de estos puntos, la bomba funcionará o no.

Los manómetros se colocarán con las bombas de recirculación midiendo las presiones a la entrada y salida, enviando señales para su correcto funcionamiento.

Al ser bombas en paralelo, el sistema de control alternará su uso y además, en caso de fallo, podrá inutilizar aquella para su mantenimiento o por caso de avería.

## 1.6 Características técnicas

### 1.6.1 Captador solar

Los captadores empleados para el presente proyecto son de la empresa TERMICOL y el modelo es el P21 en Vertical, un captador ultraselectivo con absorbedor de parrilla.

Características del captador:

- Longitud (mm): 2100
- Anchura (mm): 1095
- Espesor (mm): 100
- Área bruta (Área de marco más vidrio) ( $m^2$ ): 2.29
- Área útil (Área del vidrio) ( $m^2$ ): 2.01
- Peso en vacío (kg): 38
- Capacidad de fluido (litros): 1.2
- Potencia pico (Wp): 1569
- Marco: Aluminio
- Cubierta (mm): Vidrio templado de 3.2
- Aislamiento (mm): Lana de vidrio de 50
- Presión máxima de funcionamiento (bar): 8
- Para un caudal de 0.025 kg/s tenemos una pérdida de carga de 288 Pa.



Figura 1.25: Captador solar TERMICOL P21

Parámetros de la curva característica:

- Factor óptico: 0.685 (Según la temperatura media)
- Caudal de ensayo:  $0.02 \text{ (kg/S}\cdot\text{m}^2)$
- Coeficiente de pérdidas K1:  $3.15 \text{ (W/m}^2\cdot\text{K)}$
- Coeficiente de pérdidas K2:  $0.006 \text{ (W/m}^2\cdot\text{K}^2)$
- Modificador de ángulo de incidencia:  $K_{50}: 0.92$

### 1.6.2 Acumulador

Los acumuladores elegidos son los depósitos DSCE 1500 ACU de la empresa Inerox.

Características técnicas DSCE 1500 ACU:

- Altura (mm): 2400
- Diámetro exterior (mm): 1100
- Peso en vacío (kg): 285
- Material: Acero al carbono S235JR
- Capacidad (litros): 1500
- Número de unidades: 2
- Temperatura máxima de trabajo (°C): 85
- Presión máxima de diseño (bar): 8
- Presión de circuito caliente (bar): 25
- Montaje: Vertical y en suelo.
- Aislamiento: 80 mm de lana mineral.
- Protector a la corrosión en ánodo: Magnesio

- Recubrimiento: Recubrimiento sanitario con resinas inertes Blue tech.
- Tratamiento exterior: Pintura antioxidante.



Figura 1.26: Acumulador DSCE 1500 ACU.

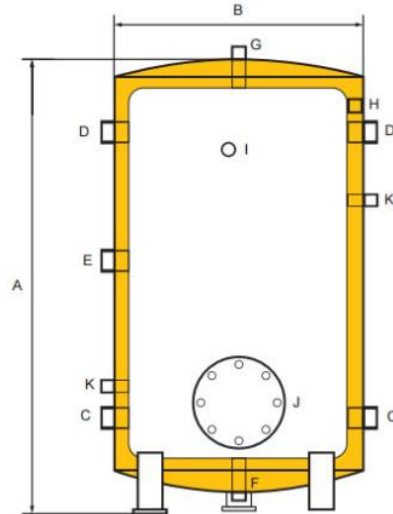


Figura 1.27: Vista frontal

### 1.6.3 Intercambiador de calor

El intercambiador será de placas termosoldados LA34-20-3/4" para ACS de la marca TERMICOL.

- Temperatura de entrada de fluido primario: 60 °C
- Temperatura de salida de fluido secundario: 50 °C
- Superficie de intercambio: 0.68 m<sup>2</sup>

- Número de placas: 20
- Volumen de canal:  $1.08 \text{ dm}^3$
- Peso: 4.1 kg
- Material de placas y conexiones: Acero inoxidable
- Material de las uniones: Cobre
- Fluido de trabajo de primario: propylenglicol 30 %
- Fluido de trabajo de secundario: agua
- Temperatura mínima:  $-195 \text{ }^\circ\text{C}$
- Temperatura máxima:  $230 \text{ }^\circ\text{C}$
- Presión máxima: 3 MPa
- Pérdida de carga máxima: 30 KPa
- Caudal de diseño primario: 1920 l/h
- Caudal de diseño secundario: 1920 l/h



Figura 1.28: Intercambiadores marca TERMICOL

Área de Captación ( $\text{m}^2$ )	Potencia
28,8	6 - 15 kW
48	16 - 24 kW
84	25 - 42 kW
120	43 - 60 kW
144	61 - 72 kW
168	73 - 84 kW
216	85 - 108 kW
240	109 - 120 kW

Figura 1.29: Potencia del intercambiador según el área de captación.

### 1.6.4 Bomba de circulación

Las bombas de circulación del circuito primario como del secundario son de la empresa BAXI, modelo SB-100XL. Con motor de rotor sumergido y una conexión directa a las tuberías mediante racores.

- Presión máxima de diseño (bar): 10
- Temperatura máxima de diseño (°C): 65
- Caudal máximo ( $m^3/h$ ): 3
- Peso (kg): 2
- Potencia absorbida (W): 167
- Tensión monofásica: 230 V
- Para caudal de  $2.5 m^3/h$  a velocidad media, el gradiente de presión equivalente es 3.5 m.c.a.



Figura 1.30: Bomba de recirculación SB-100XL

### 1.6.5 Vaso de expansion

El vaso de expansión cerrado elegigo es de la empresa Ibaiondo, modelo 5 SMF.

- Capacidad: 5 litros
- Peso: 2 kg
- Presión máxima: 10 bar
- Dimensiones: Diámetro 200 mm y Altura 250
- Conexión agua (R): 3/4"
- Aguanta picos de temperatura de 130 °C durante una hora
- Temperatura: Entre -10 °C y 100 °C
- Aptos para usos de hasta 50 % de anticongelante
- Pintura epoxi blanca
- Precarga de aire: 2.5 bar





Figura 1.31: Dimensiones del vaso de expansión 5 SMF

### 1.6.6 Centralita de regulación

Centralita solar de la empresa Roth, modelo ExBW.

- Entradas: 4 sondas de temperatura Pt1000 y 1 sensor Grundfos Direct Sensor.
- Salidas: 1 relé semiconductor y 1 salida PWM.
- Frecuencia PWM: 512 Hz
- Voltaje PWM: 10,5 V
- Alimentación: 100-240 V (entre 50 y 60 Hz)
- Tipo de conexión: Estrella
- Consumo en modo espera: Inferior a 1 W
- Funciones: control de funcionamiento, contador de horas para la bomba solar, control de velocidad y contador de energía.
- Carcasa: de plástico, PC-ABS y PMMA.
- Montaje: sobre pared o cuadro de conexiones.
- Temperatura ambiente: 0-40 °C
- Índice de contaminación: 2
- Dimensiones: 172\*110\*46 mm



Figura 1.32: Centralita solar ExBW.

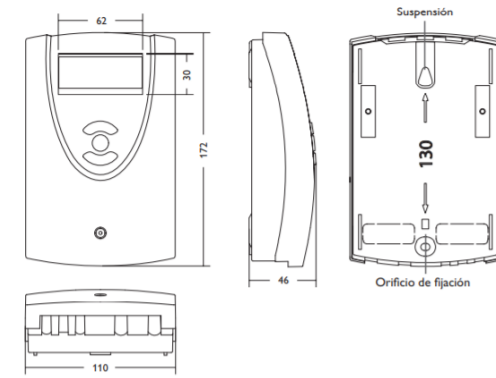


Figura 1.33: Dimensiones centralita solar ExBW.

## 1.6.7 Sistemas auxiliares

### 1.6.7.1 Válvulas

- Válvulas de cierre:

Con el fin de de aislar partes del circuito y equipos para su mantenimiento y reparación, se instalarán válvulas de cierre en las entradas y salidas de las baterías captadores, bombas, vaso de expansión y en las canalizaciones de llenado y vaciado. Se instalarán las válvulas necesarias para aislar, en caso de avería, los elementos del sistema que lo requieran.

Las válvulas de cierra son de la empresa BAXI, son válvulas de esfera de modelo CUBO. Sus características son las siguientes:

- Rosca: 1"
- De paso total
- Latón estampado en caliente, cromado y diamantado
- Temperatura mínima de funcionamiento (°C): -20
- Soluciones al glicol hasta del 50 %
- Temperatura máxima de trabajo (°C): 185
- Presión máxima hasta los 100 °C (bar): 35
- Presión máxima hasta los 185 °C (bar): 15



Figura 1.34: Válvula de esfera BAXI

- Válvulas de seguridad:

El RITE indica que los circuitos cerrados con fluidos calientes dispondrán, además de la válvula de alivio, de una o más válvulas de seguridad.

Las válvulas de seguridad elegidas son de la empresa BAXI modelo FLEXBRANE:

- Temperatura máxima de trabajo (°C): 120
- Presión máxima de tarado (bar): 7

- Para depósito ACS (I): 500
- Válvula de 1"



Figura 1.35: Válvula de seguridad BAXI

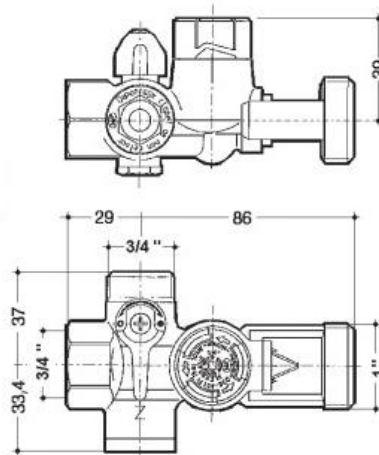


Figura 1.36: Dimensiones de la válvula de seguridad BAXI

- Válvulas antirretorno:

Se conectarán válvulas antirretorno después de las bombas para así evitar que el circuito de la bomba en marcha se cierre a través de la bomba de reserva.

Las válvulas de antirretorno elegidas son de la empresa BAXI:

- Temperatura máxima de trabajo (°C): 100
- Presión máxima de trabajo (bar): 16
- Válvula de 1"

### 1.6.7.2 Purgadores

Para evitar pérdidas debido a la creación de vapor en el circuito se instalarán purgadores de vapor a la salida de la batería de captadores y en otros puntos de la instalación donde pueda quedar aire acumulado.

El purgador seleccionado es de la empresa BAXI es un purgador de aire modelo FLEXVENT. Sus características son las siguientes:

- Temperatura máxima de trabajo (°C): 110
- Presión máxima de trabajo (bar): 10
- Con válvula 3/8"



Figura 1.37: Purgador de aire BAXI



Figura 1.38: Dimensiones purgador de aire BAXI

### 1.6.7.3 Manguitos antivibratorios

Con la finalidad de reducir las vibraciones y el ruido causado por el grupo de bombeo, es aconsejable instalar manguitos antivibratorios antes de las bombas.

El manguito antivibratorio es de la empresa Codinor modelo DN25 y sus características técnicas se muestran a continuación:

- Rango de temperatura (°C): 15-100
- Presión máxima de trabajo (bar): 10
- Peso (kg): 2.5
- Caucho sintético en EDPM



Figura 1.39: Manguito antivibratorio Codinor

### 1.6.7.4 Filtros

Para evitar que el agua transporte partículas sólidas en suspensión se colocarán filtros de malla o tela metálica aguas arriba de los sistemas de bombeo.

### 1.6.7.5 Termómetros

Los termómetro se instalarán uno por cada acumulador y otro a la salida del campo de captadores.

El termómetro elegido es de la empresa BAXI y tiene las siguientes características:

- Termómetro horizontal de diámetro (mm): 63
- Vaina (mm): 50
- Escala de medición (°C): 0-120
- Unidades: 5



Figura 1.40: Termómetro BAXI

#### 1.6.7.6 Manómetros

Se instalarán manómetros en el vaso de expansión, en los acumuladores, y uno por cada bomba para medir la diferencia de presión entre aspiración y la descarga.

Escogemos un manómetro que encontramos en el mercado, manómetro de conexión radial caja ABS:

- Diámetro (mm): 63
- 1/4"
- Presión medible (bar): 0-16



Figura 1.41: Manómetro

## 1.7 Normativa

Para la construcción de la instalación se ha seguido y se han de cumplir una serie de normas que serán explicadas a continuación.

### 1.7.1 Código técnico de la edificación HE4

- Contribución solar mínima:

Se establece en función de la zona climática, en nuestro caso, La Línea de la Concepción. Se sitúa en la zona climática V que junto a la demanda de ACS requerida, deberemos conseguir que el 60% de la demanda esté cubierta.

- Contribución solar máxima:

En ningún mes del año la energía producida por la instalación podrá superar el 110 % de la demanda energética y no más de tres meses el 100 %. Por otro lado, no se considerarán aquellos periodos que estén por debajo de la media correspondiente del año debiéndose tomar las medidas de protección necesarias.

En nuestro caso se cumple, ya que en ningún mes del año la fracción solar supera el 100 %.

– Sistema de acumulación solar y conexión de sistema auxiliar:

El volumen de acumulación solar se debe dimensionar en función de la energía que aporta a lo largo del día. Se debe prever una acumulación que vaya acorde con la demanda del edificio en cuestión. Para aplicaciones de agua caliente sanitaria, como es el caso, el área total de captadores debe cumplir que  $50 < V/A < 180$ , siendo “V” el volumen de acumulación y “A” el área total de captación. Esto se cumple en el apartado 2.5 con una relación de  $V/A = 93.575$ .

No se permitirá la conexión del sistema auxiliar en el acumulador solar, esto lo podemos verificar mirando el esquema de principio, figura 1.18.

– Sistema de medida de energía suministrada:

Las instalaciones solares que las sustituyan de más de 14 kW dispondrán de un sistema de medida de la energía suministrada para así poder verificar el cumplimiento del programa de gestión energética y las inspecciones periódicas de eficiencia energética.

El diseño del sistema de contabilización de energía y de control debe permitir al usuario de la instalación comprobar de forma directa, visual e inequívoca el correcto funcionamiento de la instalación, de manera que este pueda controlar diariamente la producción de la instalación

– Límite de pérdidas:

El límite máximo debido a sombras será del 10 %, el límite máximo por inclinaciones también será del 10 % mientras que el límite total será de un 15 %.

Estas imposiciones que se recogen en el IDAE, las podemos confirmar en el apartado 2.5.2.

## 1.7.2 Norma UNE

– UNE 94003

Suministra los valores climáticos de referencia de irradiación global diaria mensual sobre la superficie horizontal y de temperatura ambiente. Es aplicable al cálculo de instalaciones solares térmicas de baja temperatura.

– UNE 94002

Suministra los valores de referencia de consumo de agua caliente sanitaria y temperaturas de diseño necesarias para el cálculo de la demanda de energía térmica en las instalaciones ACS. Es aplicable al cálculo de instalaciones solares térmicas para la producción de ACS.

– UNE 100155

Establece los criterios para el diseño y cálculo de un sistema de expansión de agua en un circuito cerrado, y es de aplicación para los circuitos cerrados de agua caliente, sobrecalentada y refrigerada y soluciones acuosas de los sistemas de climatización.

## 1.7.3 Reglamento de las Instalaciones Térmicas en la Edificación (RITE)

Los siguientes puntos son aquellos utilizados para la realización del proyecto.

– IT 1.1.4.3: Exigencia de higiene

Preparación de agua caliente para uso sanitario: La mínima temperatura del agua almacenada tiene que ser de 50°C más la caída de temperatura provocada por las pérdidas de calor en las redes de distribución tanto de impulsión como de retorno y en los mismos depósitos de acumulación. Estas medidas tienen como objetivo la protección frente a la legionela.

– IT 1.2.4.2: Redes de tuberías y conductos

Todos los aparatos, equipos y conductos tanto de la instalación de climatización como de la instalación de ACS deben estar térmicamente aislados con ciertos niveles. En el caso de que los equipos vengan aislados de fábrica se aceptará los calculados por el fabricante.

Los espesores mínimos de aislamiento están recogidas en las siguientes tablas:

<b>Tabla 1.2.4.2.1: Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el interior de edificios</b>			
Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40...60	> 60...100	> 100...180
$D \leq 35$	25	25	30
$35 < D \leq 60$	30	30	40
$60 < D \leq 90$	30	30	40
$90 < D \leq 140$	30	40	50
$140 < D$	35	40	50

Figura 1.42: Espesores mínimos de aislamiento.

<b>Tabla 1.2.4.2.2: Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el exterior de edificios</b>			
Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40...60	> 60...100	> 100...180
$D \leq 35$	35	35	40
$35 < D \leq 60$	40	40	50
$60 < D \leq 90$	40	40	50
$90 < D \leq 140$	40	50	60

Figura 1.43: Espesores mínimo de aislamiento.

<b>Tabla 1.2.4.2.2: Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el exterior de edificios</b>			
Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40...60	> 60...100	> 100...180
$140 < D$	45	50	60

Figura 1.44: Espesores mínimos de aislamiento.

- IT 1.2.4.3.4. Control de instalaciones centralizadas de preparación de agua caliente sanitaria

El equipamiento mínimo del control de las instalaciones centralizadas de preparación de agua caliente sanitaria será el siguiente:

- a) Control de la temperatura de acumulación.
- b) Control de la temperatura del agua de la red de tuberías en el punto hidráulicamente más lejano del acumulador.
- c) Control para efectuar el tratamiento de choque térmico.
- d) Control de funcionamiento de tipo diferencial en la circulación forzada del primario de las instalaciones de energía solar térmica. Alternativamente al control diferencial se podrán emplear sistemas de control accionados en función de la radiación solar.
- e) Control de seguridad para los usuarios.

- IT 1.2.6.1: Contribución de calor renovable o residual para la producción térmica del edificio

Estos sistemas deberán ser diseñados para alcanzar los objetivos de energía primaria y emisiones de CO<sub>2</sub> que están establecidos en el CTE.

- IT 1.3: Exigencia de seguridad

- IT 1.3.4.2.4 Expansión

Los circuitos cerrados de agua o soluciones acuosas estarán equipados con un dispositivo de expansión de tipo cerrado, que permita absorber, sin dar lugar a esfuerzos mecánicos, el volumen de dilatación del fluido. El

dimensionado de los sistemas de expansión seguirá los criterios indicados en la norma UNE 100155.

– IT 1.3.4.4.3 Accesibilidad

Para favorecer la limpieza, mantenimiento y reparación de los equipos y aparatos, se deberán de situar en espacios que faciliten su acceso. Los elementos de medida, control, protección y maniobra se deben instalar en lugares visibles y fácilmente accesibles.

Para aquellos equipos o aparatos que deban quedar ocultos se preverá un acceso fácil. La situación exacta de estos elementos de acceso y de los mismos aparatos deberá quedar reflejada en los planos finales de la instalación.

– IT 1.3.4.4.4 Señalización

Se dispondrá un plano con el esquema de principio de la instalación que deberá estar situado en la sala de máquinas y enmarcado en un cuadro de protección. Todas las instrucciones de seguridad, de manejo y maniobra y de funcionamiento, según el «Manual de Uso y Mantenimiento», deben estar situadas en lugar visible, en sala de máquinas y locales técnicos.

– IT 1.3.4.4.5 Medición

Todas las instalaciones térmicas deben disponer de la instrumentación de medida suficiente para la supervisión de todas las magnitudes y valores de los parámetros que intervienen de forma fundamental en el funcionamiento de los mismos.

Para favorecer su lectura y mantenimiento, los aparatos de medida se situarán en lugares visibles y fácilmente accesibles. La lectura debe de efectuarse sin esfuerzo.

Antes y después de cada proceso que lleve implícita la variación de una magnitud física debe haber la posibilidad de efectuar su medición, situando instrumentos permanentes, de lectura continua, o mediante instrumentos portátiles.

• IT 2.3: Ajuste y equilibrado

– IT 2.3.3 Sistemas de distribución de agua

La empresa instaladora será la encargada de realizar y documenta los procedimientos tanto de ajuste como los de equilibrado de los sistemas de distribución de agua.

– IT 2.3.4 Control

Se ajustarán los parámetros del sistema de control automático a los valores de diseño especificados en el proyecto o memoria técnica y se comprobará el funcionamiento de los componentes que configuran el sistema de control.

## 1.8 BIBLIOGRAFÍA

[1] IDAE, "Pliego de condiciones técnicas de instalaciones de baja temperatura", Enero 2009.

[2] IDAE, "Guía técnica de Agua caliente sanitaria central", 2010.

[3] <https://termicol.es>

[4] <http://www.aemet.es>

[5] [Inerox.com](http://Inerox.com)

[6] [baxi.es](http://baxi.es)

[7] [ibaiondo.com](http://ibaiondo.com)



[8] roth.com

[9] Norma UNE 94003: Datos climáticos para el dimensionado de las instalaciones solares térmicas.

[10] Norma UNE 94002: Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria:  
cálculo de la demanda de la energía térmica.

[11] AEONOR Norma UNE 100-155 “Diseño y cálculo de sistemas de expansión” 2004.

[12] Apuntes de la asignatura "Energía solar en la Edificación". G.I.E *Universidad de Sevilla*



# 2 MEMORIA DE CÁLCULO

## 2.1 Introducción

En este apartado, se explicarán los cálculos hechos a la hora de diseñar nuestro Sistema de agua caliente sanitaria para el edificio Ocean's view situado en La línea de la Concepción. Para ello se han seguido los parámetros adoptados por la norma Española.

## 2.2 Datos de partida

### 2.2.1 Datos geográficos y climáticos

Los parámetros inicialmente obtenidos del complejo Ocean's view se recogen en Tabla 2.1:

Localidad	La línea de la concepción (Cádiz)
Altura sobre el nivel del mar (m)	10
Altitud	36.9
Longitud	-5.35
Orientación	Sur-Oeste
Zona climática	V

Tabla 1: Datos geográficos y climáticos

En España se diferencian hasta 5 tipos diferentes de regions climáticas como se aprecia en la figura 2.1, siendo la I en la que menos irradiación llega y la region V en la que más, como es en nuestro caso. En cada localidad habrá una irradiación diferente que, según esta y la demanda del edificio, se nos requerirá diseñar un Sistema con una menor o mayor fracción solar.

La fracción solar ( $f$ ) es el porcentaje de demanda cubierta, que deberá de ser mayor cuanto mayor es la demanda y cuanto mayor sea la radiación incidente.

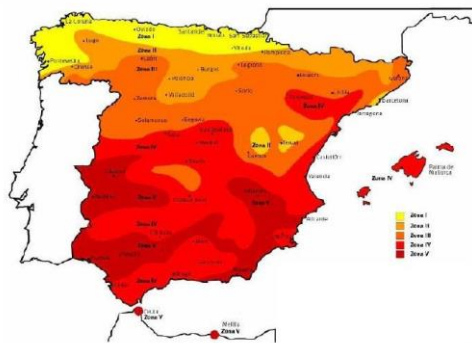


Figura 2.1: Zonas climáticas en España

### 2.2.2 Cálculo de la radiación incidente

Para poder calcular la fracción solar cubierta ( $f$ ) necesitamos de algunos valores como la inclinación de nuestros paneles, en este caso  $\beta=35^\circ$  y la radiación incidente sobre nuestros captadores. Para ello se precisa de la herramienta de cálculo CHEQ4, que está basada en los datos climáticos aportados por la normativa española. El software nos facilita los valores mensuales de radiación horizontal total, esta se divide en dos componentes, radiación directa y radiación difusa.

MES	IRRADIACIÓN GLOBAL HORIZONTAL MEDIA MENSUAL ( $\text{MJ}/\text{m}^2$ )	T° AMBIENTE ( $^\circ\text{C}$ )
ENERO	10	12.7
FEBRERO	13.4	13.4
MARZO	18.1	14.6
ABRIL	22.9	16.1
MAYO	26.2	18.6
JUNIO	28.4	21.4
JULIO	28.7	23.9
AGOSTO	25.6	24.4
SEPTIEMBRE	20.9	23.4
OCTUBRE	14.9	20
NOVIEMBRE	10.7	16
DICIEMBRE	8.6	13.2

Tabla 2: Irradiación global horizontal media mensual

La radiación directa es aquella componente de la radiación solar recibida sin modificar su dirección al atravesar la atmósfera terrestre. Su dirección varía en función de la localidad geográfica y de la época del año. Por el contrario, la radiación difusa corresponde a la componente de radiación que se recibe después de modificar su dirección al atravesar la atmósfera.

Debido a que los valores que recibimos son valores para una superficie horizontal, esto es que  $\beta=0^\circ$ . Tenemos que calcular el valor de la irradiancia que incide sobre nuestro captador, en este caso  $\beta=35^\circ$ , dicho cálculo se realizará en el siguiente apartado.

### 2.2.3 Descomposición de la radiación solar

Para poder hacer nuestro cálculo vamos a seguir el esquema a continuación.

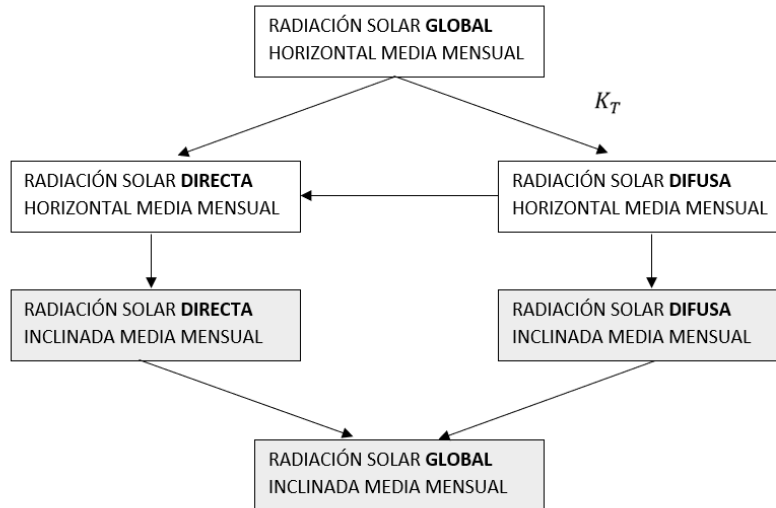


Figura 2.2: Esquema para el cálculo de  $H_i$ .

Donde:

- $H$ : Radiación solar global horizontal media mensual ( $\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{día}$ ).
- $H_D$ : Radiación solar directa horizontal media mensual ( $\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{día}$ ).
- $H_d$ : Radiación solar difusa horizontal media mensual ( $\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{día}$ ).

Para poder sacar las componentes directas y difusas necesitamos utilizar el índice de claridad mensual ( $K_T$ ), que será el cociente entre  $H$  y  $H_0$ .

$$K_T = \frac{H}{H_0}$$

$$H_0 = \frac{24 \cdot 3600}{\pi} \cdot G_{CS} \cdot \left(1 + 0.033 \cdot \cos\left(\frac{360 \cdot n}{365}\right)\right) \cdot \left(\frac{\pi \cdot \omega_S}{180} \cdot \text{sen}\delta \cdot \text{sen}\phi + \text{cos}\delta \cdot \text{cos}\phi \cdot \text{sin}\omega_S\right)$$

Las variables de la ecuación que precede son:

- $H_0$ : Radiación solar extraterrestre horizontal media mensual ( $\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{día}$ ).
- $G_{CS}$ : Constante solar.
- $n$ : día del año.
- $\omega_S$ : Ángulo horario. Se calcula como:

$$\omega_S = \cos^{-1}(-\tan\phi \cdot \tan\delta)$$

- $\delta$ : Declinación. Es el ángulo que forma la línea que une el centro de la Tierra y el centro del Sol con el plano del ecuador celeste.

$$-23.45^\circ < \delta < 23.45^\circ$$

$$\text{Se rige por la Ec. de Cooper: } \delta = 23.45 \cdot \text{sen}\left(360 \cdot \frac{284+n}{365}\right)$$

- $\phi$ : Latitud. Para esta aplicación será la del edificio.

Una vez que hemos obtenido  $K_T$  podemos calcular  $H_d$  mediante las siguientes ecuaciones que dependerán del periodo del año en el que nos encontramos.

- Para el caso de verano, primavera y otoño.  $\omega_s > 81.4^\circ$

$$\frac{H_d}{H} = 1.311 - 3.022 * K_T + 3.427 * K_T^2 - 1.821 * K_T^3$$

- Para el caso de invierno.  $\omega_s < 81.4^\circ$

$$\frac{H_d}{H} = 1.391 - 3.560 * K_T + 4.189 * K_T^2 - 2.137 * K_T^3$$

Con estos valores de radiación directa y difusa podemos ya finalizar con nuestro cálculo, de manera que:

$$H_I = R_D H_D + \frac{1 + \cos\beta}{2} H_d + \frac{1 - \cos\beta}{2} H \rho_{suelo}$$

Donde  $R_D$  es:

$$R_D = \frac{\cos(\phi - \beta) \cos(\delta) \operatorname{sen}(\omega'_s) + \frac{\pi * \omega'_s}{180} * \sin(\phi - \beta) \sin(\delta)}{\cos(\phi) \cos(\delta) \sin(\omega_s) + \frac{\pi * \omega_s}{180} * \sin(\phi) \sin(\delta)}$$

$$\omega'_s = \min \{ \cos^{-1}(-\tan\phi * \tan\delta), \cos^{-1}(-\tan(\phi - \beta) * \tan\delta) \}$$

MES	IRRADIACIÓN GLOBAL INCLINADA MEDIA MENSUAL ( MJ/m <sup>2</sup> )
ENERO	16.688
FEBRERO	19.277
MARZO	21.772
ABRIL	23.469
MAYO	23.881
JUNIO	24.517
JULIO	25.335
AGOSTO	24.967
SEPTIEMBRE	23.746
OCTUBRE	19.980
NOVIEMBRE	17.110
DICIEMBRE	14.730

Tabla 3: Irradiación global inclinada media mensual.

Supondremos un valor típico de reflectividad del suelo:  $\rho_{suelo} = 0.2$

Resolviendo como es debido utilizando las ecuaciones previas, obtendremos para nuestro caso una tabla de datos como la tabla 3.

## 2.3 Cálculo de la demanda

### 2.3.1 Cálculo del consumo de agua

<b>Criterio de demanda</b>	<b>Litros/día*unidad</b>	<b>unidad</b>
Vivienda	28	Por persona
Hospitales y clínicas	55	Por persona
Ambulatorio y centro de salud	41	Por persona
Hotel *****	69	Por persona
Hotel ****	55	Por persona
Hotel ***	41	Por persona
Hotel/hostal **	34	Por persona
Camping	21	Por persona
Hostal/pensión *	28	Por persona
Residencia	41	Por persona
Centro penitenciario	28	Por persona
Albergue	24	Por persona
Vestuarios/Duchas colectivas	21	Por persona
Escuela sin ducha	4	Por persona
Escuela con ducha	21	Por persona
Cuarteles	28	Por persona
Fábricas y talleres	21	Por persona
Oficinas	2	Por persona
Gimnasios	21	Por persona
Restaurantes	8	Por persona
Cafeterías	1	Por persona

Tabla 4: Demanda de referencia a 60 °C

Para el consumo de agua caliente diario, vienen dados unos valores en la sección HE4 del Código técnico de la Edificación y en la Norma UNE 94002:2005, dichos valores están asociados a una temperatura de referencia de agua caliente, que es de 60°C para el CTE y 45° para la Norma UNE. Nosotros seguiremos las especificaciones del CTE.

Los consumos unitarios de agua caliente según el HE4-CTE vienen recogidos en la tabla 4. Nos ofrece los valores de demanda en (Litros/día\*persona) según el tipo de edificio.

$$M_{ACS} = D_{unitaria} * n_{pers}$$

- $D_{unitaria}$ : Demanda unitaria de referencia a 60°C (Litros/día\*persona).
- $n_{pers}$ : Número de personas.

$$M_{ACS} = 41 \frac{L}{día * persona} * 52 personas = 2132 \frac{L}{día}$$

### 2.3.2 Demanda de ACS

La demanda de agua caliente para higiene personal y otros usos como lavandería o cocina en (J/mes) viene dada:

$$L_{ACS} = M_{ACS} * \rho * C_P * (T_{ac} - T_{af}) * N$$

- $L_{ACS}$ : Demanda ACS (J/mes)
- $M_{ACS}$ : Consumo de agua caliente (litros/día)
- $\rho$ : Densidad del agua
- $C_P$ : Calor específico del agua (4190 J/kg\*°C)
- $T_{ac}$ : Temperatura agua caliente (°C)
- $T_{af}$ : Temperatura agua fría (°C)
- $N$ : Número de días del mes (día/mes)

MES	Demanda ACS (MJ/mes)	T° agua fría de red (°C)
ENERO	13.29	12
FEBRERO	12.01	12
MARZO	13.02	13
ABRIL	12.33	14
MAYO	12.18	16
JUNIO	11.26	18
JULIO	11.35	19
AGOSTO	11.08	20
SEPTIEMBRE	10.99	19
OCTUBRE	11.91	17
NOVIEMBRE	12.33	14
DICIEMBRE	13.29	12

Tabla 5: Demanda mensual ACS



## 2.4 Cálculo de la superficie de captación

### 2.4.1 Determinación del porcentaje de demanda cubierta

El primer parámetro a calcular para el diseño de nuestro sistema de captación es el la fracción de demanda cubierta anual de la instalación solar ( $f$ ). Este parámetro viene definido por la siguiente relación:

$$f = \frac{Q_T}{\text{Demanda}}$$

Siendo:

$Q_T$ : Energía solar útil captada (J/mes)

Demanda: Demanda térmica (J/mes)

Según el Código Técnico de la edificación en la sección HE-4, el porcentaje de demanda cubierta dependerá de dos parámetros; la zona climática en la que se encuentre y la demanda de ACS del edificio a la temperatura de 60 °C.

Demanda total de ACS del edificio (l/d) a 60°C	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50-5.000	30	30	40	50	60
5.000-10.000	30	40	50	60	70
>10.000	30	50	60	70	70

Tabla 6: Fracción mínima de demanda cubierta anual

Para saber en qué zona climática nos encontramos hacemos uso de la Norma UNE:94003:2007 que recoge que la ciudad de La Línea de la Concepción se sitúa en zona V. La demanda de nuestro edificio está entre 50 y 5000 litros/día y por lo tanto, debemos cumplir con una fracción de demanda anual del 60%.

Mediante el uso del CHEQ4, obtenemos distintos valores de  $f$  que variará según el área de captación de nuestro sistema y que viene definido por diversos valores que se recogen en las pestañas de CHEQ4 de demanda y solar apoyo, figuras 1.11 y 1.12 respectivamente.

Cubrimos la demanda con diverso número de captadores y obtenemos el valor de  $f$  para cada uno manteniendo una fila de captadores en serie,  $N_S = 1$ , y el volumen en litros/ $m^2$  constante. Con estos parámetros obtenemos los valores de la tabla 7.

$$A = 32.06 \text{ (m)}$$

$$N_S = 1$$

$$V = 75 \left(\frac{l}{m^2}\right)$$

Número de captadores	12	13	14	15	16
$f$	0.57	0.61	0.65	0.69	0.73

Tabla 7: Porcentaje de demanda cubierta según el número de captadores

Para poder cumplir con la fracción de demanda mínima impuesta de 60 % fijada anteriormente para nuestro edificio necesitamos de 14 captadores, siendo el área total de 32.06 metros.

## 2.5 Cálculo del volumen de acumulación

La sección HE-4 del CTE obliga a que se cumpla la siguiente condición:

$$50 < \frac{V}{A} < 180$$

Donde:

V: Volumen del depósito (litros)

A: Área total de captación ( $m^2$ )

Siguiendo con los datos de la tabla 2.7, se calculará utilizando de nuevo el software CHEQ4 las fracciones solares para distintos valores de acumulación, en este caso, manteniendo constantes el área total de captación y el número de captadores en serie.

$$A = 32.06 (m)$$

$$N_s = 1$$

Volumen depósito	V/A	$f$
2200	68.621	0.65
2300	71.74	0.65
2400	74.86	0.65
2500	77.979	0.66
2600	81.098	0.66
2700	84.217	0.67
2800	87.336	0.67
2900	90.455	0.68
<b>3000</b>	<b>93.575</b>	<b>0.68</b>
3100	96.694	0.69
3200	99.813	0.69

Tabla 8: Valores de  $f$  para distinta acumulación en el depósito

Escogemos uno de los volúmenes de acumulación que vienen recogidos en la tabla 2.8. Elegimos 3000 litros de acumulación que dividiremos en dos depósitos de 1500 litros de capacidad que escogimos anteriormente. Bien podríamos escoger volúmenes menores que acercaran más su valor al mínimo, pero tras ver el mercado, lo común es ver depósitos de 1000, 1500 y 2000 litros. La razón por la que hemos elegido depósitos de 1500 en vez de 1000 se verá en el siguiente apartado.

### 2.5.1 Disposición de captadores

Una vez hemos escogido el volumen de acumulación y los metros totales de captación, procedemos a elegir el número de captadores que estarán distribuidos en serie, tabla 2.9.

$f$	Ns
0.68	1
0.63	2
0.58	3

Tabla 9: Fracción de demanda cubierta según captadores distribuidos en serie

Nuestro sistema final viene recogido en la tabla 2.10

Nc	Ns	V	$f$
14	2	3000	0.63

Tabla 10: Datos finales

## 2.5.2 Pérdidas debido a la orientación, inclinación y sombras

Debemos cuantificar las pérdidas de nuestro sistemas debido a la orientación e inclinación, así como aquellas debidas a las sombras causadas por otros captadores o elementos del entorno. La orientación elegida para nuestro campo de captación es la orientación sur, con un ángulo de azimuth de  $0^\circ$  como recomienda el CTE.

En cuanto a la inclinación el CTE, considera para aquellos edificios cuyo consume sea constante a lo largo del año, la inclinación sea equivalente a la latitud de la localidad de la instalación con un error de  $10^\circ$ . En nuestro caso, la latitud de La Línea de la Concepción es de  $36.9^\circ$ , para la inclinación de nuestros captadores los colocaremos con  $35^\circ$  respecto a la horizontal.

Con todo esto, vamos a comprobar que nuestro sistema opera dentro de los límites establecidos por el CTE. Corregimos para los límites de inclinación siendo  $36.9^\circ$  la del emplazamiento y  $41^\circ$  la de referencia.

$$\text{Inclinación max} = \text{Inclinación de referencia max} - (41^\circ - \text{Latitud})$$

$$\text{Inclinación min} = \text{Inclinación de referencia min} - (41^\circ - \text{Latitud})$$

Inclinación de referencia max= $60^\circ$

Inclinación de referencia min= $6^\circ$

Los valores de inclinación de referencia máximos y mínimos los sacamos siguiendo el pliego de condiciones técnicas de la instalación.

Corrección para latitud del lugar:

$$\text{Inclinación max}' = 60 - (41^\circ - 36.9) = 55.9$$

$$\text{Inclinación min}' = 6 - (41^\circ - 36.9) = 1.9$$

La inclinación de nuestro captadores es  $35^\circ$  que está dentro del rango de valores ( $55.9^\circ$ ,  $1.9^\circ$ ).

En cuanto a las pérdidas por orientación e inclinación,  $35^\circ$  y  $0^\circ$  respectivamente, no pueden ser mayores del 10% para instalaciones generales según recoge el Código Técnico de la Edificación. Para obtener el porcentaje de pérdidas se utilizará la siguiente expresión:

$$\beta_{OPT} = 36.9$$

$$\text{Pérdidas}(\%) = 100 * [(1.2 * 10^{-4} * (\beta - \beta_{OPT})^2 + 3.5 * 10^{-5} * \alpha^2]$$

$$\text{Pérdidas}(\%) = 100 * [(1.2 * 10^{-4} * (35 - 36.9)^2 + 3.5 * 10^{-5} * 0^2] = 0.043$$

Al ser menor al 10% podemos decir que nuestro sistema es apto en lo que a porcentaje de pérdidas por inclinación y orientación se refiere. Por otro lado, al no tener ningún elemento alrededor, no hay nada que le produzcan sombras a nuestros captadores. Por lo que nuestro sistema cumple ambos requisitos del CTE.

## 2.6 Cálculos sobre la red de tuberías

### 2.6.1 Fluido del circuito primario

Con el objetivo de evitar congelaciones en nuestro circuito primario se prepara un fluido que aguante las condiciones más extremas. El Código Técnico de la Edificación establece para ello que el fluido sea diseñado para operar hasta una temperatura de 5 °C por debajo del mínimo histórico de la localidad.

La temperatura mínima histórica registrada en La Línea de la Concepción es de -3.3 °C, por ello el fluido de trabajo se diseñará para operar con una temperatura de -8.3 °C. Nuestra dilución será del 30 % de propilenglicol 70 % agua, como se demuestra en la figura 2.3, la temperatura de congelamiento es un poco menor a los -13 °C, por lo que cumple con las extremas condiciones de operación.

Utilizando las gráficas apropiadas y dada la temperatura mínima, obtenemos el poder calorífico del fluido y su densidad:

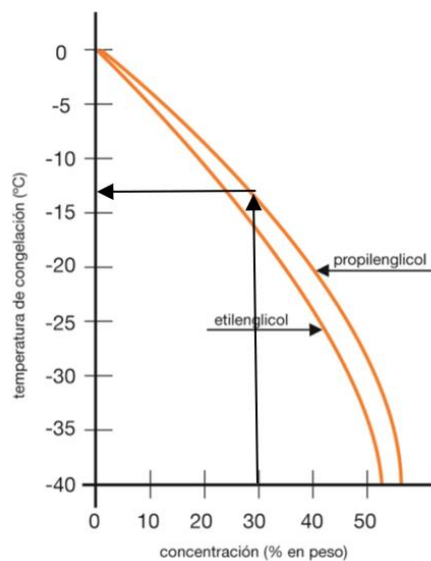


Figura 2.3: Curvas de congelación de dos preparados de etilenglicol y propilenglicol.

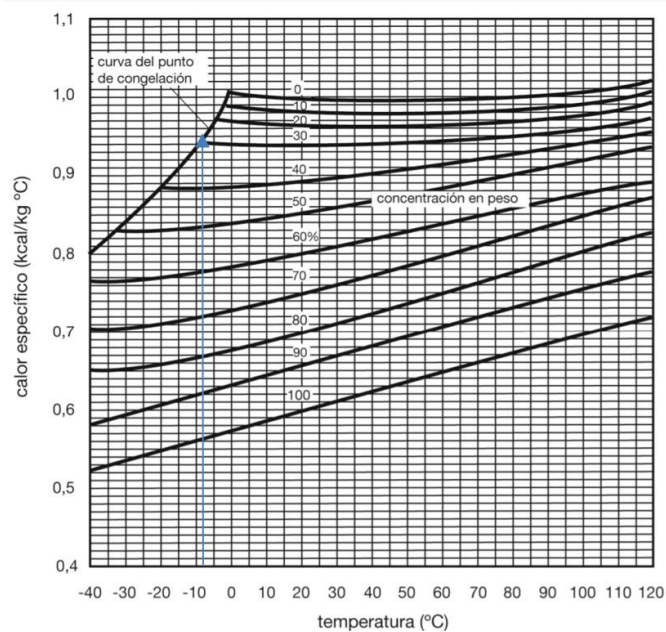


Figura 2.4: Calor específico de una disolución de propilenglicol, en función de la temperatura.

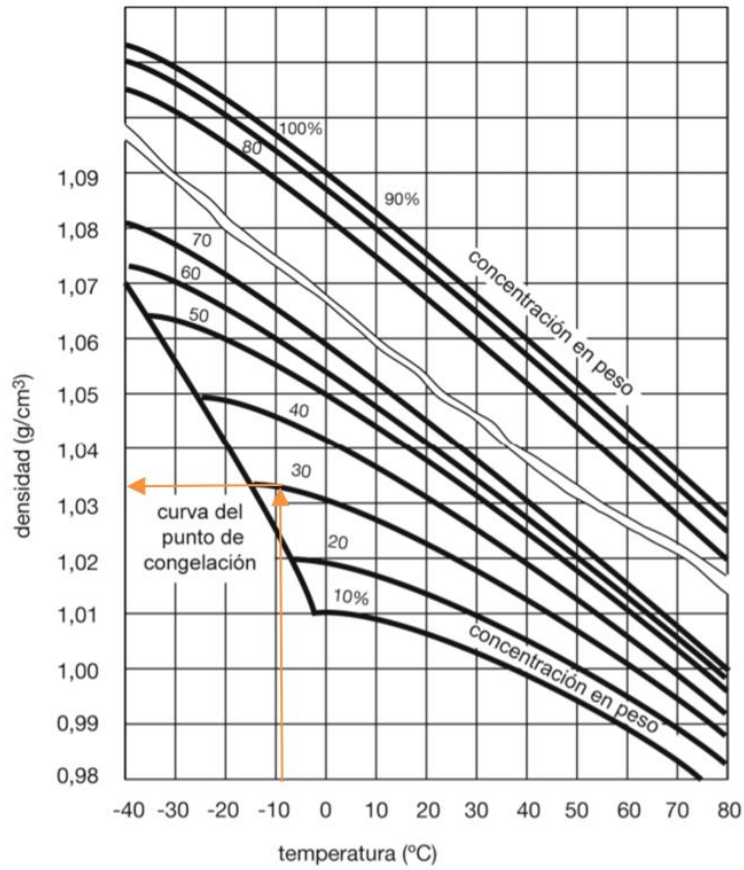


Figura 2.5: Densidad de una disolución de propilenglicol, en función de la temperatura.

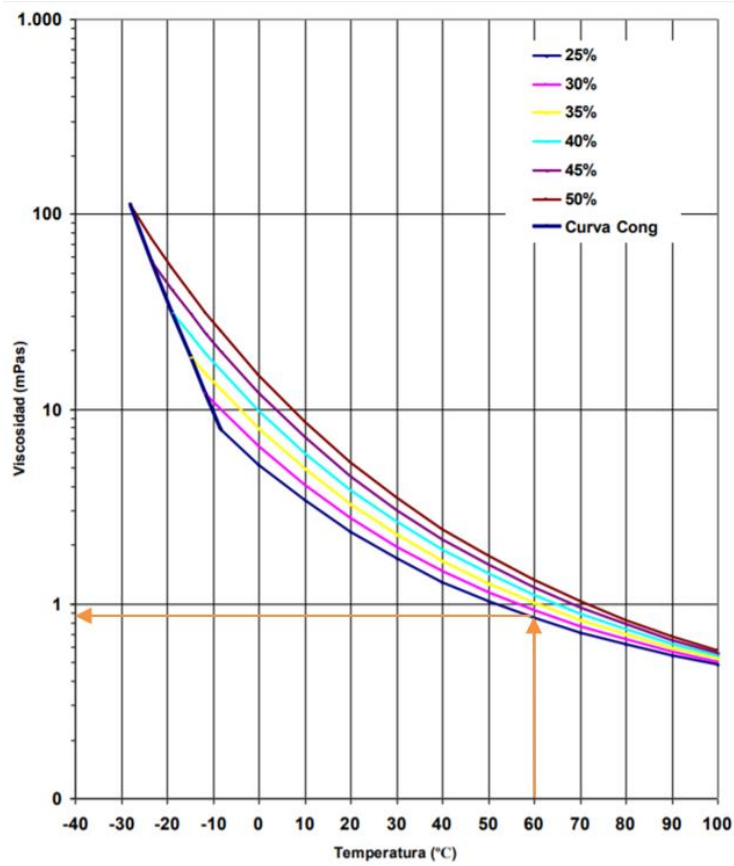


Figura 2.6: Viscosidad de una disolución de propilenglicol, en función de la temperatura.

Las características de nuestra disolución son:

$$C_P = 1.032 \frac{Kcal}{kg * K} = 4.313 \frac{KJ}{kg * K}$$

$$\rho = 1022 \frac{kg}{m^3}$$

$$v = 0.85 \text{ mPa} * s = 0.85 \text{ centipoise}$$

Por último, el volumen de anticongelante necesario para nuestro sistema depende del volumen total del primario y del porcentaje de anticongelante anteriormente calculado.

$$V_{Anticon} = V_{Tub} * (\% \text{ Anticongelante})$$

Siendo:

- $V_{Tub}$ : Volumen del circuito primario. Es igual a 31 litros, calculado en el apartado 2.9.
- $\% \text{ Anticongelante}$ : Porcentaje de propilenglicol.

$$V_{Anticon} = 31 * 0.30 = 9.3 \text{ litros}$$

Por lo tanto, necesitaremos de una botella de 10 litros de anticongelante concentrado “Fluidosol” de la empresa Termicol.

### 2.6.2 Caudal del circuito primario

Calculamos el caudal del circuito primario, siendo su expresión la siguiente:

$$M_B = \frac{G * N_C * A}{N_S}$$

- $M_B$ : Caudal del circuito de captación (kg/s). Proporcionado por CHEQ4.
- $G$ : Caudal específico en el captador (kg/(s\*m<sup>2</sup>)).
- $N_C$ : Número total de captadores.
- $A$ : Área bruta del captador (m<sup>2</sup>).
- $N_S$ : Número de captadores en serie.

Donde:

$$N_C = 14$$

$$A = 2.01$$

$$N_S = 2$$

$$M_B = 1154 \frac{l}{h} * 1.022 \frac{kg}{l} * \frac{1}{3600} \frac{h}{s} = 0.327 \frac{kg}{s}$$

Entonces el caudal por cada captador es:

$$0.327 = \frac{G * 14 * 2.01}{2}$$

$$G = 0.02 \frac{kg}{s * m^2}$$

### 2.6.3 Pérdida de carga en los captadores

La pérdida de carga en los captadores debido a la fricción del fluido en su interior viene dada por los ensayos del captador hechos por el fabricante. Estos datos relacionan el caudal con la pérdida de presión en el captador que viene recogida en la figura 2.6.

En nuestro caso, el caudal que fluye por el interior de nuestro captador es  $G = 0.02 \frac{kg}{s \cdot m^2}$

$$G = 0.023 \frac{kg}{s \cdot m^2} * \frac{60 s}{min} * 2.01 m^2 = 2.412 \frac{kg}{min}$$

Para dicho valor obtenemos una pérdida de carga por cada captador:

$$\Delta P = 5.07 mbar$$

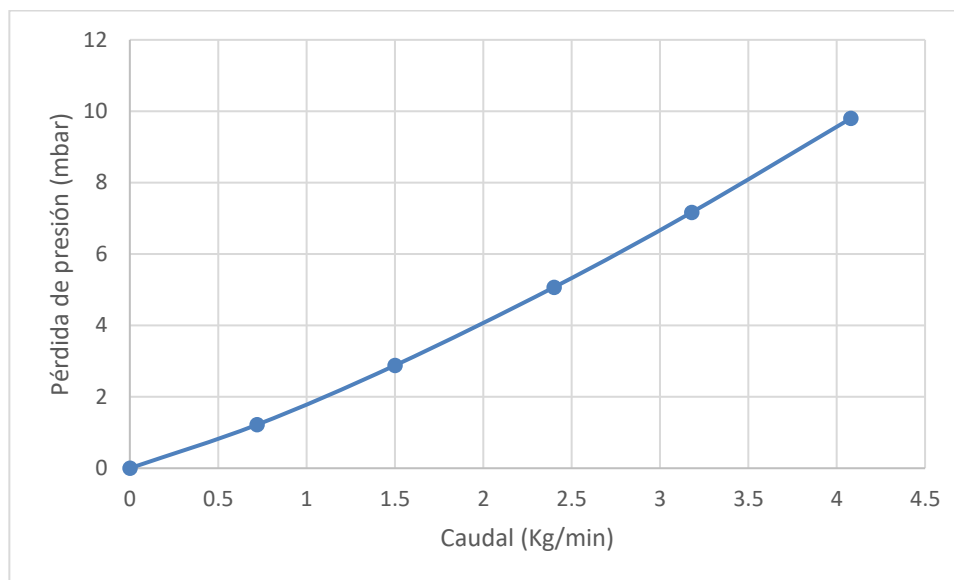


Figura 2.7: Pérdida de carga en el captador

#### 2.6.4 Cálculo de la red de tuberías

Según el IDAE, para tuberías exteriores y para locales no habitables, el diámetro se seleccionará para velocidades del fluido inferiores a 3 m/s mientras que, para locales habitados, serán inferiores a 2 m/s. Aún así los diseñadores recomiendan que las velocidades estén por debajo de los 1.5 m/s.

Por otro lado, el dimensionado de tuberías se realizará de forma que la pérdida de carga en tuberías nunca sea superior a 40 mm de columna de agua por metro lineal. Cuando el fluido sea una mezcla de anticongelante y agua, se utilizará un factor de corrección de valor 1.3. Siendo este el caso, la pérdida de carga máxima lineal:

$$\Delta P_{max} = 1.3 * 40 = 52 \frac{mm \text{ c. a}}{m} = 509.6 \frac{Pa}{m}$$

Para continuar con el dimensionado de tuberías nos valemos de dos criterios, el criterio de velocidad máxima y el criterio de pérdidas de cargas máximas donde utilizaremos la fórmula de Flamant para tubos lisos de cobre. Formulando los criterios de velocidad máxima y de pérdidas de carga, respectivamente:

$$v = 0.354 * \frac{Q}{D^2}$$

$$P_{unit} = 1.3 * 378 * \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}}$$

Donde:

- Q: Caudal de circulación (l/h).
- D: Diámetro interior de tubería (mm).
- v: Velocidad del fluido en tubería (m/s).
- $P_{unit}$ : Pérdida de carga en milímetro de columna de agua por metro lineal de tubería (mm c.a/m).

El caudal que circula por cada captador es conocido, con ello, elegimos el diámetro interior que circulará por las tuberías, en nuestro caso, el material elegido es el cobre. El dimensionado de las tuberías deberá de cumplir los requisitos anteriormente expuestos. En la figura 2.8 podemos ver los diferentes tramos que componen el circuito. El tramo 0-1 corresponde a la longitud de la tubería que empieza a la salida de la bomba hasta el principio del tramo 1, mientras que el tramo 3-4, corresponde al tramo que llega a la entrada de la bomba desde el tramo 4.

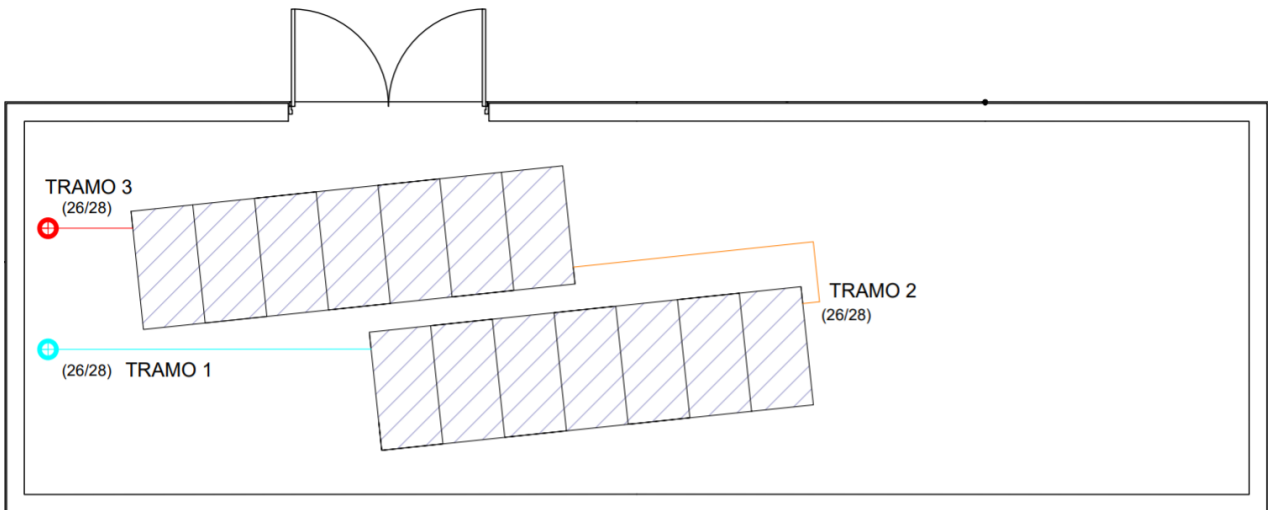


Figura 2.8: Distribución de captadores

Tramo	Longitud (m)	Caudal (l/h)	Dint (mm)	Velocidad (m/s)	Punit (mmca/m)
1	7.1	1154.16	26	0.604	21.34
2	5.85	1154.16	26	0.604	21.34
3	1.6	1154.16	26	0.604	21.34
0-1	20.7	1154.16	26	0.604	21.34
3-4	23.3	1154.16	26	0.604	21.34

Tabla 11: Dimensionado de tuberías

Comprobamos en la tabla 2.11 el correcto cumplimiento de los requerimientos de velocidad y de pérdida de carga. Para el cálculo de tuberías se ha utilizado la siguiente ecuación:

$$D = j * Q^{0.35}$$

Donde:

- j = Constante que vale 2.2 para tuberías metálicas y 2.4 para tuberías plásticas.
- Q = Caudal (m<sup>3</sup>/h)

$$D = 2.2 * 1.154^{0.35} = 2.31 \text{ cm} = 23.1 \text{ mm}$$

Por lo tanto, las tuberías serán de cobre con diámetros interiores de 26 mm y diámetros exteriores de 28 mm, diámetros elegidos según la figura 2.9.

DIÁMETROS NORMALIZADOS PARA TUBERÍA DE COBRE (mm)

D <sub>ext</sub>	6	8	10	12	14	15	16	18	22	28	35	40	42	54	64	66.7	76.1	88.9	108
D <sub>int</sub>	4	6	8	10	12	13	14	16	20	26	33	38	40	51	61	63.7	73.1	84.9	104

Figura 2.9: Diámetro para tuberías de cobre.

En cuanto a la pérdida de carga del circuito debido a las tuberías, es tal que:  $h_{TUB} = 12.25 \text{ KPa}$



## 2.6.5 Pérdida de cargas en accesorios

Se calculará a continuación las pérdidas de carga del circuito primario debido a los diversos accesorios que constituyen la instalación hidráulica. Para ello contamos con la tabla 2.12, donde muestra las longitudes equivalentes de los diversos equipos.

Diámetros de las tuberías (")	3/8	1/2	3/4	1	1+1/4	1+1/2	2
Diámetros de las tuberías (mm)	10	15	20	25	32	40	50
Manguito de unión	0	0	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06
Codo 90°	0.38	0.5	0.63	0.76	1.01	1.32	1.71
Curva 90°	0.18	0.33	0.45	0.6	0.84	0.96	1.27
Válvula de retención	0.2	0.3	0.55	0.75	1.15	1.5	1.9
Válvula esférica	4.05	4.95	6.25	8.25	10.8	13	17
Válvula de compuerta abierta	0.14	0.18	0.21	0.26	0.36	0.44	0.55

Tabla 12: Longitudes equivalentes de accesorios de tuberías de cobre

De esta manera, se ha calculado en la tabla 2.13 las pérdidas de carga de los accesorios en cada tramo del circuito primario. Esta pérdida de carga se ha calculado en función de la velocidad, viscosidad del fluido, diámetro de la tubería y de las longitudes equivalentes de los accesorios.

Tramos	Accesorios	f	L (m)	h (m.c.a)
1	1 Valv.esf, 3 codos	0.03	10.53	0.202
2	2 Valv.esf, 4 codos	0.03	19.54	0.376
3	1 Valv.esf, 3 codos	0.03	10.53	0.202
0-1	2 Valv.esf, 6 codos	0.03	21.06	0.405
3-4	2 Valv.esf, 6 codos	0.03	21.06	0.405

Tabla 13: Pérdida de carga de accesorios por tramos

Finalmente, la pérdida de carga de los accesorios es  $h_{acc} = 1.59 \text{ m.c.a} = 15.59 \text{ KPa}$ .

## 2.7 Dimensionado del equipo de intercambio

Para transmitir la energía térmica del circuito primario al secundario podemos disponer de interacumuladores (depósito más intercambiador) o de intercambiadores de calor. En nuestro caso utilizamos un intercambiador, podemos calcular la potencia mínima de diseño en función del área de captación como:

$$P_{interc} \geq 500 * A_{CAPT}$$

- $P_{interc}$ : Potencia del intercambiador (W).
- $A_{CAPT}$ : Área total de captación, 32.06 ( $m^2$ ).

$$P_{interc} \geq 16 \text{ kW}$$

El intercambiador se diseña para que transfiera cierto valor mínimo de temperatura que deberá de cumplir los requisitos escritos en el RITE.

$$P_{interc} = M_{prim} * C_p * \Delta T$$

- $M_{prim}$ : Caudal másico que circula por el circuito primario (kg/s).
- $C_p$ : Calor específico del fluido que circula por el circuito primario. Siendo  $C_p = 4.313 \frac{KJ}{K*kg}$
- $P_{interc}$ : Elegimos una potencia mayor a la necesaria según el modelo que elijamos.

$$24 \geq 0.327 * 4.313 * \Delta T$$

$$\Delta T \leq 17.01$$

El intercambiador seleccionado es el 702PTACS020 de la marca TERMICOL, que trabaja entre 16 y 24 kW de potencia de transferencia y es apto hasta para áreas de captación de  $48 \text{ m}^2$ , en nuestro caso cumple ya que es,  $32.01 \text{ m}^2$ .

Los caudales del primario y secundario se diseñan para que sean iguales. Para el salto máximo en el secundario,  $15 \text{ }^\circ\text{C}$ , el intercambiador seleccionado y el  $C_p$  del agua, nos da:

$P_{interc}$ (kW)	$G_{prim}$ (l/h)	$C_{p_{prim}}$	$\Delta T_{prim}$	$G_{sec}$ (l/h)	$C_{p_{sec}}$	$\Delta T_{sec}$
20.5	1154	4.313	14.53	1154	4.18	15

Tabla 14: Condiciones de operación del intercambiador

El intercambiador tiene una potencia de 24 kW pero para el salto térmico máximo que necesitamos ( $15^\circ\text{C}$ ), nos vale con que trabaje a 20.5 kW.

Con estos datos procedemos a calcular la pérdida de carga del intercambiador. Para ello nos ayudamos de la siguiente ecuación:

$$h_{int} = k * Q^2$$

Donde:

- $h_{int}$ : Pérdida de carga del intercambiador.
- $k$ : Constante de pérdidas. Se calcula con los datos del fabricante.
- $Q$ : Caudal que atraviesa la tubería.

Lo primero es hayar la constante de pérdidas. El fabricante nos informa de que este intercambiador tiene como máximo una pérdida de carga de 30 KPa, o lo que es lo mismo, 3.06 m.c.a, para un caudal de 1920 l/h, dicho caudal es distinto al nuestro y por lo tanto, también lo será nuestra pérdida de carga.

$$k = \frac{h_{int}}{Q^2} = \frac{3.06}{1920^2} = 8.3 * 10^{-7}$$

$$h_{int} = 8.3 * 10^{-7} * 1154^2 = 1.1 \text{ m. c. a} = 10.784 \text{ KPa}$$

Nuestro intercambiador tendrá una pérdida de carga de 10.784 KPa para nuestro circuito.

## 2.8 Dimensionado del grupo de bombeo

Según el RITE, para áreas de captación mayores a  $50 \text{ m}^2$  se deben colocar dos bombas en paralelo, cada una deberá ser capaz de mover el caudal del circuito primario, dejando así una bomba siempre de reserve y otra funcionando. Nuestro sistema de captación es de  $32.06 \text{ m}^2$ , por lo que no estamos obligados a instalarlo, aún así se ha optado instalarlas por si hay algún caso de avería.

Para el diseño de la pérdida de carga en bombas, nos ponemos en el caso más desfavorable, siendo la pérdida de carga superior a la suma de las pérdidas de carga del circuito debido tanto a la fricción entre el fluido y las tuberías como las pérdidas de carga en equipos como el intercambiados o los captadores.

$$\Delta P_{Bomba} = \Delta P_{Cto} * k$$

Siendo:

- $\Delta P_{Cto}$ : La pérdida de carga en el circuito más desfavorable.
- $k$ : Coeficiente de seguridad. Es un 5% adicional a su capacidad, se sobredimensiona por seguridad.

Tenemos:

Pérdida de carga (kPa)	
Captadores	7.098
Tuberías	12.25
Accesorios	15.59
Intercambiador	10.784
Total	45.722

Tabla 15: Pérdida de carga total

La pérdida de carga del circuito es 45.722 kPa, que es lo mismo que, 4.66 m.c.a.

$$\Delta P_{Bomba} = 4.66 * 1.05 = 4.9 \text{ m. c. a}$$

La bomba que seleccionamos es de la marca BAXI, modelo SB-100XL. Este modelo tiene tres curvas de presión-caudal diferentes que varían según la velocidad de giro que se demande, en revoluciones por minuto. Siendo lo curva de abajo para 1700 r.p.m, la de en medio para 2200 r.p.m y la de arriba para 2500 r.p.m.

Para el caudal de diseño, 1154 l/h, la bomba seleccionada nos proporciona una altura de 5.1 m.c.a, como vemos en la figura 2.11.

La bomba SB-100XL se demuestra ser valida para nuestra aplicación.

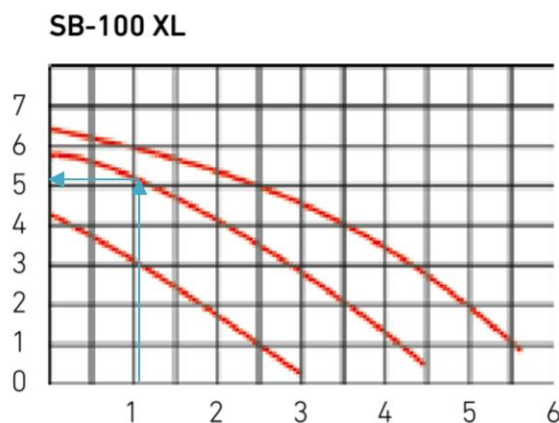


Figura 2.10: Selección de bomba de circulación

## 2.9 Dimensionado del vaso de expansion

El vaso de expansion cerrado del sistema tiene que estar dimensionado para que pueda reestablecer el funcionamiento de la instalación automáticamente después de una interrupción del suministro de la bomba, cuando la radiación solar sea máxima (caso más desfavorable), sin necesidad de la intervención del personal de mantenimiento. Para ello es necesario que sea capaz de recoger toda la expansión del líquido ante un estancamiento donde es usual que se produzcan vapores en las tuberías de los captadores.

Para el dimensionado del vaso de expansion cerrado debemos primero calcular el volume total del fluido en el circuito primario, este será la suma de los volúmenes contenidos en el circuito de tuberías, en el equipo de captación y además un volume extra de seguridad que será un 10% adicional.

$$V_T = V_{Capt} * V_{Tub} * V_{Seg}$$

Donde:

- $V_{Capt}$ : Volumen de fluido dentro de captadores, 1.2 litros. En total 16.8 litros.

- $V_{Tub}$ : Volumen total de todas las tuberías
- $V_{Seg}$ : Es el 10% de la suma de los otros dos volúmenes.

$$V_{Tub} = L_{Tub} * A_{Tub} = L_{Tub} * \frac{\pi * D^2}{4} = 58.55 * 5.3 * 10^{-4} = 0.031 \text{ m}^3 = 31 \text{ l}$$

$$V_T = 16.8 + 31 + 4.78 = 52.58 \text{ litros}$$

Debemos determinar ahora el coeficiente de expansión del fluido primario que viene dada por la siguiente expresión:

$$C_e = f_e * (-1.75 + 0.064 * T + 0.0036 * T^2) * 10^{-3}$$

Donde:

$$f_e = a * (1.8 * T + 32)^b$$

$$a = -0.0134 * (G^2 - 143.8 * G + 1918.2)$$

$$b = 3.5 * 10^{-4} * (G^2 - 94.57 * G + 500)$$

Siendo:

- $f_e$ : Factor de corrección debido al contenido de glicol en el fluido primario.
- $T$ : Temperatura del fluido que pasa por el vaso de expansión. Alrededor de los 50 °C
- $G$ : Porcentaje de glicol. En nuestro caso propilenglicol 30%. Por lo tanto,  $G=30$ .

Ce	fe	a	b	G	T
0.0187	1.789	20.04	-0.503	30	50

Tabla 16: Valores de las variables para el cálculo del vaso de expansión

Una vez obtenido el coeficiente de expansión del fluido primario, tenemos que obtener el coeficiente de presión del vaso de expansión cerrado.

$$C_p = \frac{P_{max}}{P_{max} - P_{min}}$$

Sabiendo que:

- $P_{max}$ : Presión máxima de funcionamiento, que viene dada por la presión de disparo de la válvula. De nuestro modelo suele estar en torno a los 7 bar.

$$P_{max} = 0.9 * P_{vseguridad} + 1 = 7.3 \text{ bar}$$

- $P_{min}$ : Es la presión estática resultante de la diferencia entre el punto más elevado de la instalación y el punto donde se encuentra el vaso de expansión, en nuestro caso 20 metros que pasando a bar queda 2 bar. Además, hay que añadir cierto coeficiente de seguridad, 0.5 bar por ejemplo, y sumarle la presión atmosférica, 1 bar.

$$P_{min} = 2 + 1 + 0.5 = 3.5 \text{ bar}$$

$$C_p = \frac{7.3}{7.3 - 2.15} = 1.92$$

Calculamos finalmente el volumen de la válvula de expansión:

$$V_{vexp} = V_T * C_p * C_e = 52.58 * 1.92 * 0.0187 = 1.89 \text{ litros}$$

Comprobando la norma UNE 100155, vemos que como mínimo el volumen del vaso de expansión tiene que ser igual al 6 % del volumen de la instalación. Al hacer los cálculos, el 6 % es igual a 3.16 litros, que es mayor a 1.89 litros. Por lo tanto, diseñamos el vaso de expansión para un volumen mayor a 3.16 litros. El modelo 5 SMF de industrias IBAILONDO tiene una capacidad de 5 litros, con lo que cumpliríamos con la norma vigente.

## 2.10 Cálculo del espesor de aislamiento

Con intención de minimizar las pérdidas y el consumo de energía el rite exige ciertos espesores de aislamiento en tuberías y equipos para los sistemas de agua caliente sanitaria que contengan fluidos a temperaturas superiores a 40 °C. Estas normas vienen recogidas en el documento del RITE.

### 2.10.1 Aislamiento en tuberías

El espesor del aislamiento depende de factores como la localización, el diámetro interior y la temperatura máxima del fluido. Las tuberías exteriores que están expuestas a las condiciones climatológicas deberán disponer siempre de una protección externa para asegurar la vida útil de los mismos.

Las conducciones del circuito primario suelen alcanzar elevadas temperaturas sobretodo cuando el sistema está parado, por lo tanto, el aislante de dichas tuberías tiene que ser uno que no se degrade con el tiempo y que soporte sin problemas niveles de temperaturas que lleguen hasta los 150 °C.

A continuación, se muestran los espesores equivalentes del aislamiento térmico, para tuberías y accesorios que tienen una conductividad térmica igual a 0.04 W/(m\*K).

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40...60	> 60...100	> 100...180
$D \leq 35$	25	25	30
$35 < D \leq 60$	30	30	40
$60 < D \leq 90$	30	30	40
$90 < D \leq 140$	30	40	50
$140 < D$	35	40	50

Figura 2.11: Espesores mínimos de aislamiento en tuberías en el interior de edificios.

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40...60	> 60...100	> 100...180
$D \leq 35$	35	35	40
$35 < D \leq 60$	40	40	50
$60 < D \leq 90$	40	40	50
$90 < D \leq 140$	40	50	60

Figura 2.12: Espesores mínimos de aislamiento en tuberías en el exterior de edificios.

**Tabla 1.2.4.2.2: Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el exterior de edificios**

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40...60	> 60...100	> 100...180
$140 < D$	45	50	60

Figura 2.13: Espesores mínimos de aislamiento en tuberías en el exterior de edificios.

## 2.11 Centralita de regulación

Se colocará en ambientes no agresivos, en sitios interiores donde no haya humedad y alejado de campos electromagnéticos.

El termostato debe poder ser separado de la red eléctrica mediante un dispositivo suplementario con una

distancia mínima de 3 mm a todos los polos, o mediante un dispositivo de separación, un fusible, conforme a las normas vigentes.

Las sondas de temperatura (S1 a S4) se deben conectar a cualquier polaridad a los siguientes bornes:

S1= Bornes 1 y 2= Sonda del captador

S2= Bornes 3 y 4= Sonda del acumulador

S3= Bornes 5 y 6

S4= Bornes 7 y 8

## 2.12 Selección de accesorios

Los accesorios que forman parte de nuestra instalación son los siguientes:

- Válvulas de cierre: Tendrán diámetros de 1". Un total de 8 válvulas.
  - Entrada y salida del grupo de captadores
  - Entrada y salida del grupo de bombeo del circuito primario
  - En las canalizaciones de llenado y vaciado
  - Antes del vaso de expansión
- Válvulas de seguridad: Se instalarán en la salida de cada batería de captadores. Un total de 2 unidades.
- Válvulas de antirretorno: Se sitúa una unidad antes del grupo de bombeo primario. Un total de 2 unidades.
- Purgadores: Se instalarán a la salida de la batería de captadores. Necesarios 2 unidades.
- Manguitos antivibratorios: Situados en el grupo de bombeo primario. Necesarios 2 unidades.
- Termómetros: Se instalarán uno por cada acumulador y otro a la salida del campo de captadores. En total 3 unidades necesarias.
- Manómetros: Se instalarán manómetros en el vaso de expansión, en los acumuladores, y uno por cada bomba. Un total de 7 unidades serán necesarias.
- Estructuras soporte para los captadores: La empresa Termicol vende el conjunto de estructuras para una batería de captadores para hasta seis captadores en batería. En nuestro caso las baterías están formadas por 7 captadores, por lo que se comprarán además una estructura individual por batería y se conectará posteriormente.
  - Estructura soporte cubierta plana para conjunto de 6 captadores, 2 unidades.
  - Estructura soporte cubierta plana para 1 captador, 2 unidades.

# ANEXO

CHEQ4






La instalación solar térmica especificada **CUMPLE** los requerimientos mínimos especificados por el HE4

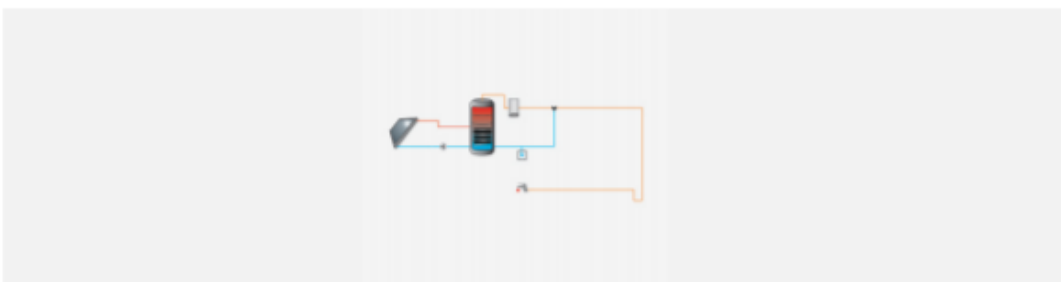
### Datos del proyecto

Nombre del proyecto	
Comunidad	
Localidad	
Dirección	

### Datos del autor

Nombre	
Empresa o institución	
Email	
Teléfono	

### Características del sistema solar



Localización de referencia	Línea de la Concepción (La) (Cádiz)
Altura respecto la referencia [m]	0
Sistema seleccionado	Instalación de consumidor único con interacumulador
Demanda [l/día a 60°C]	2,132
Ocupación %	Ene: 100, Feb: 100, Mar: 100, Abr: 100, May: 100, Jun: 100, Jul: 100, Ago: 100, Sep: 100, Oct: 100, Nov: 100, Dic: 100

### Resultados



Fracción solar [%]	63
Demanda neta [kWh]	40,190
Demanda bruta [kWh]	40,730
Aporte solar [kWh]	25,813
Consumo auxiliar [kWh]	15,962
Reducción de emisiones de [kg de CO2]	5,572



La instalación solar térmica especificada CUMPLE los requerimientos mínimos especificados por el HE4

Parámetros del sistema		Verificación en obra
<b>Campo de captadores</b>		
Captador seleccionado	TERMICOL P21 ( Termicol)	<input type="checkbox"/>
Contraseña de certificación	NPS-17718	<input type="checkbox"/>
Número de captadores	14.0	<input type="checkbox"/>
Número de captadores en serie	2.0	<input type="checkbox"/>
Pérdidas por sombras (%)	0.0	<input type="checkbox"/>
Orientación [°]	0.0	<input type="checkbox"/>
Inclinación [°]	35.0	<input type="checkbox"/>
<b>Circuito primario/secundario</b>		
Caudal circuito primario [l/h]	1,154.0	<input type="checkbox"/>
Porcentaje de anticongelante [%]	0.0	<input type="checkbox"/>
Longitud del circuito primario [m]	100.0	<input type="checkbox"/>
Diámetro de la tubería [mm]	17.0	<input type="checkbox"/>
Espesor del aislante [mm]	40.0	<input type="checkbox"/>
Tipo de aislante	genérico	<input type="checkbox"/>
<b>Sistema de apoyo</b>		
Tipo de sistema	Caldera convencional	<input type="checkbox"/>
Tipo de combustible	Gas natural	<input type="checkbox"/>
<b>Acumulación</b>		
Volumen [l]	3,000.0	<input type="checkbox"/>
<b>Distribución</b>		
Longitud del circuito de distribución [m]	100.0	<input type="checkbox"/>
Diámetro de la tubería [mm]	25.0	<input type="checkbox"/>
Espesor del aislante [mm]	50.0	<input type="checkbox"/>
Tipo de aislante	genérico	<input type="checkbox"/>
Temperatura de distribución [°C]	60.0	<input type="checkbox"/>



# 3 PLIEGO DE CONDICIONES

---

## 3.1 Objeto

Los criterios utilizados para nuestra instalación son fijados en el pliego de condiciones técnicas de baja temperatura donde se definirán los equipos y materiales utilizados, montajes de los equipos y mantenimiento de los mismos.

## 3.2 Normativa aplicable

Todos los materiales y tareas que forman parte de la instalación deberán cumplir con los requisitos exigidos en los siguientes reglamentos:

- Pliego de Especificaciones Técnicas para Instalaciones de Energía Solar Térmica a Baja Temperatura.
- Código Técnico de la Edificación – Acciones en la Edificación (CTE-DB-AE)
- Código Técnico de la Edificación – Seguridad en caso de incendio (CTE-DBSI)
- Código Técnico de la Edificación – Protección frente al ruido (CTE-DB-HR)
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) y sus instrucciones Técnicas Complementarias (ITC.BT). Real Decreto 1027/2007 de 20 de Julio.
- Norma UNE-EN 12975-1:2006. “Sistemas solares térmicos y sus componentes. Captadores solares”.
- Norma UNE 94002: Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria: cálculo de la demanda de la energía térmica.
- Norma UNE 94003: Datos climáticos para el dimensionado de las instalaciones solares térmicas.
- Aparte de la Normativa de carácter obligatorio anteriormente mencionada, se utilizará otras normas como la UNE de la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), normas NTE del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo o de las Compañías suministradores de energía eléctrica, etc. Puede ocurrir que en ocasiones, a falta de normativa Española, podrán utilizarse de organismos internacionales, tales como CER, ISO, etc. En cualquier caso, se seguirá la edición más reciente de toda la normativa mencionada, con las últimas modificaciones oficialmente aprobadas.

De igual manera, se respetarán cualesquiera otras normativas o reglamentos mencionados en el presente pliego.

## 3.3 Condiciones de materiales y equipos

### 3.3.1 Tuberías

En los distintos circuitos cerrados los materiales aptos son las tuberías de cobre, de acero negro, de acero inoxidable o material plástico compatibles con el fluido que utilizan, que soporten las condiciones extremas de funcionamiento del correspondiente circuito y con la protección necesaria en función de su ubicación.

En los circuitos de agua caliente sanitaria podrán utilizarse cobre y acero inoxidable. Podrán utilizarse materiales plásticos que soporten las condiciones extremas (presión y temperatura) de funcionamiento del circuito, y que estén autorizadas por la normativa vigente.

Las tuberías de cobre serán tubos estirados en frío y sus uniones serán realizadas por accesorios a presión que soporten las condiciones extremas o, mediante soldadura por capilaridad de acuerdo a la norma UNE EN 1057.

Se realizará soldadura fuerte cuando la temperatura del circuito pueda superar en algún momento los 125°C. En todos los casos es aconsejable prever la protección catódica del acero según Norma UNE 100050.

Todos los elementos metálicos no galvanizados, ya sean tuberías, soportes, o bien accesorios, o que no estén debidamente protegidos contra la oxidación por su fabricante, se les aplicara dos capas de pintura antioxidante a base de resinas sintéticas acrílicas multipigmentadas por minio de plomo, cromado de zinc y óxido de hierro. Las dos manos se darán: la primera fuera de obra y la otra con el tubo instalado.

### **3.3.2 Accesorios**

#### **3.3.2.1 Compensadores de dilatación**

Se utilizarán en los circuitos de agua caliente. Los compensadores de dilatación han de ser instalados allí donde indique el plano y, en su defecto, donde se requiera según la experiencia del instalador, adaptándose a las recomendaciones del Reglamento E Instrucciones Técnicas correspondientes.

Serán siempre situados entre dos puntos fijos garantizados como tales, capaces de soportar los esfuerzos de dilatación y de presión que se originan.

Los extremos del compensador serán de acero al carbono preparados para soldar a la tubería con un chaflán de 37º y un talón de 1,6 mm cuando el diámetro nominal de la tubería sea de hasta 2" inclusive. Para tuberías de diámetro superior, las conexiones serán por medio de bridas en acero al carbono s/normas DIN 2502 o 2503, según las presiones sean de 6 y 10 o 16 Kg/cm<sup>2</sup>. Estas bridas irán soldadas a los cuellos del compensador por los procedimientos recomendados para la soldadura de piezas en acero al carbono de espesores medios.

#### **3.3.2.2 Juntas**

El uso de las juntas de amianto queda prohibido. La presión nominal mínima será PN-10 y soportarán temperaturas que lleguen hasta los 200 °C.

#### **3.3.2.3 Lubricante de roscas**

Los lubricantes que no sea endurecedor o venenoso.

#### **3.3.2.4 Derivaciones**

Está permitido el uso de empalmes soldados. Las aberturas realizadas en las tuberías tendrán gran precisión para lograr intersecciones perfectamente acabadas.

#### **3.3.2.5 Codos en bombas**

Se suministrarán codos de radio largo en la succión y descarga de las bombas.

#### **3.3.2.6 Sombreretes**

La protección adecuada se incluirá para cada una de las tuberías que atraviesen el tejado de acuerdo a las instrucciones de la Dirección Facultativa.

#### **3.3.2.7 Guías**

Se suministrarán guías, donde se indique y donde sea necesario como en liras, juntas de expansión, instaladas de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

#### **3.3.2.8 Termómetros**

Serán de mercurio en vidrio, con una escala adecuada para el servicio (divisiones de 1/2 grado), situados dentro de una caja metálica protectora con ventana de vidrio, instalados de forma que su lectura sea sencilla.

### 3.3.2.9 Manómetros

Los manómetros serán con válvula de aguja de aislamiento en acero inoxidable, e inmersos en glicerina. Los rangos de los manómetros serán tales que la aguja, durante el funcionamiento normal, este en el medio del dial. La precisión será de al menos el 1%.

Puntos de toma de presión: Se incluirán los puntos de toma con válvula necesarios y/o indicados en planos o especificaciones.

### 3.3.2.10 Válvulas de seguridad

Se incluirán todas las válvulas de seguridad indicadas, o necesarias para un funcionamiento completamente seguro y correcto de los sistemas. Durante el periodo de pruebas de la instalación se procederá al timbrado de las mismas. Las válvulas de seguridad de alivio serán de paso angular y carga por resorte. Serán adecuadas para condiciones de trabajo de 0 a 120°C y hasta 25 kg/cm<sup>2</sup>. Los materiales de fabricación serán bronce RG-5 para el cuerpo, vástago, tornillo de fijación, tuerca deflectora y la tobera, latón para el cabezal y obturador, acero cadmiado para el resorte y PTFE para la junta.

### 3.3.2.11 Purgadores

Cuando sea necesario, y con el fin de disponer de una instalación silenciosa y evitar formación de cámaras de aire se dispondrá la tubería con pendiente ascendente hacia la dirección de flujo. Las derivaciones se harán de tal modo que se eviten retenciones de aire y se permita el paso libre del mismo. Se incluirán purgadores de aire, manuales o automáticos, en todos los puntos altos, particularmente en los puntos más elevados de los montantes principales, así como en todos los puntos necesarios, teniéndose especial cuidado en los retornos (ascensos, codos ascendentes).

En el caso de que, una vez que las redes estén en funcionamiento, se den anomalías por presencia de aire en la instalación, se instalaran nuevos empalmes, purgadores, válvulas según se considere necesario y sin costes extra. Si se deben realizar trabajos que requieran rotura, y reposición de acabados, el contratista se hará cargo de los gastos generados.

Se preferirán por norma general los purgadores manuales, salvo en puntos ocultos o de difícil acceso, que hagan recomendable la instalación de purgadores automáticos.

### 3.3.2.12 Vaciados

Los vaciados, purgadores, válvulas de seguridad, reboses, se dirigirán al sumidero o desagüe más cercano. En cualquier caso, se adoptarán las medidas oportunas para evitar que una descarga accidental produzca daños o desperfectos. Las válvulas de vaciado necesarias serán suministradas para poder proceder con el vaciado completo de todas las tuberías y equipos.

### 3.3.2.13 Conexiones a equipos

Se dispondrán elementos de unión que permitan una fácil conexión y desconexión de los diferentes equipos y elementos de la red de tuberías, tales como latiguillos, bridas, etc., dispuestas de tal modo que los equipos puedan ser mantenidos o que puedan retirarse sin tener que desmontar la tubería. La instalación se realizará de tal modo que no se transmitan esfuerzos de las redes de tuberías a los equipos.

## 3.3.3 Válvulas

Las válvulas llevaran impreso de forma indeleble el diámetro nominal, la presión nominal y, si procede, la presión de ajuste.

La elección de las válvulas se realizará, de acuerdo con la función que desempeñan y las condiciones extremas de funcionamiento, presión y temperatura, siguiendo los siguientes criterios:

- Aislamiento: Válvulas de esfera.
- Equilibrado de circuitos: Válvulas de asiento.

- Llenado: Válvulas de esfera.
- Vaciado: Válvulas de esfera.
- Retención: Válvulas de clapeta o muelle.
- Seguridad: Válvulas de resorte

Las válvulas de seguridad tienen una gran importancia, por ello, deberán ser capaces de derivar la potencia máxima del captador o grupo de captadores, incluso en forma de vapor, de manera que en ningún caso sobrepase la máxima presión de trabajo del captador o del sistema.

Los purgadores automáticos resistirán las presiones y temperaturas máximas alcanzables en el circuito correspondiente. Los del circuito primario se recomienda que resistan, al menos, temperaturas de 150°C.

Los componentes fundamentales de las válvulas deberían estar constituidos por los materiales que se indican a continuación:

- Válvulas de esfera:

- Cuerpo de fundición de hierro o acero.
- Esfera y eje de acero duro cromado o acero inoxidable.
- Asientos, estopada y juntas de teflón. También podrán ser de latón estampado para diámetros que sean inferiores a 1 ½ con esfera de latón duro cromado.

- Válvulas de asiento:

- Cuerpo de bronce (hasta 2") o de fundición de hierro o acero.
- Tapa del mismo material que el cuerpo.
- Obturador en forma de pistón o de asiento plano con cono de regulación de acero inoxidable y aro de teflón. No será solidario al husillo.
- El asiento será integral en bronce o en acero inoxidable según el cuerpo de la válvula.
- Prensa-estopas del mismo material que cuerpo y tapa.

- Válvulas de seguridad de resorte:

- Cuerpo de hierro fundido o acero al carbono con escape conducido.
- Obturador y vástago de acero inoxidable.
- Prensa-estopas de latón. Resorte en acero especial para muelle.

- Válvulas de retención de clapeta:

- Cuerpo y tapa de bronce o latón.
- Asiento y clapeta de bronce.
- Conexiones rosca hembra.

- Válvulas de retención de muelle:

- Cuerpo y tapa de bronce o latón
- Asiento y clapeta de bronce.
- Conexiones rosca hembra.
- Resorte en acero especial para muelle.

- Purgadores automáticos de aire:

- Cuerpo y tapa de fundición de hierro o latón.
- Mecanismo de acero inoxidable.

- Flotador y asiento de acero inoxidable o de plástico.
- Obturador de goma sintética.

### 3.3.4 Aislamiento

El material usado como aislamiento debería cumplir con la norma UNE 100171.

El material aislante situado a la intemperie debería protegerse adecuadamente frente a los agentes atmosféricos de forma que se evite su deterioro.

Como protección del material aislante se podrá utilizar una cubierta o revestimiento de escayola protegido con pinturas asfálticas, poliésteres reforzados con fibra de vidrio o chapa de aluminio. En el caso de que el aislamiento este basado en espuma elastómera se podrá usar pinturas plásticas impermeables cuya exposición prolongada al sol no afecte a sus propiedades fundamentales.

En el caso de acumuladores e intercambiadores de calor situados a la intemperie podrán usarse forros de telas plásticas como protección del material aislante.

### 3.3.5 Vasos de expansión

Los vasos de expansión serán siempre cerrados. El vaso de expansión llevara una placa de identificación situada en lugar claramente visible y escrito con caracteres indelebles en las que aparecerán los siguientes datos:

- Fabricante
- Marca
- Modelo

Se recomienda que los vasos utilizados en los circuitos primarios tengan una temperatura máxima de funcionamiento superior a 100°C pero, en cualquier caso, se adoptaran las medidas necesarias (vaso tampón, tubería de enfriamiento, etc.). Para que no llegue al vaso fluido a temperatura superior a la que el mismo pueda soportar.

En casos de fugas, los vasos de expansión deberían presurizarse con nitrógeno puro. El uso de aire no es aconsejable porque puede reducir la vida útil.

El cuerpo exterior del depósito será de acero, timbrado y estará construido de forma que sea accesible la membrana interior de expansión. El interior tendrá un tratamiento anticorrosivo y exteriormente un doble tratamiento antioxidante con acabado pintado al duco o esmaltado al horno.

El depósito estará dividido en dos cámaras herméticas entre sí, por la membrana de dilatación, construida en caucho butílico o polipropileno, con elasticidades recuperables a temperaturas inferiores a 60°C, sin degradación del material. La cámara de expansión de gas estará rellena con nitrógeno u otro gas inerte disponiendo de acometida para reposición de gas y manómetro. En la acometida del agua se incluirá manómetro, termómetro, válvula de alimentación, purga de agua y seguridad. Asimismo, esta acometida dispondrá de sifón en cuya parte superior se dispondrá de botellón de recogida de aire con purgador manual y automático.

### 3.3.6 Bombas

La bomba de circulación llevara una placa de identificación situada en lugar claramente visible y escrito con caracteres indelebles en las que aparecerán los siguientes datos:

- Fabricante
- Marca
- Modelo
- Características eléctricas

Los grupos bombas deberán reunir las siguientes características en cuanto a materiales y prestaciones:

- Cuerpo en fundición o bronce. Partidos, o no, según planos. Se incluirán conexiones para cebado, venteo,

drenaje y manómetros en impulsión y descargas.

- Rodete de fundición/polysulfone o bronce.
- Eje en acero inoxidable AISI 316.
- Tubo de estanqueidad en acero inoxidable.
- Cojinetes a bolas de carbono, a prueba de polvo y humedad.
- Cierres Mecánicos: todas las bombas deberán de estar provistas con cierres mecánicos y separadores de sedimentos.
- Juntas torcas de EPDM.
- Acoplamientos flexibles del tipo todo acero con protector de acoplamiento. Se incluirá espaciador en el acoplamiento para facilitar el mantenimiento del grupo.
- Rotor húmedo o seco, según documentos de proyecto.
- Motor de 2 o 4 polos, 2900 o 1450 rpm, 220V/1~ o 220/380V/ 3~, 50 Hz, IP.44 clase F.
- Presión de aspiración 2 maca. para 82°C.
- Caudal, altura manométrica, potencia del motor, numero de velocidades y presión sonora según lo establecido en el presupuesto o especificaciones técnicas.
- En circuitos de agua caliente para usos sanitarios, los materiales de la bomba serán resistentes a la corrosión.
- Los materiales de la bomba del circuito primario serán compatibles con las mezclas anticongelantes y en general con el fluido de trabajo utilizado.

### **3.3.7 Captadores**

#### **3.3.7.1 Generalidades**

El captador llevará una etiqueta visible y duradera con los siguientes datos:

- Nombre del fabricante.
- Tipo.
- Número de serie.
- Año de fabricación.
- Superficie total del captador.
- Dimensiones del captador.
- Presión máxima del trabajo.
- Temperatura de estancamiento a 1000 W/m<sup>2</sup> y 30 °C.
- Volumen del fluido de transferencia de calor.
- Peso del captador vacío.
- Lugar de fabricación.

Es recomendable que los captadores que se utilicen se ajusten a las características técnicas que se muestran a continuación:

- Material de la cubierta transparente: vidrio templado de espesor no inferior a 3 mm y transmitividad mayor o igual a 0.8.
- Distancia media entre el absorbedor y la cubierta transparente no inferior a 2 cm ni superior a 4 cm.
- Absorbedor constituido solo por materiales metálicos.

La instalación de sistemas integrados en cubierta se debería realizar mediante procedimiento acreditado por el fabricante y de forma que se garanticen las características funcionales y de durabilidad del conjunto.

Los datos para la caracterización térmica, hidráulica y mecánica del captador solar deberían proceder de los resultados del ensayo realizado conforme a la norma UNE 12975. Es importante señalar que la función de rendimiento del captador siempre está relacionada con una superficie útil y un caudal de ensayo.

### 3.3.7.2 Modelo de captador

Todos los captadores que integren la instalación se recomienda que sean del mismo tipo y modelo.

Si no fuera posible mantener el mismo modelo en la rehabilitación o ampliación, se dispondrá de un sistema de regulación de caudal por baterías que permita que las nuevas baterías presenten el mismo caudal (diferencia máxima del 10%) que las existentes cuando circule por el circuito primario el caudal de diseño.

En el caso que la instalación disponga de captadores en una única batería, se podrán utilizar captadores distintos siempre que:

- No implique modificaciones en el caudal que circula por dicho captador fuera del rango  $\pm 5\%$  respecto del caudal original de diseño unitario.
- No suponga una disminución del rendimiento térmico del sistema de captación en las condiciones habituales de operación.
- Estéticamente sean similares.

### 3.3.7.3 Estructura soporte y sujeción del captador

La estructura soporte cumplirá los requisitos establecidos en el CTE-SE.

Todos los materiales de la estructura soporte se deberían proteger contra la acción de los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la acción combinada del aire y el agua.

Las estructuras de acero deberían protegerse mediante galvanizado por inmersión en caliente, pinturas orgánicas de zinc o tratamientos anticorrosivos equivalentes. La realización de taladros en la estructura se debería llevar a cabo antes de proceder al galvanizado o protección de la estructura.

La tornillería y piezas auxiliares deberían estar protegidas por galvanizado o cincado, o bien serán de acero inoxidable.

### 3.3.8 Sistema eléctrico y de control

La instalación eléctrica cumplirá con el vigente Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.

Se construirá un cuadro eléctrico específico para la instalación solar. El sistema de control consistirá en un controlador digital programable e incorporará una adquisición de datos de la instalación en tiempo real, telegestionable a distancia a través de un módem ya incorporado. Los datos a chequear serán: caudales, temperaturas en captadores, acumuladores, potencia y energía inyectadas en cada servicio y número de horas de funcionamiento de las bombas.

Las funciones de regulación y control que han de realizarse son las siguientes:

- Activar la bomba de circulación en función del salto de temperatura entre la salida de la batería de captadores y la parte baja del acumulador.
- La ubicación de las sondas ha de realizarse de forma que detecten exactamente las temperaturas que se desean, instalándose los sensores en el interior de vainas y evitándose las tuberías separadas de la salida de los colectores y las zonas de estancamiento (en el caso de la piscina).
- La precisión de los sistemas de control y la regulación de los puntos de consigna asegurará que en ningún caso las bombas estén en marcha con diferencias de temperaturas menores de  $3^{\circ}\text{C}$  ni paradas con diferencias superiores a  $7^{\circ}\text{C}$ .

- La diferencia de temperatura entre el punto de arranque y parada del termostato diferencial no será inferior a 3°C.
- El sistema de control incluirá señalizaciones luminosas de alimentación del sistema de funcionamiento de las bombas.

### 3.3.9 Aparatos de medida

Los sistemas de medida de temperatura, caudales y energía proporcionan información del estado de funcionamiento de la instalación y permiten realizar la evaluación de las prestaciones energéticas de la instalación.

- Medida de temperatura:

Las medidas de temperatura se realizarán mediante sondas, termopares, termómetros de resistencia o termistores.

La diferencia de temperatura del fluido de trabajo se realizará mediante termopilas, termómetros de resistencia (conectados en dos brazos de un circuito en puente) o termopares emparejados, de forma que la señal de salida sea única en todos los casos.

Las sondas de temperatura deben ser, preferentemente, de inmersión y deben estar bañadas por el fluido cuya temperatura se pretende medir o situadas, como máximo, a una distancia de 5 cm del fluido.

- Medida de caudal:

Los contadores de caudal de agua estarán constituidos por un cuerpo resistente a la acción del agua conteniendo la cámara de medida, un elemento con movimiento proporcional al caudal de agua que fluye y un mecanismo de relojería para transmitir este movimiento a las esferas de lectura por medio de un acoplamiento magnético. La esfera de lectura, herméticamente sellada, será de alta resolución.

Cuando exista un sistema de regulación exterior, este estará precintado y protegido contra intervenciones fraudulentas. Se suministrarán los siguientes datos, que deberán ser facilitados por el fabricante:

- Calibre del Contador.
- Temperatura máxima del fluido.
- Caudales:
  - En servicio continuo.
  - Máximo (durante algunos minutos).
  - Mínimo (con precisión mínima del 5 %).
  - De arranque.
- Indicación mínima de la esfera.
- Capacidad máxima de la totalización.
- Presión máxima de trabajo.
- Dimensiones.
- Diámetro y tipo de conexiones.
- Pérdida de carga en función del caudal.

La medida de caudales de líquidos se realizará mediante turbinas, medidores de flujo magnético, medidores de flujo de desplazamiento positivo o procedimientos gravimétricos, de forma que la exactitud sea igual o superior a  $\pm 3\%$  en todos los casos.

- Medida de energía térmica.

Los contadores de energía térmica estarán constituido por los siguientes elementos:

- Contador de agua, descrito anteriormente.



- Dos sondas de temperatura.
- Microprocesador electrónico, montado en la parte superior del Contador o separado.

La posición del contador y de las sondas define la energía térmica que se medirá.

El microprocesador podrá estar alimentado por la red eléctrica o mediante pilas con una duración de servicio mínima de 3 años.

El microprocesador multiplicará la diferencia de ambas temperatura por el caudal instantáneo de agua y su peso específico. La integración en el tiempo de estas cantidades proporcionará la cantidad de energía.

### 3.3.10 Acumuladores

El acumulador seleccionado deberá especificar las siguientes características técnicas:

- Volumen cubicado real.
- Principales dimensiones.
- Presión de máximo trabajo.
- Situación y diámetro de las bocas de conexión.
- Situación y especificaciones de los puntos de sujeción o apoyos.
- Máxima temperatura de utilización.
- Tratamiento y protección.
- Material y espesor de aislamiento y características de su protección.

El depósito estará fabricado de acuerdo con lo especificado en el Reglamento de Aparatos a Presión, instrucción Técnica Complementaria MJE-AP11 y probado con una presión igual a dos veces la presión de trabajo y homologado por el Ministerio de Industria y Energía.

El acumulador llevará una placa de identificación situada en lugar claramente visible y escrito con caracteres indelebles en las que aparecerán:

- Nombre del fabricante y razón social.
- Contraseña y fecha de registro de tipo.
- Número de fabricación.
- Volumen neto de almacenamiento en litros.
- Presión máxima de servicio.
- Los depósitos vendrán equipados de fábrica con las bocas necesarias soldadas antes de efectuar el tratamiento de protección interior. Al objeto de este pliego de condiciones podrán utilizarse depósitos de las siguientes características y tratamientos:
  - Depósitos de acero galvanizado en caliente de cualquier tamaño, con espesores de galvanizado no inferiores a los especificados en la norma UNE 37.501.
  - Depósitos de acero con tratamiento epoxídico.
  - Depósitos de acero inoxidable de cualquier tamaño.
  - Depósitos de cobre de cualquier tamaño.

Acumuladores no metálicos que, además de soportar las condiciones extremas del circuito, resistan la acción combinada de presión y temperatura más desfavorable y este autorizada su utilización por la Administración Competente.

Cuando el intercambiador está incorporado al acumulador solar, éste estará situado en la parte inferior de este y podrá ser de tipo sumergido o de doble envolvente. El intercambiador sumergido podrá ser de serpentín o de haz tubular.

### **3.3.11 Intercambiadores de calor**

Los intercambiadores de calor serán de acero inoxidable AISI 316 L. El intercambiador seleccionado resistirá la presión máxima de la instalación. Los materiales soportarán temperaturas de 110°C y serán compatibles con el fluido de trabajo.

#### **3.3.11.1 Intercambiadores externos**

El intercambiador llevará una placa de identificación situada en lugar claramente visible y escrita con caracteres indelebles en las que aparecerán los siguientes datos:

- Fabricante.
- Marca.
- Modelo.
- Número de placas.
- Temperatura máxima.
- Presión nominal.
- Potencia nominal.
- Caudal nominal en primario y secundario.
- Salto de temperatura nominal en primario y secundario.

Se podrán utilizar intercambiadores de placas desmontables o electro soldadas. El material de las placas será acero inoxidable o cobre.

## **3.4 Provisión de material**

Los componentes instalados deberán de ser de marcas acreditadas y en su caso homologados, para que ofrezcan las máximas garantías posibles.

Se dispondrá de un lugar adecuado y seguro para almacenar los materiales y elementos de la instalación hasta el momento en que estos vayan a ser puestos en obra.

Los captadores, por su especial fragilidad, deberán ser suministrados apilados sobre una base de madera adecuada para su traslado mediante carretilla elevadora.

En el supuesto de que los captadores una vez embalados deban quedarse temporalmente a la intemperie, se colocarán con un ángulo mínimo de 20° y máximo de 80°.

## **3.5 Condiciones de montaje**

Las condiciones de montaje serán las indicadas por los fabricantes de los diferentes materiales, aparatos o equipos. La instalación de las distintas partes de la obra se realizará teniendo en cuenta la práctica normal conducente a obtener un buen funcionamiento durante el periodo de vida que se le puede atribuir.

## **3.6 Pruebas, puesta en marcha y recepción**

### **3.6.1 General**

La ejecución de la instalación termina con la entrega de la instalación al promotor o usuario para iniciar el periodo de uso, así como el de mantenimiento. Para realizar la recepción de la instalación debería estar realizado, además del montaje completo, las pruebas y ajustes especificados, así como la puesta en marcha.

El instalador se responsabilizará de la ejecución de las pruebas funcionales, del buen funcionamiento de la instalación y del estado de la misma hasta su entrega a la propiedad.

La memoria de diseño contemplará la relación de las pruebas a realizar. En el documento de Control de Ejecución se recogerán las pruebas parciales, finales y funcionales realizadas, la fecha en la que tuvieron lugar, los resultados obtenidos y el grado de cumplimiento de las expectativas. Al objeto de la recepción de la instalación se entenderá que el funcionamiento de la misma es correcto, cuando la instalación satisfaga como mínimo las pruebas parciales incluidas en el presente capítulo.

### 3.6.2 Pruebas parciales

Todas las pruebas estarán precedidas de una comprobación de los materiales al momento de su recepción a obra.

Durante la ejecución de obra, todos los tramos de tubería, uniones o elementos que vayan a quedar ocultos, deberían ser expuestos para su inspección y debería quedar expresamente aprobado su montaje antes de quedar ocultos.

Adicionalmente, se inspeccionarán los soportes de tubería utilizados, los diámetros, trazados y pendientes de tuberías, la continuidad de los aislamientos, etc.

#### – Prueba de equipos:

Los materiales y componentes deberían llegar a obra con Certificación de Origen Industrial, que acredite el cumplimiento de la normativa en vigor. Su recepción se realizará comprobando el cumplimiento de las especificaciones de proyecto y sus características aparentes.

#### – Pruebas de estanqueidad de redes hidráulicas:

Todas las redes de circulación de fluidos portadores deberían ser probadas hidrostáticamente, a fin de asegurar su estanqueidad, antes de quedar ocultas por obras de albañilería, material de relleno o por el material aislante. Son aceptables las pruebas realizadas de acuerdo con UNEEN 14336:2005, en función del tipo de fluido transportado.

#### – Pruebas de libre dilatación:

Una vez que las pruebas anteriores de las redes de tuberías hayan resultado satisfactorias y se haya comprobado hidrostáticamente el ajuste de los elementos de seguridad, las instalaciones equipadas con captadores solares se llevaran hasta la temperatura de estancamiento de los elementos de seguridad, habiendo anulado previamente la actuación de los aparatos de regulación automática.

Durante el enfriamiento de la instalación y al finalizar el mismo, se comprobará visualmente que no hayan tenido lugar deformaciones apreciables en ningún elemento o tramo de tubería y que el sistema de expansión haya funcionado correctamente.

### 3.6.3 Pruebas finales

Las pruebas finales permitirán garantizar que la instalación reúne las condiciones de calidad, fiabilidad y seguridad exigidas en proyecto.

Son aceptables, las pruebas finales que se realicen siguiendo las instrucciones indicadas en la norma UNE-EN 12599.

Las pruebas de libre dilatación y las pruebas finales de la instalación solar se realizarán en un día soleado y sin demanda. En la instalación solar se llevará a cabo una prueba de seguridad en condiciones de estancamiento del circuito primario, a realizar con este lleno y la bomba de circulación parada, cuando el nivel de radiación sobre la apertura del captador sea superior al 80% del valor de irradiación que defina como máxima el proyectista, durante al menos una hora.

### 3.6.4 Pruebas finales

La instalación solar debería ser ajustada a los valores de proyecto dentro de los márgenes admisibles de tolerancia. Se realizarán de acuerdo con lo establecido en la Norma UNE 100.010 (partes 1, 2 y 3), "Climatización. Pruebas de ajuste y equilibrado", que habrá que particularizar para las características específicas

de cada sistema o instalación.

- Sistema de distribución de agua:

Se comprobará que el fluido anticongelante contenido en los circuitos expuestos a heladas cumple con los requisitos especificados en el proyecto.

Cada bomba, de la que se debería conocer la curva característica, debería ser ajustada al caudal de diseño, como paso previo al ajuste de los caudales en circuitos.

De cada circuito hidráulico se deberían conocer el caudal nominal y la presión, así como los caudales nominales cada uno de los ramales.

Los distintos ramales, o los dispositivos de equilibrado de los mismos, serán equilibrados al caudal de diseño. Se debería comprobar el correcto equilibrado hidráulico de los diferentes ramales mediante el procedimiento previsto en el proyecto.

De cada intercambiador de calor se deberían conocer la potencia, temperatura y caudales de diseño, debiéndose ajustar los caudales de diseño que lo atraviesan.

Cuando exista más de un grupo de captadores solares en el circuito primario del subsistema de energía solar, se debería probar el correcto equilibrado hidráulico de los diferentes ramales de la instalación mediante el procedimiento previsto en el proyecto.

Se comprobará el mecanismo del subsistema de energía solar en condiciones de estancamiento, así como el retorno a las condiciones de operación nominal sin intervención del usuario con los requisitos especificados en el proyecto.

- Control automático:

Se ajustarán todos los parámetros del sistema de control automático a los valores de diseño especificados en el proyecto y se comprobará el funcionamiento de todos los componentes que configuran el sistema de control.

### 3.6.5 Recepción

- Recepción provisional:

El objeto de la recepción es comprobar que la instalación está de acuerdo con los servicios contratados y que se ajusta, por separado cada uno de sus elementos y globalmente, a lo especificado en el proyecto.

Una vez realizadas las pruebas funcionales con resultados satisfactorios, se procederá al acto de Recepción Provisional de la instalación por parte de la propiedad, con lo que se da por finalizado el montaje de la instalación.

El acto de recepción provisional quedara formalizado por un acta donde figuren todos los intervinientes y en la que se formalice la entrega conforme de la documentación referida. La documentación disponible y entregada debería ser, al menos, la siguiente:

- Una memoria descriptiva de la instalación, en la que se incluyen las bases de proyecto y los criterios adoptados para su desarrollo.
- Una copia reproducible de los planos definitivos, comprendiendo, como mínimo, los esquemas de principio de todas las instalaciones, los planos de sala de máquinas y los planos de plantas donde se debería indicar el recorrido de las conducciones y la situación de las unidades terminales.
- Una relación de todos los materiales y equipos empleados, indicando fabricante, marca, modelo y características de funcionamiento.
- Las hojas desopilativas de los resultados de las pruebas parciales y finales.
- Un manual de instrucciones de funcionamiento de los equipos principales de la instalación.

- Recepción definitiva:

Desde el acta de recepción provisional, la propiedad podrá y deberá notificar cualquier incidencia en el funcionamiento de la instalación. Transcurrido el plazo estipulado desde el acta de recepción, la Recepción Provisional se transformará en Recepción Definitiva. A partir de la Recepción Definitiva entrara en vigor la

garantía.

### 3.7 Mantenimiento

Con el objetivo de prolongar el uso y la vida útil de la instalación, se definen las condiciones mínimas para el adecuado mantenimiento de la instalación de energía solar térmica.

Se definen tres escalones de actuación para englobar todas las operaciones necesarias durante la vida útil de la instalación para asegurar el funcionamiento, aumentar la fiabilidad y prolongar la duración de la misma:

- Vigilancia
- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento progresivo

#### 3.7.1 Vigilancia

El plan de vigilancia se refiere básicamente a las operaciones que permiten asegurar que los valores operacionales de la instalación sean correctos.

Es un plan de observación simple de los parámetros funcionales principales, para verificar el correcto funcionamiento de la instalación. Será llevado a cabo, normalmente, por el usuario, que, asesorado por el instalador, observará el correcto comportamiento y estado de los elementos. Siendo su alcance aquel que se muestra en la siguiente tabla:

<i>Elemento de la instalación</i>	<i>Operación</i>	<i>Frecuencia (meses)</i>	<i>Descripción</i>
Captadores	Limpieza de cristales	A determinar	Con agua y productos adecuados.
	Cristales	3	IV - Condensaciones en las horas centrales del día.
	Juntas	3	IV - Agrietamientos y deformaciones.
	Absorbedor	3	IV - Corrosión, deformación, fugas, etc.
	Conexiones	3	IV - Fugas.
	Estructura	3	IV - Degradación, indicios de corrosión.
Circuito primario	Tubería, aislamiento y sistema de llenado	6	IV - Ausencia de humedad y fugas.
	Purgador manual	3	Vaciar el aire del botellín.
Circuito secundario	Termómetro	Diaria	IV - Temperatura.
	Tubería y aislamiento	6	IV - Ausencia de humedad y fugas.
	Acumulador solar	3	Purgado de la acumulación de lodos de la parte superior del depósito.

Tabla 17: Plan de vigilancia.

#### 3.7.2 Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo ha de incluir todas las operaciones de mantenimiento y sustitución de elementos fungibles o desgastados por el uso, necesarias para asegurar que el sistema funcione correctamente durante su vida útil.

El mantenimiento preventivo implicara operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otros, que aplicados a la instalación deberían permitir mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la instalación.

El mantenimiento preventivo para instalaciones con superficie de captaciones superiores a 20 m<sup>2</sup> deberán de tener revisiones de la instalación cada seis meses. Y revisiones anuales para aquellas que sean inferiores a 20 m<sup>2</sup>.

El plan de mantenimiento debe realizarse por personal técnico especializado que conozca la tecnología solar térmica y las instalaciones mecánicas en general. La instalación tendrá un libro de mantenimiento en el que se reflejen todas las operaciones realizadas, así como el mantenimiento correctivo.

En la siguiente hoja se definen las operaciones de mantenimiento preventivo que deben realizarse, la periodicidad mínima establecida (en meses) y observaciones en relación con las prevenciones a observar.

<i>Equipo</i>	<i>Frecuencia (meses)</i>	<i>Descripción</i>
Captadores	6	IV- Diferencias sobre original.
		IV- Diferencias entre captadores.
Cristales	6	IV- Condensaciones y suciedad.
Juntas	6	IV- Agrietamientos, deformaciones.
Absorbedor	6	IV- Corrosión, deformaciones.
Carcasa	6	IV- Deformación, oscilaciones, ventanas de respiración.
Conexiones	6	IV- Aparición de fugas.
Estructura	6	IV- Degradación, indicios de corrosión y apriete de tornillos.
Captadores (*)	12	Tapado parcial del campo de captadores
Captadores (*)	12	Destapado parcial del campo de captadores
Captadores (*)	12	Vaciado parcial del campo de captadores
Captadores (*)	12	Llenado parcial del campo de captadores

Tabla 18: Plan de mantenimiento del sistema de captación.

<i>Equipo</i>	<i>Frecuencia (meses)</i>	<i>Descripción</i>
Depósito	12	Presencia de lodos en fondo.
Ánodos de sacrificio	12	Comprobación del desgaste.
Ánodos de corriente impresa	12	Comprobación del buen funcionamiento.
Aislamiento	12	Comprobar que no hay humedad.

Tabla 19: Plan de mantenimiento del sistema de acumulación.

<i>Equipo</i>	<i>Frecuencia (meses)</i>	<i>Descripción</i>
Intercambiador de placas	12	CF - Eficiencia y prestaciones.
	12	Limpieza.
Intercambiador de serpentín	12	CF - Eficiencia y prestaciones.
	12	Limpieza.

Tabla 20: Plan de mantenimiento del sistema de intercambio.

<i>Equipo</i>	<i>Frecuencia (meses)</i>	<i>Descripción</i>
Fluido refrigerante	12	Comprobar su densidad y pH.
Estanqueidad	24	Efectuar prueba de presión.
Aislamiento al exterior	6	IV - Degradación protección uniones y ausencia de humedad.
Aislamiento al interior	12	IV - Uniones y ausencia de humedad.
Purgador automático	12	CF y limpieza.
Purgador manual	6	Vaciar el aire del botellín.
Bomba	12	Estanqueidad.
Vaso de expansión cerrado	6	Comprobación de la presión.
Vaso de expansión abierto	6	Comprobación del nivel.
Sistema de llenado	6	CF - Actuación.
Válvula de corte	12	CF - Actuaciones (abrir y cerrar) para evitar agarrotamiento.
Válvula de seguridad	12	CF - Actuación.

Tabla 21: Plan de mantenimiento del circuito hidráulico.

<i>Equipo</i>	<i>Frecuencia (meses)</i>	<i>Descripción</i>
Cuadro eléctrico	12	Comprobar que está bien cerrado para que no entre polvo.
Control diferencial	12	CF - Actuación.
Termostato	12	CF - Actuación.
Verificación del sistema de medida	12	CF - Actuación.

Tabla 22: Plan de mantenimiento del sistema de control.

<i>Equipo</i>	<i>Frecuencia (meses)</i>	<i>Descripción</i>
Sistema auxiliar	12	CF - Actuación.
Sondas de temperatura	12	CF - Actuación.

Tabla 23: Plan de mantenimiento del sistema auxiliar.

### 3.7.3 Mantenimiento correctivo

Las actividades de mantenimiento correctivo no pueden estar sometidas a un plan, dado el carácter impredecible de estas acciones. Como su propio nombre indica, las acciones de mantenimiento correctivo se realizarán para corregir anomalías observadas durante el funcionamiento normal de la instalación.

No obstante, si es posible llevar un control de las acciones de mantenimiento correctivo realizado, mediante el uso de un parte de mantenimiento correctivo. En este parte aparecerá recogido el componente afectado, la causa aparente del problema, la acción correctiva realizada, además de la fecha y la firma del responsable de dicha acción.

# 4 PRESUPUESTOS

## 4.1 Sistema de captación

N. Ord	Concepto	Cantidad	P.V.P (€)	Total (€)
1.1	<p><b>Captador solar P21 de la marca TERMICOL o similar:</b></p> <p>Superficie útil: 2.01 m<sup>2</sup></p> <p>Dimensiones: 2100x1095x100 mm</p> <p>Marco: Aluminio</p> <p>Peso del captador: 38 kg</p> <p>Potencia pico (Wp): 1569</p> <p>Capacidad de fluido (litros): 1.2</p> <p>Cubierta (mm): Vidria templado de 3.2</p> <p>Aislamiento (mm): Lana de vidrio de 50</p> <p>Presión máxima de funcionamiento (bar): 8</p> <p>Para un caudal de 0.025 kg/s tenemos una pérdida de carga de 288 Pa.</p> <p>Factor óptico: 0.685 (Según la temperatura media)</p> <p>Caudal de ensayo: 0.02 (kg/S*m<sup>2</sup>)</p> <p>Coefficiente de pérdidas K1: 3.15 (W/m<sup>2</sup>*K)</p> <p>Coefficiente de pérdidas K2: 0.006 (W/m<sup>2</sup>*K<sup>2</sup>)</p> <p>Modificador de ángulo de incidencia: <math>K_{50}</math>: 0.92</p>	14	583	8162
1.2	Estructura soporte cubierta plana Vertical P21 para 6 captadores	2	900	1800
1.3	Estructura soporte cubierta plana Vertical P21 para 1 captador	2	266	532
1.4	<b>Racores de conexión TERMICOL</b>	24	5,5	132
1.5	<b>Anticongelante Fluidosol 10 L</b>	1	77	77
<b>TOTAL</b>				10703



## 4.2 Sistema de acumulación

N. Ord	Concepto	Cantidad	P.V.P (€)	Total (€)
1.1	<p><b>DSCE 1500 ACU de la empresa Inerox o similar:</b></p> <p>Características:</p> <p>Capacidad de ACS: 1500 l</p> <p>Presión máxima de ACS: 8 bar</p> <p>Material: Acero al carbono S235JR</p> <p>Temperatura máxima de trabajo: 85 °C</p> <p>Altura (mm): 2400</p> <p>Diámetro exterior (mm): 1100</p> <p>Peso en vacío (kg): 285</p> <p>Número de unidades: 2</p> <p>Presión de circuito caliente (bar): 25</p> <p>Montaje: Vertical y en suelo.</p> <p>Aislamiento: 80 mm de lana mineral.</p> <p>Protector a la corrosión en ánodo: Magnesio</p> <p>Recubrimiento: Recubrimiento sanitario con resinas inertes Blue tech.</p> <p>Tratamiento exterior: Pintura antioxidante.</p>	2	3528	7056
<b>TOTAL</b>				7056

## 4.3 Sistema de intercambio

N. Ord	Concepto	Cantidad	P.V.P (€)	Total (€)
1.1	<p><b>Intercambiador de placas termosoldadas para ACS de la empresa TERMICOL o similar:</b></p> <p>Número de placas: 20</p> <p>Presión máxima de ACS: 3 MPa</p> <p>Potencia: 24 kW</p> <p>Material: acero inoxidable</p> <p>Caudal primario máximo: 1920</p> <p>Caudal secundario máximo: 1920</p> <p>Pérdida de carga primario: 30 kPa</p>	1	246	246

	Pérdida de carga secundario: 30 kPa Salto térmico: 15 °C Temperatura de entrada de fluido primario: 60 °C Temperatura de salida de fluido secundario: 50 °C Superficie de intercambio: 0.68 m <sup>2</sup> Volumen de canal: 1.08 dm <sup>3</sup> Peso: 4.1 kg Material de las uniones: Cobre Fluido de trabajo de primario: propylenglicol 30 % Fluido de trabajo de secundario: agua Temperatura mínima: -195 °C Temperatura máxima: 230 °C			
<b>TOTAL</b>				246

#### 4.4 Sistema hidráulico

N. Ord	Concepto	Medición	P.V.P (€)	Total (€)
1.1	<b>Ud. Bomba circuladora BAXI SB-100XL o similar:</b> Presión máxima de diseño (bar): 10 Temperatura máxima de diseño (°C): 65 Caudal máximo (m <sup>3</sup> /h): 3 Peso (kg): 2 Potencia absorbida (W): 167 Tensión monofásica: 230 V Para caudal de 2.5 m <sup>3</sup> /h a velocidad media, el gradiente de presión equivalente es 3.5 m.c.a.	2	530	1060
1.2	<b>Ud. Vaso de expansión de empresas Ibaiondo, 5SMF o similar:</b> Capacidad: 5 litros Peso: 2 kg Presión máxima: 10 bar Dimensiones: Diámetro 200 mm y Altura 250 Conexión agua (R): 3/4" Temperatura: Entre -10 °C y 100 °C Aptos para usos de 50% de anticongelante	1	19.36	19.36

	Aguanta picos de temperatura de 130 °C durante una hora Pintura epoxi blanca Precarga de aire: 2.5 bar			
1.3	Ud. Purgador con valvula 3/8" BAXI AIRE FLEXVENT	2	11.50	23
1.4	M. tubo cobre medicinal D=28mm Salvador Escoda S.A	58.55	13.31	779.3
1.5	Ud. Válvula bola BAXI 1"	8	13.65	109.2
1.6	Ud. Válvula antirretorno 1" BAXI	2	10.40	20.80
1.7	Ud. Válvula de seguridad 1" BAXI	2	38.40	76.8
1.8	Ud. Codo M-H 90° D=28mm Cu Salvador Escoda S.A	22	4.81	105.82
1.9	Manguito antivibratorio DN25 Codinor	2	16	32
1.10	Filtros de malla	2	13	26
<b>TOTAL</b>				2252.28

#### 4.5 Sistema de control

N. Ord	Concepto	Cantidad	P.V.P (€)	Total (€)
1.1	Manómetro	7	4.72	33.04
1.2	Termómetro BAXI	3	9.2	27.6
1.3	<b>Centralita Solar Roth ExBW</b> o similar: Entradas: 4 sondas de temperatura Pt1000 y 1 sensor Grundfos Direct Sensor. Incluye 2 sondas Pt1000. Sonda S1: Sonda del captador Sonda S2: Sonda del acumulador Salidas: 1 relé semiconductor y 1 salida PWM. Frecuencia PWM: 512 Hz Voltaje PWM: 10,5 V Alimentación: 100-240 V (entre 50 y 60 Hz) Tipo de conexión: Estrella	1	200	200

	Consumo en modo espera: Inferior a 1 W Funciones: control de funcionamiento, contador de horas para la bomba solar, control de velocidad y contador de energía. Carcasa: de plástico, PC-ABS y PMMA. Montaje: sobre pared o cuadro de conexiones. Temperatura ambiente: 0-40 °C Índice de contaminación: 2 Dimensiones: 172*110*46 mm			
<b>TOTAL</b>				260.64

#### 4.6 Presupuesto de la instalación

TIPO DE SISTEMA	PRECIO (€)
Sistema de captación	10703
Sistema de acumulación	7056
Sistema de intercambio	246
Sistema hidráulico	2252.28
Sistema de control	260.64
<b>TOTAL</b>	20517.92

El costo de la instalación asciende a:

<b>Presupuesto sin IVA</b>	20517.92
<b>IVA (21%)</b>	4308.77
<b>TOTAL</b>	24826.69

**PRESUPUESTO TOTAL: 24826.69 €**

**RATIO/m2 de captación: 774.4 €**

**VEINTICUATRO MIL OCHOCIENTOS VEINTISEIS CON SESENTA Y NUEVE CÉNTIMOS.**

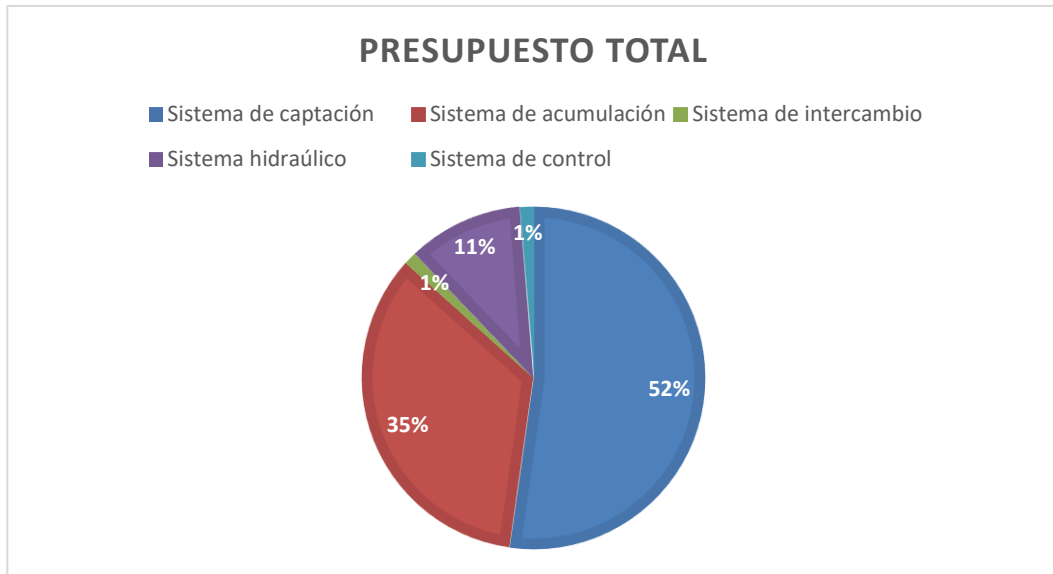


Figura 4.1: Descomposición del presupuesto total



# 5 PLANOS

---

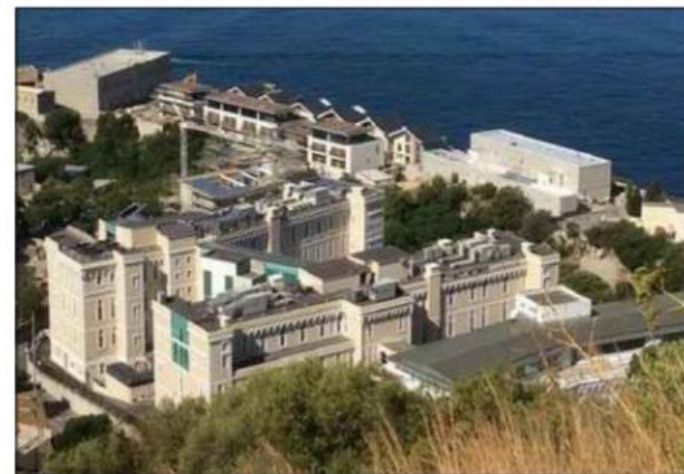
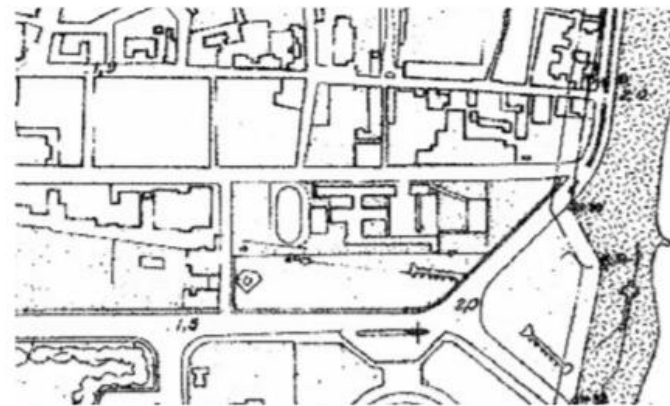






SITUACIÓN

E: 1/5000



Escuela Superior de Ingenieros  
Universidad de Sevilla

INSTALACIÓN DE ENERGÍA SOLAR  
ACS PARA UNA RESIDENCIA

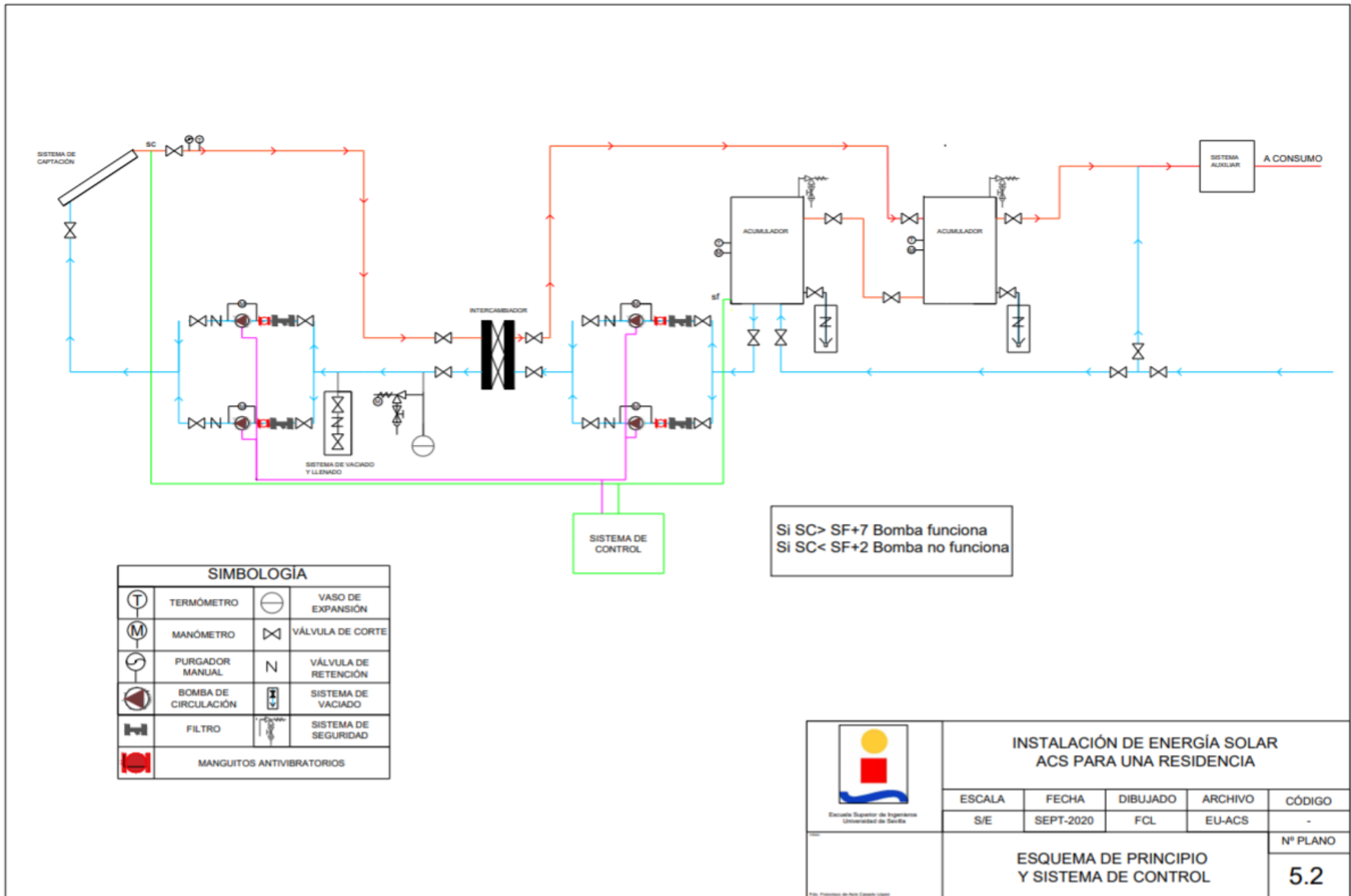
ESCALA	FECHA	DIBUJADO	ARCHIVO	CÓDIGO
S/E	SEPT-2020	FCL	EU-ACS	-

PLANO DE SITUACIÓN  
Y EMPLAZAMIENTO

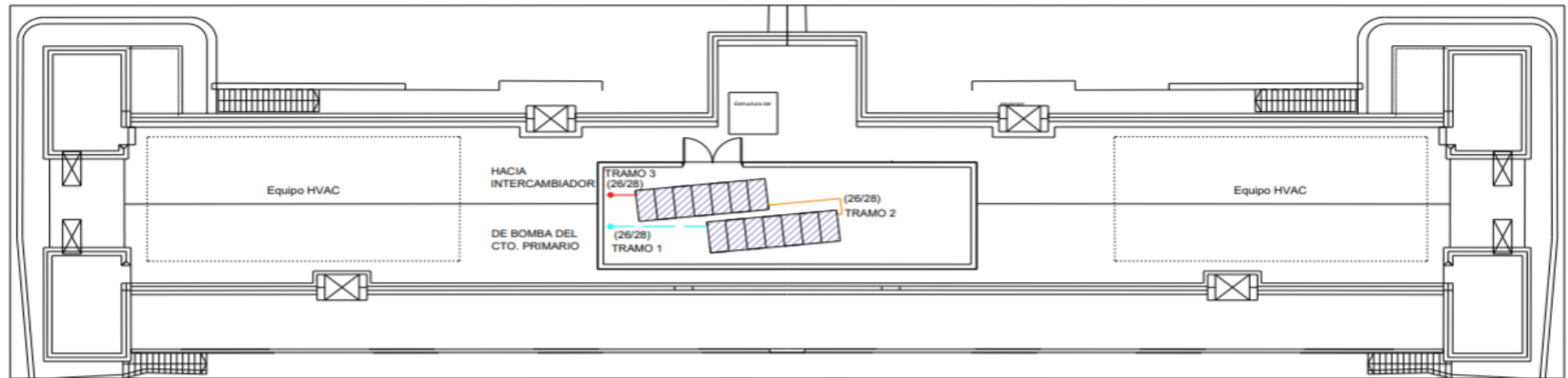
Nº PLANO

5.1





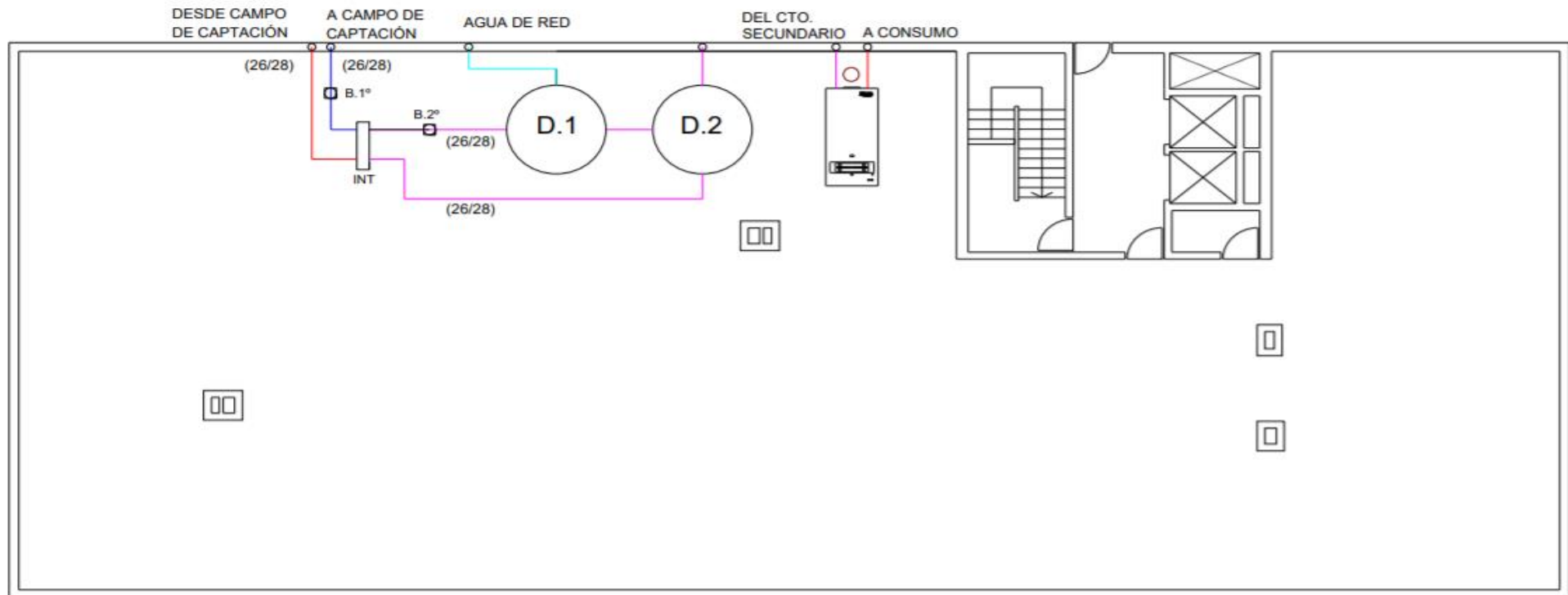




	EDIFICIO	CAPTADORES	TRAMO 1	TRAMO 2	TRAMO 3
ORIENTACIÓN	SUR-OESTE	SUR	SUR-OESTE	SUR	SUR-OESTE
LONGITUD	-5°35'	0°	-5°35'	0°	-5°35'

 <p>Escuela Superior de Ingenieros Universidad de Sevilla</p>	<b>INSTALACIÓN DE ENERGÍA SOLAR ACS PARA UNA RESIDENCIA</b>				
	ESCALA	FECHA	DIBUJADO	ARCHIVO	CÓDIGO
	S/E	SEPT-2020	FCL	EU-ACS	-
<b>CUBIERTA CON CAPTADORES</b>					<b>Nº PLANO 5.3</b>





D	Depósitos
INT	Intercambiador
B.1°	Bomba del circuito primario
B.2°	Bomba del circuito secundario

 <p>Escuela Superior de Ingenieros Universidad de Sevilla</p>	<b>INSTALACIÓN DE ENERGÍA SOLAR ACS PARA UNA RESIDENCIA</b>				
	ESCALA	FECHA	DIBUJADO	ARCHIVO	CÓDIGO
	S/E	SEPT-2020	FCL	EU-ACS	-
<b>SALA DE MÁQUINAS Y TUBERÍA DEL PRIMARIO</b>				Nº PLANO	<b>5.4</b>

