

Trabajo Fin de Grado  
Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales

**Diseño de una instalación solar para la  
producción de ACS en una residencia de  
estudiantes.**

Autor: Ana Jiménez Camacho

Tutor: José Julio Guerra Macho

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

Sevilla, 2019



Trabajo de Fin de Grado.  
Grado en Ingeniería de las Tecnologías Industriales.

# **Diseño de una instalación solar para la producción de ACS en una residencia de estudiantes.**

Autor:

Ana Jiménez Camacho

Tutor:

José Julio Guerra Macho

Catedrático de Universidad

Dpto. Ingeniería Energética  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Universidad de Sevilla  
Sevilla, 2019

Trabajo de Fin de Grado: Diseño de una instalación solar para la producción de ACS en una residencia de estudiantes.

Autor: Ana Jiménez Camacho

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, 2019

El Secretario del Tribunal

## Agradecimientos

A mi familia y a mis amigos.

## Resumen

---

En este proyecto se realiza el diseño de la instalación solar necesaria para el abastecimiento de agua caliente sanitaria (ACS) de una residencia de estudiantes situada en la localidad de Andújar (Jaén). Su fundamento es el aprovechamiento de la energía solar como fuente de energía renovable y la cumplimentación de la normativa vigente en cuanto a su diseño, su montaje y su mantenimiento.

Se llevará a cabo la descripción suficiente y necesaria del dimensionado de la instalación y la selección de los equipos necesarios para su correcto funcionamiento y mantenimiento.

## Abstract

---

In this Project, a solar hot water system installation is designed for a student housing located in the city of Andújar (Jaén). It is based in the use of solar energy as a renewable energy source and the compliance of the current normative.

The dimensioning of the installation will be calculated and the selection of the required equipment for the correct operation.

# Índice

Agradecimientos.	3
Resumen.	4
Abstract.	4
Índice.	5
Índice de figuras.	8
Índice de tablas.	9
1. Memoria descriptiva.	10
1.1. Objetivo de proyecto.	11
1.2. La energía solar en Andalucía: energía solar térmica.	11
1.3. Método de cálculo.	12
1.4. Descripción del edificio.	16
1.5. Descripción de la instalación.	17
1.6. Principio de funcionamiento de la instalación.	17
1.7. Elementos principales de la instalación.	18
1.7.1. Sistema de captación.	18
1.7.2. Sistema de acumulación.	22
1.7.3. Sistema de intercambio.	22
1.7.4. Sistema auxiliar.	23
1.7.5. Sistema hidráulico.	23
1.7.6. Sistema de control y regulación.	23
1.8. Características técnicas de los equipos.	24
1.8.1. Captadores solares.	24
1.8.2. Depósitos de acumulación.	25
1.8.3. Intercambiador.	26
1.8.4. Bomba de impulsión.	27
1.8.5. Vaso de expansión.	28
1.8.6. Caldera auxiliar.	29
1.8.7. Interacumulador auxiliar.	29
1.8.8. Bomba del circuito secundario.	29
1.8.9. Dispositivo de control y regulación.	30
1.9. Marco normativo.	30
1.9.1. Código Técnico de la Edificación.	30
1.9.2. Norma UNE.	31
1.9.3. RITE.	31
1. 10. Bibliografía.	31
2. Memoria de cálculo.	33
2.1. Introducción.	34
2.2. Datos de partida.	34
2.2.1. Parámetros generales del edificio.	34
2.2.2. Parámetros climáticos.	34
2.3. Cálculo de la demanda.	35
2.3.1. Cálculo del consumo de agua.	35
2.3.2. Demanda energética mensual de ACS	36
2.4. Cálculo de la superficie de captación y del volumen de acumulación.	37
2.4.1. Fracción de demanda cubierta anual.	37
2.4.2. Pérdidas por la disposición geométrica de los captadores.	41
2.4.2.1. Pérdidas por orientación e inclinación.	41
2.4.2.2. Pérdidas por sombras.	42
2.5. Dimensionado de la red de tuberías en el circuito primario.	43
2.5.1. Fluido de trabajo del circuito primario.	43

2.5.2.Caudal del circuito primario.	43
2.5.3.Caída de presión de los captadores.	44
2.5.4.Cálculo de la red de tuberías.	44
2.5.5.Pérdida de carga en las tuberías.	49
2.6.Dimensionado del intercambiador.	51
2.7.Dimensionado de la bomba del circuito primario.	51
2.8.Dimensionado del vaso de expansión del circuito primario.	52
2.9.Dimensionado de la bomba del secundario.	54
2.10.Dimensionado del sistema auxiliar.	55
2.10.1.Dimensionado del caldera auxiliar.	55
2.10.2.Dimensionado del interacumulador auxiliar.	57
2.11.Cálculo de los espesores de aislamiento.	58
2.12.Selección de accesorios.	58
2.13.Sistema de control.	59
3. Pliego de condiciones.	60
3.1.Objeto.	61
3.2. Normativa aplicable.	61
3.3.Condiciones de materiales y equipos.	61
3.3.1.Acesorios.	62
3.3.2.Válvulas.	64
3.3.3.Aislamiento.	65
3.3.4.Vasos de expansión.	65
3.3.5.Bombas.	65
3.3.6.Captadores.	66
3.3.7.Sistema eléctrico y de control.	67
3.3.8.Aparatos de medida.	67
3.3.9.Acumuladores.	68
3.3.10. Intercambiadores de calor.	69
3.4.Provisión del material.	70
3.5.Condiciones de montaje.	70
3.6.Pruebas, puesta en marcha y recepción.	70
3.6.1.General.	70
3.6.2.Pruebas parciales.	70
3.6.3.Pruebas finales.	71
3.6.4.Ajustes y equilibrado.	71
3.6.5.Sistema de distribución de agua.	71
3.6.6.Control automático.	72
3.6.7.Recepción.	72
3.7. Mantenimiento.	73
3.7.1.Vigilancia.	73
3.7.2.Mantenimiento preventivo.	74
3.7.3.Mantenimiento correctivo.	76
4. Mediciones y presupuesto.	77
4.1.Sistema de captación.	78
4.2.Sistema de acumulación.	79
4.3.Sistema de intercambio.	80
4.4.Sistema hidráulico.	81
4.5.Sistema de control.	85
4.6.Sistema auxiliar	86
4.7.Resumen de presupuesto.	87

5. Planos.	88
5.1.Plano 01.Situación y emplazamiento.	89
5.2.Plano 02.Planta baja, estado actual. Ubicación de cuarto de caldera.	90
5.3.Plano 03.Planta primera, estado actual. Hueco pasatubos para instalación.	91
5.4.Plano 04.Planta de cubiertas, estado actual. Hueco pasatubos para instalación.	92
5.5.Plano 05. Esquema de principio de principio.	93
5.6.Plano 06. Diagrama de control.	94
5.5.Plano 07. Planta de cubiertas. Distribución de baterías solares.	95
5.8.Plano 08. Batería solar. Distribución, secciones y orientación	96
5.7.Plano 09. Batería solar. Disposición soportes y detalles.	97
5.10Plano 10.Sala de máquinas.	98



# Índice de figuras

Figura 1. Energía solar térmica en España.	12
Figura 2. Localización en la herramienta CHEQ4.	13
Figura 3. Configuración en la herramienta CHEQ4.	13
Figura 4. Demanda en la herramienta CHEQ4.	14
Figura 5. Solar/Apoyo en la herramienta CHEQ4.	14
Figura 6. Otros parámetros en la herramienta CHEQ4.	15
Figura 7. Resultados en la herramienta CHEQ4.	15
Figura 8. Vista aérea satélite del edificio.	16
Figura 9. Vista panorámica del edificio.	17
Figura 10. Elementos de la instalación.	19
Figura 11. Elementos de un captador solar plano.	20
Figura 12. Transmisión de calor en el captador.	20
Figura 13. Conexión de captadores en serie.	21
Figura 14. Conexión de captadores en paralelo.	21
Figura 15. Agrupación serie-paralelo.	22
Figura 16. Esquema de interacumuladores.	22
Figura 17. Sistema de control de la instalación.	24
Figura 18. Modelo de captadores PA-D.	25
Figura 19. Depósito acumulador MASTER INERCIA y GEISER INERCIA.	26
Figura 20. Intercambiador de calor modelo T4MFG.	27
Figura 21. Dimensiones de la bomba MAGNA1 80/100.	27
Figura 22. Bomba MAGNA1 80/100.	28
Figura 23. Vaso de expansión.	28
Figura 24. Curvas de rendimiento de la bomba.	29
Figura 25. Regulador modelo DELTA UNIT PLUS.	30
Figura 26. Pérdidas límite para sistemas de ACS.	31
Figura 27. Características técnicas del modelo de captador seleccionado.	38
Figura 28. Fracción solar frente número de captadores.	39
Figura 29. Fracción solar frente área de captación.	39
Figura 30. Fracción solar frente volumen específico.	40
Figura 31. Fracción solar frente número de captadores en serie.	40
Figura 32. Ángulos relacionados con la dirección de la radiación solar.	41
Figura 33. Cálculo de las pérdidas por obstáculos remotos.	42
Figura 34. Líneas de sombra de las líneas de captadores.	43
Figura 35. Tramos diferenciados en 15 captadores de la instalación.	47
Figura 36. Tramos finalmente supuestos en el esquema de la instalación.	47
Figura 37. Selección de la bomba.	52
Figura 38. Curva característica de la bomba.	52
Figura 39. Datos técnicos de la bomba.	55
Figura 40. Características del depósito auxiliar.	56
Figura 41. Caldera ADI/CD.	57

# Índice de tablas

---

Tabla 1. Características técnicas de los depósitos acumuladores.	25
Tabla 2. Características técnicas del intercambiador de calor.	26
Tabla 3. Características técnicas de la bomba.	27
Tabla 4. Características técnicas del vaso de expansión.	28
Tabla 5. Irradiación global media y temperatura media mensual.	35
Tabla 6. Demanda de referencia a 60°C.	35
Tabla 7. Demanda energética mensual y temperatura de agua fría mensual.	36
Tabla 8. Contribución solar mínima para ACS.	37
Tabla 9. Parámetros a introducir en el programa CHEQ4.	38
Tabla 10. Velocidades a través de las distintas tuberías en función del caudal.	45
Tabla 11. Diámetro de tubería según el número de captadores alimentados.	45
Tabla 12. Pérdida de presión a través de las distintas tuberías en función del caudal.	46
Tabla 13. Dimensionado de las tuberías del circuito.	48
Tabla 14. Pérdida de carga en los diferentes accesorios.	49
Tabla 15. Accesorios pertenecientes a cada tramo.	50
Tabla 16. Cálculo de las pérdidas de carga totales de la instalación.	50
Tabla 17. Características técnicas del intercambiador.	51
Tabla 18. Cálculo del volumen total.	54
Tabla 19. Caudal instantáneo mínimo para cada tipo de aparato.	56
Tabla 20. Cálculo del caudal total instalado.	56
Tabla 21. Norma UNE 149201.	56
Tabla 22. Características técnicas de la caldera auxiliar.	57
Tabla 23. Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías que transportan fluidos calientes por el interior de edificios.	58
Tabla 24. Plan de vigilancia.	73
Tabla 25. Plan de mantenimiento. Sistema de captación. Captadores.	74
Tabla 26. Plan de mantenimiento. Sistema de acumulación.	74
Tabla 27. Plan de mantenimiento. Sistema de intercambio.	75
Tabla 28. Plan de mantenimiento. Sistema de captación. Red y fluidos refrigerantes.	75
Tabla 29. Plan de mantenimiento. Sistema eléctrico.	75
Tabla 30. Plan de mantenimiento. Sistema auxiliar.	75

## 1. MEMORIA DESCRIPTIVA

## **1.1. OBJETO DEL PROYECTO**

El objetivo principal del proyecto es el diseño y dimensionado de una instalación de captadores solares de baja temperatura para la producción de agua caliente sanitaria (ACS) de una residencia de estudiantes situada en la localidad de Andújar (Jaén). Entre los estudios previos a realizar se encuentran las condiciones climatológicas del emplazamiento y la demanda de ACS del edificio, necesaria para determinar la demanda mínima de ACS que debe abastecer nuestra instalación, de acuerdo con el Código Técnico de la Edificación (CTE).

La realización del presente proyecto tiene un fin puramente académico, tratándose de Trabajo de Fin de Grado para la titulación Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales.

## **1.2. LA ENERGÍA SOLAR EN ANDALUCÍA: ENERGÍA SOLAR TÉRMICA.**

La energía es el motor de la vida diaria. El uso energético requiere recursos cuyo aprovechamiento impacta de manera negativa en el medio ambiente. Es necesario optar por un sistema energético que minimice estos efectos, y que, a la vez, garantice la actividad industrial, social, agrícola, etc. Por este motivo, es un asunto de gran importancia el aprovechamiento de las energías renovables.

En especial, nuestro país reúne unas condiciones excelentes para el aprovechamiento de la energía solar. Andalucía cuenta con un elevado número de horas de sol, teniendo un destacado potencial solar para su aprovechamiento. Nuestra región ha sido pionera en la obtención de calor y electricidad a partir de la energía solar. Desde hace décadas el sol se ha convertido en uno de los recursos utilizados en los hogares andaluces para la obtención de agua caliente y climatización mediante equipos de energía solar térmica. Con el paso de los años, los tejados de viviendas y naves industriales se han cubierto de módulos fotovoltaicos que generan energía eléctrica renovable para ser consumida a través de nuestra infraestructura eléctrica. También la tecnología fotovoltaica ha experimentado un gran impulso con la implantación de plantas generadoras conectadas a la red. Ha sido en Andalucía donde se han puesto en marcha los primeros proyectos de energía termosolar de Europa. Hoy nuestra región dispone de una amplia muestra de tecnologías termosolares experimentales y en explotación.

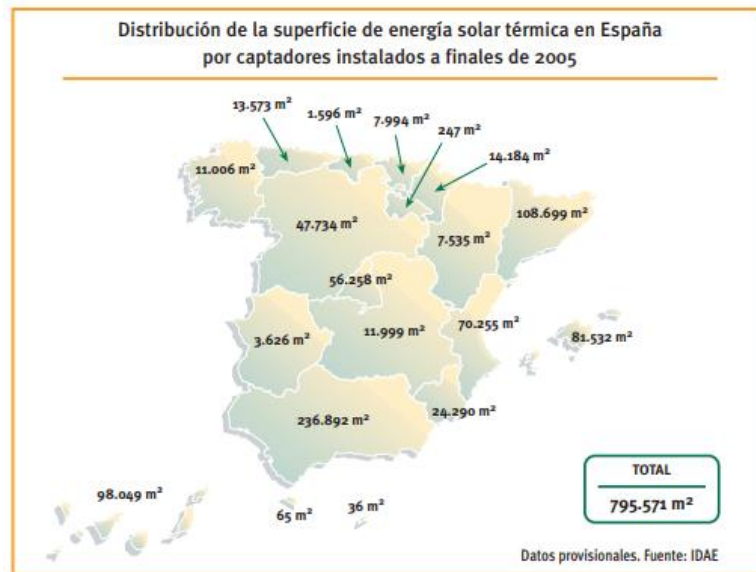
España es el cuarto país europeo en el aprovechamiento de la energía solar térmica, por delante de países como Italia, Francia o Gran Bretaña. Con un 6% del total del mercado europeo, nuestro país ha alcanzado la madurez tecnológica y comercial tras más de 20 años de experiencia. En la actualidad, el principal cliente de energía solar en España es el usuario particular que solicita la instalación de captadores solares de baja temperatura para el consumo de agua caliente sanitaria.

La energía solar térmica, objeto de nuestro estudio, aprovecha la energía recibida del sol para calentar un fluido que circula por el interior de un dispositivo de captación. Esta energía puede utilizarse para climatización de edificios y piscinas, producción de agua caliente o aplicaciones industriales.

Las principales ventajas que presenta son las siguientes:

- Disminución de emisiones contaminantes, principalmente de CO<sub>2</sub>.
- Reducción de la dependencia estatal de combustibles fósiles, lo que conlleva una mayor autonomía energética.
- Aumento de la eficiencia energética de los edificios tanto de nueva construcción como de edificios ya existentes.

- A nivel de usuario, ahorro en las facturas de gas, gasóleo o electricidad destinadas a la producción de agua caliente sanitaria
- Estos sistemas presentan en general una buena rentabilidad económica con periodos de retorno de la inversión relativamente cortos.



*Figura 1: Energía solar térmica en España*

### 1.3. MÉTODO DE CÁLCULO

El método de diseño que emplearemos en el dimensionado de la instalación será realizado mediante el software CHEQ4. Este programa de descarga gratuita nos será de gran utilidad, ya que contiene el registro de los datos climatológicos de España y cumple con la legislación vigente. El software CHEQ4 ha sido desarrollado por el Instituto de la Diversificación y ahorro de la Energía (IDEA) y la Asociación Solar de la Industria Térmica (ASIT). Este programa comprueba el cumplimiento de la contribución solar mínima de agua caliente sanitaria exigida en la sección HE4 del Código Técnico de la Edificación (CTE) siempre que estas queden suficientemente representadas dentro de su ámbito de aplicación. No obstante, no se trata de una herramienta de diseño. Su correcta aplicación es suficiente para acreditar el cumplimiento, desde el punto de vista energético, de los requisitos establecidos en la sección HE4.

La metodología de cálculo empleada por el programa se denomina MetaSol. El cual está basado en el método de cálculo f-Chart. CHEQ4 tiene en cuenta las pérdidas térmicas que están presentes a lo largo del sistema de distribución.

Nuestras variables de cálculo son la superficie de captación, el volumen de acumulación y el porcentaje de demanda cubierta de la instalación.

Debemos proporcionar al programa una serie de datos que nos va a solicitar al ir desplegándose las distintas pestañas. Los parámetros a introducir son los siguientes:

- 1. Localización.** Introducimos la provincia y el municipio en cuestión y automáticamente nos indicará la altura a la que se encuentra la localidad, la zona climática y la latitud, además de la irradiancia solar, la temperatura media de red y la temperatura ambiente media, como podemos apreciar en la figura 2.

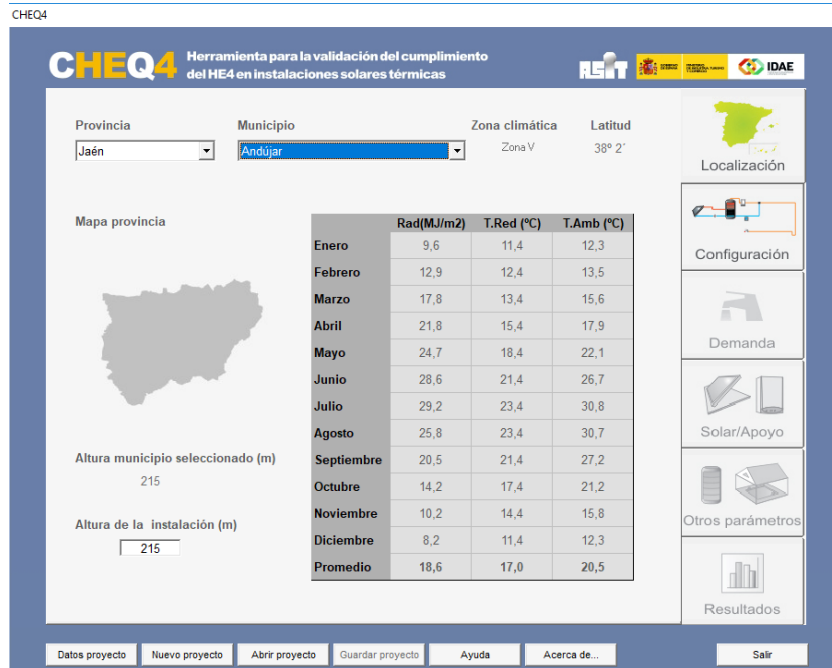


Figura 2: Localización en la herramienta CHEQ4

2. **Configuración.** En la siguiente pestaña del programa nos encontramos con los diferentes tipos de configuraciones según el consumo, para nuestro caso, seleccionaremos el consumo simple, instalación con intercambiador independiente, como podemos ver en la figura 3.



Figura 3: Configuración en la herramienta CHEQ4

3. **Demanda.** Ya que en nuestro caso tenemos consumo simple, definiremos la aplicación del edificio, que en este caso es “Residencia”, con un número de personas de 368. Añadiremos una demanda adicional de 12 l/día para obtener nuestra demanda total de 15100 l/día. Además, el porcentaje de ocupación estacional será de un 100% para todos los meses a excepción de los meses de Junio, Julio y Agosto, que será de un 50%, como se aprecia en la figura 4.

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

CONSUMO ÚNICO

Aplicación:

Número de personas:

Demanda calculada (l/día a 60 °C): 15.088

CONSUMO MÚLTIPLE

	Viviendas	Dormitorios	Personas	Litros/día
Tipo A	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>		
Tipo B	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>		
Tipo C	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>		
Tipo D	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>		

Demanda calculada (l/día a 60 °C):

CONSUMO TOTAL

Otras demandas (l/día a 60°C):

Demanda total (l/día a 60°C): 15.100

CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA EXIGIDA

OCUPACIÓN ESTACIONAL (%)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
100	100	100	100	100	100	50
50	50	50	100	100	100	100

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

Figura 4: Demanda en el software CHEQ4

4. **Solar/Apoyo.** En la siguiente pestaña introduciremos la siguiente información: modelo y empresa del captador solar, número de paneles y número de paneles en serie, orientación e inclinación de los captadores, características del circuito primario y secundario, características del sistema de apoyo (auxiliar). Podemos ver toda esta información en la figura 5.

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

CAPTADORES

Empresa:

Marca/Modelo:

Datos de ensayo

Área (m <sup>2</sup> )	1,87
n0 (l)	0,801
a1 (W/m <sup>2</sup> K)	3,195
a2 (W/m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> )	0,016
Qtest(l/hm <sup>2</sup> )	72
k50	0,89
Laboratorio	CENER
Certificación	NPS-17217

CAMPO DE CAPTADORES

Núm. captadores:  Captadores en serie:  Pérdidas sombras (%):

Orientación (°):  Inclinación (°):  Área total captadores (m<sup>2</sup>): 175,78

CIRCUITO PRIMARIO / SECUNDARIO

Caudal prim.(l/h):  Anticongelante (%):  Long. circuito (m):

Diám. tubería (mm):  Esp. aislante (mm):  Aislante:

SISTEMA DE APOYO

Tipo de sistema:

Tipo de combustible:

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

Figura 5: Solar/Apoyo en la herramienta CHEQ4

5. **Otros parámetros.** Necesitamos definir parámetros tales como el volumen de acumulación, el circuito de distribución y el aislante, que suponen las pérdidas del sistema.

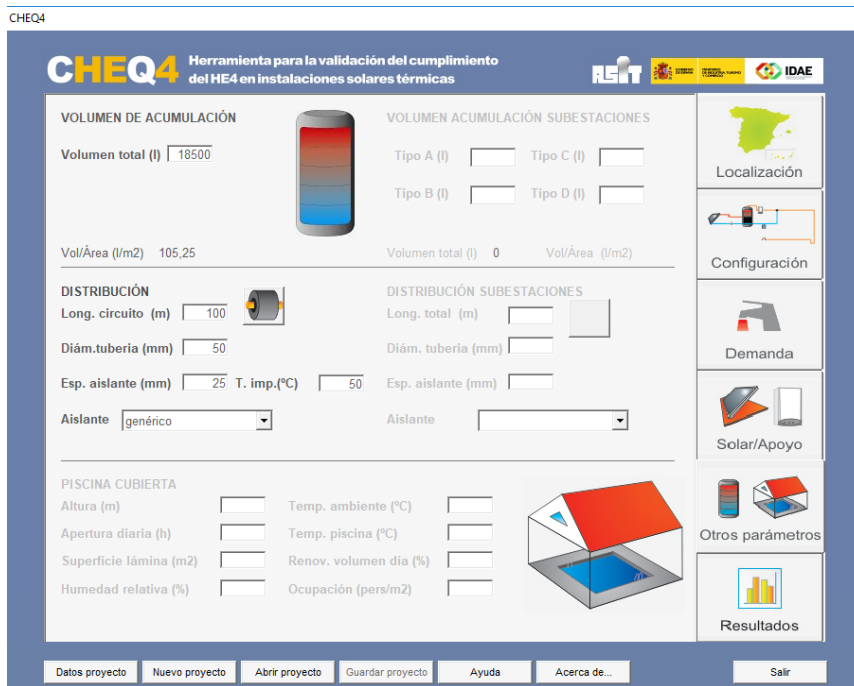


Figura 6: Otros parámetros en la herramienta CHEQ4

6. **Resultados.** Finalmente, el programa comprueba que nuestra instalación cumple con los requerimientos de contribución solar mínima exigidos por el HE4 del CTE, ofreciendo la posibilidad de descarga de un certificado.

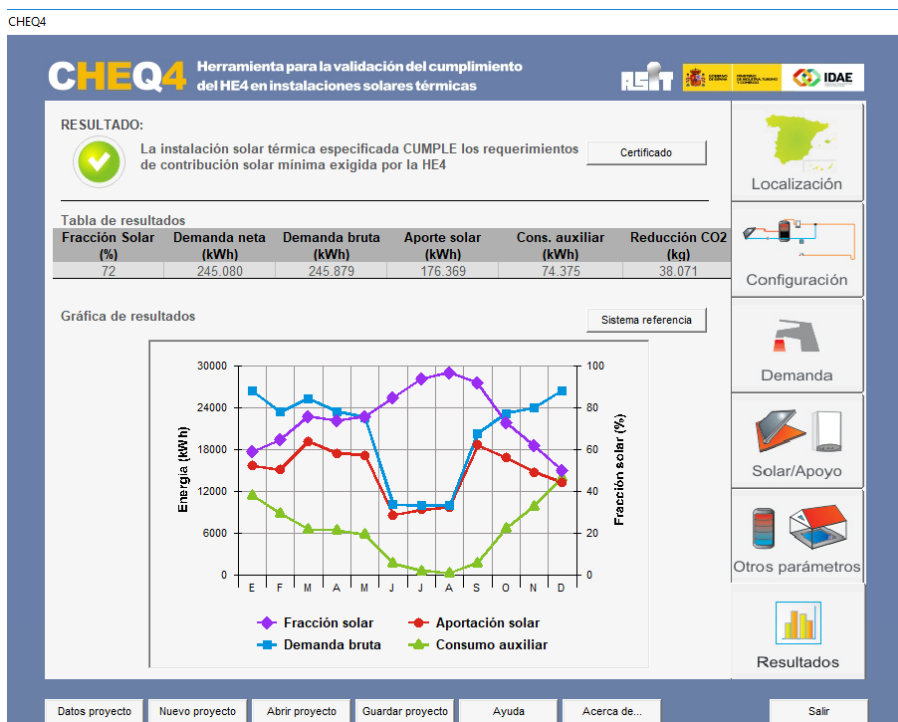


Figura 7: Resultados en la herramienta CHEQ4

En la pestaña podemos encontrar una tabla de valores anuales en las que se recogen los siguientes parámetros:

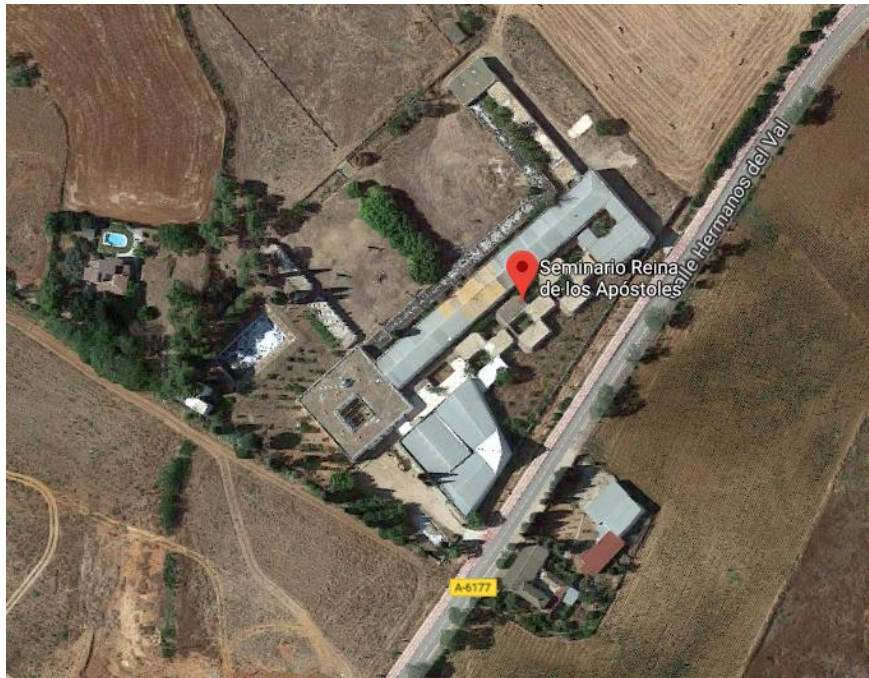


- Fracción solar.
- Demanda neta: demanda energética anual del edificio contando las pérdidas.
- Demanda bruta: demanda energética anual del edificio sin contar las pérdidas.
- Fracción solar.
- Aporte solar.
- Consumo auxiliar.
- Reducción de CO<sub>2</sub>.

En el gráfico podemos encontrar estos valores especificados para cada mes del año.

#### **1.4. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO.**

Nuestro edificio se trata del antiguo seminario Reina de los Apóstoles, perteneciente a la comunidad de Padres Paules, que actualmente es usado como residencia de estudiantes. Se encuentra situado en la localidad de Andújar, Jaén, en el kilómetro 2 de la Carretera el Santuario. Existen en su totalidad más de 6000 m<sup>2</sup> construidos sobre una parcela de unos 20000 m<sup>2</sup>. En la figura 8 se puede apreciar una vista aérea del edificio.



*Figura 8: Vista aérea satélite del edificio.*

El edificio consta de dos plantas, una planta baja, donde se alberga una escuela de educación primaria, y una planta primera, que consta de una residencia, donde se encuentran las dependencias de los alumnos y personal docente y religioso, y la zona de baños y duchas. El sistema actual de abastecimiento de ACS, formado por calderas de gas natural, está obsoleto, por lo que será sustituido por uno nuevo, y, en este caso, se opta por una alternativa renovable. La zona de calderas se encuentra dividida en la sala situada al lado de la escalera central en la planta baja del edificio. La superficie para la colocación de los captadores solares es prácticamente longitudinal, la cubierta tiene unos 30000 m<sup>2</sup>.

La **sala de máquinas** está situada en la planta baja justo debajo de los captadores solares, situados en la cubierta, y tiene un total de 20 m<sup>2</sup>. Cuenta con una caldera de gas natural de 244,7 kW de potencia, su respectivo acumulador de 3500 L, cuatro depósitos de acumulación solar de 3000 litros de capacidad, el intercambiador de placas, el vaso de expansión y los grupos de bombeo primario y secundario.



*Figura 9: Vista panorámica del edificio.*

### **1.5. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.**

La instalación para la producción de ACS estará destinada al abastecimiento de ACS del edificio completo. En la memoria de cálculo se detallarán datos fundamentales como el número de captadores, en serie o paralelo, capacidad del depósito, demanda cubierta, entre otros.

Se va a hacer una renovación del sistema convencional debido a su gran antigüedad. Además, el descrito anteriormente presenta mayores ventajas en cuanto a consumo, control y regulación. Los captadores se situarán en la cubierta del edificio con orientación sur  $-10^\circ$  para reducir el asoleo en verano y aumentarlo en invierno, e inclinación  $50^\circ$ . La sala de máquinas se encuentra situada en la planta baja del edificio.

### **1.6. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN.**

El captador solar plano, elemento principal de la instalación, absorbe la energía solar irradiada por el sol y la aprovecha para transformarla en energía térmica en el calentamiento del fluido caloportador. Su utilidad se basa en la producción de ACS, calefacción, refrigeración o producción de energía eléctrica. La energía recibida por el sol será almacenada para su posterior utilización en las situaciones de necesidad en las que no dispongamos de la fuente de energía. Es necesario la presencia de un sistema auxiliar que sirva de apoyo en las situaciones de falta de energía. En la figura 10 se puede apreciar el esquema de principio de la instalación y los elementos que la componen. Los diferentes subsistemas por los que está compuesta la instalación son los siguientes:

- **Sistema de captación:** formado por un campo de 90 captadores solares conectados en serie y por el fluido caloportador que los atraviesa. Su función es transformar la energía del sol en energía térmica que calienta el fluido-caloportador. Forma parte del circuito primario y consta de un conjunto de tuberías que unen los captadores entre ellos y con el intercambiador, una bomba que mueve el fluido que atraviesa los captadores, además de un vaso de expansión al tratarse de un circuito cerrado.
- **Sistema de acumulación:** en la mayoría de los casos se trata de un depósito en el cual se acumula y extrae el agua para el abastecimiento de ACS. Forma parte del circuito secundario. Debe estar bien aislado para que no disminuya la temperatura del agua en su interior. Los depósitos constan de un sistema de llenado y vaciado.
- **Sistema de intercambio:** formado por el intercambiador para realizar la transferencia de calor entre el circuito primario y secundario, es decir, entre el fluido caloportador y el fluido objeto a calentar, en este caso el agua de red, que será el agua de consumo. Al incorporar este elemento, aparece el sistema secundario, formado por un conjunto de tuberías que conectan el lado del intercambiador contrario a los captadores con los depósitos de acumulación.
- **Sistema auxiliar:** Sistema de energía convencional para cubrir la demanda prevista de ACS cuando no fuera suficiente con la aportada mediante el sol. El depósito auxiliar se alimenta a partir del agua de los acumuladores solares, que se encuentra a una temperatura superior a la de la red pero, en algunos casos, insuficiente para la demanda. Por eso, este intercambiador auxiliar se encuentra conectado a una caldera auxiliar, en nuestro caso de gas natural, que lleva esta temperatura hasta la adecuada para el consumo.
- **Sistema hidráulico:** La bomba del primario mueve el fluido caloportador a través de los captadores hasta el intercambiador, la del secundario mueve el agua del intercambiador a los depósitos de acumulación y la bomba auxiliar se acciona cuando es necesario el funcionamiento del sistema auxiliar.
- **Sistema de regulación y control:** Garantiza el correcto funcionamiento de la instalación y la protege. Existen termostatos a la salida del campo de captadores, que evitan la congelación o el sobrecalentamiento del sistema de captación y en los depósitos de acumulación, conociendo así la necesidad o no del sistema de apoyo. Actúa sobre el funcionamiento o parada de las bombas.

## **1.7. ELEMENTOS PRINCIPALES DE LA INSTALACIÓN**

### **1.7.1. Sistema de captación:**

Un captador solar plano es un intercambiador de calor que transforma energía radiante (Radiación Solar) en energía térmica que aumenta la temperatura de un fluido de trabajo contenido en el interior del captador. Esa energía térmica es empleada para usos domésticos o comerciales calefacción, agua caliente y climatización de piscinas, fundamentalmente. Un captador solar plano es un captador sin concentración, sin sistema de seguimiento y que capta tanto la radiación directa como difusa. Su funcionamiento está regido por los siguientes 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.

En la figura 11 se pueden apreciar los diferentes elementos de los que consta un colector:

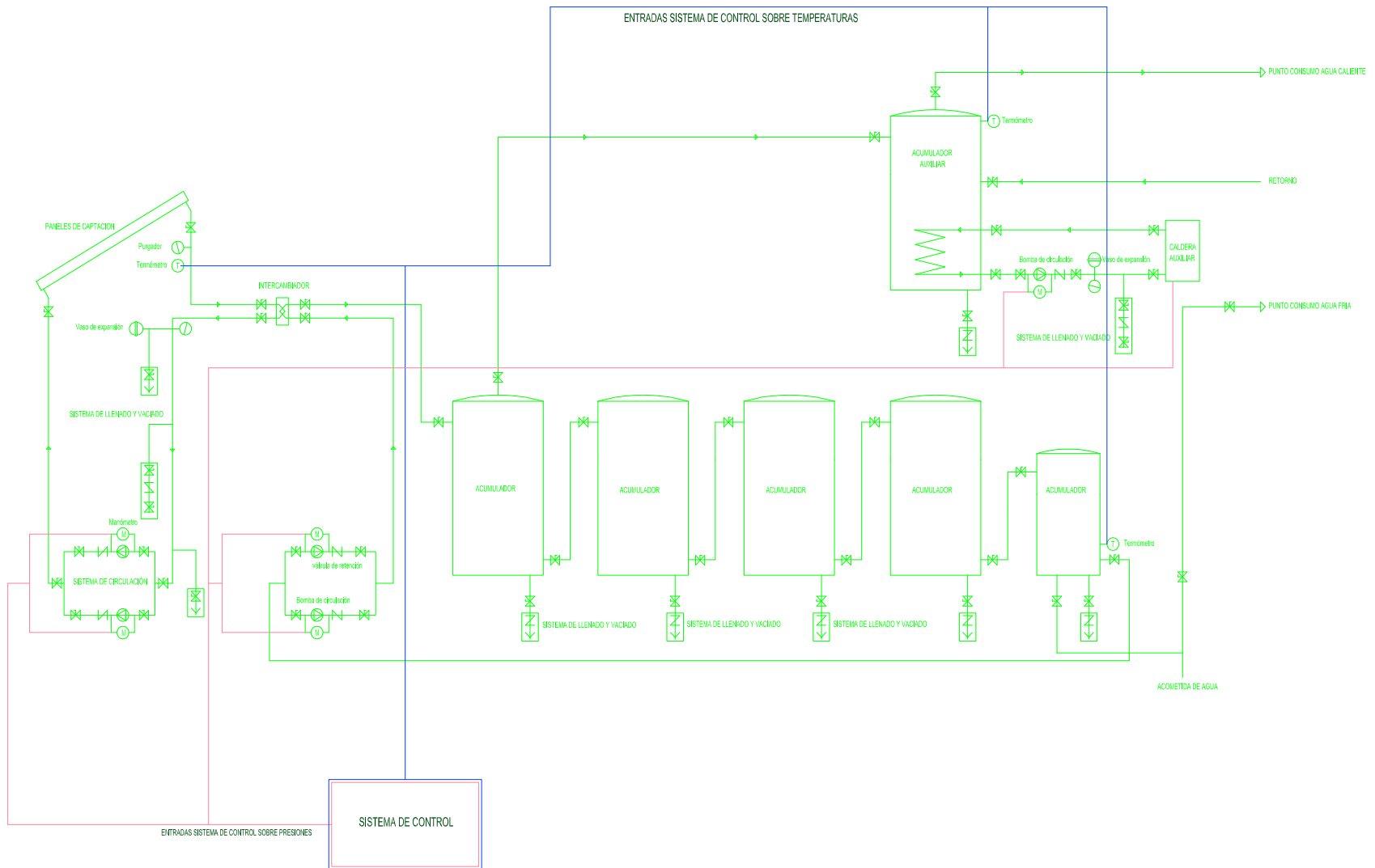


Figura 10: Elementos de la instalación

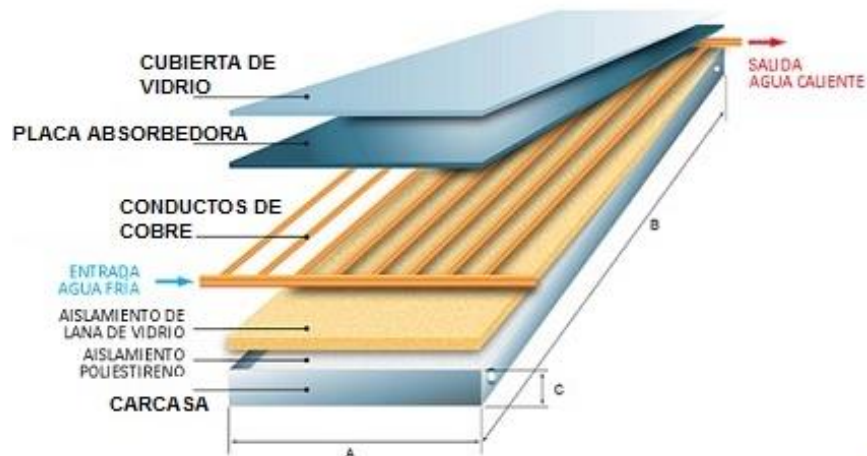


Figura 11: Elementos de un captador solar plano

En un captador solar plano la radiación solar incidente en la cubierta es parcialmente reflejada, parcialmente absorbida y la mayor parte transmitida a la superficie absorbente.

La radiación que incide en la superficie absorbente es parcialmente reflejada y el resto es absorbido en la superficie. La reflexión en esta superficie se supone difusa. La radiación absorbida se transmite por conducción a la zona de los tubos por donde circula el fluido de trabajo. Desde la zona de los tubos se transfiere por conducción a través de la placa absorbente, de la unión placa-tubo y de la tubería, al fluido de trabajo por convección. En la cara activa del captador se transfiere calor desde la superficie absorbente al exterior por convección y radiación entre la placa absorbente y la cubierta, por conducción a través de la cubierta y por convección y radiación desde la cubierta al ambiente. De la misma manera, se transfiere calor al exterior por conducción a través del material aislante posterior y lateral y por convección y radiación desde la carcasa.

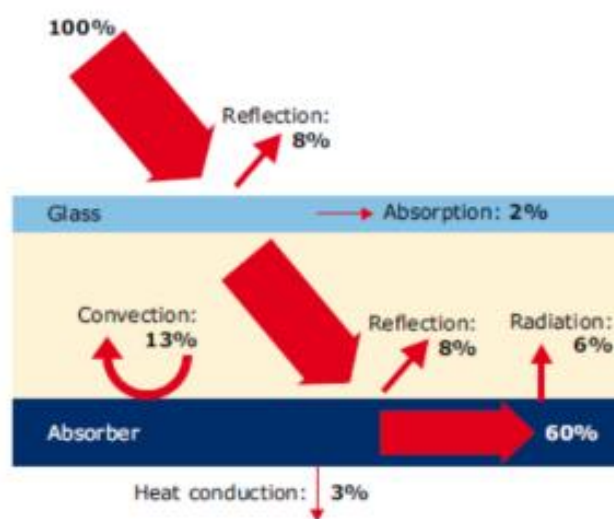


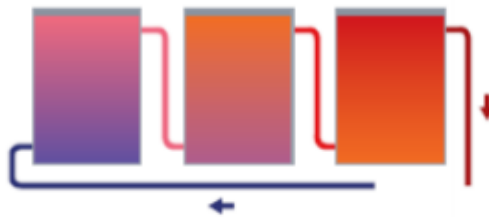
Figura 12: Transmisión de calor en el captador

Los captadores en la mayoría de los casos no se instalan de forma individual, sino que se disponen en filas constituidas, preferentemente, por el mismo número de elementos. Las filas de captadores se pueden conectar entre sí en paralelo, en serie o en serie-paralelo, debiéndose instalar válvulas de cierre en la entrada y salida de las distintas baterías de captadores y entre las bombas, de manera que puedan utilizarse para aislamiento de estos componentes en labores de mantenimiento, sustitución, etc.

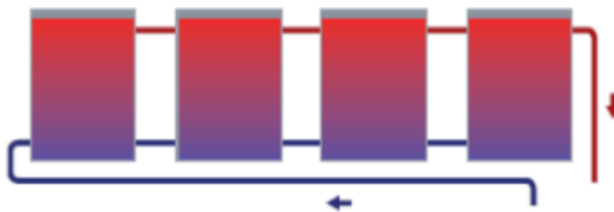
En la conexión en serie, hay que tener en cuenta que cuando un captador o conjunto de captadores se conecta en serie con otro captador o conjunto de captadores, se produce una mayor temperatura de salida del fluido de trabajo, reduciéndose los caudales totales producidos. Sin embargo, no todos los captadores trabajan con el mismo rendimiento, puesto que a medida que aumenta la temperatura de entrada de dicho fluido, el rendimiento del captador cae. Se puede apreciar un esquema de conexión de captadores en serie en la figura 13.

La conexión en paralelo tiene como característica principal que el rendimiento del sistema de captación es más uniforme, trabajando todas las zonas con temperaturas similares de entrada y salida. Como inconveniente se producen mayores caudales totales. Se puede apreciar un esquema de conexión de captadores en serie en la figura 14.

La conexión mixta serie-paralelo es adecuada para grandes instalaciones, permitiendo una reducción del caudal total a la vez de que se uniformiza parcialmente el rendimiento en distintas zonas de la instalación. Se puede apreciar un esquema de conexión de captadores serie-paralelo en la figura 15.



*Figura 13: Conexión de captadores en serie*



*Figura 14: Conexión de captadores en paralelo*

En lo referente a nuestra instalación, a efectos de minimizar las pérdidas energéticas en el circuito, se ha optado por una disposición mixta serie-paralelo, que garantiza cubrir la demanda de ACS que impone el CTE para nuestra zona geográfica, un 70%.

Se instala con retorno invertido para garantizar el equilibrio hidráulico del circuito, y que la pérdida de carga unitaria por metro de tubería sea más constante en los diferentes tramos de la instalación. Se establece una orientación óptima que coincide con la orientación Sur geográfico y una inclinación de captadores equivalente a la latitud  $\pm 10^\circ$  del lugar.

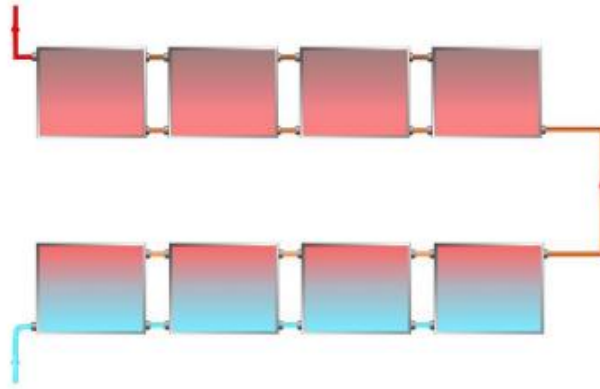


Figura 15: Agrupación serie-paralelo

### 1.7.2. Sistema de acumulación.

La demanda y la producción de energía solar están casi siempre desfasadas de tal forma que es necesario almacenar la energía para disponer de ACS cuando no se tenga suficiente radiación para cubrir las necesidades de demanda. Para ello utilizamos depósitos de acumulación, que suelen llenarse durante aquellos momentos del día en los que existe mayor radiación solar, y utilizarlo posteriormente en momentos de necesidad energética. Deberá estar bien aislado para así disminuir las pérdidas de calor y mantener la temperatura del agua hasta las horas de mayor demanda como son últimas horas de la tarde y primeras de la mañana. Los depósitos normalmente se colocan en vertical para favorecer la estratificación del agua: por la diferencia de densidad entre el agua caliente y la fría, en la parte alta del acumulador se tenga el agua más caliente y sea donde se coloca la toma de salida para el consumo. El depósito de acumulación va siempre acompañado de un intercambiador de calor exterior, mientras que los interacumuladores tienen en su interior el intercambiador de calor, en forma de serpentín, que calienta el agua en su interior.

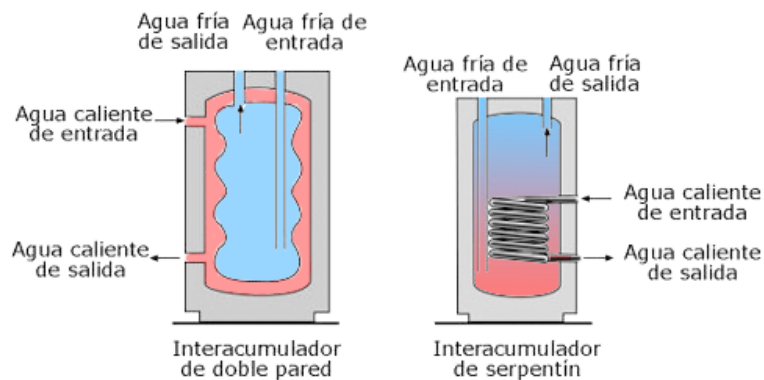


Figura 16: Esquema de interacumuladores

### 1.7.3. Sistema de intercambio.

Un intercambiador de calor transfiere energía en forma de calor entre dos fluidos a través de una superficie de intercambio. Este elemento en nuestra instalación separa el fluido del circuito primario, que cede calor, y secundario, que lo absorbe. Así cumplimos con los requisitos sanitarios establecidos. Al trabajar ambos en circuitos independientes obtenemos una serie de ventajas, y por consiguiente una mejora del rendimiento.

#### 1.7.4. Sistema auxiliar.

En toda instalación solar, es necesario la existencia de un sistema de energía auxiliar para poder satisfacer las necesidades energéticas en aquellos momentos en los que no haya suficiente radiación o el consumo sea superior a lo previsto. Se encarga de proporcionar la energía térmica necesaria para calentar el agua del depósito de acumulación cuando la energía captada de la radiación solar no es suficiente para satisfacer la demanda. El sistema auxiliar puede ser tanto un termo eléctrico como una caldera de gas o biomasa. Será importante un buen sistema de control que regule la instalación.

#### 1.7.5. Sistema hidráulico.

En él podemos distinguir los siguientes elementos:

**-Bombas.** Son los elementos encargados de mover el fluido tanto en el circuito primario como en el secundario. Contienen motores eléctricos y actúan a velocidad variable para que se pueda trabajar en diferentes rangos de condiciones de operación. El circuito primario, al ser cerrado, transporta agua muy poco agresiva, El circuito secundario es un circuito abierto, en el que se está recibiendo de manera continua agua de consumo, la cual es mucho más agresiva con los materiales constitutivos de las instalaciones.

**-Tuberías.** Son las encargadas de conducir al fluido por los circuitos primario y secundario. Ambas presentan grandes diferencias, ya que por el circuito primario circula una mezcla de agua y glicol, y por el secundario el agua potable para el consumo. Además, las tuberías del circuito primario circulan por el exterior, y las del secundario por el interior. deberán ser de distintos diámetros en función de la aplicación que se requiera y podrán ser de cobre o de acero inoxidable. Deben tener un buen aislamiento con objeto de evitar pérdidas y mantener la temperatura del fluido.

**-Vasos de expansión.** Son elementos de seguridad esenciales en los circuitos cerrados. El objetivo de los vasos de expansión es absorber el aumento puntual de volumen que se produce en el fluido caloportador producidos por el aumento de la temperatura. Lo que se evita es que haya presiones altas en el circuito así como problemas mecánicos. evitando la entrada de aire y favoreciendo su salida en los puntos de purga. También es importante cerciorar que no se forma vapor de agua en los puntos calientes de la red de transporte.

**-Válvulas.** Son dispositivos cuya función es regular y controlar el fluido. Se puede afirmar que son un elemento clave en la instalación. Se distinguen varios tipos: vaciado, de corte, de retención, de tres vías, de seguridad y reguladora de caudal entre otras.

#### 1.7.6. Sistema de regulación y control.

El sistema de control y regulación de una instalación solar tiene como función asegurar el correcto funcionamiento de los elementos que conforman la instalación. Este sistema permite realizar mediciones de diversos parámetros de la instalación, que se envían al sistema de control que se encargará de actuar en los dispositivos correspondientes dependiendo de lo que se necesite en cada instante.



El sistema de control mantiene el fluido de trabajo en un rango de temperatura, impidiendo que la temperatura de este baje de 3°C por encima de su temperatura de congelación y no sobrepasando en ningún caso la temperatura máxima de los materiales y elementos de la instalación. Tendrá un sensor de temperatura a la salida de los captadores y otro a la salida del depósito de acumulación, cuando la diferencia de temperatura entre estos supere los 6°C se pondrá en marcha las bombas de circulación y cuando esta diferencia de temperatura sea inferior de 3°C las bombas se detendrán. Es una manera de ahorrar electricidad y aumentar la esperanza de vida de las bombas y de la instalación en general, no haciendo circular el fluido caloportador innecesariamente por las tuberías del sistema. Conseguiremos un aprovechamiento de la energía solar captada y un uso adecuado del sistema auxiliar de energía, además del ahorro del consumo eléctrico de las bombas de circulación. Otra función del sistema de control es activar y desactivar el funcionamiento de la caldera.

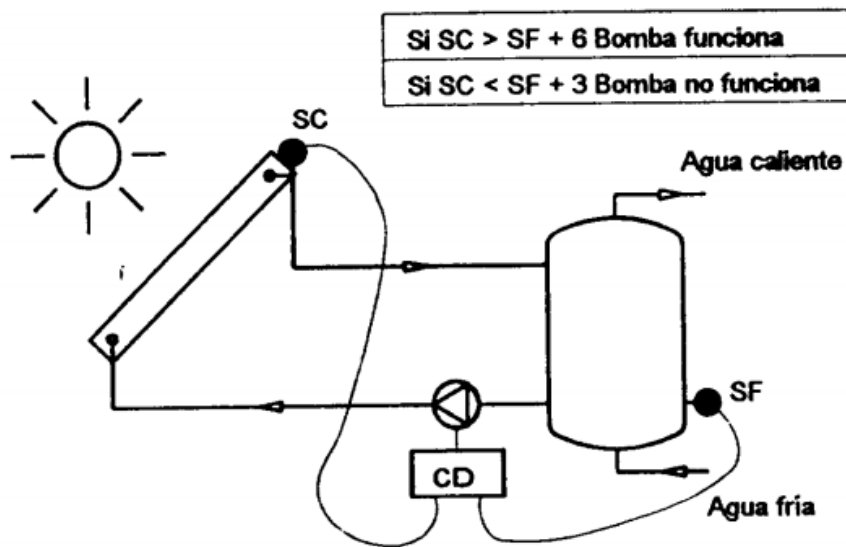


Figura 17: Sistema de control de la instalación

## 1.8. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS.

### 1.8.1. Captadores solares.

Los captadores que emplearemos en la instalación serán un total de 90, de la marca CHROMAGEN ESPAÑA y el modelo PA-D. Las características técnicas son las siguientes:

- Área total: 2,10 m<sup>2</sup>
- Área de apertura: 1,87 m<sup>2</sup>
- Largo total: 1900 mm
- Ancho total: 1090 mm
- Fondo: 90 mm
- Peso en vacío: 31 kg
- Capacidad del fluido: 1,2 litros
- Fluido caloportador: agua o agua glicolada
- Caudal recomendado: 45 l/h·m<sup>2</sup>
- Presión máxima de trabajo: 10 bar

- Aislamiento: capa de poliuretano líquido inyectado de 25 mm de espesor.
- Cubierta: vidrio solar de 3,2 mm de espesor rodeado por junta de goma de EPDM.
- Absorbedor: Aleta de aluminio soldada a conductos de cobre. Recubrimiento selectivo de titanio.
- Rendimiento térmico: 79,7%
- Coeficiente de pérdidas k1: 3,689 W/m<sup>2</sup>·K
- Coeficiente de pérdidas k2: 0,012 W/m<sup>2</sup>·K
- F.C. Incidencia (k50): 0,94

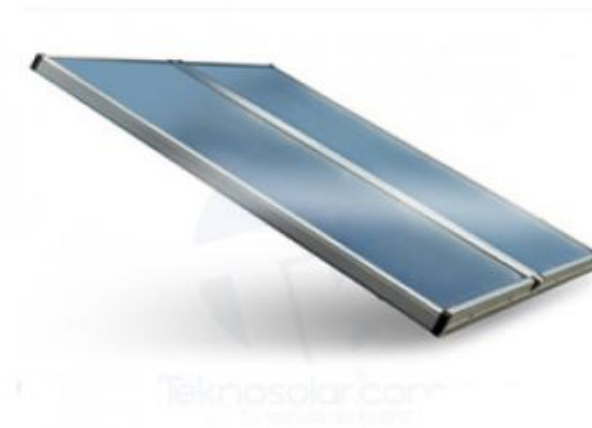


Figura 18: Modelo de captadores PA-D

### 1.8.2. Depósito de acumulación.

Nuestro volumen de acumulación es aproximadamente de 13000 litros, por lo que optaremos por cuatro depósitos de 3000 L de capacidad y otro depósito de 1000 litros. Así, seleccionaremos los depósitos Master Inercia “I/IB”, (depósitos acumuladores de inercia) concretamente el modelo MV-30000-I/IB del fabricante LAPESA, de capacidad 3000 L. También, seleccionaremos los depósitos Geiser Inercia “I/IF”, el modelo G-1000-IF de 1000 litros de volumen.

Sus principales características técnicas son:

	<b>MV-3000-I/IB</b>	<b>G-1000-IF</b>
<b>Diámetro exterior (mm)</b>	1660	950
<b>Altura total (mm)</b>	2305	2250
<b>Peso en vacío (kg)</b>	565	186

Tabla 1: Características técnicas de los depósitos acumuladores.

Además, los depósitos se encuentran aislados térmicamente con espuma rígida de poliuretano PU inyectada en molde de 80 mm de espesor.

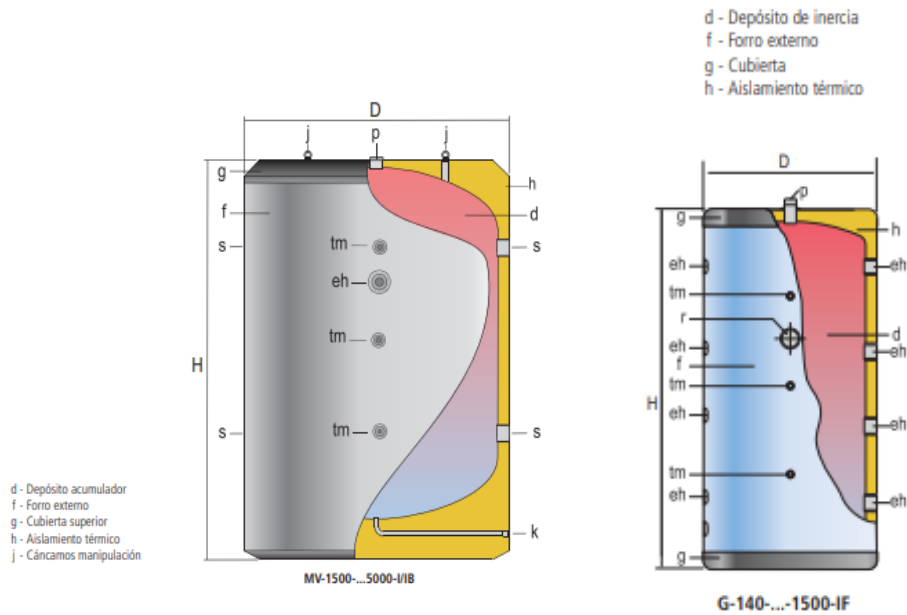


Figura 19: Depósito acumulador MASTER INERCIA y GEISER INERCIA

### 1.8.3. Intercambiador de calor

Como equipo de intercambio se ha elegido un intercambiador de placas soldado, concretamente el modelo **T5MFG23** del fabricante **Salvador Escoda S.A.** Sus especificaciones son las siguientes:

<b>Número placas</b>	<b>23</b>
<b>Área de placa (m<sup>2</sup>)</b>	0,14
<b>Superficie de transferencia (m<sup>2</sup>)</b>	3,22
<b>Paneles</b>	70
<b>Potencia (kW)</b>	130
<b>Caudal primario (l/h)</b>	12700
<b>Salto térmico en primario</b>	10
<b>Caudal secundario (l/h)</b>	8000
<b>Salto térmico en secundario</b>	10
<b>Pérdida de carga en primario (mca)</b>	2,98
<b>Pérdida de carga en secundario (mca)</b>	2,5
<b>Presión máxima de trabajo (mca)</b>	5
<b>Temperatura máx (°C)</b>	180

Tabla 2: Características técnicas del intercambiador de calor.



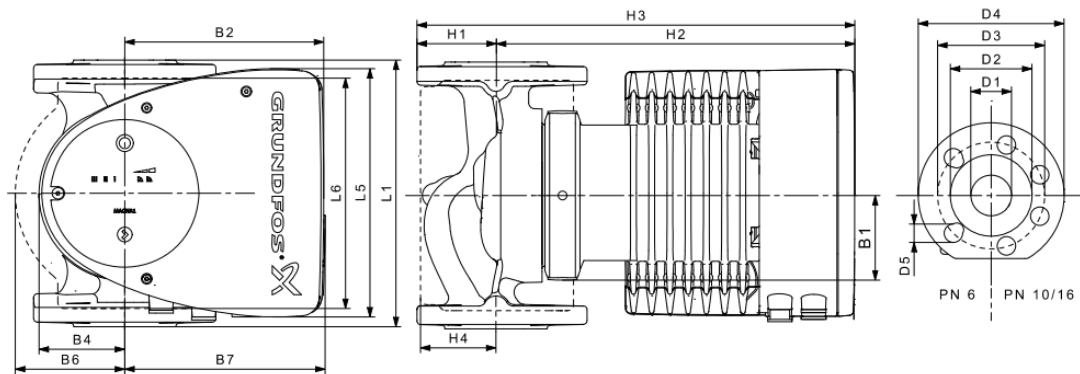
Figura 20: Intercambiador de calor modelo T5MFG.

### 1.8.4. Bomba de circulación del circuito primario

La bomba de circulación del circuito primario seleccionada es el modelo **MAGNA 80/100** del fabricante **Grundfos**. En la siguiente tabla se muestran sus características principales:

Peso neto (kg)	Peso bruto (kg)	Presión máxima (bar)	Rango de temperatura (°C)
30,2	32,6	16	-10 a 110

Tabla 3: Características técnicas de la bomba.



Dimensiones [mm]																
L1	L5	L6	B1	B2	B4	B6	B7	H1	H2	H3	H4	D1	D2	D3	D4	D5
360	204	310	84	164	73	163	163	96	318	413	115	80	128	150/160	200	19

Figura 21: dimensiones de la bomba MAGNA1 80/100



Figura 22: Bomba MAGNA1 80/100.

#### 1.8.5. Vaso de expansión.

Para el vaso de expansión se ha elegido el modelo **12/SMF** del fabricante **IBAIONDO S.A.** Es un vaso de expansión de membrana no recambiable, que soporta picos de altura de hasta 130°C durante una hora, con las siguientes características principales:

Peso (kg)	Código	Capacidad (L)	Presión máxima (bar)	Diámetro (mm)	Altura (mm)	Temperatura mínima (°C)	Temperatura máxima (°C)
3,2	02012070	12	10	270	310	-10	100

Tabla 4: Características técnicas del vaso de expansión.



Figura 23: Vaso de expansión.

### 1.8.6. Interacumulador auxiliar.

Para el intercumulador auxiliar se elige el modelo **MXV3500-RB** del fabricante **LAPESA**. Su capacidad es de 3500 L. Sus características técnicas principales son:

- Capacidad: 3500 L.
- Peso en vacío: 520 kg.
- Diámetro exterior: 1660 mm.
- Altura total: 2580 mm.

### 1.8.7. Caldera auxiliar.

La caldera auxiliar escogida es el modelo **ADI/CD/250** del fabricante **ADISA HEATING**. Sus especificaciones técnicas son las siguientes:

- Potencia máx (T=40°C): 244,7 kW.
- Potencia máx (T=70°C): 241 kW.
- Potencia mín (T=40°C): 77,4 kW.
- Peso sin agua: 350 kg.
- Volumen de agua: 90 L.

### 1.8.8. Bomba del circuito secundario.

La bomba seleccionada para el circuito secundario se corresponde con el modelo **Wilo-Yonos-PICO-D** del fabricante **Wilo**. Sus especificaciones técnicas recogidas en el catálogo son:

- Caudal máx: 7 m<sup>3</sup>/h
- Altura máx: 8 m
- Temperatura del líquido: -10,90 °C
- Potencia: Velocidad I: 2,5W Velocidad II: 4 W Velocidad III: 6 W
- Cuerpo de la bomba en latón: resistente a la corrosión.
- Carcasa de aislamiento: previene las pérdidas de calor.
- Presión de trabajo: 6 bares.

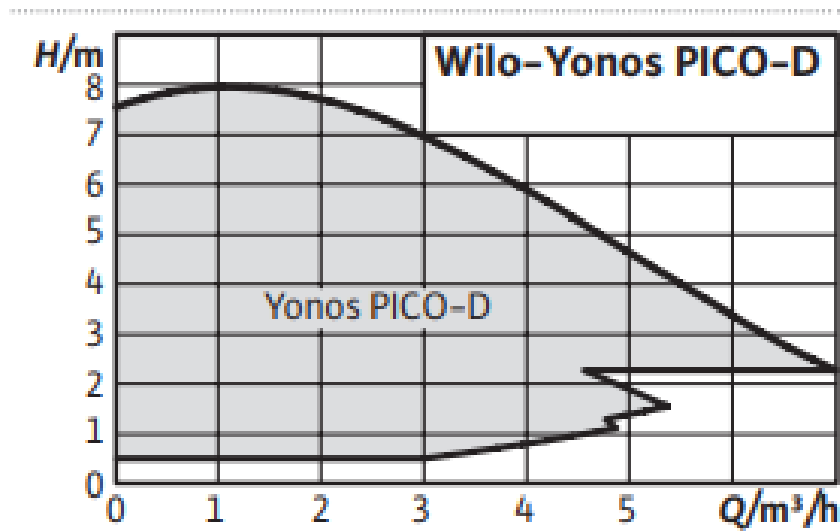


Figura 24: Curvas de rendimiento de la bomba

### 1.8.9. Sistema de regulación y control.

Para el sistema de regulación y control se ha elegido el **modelo DELTA UNIT PLUS** del fabricante **Ferrolí**. Está dotada de una carátula de plástico de fácil montaje y dimensiones compactas, además de una pantalla de texto con control de menús mediante 3 botones. Entre sus características técnicas principales se encuentran:

**Carátula:** De plástico PC-ABS y PMMA.

**Medidas:** 220 x 155 x 62 mm.

**Protección:** IP20 / DIN 40050

**Pantalla digital:** LCD con display multifuncional

**Rango de control:** -40 ... +180 °C.

**Temperatura ambiente:** 0 ... 40 °C.

**Entradas:** 10 entradas para sondas PT1000, CS10, V40.

**Salidas:** 6 salidas de relé (3 para regulación de la velocidad).

**Bus:** RS232.

**Alimentación:** 230 V AC,  $\pm 10\%$ .

**Consumo aproximado:** 2 VA.

Múltiples valores ajustables: limitación de temperatura mínima y máxima, diferencia de puesta en marcha y parada, temperatura máxima de acumulación, protección antihielo, función de refrigeración del acumulador, función de refrigeración de colectores solares, parada de seguridad, control de funciones (automático/manual). Preprogramado para 30 sistemas solares y de calefacción.



Figura 25: Regulador modelo DELTA UNIT PLUS

## 1.9. MARCO NORMATIVO.

### 1.9.1. Código Técnico de la Edificación. HE-4.

1) Contribución solar mínima: La localidad de Andújar está situada en una zona climática V en el mapa de irradiación de España y por lo tanto, se debe cumplir que la vivienda tenga una demanda

cubierta del 70%. Con los cálculos realizados, podemos garantizar que la fracción solar cubierta es del 70%.

2) Contribución solar máxima: La norma limita que en ningún mes se pueda superar el 110% de la instalación y no más del 100% en más de tres meses.

3) Sistema de acumulación solar y conexión de sistema de generación auxiliar. La norma establece que, para la aplicación de ACS, el volumen de captación tendrá un valor tal que se cumpla la condición  $50 < V/A < 180$ , donde V es el volumen de acumulación solar medido en litros y A el área de los captadores. Como la instalación tiene una relación V/A de 75 l/m<sup>2</sup>, está dentro de dichos límites. Por otro lado, se prohíbe la conexión de un sistema de generación auxiliar en el acumulador. Esto se cumple en la instalación como se puede observar en el esquema de principio de la misma.

4) Pérdidas por orientación, inclinación y sombras: Las pérdidas límite por superposición u orientación del campo de captadores estará condicionado como sigue:

	<b>Orientación e inclinación OI</b>	<b>Sombras S</b>	<b>Total OI+S</b>
<b>General</b>	<b>10 %</b>	<b>10 %</b>	<b>15 %</b>
<b>Superposición</b>	<b>20 %</b>	<b>15 %</b>	<b>30 %</b>
<b>Integración arquitectónica</b>	<b>40 %</b>	<b>20 %</b>	<b>50 %</b>

*Figura 26: Pérdidas límite para sistemas de ACS.*

Además, recoge un apartado de **Verificación y Justificación del Cumplimiento de la Exigencia**, donde se explica el procedimiento de verificación a seguir. Se debe realizar la **justificación del cumplimiento de la exigencia** mediante el cálculo de la demanda. La normativa aplicable para el **mantenimiento** recoge un **Plan de vigilancia** y un **Plan de mantenimiento**. todo ello es explicado al detalle en el apartado de Pliego de Condiciones.

### 1.9.2. Norma UNE

- UNE 100155: Empleada para el dimensionamiento del vaso de expansión.
- UNE 94002: Describe el cálculo de la demanda de energía térmica para instalaciones solares térmicas para producción de ACS tabulando los valores a emplear de consumo de agua caliente, temperatura de referencia y de agua fría de cada provincia.
- UNE 94003: Recoge los datos climáticos para el dimensionado de instalaciones térmicas. Se ha utilizado para los cálculos de temperaturas y radiaciones en la localidad de Andújar realizando las distintas correcciones por altura.

### 1.9.3. Reglamento de instalaciones térmicas en la edificación (RITE)

- Aislamiento térmico (IT 1.2.3.2.1) Para evitar pérdidas de energía, todas las tuberías, accesorios y equipos de la instalación deben estar aislados térmicamente. Esta norma recoge el cálculo del espesor mínimo de aislamiento según un proceso simplificado. En el presente proyecto



se seleccionan los espesores de aislamiento cumpliendo dicha instrucción como se detallará en el apartado correspondiente.

- Control automático (IT 2.3.4) Establece el equipamiento mínimo del control de las instalaciones centralizadas de preparación de agua caliente sanitaria, referido tanto al control de la temperatura de la instalación como al control para los usuarios. También queda recogido que cuando la instalación disponga de un sistema de control, mando y proyecto, su mantenimiento y la actualización de las versiones de los programas deberá ser realizado por personal cualificado o por el mismo suministrador de los programas.

## **1.10. BIBLIOGRAFÍA.**

- [1] Reglamento de Instalaciones Térmicas en la Edificación, RITE, 2013.
- [2] Código Técnico de la Edificación, CTE, sección HE4 “Contribución solar mínima”, sección HS4 “Salubridad”, 2017.
- [3] AENOR, Norma UNE 94002/2005, Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria, 2005.
- [4] AENOR, Norma UNE 94003/2007, Datos climáticos para el dimensionado de instalaciones solares térmicas, 2007.
- [5] AENOR, Norma UNE 100155/2004, Climatización y diseño de sistemas de expansión, 2004.
- [6] Manual de usuario de la herramienta informática CHEQ4 (cheq4.idae.es).
- [7] Departamento de Ingeniería Energética, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Sevilla, Documentos de la asignatura de Energía Solar.
- [8] Departamento de Ingeniería Energética, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Sevilla, Documentos de la asignatura de Instalaciones Térmicas de la Edificación.
- [9] LAPESA, catálogos.
- [10] Salvador Escoda S.A., catálogos.
- [11] Industrias Ibaiondo, catálogos.
- [12] Termicol, catálogos.
- [13] Grundfos, catálogos.

## 2. MEMORIA DE CÁLCULO.

## **2.1. INTRODUCCIÓN.**

En este apartado se realizan los cálculos necesarios para el dimensionado de la instalación solar térmica para producción de agua caliente sanitaria para una residencia de estudiantes, así como los equipos que conforman nuestro sistema, acorde con la normativa española vigente.

Es de reseñar que según dice el artículo 15. Exigencias básicas de ahorro de energía (HE) del CTE:

1. El objetivo del requisito básico “Ahorro de energía” consiste en conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los edificios, reduciendo a límites sostenibles su consumo y conseguir asimismo que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovable, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

2. Para satisfacer este objetivo, los edificios se proyectarán, construirán, utilizarán y mantendrán de forma que se cumplan las exigencias básicas.

## **2.2. DATOS DE PARTIDA.**

### **2.2.1. Parámetros generales del edificio.**

El edificio en cuestión es el Seminario Reina de los Apóstoles, y sus características geográficas principales son las siguientes:

- Localidad: Andújar, Jaén.
- Altura sobre nivel del mar: 215 m
- Latitud: 38° 2'
- Zona climática: Zona V
- Orientación: sur.

La norma UNE: 94003:2007 diferencia hasta 5 tipos de zonas climáticas diferentes a lo largo de todo el país, según la radiación solar global media diaria anual sobre superficie horizontal (H) que reciba un emplazamiento determinado. Así, aquellas zonas que superen el valor de 18 MJ/m<sup>2</sup> en términos de H, pertenecen a la zona climática V. En concreto, este es el caso de la localidad estudiada.

### **2.2.2. Parámetros climatológicos.**

La herramienta de cálculo empleada, CHEQ4, proporciona los datos climatológicos característicos de la localidad sometida a estudio. (La irradiación global media mensual y la temperatura ambiental media). En la tabla siguiente se pueden apreciar estos parámetros en concreto para la ciudad de Andújar, Jaén.

MES	Irradiación global media mensual sobre superficie horizontal (MJ/m <sup>2</sup> )	Temperatura ambiental media (°C)
Enero	9,6	12,3
Febrero	12,9	13,5
Marzo	17,8	15,6
Abril	21,8	17,9
Mayo	24,7	22,1
Junio	28,6	26,7
Julio	29,2	30,8
Agosto	25,8	30,7
Septiembre	20,5	27,2
Octubre	14,2	21,2
Noviembre	10,2	15,8
Diciembre	8,2	12,3

Tabla 5: Irradiación global media y temperatura media mensual

## 2.3. CÁLCULO DE LA DEMANDA.

### 2.3.1. Cálculo del consumo de agua.

En la tabla 2 podemos apreciar los valores de demanda unitarios establecidos por el CTE para una temperatura de referencia de 60 °C, en función de la actividad que se desarrolle en el edificio. Así, se nos permite determinar la fracción solar mínima a abastecer, fijada por el CTE, sección HE-4.

Tabla 4.1. Demanda de referencia a 60 °C<sup>1)</sup>

Criterio de demanda	Litros/día·unidad	unidad
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 6: Demanda de referencia a 60°C.

En nuestro caso, asimilamos la planta baja con el criterio de demanda “escuela sin ducha”, mientras que la planta primera se corresponde con el criterio de demanda “Residencia”. Por tanto, el consumo unitario de ACS a una temperatura de referencia de 60°C es:

$$\text{Planta primera: } 41 \frac{l}{\text{día} \cdot \text{persona}} \cdot 300 \text{ personas} = 12300 \frac{l}{\text{día}}$$

$$\text{Planta baja: } 4 \frac{l}{\text{día} \cdot \text{persona}} \cdot 700 \text{ personas} = 2800 \frac{l}{\text{día}}$$

Lo que hace un total de:  $Q_{ACS} = 15100 \text{ l/día}$

### 2.3.2. Demanda energética mensual de ACS.

El siguiente paso consiste en expresar el consumo obtenido en el apartado anterior, con unidades de l/día, en una base temporal mensual, debido a que los datos de radiación con los que opera nuestra herramienta de cálculo son obtenidos para cada mes del año. Relacionamos entonces los datos de radiación recibida y demanda de ACS, con el cálculo de la demanda energética.

Determinamos la demanda de energía térmica mensual a partir de la siguiente ecuación:

$$L_{ACS} = Q_{ACS} \cdot \rho_{agua} \cdot C_p \cdot (T_{ac} - T_{af}) \cdot \Delta t$$

MES	Temperatura media mensual agua de red (°C)	Demanda energética mensual (J/mes)
Enero	9	$1 \cdot 10^{11}$
Febrero	10	$8,86 \cdot 10^{10}$
Marzo	11	$9,61 \cdot 10^{10}$
Abril	13	$8,92 \cdot 10^{10}$
Mayo	16	$8,63 \cdot 10^{10}$
Junio	19	$7,78 \cdot 10^{10}$
Julio	21	$7,65 \cdot 10^{10}$
Agosto	21	$7,65 \cdot 10^{10}$
Septiembre	19	$7,78 \cdot 10^{10}$
Octubre	15	$8,83 \cdot 10^{11}$
Noviembre	12	$9,11 \cdot 10^{10}$
Diciembre	9	$1 \cdot 10^{11}$

Tabla 7: Demanda energética mensual y temperatura de agua fría mensual

Donde:

$$\rho_{agua} = \text{densidad del agua, en este caso, } 1 \text{ kg/L}$$

$$C_p = \text{calor específico del agua, de valor } 4180 \text{ J/kgK}$$

$$T_{ac} = \text{Temperatura de agua caliente, en este caso } 60^\circ\text{C}$$

$$T_{af} = \text{Temperatura del agua fría. Valores tabulado en la tabla}$$

$$\Delta t = \text{número de días del mes}$$

## 2.4. CÁLCULO DE LA SUPERFICIE DE CAPTACIÓN Y DEL VOLUMEN DE ACUMULACIÓN.

En el siguiente apartado especificaremos el número de captadores solares de los que constará la instalación, así como el volumen de acumulación que se utilizará. El DB-HE4 del CTE en el apartado 2.2.5 expone que el sistema de acumulación solar tiene que prever una acumulación de acuerdo con la demanda, al no darse ésta al mismo tiempo que la generación. En ningún caso el campo del captadores podrá cubrir más del 110% de la demanda bruta del edificio. Tampoco se podrá superar el 100% de la demanda cubierta del edificio durante un periodo superior a 3 meses.

Además, es de obligado cumplimiento la siguiente relación:

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

Siendo:

V: Volumen del depósito de acumulación (L)

A: Suma de áreas de todos los captadores ( $m^2$ )

El modelo de captador elegido es el PA-D fabricado por la empresa CHROMAGEN ESPAÑA, cuyas características. Los paneles serán colocados todos en paralelo (número de captadores en serie igual a 1). La orientación de los captadores será la sur, y supondremos una inclinación de 50°.

### 2.4.1. Fracción de demanda cubierta anual.

La fracción de demanda cubierta es el tanto por ciento de la energía consumida en un año que proviene de los captadores solares. Se entiende que el resto de la energía consumida se ha producido con un equipo auxiliar.

$$f = \frac{Q_{solar}}{Q_{total}}$$

Siendo:  $Q_{solar}$ : Potencia anual de captadores

$Q_{total}$ : Potencia anual consumida

La sección HE-4 del CTE establece la fracción de demanda cubierta anual mínima por una instalación solar de ACS según la zona climática en la que esté situada y la demanda de ACS del edificio en estudio.

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 8: Contribución solar mínima para ACS

El CTE califica la localidad de Andújar, Jaén, como zona climática V. Además, la demanda total del edificio es superior a 10000 litros diarios, lo que establece un valor de fracción de demanda cubierta mínimo del 70%.

Mediante nuestra herramienta de cálculo CHEQ4, se puede calcular los valores de  $f$  según el área de captación de nuestra elección. Para ello, primero debemos definir los siguientes parámetros:


<b>Localización</b>	Andújar, Jaén.
<b>Configuración</b>	 Instalación con intercambiador independiente
<b>Demanda: Consumo único.</b>	Aplicación: Residencia. Número de personas: 368. Otras demandas: 12 l/día. Demanda total: 15100 l/día. Ocupación estacional: 100% todos los meses a excepción de junio, Julio y Agosto, con 50%.
<b>Solar/Apoyo</b>	CHROMAGEN ESPAÑA. Modelo PA-D.
<b>Inclinación</b>	50°
<b>Orientación</b>	0° (Sur)
<b>Pérdidas por sombras (%)</b>	0
<b>Porcentaje anticongelante (%)</b>	10
<b>Caudal primario (l/h)</b>	12656
<b>Longitud circuito (m)</b>	100
<b>Diametro de tubería (mm)</b>	58
<b>Espesor de aislante (mm)</b>	50
<b>Aislante</b>	Genérico
<b>Sistema de apoyo</b>	Caldera convencional de gas natural.
<b>Longitud circuito distribución (m)</b>	100
<b>Diámetro tubería (mm)</b>	12
<b>Espesor aislante (mm)</b>	25
<b>Temperatura de impulsión (°C)</b>	50
<b>Aislante</b>	Genérico

Tabla 9: Parámetros a introducir en el programa CHEQ4.

Datos de ensayo	
Área (m <sup>2</sup> )	1,87
n <sub>0</sub> (-)	0,801
a <sub>1</sub> (W/m <sup>2</sup> K)	3,195
a <sub>2</sub> (W/m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> )	0,016
Q <sub>test</sub> (l/hm <sup>2</sup> )	72
k <sub>50</sub>	0,89
Laboratorio	CENER
Certificación	NPS-17217

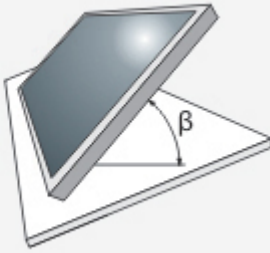


Figura 27: Características técnicas del modelo de captador seleccionado.

A continuación, se realizarán varios estudios para determinar el número de captadores a instalar para satisfacer todo lo descrito anteriormente y si estos captadores se deben colocar en serie o en paralelo.

- a) Demanda cubierta en función del número de captadores.

En el siguiente gráfico se puede observar con claridad que el número de captadores que cumple un porcentaje de demanda cubierta del 70 % es 94, manteniendo una relación de volumen específico de 75 l/m<sup>2</sup>.

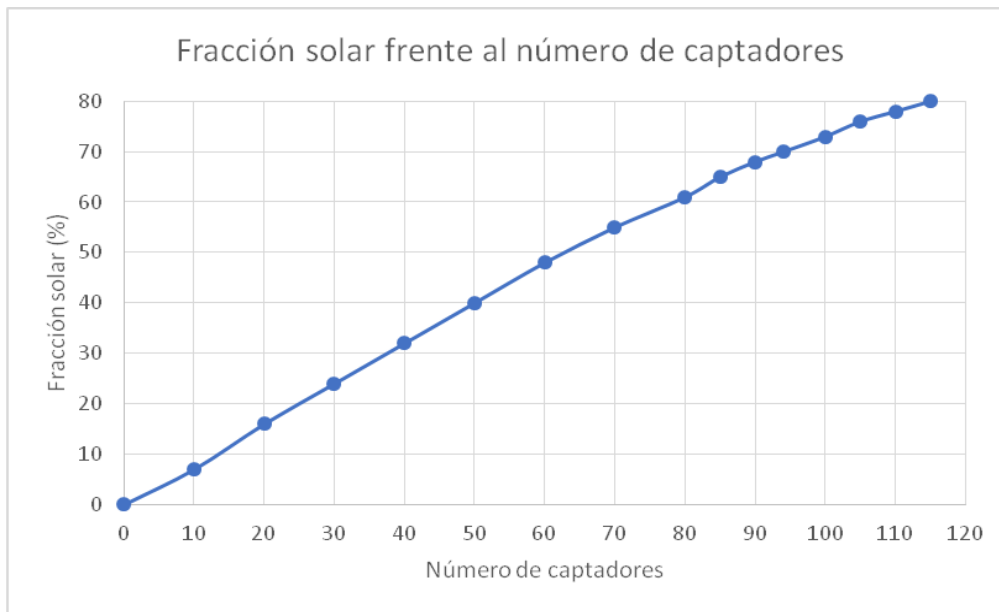


Figura 28: Fracción solar frente número de captadores

La norma impone para este caso un valor mínimo de fracción de demanda cubierta del 70%, por lo que será suficiente la implantación de 94 captadores. Esto se traduce en un área de captación de 175,58 m<sup>2</sup>.

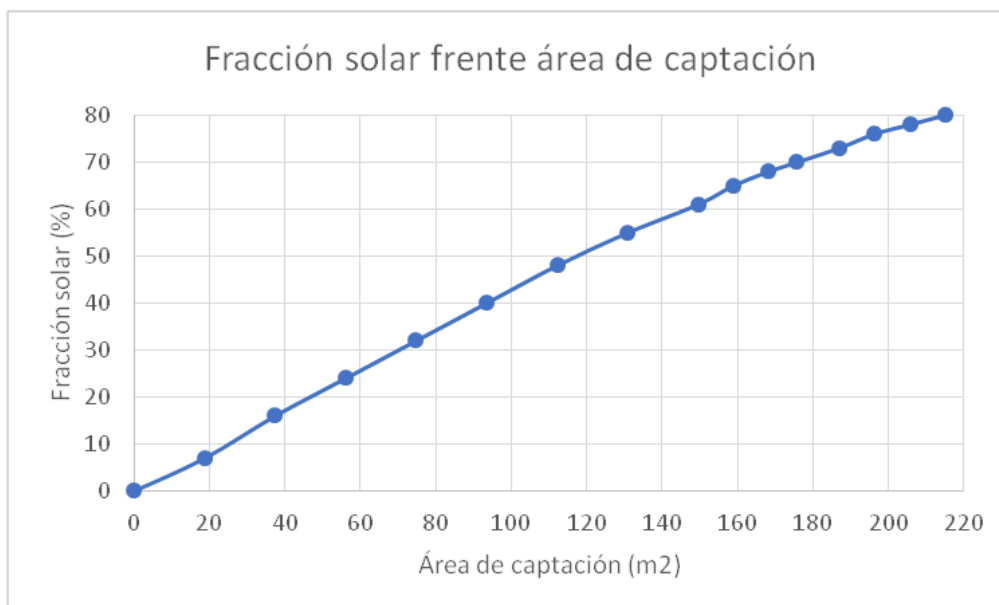


Figura 29: Fracción solar frente área de captación.



b) Demanda cubierta en función del volumen de acumulación específico.

Para cumplir con la restricción de fracción de demanda mínima, que en nuestro caso es de un 70%, el primer volumen específico que cumple es el de 75 l/m<sup>2</sup>, que corresponde con un volumen total de acumulación de 13200 litros.

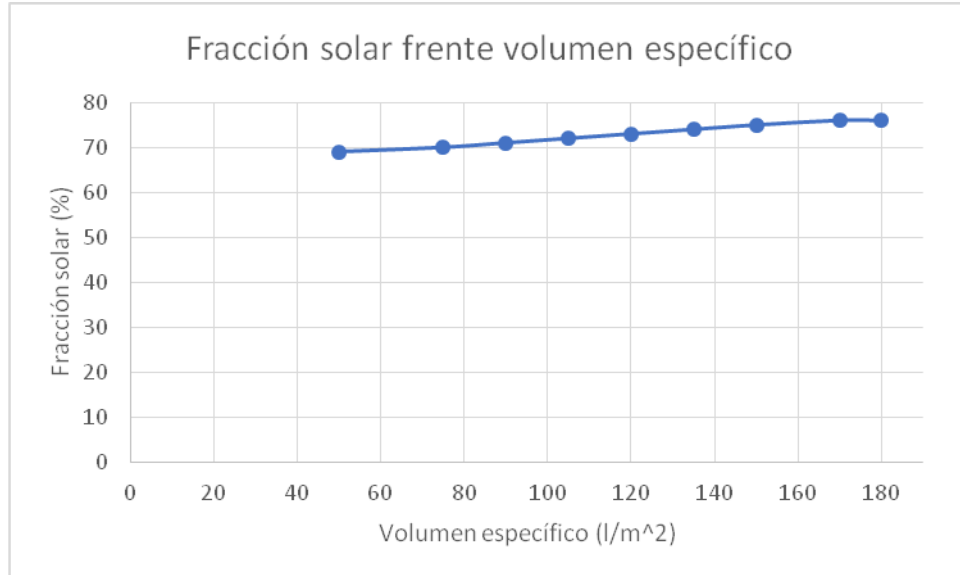


Figura 30: Fracción solar frente volumen específico.

c) Demanda cubierta en función del número de captadores en serie.

Seleccionamos 90 captadores solares y un volumen de acumulación de 13200 litros, y a continuación, representamos la variación de la fracción solar al variar el número de captadores en serie entre 1 y 4. Comprobamos así que para cumplir el mínimo de contribución solar es necesario que el número de captadores en serie sea uno.

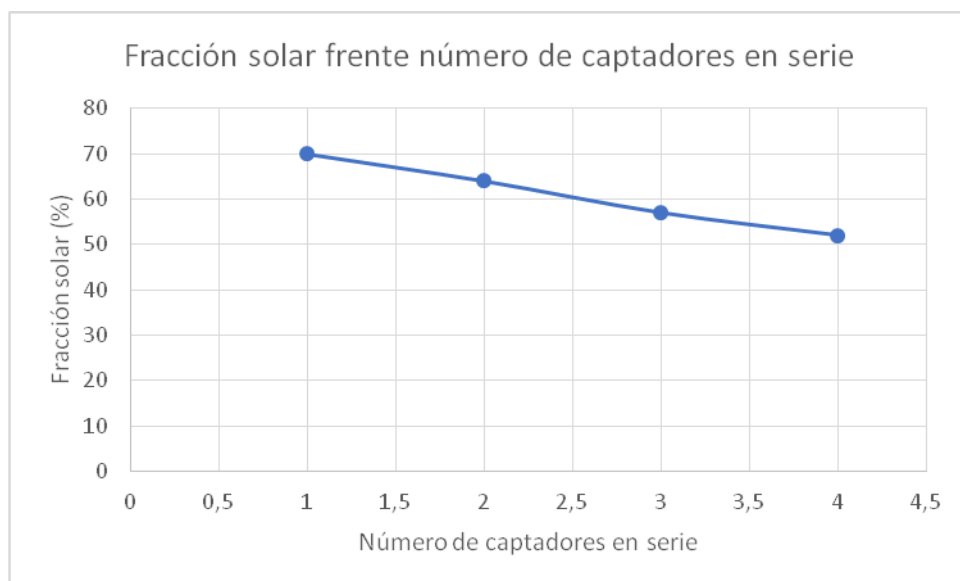


Figura 31: Fracción solar frente número de captadores en serie

Finalmente, los parámetros que hemos determinado son: **90 captadores** todos ellos en paralelo, que suman un área de captadores total de 175,78 m<sup>2</sup>, con volumen de acumulación de **13200 litros**, cuya fracción de demanda cubierta mínima es de **70%**.

#### 2.4.2. Pérdidas por la disposición geométrica de los captadores.

La disposición de los captadores en el campo de captación puede originar pérdidas que reducen el rendimiento de la instalación.

Hay tres posibles tipos de pérdidas debidas a la colocación de los captadores: las pérdidas debidas a la orientación según la desviación respecto al Sur geográfico, las pérdidas debidas a la inclinación desviando la recepción ortogonal de la radiación solar, y las pérdidas derivadas de los obstáculos en el entorno que producen sombras. Todas ellas son explicadas con detalle en los apartados que se desarrollan a continuación.

##### 2.4.2.1. Pérdidas por orientación e inclinación.

Las pérdidas por orientación e inclinación se calcularán en función de:

- Ángulo de inclinación ( $\alpha$ ): ángulo que forma la superficie de los captadores con el plano horizontal. Su valor es de 50°, ángulo muy próximo a la latitud geográfica. Una inclinación igual a la latitud geográfica es la óptima según el CTE HE4 cuando la demanda es constante a lo largo del año.
- Ángulo de azimut ( $\beta$ ): ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del captador y el meridiano del lugar. Valores típicos son 0 grados para captadores orientados al sur geográfico, como ocurre en nuestro caso ( $\beta = 0^\circ$ ).

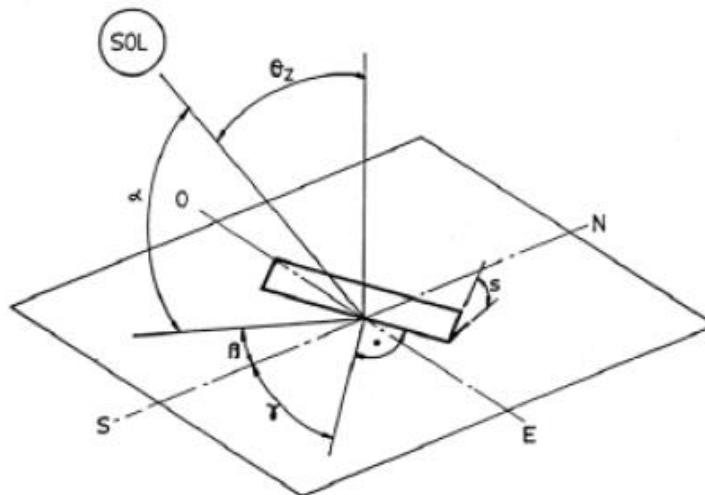


Figura 32: Ángulos relacionados con la dirección de la radiación solar.

Las pérdidas debidas a la orientación son 0, ya que el ángulo de azimut, en nuestro caso, es de 0°.

Inclinación máxima ( $\phi=50^\circ$ ): 62°  
Inclinación mínima ( $\phi=50^\circ$ ): 11°

El ángulo de inclinación elegido queda dentro de los límites de inclinación, por lo que se puede concluir que las pérdidas serán menores al 10 %, como establece el CTE para el caso general.

Para asegurar una mayor exactitud del valor de pérdidas se aplicará la fórmula anteriormente citada. Dado que el ángulo de inclinación ( $s$ ) es de  $50^\circ$ , utilizaremos la fórmula:

$$\text{Pérdidas [\%]} = 100 \cdot [1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (s - s_{opt})^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \cdot s^2] = 0,65 \%$$

Este valor es muy inferior al máximo permitido para el caso general, por lo que se comprueba que las pérdidas por orientación e inclinación son correctas y la instalación cumple los requisitos.

#### 2.4.2.2. Pérdidas por sombras.

Las pérdidas por sombras pueden venir de dos tipos de obstáculos: de elementos que obstruyen el horizonte (montañas, edificios...) y entre captadores del mismo campo.

Las **pérdidas por obstáculos remotos** se calculan comparando el perfil de obstáculos que afecta a la superficie de estudio con el diagrama de trayectorias del sol. Se localizan los principales obstáculos que afectan a la superficie de captación, en términos de sus coordenadas de posición acimut (ángulo de desviación con respecto a la dirección sur) y elevación (ángulo de inclinación con respecto al plano horizontal), y se representa su perfil en el diagrama de la figura :

Se comprueba que, para nuestro caso, no existen ningún tipo de pérdidas por obstáculos remotos de altura superior que rodeen el edificio y provoquen sombra.

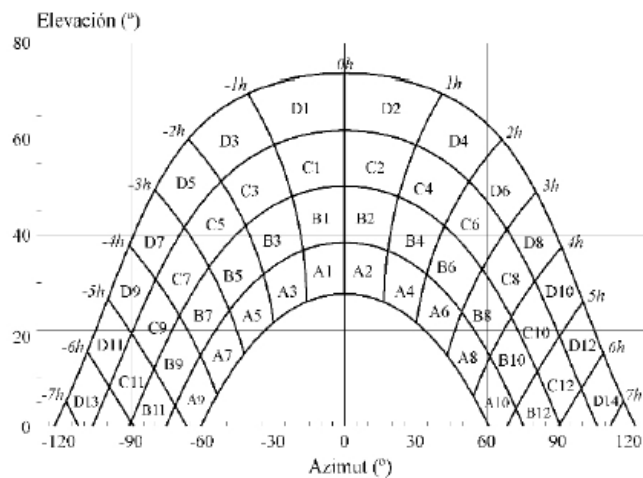


Figura 33: Cálculo de las pérdidas por obstáculos remotos.

Las **pérdidas entre elementos interiores del edificio** en cuenta, por un lado, la separación entre filas de captadores y por otro, la separación con cualquier elemento interior a la cubierta del edificio que pueda proyectar sombra. La distancia de separación entre filas de captadores debe ser suficiente para que un obstáculo no proyecte sombras durante al menos 4 horas durante el día más desfavorable, el solsticio de invierno.

La distancia mínima entre dos hileras de captadores se puede calcular de la siguiente manera:

$$d = \frac{h}{\text{tg}(\alpha)}$$

$\text{tg}(\alpha)$ : altura solar, calculada para el día más desfavorable del año,  $\alpha=26,89^\circ$   
 $h$ : altura del captador, toma un valor de:  $h = L \cdot \text{sen}(s) = 1,06 \text{ m}$   
 $L$ : medida del largo del captador,  $1,4 \text{ m}$   
 $s=50^\circ$  de inclinación.

Finalmente, la distancia mínima entre hileras de captadores debe ser **de 2,1 m**.

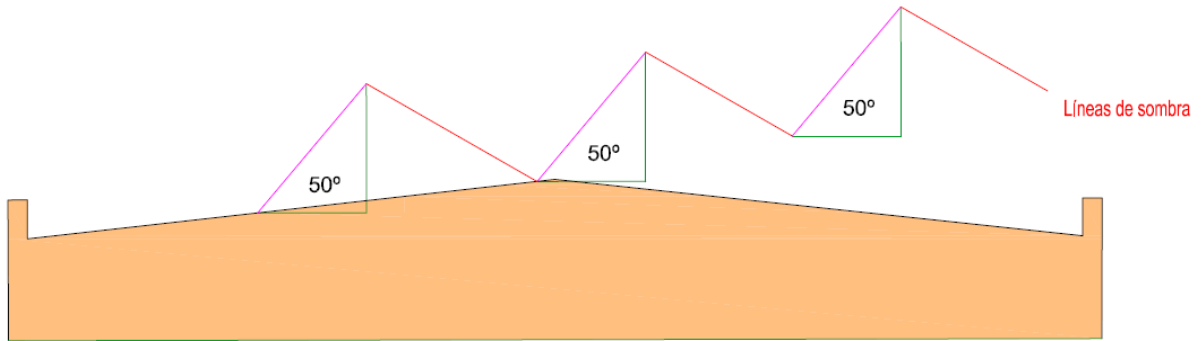


Figura 34: Líneas de sombra de las filas de captadores.

## 2.5.DIMENSIONADO DE LA RED DE TUBERÍAS EN EL CIRCUITO PRIMARIO.

### 2.5.1. Fluido de trabajo del circuito primario.

Para la selección del fluido que recorrerá el circuito primario, partiremos de las condiciones más desfavorables:

### 2.5.2.Caudal del circuito primario.

El catálogo de nuestro captador se puede observar que el caudal de ensayo es de:

$$G = 0,02 \text{ kg/s} \cdot \text{m}^2$$

El caudal de fluido que circula por el circuito de captación queda definido mediante la siguiente expresión:

$$M_B = \frac{G \cdot N \cdot A}{N_s}$$

Siendo

$N$ =número de captadores, igual a 90

$A$  = Área del captador, igual a 1,87

$G$  = caudal específico del captador solar

$N_s$  = número de captadores en serie, igual a 1

Se obtiene un caudal del circuito primario de **12118 l/h**. Sabiendo que el fluido utilizado es agua y su densidad vale  $1000 \text{ kg/m}^3$ , lo expresamos en las unidades adecuadas y obtenemos:

$$M_B = 3,37 \text{ kg/s}$$

### 2.5.3. Caída de presión en los captadores.

El catálogo de nuestro modelo de captador nos proporciona un ajuste cuadrático para la generación de la gráfica que representa la caída de presión que experimentan los captadores frente al caudal del fluido de trabajo los atraviesa. Se obtiene el caudal que atraviesa cada captador a partir del caudal específico y del área del captador, obteniendo un valor de 134,62 l/h:

$$\Delta p = 1,93 \cdot q^2 + 5,52 \cdot q = 22,1 \text{ mmca} = 216,8 \text{ Pa}$$

estando la presión en mm.ca y el caudal q en l/min.

### 2.5.4. Cálculo de la red de tuberías.

El dimensionado de la red de tuberías se basa en la técnica de retorno invertido, haciendo que la pérdida de presión en cada tramo sea similar y no sea necesario usar válvulas de equilibrado para regular el caudal que circula por cada captador.

Para el dimensionado de los diámetros de las tuberías se siguen una serie de recomendaciones técnicas proporcionadas por el IDAE:

- La velocidad en las tuberías no deberá sobrepasar los  $1.2 \text{ m/s}$ .
- La pérdida de carga por metro en las tuberías deberá encontrarse entre los  $200$  y los  $400 \text{ Pa/m}$

Para la resolución de este apartado emplearemos una función de Excel creada por el Francisco Coronel Toro, profesor de la Universidad de Sevilla, la cual proporciona la pérdida de presión por metro de tubería de la red de agua, solicitando como datos, temperatura del agua, material, diámetro de tubería y caudal de agua.

### ELECCIÓN DE LOS DIÁMETROS DE TUBERÍAS.

En algunos casos, se ha tenido que incumplir los límites establecidos en cuánto a pérdida de carga, debido a la limitación impuesta por los diámetros comerciales existentes en el mercado. Una vez conocidos los caudales que atraviesan cada tramo y los diámetros condicionantes, se realiza el cálculo de las velocidades y pérdidas de carga para la elección de los diámetros de las tuberías de cada tramo. Estos datos son recogidos en las siguientes tablas:

-Velocidad (m/s): Se calcula aplicando la fórmula:

$$V_W \left( \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right) = \frac{\pi \times D^2}{4} \times v \left( \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$$

D(“)	0,5	0,75	1	1,25	1,5	2	2,5
D(mm)/ V (l/h)	12,7	19,05	25,4	31,75	38,1	50,8	63,5
12656	27,75	12,334	6,938	4,44	3,08	1,734	1,11
8437,3	18,5	8,22	4,61	2,96	2,06	1,15	0,74
4218,6	11,4	4,11	2,313	1,48	1,028	0,578	0,43
2812,4	8,76	2,741	1,542	0,987	0,78	0,59	0,25
1757,8	6,71	1,45	1,002	0,66	0,57	0,46	0,17
1406,2	4,56	1,37	0,771	0,54	0,49	0,315	0,12
1054,7	2,31	1,028	0,578	0,47	0,36	0,285	0,19
703,1	1,542	0,685	0,52	0,35	0,275	0,198	0,076
351,56	0,925	0,411	0,71	0,16	0,098	0,065	0,032

Tabla 10: Velocidades a través de las distintas tuberías en función del caudal.

En la siguiente tabla resumen se aprecian los diámetros de tubería seleccionados para los tramos por los que pasa el caudal definido según el número de captadores que alimenta:

Para el caudal que alimenta a:	Diámetro de tubería (")
De 1 a 4 captadores	0,5
De 5 a 9 captadores	0,75
De 10 a 19 captadores	1
De 20 a 24 captadores	1,25
De 25 a 39 captadores	1,5
De 40 a 69 captadores	2
De 70 a 90 captadores	2,5

Tabla 11: Diámetro de tubería según el número de captadores alimentados.

- Presión (Pa/m): A partir del Excel se obtienen los siguientes resultados en función de los caudales, seleccionando así los valores pertenecientes al intervalo [200,400] Pa/m:

D(“)	0,5	0,75	1	1,25	1,5	2	2,5
D(mm)/ V (l/h)	12,7	19,05	25,4	31,75	38,1	50,8	63,5
12656	443490	59707	14616	4939,5	2042,9	509,8	174,3
8437,3	206795	28213	6959	2363	980	245,8	84,3
4218,6	57131	7952,3	1983	678	282,8	71,4	24,6
2812,4	27188	3932,6	958,1	329	137,6	34,9	12,1
1757,8	11596	1637	415,4	143,2	60,1	45,3	5,3
1406,2	7760	1107	280	96,6	40,6	10,4	3,6
1054,7	4638	665,4	168,8	58,1	24,6	6,3	2,2
703,11	2256	326,1	83,1	28,9	12,2	3,1	1,1
351,56	668	97,8	25,1	8,8	3,7	1	0,3

Tabla 12: Pérdida de presión a través de las distintas tuberías en función del caudal.

Nuestra instalación solar cuenta con 90 captadores en paralelo. Como se muestra en la figura 30, se pueden apreciar la forma en la que se encuentran agrupados: los diferentes tramos que se identifican en una instalación de 15 captadores en paralelo. Ésta, cuenta con un total de 58 tramos. Misma distribución se tiene en nuestro caso, existiendo en cada “fila” un total de 30 captadores, en los que habría 116 tramos. Para el total de 90 captadores, los tramos totales serían 348 tramos. Para cerrar el circuito además hacen falta añadir cuatro tramos más para cerrar el circuito. En total se obtendrían 352 tramos. Debido a la gran cantidad de ellos y a la dificultad en el cálculo, se supondrá que, cada 5 captadores, el caudal que entra al 1º de estos y sale por el último, (el 5º) es constante.

Por tanto, los “tramos” finalmente obtenidos serán 40, como se puede apreciar en la figura 31. Los tramos 41 y 42 corresponden con los de bajada y subida de la primera planta y los tramos 43 y 44 con los de la segunda. Éstos son tramos verticales ya que la sala de calderas se encuentra situada justo debajo de la situación de los captadores en la cubierta.

En la tabla 13 se muestran los tramos que componen el circuito primario y las características geométricas que los definen: longitud y diámetro, obtenidas a partir del caudal que lo atraviesa y las restricciones de velocidad y pérdida de carga.

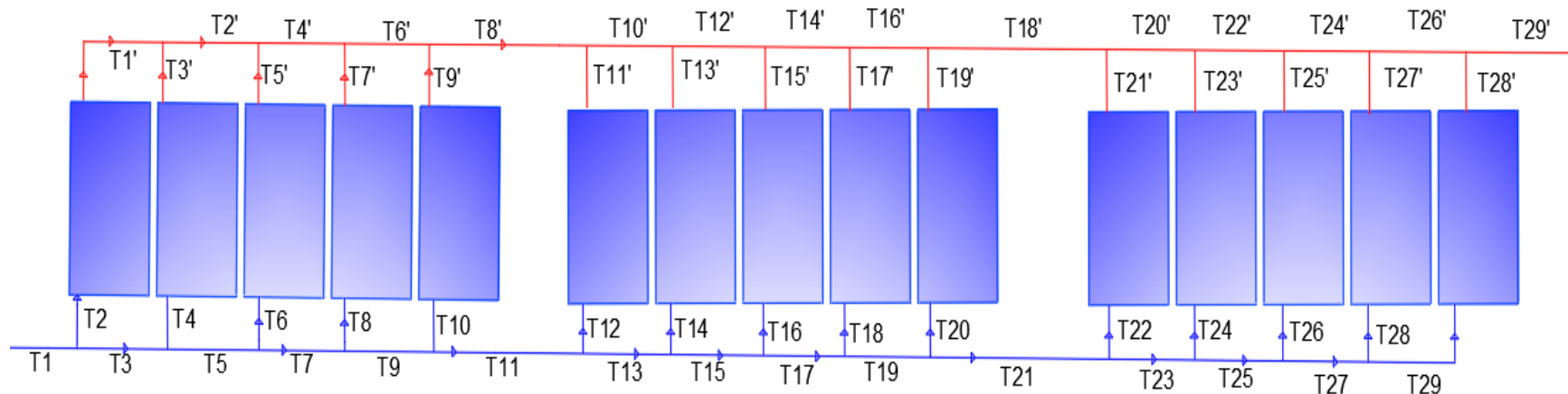


Figura 35: Tramos diferenciados en 15 captadores de la instalación.

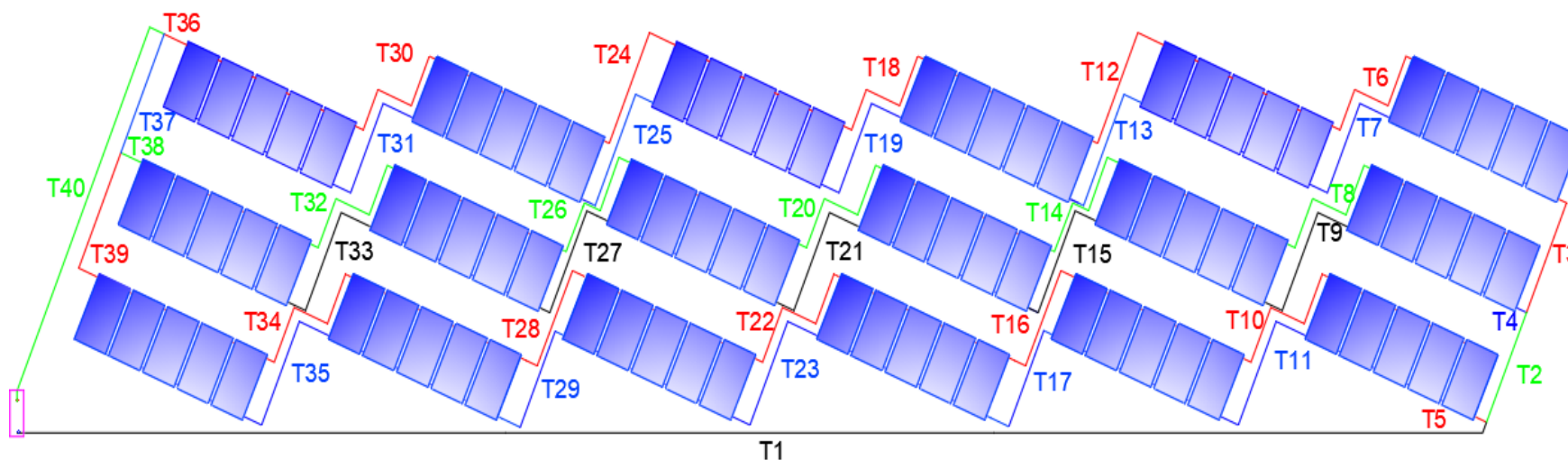


Figura 36: Tramos finalmente supuestos en el esquema de la instalación.



TRAMO	L (m)	Q (L/h)	D(“)	D(mm)	V (m/s)	$\Delta p$ (Pa/m)
1	43	12656	2,5	63,5	1,11	174,3
2	3,12	8437,3	2	50,8	1,15	245,8
3	3,4	4218,6	1,5	38,1	1,028	282,8
4	0,39	4218,6	1,5	38,1	1,028	282,8
5	0,33	4218,6	1,5	38,1	1,028	282,8
6	4,52	1757,8	1	25,4	1,002	415,4
7	4,46	1757,8	1	25,4	1,002	415,4
8	4,52	1757,8	1	25,4	1,002	415,4
9	4,46	1757,8	1	25,4	1,002	415,4
10	4,52	1757,8	1	25,4	1,002	415,4
11	4,46	1757,8	1	25,4	1,002	415,4
12	4,172	1406,2	1	25,4	0,771	280
13	4,18	1406,2	1	25,4	0,771	280
14	3,7	1406,2	1	25,4	0,771	280
15	3,91	1406,2	1	25,4	0,771	280
16	3,7	1406,2	1	25,4	0,771	280
17	3,73	1406,2	1	25,4	0,771	280
18	4,52	1054,7	0,75	19,05	0,959	665,4
19	4,46	1054,7	0,75	19,05	0,959	665,4
20	4,52	1054,7	0,75	19,05	0,959	665,4
21	4,46	1054,7	0,75	19,05	0,959	665,4
22	4,52	1054,7	0,75	19,05	0,959	665,4
23	4,46	1054,7	0,75	19,05	0,959	665,4
24	4,172	703,1	0,75	19,05	0,685	326,1
25	4,18	703,1	0,75	19,05	0,685	326,1
26	3,7	703,1	0,75	19,05	0,685	326,1
27	3,91	703,1	0,75	19,05	0,685	326,1
28	3,7	703,1	0,75	19,05	0,685	326,1
29	3,73	703,1	0,75	19,05	0,685	326,1
30	4,52	351,56	0,5	12,7	0,925	668
31	4,46	351,56	0,5	12,7	0,925	668
32	4,52	351,56	0,5	12,7	0,925	668
33	4,46	351,56	0,5	12,7	0,925	668
34	4,52	351,56	0,5	12,7	0,925	668
35	4,46	351,56	0,5	12,7	0,925	668
36	0,74	4218,6	1,5	38,1	1,028	282,8
37	3,38	8437,3	2	50,8	1,15	245,8
38	0,68	4218,6	1,5	38,1	1,028	282,8
39	3,88	4218,6	1,5	38,1	1,028	282,8
40	11,2	12656	2,5	63,5	1,11	174,3
41	3,75	12656	2,5	63,5	1,11	174,3
42	3,75	12656	2,5	63,5	1,11	174,3
43	3,3	12656	2,5	63,5	1,11	174,3
44	3,3	12656	2,5	63,5	1,11	174,3

Tabla 13: Dimensionado de las tuberías del circuito

### 2.5.5. PÉRDIDA DE CARGA EN LAS TUBERÍAS.

A continuación, se calcularán las pérdidas totales de la red para así poder dimensionar la bomba. La pérdida de carga total de la red de tuberías se calcula como:

$$\Delta p_{TOTAL} = \Delta p_{TUBERÍAS} + \Delta p_{ACCESORIOS} + \Delta p_{EQUIPOS}$$

1) **Pérdida de carga en la tubería:** sabiendo la longitud de la tubería y a partir de los datos de pérdida de carga (Pa/m) calculados en la tabla X, se obtiene la pérdida de carga en las tuberías.

$$\Delta p_{TUBERÍAS} = \Delta p \left( \frac{Pa}{m} \right) \cdot L_{TRAMO} (m)$$

Para la pérdida de carga de las tuberías del circuito primario se ha realizado en la hoja de cálculo, facilitando así notablemente los cálculos.

2) **Pérdida de carga en accesorios:** para el cálculo de la longitud equivalente de la pérdida de carga de los accesorios del circuito se ha utilizado la siguiente tabla, que proporciona la longitud equivalente relativa a cada accesorio en función del diámetro de la tubería.

Diámetro nominal (")	Codo 90°	Curva 90°	Curva 45°	Codo doble 180°	Curva doble 180°	T en ramas alineadas	T en rama derivada	Válvula esférica	Válvula de compuerta	Válvula en ángulo	Válvula de retención
1/4	0.07	0.07	0.04	0.07	0.07	0.05	0.17	2.13		0.68	0.33
3/8	0.12	0.12	0.06	0.12	0.12	0.08	0.28	3.53		1.12	0.55
1/2	0.17	0.16	0.09	0.17	0.17	0.11	0.40	5.01	0.17	1.59	0.80
3/4	0.29	0.26	0.15	0.29	0.27	0.17	0.66	8.05	0.27	2.56	1.34
1	0.40	0.36	0.21	0.40	0.37	0.24	0.92	11.11	0.37	3.52	1.93
1-1/4	0.52	0.46	0.27	0.52	0.47	0.31	1.19	14.09	0.46	4.47	2.55
1-1/2	0.64	0.56	0.33	0.64	0.57	0.37	1.45	16.96	0.55	5.38	3.20
2	0.87	0.74	0.46	0.87	0.74	0.49	1.98	22.27	0.70	7.06	4.57
2-1/2	1.10	0.89	0.59	1.10	0.90	0.59	2.48	26.95	0.83	8.56	6.01
3	1.32	1.03	0.72	1.32	1.03	0.68	2.96	31.01	0.91	9.86	7.52
3-1/2	1.53	1.14	0.85	1.53	1.14	0.76	3.40	34.48	0.97	10.99	9.07
4	1.73	1.24	0.97	1.73	1.22	0.83	3.83	37.46	1.00	11.99	10.68
5	2.10	1.38	1.22	2.10	1.35	0.92	4.60	42.32	0.98	13.71	14.00

Tabla 14: Pérdida de carga en los diferentes accesorios.

A continuación, se muestran los accesorios pertenecientes a cada tramo:

<b>T1</b>	1 curva	<b>T21</b>	<b>2 codos</b>
<b>T2</b>	1 T alineada	<b>T22</b>	4 codos
<b>T3</b>	1 T alineada, 1 codo	<b>T23</b>	2 codos
<b>T6</b>	3 codos	<b>T24</b>	2 codos
<b>T7</b>	2 codos	<b>T25</b>	2 codos
<b>T8</b>	4 codos	<b>T26</b>	4 codos
<b>T9</b>	2 codos	<b>T27</b>	2 codos
<b>T10</b>	4 codos	<b>T28</b>	2 codos
<b>T11</b>	2 codos	<b>T29</b>	2 codos
<b>T12</b>	2 codos	<b>T30</b>	3 codos
<b>T13</b>	2 codos	<b>T31</b>	2 codos
<b>T14</b>	4 codos	<b>T32</b>	4 codos
<b>T15</b>	2 codos	<b>T33</b>	2 codos
<b>T16</b>	2 codos	<b>T34</b>	4 codos

<b>T17</b>	2 codos	<b>T35</b>	2 codos
<b>T18</b>	3 codos	<b>T36</b>	1 T derivada
<b>T19</b>	2 codos	<b>T39</b>	1 codo, 1 T alineada
<b>T20</b>	4 codos	<b>T40</b>	1 codo

Tabla 15: Accesorios pertenecientes a cada tramo.

- 3) **Pérdida de carga en los equipos:** la pérdida de carga del intercambiador se asocia al tramo 1 y es obtenida a partir de la información de su catálogo, obtenido y mencionado en el apartado 2.6.

$$\Delta p_{\text{INTERCAMBIADOR}} = 29,2 \text{ kPa}$$

La pérdida de presión en los captadores ha sido calculada en el apartado 2.5.2, y para un captador tiene un valor de 0,23 kPa. El circuito de mayor pérdida de carga es el constituido por los tramos:

T1, T2, T3, T7, T13, T19, T25, T31, T6, T12, T18, T24, T30, T36, T40, con una pérdida de carga total de 98,8 kPa.

Finalmente, al introducir todos los datos en el archivo Excel se obtienen los resultados:

Tramo	V (L/h)	L (m)	D (")	Dp t (Pa/m)	L acc (m)	Dp t (kPa)	Dp acc (kPa)	Dp ut (kPa)	Dp tot (kPa)
T1	12656	43	2,5	174,3	0,9	7,5	0,2	29,2	36,9
T2	8437,3	3,12	2	245,8	0,5	0,8	0,1	0,0	0,9
T3	4218,6	3,4	1,5	282,8	1,01	1,0	0,3	1,2	2,4
T4	4218,6	0,39	1,5	282,8	0	0,1	0,0	1,2	1,3
T5	4218,6	0,33	1,5	282,8	0	0,1	0,0	1,2	1,3
T6	1757,8	4,52	1	415,4	1,2	1,9	0,5	1,2	3,6
T7	1757,8	4,46	1	415,4	0,8	1,9	0,3	1,2	3,4
T8	1757,8	4,52	1	415,4	1,6	1,9	0,7	1,2	3,7
T9	1757,8	4,46	1	415,4	0,8	1,9	0,3	1,2	3,4
T10	1757,8	4,52	1	415,4	1,6	1,9	0,7	1,2	3,7
T11	1757,8	4,46	1	415,4	0,8	1,9	0,3	1,2	3,4
T12	1406,2	4,172	1	280,0	0,8	1,2	0,2	1,2	2,6
T13	1406,2	4,18	1	280,0	0,8	1,2	0,2	1,2	2,6
T14	1406,2	3,7	1	280,0	1,6	1,0	0,4	1,2	2,7
T15	1406,2	2,5	1	280,0	0,8	0,7	0,2	1,2	2,1
T16	1406,2	11	1	280,0	0,8	3,1	0,2	1,2	4,5
T17	1406,2	10	1	280,0	0,8	2,8	0,2	1,2	4,2
T18	1054,7	10	0,75	665,4	0,9	6,7	0,6	1,2	8,5
T19	1054,7	11	0,75	665,4	0,58	7,3	0,4	1,2	8,9
T20	1054,7	2	0,75	665,4	1,16	1,3	0,8	1,2	3,3
T21	1054,7	11	0,75	665,4	0,58	7,3	0,4	1,2	8,9
T22	1054,7	10	0,75	665,4	1,16	6,7	0,8	1,2	8,6
T23	1054,7	2	0,75	665,4	0,58	1,3	0,4	1,2	2,9
T24	703,1	2,5	0,75	326,1	0,58	0,8	0,2	1,2	2,2
T25	703,1	14	0,75	326,1	0,58	4,6	0,2	1,2	6,0
T26	703,1	10	0,75	326,1	1,16	3,3	0,4	1,2	4,8
T27	703,1	3,91	0,75	326,1	0,58	1,3	0,2	1,2	2,7
T28	703,1	3,7	0,75	326,1	0,58	1,2	0,2	1,2	2,6
T29	703,1	3,73	0,75	326,1	0,58	1,2	0,2	1,2	2,6
T30	351,56	4,52	0,5	668,0	0,51	3,0	0,3	1,2	4,6
T31	351,56	4,46	0,5	668,0	0,34	3,0	0,2	1,2	4,4
T32	351,56	4,52	0,5	668,0	0,68	3,0	0,5	1,2	4,7
T33	351,56	4,46	0,5	668,0	0,34	3,0	0,2	1,2	4,4
T34	351,56	4,52	0,5	668,0	0,68	3,0	0,5	1,2	4,7
T35	351,56	4,46	0,5	668,0	0,34	3,0	0,2	1,2	4,4
T36	4218,6	0,74	1,5	282,8	0,37	0,2	0,1	1,2	1,5
T37	8437,3	3,38	2	245,8	0	0,8	0,0	0,0	0,8
T38	4218,6	0,68	1,5	282,8	0	0,2	0,0	1,2	1,4
T39	4218,6	3,88	1,5	282,8	1,01	1,1	0,3	1,2	2,6
T40	12656	11,2	2,5	174,3	1,1	2,0	0,2	0,0	2,1

Tabla 16: Cálculo de las pérdidas de carga totales de la instalación.

## 2.6.DIMENSIONADO DEL INTERCAMBIADOR.

Para el dimensionado del mismo el Código Técnico de la Edificación impone la siguiente entre el calor transferido y el área de intercambio:

$$Q_{INTERC}(W) \geq 500 \cdot A_{CAPTACIÓN}$$

Siendo

$$A_{CAPTACIÓN} = 175,78 \text{ m}^2$$

$$Q_{INTERC} \geq 87,9 \text{ kW}$$

La ecuación que relaciona el calor intercambiado con el salto de temperaturas en el intercambiador es conocida:

$$Q_{INTERC} = m_{PRIMARIO} \cdot C_P \cdot \Delta T$$

$m_{PRIMARIO}$ : caudal másico que circula por el circuito primario, 3,37 kg/s.

$C_P$ : capacidad calorífica del fluido primario,  $4,18 \text{ kJ}/\text{kg} \cdot \text{K}$ .

El salto térmico que experimenta el fluido a su paso por el intercambiador, hasta ahora desconocido, se obtiene a partir del cumplimiento de las exigencias del RITE:

$$\Delta T \geq 6 \text{ K}$$

El intercambiador seleccionado para la instalación es un intercambiador de placas soldado, el modelo **T5MFG** del fabricante **Salvador Escoda S.A.** Cumple con la condición impuesta por el RITE y el salto de temperaturas que experimenta el fluido es de  $10^\circ\text{C}$ , mayor de 6. Todas las características técnicas se recogen en el apartado 1.8.3.

Potencia (kW)	Caudal primario (L/h)	Pérdida carga (mca)/(kPa)	Caudal secundario (L/h)	Pérdida carga (mca)/(kPa)
130	12700	2,98/ 29,2	8000	2,5/ 24,5

Tabla 17: Características técnicas del intercambiador.

## 2.7.DIMENSIONADO DE LA BOMBA DEL CIRCUITO PRIMARIO.

Para instalaciones cuyo área de captación excede los  $50 \text{ m}^2$ , el CTE establece que se han de instalar dos bombas idénticas en paralelo. Ésta debe elegirse en función del circuito de máxima pérdida de carga, que, como se ha calculado en el apartado 2.5.4, toma un valor de  $98,8 \text{ kPa}$ . La bomba elegida debe superar este valor. Además, debe ser capaz de vehicular el caudal máximo para la instalación, que en nuestro caso toma un valor de  $12118 \text{ L/h}$ . La bomba elegida es el modelo **MAGNA1/80/100** del fabricante Grundfos.

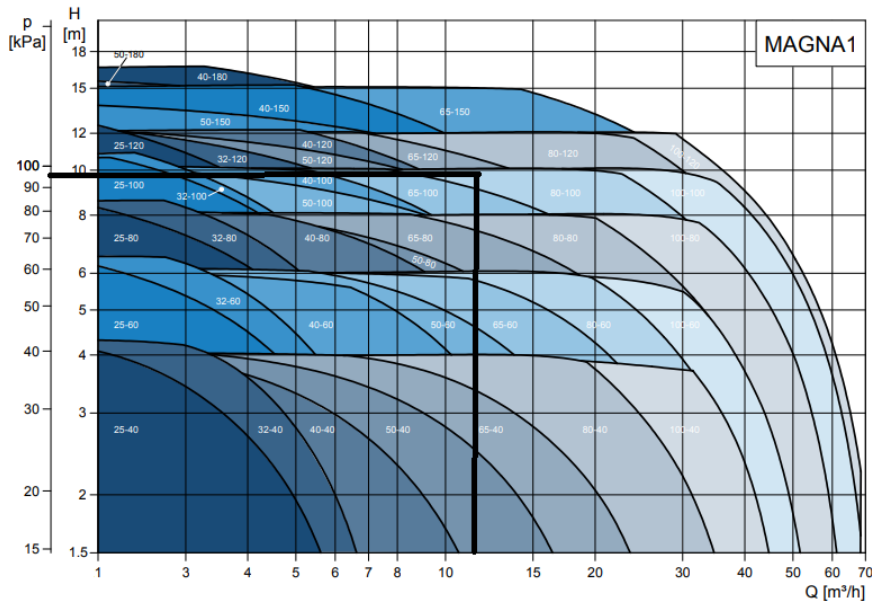


Figura 37: Selección de la bomba según el caudal primario y la pérdida de presión.

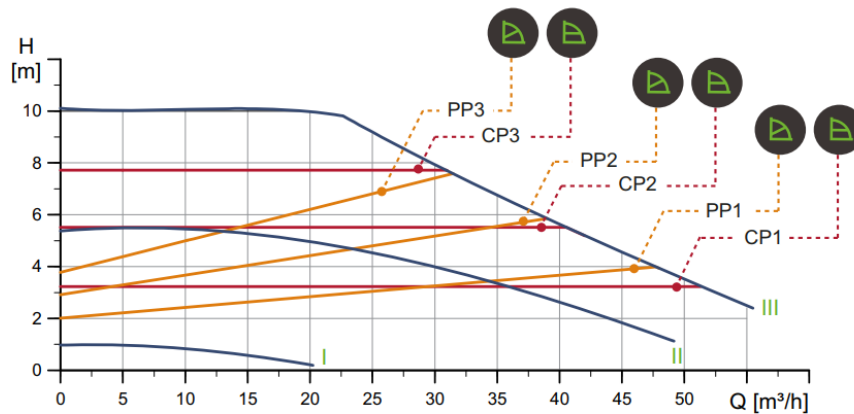


Figura 38: Curva característica bomba del circuito primario.

**2.8.DIMENSIONADO DEL VASO DE EXPANSIÓN DEL CIRCUITO PRIMARIO.**

En esta instalación, se debe colocar un vaso de expansión en el circuito primario, con el objetivo de absorber las variaciones de volumen del fluido al variar la temperatura, manteniendo la presión entre los límites que han sido establecidos y evitando pérdidas y reposiciones de agua. La normativa que rige este tipo de equipos es la norma UNE 100155: *Diseño y cálculos de sistemas de expansión*. También el RITE recomienda dicha norma en su instrucción LT 1.3.4.2.4. El volumen del vaso de expansión se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$V_{VASO} = V_{TOT} \cdot C_P \cdot C_e$$

$C_e$ : coeficiente de expansión del fluido con un factor de seguridad del 10%

$C_P$ : coeficiente de presión

$V_{TOT}$ : volumen del circuito primario

Se calculará el volumen del circuito primario como la suma de todo el volumen de todos los tramos mas el volumen contenido en cada captador. Como se expresa en el catálogo, este valor es de 1,2 litros. Así se calcula un volumen total del circuito primario de 432,5 L.

TRAMOS	L (m)	Q (L/h)	D (")	V (L)
1	43	12656	2,5	136,6
2	3,12	8437,3	2	6,3
3	3,4	4218,6	1,5	3,9
4	0,39	4218,6	1,5	0,446
5	0,33	4218,6	1,5	0,42
6	4,52	1757,8	1	2,29
7	4,46	1757,8	1	2,26
8	4,52	1757,8	1	2,29
9	4,46	1757,8	1	2,26
10	4,52	1757,8	1	2,29
11	4,46	1757,8	1	2,26
12	4,172	1406,2	1	2,11
13	4,18	1406,2	1	2,14
14	3,7	1406,2	1	1,87
15	3,91	1406,2	1	1,9
16	3,7	1406,2	1	1,87
17	3,73	1406,2	1	1,87
18	4,52	1054,7	0,75	1,42
19	4,46	1054,7	0,75	1,4
20	4,52	1054,7	0,75	1,42
21	4,46	1054,7	0,75	1,4
22	4,52	1054,7	0,75	1,42
23	4,46	1054,7	0,75	1,4
24	4,172	703,1	0,75	1,31
25	4,18	703,1	0,75	1,31
26	3,7	703,1	0,75	1,16
27	3,91	703,1	0,75	1,23
28	3,7	703,1	0,75	1,16
29	3,73	703,1	0,75	1,16
30	4,52	351,56	0,5	0,51
31	4,46	351,56	0,5	0,5
32	4,52	351,56	0,5	0,51
33	4,46	351,56	0,5	0,5
34	4,52	351,56	0,5	0,51
35	4,46	351,56	0,5	0,5
36	0,74	4218,6	1,5	0,85
37	3,38	8437,3	2	6,85
38	0,68	4218,6	1,5	0,78
39	3,88	4218,6	1,5	4,45
40	11,2	12656	2,5	35,6
41	3,75	12656	2,5	11,9
42	3,75	12656	2,5	11,9
43	3,3	12656	2,5	10,5
44	3,3	12656	2,5	10,5
<b>Captadores</b>			(1,2 L * 90	108

			capt)	
<b>Intercambiador</b>				1
<b>Total</b>				394,23
<b>Total (Coeficiente de seguridad)</b>				432,5

Tabla 18: Cálculo del volumen total.

El coeficiente de expansión se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$C_e = (-1,75 + 0,064 \cdot T + 0,0036 \cdot T^2) \cdot 0,001 \cdot f_c$$

Donde:

$$a = -0,0134 \cdot (G^2 - 143,8 \cdot G + 1918,2) = 7,4745$$

$$b = 3,5 \cdot 10^{-4} \cdot (G^2 - 94,57 \cdot G + 500) = -0,347$$

$$f_c = a \cdot (1,8 \cdot T + 32)^b$$

$$G = 20$$

T: temperatura del tramo del vaso de expansión, 60°C.

$f_c$ : factor de corrección mezcla agua glicol.

G: porcentaje de glicol en agua.

$$C_e = 0,015 \cdot 1,35 = 0,02$$

El coeficiente de presión se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$C_p = \frac{P_{m\acute{a}x}}{P_{m\acute{a}x} - P_{m\acute{i}n}} = 1,283$$

$P_{m\acute{a}x}$ : es la presión máxima del circuito, en este caso 10 bar.

$P_{m\acute{i}n}$ : la presión mínima es la presión estática existente entre el punto más alto y la situación del vaso de expansión. Al ser ésta una diferencia de cota de 7,05 metros, la presión estática toma un valor de 0,705 bar manométricos, que, en términos de presión absoluta y teniendo en cuenta un coeficiente de seguridad de 0,5, toma un valor de 2,205 bar.

$$V_{VASO} = V_{TOT} \cdot C_p \cdot C_e = 432,5 \cdot 1,283 \cdot 0,02 = 11,1 \text{ litros}$$

Finalmente, se obtiene un valor del volumen del vaso de expansión de 11,1 litros. El vaso de expansión elegido es el modelo **12/SMF** del fabricante **IBAIONDO S.A**, con una capacidad de 12 litros.

## 2.9. DIMENSIONADO DE LA BOMBA DEL SECUNDARIO.

El circuito secundario está formado por un conjunto de tuberías que conectan el grupo de bombeo del secundario con el intercambiador y los depósitos de acumulación. La bomba del circuito secundario ha de ser capaz de mover el caudal correspondiente al caudal simultáneo calculado en el apartado 2.10.1. Ésta toma un valor de 1,737 L/s, que es igual a 6264 L/h. La longitud total de tuberías necesaria es de 16,5 m, con un total de 5 codos a 90°. Se dimensiona el diámetro para que la pérdida de carga por metro de tubería sea menor de 40 mmca., por lo que se escoge un diámetro de 1,25". Sumando la pérdida de carga en el intercambiador, se obtiene una pérdida de carga total del secundario de 2,97 m.c.a.

La bomba elegida para mover el caudal del circuito secundario es el modelo Wilo-Yonos PICO-D, del fabricante Wilo.

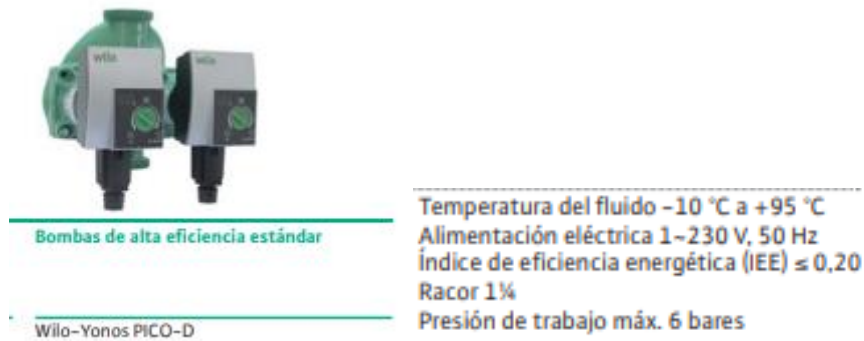


Figura 39: Datos técnicos de la bomba.

## 2.10. DISEÑO DEL EQUIPO AUXILIAR.

Es necesario el diseño de un equipo auxiliar que aporte energía en las situaciones en las que la demanda no sea cubierta en su totalidad por la energía térmica obtenida a través del sol. Esta instalación será utilizada exclusivamente en estos casos, siempre dándose prioridad a la energía captada del sol. El caudal que debe suministrar coincide con caudal simultáneo, y toma un valor de 6264 L/h. Se calcula el dimensionado de la red de tuberías, y se obtiene una longitud de tuberías de 14,3 m y un diámetro de 1,5 pulgadas. Las tuberías deben contar con aislamiento. La bomba que mueva el sistema auxiliar reúne las mismas características que la bomba del circuito secundario, con lo que se usa el mismo modelo. Los sensores de temperatura del sistema de control tras los acumuladores informan sobre la necesidad de la utilización del equipo auxiliar.

### 2.10.1. Dimensionado del interacumulador auxiliar.

En el documento básico HS: Salubridad del Código Técnico de la Edificación, sección HS4, se recoge el cálculo del suministro de agua. La instalación debe suministrar a los aparatos y equipos del equipamiento higiénico los caudales que figuran en la tabla 19.

Tipo de aparato	Caudal instantáneo mínimo de agua fría [dm <sup>3</sup> /s]	Caudal instantáneo mínimo de ACS [dm <sup>3</sup> /s]
Lavamanos	0,05	0,03
Lavabo	0,10	0,065
Ducha	0,20	0,10
Bañera de 1,40 m o más	0,30	0,20
Bañera de menos de 1,40 m	0,20	0,15
Bidé	0,10	0,065
Inodoro con cisterna	0,10	-
Inodoro con fluxor	1,25	-
Urinarios con grifo temporizado	0,15	-
Urinarios con cisterna (c/u)	0,04	-
Fregadero doméstico	0,20	0,10
Fregadero no doméstico	0,30	0,20
Lavavajillas doméstico	0,15	0,10
Lavavajillas industrial (20 servicios)	0,25	0,20
Lavadero	0,20	0,10
Lavadora doméstica	0,20	0,15
Lavadora industrial (8 kg)	0,60	0,40
Grifo aislado	0,15	0,10
Grifo garaje	0,20	-
Vertedero	0,20	-

Tabla 19: Caudal instantáneo mínimo para cada tipo de aparato.



A continuación, se calcula la suma de caudales mínimos de los diferentes aparatos de consumo que se dan instantáneamente, obteniendo un caudal total instalado de 5,56 L/s, como se muestra en la tabla inferior.

	Lavabo	Ducha	Inodoro con cisterna	Fregadero doméstico	Lavavajillas doméstico
<b>Caudal ACS (l/s)</b>	0,065	0,1	-	0,1	0,1
<b>Cantidad</b>	24	30	36	5	5
<b>Total</b>	1,56	3	-	0,5	0,5
<b>Sumatorio</b>	5,56				

Tabla 20: Cálculo del caudal total instalado.

Según el apartado 5 de la Norma UNE 149201:2008, el caudal simultaneo se calcula a partir de las siguientes fórmulas:

Tipo de Edificación	$Q_t > 20 \text{ l/s}$	$Q_t \leq 20 \text{ l/s}$		
		Si todo $Q_{\min} < 0,5 \text{ l/s}$	Si algún $Q_{\min} \geq 0,5 \text{ l/s}$	
			$Q_t \leq 1 \text{ l/s}$	$Q_t > 1 \text{ l/s}$
Edificios de viviendas	$Q_c = 1,7 \times (Q_t)^{0,21} - 0,7$	$Q_c = 0,682 \times (Q_t)^{0,45} - 0,14$	$Q_c = Q_t$	$Q_c = 1,7 \times (Q_t)^{0,21} - 0,7$
Edificios de oficinas, estaciones, aeropuertos	$Q_c = 0,4 \times (Q_t)^{0,54} + 0,48$			

Tabla 21: Norma UNE 149201.

Empleando la siguiente formula:  $Q_c = 1,7 \cdot Q_T^{0,21} - 0,7 = 1,737 \text{ L/s}$

Donde  $Q_T$ : caudal total instalado, 5,56 L/s.

El volumen de acumulación se determina suponiendo un tiempo de utilización de media hora:

$$V_{ACUM} = Q_c \cdot 30 \text{ min} \cdot \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 3128 \text{ L}$$

Se elige el modelo **MXV3500-RB** del fabricante **LAPESA**, con capacidad de 3500 L.

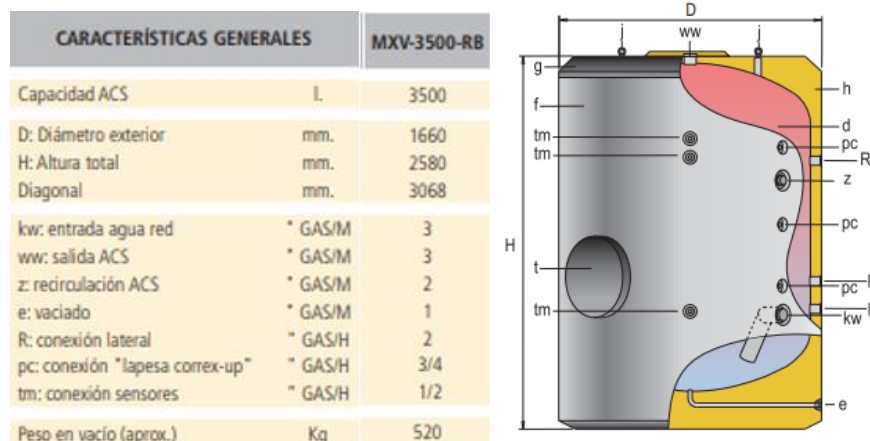


Figura 40: Características del depósito auxiliar.

### 2.10.2. Dimensionado de la caldera auxiliar.

La potencia aportada por la caldera se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$P_{\text{ÚTIL}} = V_{\text{ACUM}} \cdot C_P \cdot \frac{T_{\text{ACS}} - T_{\text{af}}}{t_{\text{prep}}} = 185,2 \text{ kW}$$

$V_{\text{ACUM}}$ : volumen del depósito auxiliar, 3128 L.

$C_P$ : calor específico del agua,  $4,18 \text{ kJ}/\text{kg} \cdot \text{K}$

$T_{\text{af}}$ : temperatura del agua fría más desfavorable,  $9^\circ\text{C}$ .

$T_{\text{ACS}}$ : temperatura del agua caliente sanitaria,  $60^\circ\text{C}$ .

$t_{\text{prep}}$ : tiempo de preparación, se supone 1 hora.

Se aplicará un coeficiente de seguridad de 1,3 debido a las pérdidas térmicas a través de las tuberías y en el almacenamiento del fluido, situando la instalación en el lado de la seguridad. Por tanto, la potencia de la caldera debe ser de:

$$P_{\text{ÚTIL}} = 240,8 \text{ kW}$$

Se selecciona el modelo **ADI/CD/250** del fabricante **ADISA Heating**, que utiliza gas natural como combustible. Éste es almacenado en un tanque enterrado en el límite de la parcela, por lo que no afecta a la distribución de la sala de máquinas. Sus especificaciones técnicas son las expuestas en la siguiente tabla:

Potencia máx T=40°C (kW)	Potencia máx T=70°C (kW)	Potencia máx T=40°C (kW)	Peso sin agua (kg)	Volumen de agua (L)	Código
244,7	241	77,4	350	90	508411

Tabla 22: Características técnicas de la caldera auxiliar.



Figura 41: Caldera ADI/CD

## 2.11. CÁLCULO DE LOS ESPESORES DE AISLAMIENTO.

En el apartado IT 1.2.4.2.1. del RITE: *Aislamiento térmico de redes de tuberías*, se obtiene el espesor de aislamiento en milímetros a partir de la siguiente tabla y en función del diámetro exterior de la tubería y la temperatura máxima del fluido que pasa por ella. Solo se deben aislar las tuberías del circuito primario, que circular por el exterior del edificio. Los equipos ya constan de aislamiento propio. Así se obtiene un espesor de **40 mm** para todas las tuberías al estar comprendidos sus diámetros entre 35 y 60 mm, a excepción de los tramos 41, 42, 43, 44, que, al circular por el interior del edificio necesitan un aislamiento de **30 mm**.

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

*Tabla 23: Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías que transportan fluidos calientes por el interior de edificios.*

## 2.12. SELECCIÓN DE ACCESORIOS.

Para el **circuito primario** se necesitan accesorios que protegen los distintos elementos de la instalación y que optimizan su funcionamiento. Se necesitan son los siguientes:

- **Purgadores de aire**, para la eliminación del aire en el interior de la instalación que dificulten la circulación del fluido. Se dispondrá de un purgador a la salida del vaso de expansión, y a la salida del campo de captadores, además de dos purgadores por cada fila de captadores, siendo un total de 8 purgadores.
- **Válvulas de corte**, para poder parar la instalación en cualquier momento y hacer reparaciones en caso de que se quiera sustituir algún elemento de la instalación, por lo que se colocarán a entrada y salida de caudal que circula por ellos.
- **Válvulas de seguridad**, para evitar riesgo de sobrepresión y explosión. Garantiza que en el cualquier punto del circuito no se superará la presión máxima de trabajo en cada uno de los componentes. La descarga de las válvulas de seguridad se realizará mediante escape conducido a desagüe. Junto a la válvula de seguridad se instalará un manómetro que permita verificar la presión del circuito.
- **Válvulas de retorno**. en la impulsión de la bomba de circulación, para evitar la posibilidad de circulación inversa.
- **Filtros mecánicos de partículas para el agua de aporte**, de dimensiones comprendidas entre 80µm y 150µm. Debe situarse en la entrada del agua de consumo después de la llave de corte general.
- **Instalación de llenado y vaciado**. Se deberá prever una conexión para el llenado y la eventual reposición del fluido caloportador.

### **2.13. SISTEMA DE CONTROL**

El **sistema de control** se encarga de mantener el correcto funcionamiento de la instalación y su protección en condiciones no comunes. El control que existe sobre el conjunto de captadores solares es efectuado a través de un termostato diferencial. Este dispositivo contiene una serie de sensores a la salida de los captadores solares para el circuito primario y de los depósitos acumuladores del circuito secundario y auxiliar. Este se encarga del accionamiento y parada las bombas del circuito solar primario en función de la diferencia de temperatura que existe a la salida de agua caliente del campo de captadores y la parte inferior del primer acumulador solar. Debe asegurar que las bombas de circulación se detienen cuando la diferencia de temperaturas es menor de **2°C**, y que se active cuando sea mayor que **6°C**.

La temperatura debe ser siempre inferior a la máxima soportada por los materiales, pero nunca menor que la de congelación del fluido de la instalación, por lo que el fluido debe mantenerse al menos 3°C por encima de su temperatura de congelación. El control de temperatura debe situarse en la parte superior de los captadores, ya que es la máxima temperatura posible del circuito de captación. En el acumulador, sin embargo, se situará en la parte inferior.

Se debe evitar que el fluido caloportador circule por los captadores en horas sin radiación, ya que esto llevaría a una disminución de la energía acumulada en los depósitos. Además, se evitará un excesivo número de arranques y paradas de las bombas, lo que llevaría a un aumento de consumo eléctrico y a una disminución de la vida útil de dichas bombas.

El control del grupo de bombeo del circuito secundario se ha diseñado para arrancar al mismo tiempo que el grupo de bombeo del circuito primario.

Para poder lograr la optimización el uso del sistema auxiliar y su utilización en los casos estrictamente necesarios se emplea el sensor a la salida del acumulador, que informará sobre la necesidad de su empleo. Concretamente, cuando dicho sensor marque una temperatura menor a la temperatura de consumo (50°C) más un incremento de 5°C, será necesario la intervención del sistema de apoyo. El sistema auxiliar se desconecta cuando la temperatura en el depósito es superior a la temperatura de consumo más el incremento de 5°C, al suponer pérdidas térmicas en la red de distribución.



## 3. PLIEGO DE CONDICIONES.

### 3.1. OBJETO

El presente pliego de condiciones técnicas fija los criterios generales del proyecto de instalación de captadores solares planos para la producción de agua caliente sanitaria en una residencia de estudiantes situada en la localidad de Andújar (Jaén).

Habrán de definirse los equipos y materiales utilizados, montajes de los equipos, además de las pruebas y ensayos parciales a realizar, detallándose también su mantenimiento.

### 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.
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITE). Real Decreto 1027/2007 de 20 de Julio.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) y sus instrucciones Complementarias MI.BT, incluidas las hojas de interpretación.
- Código Técnico de la Edificación -Acciones en la Edificación (CTE-DB-AE).
- Código Técnico de la Edificación – Protección frente al ruido (CTE-DB-HR) .
- Código Técnico de la Edificación – Seguridad en caso de incendio (CTE-DB-SI).
- Norma UNE-EN 12975-1:2006. “Sistemas solares térmicos y componentes. Captadores solares.”
- Igualmente, se cumplirá con toda la normativa de carácter regional y local (Ordenanzas, etc.).
- Aparte de la Normativa de carácter obligatorio antes mencionada, se utilizarán otras normas como las UNE de la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), normas NTE del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo o de las Compañías suministradoras de energía eléctrica, etc. En ocasiones, a falta de normativa Española, podrán utilizarse de organismos internacionales, 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.

En los distintos circuitos cerrados de la instalación podrán utilizarse 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 EN1057. 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 aplicará 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.

### **3.3.1. Accesorios.**

#### **3.3.1.1. 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 las recomendaciones del Reglamento E Instrucciones Técnicas correspondientes.

La situación será siempre 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 30' 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.

#### **3.3.1.2. Juntas.**

No se utilizará amianto. La presión nominal mínima será PN-10, y soportarán temperaturas de hasta 200°C.

#### **3.3.1.3. Lubricante de roscas.**

General: no endurecedor, no venenoso.

#### **3.3.1.4. Acoplamiento dieléctricos o latiguillos.**

Se incluirán acoplamiento dieléctricos o latiguillos en las uniones entre cobre y acero o fundición, tanto en la conducción de impulsión, como en el retorno.

#### **3.3.1.5. Derivaciones.**

Para las derivaciones se pueden usar empalmes soldados. Todas las aberturas realizadas a las tuberías se harán con precisión para lograr intersecciones perfectamente acabadas.

#### **3.3.1.6. Codos en bombas.**

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

#### **3.3.1.7. Sombretetes.**

Se incluirá la protección adecuada para cada una de las tuberías que pasen a través del tejado de acuerdo a las instrucciones de la Dirección Facultativa.

#### **3.3.1.8. Guías.**

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

#### **3.3.1.9. Termómetros.**

Los termómetros serán de mercurio en vidrio, con una escala adecuada para el servicio (divisiones de  $\frac{1}{2}$  grado) dentro de una caja metálica protectora con ventana de vidrio, instalados de modo que su lectura sea sencilla.

#### **3.3.1.10. 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, esté 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.

#### **3.3.1.11. Válvulas de seguridad.**

Se incluirán todas las válvulas de seguridad indicadas, o necesarias (de tarado adecuado) 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.

#### **3.3.1.12. Purgadores de aire.**

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.

#### **3.3.1.13. Vaciados.**

Los vaciados, purgadores, válvulas de seguridad, reboses, se dirigirán al sumidero o desagüe más cercano. En cualquier caso, se adoptaran las medidas oportunas para evitar que una descarga accidental produzca daños o desperfectos. Se suministrarán las válvulas de vaciado que sean necesarias para el vaciado completo de todas las tuberías y equipos.



### 3.3.1.14. 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.

### 3.3.2. Válvulas.

#### 3.3.2.1. Generalidades.

Las válvulas llevarán 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:

- Para aislamiento: válvulas de esfera.
- Para equilibrado de circuitos: válvulas de asiento.
- Para vaciado: válvulas de esfera o de macho.
- Para llenado: válvulas de esfera.
- Para purga de aire: válvulas de esfera o de macho.
- Para seguridad: válvula de resorte.
- Para retención: válvulas de disco, de capeta o de muelle (disco partido).

Las válvulas de seguridad, por su importante función, deberían 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.

#### 3.3.2.2. Materiales.

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

##### (a) Válvulas a esfera.

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

##### (b) 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.

##### (c) 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.

##### (d) Válvulas de esfera o de macho.

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

**(e) Válvulas de retención de muelle.**

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

**(f) 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.

**3.3.3. 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 esté 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.

**3.3.4. 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 de expansión utilizados en los circuitos primarios tengan una temperatura máxima de funcionamiento superior a 100°C pero, en cualquier caso, se adoptarán 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.

**3.3.5. 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 descarga.
- 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.

### 3.3.6. Captadores

#### 3.3.6.1. Generalidades

El captador llevara 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 de 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 se utilicen captadores solares que se ajusten a las siguientes características técnicas:

- Material de la cubierta transparente: vidrio templado de espesor no inferior a 3 mm y transividad 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. A estos efectos, es importante señalar que la función de rendimiento del captador siempre está relacionada con una superficie útil y un caudal de ensayo.

### 3.3.6.2. 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.

### 3.3.6.3. 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.

### 3.3.7. 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 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  $3^{\circ}\text{C}$ .
- El sistema de control incluirá señalizaciones luminosas de alimentación del sistema de funcionamiento de las bombas.

### 3.3.8. 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.

### 3.3.8.1. 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.

### 3.3.8.2. 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 totalización.
- Presión máxima de trabajo.
- Dimensiones.
- Diámetro y tipo de las conexiones.
- Pérdida de carga en función del caudal.

La medida de caudales de líquidos se realizara 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.

### 3.3.8.3. Medida de energía térmica.

Los contadores de energía térmica estarán constituidos 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 temperaturas por el caudal instantáneo de agua y su peso específico. La integración en el tiempo de estas cantidades proporcionará la cantidad de energía.

### 3.3.9. Acumuladores.

El acumulador seleccionado deberá especificar el tipo y las siguientes características técnicas:

- Volumen cubicado real.
- Principales dimensiones.
- Presión de máximo trabajo.
- Situación y diámetro de las bocas de conexión.
- Situación y especificación 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 los siguientes datos:

- Nombre del fabricante y razón social.
- Contraseña y fecha de registro de tipo.
- Numero 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 último y podrá ser de tipo sumergido o de doble envolvente. El intercambiador sumergido podrá ser de serpentín o de haz tubular.

### **3.3.10. 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.

#### **3.3.10.1. Intercambiadores externos.**

El intercambiador llevara 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 DEL MATERIAL.**

Los componentes instalados deberán ser de marcas acreditadas y en su caso homologados, para que ofrezca 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 desembalados deban quedarse temporalmente a la intemperie, se colocaran con un Angulo mínimo de 20° y máximo de 80°.

### **3.5.CONDICIONES DE MONTAJE.**

Las condiciones de montajes serán las indicadas por los fabricantes de los diferentes materiales, aparatos o equipos. La instalación de las distintas partes de la obra se realizara 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.

#### **3.6.2.1. Pruebas 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.

#### **3.6.2.2. 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 a UNE-EN 14336:2005, en función del tipo de fluido transportado.

#### **3.6.2.3. 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 comprobara 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 realizaran 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. Ajustes y equilibrado.**

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.

### **3.6.5.Sistemas 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.

### **3.6.6. 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.

### **3.6.7.Recepción.**

#### **3.6.7.1. 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.

### **3.6.7.2. 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.**

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 correctivo.

### **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.

Puede ser llevado a cabo por el usuario.

Según el Documento Básico Ahorro de Energía HE4 del CTE Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria, la siguiente tabla resume las operaciones a realizar del plan de vigilancia:

Elemento de la instalación	Operación	Frecuencia (meses)	Descripción
<b>CAPTADORES</b>	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.
<b>CIRCUITO PRIMARIO</b>	Tubería, aislamiento y sistema de llenado	6	IV Ausencia de humedad y fugas.
	Purgador manual	3	Vaciar el aire del botellín
<b>CIRCUITO SECUNDARIO</b>	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 inferior del depósito.

IV: inspección visual

Tabla 24: Plan de vigilancia.

### 3.7.2. Mantenimiento preventivo.

El plan de mantenimiento ha de incluir todas las operaciones de mantenimiento necesarias para que el sistema funcione correctamente durante su vida útil.

El mantenimiento preventivo implicará 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 implicará, como mínimo, una revisión anual de la instalación para instalaciones con área de apertura de captación inferior a 20 m<sup>2</sup> y una revisión cada seis meses para instalaciones superiores a 20 m<sup>2</sup>.

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.

Según el Documento Básico Ahorro de Energía HE4 del CTE, Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria, las siguientes tablas resumen las operaciones a realizar, individualizadas por sistema funcional, del plan de mantenimiento:

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
<b>Captadores</b>	6	IV diferencias sobre original
<b>Cristales</b>	6	IV diferencias entre <i>captadores</i>
<b>Juntas</b>	6	IV condensaciones y suciedad
<b>Absorbedor</b>	6	IV agrietamientos, deformaciones
<b>Carcasa</b>	6	IV corrosión, deformaciones
<b>Conexiones</b>	6	IV deformación, oscilaciones, ventanas de respiración
<b>Estructura</b>	6	IV aparición de fugas
<b>Captadores*</b>	6	IV degradación, indicios de corrosión, y apriete de tornillos
<b>Captadores*</b>	12	Tapado parcial del campo de <i>captadores</i>
<b>Captadores*</b>	12	Destapado parcial del campo de <i>captadores</i>
<b>Captadores*</b>	12	Vaciado parcial del campo de <i>captadores</i>
<b>Captadores*</b>	12	Llenado parcial del campo de <i>captadores</i>

\* Operaciones a realizar en el caso de optar por las medidas b) o c) del apartado 2.2.2 párrafo 2.  
IV: inspección visual

*Tabla 25: Plan de mantenimiento. Sistema de captación. Captadores.*

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

IV: inspección visual

*Tabla 26: Plan de mantenimiento. Sistema de acumulación.*

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
<b>Intercambiador de placas</b>	12	CF eficiencia y prestaciones
	12	Limpieza
<b>Intercambiador de serpentín</b>	12	CF eficiencia y prestaciones
	12	Limpieza

CF: control de funcionamiento

*Tabla 27: Plan de mantenimiento. Sistema de intercambio.*

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
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

IV: inspección visual  
CF: control de funcionamiento

Tabla 28: Plan de mantenimiento. Sistema de captación. Red y fluidos refrigerantes.

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Cuadro eléctrico	12	Comprobar que está siempre bien cerrado para que no entre polvo
Control diferencial	12	CF actuación
Termostato	12	CF actuación
Verificación del sistema de medida	12	CF actuación

CF: control de funcionamiento

Tabla 29: Plan de mantenimiento. Sistema eléctrico.

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Sistema auxiliar	12	CF actuación
Sondas de temperatura	12	CF actuación

CF: control de funcionamiento

Tabla 30: Plan de mantenimiento. 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. MEDICIONES Y PRESUPUESTO.

Código	Descripción	Uds.	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Medición	Precio	Presupuesto
--------	-------------	------	----------	---------	--------	-----------	----------	--------	-------------

**CAPÍTULO 001 SISTEMA DE CAPTACION**

<b>08NOC90001</b> 1.001	<b>u CAPTADOR SOLAR PLANO SUP. ABSORBEDORA 1,80 m</b> Captador solar de alto rendimiento para calentamiento de agua, bastidor de fibra de vidrio reforzada con polímeros, absorbedora en cobre, aislamiento de lana mineral de 50-60 mm de espesor, superficie útil 2,10 m <sup>2</sup> , área de apertura 1,87 m <sup>2</sup> , paso en vacío 31 kg, caudal recomendado 45 l/h m <sup>2</sup> , rendimiento térmico 79,7%, presión máxima de trabajo 10 kg/cm <sup>2</sup> , k50 0,94, largo total 1900 mm, ancho total 1090 mm fondo 90 mm, uniones mediante manguitos flexibles con abrazaderas de ajuste rápido; instalado según CTE e instrucciones del fabricante. Medida la cantidad ejecutada. Tipo PA-D de la marca CHROMAGEN ESPAÑA o similar.	90,00				90,00	90,00	576,61	51.894,90
<b>08NEE90015</b> 1.002	<b>u ESTRUCTURA INCLINADA CINCO COLECTORES MONT. HORIZONTAL</b> Estructura para superficie inclinada con capacidad para cinco colectores, montaje horizontal, montada mediante uniones atornilladas, adaptable a varias inclinaciones, atornillada a soporte, incluso p.p de ayudas de albañilería y pequeño material; instalado según CTE e instrucciones del fabricante. Medida la cantidad ejecutada.	18,00				18,00	18,00	921,90	16.594,20
<b>08NOW90001</b> 1.003	<b>I FLUIDO CALOPORTADOR PARA CIR. CAPTADOR SOLAR</b> Carga de fluido caloportador tipo, para circuito de captador solares. Medido el volumen ejecutado.	432,54				432,54	432,54	7,46	3.226,75
<b>TOTAL CAPÍTULO 001 SISTEMA DE CAPTACION. ....</b>								<b>71.715,85</b>	

Código	Descripción	Uds.	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Medición	Precio	Presupuesto
--------	-------------	------	----------	---------	--------	-----------	----------	--------	-------------

**CAPÍTULO 002 SISTEMA DE ACUMULACION**

**08NAA90005 u ACUMULADOR SOLAR SIN SERPENTÍN DE CAPACIDAD 3000 LITROS.**

2.001 Instalación de depósito de agua caliente sanitaria de capacidad 3000 litros, fabricado en acero vitrificado, preparado para la producción de agua caliente sanitaria a través de intercambiador de placas, aislado térmicamente con espuma rígida de poliuretano inyectado en molde; incluso panel de control con termómetro para el A.C.S y p.p de mterial complementario Instalado según CTE e instrucciones del fabricante. Medida la cantidad ejecutada. Tipo MV-30000-I/IB de la marca LAPESA o similar.

4,00 4,00

4,00 3.952,25 15.809,00

**08NAA90003 u ACUMULADOR SOLAR SIN SERPENTÍN DE CAPACIDAD 1000 LITROS.**

2.002 Instalación de depósito de agua caliente sanitaria de capacidad 1000 litros, fabricado en acero vitrificado, preparado para la producción de agua caliente sanitaria a través de intercambiador de placas, aislado térmicamente con espuma rígida de poliuretano inyectado en molde; incluso panel de control con termómetro para el A.C.S y p.p de mterial complementario Instalado según CTE e instrucciones del fabricante. Medida la cantidad ejecutada. Tipo G-10000-IF de la marca LAPESA o similar.

1,00 1,00

1,00 1.514,47 1.514,47

**TOTAL CAPÍTULO 002 SISTEMA DE ACUMULACION. . . . . 17.323,47**



Código	Descripción	Uds.	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Medición	Precio	Presupuesto
--------	-------------	------	----------	---------	--------	-----------	----------	--------	-------------

**CAPÍTULO 003 SISTEMA DE INTERCAMBIO**

<b>08NII90101</b>	<b>u INTERCAMBIADOR INOX. TERMOSOLDADAS, 20 PLACAS, POTENCIA 25 k</b>								
3.001	Instalación de intercambiador de placas de acero inoxidable termosoldadas, de 23 placas y potencia 92,1 kW, áreas de transferencia 3,2 m2, caudal primero 8400 l/h, salto térmico 10°C, pérdida de carga en el primario 2,98 mca, pérdida de carga en el secundario 2,5 mca, presión máxima de trabajo 5 mca, con válvula de paso todo-nada controlada por presostato en circuito ,de consumo, incluso llaves de corte y aislamiento. Ejecutado según CTE. Medida la cantidad ejecutada. Tipo T5MFG23 de la marca SALVADOR ESCODA S.A. o similar.	1,00				1,00			
							1,00	1.180,24	1.180,24

**TOTAL CAPÍTULO 003 SISTEMA DE INTERCAMBIO. .... 1.180,24**

Código	Descripción	Uds.	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Medición	Precio	Presupuesto
--------	-------------	------	----------	---------	--------	-----------	----------	--------	-------------

**CAPÍTULO 004 SISTEMA HIDRAULICO**

<b>08NDD90002</b> 4.001	<b>u BOMBA CIRCULADORA EN SIST. SOLARES, 5 BARS, 110 °c</b> Instalación de bomba circuladora para energía solar, con cuerpo de bomba realizado en fundición tratado por cataforesis, componentes resistentes al glicol e impulsor resistente a la corrosión, presión máxima de trabajo 10 bars, tensión 230/50 Hz, rango de temperatura de líquido entre 2 a 110° C. Ejecutado según CTE. Medida la cantidad ejecutada. Tipo COMFORT PM de la marca GRUNDFOS o similar. circuito auxiliar	1,00				1,00	1,00	406,25	406,25
<b>08NDD90001</b> 4.002	<b>u BOMBA CIRCULADORA EN SIST. SOLARES, 5 BARS, 110 °C</b> Instalación de bomba circuladora para energía solar, con cuerpo de bomba realizado en fundición tratado por cataforesis, componentes resistentes al glicol e impulsor resistente a la corrosión, presión máxima de trabajo 16 bars. Tensión 230/50 Hz, rango de temperatura de líquido entre 2 a 110° C. Ejecutado según CTE. Medida la cantidad ejecutada. Tipo MAGNA 80/100 de la marca GRUNDFOS o similar. circuito primario circuito secundario	2,00 2,00				2,00 2,00	4,00	1.597,25	6.389,00
<b>08NRR90034</b> 4.003	<b>u VASO DE EXPANSION 12L PRESIÓN MÁX 8 BAR</b> Instalación de vaso de expansión de 12 litros y presión máxima 10 bar con una temperatura de trabajo de -10°C a +100°C, incluso p.p. material complementario y pequeño material. Ejecutada según CTE. Medida la cantidad ejecutada. Tipo 12/SMF de la marca IBAIONDO S. A. o similar.	1,00				1,00	1,00	148,61	148,61
<b>08NPP90003</b> 4.004	<b>m CANALIZACIÓN COBRE RECOCIDO 63.5 mm DIÁM.</b> Canalización, realizada con tubo de cobre recocido de 63.5 mm de diám. exterior y 1 mm de espesor, incluso p.p. de uniones, piezas especiales, grapas, pequeño material y ayudas de albañilería; construida según CTE y RITE. Medida la longitud ejecutada.	68,30				68,30	68,30	20,10	1.372,83
<b>08NPP90004</b> 4.005	<b>m CANALIZACIÓN COBRE RECOCIDO 50.8 mm DIÁM.</b> Canalización, realizada con tubo de cobre recocido de 50.8 mm de diám. exterior y 1 mm de espesor, incluso p.p. de uniones, piezas especiales, grapas, pequeño material y ayudas de albañilería; construida según CTE y RITE. Medida la longitud ejecutada.	6,50				6,50	6,50	18,36	119,34

Código	Descripción	Uds.	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Medición	Precio	Presupuesto
<b>08NPP900012</b> 4.006	<b>m CANALIZACIÓN COBRE RECOCIDO 38.1 mm DIÁM.</b> Canalización, realizada con tubo de cobre recocido de 50.8 mm de diám. exterior y 1 mm de espesor, incluso p.p. de uniones, piezas especiales, grapas, pequeño material y ayudas de albañilería; construida según CTE y RITE. Medida la longitud ejecutada.		5,80			5,80	5,80	16,20	93,96
<b>08NPP90001</b> 4.007	<b>m CANALIZACIÓN COBRE RECOCIDO 25.4 mm DIÁM.</b> Canalización, realizada con tubo de cobre recocido de 25.4 mm de diám. exterior y 1 mm de espesor, incluso p.p. de uniones, piezas especiales, grapas, pequeño material y ayudas de albañilería; construida según CTE y RITE. Medida la longitud ejecutada. circuito primario circuito secundario		50,33 16,80			50,33 16,80	67,13	14,32	961,30
<b>08NPP90002</b> 4.008	<b>m CANALIZACIÓN COBRE RECOCIDO 19.05 mm DIÁM.</b> Canalización, realizada con tubo de cobre recocido de 19.05 mm de diám. exterior y 1 mm de espesor, incluso p.p. de uniones, piezas especiales, grapas, pequeño material y ayudas de albañilería; construida según CTE y RITE. Medida la longitud ejecutada.		50,33			50,33	50,33	10,82	544,57
<b>08NPP90005</b> 4.009	<b>m CANALIZACIÓN COBRE RECOCIDO 12.7 mm DIÁM.</b> Canalización, realizada con tubo de cobre recocido de 12.7 mm de diám. exterior y 1 mm de espesor, incluso p.p. de uniones, piezas especiales, grapas, pequeño material y ayudas de albañilería; construida según CTE y RITE. Medida la longitud ejecutada.		26,94			26,94	26,94	8,56	230,61
<b>09TCC90010</b> 4.010	<b>m COQUILLA ESPESOR 40 mm TEMP. 150° C. REVEST. ALUMINIO</b> Aislamiento térmico para tuberías de cobre con coquilla flexible de espuma elastomérica, resistente hasta 150 'C. Diámetro interior 18 mm y 19 mm de espesor, revestida con camisa de aluminio plastificado resistente a los rayos UVA; incluso colocación con adhesivo en uniones y medios auxiliares. Ejecutada según CTE y RITE. Medida la longitud ejecutada.		197,72			197,72	197,72	7,06	1.395,90
<b>09TCC90011</b> 4.011	<b>m COQUILLA ESPESOR 30 mm TEMP. 150° C. REVEST. ALUMINIO</b> Aislamiento térmico para tuberías de cobre con coquilla flexible de espuma elastomérica, resistente hasta 150 'C. Diámetro interior 35 mm y 19 mm de espesor, revestida con camisa de aluminio plastificado resistente a los rayos UVA; incluso colocación con adhesivo en uniones y medios auxiliares. Ejecutada según CTE y RITE. Medida la longitud ejecutada.		14,10			14,10	14,10	8,04	113,36

Código	Descripción	Uds.	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Medición	Precio	Presupuesto
<b>08FCW00001</b> 4.012	<b>u PURGADOR DE AIRE AUTOMÁTICO.</b> Purgador de aire automático, instalado en canalización de agua caliente, incluso p.p. de pequeño material conexiones y ayudas de albañilería; construida según CTE. Medida la cantidad ejecutada.	6,00				6,00	6,00	75,00	450,00
<b>08FVR00001</b> 4.013	<b>u VÁLVULA RETENCIÓN.</b> Válvula de retención colocada en canalización de cobre, incluso pequeño material; construida según CTE, e instrucciones del fabricante. Medida la cantidad ejecutada.	4,00				4,00	4,00	125,00	500,00
<b>08FVW00001</b> 4.014	<b>u VÁLVULA DE SEGURIDAD.</b> Válvula de seguridad colocada en canalización de cobre, incluso pequeño material; construida según CTE, e instrucciones del fabricante. Medida la cantidad ejecutada.	2,00				2,00	2,00	95,00	190,00
<b>08FVL00006</b> 4.015	<b>u LLAVE DE CORTE.</b> Válvula de corte, instalada en canalización de cobre, incluso pequeño material; construida según CTE, e instrucciones del fabricante. Medida la cantidad ejecutada.	50,00				50,00	50,00	278,90	13.945,00
<b>08FVL00051</b> 4.016	<b>u VÁLVULA DE VACIADO Y LLENADO.</b> Válvula de vaciado y llenado colocada en canalización de cobre, incluso pequeño material; construida según CTE, e instrucciones del fabricante. Medida la cantidad ejecutada.	4,00				4,00	4,00	215,00	860,00
<b>IN00400</b> 4.017	<b>u FILTROS.</b> Filtro para canalización de cobre en instalación de ACS, accesible y con mecanismo de sustitución. Construida según CTE, e instrucciones del fabricante. Medida la cantidad útil descargada	10,00				10,00	10,00	170,50	1.705,00
<b>TOTAL CAPÍTULO 004 SISTEMA HIDRAULICO. ....</b>								<b>29.425,73</b>	

Código	Descripción	Uds.	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Medición	Precio	Presupuesto
--------	-------------	------	----------	---------	--------	-----------	----------	--------	-------------

**CAPÍTULO 005 SISTEMA DE CONTROL**

**08NRR90001 u CENTRALITA SIST. SOLAR, 2 ENTRADAS 1 SALIDA**

5.001 Instalación de centralita solar de regulación con display LCD para visualización de la temperatura de captadores y acumulador, con función anti-hielo, posibilidad de paro y marcha forzado, ajuste de calibrado de sondas por separado, y ajuste diferencial de activación y desactivación por separado, incluye dos sondas de temperatura e instalación eléctrica hasta batería de captadores y acumuladores. Ejecutada según CTE. Medida la cantidad ejecutada.

1,00 1,00

1,00 483,40 483,40

**08NRR90200 u MANÓMETRO LECTURA MÁX. 10 bar**

5.002 Instalación de manómetro, con un recorrido de lectura de 0 a 10 bar, apta para el uso en sistemas solares de A.C.S, construido en material plástico termoresistente, incluso p.p. de pequeño material; construida según CTE, e instrucciones del fabricante. Medida la cantidad ejecutada.

2,00 2,00

2,00 9,25 18,50

**TOTAL CAPÍTULO 005 SISTEMA DE CONTROL. . . . . 501,90**

Código	Descripción	Uds.	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Medición	Precio	Presupuesto
--------	-------------	------	----------	---------	--------	-----------	----------	--------	-------------

**CAPÍTULO 006 SISTEMA AUXILIAR**

**08NAA90503 u INTERACUMULADOR SOLAR TIPO COMBI DE CAPACIDAD 970 LITROS**

6.001	Instalación de depósito auxiliar para producción y acumulación de ACS, de doble envolvente y serpentín, en instalación vertical sobre suelo e instalación mural provisto de pies de nivelación, de 3500 litros para ACS, fabricado en acero el depósito externo, y en acero inoxidable el interior, aislado térmicamente el conjunto con espuma rígida de poliuretano. Cuenta con termómetro para el ACS y panel de control, temperatura máxima del depósito acumulador de ACS es de 90° C, presión máxima del depósito acumulador es de 12 bar. Incluso p.p de material complementario, instalado según CTE e instrucciones del fabricante. Medida la cantidad ejecutada. Tipo MXV33500-RB de la marca LAPESA o similar.	1,00				1,00	1,00	2.601,04	2.601,04
-------	---	------	--	--	--	------	------	----------	----------

**08CCC00162 u CALDERA A GAS CON QUEMADOR MODULANTE 250 kW**

6.002	Caldera a gas con quemador modulante de combustión ecológica para agua caliente sanitaria 250 kW quemador atmosferico multigas, válvula de entrada modulante para gas, regulador presión y equipo seguridad gas, intercambiador calor y regulador caudal A.C.S., depósito expansión circulador termost. seguridad y temp., manometro y termostato, bastidor con conexiones aguas y gas y módulos de control, contenido todo en envolvente de chapa esmaltada encendido automático y conducto de humos placa de identificación energética, homologado por el M.I, montaje ayudas albañilería. Medida la cantidad ejecutada. Tipo ADI/CD/250 de la marca ADISA HEATING o similar.	1,00				1,00	1,00	1.343,98	1.343,98
-------	---	------	--	--	--	------	------	----------	----------

**TOTAL CAPÍTULO 006 SISTEMA AUXILIAR. . . . . 3.945,02**

## RESUMEN GENERAL DEL PRESUPUESTO

Código	Capítulo	Total €
001	SISTEMA DE CAPTACION. ....	71.715,85
002	SISTEMA DE ACUMULACION. ....	17.323,47
003	SISTEMA DE INTERCAMBIO. ....	1.180,24
004	SISTEMA HIDRAULICO. ....	29.425,73
005	SISTEMA DE CONTROL. ....	501,90
006	SISTEMA AUXILIAR. ....	3.945,02
	<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL. ....</b>	<b>124.092,21</b>
	21 % I.V.A. de Contrata. ....	26.059,36
	<b>PRESUPUESTO DE CONTRATA. ....</b>	<b>150.151,57</b>
	=====	

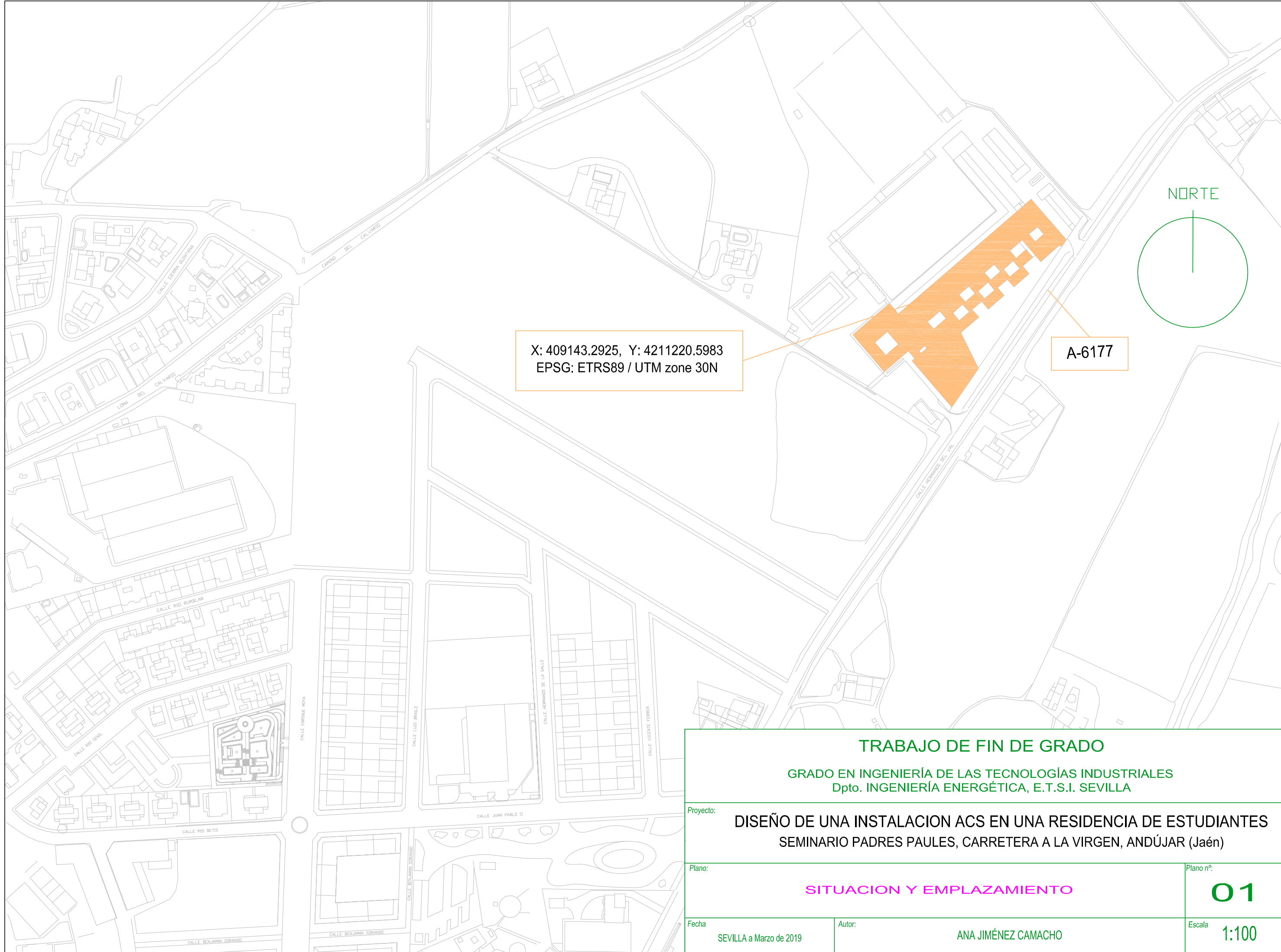
16/06/2019

ANA JIMENEZ CAMACHO

RATIO.....794,45 €/m2

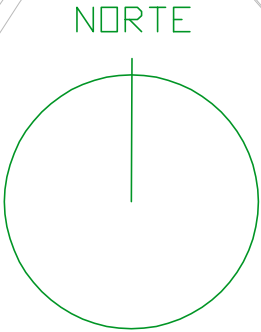
## 5. PLANOS.



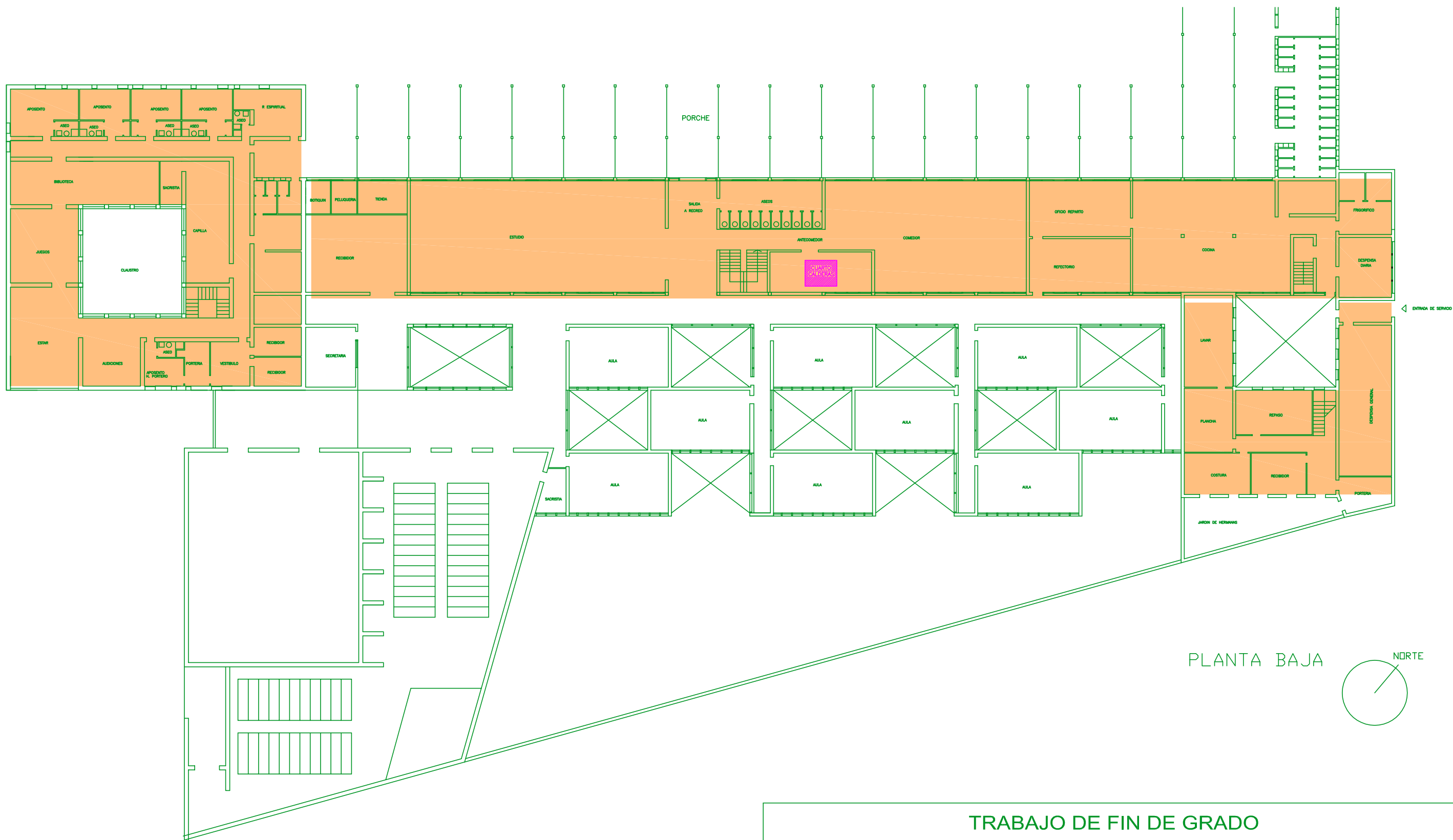


X: 409143.2925, Y: 4211220.5983  
 EPSG: ETRS89 / UTM zone 30N

A-6177



<b>TRABAJO DE FIN DE GRADO</b> GRADO EN INGENIERÍA DE LAS TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES Dpto. INGENIERÍA ENERGÉTICA, E.T.S.I. SEVILLA		
Proyecto: <b>DISEÑO DE UNA INSTALACION ACS EN UNA RESIDENCIA DE ESTUDIANTES SEMINARIO PADRES PAULES, CARRETERA A LA VIRGEN, ANDÚJAR (Jaén)</b>		
Plano: <b>SITUACION Y EMPLAZAMIENTO</b>		Plano nº: <b>01</b>
Fecha: <b>SEVILLA a Marzo de 2019</b>	Autor: <b>ANA JIMÉNEZ CAMACHO</b>	Escala: <b>1:100</b>

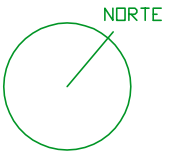
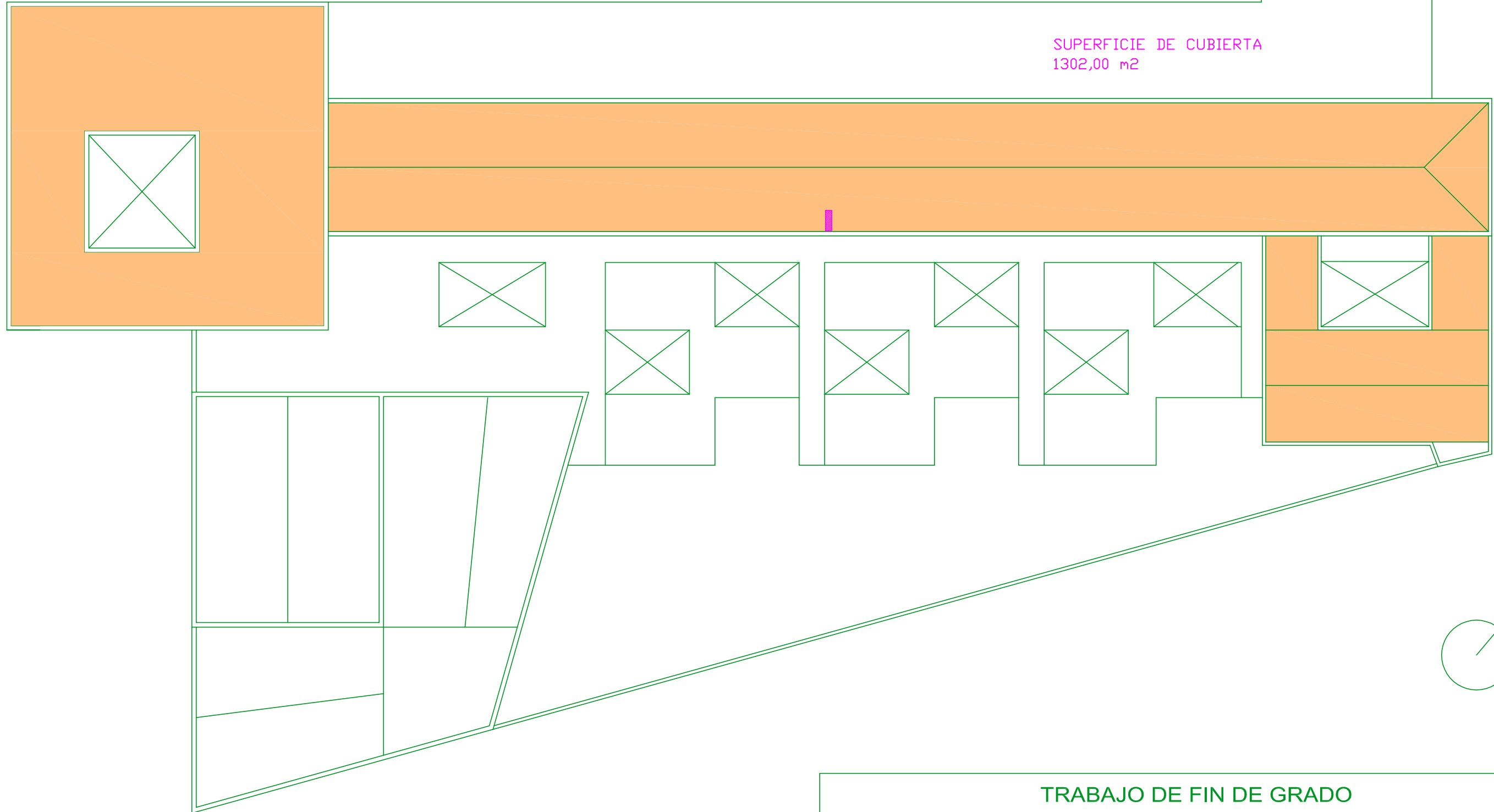


<b>TRABAJO DE FIN DE GRADO</b>		
GRADO EN INGENIERÍA DE LAS TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES Dpto. INGENIERÍA ENERGÉTICA, E.T.S.I. SEVILLA		
Proyecto: <b>DISEÑO DE UNA INSTALACION ACS EN UNA RESIDENCIA DE ESTUDIANTES SEMINARIO PADRES PAULES, CARRETERA A LA VIRGEN, ANDÚJAR (Jaén)</b>		
Plano: <b>PLANTA BAJA, ESTADO ACTUAL. UBICACIÓN CUARTO DE CALDERA.</b>		Plano n.º: <b>02</b>
Fecha: SEVILLA a Marzo de 2019	Autor: ANA JIMÉNEZ CAMACHO	Escala: 1:400



SUPERFICIE DE CUBIERTA  
760,40 m<sup>2</sup>

SUPERFICIE DE CUBIERTA  
1302,00 m<sup>2</sup>



### TRABAJO DE FIN DE GRADO

GRADO EN INGENIERÍA DE LAS TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES  
Dpto. INGENIERÍA ENERGÉTICA, E.T.S.I. SEVILLA

Proyecto: **DISEÑO DE UNA INSTALACION ACS EN UNA RESIDENCIA DE ESTUDIANTES  
SEMINARIO PADRES PAULES, CARRETERA A LA VIRGEN, ANDÚJAR (Jaén)**

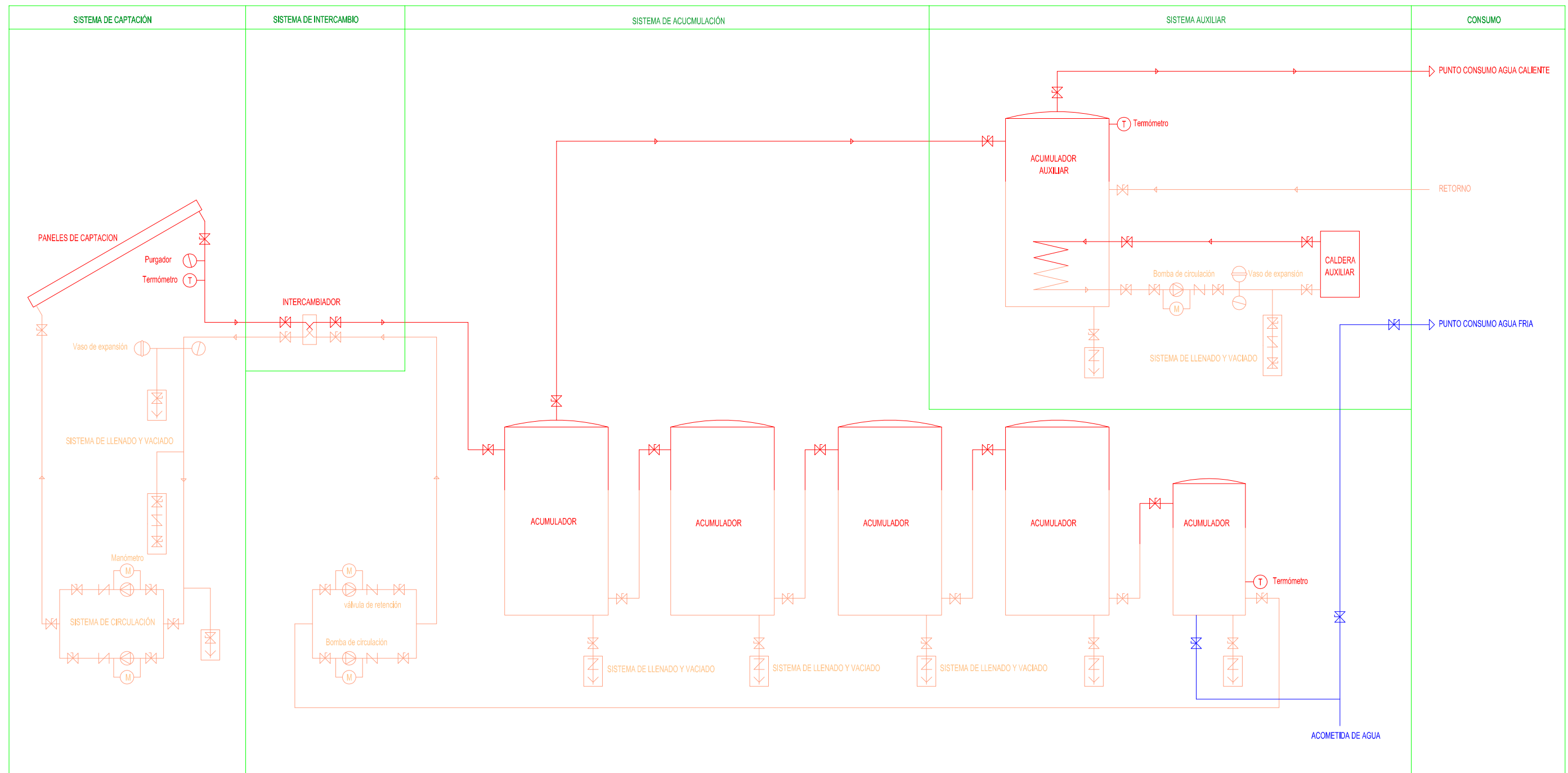
Plano: **PLANTA CUBIERTAS, ESTADO ACTUAL.  
HUECO PASATUBOS INSTALACIÓN.**

Plano n°:  
**04**

Fecha  
SEVILLA a Marzo de 2019

Autor:  
ANA JIMÉNEZ CAMACHO

Escala  
1:400



ESQUEMA UNIFILAR DE PRINCIPIO

## TRABAJO DE FIN DE GRADO

GRADO EN INGENIERÍA DE LAS TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES  
Dpto. INGENIERÍA ENERGÉTICA, E.T.S.I. SEVILLA

Proyecto: **DISEÑO DE UNA INSTALACION ACS EN UNA RESIDENCIA DE ESTUDIANTES  
SEMINARIO PADRES PAULES, CARRETERA A LA VIRGEN, ANDÚJAR (Jaén)**

Plano: **ESQUEMA DE PRINCIPIO**

Plano nº: **05**

Fecha: **SEVILLA a Marzo de 2019**

Autor: **ANA JIMÉNEZ CAMACHO**

Escala:

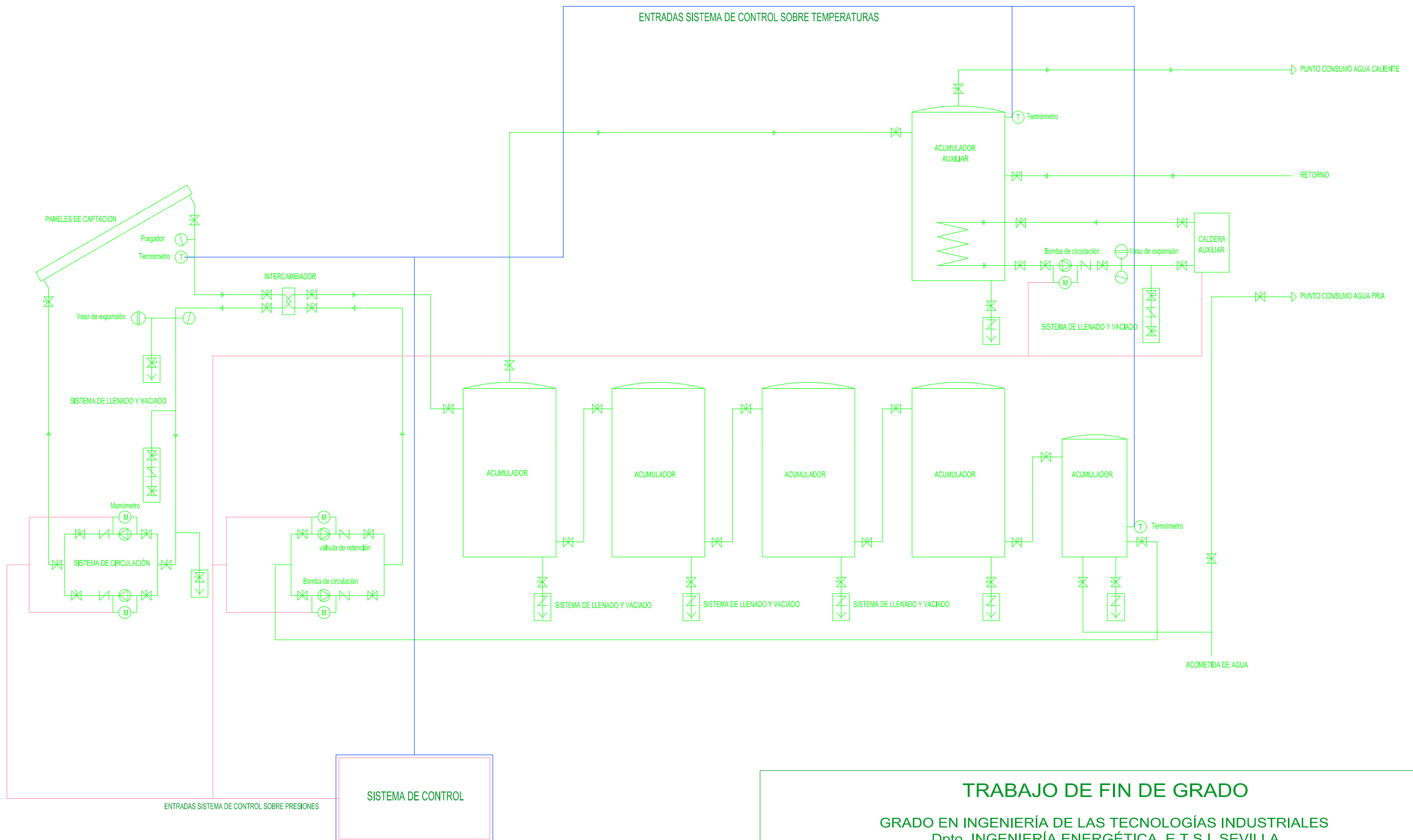
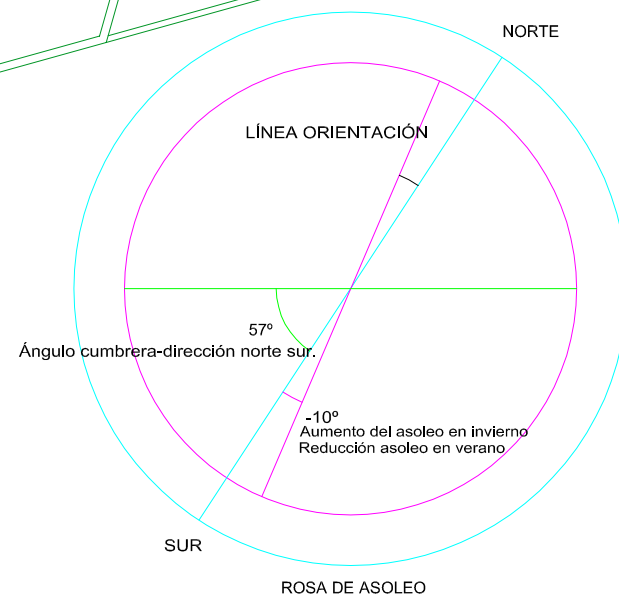
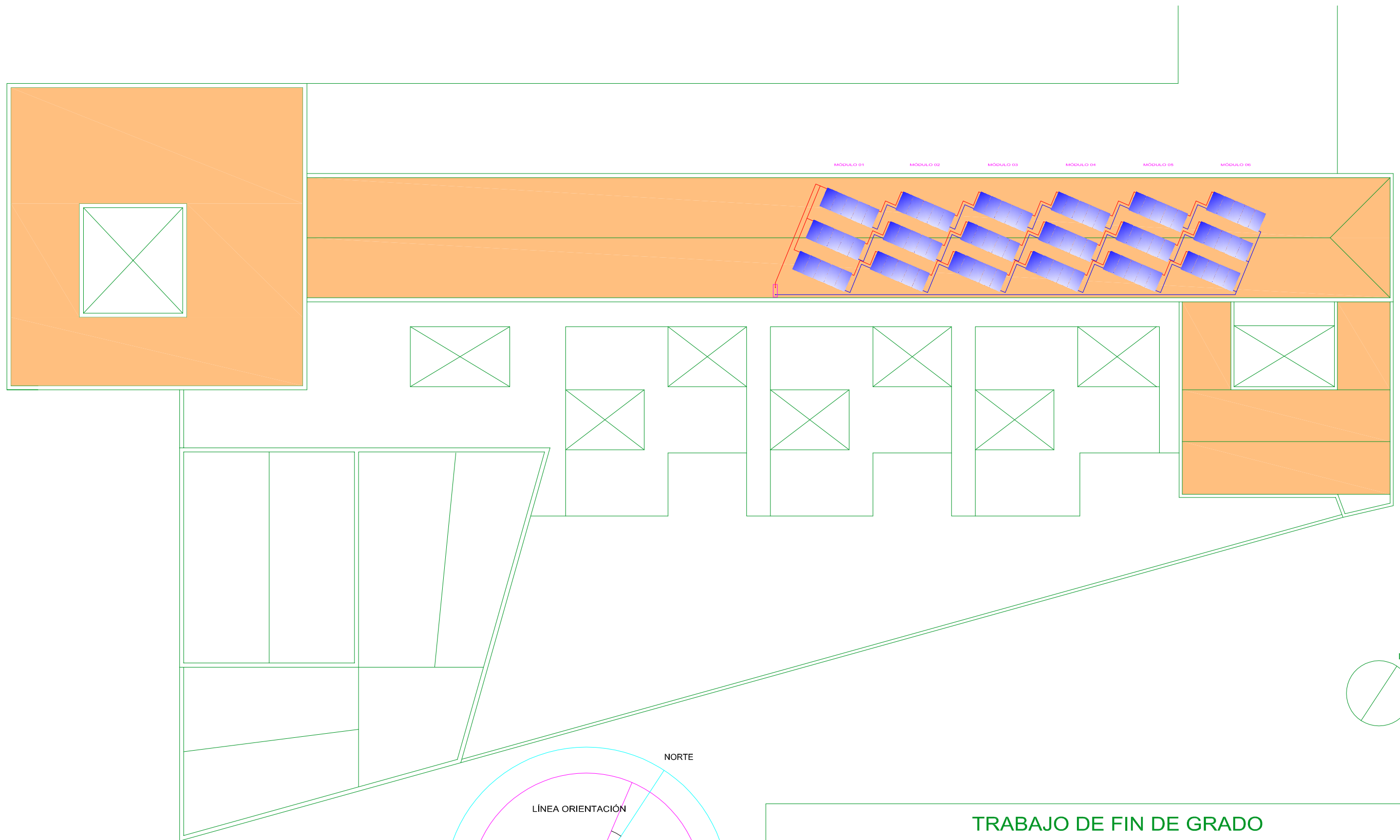
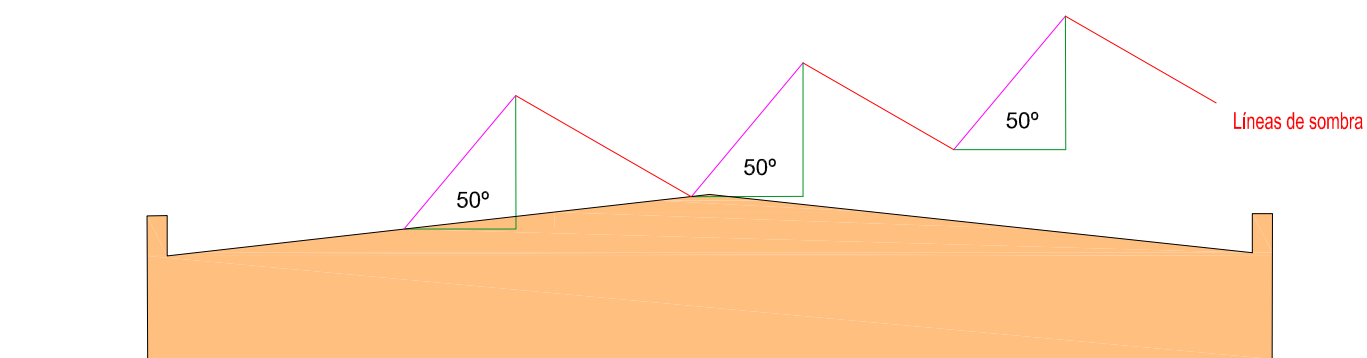
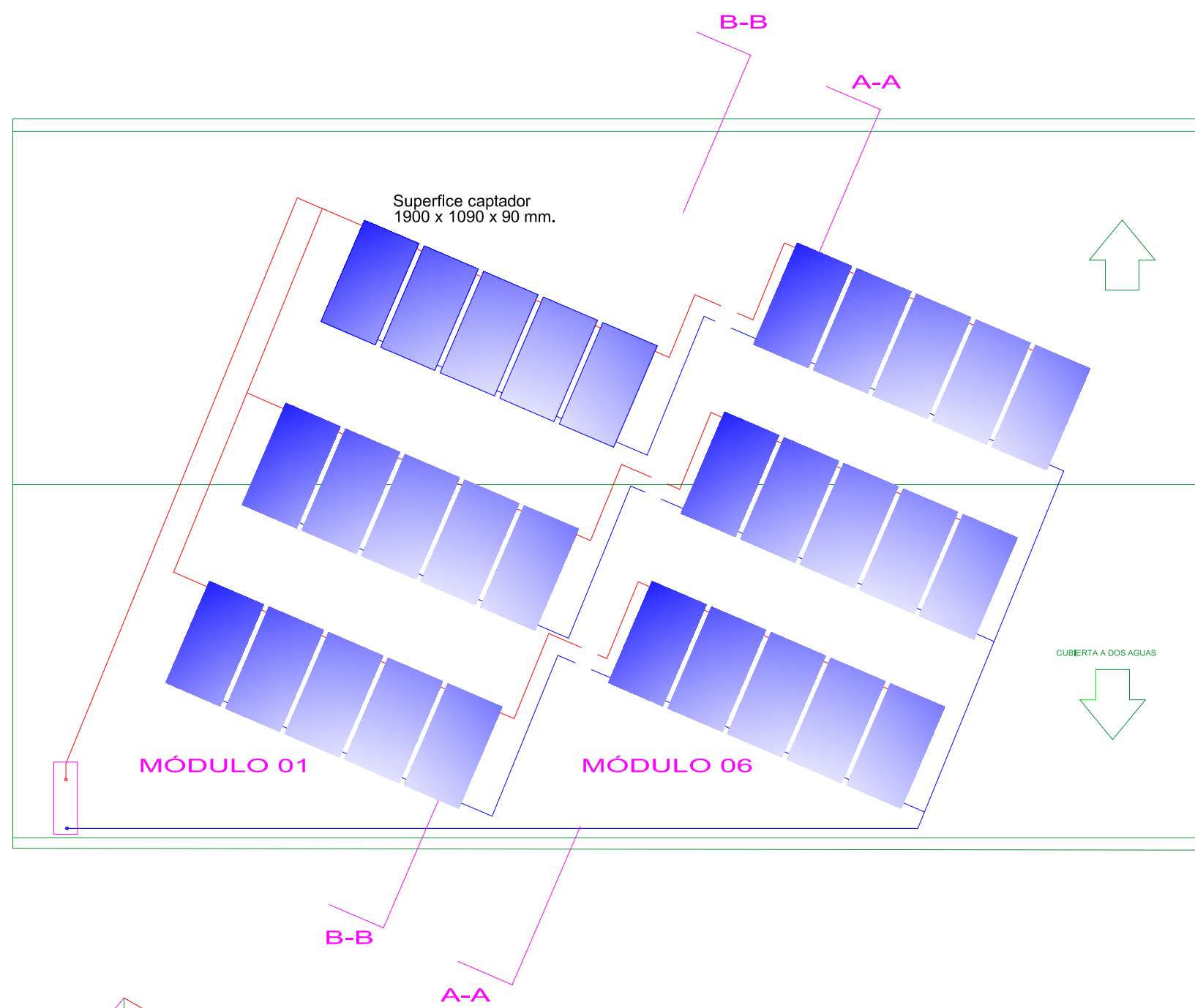
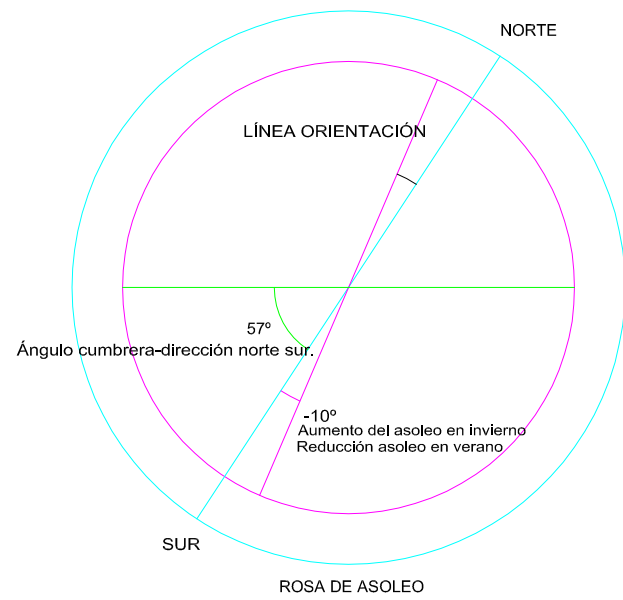


DIAGRAMA DE CONTROL

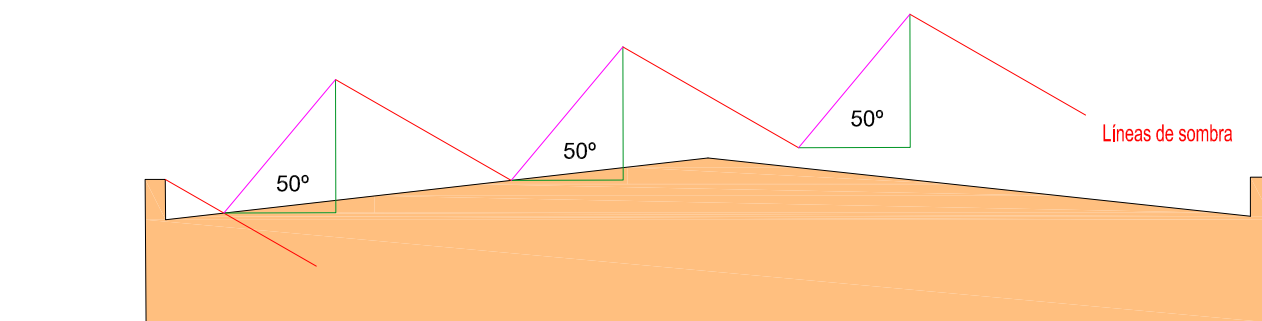
<b>TRABAJO DE FIN DE GRADO</b> GRADO EN INGENIERÍA DE LAS TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES Dpto. INGENIERÍA ENERGÉTICA, E.T.S.I. SEVILLA		
Proyecto: <b>DISEÑO DE UNA INSTALACION ACS EN UNA RESIDENCIA DE ESTUDIANTES SEMINARIO PADRES PAULES, CARRETERA A LA VIRGEN, ANDÚJAR (Jaén)</b>		
Plano: <b>ESQUEMA DE PRINCIPIO, DIAGRAMA DE CONTROL</b>	Plano nº: <b>06</b>	
Fecha: <b>SEVILLA a Marzo de 2019</b>	Autor: <b>ANA JIMÉNEZ CAMACHO</b>	Escala:



<b>TRABAJO DE FIN DE GRADO</b>		
GRADO EN INGENIERÍA DE LAS TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES Dpto. INGENIERÍA ENERGÉTICA, E.T.S.I. SEVILLA		
Proyecto: <b>DISEÑO DE UNA INSTALACION ACS EN UNA RESIDENCIA DE ESTUDIANTES SEMINARIO PADRES PAULES, CARRETERA A LA VIRGEN, ANDÚJAR (Jaén)</b>		
Plano: <b>PLANTA CUBIERTAS. DISTRIBUCION BATERIAS DE CAPTADORES SOLARES.</b>		Plano nº: <b>07</b>
Fecha: <b>SEVILLA a Marzo de 2019</b>	Autor: <b>ANA JIMÉNEZ CAMACHO</b>	Escala: <b>1:400</b>



SECCION A-A

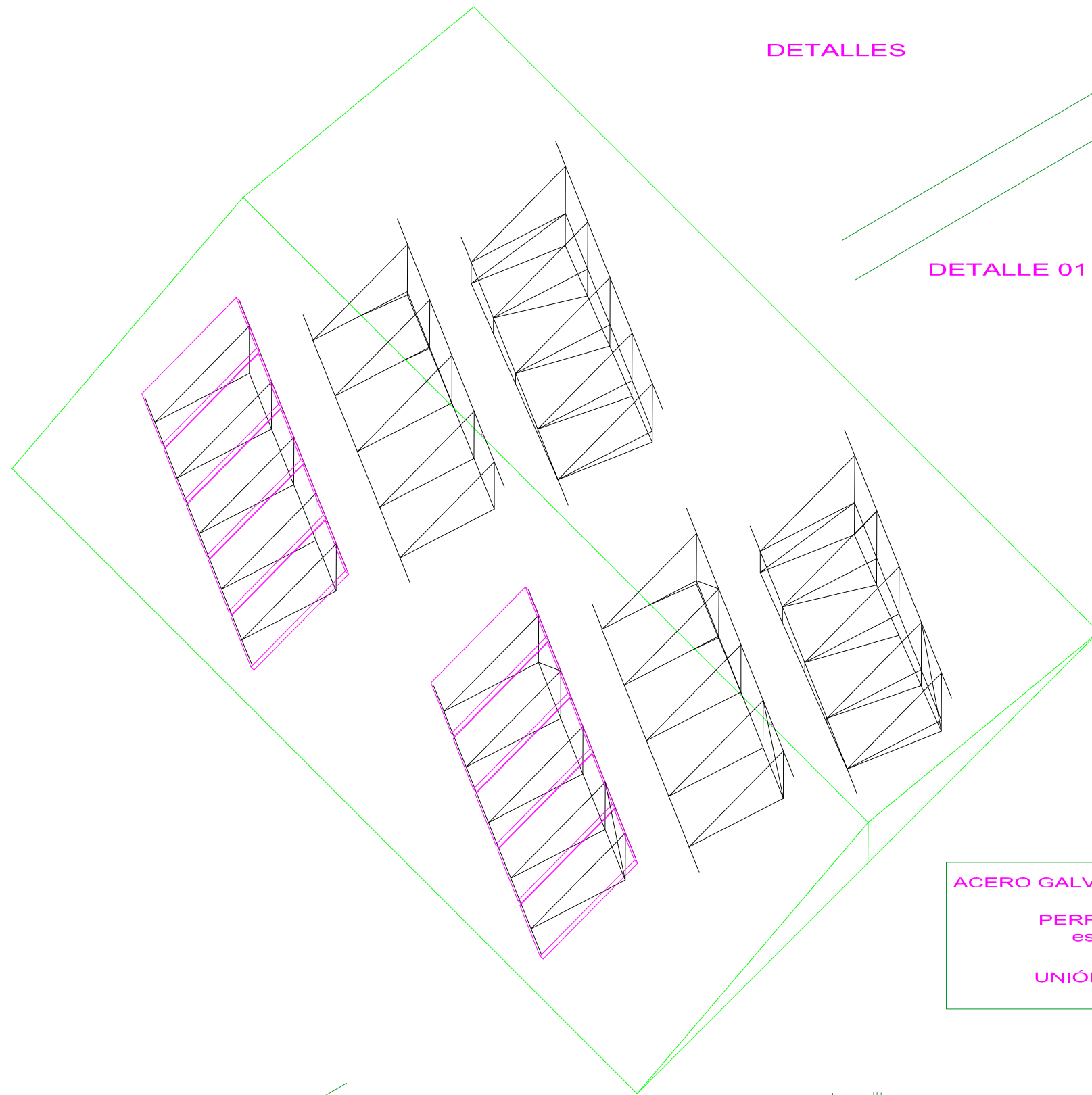


SECCION B-B

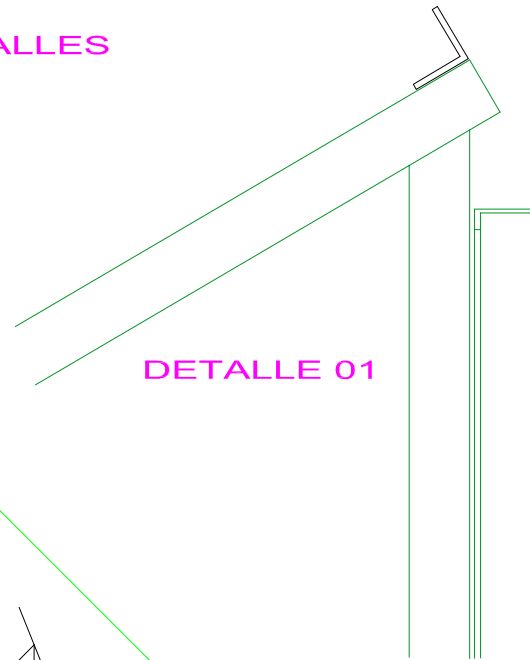
<b>TRABAJO DE FIN DE GRADO</b>		
GRADO EN INGENIERÍA DE LAS TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES Dpto. INGENIERÍA ENERGÉTICA, E.T.S.I. SEVILLA		
Proyecto: <b>DISEÑO DE UNA INSTALACION ACS EN UNA RESIDENCIA DE ESTUDIANTES SEMINARIO PADRES PAULES, CARRETERA A LA VIRGEN, ANDÚJAR (Jaén)</b>		
Plano:	<b>MÓDULOS BATERIA SOLAR DISTRIBUCION, SECCIONES Y ORIENTACIÓN.</b>	Plano n°: <b>08</b>
Fecha: SEVILLA a Marzo de 2019	Autor: ANA JIMÉNEZ CAMACHO	Escala: 1:200



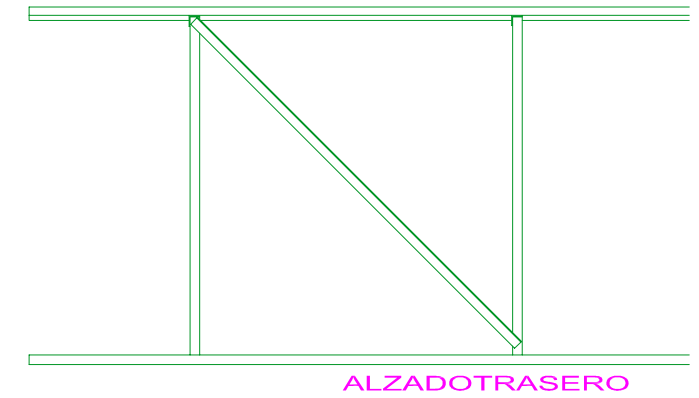
DETALLES



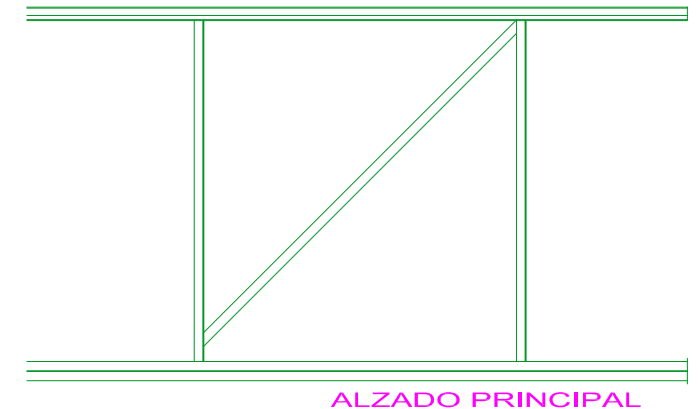
DETALLE 01



ESTRUCTURA DE SOPORTE DE PANELES

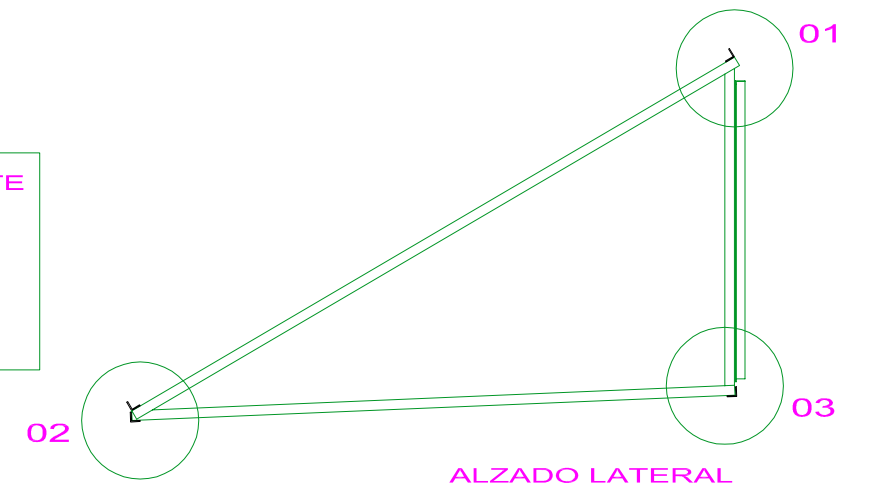


ALZADO TRASERO

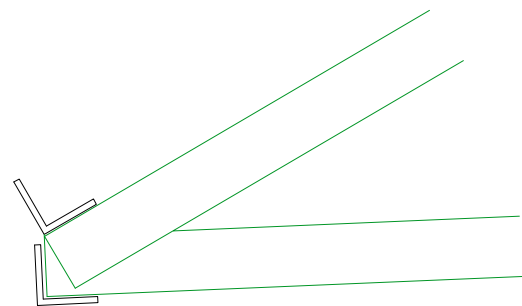


ALZADO PRINCIPAL

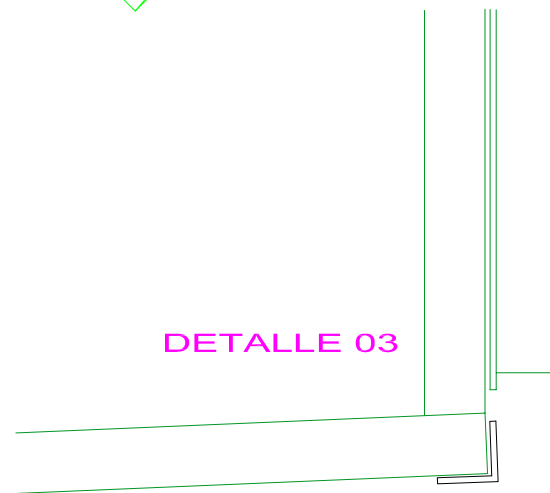
ACERO GALVANIZADO EN CALIENTE  
 PERFIL EN "L" 30 mm  
 espesor: 3 mm.  
 UNIÓN ATORNILLADA



ALZADO LATERAL



DETALLE 02



DETALLE 03

TRABAJO DE FIN DE GRADO

GRADO EN INGENIERÍA DE LAS TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES  
 Dpto. INGENIERÍA ENERGÉTICA, E.T.S.I. SEVILLA

Proyecto: **DISEÑO DE UNA INSTALACION ACS EN UNA RESIDENCIA DE ESTUDIANTES**  
 SEMINARIO PADRES PAULES, CARRETERA A LA VIRGEN, ANDÚJAR (Jaén)

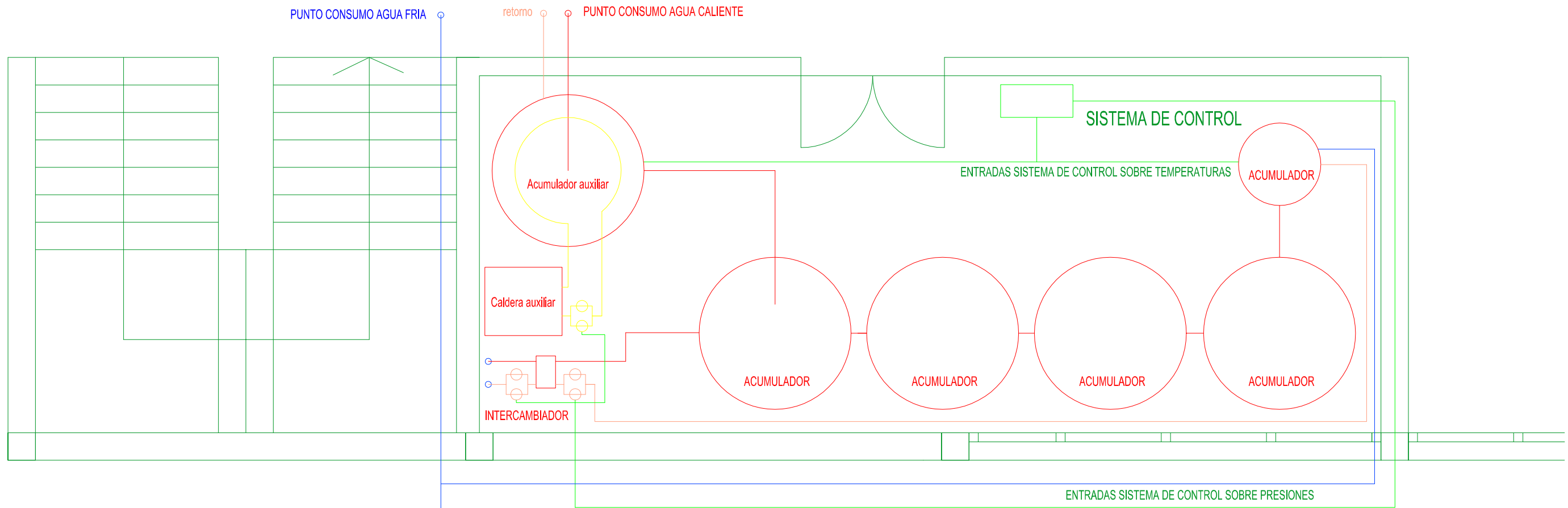
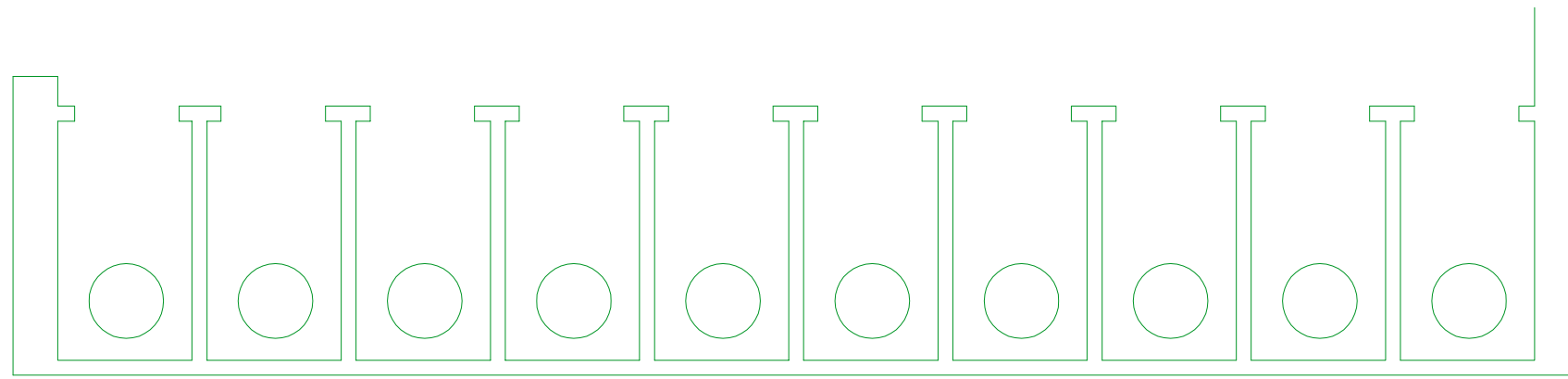
Plano: **DISPOSICIÓN DE SOPORTES Y DETALLES.**

Plano n°: **09**

Fecha: SEVILLA a Marzo de 2019

Autor: ANA JIMÉNEZ CAMACHO

Escala:



<b>TRABAJO DE FIN DE GRADO</b>		
GRADO EN INGENIERÍA DE LAS TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES Dpto. INGENIERÍA ENERGÉTICA, E.T.S.I. SEVILLA		
Proyecto: <b>DISEÑO DE UNA INSTALACION ACS EN UNA RESIDENCIA DE ESTUDIANTES SEMINARIO PADRES PAULES, CARRETERA A LA VIRGEN, ANDÚJAR (Jaén)</b>		
Plano: <b>SALA DE MÁQUINAS</b>		Plano nº: <b>10</b>
Fecha: SEVILLA a Marzo de 2019	Autor: ANA JIMÉNEZ CAMACHO	Escala: