

Trabajo Fin de Grado
Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales

Instalación de energía solar térmica para producción
de ACS en una clínica

Autor: Juan Manuel Jiménez Melendo
Tutor: José Julio Guerra Macho

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

Sevilla, 2019



Trabajo Fin de Grado
Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales

Instalación de energía solar térmica para producción de ACS en una clínica

Autor:
Juan Manuel Jiménez Melendo

Tutor:
José Julio Guerra Macho
Catedrático de Universidad

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

Trabajo Fin de Grado: Instalación de energía solar térmica para producción de ACS en una clínica

Autor: Juan Manuel Jiménez Melendo

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

A mi familia

A mis maestros

Resumen

En el presente proyecto se realiza el diseño de una instalación para la producción de agua caliente sanitaria en una clínica especializada en la fecundación.

Se explicará con detalle el diseño de dicha instalación, así como la selección de los equipos. Para ello incluye los siguientes documentos: memoria descriptiva, memoria de cálculo, pliego de condiciones, presupuesto y mediciones y planos

Se pone de manifiesto la viabilidad e importancia de la utilización de energías renovables para los aspectos cotidianos, como el uso de agua caliente, fomentando así un desarrollo sostenible.

Abstract

This project involves the design of an installation for the production of sanitary hot water in a clinic specialising in fertilisation.

The design of this facility will be explained in detail, as well as the selection of the equipment. This includes the following documents: descriptive report, calculation report, specifications, budget and measurements and plans.

The feasibility and importance of the use of renewable energies for everyday aspects, such as the use of hot water, is highlighted, thus promoting sustainable development.

Índice

Resumen	7
Abstract	8
Índice	9
Índice de Tablas	11
Índice de Figuras	12
1. Memoria descriptiva	15
1.1. Objeto del Proyecto	15
1.2. Antecedentes	15
1.3. Metodología de cálculo	16
1.4. Descripción del edificio	20
1.5. Descripción de la instalación	23
1.5.1 Principio de funcionamiento.....	23
1.5.2 Esquema de principio.....	24
1.5.2 Sistemas de la instalación	26
1.6. Características de los equipos	31
1.6.1 Captador solar.....	31
1.6.2 Estructura soporte del captador solar	33
1.6.2 Interacumulador	33
1.6.3 Bomba de circulación.....	35
1.6.4 Sistema de control	35
1.7. Normativa	36
1.7.1 Código técnico de la edificación.....	36
1.7.2 Normas UNE.....	37
1.7.3 Reglamento de Instalaciones Térmicas en la Edificación (RITE).	37
1.8. Bibliografía	38
2. Memoria de Cálculo	41
2.1. Introducción	41
2.2. Datos de partida	41
2.2.1. Datos geográficos.....	41
2.2.2. Datos Climatológicos.....	41
2.3. Cálculo de la demanda	42
2.3.1. Cálculo de la demanda de agua caliente sanitaria (ACS)	42
2.3.2 Cálculo de la demanda energética	43
2.4. Cálculo del área de captación y el volumen de acumulación	45

2.4.1	Análisis de sensibilidad.....	46
2.4.2	Conclusión.....	51
2.5.	Distancia mínima entre captadores y petril de la cubierta	51
2.6.	Cálculo de las pérdidas por ubicación en cubierta	53
2.6.1	Cálculo de las pérdidas por orientación e inclinación.....	53
2.6.2	Cálculo de las pérdidas por sombra	55
2.7.	Dimensionado de la red de tuberías en el circuito primario.....	57
2.7.1	Fluido caloportador.....	57
2.7.2	Diseño red de tuberías.....	58
2.8.	Dimensionado de la bomba del circuito primario	66
2.9.	Dimensionado del vaso de expansión.....	67
2.10.	Aislamiento.....	71
2.11.	Sistema de control	72
2.12.	Accesorios.....	72
2.13.	ANEXO I- certificado generado por CHEQ 4.....	75
3.	<i>Pliego de condiciones.....</i>	79
3.1.	Objeto	79
3.2.	Normativa aplicable	79
3.3.	Condiciones de materiales y equipos	79
3.3.1	Captadores solares	79
3.3.2	Acumuladores.....	81
3.3.3	Bombas de circulación.....	81
3.3.4	Vasos de expansión	82
3.3.5	Tuberías	83
3.3.6	Válvulas	85
3.3.7	Aislamiento.....	87
3.3.8	Sistema eléctrico y de control	87
3.3.9	Aparatos de medida	88
3.4.	Provisión del material	90
3.5.	Condiciones de montaje.....	90
3.6.	Pruebas, puesta en marcha y recepción	91
3.7.	Mantenimiento.....	94
4.	<i>Presupuesto y Mediciones</i>	99
4.1.	Sistema de captación	99
4.2.	Sistema de acumulación.....	100
4.3.	Sistema de control	101
4.4.	Sistema hidráulico.....	101
4.5.	Presupuesto total.....	104
5.	<i>Planos</i>	106

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos geográficos de la instalación.	41
Tabla 2. Datos geográficos de la instalación.	42
Tabla 3. Términos de la expresión de la demanda energética.	44
Tabla 4. Demanda energética mensual.....	44
Tabla 5. Datos iniciales para el análisis de sensibilidad.	47
Tabla 6. Contribución solar en función del número de captadores.	48
Tabla 7. Contribución solar en función del V/A.....	49
Tabla 8. Contribución solar en función del número de captadores en serie	50
Tabla 9. Pérdida de carga del circuito primario en función del diámetro y el caudal.	60
Tabla 10. Velocidad del circuito primario en función del diámetro y el caudal.	60
Tabla 11. Pérdida de carga en las tuberías por tramos.....	62
Tabla 12. Pérdida de presión en los accesorios.....	63
Tabla 13. Diferencia de presión por tramo.....	65
Tabla 14. Tramos de cada circuito.	66
Tabla 15. Pérdida de presión y desequilibrio por circuitos.....	66
Tabla 16. Volumen de las tuberías por tramo.	69
Tabla 17. Espesor de aislamiento para tuberías exteriores.....	71
Tabla 18. Espesor de aislamiento para tuberías interiores.	72
Tabla 19. Espesor de aislamiento por tramo.	74
Tabla 20. Plan de vigilancia.....	95
Tabla 21. Mantenimiento del sistema de captación.	96
Tabla 22. Mantenimiento del sistema de acumulación.	96
Tabla 23. Mantenimiento del circuito hidráulico.....	97
Tabla 24. Mantenimiento del sistema de control.....	97
Tabla 25. Mantenimiento del sistema auxiliar.	97
Tabla 26. Presupuesto del sistema de captación.....	100
Tabla 27. Presupuesto del sistema de acumulación.	100
Tabla 28. Presupuesto del sistema de control.	101
Tabla 29. Presupuesto del sistema hidráulico.....	103
Tabla 30. Presupuesto total.	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Pestaña de localización en CHEQ 4.	17
Figura 2. Pestaña de configuración en CHEQ 4	18
Figura 3. Pestaña de demanda en CHEQ 4.	19
Figura 4. Pestaña de solar/apoyo en CHEQ 4.	19
Figura 5. Pestaña de otros parámetros en CHEQ 4.	21
Figura 6. Pestaña de resultados en CHEQ 4.	21
Figura 7. Emplazamiento de la clínica	22
Figura 8. Fotografía de la clínica	23
Figura 9. Esquema de una instalación de energía solar térmica	24
Figura 10. Esquema de principio de la instalación.	25
Figura 11. Componentes de un captador solar plano	26
Figura 12. Interacumulador.	28
Figura 13. Caldera convencional	29
Figura 14. Bomba de circulación	29
Figura 15. Vaso de expansión.	30
Figura 16. Ficha técnica del captador T25MSH.	32
Figura 17. Caída de presión en el captador.	32
Figura 18. Dimensiones de la estructura soporte del captador.	33
Figura 19. Ficha técnica interacumulador. Parte 1.	34
Figura 20. Ficha técnica interacumulador. Parte 2.	34
Figura 21. Ficha técnica bomba de circulación.	35
Figura 22. Ficha técnica del sistema de control	35
Figura 23. Contribución solar mínima anual para ACS en %.	36
Figura 24. Pérdidas límite.	37
Figura 25. Radiación solar media diaria anual	42
Figura 26. Demanda de referencia a 60 °C	43
Figura 27. Demanda energética mensual.	45
Figura 28. Configuración de la instalación.	46
Figura 29. Contribución solar frente a número de captadores	49
Figura 30. Contribución solar frente a V/A.	50
Figura 31. Contribución solar frente a número de captadores en serie.	51
Figura 32. Distancia entre captadores.	52
Figura 33. Ángulos de inclinación y orientación del captador.	53
Figura 34. Pérdidas límite	53
Figura 35. Porcentaje de energía respecto al máximo como consecuencia de las pérdidas por orientación e inclinación.	54
Figura 36. Diagrama de la trayectoria del sol.	56
Figura 37. Referencia de parámetros	56
Figura 38. Porcentaje de glicol del fluido caloportador.	57
Figura 39. Tramos de tubería del circuito primario.	59
Figura 40. Longitud equivalente de los accesorios.	61
Figura 41. Caída de presión en el interacumulador	64
Figura 42. Curva característica de la bomba WILO-STRATOS.	67
Figura 43. Diagrama de presupuesto por partidas.	104

1. MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1. Objeto del Proyecto

El presente Proyecto tiene como objetivo diseñar la instalación para la producción de agua caliente sanitaria (ACS) en una clínica situada en Pozuelo de Alarcón, Madrid.

Se calculará la demanda de ACS, y en función de la contribución solar mínima exigida por la normativa en vigor, se determinará el porcentaje de la demanda cubierta por la instalación en cuestión.

El ámbito de aplicación del proyecto se extiende al dimensionado de los sistemas presentes en la instalación, tales como el hidráulico, de acumulación, de control.

1.2. Antecedentes

El sector de la edificación en España, y en general en Europa, supone en la actualidad un importante consumo de energía procedente de energías fósiles y también una significativa fuente de emisiones de CO₂ ya que representan cerca del 40 % del consumo final de energía.

Desde la aprobación del Código Técnico de la Edificación (CTE) en el año 2006, el consumo de energía ligado a la edificación se ha visto limitado, en gran medida gracias a la aplicación de la sección HE de ahorro de energía de dicho código, que establece las condiciones que permiten limitar la demanda energética de los edificios, mejorar la eficiencia de sus instalaciones térmicas e incorporar energías renovables. Estas medidas aplicadas a la edificación no solo contribuyen a cumplir los objetivos nacionales en cuanto a eficiencia energética y uso de energías renovables, sino que también suponen una importante disminución de la dependencia energética y un avance en la lucha contra el cambio climático.

Las instalaciones de energía solar térmica han incrementado paulatinamente su presencia en el parque edificatorio, desde la entrada en vigor de las primeras Ordenanzas Municipales solares que se aprobaron en el año 2000 hasta la actualidad. La entrada en vigor del CTE en 2006, a través de la sección HE 4, establecía una contribución solar mínima para la producción de agua caliente sanitaria (ACS), y para la demanda de calor necesaria para la climatización de piscinas cubiertas que afectaba a todo el territorio nacional, que hizo crecer el volumen de metros cuadrados instalados a partir de su aplicación de manera exponencial.

La última modificación del CTE incorpora la idea de que los edificios tengan un consumo de energía casi nulo a partir de 2020, para ello se añade una sección destinada a la limitación del consumo energético, que limitará el uso de energía primaria en los edificios.

La definición de edificio con consumo energético casi nulo es la siguiente: edificio con un nivel de eficiencia energética muy alto donde la cantidad casi nula o muy baja de energía requerida debería estar cubierta, en muy amplia medida, por energía procedente de fuentes renovables, incluida la energía procedente de fuentes renovables producida in situ o en el entorno.

En 2016, la comisión europea publicó unas recomendaciones que, principalmente, proponen unos valores límite de demanda energética y de consumo de energía primaria no renovable para dos tipologías edificatorias: oficinas y viviendas unifamiliares, que dependerán de la zona climática y que nos permiten ver el orden de magnitud que la aportación de energías renovables podría llegar a suponer en los edificios cuyo consumo de energía es casi nulo.

La demanda de ACS, que depende únicamente del consumo litros/día por ocupante correspondiente a cada tipo de edificio y a su ocupación, no se verá afectada por estas medidas, ya que dichas medidas tendrán un efecto importante en la disminución de las demandas de calefacción y refrigeración de un edificio.

Es por ello, que la incorporación de energía solar térmica en la edificación tendrá un papel cada vez más importante a desempeñar en este nuevo escenario edificatorio. Su efecto se plasmará de manera determinante en la calificación energética del edificio mejorándola notablemente ya que es la única tecnología renovable cuya producción no tiene asociado ningún consumo de energía primaria ni emisiones de CO₂. Además, el uso de la energía solar térmica mejora la calidad del aire ambiente en las ciudades, asunto que está cobrando una importancia cada vez mayor.

Este hecho es muy importante, ya que como bien se sabe, España es un país dependiente energéticamente del exterior, lo que hace imprescindible la incorporación de técnicas para reducir el consumo y optimizar las instalaciones. Esto provoca grandes consecuencias sobre los consumidores, como por ejemplo, que el precio de la electricidad es mayor que en otros países del entorno.

1.3. Metodología de cálculo

El objetivo del presente apartado es detallar el método de cálculo seguido a la hora de diseñar la instalación.

Para el diseño de la instalación se ha usado la herramienta informática conocida como CHEQ 4.

El método MetaSol combina la precisión y flexibilidad de la simulación dinámica de programas como TRANSOL y la rapidez y simplicidad de métodos estáticos como F-Chart, manteniendo presente las características del mercado español y la normativa aplicable.

Dicho método está basado en el uso de curvas, en concreto 14 curvas, dos por configuración, que permiten predecir las ganancias y pérdidas de cada uno de los sistemas.

Las catorce curvas finales han sido obtenidas a partir de un exhaustivo estudio estadístico de los resultados de numerosas simulaciones dinámicas realizadas con el programa TRNSYS.

Gracias a este proceso, es posible obtener la gran precisión, que solo se puede alcanzar mediante la simulación dinámica, con una metodología de cálculo estática cuasi instantánea. A diferencia

de otros métodos de cálculo basados en curvas, CHEQ4 está especialmente diseñado para tipologías de instalaciones más habituales y la climatología de nuestro país.

De igual manera, el propósito es calcular la superficie de captación, el volumen de acumulación y el porcentaje de demanda cubierta de la instalación.

A continuación, se procede a explicar los pasos seguidos con el programa CHEQ 4.

- Localización.

Es necesario conocer los datos geográficos y climatológicos del proyecto, tales como la ubicación del edificio, la aplicación en cuestión y los datos de consumo.

Estos datos se tienen que introducir en la primera ventana del programa, como se muestra en la figura 1.

- Configuración.

La figura 2 corresponde a la segunda ventana, en ella hay que elegir la tipología de la instalación. Se ha optado por una instalación de consumo único con interacumulador.

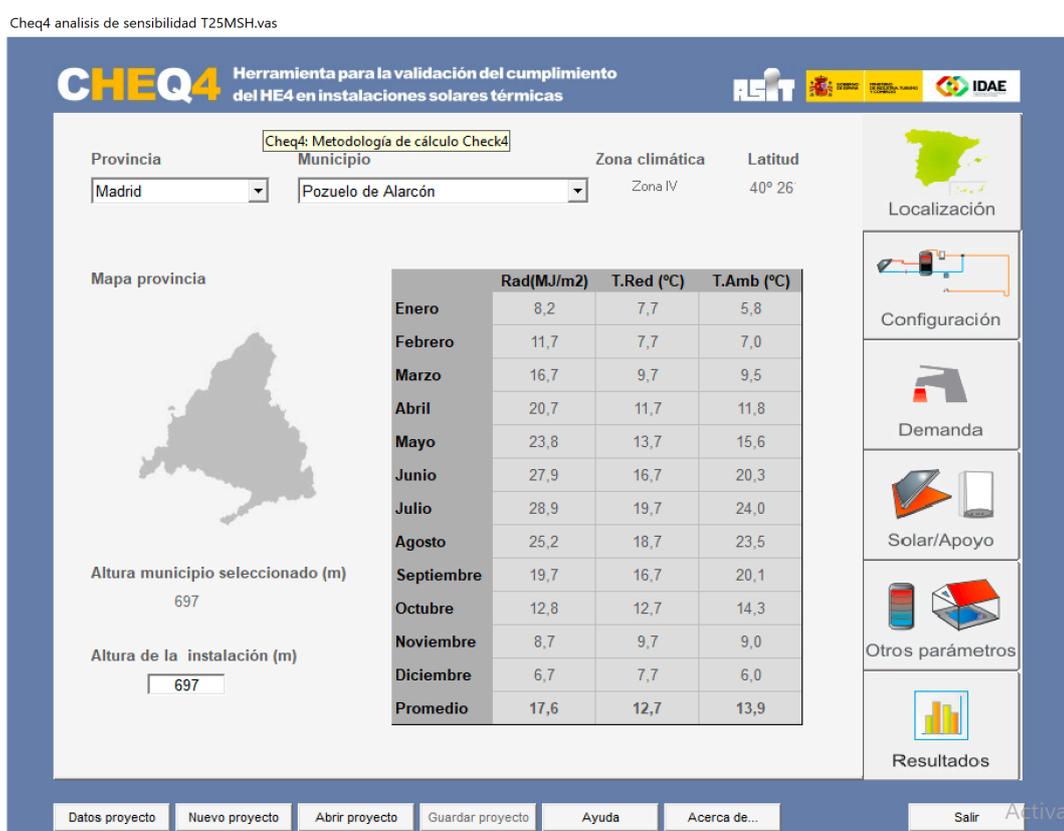


Figura 1. Pestaña de localización en CHEQ 4.

- Demanda.

Como se muestra en la figura 3, es necesario introducir la aplicación del edificio, que corresponde al epígrafe “Hospitales y clínicas”, y el número de personas, que se ha estimado en 97 personas.

No se han considerado otras demandas de agua caliente sanitaria, por lo que dicha casilla tendrá valor cero.

En esta ventana, aparece la contribución solar mínima de la instalación, marcada por el CTE, y corresponde al 60%.



Figura 2. Pestaña de configuración en CHEQ 4

- Solar / Apoyo.

En la figura 4 se muestra la ventana correspondiente al sistema de captación solar y el sistema auxiliar.

En cuanto al sistema de captación, en primer lugar, es necesario elegir la empresa y el modelo de los captadores solares. Se ha optado por la empresa sevillana TERMICOL, y el modelo T25MSH.

En segundo lugar, es necesario introducir el número de captadores y el número de captadores en serie de la instalación, que son 36 y 1 respectivamente, es decir, la configuración elegida es en paralelo. Así como las pérdidas por sombra (0%), orientación (0°) e inclinación (40°).

Con respecto al sistema de auxiliar, se ha optado por una caldera convencional de gasóleo, que como se explica en la memoria de cálculo, se ha mantenido el sistema existente previo a la instalación en cuestión.

CHEQ4 analisis de sensibilidad T25MSH.vas

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

CONSUMO ÚNICO
 Aplicación: Hospitales y clínicas
 Número de personas: 97
 Demanda calculada (l/día a 60 °C): 5.335

CONSUMO MÚLTIPLE

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

Demanda calculada (l/día a 60 °C):

CONSUMO TOTAL
 Otras demandas (l/día a 60°C): 0
 Demanda total (l/día a 60°C): 5.335

OCUPACIÓN ESTACIONAL (%)

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

CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA EXIGIDA
 Caso general FS 60%
 Caso piscina FS 60%

Botones: Datos proyecto, Nuevo proyecto, Abrir proyecto, Guardar proyecto, Ayuda, Acerca de..., Salir

Figura 3. Pestaña de demanda en CHEQ 4.

Cheq4 analisis de sensibilidad T25MSH.vas

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

CAPTADORES
 Empresa: Termicol
 Marca/Modelo: T25MSH
AVISO: Verificar la existencia y vigencia de la certificación del captador seleccionado.

Datos de ensayo

Área (m2)	2,4
n0 (.)	,812
a1 (W/m2K)	3,812
a2 (W/m2K2)	,021
Qtest(l/hm2)	57,6
k50	,87
Laboratorio	CENER
Certificación	NPS-3813

CAMPO DE CAPTADORES
 Núm. captadores: 36
 Captadores en serie: 1
 Pérdidas sombras (%): 0
 Orientación (°): 0
 Inclinación (°): 40
 Área total captadores (m2): 86,40

CIRCUITO PRIMARIO / SECUNDARIO
 Caudal prim.(l/h): 4.977
 Anticongelante (%): 25
 Long. circuito (m): 100
 Diám. tubería (mm): 36
 Esp. aislante (mm): 30
 Aislante: genérico

SISTEMA DE APOYO
 Tipo de sistema: Caldera convencional
 Tipo de combustible: Gasóleo

Botones: Datos proyecto, Nuevo proyecto, Abrir proyecto, Guardar proyecto, Ayuda, Acerca de..., Salir

Figura 4. Pestaña de solar/apoyo en CHEQ 4.

- Otros parámetros.

En la figura 5, se muestra la ventana correspondiente al sistema de acumulación y de distribución.

Como criterio de diseño se ha elegido una relación volumen de acumulación/área de captación igual a 75 l/m², por lo que se tiene un volumen de acumulación de 6480 litros.

- Resultados.

En la ventana de resultados del CHEQ 4, figura 6, se muestra si la instalación cumple con los requerimientos de contribución solar mínima exigida por el CTE-HE 4.

El programa otorga la posibilidad de generar el certificado del cumplimiento de dichos requerimientos, recogido en el Anexo I.

En la figura 6, se expone tanto una tabla, como una gráfica de resultados. La tabla de resultados muestra la fracción solar cubierta, demanda de energía neta, demanda de energía bruta, el aporte de energía solar de la instalación, el consumo energético del sistema auxiliar y, por último, la reducción de dióxido de carbono que se produce al sustituir la energía primaria de origen convencional por energía renovable.

En la gráfica de resultados, que muestra la evolución anual de la fracción solar, la aportación solar, la demanda bruta y el consumo auxiliar.

Se observa que la fracción solar cubierta es del 60 %, cumpliendo así el mínimo exigido por la sección HE4 del CTE.

1.4. Descripción del edificio

La Clínica está situada en la planta baja y primera del edificio de la Avenida del Talgo s/n de Madrid, por lo que pertenece al Distrito Municipal de Moncloa-Aravaca, localidad Pozuelo de Alarcón.

El solar consta de servicios de electricidad, saneamiento y abastecimiento de agua.

La superficie total construida del edificio es de 2484,25 m²; desarrollándose en planta baja 1029,13 m² y en planta primera 1455,12 m².

El Centro cuenta con dos accesos, ambos principales por la Avenida del Talgo s/n, uno de ellos se utilizará como acceso de pacientes en sus vertientes de consulta médica, atención ambulatoria y de laboratorios, y el otro como acceso de personal, y estará dividido de la siguiente manera:

Cheq4 analisis de sensibilidad T25MSH.vas

Figura 5. Pestaña de otros parámetros en CHEQ 4.

Cheq4 analisis de sensibilidad T25MSH.vas

RESULTADO:
 La instalación solar térmica especificada **CUMPLE** los requerimientos de contribución solar mínima exigida por la HE4 Certificado

Fracción Solar (%)	Demanda neta (kWh)	Demanda bruta (kWh)	Aporte solar (kWh)	Cons. auxiliar (kWh)	Reducción CO2 (kg)
60	106.877	108.799	65.616	48.364	19.299

Gráfica de resultados (Sistema referencia)

Energy (kWh/h) vs Fracción solar (%)

Legend:
 - Fracción solar (purple diamonds)
 - Demanda bruta (blue squares)
 - Aportación solar (red circles)
 - Consumo auxiliar (green triangles)

Figura 6. Pestaña de resultados en CHEQ 4.

En Planta Baja cuenta con dos alas claramente diferenciadas. En el ala izquierda, (entrada de personal), hay una zona de recepción y sala de espera, un salón de actos, una sala de personal, y una zona de vestuarios. En el ala derecha, (entrada de pacientes), se sitúa, una zona de recepción y espera, los despachos de dirección, pagos, atención al paciente, e informática, una zona de administración, una zona de aseos, y una zona de laboratorios.

En Planta Alta se sitúa una zona de recepción y sala de espera, una zona de habitaciones, una zona de consultas, el estudio de biólogos y ginecólogos, el despacho de enfermeras, la biblioteca, una zona de laboratorios y el quirófano.

Las actividades a desarrollar en el mencionado centro, serán las de atención por parte de personal médico especializado a personas con problemas de infertilidad. Estará dividido en una zona administrativa y de recepción y una zona de consultas y laboratorio, que a su vez, estará desarrollado en las dos plantas que actualmente ocupa.

La ocupación total de la clínica se estima en 97 personas, siendo esta constante para todos los meses.

La clínica cuenta con una instalación convencional ya existente para la producción de ACS. Dicho sistema está compuesto por una caldera de gasóleo, de la marca y modelo Ferroli DOMINA F 30, y un depósito acumulador de 300 L, de la marca y modelo LAPESA G 30. La propia caldera está dotada de elementos de seguridad, como un termostato de control sobre la temperatura de preparación que en condiciones normales de funcionamiento permitirá cumplir con la legislación vigente en cada momento referente a la prevención y control de la legionelosis.

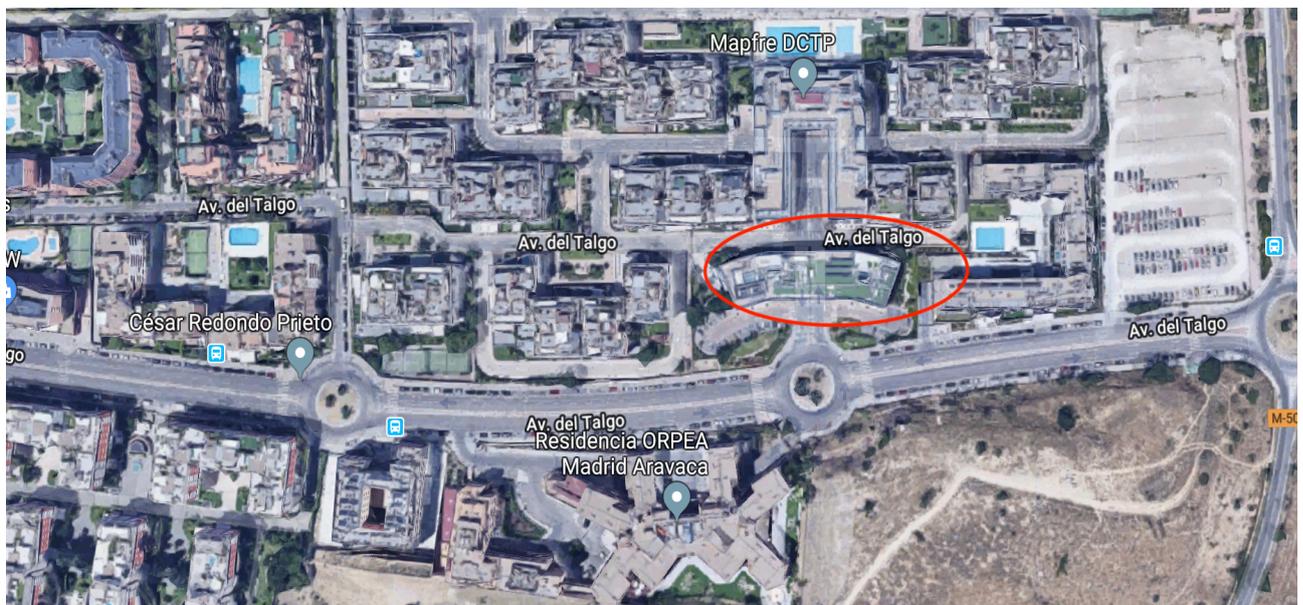


Figura 7. Emplazamiento de la clínica



Figura 8. Fotografía de la clínica

1.5. Descripción de la instalación

Se procede a describir la instalación de energía térmica solar para la producción de agua caliente sanitaria en una clínica, de manera que se cumpla con las exigencias de la normativa vigente.

Queda fuera de este proyecto el diseño del sistema auxiliar, ya que se mantendrá el sistema previo a dicha instalación.

1.5.1 Principio de funcionamiento

Los depósitos acumuladores tienen la misión de ayudar a suministrar la energía necesaria en los momentos en los que no existe suficiente radiación solar o cuando hay un consumo alto en momentos puntuales, con esto se consigue suplir el desfase horario entre la radiación solar y el consumo. Por otra parte, se logra independizar el circuito de captación solar del circuito de consumo.

Además, es necesario prever de un sistema auxiliar que actúe automáticamente calentando el agua hasta la temperatura de consumo, para aquellos días en los que la radiación solar sea insuficiente o el consumo sea superior a lo previsto. Este sistema de apoyo utilizará los medios energéticos convencionales, como el gas, la electricidad o el gasóleo.

El sistema constará de dos circuitos:

El circuito primario, formado por el conjunto del campo de captadores, depósito acumulador, vaso de expansión, bomba de circulación y red de tuberías.

El circuito secundario o de consumo, donde el agua caliente procedente del depósito de acumulación abastece los puntos de consumo del edificio.

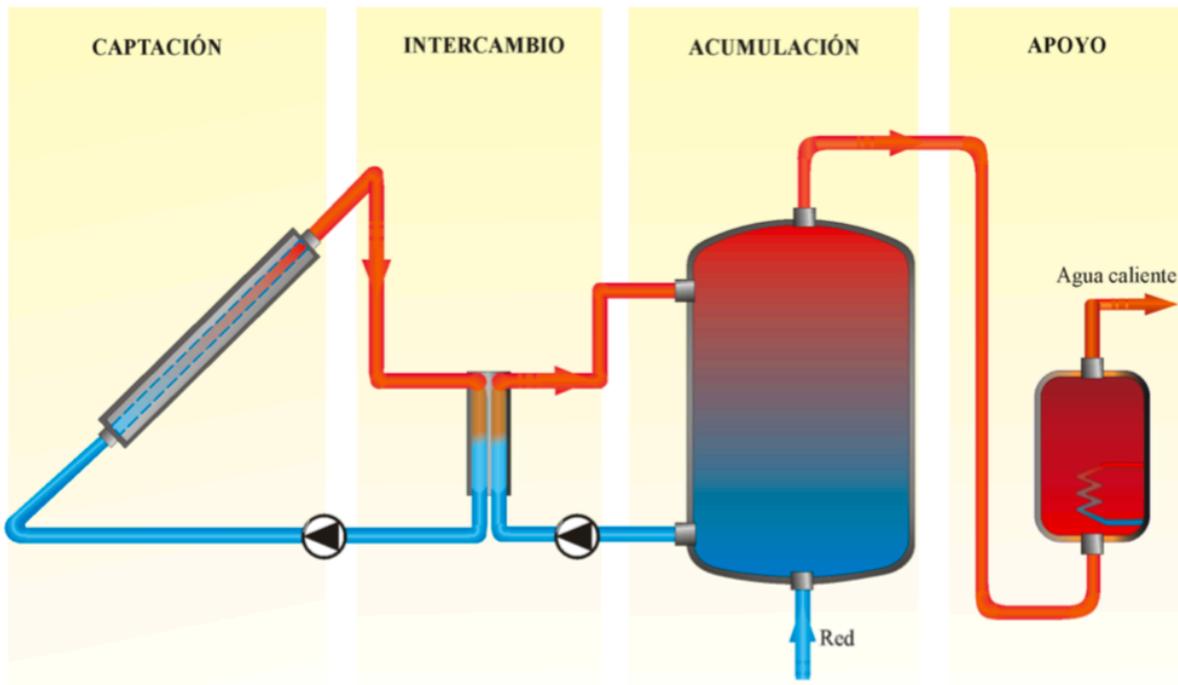


Figura 9. Esquema de una instalación de energía solar térmica.

1.5.2 Esquema de principio

La instalación consta de 36 captadores solares ubicados en la cubierta del edificio, orientados hacia el sur (0°) y con una inclinación de 40° . En cuanto a la conexión, se encuentran en paralelo y agrupados en baterías de 3 captadores.

Con respecto a los depósitos acumuladores, la instalación consta de dos interacumuladores conectados en serie y ubicados en la sala de máquinas, que se encuentra en el sótano.

El grupo de bombeo está formado por dos bombas de igual potencia conectadas en paralelo, ubicadas también en la sala de máquinas.

La instalación consta de un sistema de control integrado por un módulo de control diferencial de temperatura, que incorpora sondas de temperatura en la salida del campo de captadores y en los depósitos interacumuladores, y con ello regula el funcionamiento de las bombas.

La regulación consiste en comparar la temperatura de la salida del campo de captadores solares con la temperatura de acumulación, si la temperatura del campo de captadores es inferior a la de acumulación aumentada en 2°C , el módulo de control diferencial ejecuta la orden de parada del grupo de bombeo. De la misma manera, cuando la temperatura del campo de captadores supera en 7°C la temperatura de acumulación, el módulo de control diferencial ejecuta la orden de arranque del grupo de bombeo.

Por otro lado el sistema de control asegurará la protección frente a heladas, ya que si la temperatura es inferior a la temperatura de congelación del fluido aumentada en 3°C , las bombas arrancan.

En cuanto a la colocación de las sondas de temperaturas, éstas irán en la parte superior de la salida del campo de captadores y en la parte inferior de los interacumuladores, en una zona que no esté influenciada ni por el propio serpentín, ni por la circulación del agua del circuito secundario.

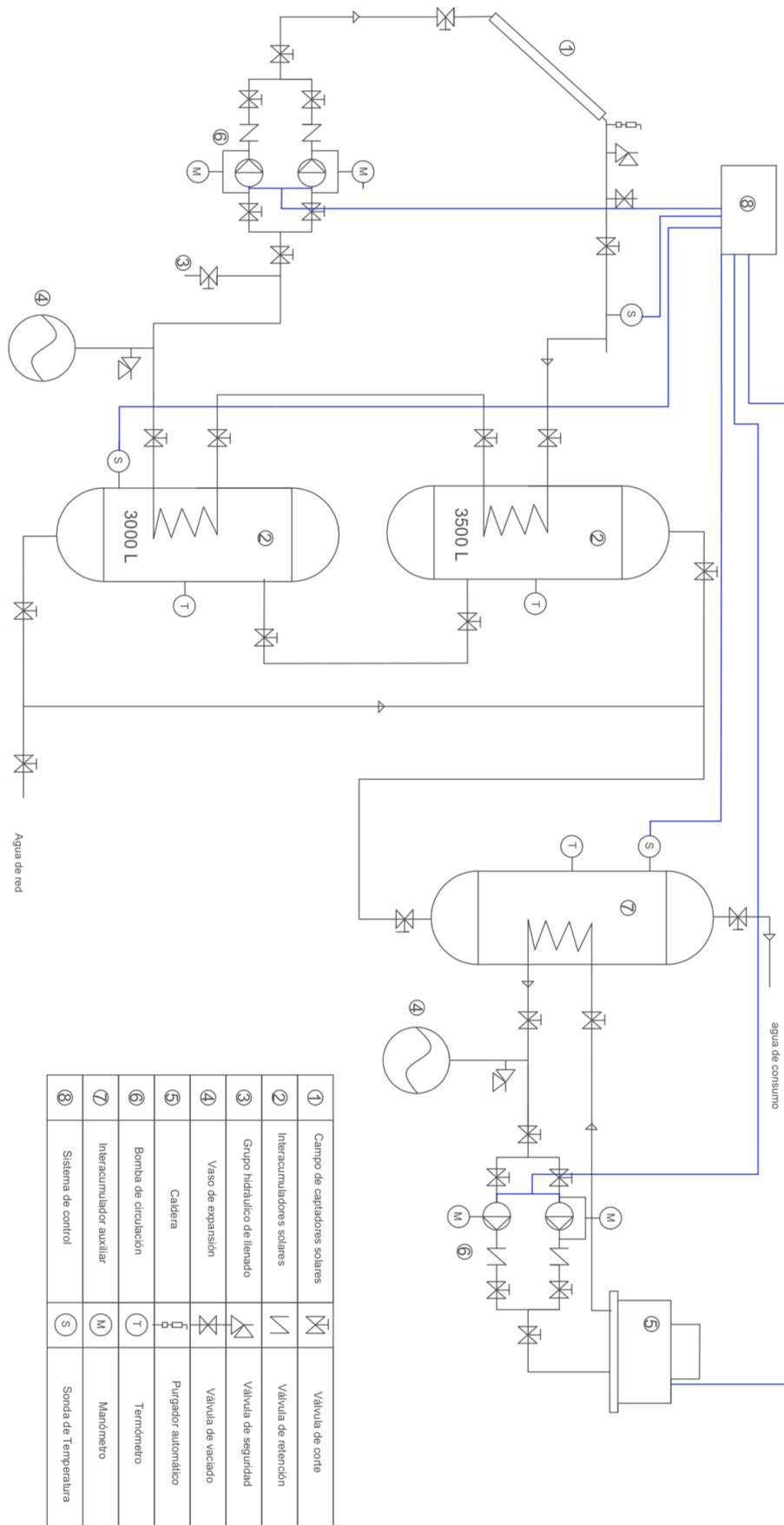


Figura 10. Esquema de principio de la instalación.

1.5.2 Sistemas de la instalación

- Sistema de captación solar.

El sistema de captación solar está compuesto por el campo de captadores, siendo los captadores solares planos los más habituales para la producción de agua caliente sanitaria.

Un captador solar plano es un intercambiador de calor que transforma energía procedente de la radiación solar, captando tanto la radiación difusa como la directa, en energía térmica con el objetivo de aumentar la temperatura del fluido caloportador.

El principio de funcionamiento del captador plano se basa en la conjugación del efecto asociado a un cuerpo negro con el conocido efecto invernadero. Gracias a este sistema de captación se consigue absorber la mayor parte de la radiación solar que llega hasta la superficie y reflejar la menor posible.

Los captadores planos, están recubiertos de una caja herméticamente cerrada. En la cara superior de esta caja se coloca una superficie acristalada que deja atravesar la radiación solar e impide que se pierda la ganancia térmica obtenida.

Por norma general, se usan carcasas metálicas para proteger el equipo de captación. Uno de los elementos más importantes del captador es la placa absorbedora, ya que se produce la captación solar. Los materiales con los que son fabricados se caracterizan por tener una alta conductividad térmica, como por ejemplo el cobre o el aluminio.

Los componentes del captador solar se muestran en la figura 11.

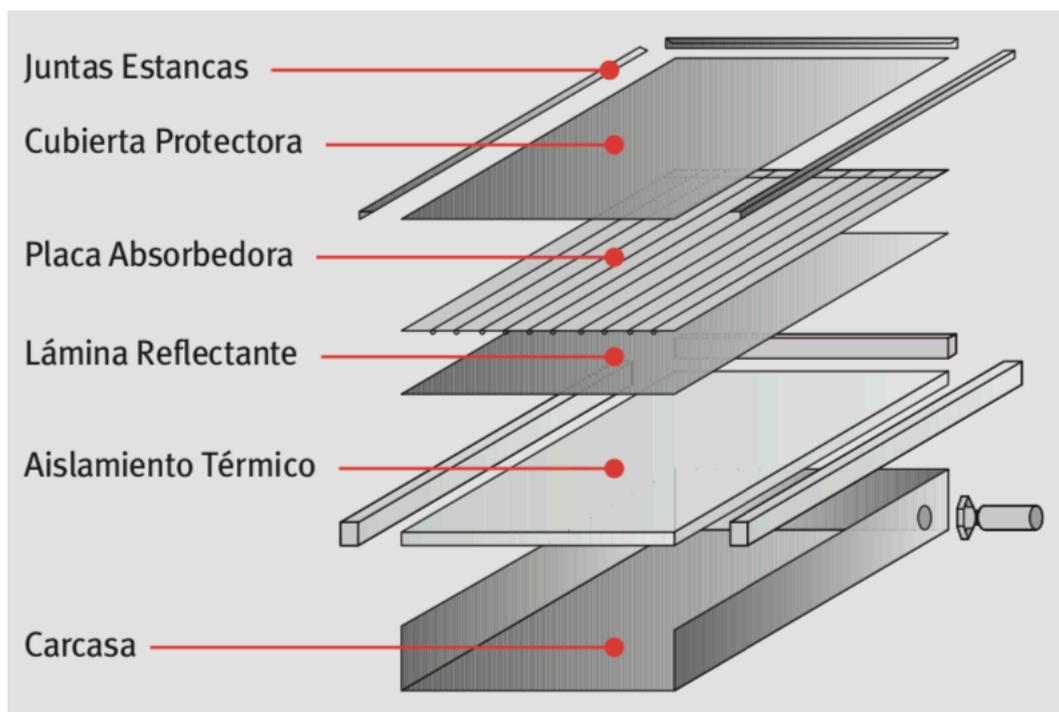


Figura 11. Componentes de un captador solar plano

Posteriormente el calor se transmite al fluido caloportador, que circula por una serie de tubos de cobre, normalmente dispuestos en forma de serpentín y orientados en forma vertical con respecto al captador. Dichos tubos se ponen en contacto con la placa absorbedora mediante una soldadura. Los captadores seleccionados para la instalación se caracterizan por unir los tubos de cobre a la banda de aluminio mediante una soldadura por láser.

Con respecto al fluido caloportador, suele ser una mezcla de agua y glicol, con el objetivo de proteger la instalación frente a heladas y elevar la temperatura de ebullición por encima de los 100 °C para evitar la formación de vapor en el interior del circuito.

Cabe destacar que la orientación e inclinación del captador influyen fuertemente en el rendimiento, y que este aumenta al disminuir la temperatura del fluido a la entrada y al aumentar la temperatura de captación.

Por otro lado, las sombras empeoran el rendimiento del captador y están fuertemente influenciadas por la orientación e inclinación de las placas, así como de las características constructivas de la cubierta.

- Sistema de acumulación.

Debido al desfase horario entre la radiación solar y el consumo de agua caliente, es necesario un sistema que almacene la energía solar captada, en forma de agua caliente para poder suministrarla cuando se demande.

Por norma general, se usan depósitos con forma cilíndrica, debido al fenómeno de la estratificación, en la que la disminución de la densidad del agua caliente provoca que esta se coloque en la parte superior de dicho depósito, y por lo tanto, el agua fría, de mayor densidad, se coloque en la parte inferior.

Del mismo modo, es importante el volumen de acumulación del depósito, ya que si es insuficiente se desperdiciaría parte de la energía solar captada, y si fuese excesivo no se alcanzaría la temperatura de consumo. Por eso existe una proporción adecuada entre el volumen de acumulación y los metros cuadrados de la superficie de captación.

En caso de fraccionar el volumen de acumulación, los depósitos se conectarán en serie.

El intercambio de calor se produce en un intercambiador, que puede estar dentro del acumulador (interacumuladores) o fuera (intercambiador independiente).

La situación de las conexiones se efectuará del siguiente modo:

La conexión de agua caliente procedente del intercambiador o de los captadores al interacumulador se realizará, preferentemente a una altura comprendida entre el 50 % y el 75 % de la altura total del mismo.

La conexión de salida del agua fría del acumulador hacia el intercambiador o los captadores se realizará por la parte inferior de éste.

La conexión de retorno de consumo al acumulador y agua fría de red se realizarán por la parte inferior.

La extracción de agua caliente del acumulador se realizará por la parte superior.

- Sistema de apoyo.

Consiste en un sistema auxiliar de producción de agua caliente sanitaria, esto se debe a que existirán días a lo largo del año en los que la radiación solar no sea suficiente para cubrir la demanda de agua caliente, ya sea por defecto de sol o por exceso de consumo. Para ello, se instala un sistema convencional de producción de ACS.



Figura 12. Interacumulador.

El sistema auxiliar está formado por una caldera convencional, cuya función es elevar la temperatura del fluido caloportador en cuestión, un interacumulador, donde se produce el intercambio de energía entre fluido caloportador y el agua de red, elevando la temperatura de este último. También lleva incorporado un grupo de bombeo, encargado de la circulación del fluido caloportador.

No se permite la conexión de un sistema de generación auxiliar en el acumulador solar. Para los equipos de instalaciones solares que vengan preparados de fábrica para albergar un sistema auxiliar eléctrico, se deberá anular esta posibilidad de forma permanente, mediante sellado irreversible u otro medio.

Cabe destacar que dicho sistema debe dimensionarse como si no existiera la instalación de energía solar, es decir, en el caso más desfavorable, para los días en los que la radiación solar sea muy pequeña. Además, debe tenerse en cuenta que el uso de este equipo debe minimizarse lo máximo posible.



Figura 13. Caldera convencional

- Sistema hidráulico.

La instalación se efectuará con circuitos independientes para el campo de captadores y el consumo. Para conseguir el equilibrio del circuito de conexión de los captadores solares se utilizará el sistema de retorno invertido y si fuese necesario, válvulas de equilibrado.

Las bombas de circulación forzada tienen como objetivo bombear el fluido caloportador procedente del serpentín del depósito acumulador hacia el campo de captadores. El funcionamiento de dicha bomba estará regido por un termostato diferencial.

El grupo de bombeo de la instalación en cuestión consta de bombas en paralelo, una de ellas de reserva, de manera que, si se produce una avería en una de funcionamiento, no se detenga el bombeo de fluido caloportador hacia captadores.



Figura 14. Bomba de circulación

En cuanto al vaso de expansión, figura 15, tiene como objetivo absorber las variaciones de volumen del fluido caloportador cuando se producen variaciones en su temperatura. Por otro lado, mantiene la presión entre unos límites establecidos, impidiendo así las pérdidas de fluido y su posterior reposición. Gracias a este equipo se consigue mantener presurizado el circuito primario permitiendo variaciones de volumen del fluido caloportador en cuestión.

La red de tuberías es un componente vital del sistema hidráulico, ya que permite el traslado del fluido a lo largo de la instalación. Dichas tuberías deben estar provistas del espesor de aislante necesario para evitar las pérdidas térmicas debido a la elevada temperatura de transporte del fluido. Se intentará en todo momento que los tramos horizontales del circuito de conexión del campo de captadores tengan una pendiente mínima del 1% en el sentido de la circulación.

Los materiales más habituales para las tuberías de instalaciones de este tipo son el acero inoxidable, el cobre y el acero galvanizado, aunque en ocasiones, se recurre a termoplásticos como el PVC.

El circuito en cuestión se construirá en tuberías de cobre.



Figura 15. Vaso de expansión.

- Sistema de regulación

El sistema de regulación de la instalación se lleva a cabo mediante el control diferencial de temperaturas. Dicha regulación consiste en comparar la temperatura de la salida del campo de captadores con la temperatura del depósito de acumulación, y en función del valor de esta arrancar o parar la bomba.

La medición de dichas temperaturas se realiza mediante unas sondas de temperatura situadas a la salida del campo de captadores y en el depósito acumulador.

El funcionamiento consiste en:

- Si la diferencia entre la temperatura de la salida del campo de captadores y la temperatura del depósito acumulador es inferior a 2 °C, las bombas están paradas.
- Si la diferencia de temperatura es superior a 7 °C las bombas están en funcionamiento.

De igual manera, el sistema de control asegurará que en ningún punto la temperatura del fluido de trabajo descienda por debajo de una temperatura de tres grados superior a la de congelación del fluido.

- Sistema de llenado

Se incorporará un sistema de llenado manual o automático que permita llenar el circuito primario y mantenerlo presurizado. De tal manera que se pueda rellenar el anticongelante en la instalación.

1.6. Características de los equipos

El objetivo del presente apartado es describir las características técnicas de los equipos de la instalación.

1.6.1 Captador solar

- Empresa: TERMICOL
- Modelo: T 25 MSH.

La caída de presión producida en el interior del absorbedor debido a las fricciones del fluido se representa en la gráfica experimental, mostrándose el ajuste cuadrático para poder extrapolar los valores a cualquier caudal másico.

En cuanto a la estructura soporte y el montaje. Se tienen las dimensiones en alzado de los triángulos soportes, que modificando la posición del perfil trasero se ha obtenido la inclinación óptima. Las dimensiones se muestran en la figura 18.

Donde:

- D2 es el ángulo de inclinación, igual a 40°.
- B2 es la altura de la estructura soporte, igual a 0,79 metros.
- A1 es el ancho del captador solar, igual a 1,2 metros
- C2 es el largo de la estructura soporte, igual a 0,94 metros.

Cabe destacar que el ángulo de inclinación es igual a la latitud geográfica, que son 40°, tal y como especifica la sección HE4 del CTE.

Por otro lado, cabe destacar que el caudal unitario recomendado por el fabricante es 40 l/h*m².

		T25MSH
Dimensiones (mm.)		1200*2130*83
Área total (m ²)		2,54
Área apertura (m ²)		2,38
Peso en vacío (kg)		38
Capacidad de fluido (litros)		1,42
Presión Máxima de Trabajo (bar)		8
h ₀		0,812
a ₁ (W/m ² K)		3,812
a ₂ (W/m ² K ²)		0,021
Cubierta		Vidrio templado 3,2 mm.
Absorbedor	General	Tubo de cobre de φ8mm y colector de φ18mm de cobre y aleta de aluminio.
	Nº canales	18
	Tratamiento	Ultraselectivo
Carcasa		Aluminio
Aislamiento		Lana de roca semirígida de 40 mm.
Conexión entre captadores		Mediante racor de compresión 3 piezas

Figura 16. Ficha técnica del captador T25MSH.

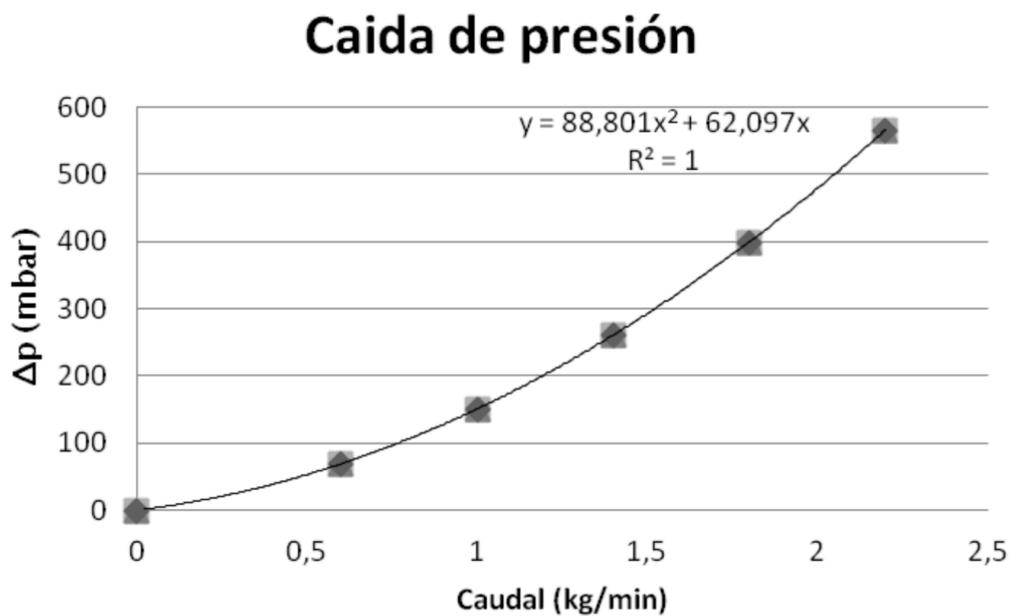


Figura 17. Caída de presión en el captador.

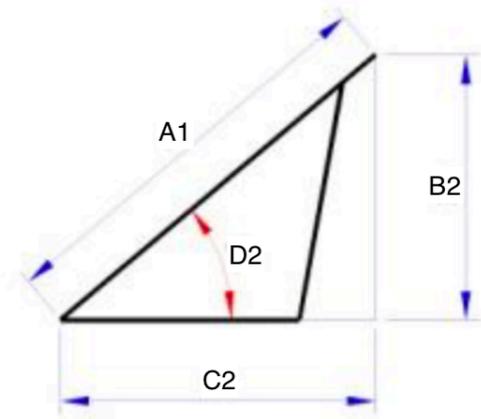


Figura 18. Dimensiones de la estructura soporte del captador.

1.6.2. Estructura soporte del captador solar

La estructura de apoyo de captadores está formada por perfiles de acero normalizados, cortados, taladrados y posteriormente galvanizados en caliente para resistir los efectos de la intemperie. La unión entre las distintas barras que componen la estructura se realiza mediante tornillería de seguridad de acero inoxidable.

Son estructuras estándar para 1, 2 y 3 captadores.

El peso de cada panel se transmite a un triángulo soporte formado por 3 barras atornilladas entre sí. Los captadores se fijan a la estructura a través de garras de sujeción realizadas a medida (4 por panel).

Las estructuras estándar en terraza plana tienen una inclinación con respecto a la horizontal de 45° , pero pueden lograrse 40° y 50° modificando la posición de los perfiles.

1.6.2 Interacumulador

- Empresa: LAPESA.
- MODELOS:
 - o MXV 3000.
 - o MXV 3500.

Depósitos de acero inoxidable, de 1500 a 6000 litros **lapesa**
Con serpentines

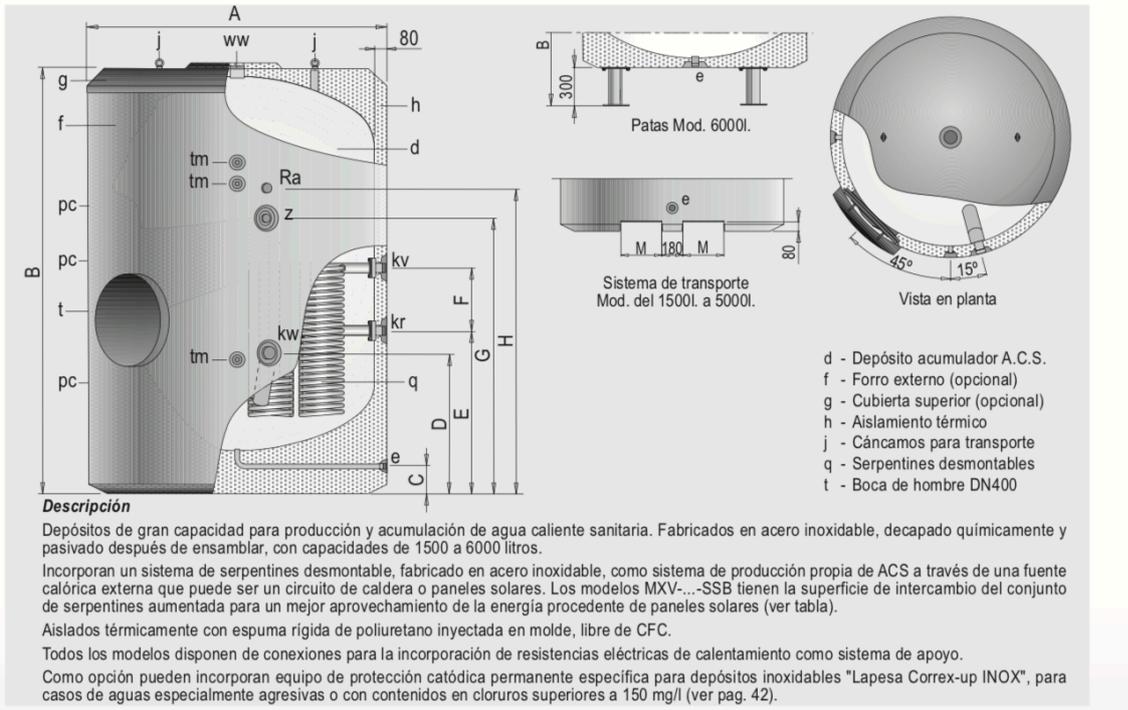


Figura 19. Ficha técnica interacumulador. Parte 1.

Características técnicas /Conexiones /Dimensiones		MXV1500 SB/ SSB	MXV2000 SB/ SSB	MXV2500 SB/ SSB	MXV3000 SB/ SSB	MXV3500 SB/ SSB	MXV4000 SB/ SSB	MXV5000 SB/ SSB	MXV6000 SB/ SSB
Capacidad de A.C.S	l	1500	2000	2500	3000	3500	4000	5000	6000
Temperatura máx.* depósito de A.C.S	°C	90	90	90	90	90	90	90	90
Presión máx. depósito de A.C.S. (*)	bar	8	8	8	8	8	8	8	8
Temperatura máx. circuito de calentamiento (**)	°C	120	120	120	120	120	120	120	120
Presión máx. circuito de calentamiento	bar	25	25	25	25	25	25	25	25
Número de serpentines -SB / -SSB	und	2 / 3	2 / 3	3 / 4	3 / 5	4 / 5	4 / 5	5 / 6	5 / 6
Capacidad de serpentines -SB / -SSB	l.	17 / 25	19 / 29	28 / 35	29 / 48	38 / 48	38 / 48	48 / 56	48 / 56
Superficie de intercambio -SB / -SSB	m ²	2.8 / 4.2	3.4 / 5.0	4.8 / 6.1	5.0 / 8.4	6.7 / 8.4	6.7 / 8.4	8.4 / 10.0	8.4 / 10.0
Peso en vacío aprox. -SB / -SSB	Kg	305 / 315	345 / 365	485 / 500	535 / 565	575 / 590	650 / 665	720 / 745	805 / 817
Cota A: diámetro exterior	mm	1360	1360	1660	1660	1660	1910	1910	1910
Cota B: longitud total	mm	1830	2280	2015	2305	2580	2310	2710	3210
Cota C:	mm	175	175	175	175	175	175	175	--
Cota D:	mm	680	680	800	800	815	880	880	946
Cota E:	mm	760	920	910	1015	1015	1055	1055	1136
Cota F:	mm	400	400	400	400	400	400	400	400
Cota G:	mm	1095	1470	1225	1410	1545	1400	1580	2194
Cota H:	mm	1285	1660	1415	1600	1735	1590	1770	2384
Cota M:	mm	210	210	285	285	285	350	350	--
kw: entrada agua fría	"GAS/M	2	2	2	2	3	3	3	3
e: desagüe	"GAS/M	1	1	1	1	1	1	1	2
ww: salida agua caliente	"GAS/M	2	2	3	3	3	3	3	3
z: recirculación	"GAS/M	1-1/2	1-1/2	2	2	2	2	2	2
kv: avance caldera	"GAS/M	2	2	2	2	2	2	2	2
kr: retorno caldera	"GAS/M	2	2	2	2	2	2	2	2
Ra: conexión resistencia de apoyo	"GAS/H	2	2	2	2	2	2	2	2
tm: conexión sensores laterales	"GAS/H	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2
pc: conexión protección catódica	"GAS/H	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4
nº conexiones protección catódica	und.	2	3	3	4	4	4	5	6

* en continuo
 (*) Otras presiones, consultar. (**) Temperatura estándar. Otras temperaturas, consultar.

Figura 20. Ficha técnica interacumulador. Parte 2.

1.6.3 Bomba de circulación

- Empresa: WILO.
- Modelo: Stratos-Z 40/1-8.

Ficha técnica: Stratos-Z 40/1-8

Datos hidráulicos		Datos del motor	
Presión máxima de trabajo P_N	10 bar	Índice de eficiencia energética (IEE)	0.20
Altura máxima de impulsión H	8.00 m	Alimentación eléctrica	1~230 V, 50/60 Hz
Caudal máximo Q	17 m ³ /h	Potencia nominal del motor P_2	0.20 kW
Temperatura mínima del fluido T	-10 °C	Intensidad nominal I_N	1.37 A
Temperatura máxima del fluido T	110 °C	Velocidad mínima n_{min}	1400 rpm
Temperatura mínima del fluido T	0	Velocidad máxima n_{max}	4800 rpm
Temperatura máxima del fluido T	0	Consumo de potencia (mín.) $P_{1 min}$	12.0 W
Temperatura ambiente mínima T	-10 °C	Entrada de corriente P1 máx. $P_{1 max}$	300.0 W
Temperatura ambiente máxima T	40 °C	Emisión de interferencias	EN 61800-3:2004+A1:2012/entorno residencial (C1)
Dureza total máx. admisible en sistemas de recirculación de ACS	3,57 mmol/l (20 °dH)	Resistencia a interferencias	EN 61800-3:2004+A1:2012/entorno industrial (C2)
		Regulación de la velocidad	Convertidor de frecuencia
		Clase de aislamiento	F
		Protection class motor	IPX4D
		Protección de motor	integrado
Materiales		Dimensiones de instalación	
Carcasa de la bomba	CC499K	Conexión de tubería del lado de aspiración RPS	DN 40
Rodete	PPS-GF40	Conexión de tubería del lado de impulsión RPD	DN 40
Eje	1.4122, X39CrMo17-1	Longitud entre roscas l_0	220 mm
Material del cojinete	Carbon graphite, all Carbon		
Información de pedidos			
Marca	Wilo		
Denominación del producto	Stratos-Z 40/1-8		
Referencia	2090472		
Peso neto aproximado m	11 kg		

Figura 21. Ficha técnica bomba de circulación.

1.6.4 Sistema de control

LTDC-V3



Descripción	
Termicol LTDC con 4 sondas	
■	6 Entradas para sensores PT1000 de temperatura
■	2 Entradas VFS/RPS Directsensor para medir caudal
■	3 Salidas relé 230VAC (on/off)
■	2 Salida PWM (control velocidad bombas alta eficiencia)
■	42 Variantes hidráulicas

Figura 22. Ficha técnica del sistema de control

1.7. Normativa

Para el diseño y cálculo de la instalación se han tenido en cuenta las siguientes normas y reglamentos:

1.7.1 Código técnico de la edificación.

En concreto, se ha tenido en cuenta la sección HE4 de ahorro de energía del documento básico del Código Técnico de la Edificación.

- Contribución solar mínima para ACS (2.2.1).

A continuación, en la figura 23 se muestra la contribución solar mínima para cada zona climática y para diferentes demandas de agua caliente sanitaria.

La instalación está englobada dentro del caso general, ya que el sistema auxiliar es una caldera alimentada por gasóleo.

La contribución solar mínima es del 60%, ya que la zona climática de Madrid es IV, y la demanda es superior a 5000 l/día.

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	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

Figura 23. Contribución solar mínima anual para ACS en %.

- Pérdidas por orientación, inclinación y sombras (2.2.3).

Dichas pérdidas se expresan como porcentaje de la radiación solar incidente en el captador, con inclinación y orientación óptimas, y sin sombras.

En cuanto a la orientación, la óptima es el sur (0°) y en cuanto a la inclinación, se ha supuesto que la demanda es constante durante todo el año, por lo que esta coincide con la latitud geográfica.

Como la instalación en cuestión está englobada dentro del caso general, las respectivas pérdidas límites son las mostradas en la primera fila de la figura 24.

Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10 %	10 %	15 %
<i>Superposición de captadores</i>	20 %	15 %	30 %
<i>Integración arquitectónica de captadores</i>	40 %	20 %	50 %

Figura 24. Pérdidas límite.

- Sistema de medida de energía suministrada (2.2.4).

La instalación solar dispondrá de un sistema de medida de la energía suministrada con objeto de poder verificar el cumplimiento del programa de gestión energética y las inspecciones periódicas de eficiencia energética.

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

- Sistema de acumulación y conexión de sistema de generación auxiliar (2.2.5).

Para el dimensionado del sistema de acumulación, el CTE expone los siguientes criterios:

- Se debe dimensionar en función de la energía que aporta a lo largo del día, por tanto, se debe prever una acumulación acorde con la demanda al no ser esta simultánea con la generación.
- Para la aplicación de ACS, el área total de los captadores tendrá un valor tal que se cumpla la condición $50 < V/A < 180$.
Donde V representa el volumen en litros y A el área de captación en metros cuadrados.

Con respecto al sistema de generación auxiliar, no se permite la conexión del mismo dentro del acumulador solar.

1.7.2 Normas UNE

- UNE 94002:2005. “Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria. Cálculo de la demanda de energía térmica.”
- UNE 94003:2007. “Datos climáticos para el dimensionado de instalaciones solares térmicas”.
- UNE 100155:2004. “Diseño de vasos de expansión”.

1.7.3 Reglamento de Instalaciones Térmicas en la Edificación (RITE).

- IT 1.1.4.3 Exigencias de higiene.
- IT 1.1.4.3.1 Preparación de agua caliente para uso sanitario.

- IT 1.2.4.2 Red de tuberías y conductos.
- IT 1.2.4.2.1 Generalidades
- IT 1.2.4.2.1.2 Procedimiento simplificado. Consiste en el cálculo de los espesores mínimos de aislamiento térmico, en mm, en función del diámetro exterior de la tubería sin aislar y de la temperatura del fluido en la red, y para un material de conductividad térmica de referencia.
- IT 1.2.4.2.7 Redes de tubería
- IT 1.2.4.6.1 Preparación de agua caliente para usos sanitarios.
- IT 2.3.4 Control automático

1.8. Bibliografía

- [1] Código Técnico de la Edificación (CTE), Documento básico sección HE 4, 2017.
- [2] Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE). Energía solar térmica, 2006.
- [3] Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE). Impacto de la Energía Solar Térmica en la calificación energética de edificios, 2017.
- [4] Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE). Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura, 2009.
- [5] Guía ASIT de la Energía Solar Térmica, 2010.
- [6] Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), 2013.
- [7] Departamento de Ingeniería energética, Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Sevilla. Apuntes de Energía solar, 2019.
- [8] J.F.C. Toro. Funciones de Excel para el cálculo de redes de agua, 2018.
- [9] Metodología de cálculo METASOL, IDAE.
- [10] Google Maps.
- [11] AENOR, Norma UNE 100155:2004. Climatización. Diseño y cálculo de sistemas de expansión, 2004.
- [12] AENOR, Norma UNE 94002/2005, Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria. Cálculo de la demanda de energía térmica, 2005.
- [13] AENOR, Norma UNE 94003/2007, Datos climáticos para el dimensionado de instalaciones solares térmicas, 2007.
- [14] TERMICOL (Solar Thermal Manufacturers). Catálogo general, 2019.
- [15] LAPESA. Depósitos y equipamientos, 2018.
- [16] WILO. Ficha técnica: Stratos Z-40/1-8, 2019.

2. MEMORIA DE CÁLCULO

2.1. Introducción

En el siguiente documento se exponen los cálculos necesarios para el dimensionado de la instalación solar térmica para la producción de agua caliente sanitaria ubicada en la Avenida del Talgo en Madrid.

En base a la normativa vigente, se han seleccionado los equipos pertinentes.

2.2. Datos de partida

2.2.1. Datos geográficos

Edificio	IVI-Cínica de reproducción asistida y fecundación
Localidad	Pozuelo de Alarcón
Provincia	Madrid
Altitud	690 metros sobre el nivel del mar
Latitud (°)	40,447456
Longitud (°)	-3,779
Zona climática	IV

Tabla 1. Datos geográficos de la instalación.

2.2.2. Datos Climatológicos

Para conocer la zona climática de nuestra instalación recurrimos a la norma UNE 94003:2007: “*Datos climáticos para el dimensionado de instalaciones solares térmicas*” y al CTE_HE 4. De dicha norma UNE se obtiene que el valor de la irradiación global diaria media mensual sobre superficie horizontal para nuestro edificio es 17,6 MJ/m².

En el CTE-HE 4, las zonas climáticas se definen en función de la Radiación Solar Global media diaria anual sobre superficie horizontal, según este criterio:

Por consiguiente, Madrid corresponde a una zona climática IV.

Con el uso software CHEQ 4, se obtienen los resultados sobre la irradiación global diaria media mensual sobre superficie horizontal, temperatura de agua de red y la temperatura ambiente. Dichos valores son los que se usarán en los cálculos.

Cabe destacar que el software CHEQ 4 está basado en la norma UNE antes mencionada.

Zona climática	MJ/m ²	kWh/m ²
I	H < 13,7	H < 3,8
II	13,7 ≤ H < 15,1	3,8 ≤ H < 4,2
III	15,1 ≤ H < 16,6	4,2 ≤ H < 4,6
IV	16,6 ≤ H < 18,0	4,6 ≤ H < 5,0
V	H ≥ 18,0	H ≥ 5,0

Figura 25. Radiación solar media diaria anual

MES	Rad (MJ/m2)	Temperatura agua de red (°C)	Temperatura ambiente (°C)
Enero	8,2	7,7	5,8
Febrero	11,7	7,7	7
Marzo	16,7	9,7	9,5
Abril	20,7	11,7	11,8
Mayo	23,8	13,7	15,6
Junio	27,9	16,7	20,3
Julio	28,9	19,7	24
Agosto	25,2	18,7	23,5
Septiembre	19,7	16,7	20,1
Octubre	12,8	12,7	14,3
Noviembre	8,7	9,7	9
Diciembre	6,7	7,7	6
Promedio	17,6	12,7	13,9

Tabla 2. Datos geográficos de la instalación.

2.3. Cálculo de la demanda

2.3.1. Cálculo de la demanda de agua caliente sanitaria (ACS)

Para el cálculo de la demanda de ACS se recurre a la sección HE 4 del Documento Básico del Código Técnico de la Edificación, DB CTE HE 4. En la figura 26 se muestran los valores unitarios de la demanda, para una demanda de referencia a 60 °C.

El edificio en cuestión corresponde a el epígrafe “Hospitales y clínicas”, por lo que corresponde un caudal unitario de 55 l/día*persona.

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

Figura 26. Demanda de referencia a 60 °C

En lo que refiere a la ocupación del edificio, se procede de la siguiente manera:

La suma del personal que trabaja de manera fija diariamente es de 37 personas, junto al personal de colaboración temporal que se requiere estimado en 10 personas, más la cantidad de aproximadamente 5 clientes, por cada una de las diez consultas existentes, que se tratan como máximo, unido a que la hora de cita de los pacientes no es exactamente la misma, haría una ocupación total real de 97 personas. Cabe destacar, que la ocupación es la misma para todos los meses del año.

Por lo tanto, la demanda de ACS es:

$$Q_{ACS} = 55 * \frac{\text{litros}}{\text{personas} * \text{día}} * 97 \text{ personas} = 5335 \frac{\text{litros ACS a } 60^{\circ}\text{C}}{\text{día}}$$

2.3.2 Cálculo de la demanda energética

La demanda energética mensual se puede calcular de la siguiente manera:

$$L_{ACS} = Q_{ACS} * C_p * \rho_{agua} * N * (T_{ac} - T_{af})$$

Donde:

$L_{ACS}(MJ)$	Demanda energética	Tabla 4
$Q_{ACS}(\frac{\text{litros}}{\text{día}})$	Demanda de ACS	5335
$C_p(\frac{MJ}{K * kg})$	Calor específico del agua	$4,182 * 10^{-3}$
$N(\frac{\text{días}}{\text{mes}})$	Número de día por mes	Tabla 4
$\rho_{agua}(\frac{kg}{m^3})$	Densidad del agua	1
$T_{ac}(^{\circ}C)$	Temperatura del agua caliente	60
$T_{af}(^{\circ}C)$	Temperatura de agua fría	Tabla 4

Tabla 3. Términos de la expresión de la demanda energética.

Aplicando la expresión anterior para cada mes se obtiene la tabla 4:

MES	$N(\text{días})$	$T_{af}(^{\circ}C)$	$L_{ACS}(MJ)$
ENERO	31	8	35965,283
FEBRERO	28	8	32484,772
MARZO	31	10	34582,004
ABRIL	30	12	32127,797
MAYO	31	14	31815,443
JUNIO	30	17	28781,151
JULIO	31	20	27665,603
AGOSTO	31	19	28357,243
SEPTIEMBRE	30	17	28781,151
OCTUBRE	31	13	32507,083
NOVIEMBRE	30	10	33466,455
DICIEMBRE	31	8	35965,284
TOTAL			382499,27

Tabla 4. Demanda energética mensual.

En la figura 27 se representan los valores de la demanda energética por meses. Se observa que los meses que más demanda tienen son lógicamente, Enero y Diciembre.

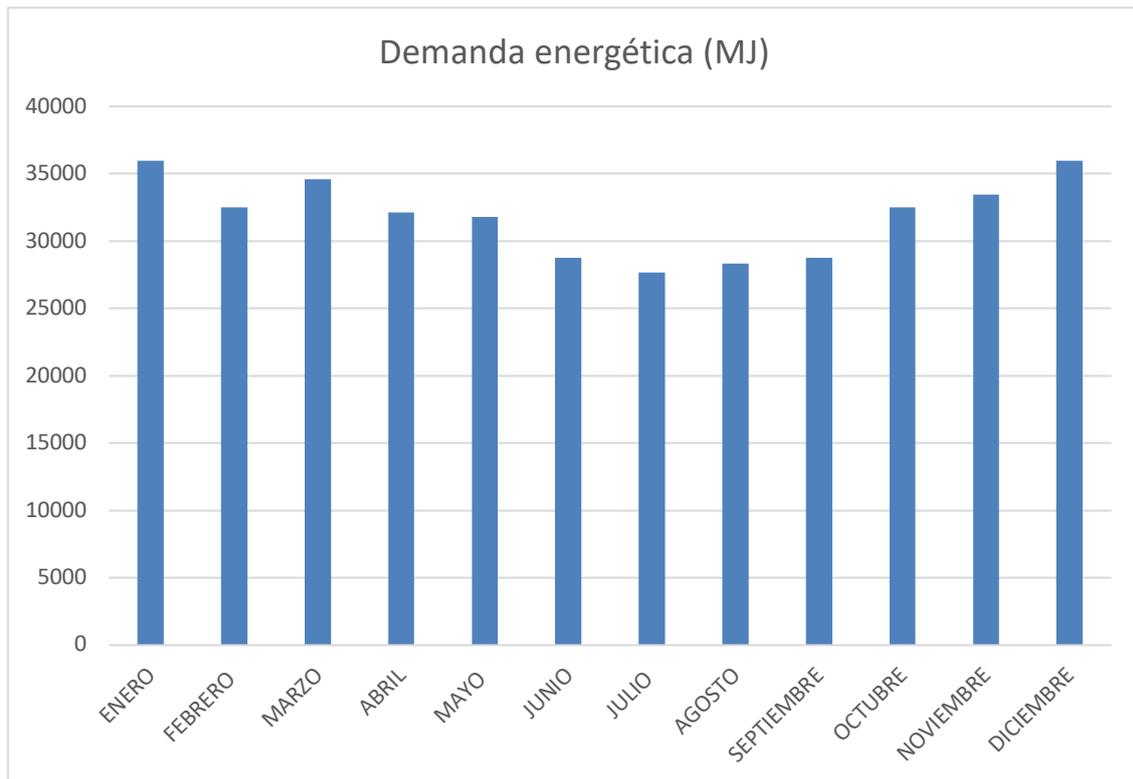


Figura 27. Demanda energética mensual.

2.4. Cálculo del área de captación y el volumen de acumulación.

Se procede a realizar el cálculo de la superficie de captación, así como el número de captadores y el volumen de acumulación.

En el apartado 2.2.5 “Sistemas de acumulación solar y conexión de sistema de generación auxiliar” del DB-CTE se exponen las condiciones que debe cumplir el sistema de acumulación.

Las dos condiciones más importantes son:

1. El dimensionado de dicho sistema se tiene que realizar dependiendo de la energía aportada diariamente, por lo que el volumen de acumulación se diseña en función de la demanda, ya que estas dos están desfasadas temporalmente.
2. Se debe cumplir la siguiente relación:

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

Siendo:

- V: Es el volumen de acumulación, en litros.
- A: Es el área de captación, en metros cuadrados.

En cuanto a la orientación e inclinación de los captadores, el CTE especifica que la orientación óptima es la sur, y que para una instalación de demanda constante anual la inclinación óptima es la latitud geográfica.

Es posible instalar los captadores con la orientación óptima, debido a que la orientación de la cubierta del edificio es sur, y se dispone del espacio suficiente.

También es posible instalarlos con la inclinación óptima, ya que una de las opciones de montaje permite tener una inclinación de 40°, igual a la latitud del edificio.

Cabe destacar que el DB CTE HE4 establece la contribución solar mínima en 60% para la instalación en cuestión. Esto tendrá su relevancia para el análisis de sensibilidad, ya que será el punto de partida para el diseño de esta.

2.4.1 Análisis de sensibilidad.

Se procede a realizar un estudio sobre las principales variables de diseño de la instalación: el número de captadores totales, el número de captadores en serie y la ratio volumen de acumulación entre área de captación. Para ello se utiliza el software CHEQ 4.

El objetivo es calcular dichas variables de manera que se cumpla la fracción de demanda solar mínima exigida por el DB CTE HE4.

La configuración de la instalación es la que se muestra en la figura 28.



Figura 28. Configuración de la instalación.

Los datos de partida son los recogidos en la tabla 5.

Mediante la herramienta informática CHEQ 4, se han realizado las siguientes simulaciones. El análisis de sensibilidad consta de tres etapas:

1. Manteniendo fijos la ratio volumen de acumulación en 75 l/día y el número de captadores en serie en 1, se obtiene la tabla 6 con la correspondiente gráfica asociada.

Se observa que a partir de 36 captadores se cumple la exigencia sobre la contribución solar exigida por el DB CTE HE4.

El cálculo de la contribución solar mínima está especificado en el apartado 2.2.1 “Contribución solar mínima para ACS”. Para ello es necesario conocer:

- La demanda total de ACS para el edificio, que corresponde a 5335 litros/día
- La zona climática, que corresponde a IV.

Con estos datos, se acude a la figura 23, y se extrae que la contribución solar mínima exigida por el DB CTE HE4 es del 60 %.

Localización	
Provincia	Madrid
Municipio	Pozuelo de Alarcón
Altura	697 metros
Configuración	
Sistema	Consumo único. Instalación con interacumulador.
Demanda	
Edificio	Clínica
Demanda ACS (litros/día)	5335
Circuito primario	
Captador seleccionado	Termicol, modelo T25MSH
Orientación de captadores (°)	0
Inclinación de captadores (°)	40
Pérdidas por sombra (%)	0
Anticongelante (%)	25
Longitud del circuito (m)	100
Espesor del aislante	30
Tipo de aislante	Genérico
Circuito de distribución	
Longitud del circuito (m)	300
Espesor del aislante (mm)	30
Temperatura de impulsión (°C)	60

Tabla 5. Datos iniciales para el análisis de sensibilidad.

Cabe destacar que la temperatura de impulsión se ha establecido según los criterios de la IT 1.1.4.3.1 “Preparación de agua caliente para uso sanitario” y de la “Guía para la prevención y control de la legionelosis en instalaciones térmicas” del Ministerio de Sanidad, en la que se expone que la temperatura final de almacenamiento nunca debe estar por debajo de los 60 °C para evitar la formación de la legionelosis.

En la figura 29 queda reflejada la tendencia creciente de la contribución solar al aumentar el número de captadores, y en consecuencia directa el área de captación total. Como criterio de diseño, se selecciona el primer valor del número de captadores para el cual se cumple la exigencia del DB CTE HE4, lo que lleva a fijar los captadores en 36. El área total de captación es de 86,4 m².

Cabe destacar que se tienen todos los captadores conectados en paralelo entre sí, debido a que el número de captadores en serie es uno. Este hecho otorga beneficios positivos sobre el rendimiento de la instalación. Por otro lado, esta configuración tiene asociados inconvenientes, tales como que el caudal del circuito primario es mayor, así como el diámetro y la longitud de la red de tuberías, por lo que el coste de la instalación aumenta.

Número de captadores (Nc)	Contribución Solar (C.S %)
5	8
10	17
15	26
20	35
25	44
30	52
35	59
36	61
38	63
40	66
45	72
50	76
55	80

Tabla 6. Contribución solar en función del número de captadores.

- Se fija el número de captadores en serie en 1 y el número total de captadores en 36. Variando la ratio V/A se obtiene la tabla 7 y la correspondiente Figura 30.

Se observa que a partir de un valor de 67,5 l/m² de la ratio volumen de acumulación entre área de captación se cumple la exigencia sobre la contribución solar del DB CTE HE4, es decir, es posible diseñar la instalación con un volumen de acumulación igual a 5832 litros.

V/A (l/m ²)	Contribución solar (C.S)
52	58
55	58
57,5	58
60	59
62,5	59
65	59
67,5	60
70	60
72,5	60
75	61
77,5	61
80	61
82,5	62
85	62
87,5	62
90	62

Tabla 7. Contribución solar en función del V/A.

En la figura 30, se aprecia el comportamiento de la contribución solar al variar la ratio mencionada anteriormente, y al tener fijo el número total de captadores, directamente queda fijada el área total de captación, por lo que esta gráfica pone de manifiesto el comportamiento de la contribución solar ante variaciones en el volumen de acumulación.

Finalmente se ha decidido fijar dicha ratio en 75 l/m², lo que corresponde a un volumen de acumulación de 6480 litros.

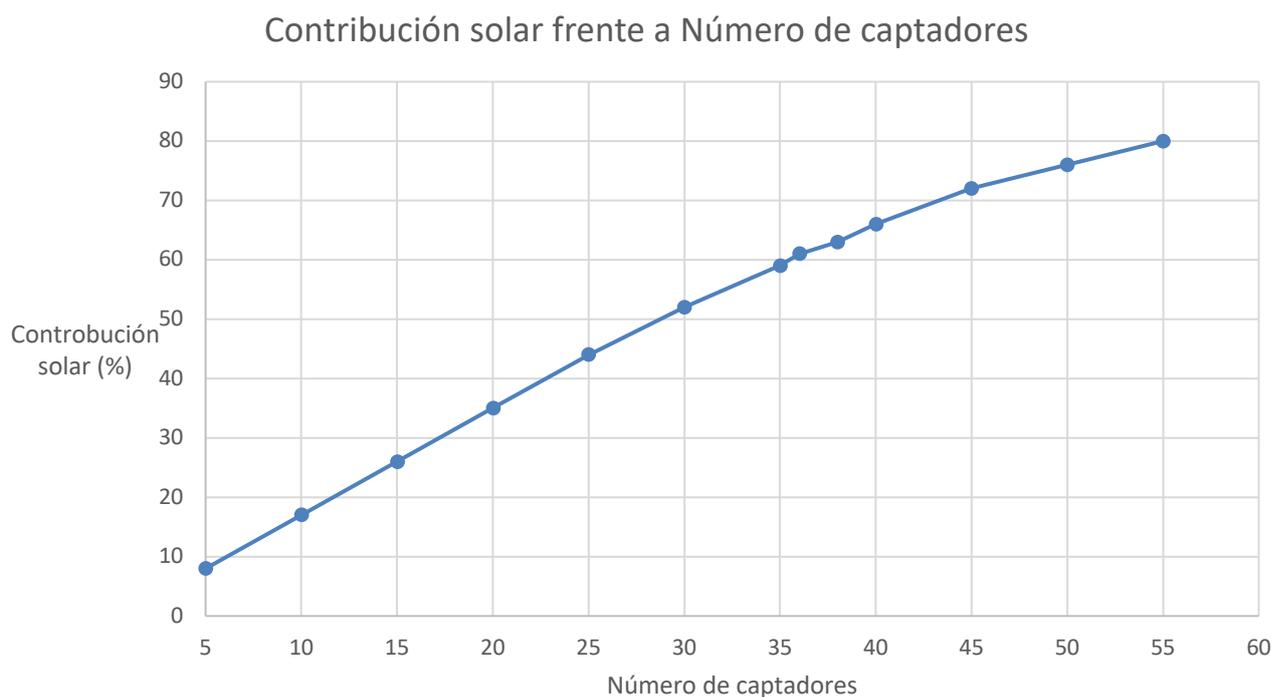


Figura 29. Contribución solar frente a número de captadores.

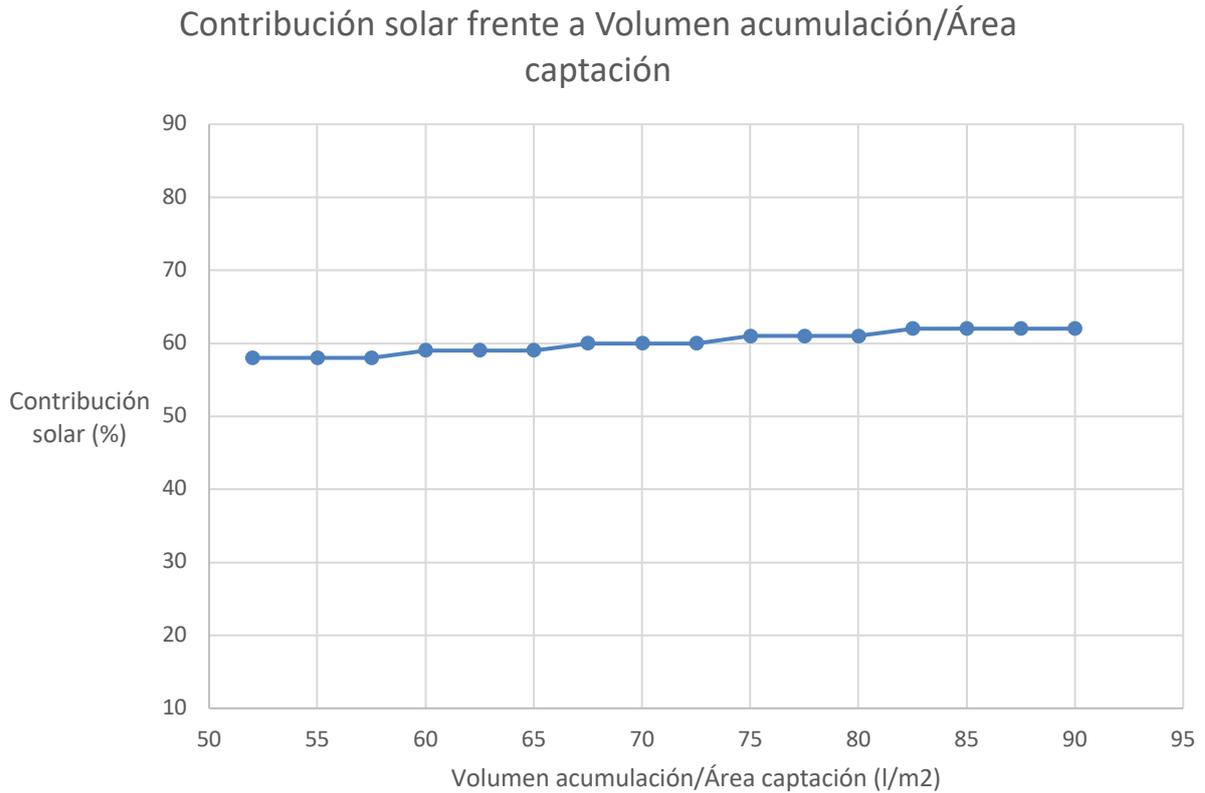


Figura 30. Contribución solar frente a V/A.

- Por último, se fija el número total de captadores en 36, la ratio volumen de acumulación entre área de captación en 75 l/m². Variando el número de captadores en serie se obtiene la tabla 8.

Número de Captadores en serie (Ns)	Contribución solar (%)
1	61
2	55
3	49
4	43
5	38

Tabla 8. Contribución solar en función del número de captadores en serie

Se observa que conforme aumentamos el número de captadores en serie la contribución solar disminuye, imposibilitando el cumplimiento de la contribución solar mínima impuesta por el DB CTE HE4.

Para la elección de la agrupación de más de un captador en serie se tiene que realizar la tercera etapa del presente análisis eligiendo un número total de captadores mayor que el seleccionado en la primera etapa.

Por lo que finalmente se opta por la conexión en paralelo de todos los captadores.

Para una mayor claridad de lo explicado se representan los datos en la figura 31.

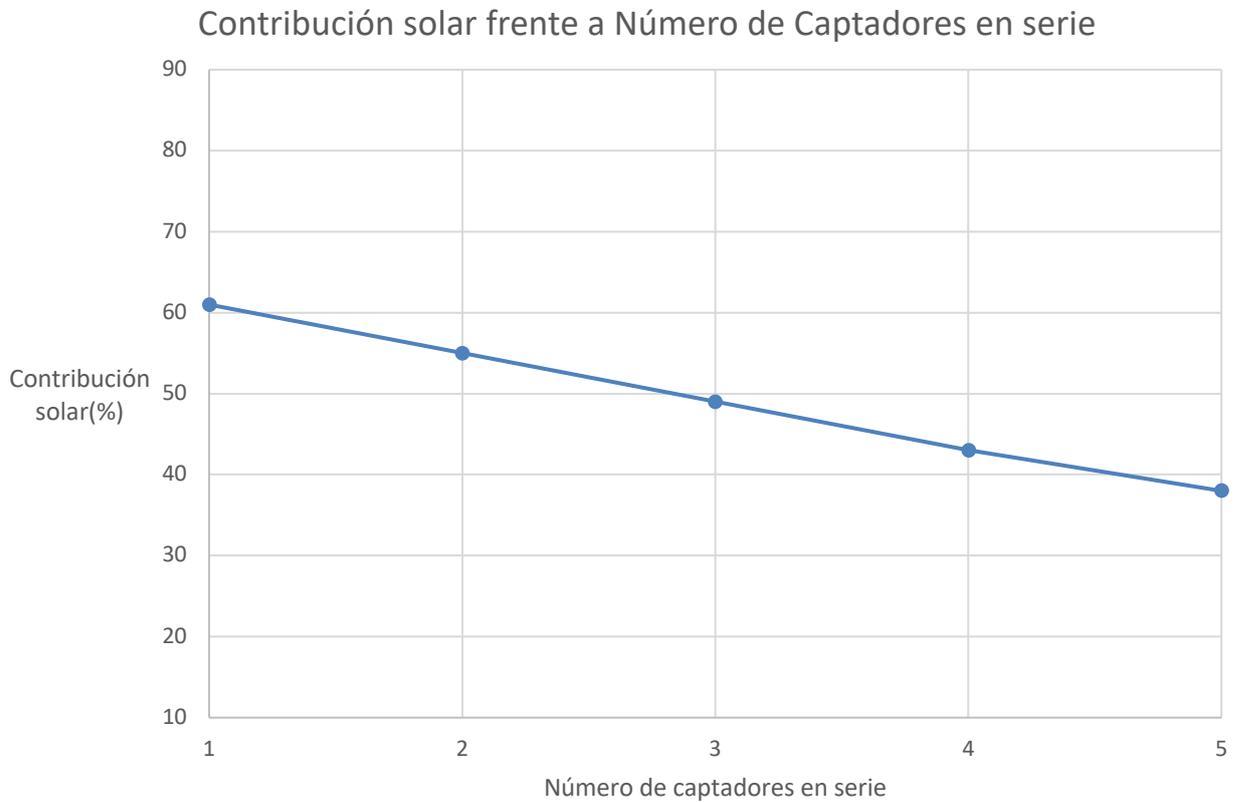


Figura 31. Contribución solar frente a número de captadores en serie.

2.4.2 Conclusión

Tras los resultados obtenidos con el pertinente análisis de sensibilidad se ha optado por una instalación de consumo único con interacumulador con 36 captadores, conectados en paralelo y con un volumen de acumulación igual a 6480 litros. De manera que la contribución solar es del 61%.

El área de captación asciende a 86,4 m².

La orientación e inclinación de los captadores es la óptima, siendo 0° y 40° respectivamente.

2.5. Distancia mínima entre captadores y petril de la cubierta

El cálculo de la distancia mínima entre captadores queda recogido en el anexo VI del Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura del IDAE.

En él se definen los siguientes términos:

- D: distancia mínima, medida sobre la horizontal, entre captadores.
- h: diferencia de alturas entre la parte alta de una fila y la parte baja de la siguiente. Al estar los captadores instalados al mismo nivel, que coincide con el del petril, este parámetro coincide con la altura del obstáculo en cuestión.

$$d = h * k$$

Definiendo así, el coeficiente adimensional denominado k:

$$k = \frac{1}{\tan (61 - \textit{latitud})}$$

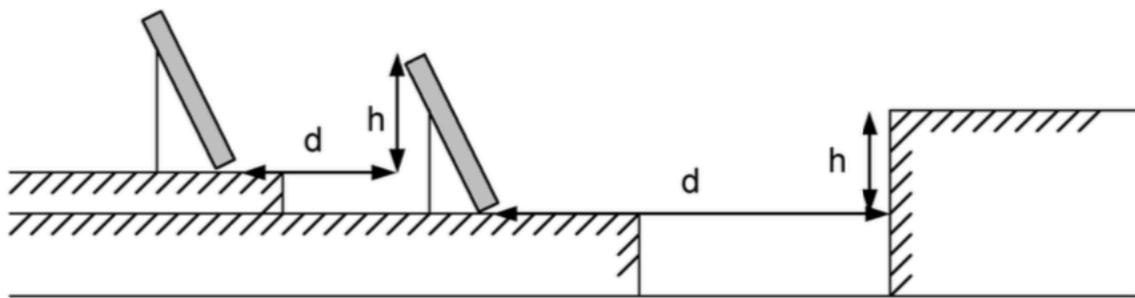


Figura 32. Distancia entre captadores.

Como se ha citado anteriormente la latitud de los captadores es 40°, y la altura de los captadores se obtiene del manual de montaje de dicho captador, teniendo así una altura de 0,79 metros. Sustituyendo los valores anteriores, se obtiene que la distancia mínima entre fila de captadores debe ser de 2,06 metros.

Como criterio de diseño, se ha optado por trabajar desde el lado de la seguridad evitando al máximo las pérdidas por sombras, siendo la distancia entre captadores sobre el plano de 2,31 metros.

A continuación, se procede al cálculo de la distancia mínima entre el petril de la cubierta y la fila de captadores más próxima a este.

La altura del petril se obtiene del plano de alzados del edificio, siendo 1 metro.

Tras aplicar la expresión anterior, se concluye que la altura mínima entre petril y captadores es de 2,61 metros. Tomando el criterio de diseño citado anteriormente, dicha distancia sobre el plano es de 3,45 metros.

2.6. Cálculo de las pérdidas por ubicación en cubierta

El objetivo de este apartado es el cálculo de manera conjunta de las pérdidas por orientación e inclinación y de las pérdidas por sombra.

2.6.1 Cálculo de las pérdidas por orientación e inclinación.

El objetivo de este apartado es establecer los valores máximos y mínimos de la inclinación de las filas de captadores para mantener las pérdidas por orientación e inclinación por debajo de los valores máximos permisibles.

El procedimiento seguido para realizar dichos cálculos está recogido en el DB CTE HE4, 2008. Por tanto, se procede de la siguiente manera:

Cálculo de los parámetros α, β :

α : Es el ángulo acimut, mide la desviación de la orientación de los captadores con respecto al sur.

β : Es el ángulo de inclinación, definido como el ángulo que forma la superficie del captador con el plano horizontal.

Como se ha citado anteriormente, los valores del ángulo de acimut y de inclinación son 0° y 40° respectivamente.

Cálculo de las pérdidas máximas permisibles debido a la orientación e inclinación, que se recogen en la figura 34 extraída del DB CTE HE4, 2008.

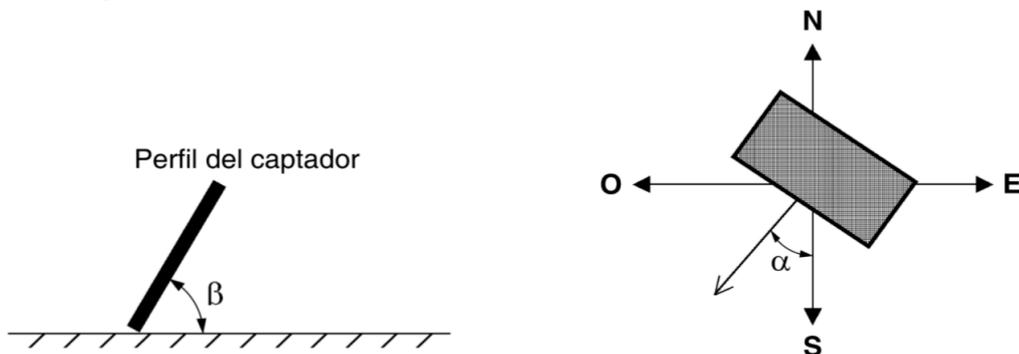


Figura 33. Ángulos de inclinación y orientación del captador.

Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10 %	10 %	15 %
<i>Superposición de captadores</i>	20 %	15 %	30 %
<i>Integración arquitectónica de captadores</i>	40 %	20 %	50 %

Figura 34. Pérdidas límite

Una vez determinado el ángulo de acimut del captador, se procede a calcular los valores máximos y mínimos de la inclinación en función de las pérdidas máximas permisibles para una latitud de 41°. Para ello, se usa la figura 35 obtenida del DB CTE HE4, 2008.

Como el edificio en cuestión pertenece al caso general por lo que las pérdidas máximas por orientación e inclinación son del 10%, se concluye que el porcentaje de energía respecto al máximo está entre 90-95%.

Los puntos de intersección del límite de pérdidas con la recta de acimut nos proporcionan los valores de inclinación máxima y mínima.

Estos valores no tienen que ser corregidos porque la latitud de la instalación coincide con la de referencia.

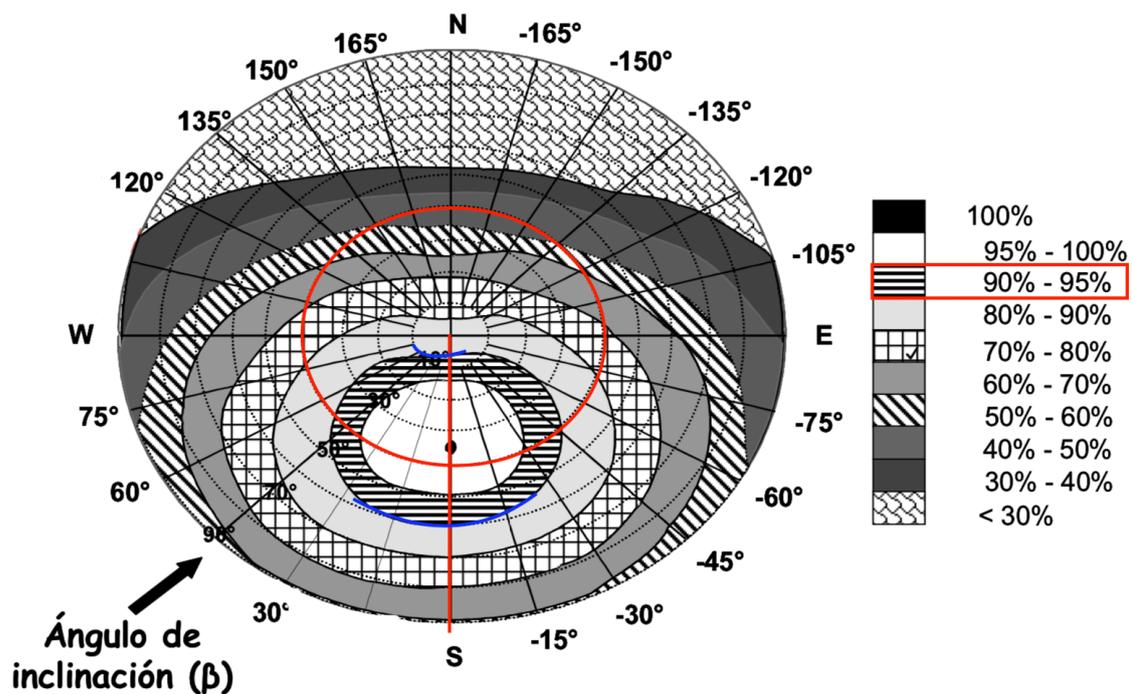


Figura 35. Porcentaje de energía respecto al máximo como consecuencia de las pérdidas por orientación e inclinación.

Se obtiene que:

- El ángulo máximo de inclinación es 60°.
- El ángulo mínimo de inclinación es 5°.

Por tanto, la inclinación elegida para los captadores se encuentra dentro de los límites, y como consecuencia directa, las pérdidas por orientación e inclinación también lo estarán.

Cálculo de las pérdidas por orientación e inclinación:

$$P\acute{e}rdidas (\%) = 100 * \left(1,2 * 10^{-4} * (\beta - \beta_{\text{optimo}})^2 + 3,5 * 10^{-5} * \alpha^2\right) \text{ para } 15^\circ < \beta < 90^\circ$$

Siendo:

$$\beta = 40$$

$$\beta_{\text{optimo}} = 40,4$$

Se obtiene que:

$$P\acute{e}rdidas (\%) = 0,002$$

Como se observa tienen un valor muy pequeño por lo que se consideran nulas.

2.6.2 Cálculo de las pérdidas por sombra.

El objetivo de este apartado es el cálculo de las pérdidas de radiación solar producidas por las sombras circundantes.

Para realizar el cálculo se ha seguido el procedimiento explicado en el DB CTE HE4, 2008.

Se procede:

En primer lugar, es necesario conocer la orientación de los obstáculos. Los únicos obstáculos que presentan las filas de captadores son las filas de captadores que están delante y el petril del muro, dichos obstáculos presentan orientación sur, a excepción de una parte del petril que presenta una desviación de 10° hacia el Este.

El procedimiento consiste en la representación del perfil de obstáculos en la figura 36, en el que se muestra la banda de trayectorias del sol a lo largo de todo el año. Dicha banda se encuentra dividida en porciones en función de las horas solares.

La comparación del perfil de obstáculos con el diagrama de trayectorias del sol permite calcular las pérdidas por sombreado de la irradiación solar global que incide sobre la superficie, a lo largo de todo el año. En caso de existir ocultación parcial, se atenderá a factores de llenado de 0,25;0,50;0,75.

Las pérdidas por sombras de las cinco baterías de captadores son nulas, ya que el perfil de obstáculos dibujado sobre el diagrama de trayectorias del sol es una línea vertical, lo que significa que tiene un factor de llenado de 0. Es lógico que sean nulas, ya que poseen la orientación óptima y suficiente separación.

Para el cálculo de las pérdidas por orientación de la sexta batería de captadores, que corresponde a la parte del petril que tiene una desviación positiva 10° . Se procede de la siguiente manera:

El ángulo correspondiente a la elevación del petril son 90° , y el ancho del perfil del obstáculo son 10° , por lo que se obtienen unos factores de llenado de:

- 0,5 para porción A2.
- 0,5 para la porción B2.
- 0,25 para la porción C2.
- 0,25 para la porción D2.

Los números que figuran en cada casilla se corresponden con el porcentaje de irradiación solar global anual que se perdería si la porción correspondiente resultase interceptada por un obstáculo.

Los parámetros de la ecuación de las pérdidas se muestran en la figura 37.

Se obtiene que las pérdidas por sombra de la sexta batería de captadores son:

$$Pérdidas (\%) = 0,5 * (A2 + B2) + 0,25 * (C2 + D2) = 4,48$$

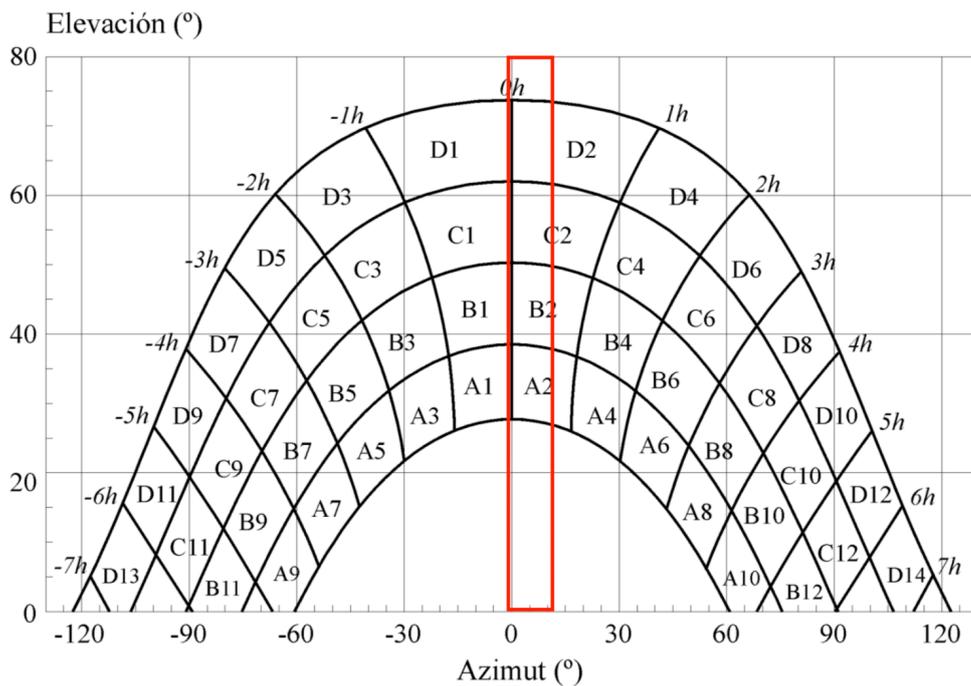


Figura 36. Diagrama de la trayectoria del sol.

$\beta = 35^\circ$ $\alpha = 0^\circ$	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,03
11	0,00	0,01	0,12	0,44
9	0,13	0,41	0,62	1,49
7	1,00	0,95	1,27	2,76
5	1,84	1,50	1,83	3,87
3	2,70	1,88	2,21	4,67
1	3,15	2,12	2,43	5,04
2	3,17	2,12	2,33	4,99
4	2,70	1,89	2,01	4,46
6	1,79	1,51	1,65	3,63
8	0,98	0,99	1,08	2,55
10	0,11	0,42	0,52	1,33
12	0,00	0,02	0,10	0,40
14	0,00	0,00	0,00	0,02

Figura 37. Referencia de parámetros.

2.7. Dimensionado de la red de tuberías en el circuito primario.

El objetivo de este apartado es dimensionar la red de tuberías del circuito primario. Para ello, se usa la herramienta informática suministrada por el profesor de la ETSI Juan Francisco Coronel Toro.

Según la normativa vigente, en cuanto a la selección del diámetro de tubería, ha de cumplirse:

- Con respecto a la velocidad, tanto el RITE como el IDAE establecen restricciones, debido al criterio de diseño que se ha elegido, se tomará la condición del RITE por ser más restrictiva.

El RITE afirma que la velocidad de circulación del fluido en cada tramo de tubería debe ser inferior a 1,2 m/s. mientras que el IDAE afirma que la velocidad de circulación debe ser inferior a 2 m/s cuando circula por locales habitados, e inferior a 3 m/s cuando circula por locales no habitados o por el exterior del edificio.

- Con respecto a la pérdida de carga unitaria, el IDAE afirma que nunca puede ser superior a 40 milímetro de columna de agua por metro lineal.
- El diámetro de tubería nunca debe ser menor que DN15, además dicho diámetro debe ser normalizado y se calculará de manera que se seleccione el diámetro normalizado superior para cumplir los requisitos anteriores.

2.7.1 Fluido caloportador

Tal y como especifica el DB HE4 del CTE, 2008, es necesario proteger la instalación frente a posibles heladas, para ello se trabaja con un fluido caloportador que sea mezcla de agua y glicol. El porcentaje de glicol necesario se calcula en función de la temperatura mínima histórica de la localidad, en el caso de pozuelo de Alarcón es $-10,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. se extrae de la figura 38, el porcentaje en glicol.

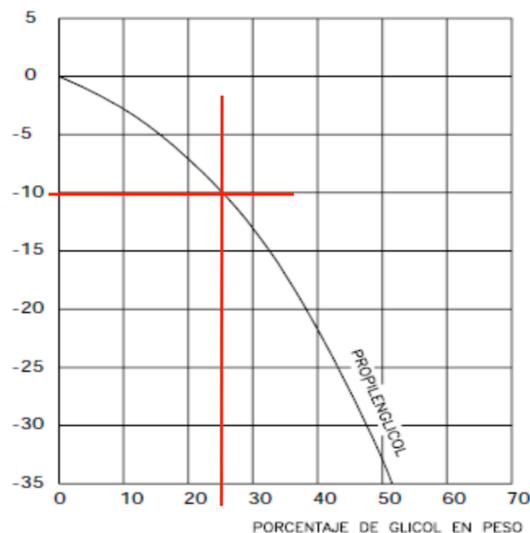


Figura 38. Porcentaje de glicol del fluido caloportador.

Se observa que el fluido del circuito primario es una mezcla del 75% de agua y del 25% de glicol, el fluido seleccionado es el fluidosol proporcionado por Termicol.

Este hecho lleva a calcular las propiedades del fluido final como el valor intermedio obtenido de la ponderación de las respectivas propiedades de cada fluido por separado.

Densidad del fluido del circuito primario:

$$\rho_{fluido} = 1025,325 \frac{kg}{m^3}$$

Para dicho cálculo se han usado los siguientes datos:

- Densidad del agua $\rho_{agua} = 997,1 \frac{kg}{m^3}$
- Densidad del glicol $\rho_{glicol} = 1110 \frac{kg}{m^3}$

Cálculo del volumen de fluido caloportador necesario:

$$V_{Fluido\ caloportador} = \% Glicol * V_{Total} = 41,78 \text{ litros}$$

Siendo:

$$\% Glicol = 25$$

$$V_{Total} = 165,778 \text{ litros}$$

El volumen total está calculado en el apartado 2.9 “Dimensionado del vaso de expansión”.

Se recomienda que se realice el llenado del circuito con un fluido caloportador que contenga aditivos anticongelantes y anticorrosivos, preferiblemente el fluido FLUIDOSOL proporcionado por la empresa Termicol.

Su utilización hará que el sistema esté protegido contra congelación por heladas y contra la posible corrosión del sistema.

2.7.2 Diseño red de tuberías

A continuación, se procede al cálculo del caudal del circuito primario. Para ello, se toma el caudal unitario recomendado por el fabricante en la ficha técnica del captador seleccionado.

$$M_B = \frac{G * A_{capt} * N_{capt}}{N_s}$$

Siendo:

- Caudal específico por captador solar, $G = 40 \frac{l}{h * m^2} = 0,00114 \frac{kg}{m^2 * s}$

- Área de un captador solar, $A_{capt} = 2,4m^2$
- Número total de captadores solares, $N_{capt} = 36 capt$
- Número de captadores solares conectados en serie, $N_s = 1 capt$

Operando se obtiene:

$$M_B = 3456 \frac{l}{h} = 0,9843 \frac{kg}{s}$$

El diseño de la red de tuberías se ha realizado tratando de minimizar longitud de tubería, así como los codos, para disminuir las pérdidas térmicas. También, se ha usado la técnica conocida como retorno invertido, para conseguir un flujo equilibrado sin la necesidad de instalar a priori válvulas de equilibrado.

En primer lugar, es necesario realizar el trazado de tuberías, la división en tramos y el cálculo de los respectivos caudales.

En segundo lugar, se procede a la elección de los diámetros de tubería de acuerdo con los requisitos mencionados anteriormente. Para ello, se generan las tablas 9, y 10.

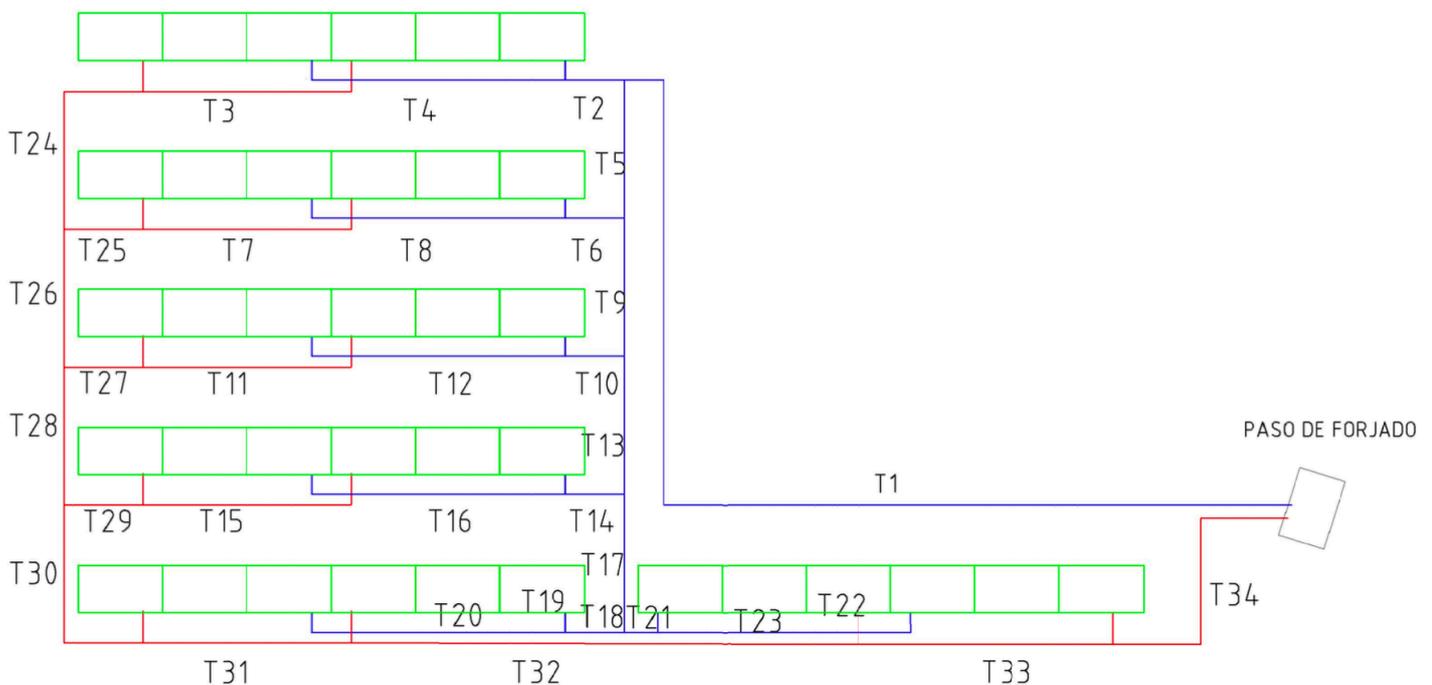


Figura 39. Tramos de tubería del circuito primario.

PÉRDIDA DE CARGA (Pa/m)						
Diámetro(")	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2
Diámetro(mm)	9,525	12,7	19,05	25,4	31,75	38,1
CAUDALES (l/h)						
3456	182964,22	45390,88	6451,94	1627,90	561,15	235,46
3168	156177,65	38807,28	5525,87	1395,70	481,46	202,14
2880	131364,85	32697,32	4664,68	1179,50	407,22	171,08
2592	108545,94	27067,07	3869,39	979,60	338,51	142,32
2304	87744,51	21923,50	3141,15	796,30	275,46	115,91
1728	52312,52	13131,06	1891,47	481,10	166,85	70,35
1152	25381,17	6409,66	930,05	237,70	82,74	34,99
576	7484,94	1908,62	280,44	72,30	25,34	10,77
288	2251,55	579,74	86,28	20,00	4,80	2,25

Tabla 9. Pérdida de carga del circuito primario en función del diámetro y el caudal.

Los valores resaltados en amarillo corresponden al diámetro seleccionado para cada tramo que vehicule dicho caudal. Se aprecia que las velocidades que se obtienen deben ser para el mismo diámetro seleccionado en la tabla 9.

VELOCIDAD (m/s)						
Diámetro(")	0,375	0,500	0,750	1,000	1,250	1,500
Diámetro(mm)	9,525	12,700	19,050	25,400	31,750	38,100
CAUDALES (L/h)						
3456	13,473	7,578	3,368	1,895	1,213	0,842
3168	12,350	6,947	3,087	1,737	1,111	0,772
2880	11,227	6,315	2,807	1,579	1,010	0,702
2592	10,104	5,684	2,526	1,421	0,909	0,632
2304	8,982	5,052	2,245	1,263	0,808	0,561
1728	6,736	3,789	1,684	0,947	0,606	0,421
1152	4,491	2,526	1,123	0,632	0,404	0,281
576	2,245	1,263	0,561	0,316	0,202	0,140
288	1,123	0,632	0,281	0,158	0,101	0,070

Tabla 10. Velocidad del circuito primario en función del diámetro y el caudal.

A continuación, se procede a calcular la pérdida de carga total en el circuito primario:

$$\Delta P_{Total}(kPa) = \Delta P_{Tuberias} + \Delta P_{Accesorios} + \Delta P_{equipo}$$

1. Cálculo de la pérdida de presión en tuberías, $\Delta P_{Tuberías}$

$$\Delta P_{Tuberías} = \Delta P_{Tuberías} \left(\frac{Pa}{m} \right) * L_{tramo} (m)$$

Se obtiene la tabla 11, donde la última columna corresponde a la pérdida de presión por tuberías.

2. Cálculo de las pérdidas de presión en los accesorios.

$$\Delta P_{Accesorios} = \Delta P_{Acc} \left(\frac{Pa}{m} \right) * L_{tramo} (m)$$

Para dicho cálculo, se recurre a la figura 40 que muestra longitud equivalente de los accesorios en función de su tipología.

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	0,4	5,01	0,17	1,59	0,8
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	0,4	0,36	0,21	0,4	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	3,2
2	0,87	0,74	0,46	0,87	0,74	0,49	1,98	22,27	0,7	7,06	4,57
2 1/2	1,1	0,89	0,59	1,1	0,9	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	3,4	31,48	0,97	10,99	9,07
4	1,73	1,24	0,97	1,73	1,22	0,83	3,83	37,46	1	11,99	10,68
5	2,1	1,38	1,22	2,1	1,35	0,92	4,6	42,32	0,98	13,71	14

Figura 40. Longitud equivalente de los accesorios.

En la tabla 12, se muestra el listado de accesorios y su correspondiente pérdida de presión en los accesorios por tramo.

3. Pérdida de carga en los equipos.

Cálculo de la pérdida de presión en el campo de captadores. Como la conexión es en paralelo, la pérdida de presión en un captador es la total. Para ello, se usa la expresión de la caída de presión en el captador suministrada por el fabricante, en la que el caudal del captador debe estar expresada en kg/ min. La ecuación y la gráfica de la pérdida de carga están recogidas en la figura 17.

$$\Delta P_{captador} (mbar) = 88,801 * Q_{capt}^2 + 62,907 * Q_{capt} = 340,862$$

$$siendo Q_{capt} = 1,6405 \frac{kg}{min}$$

$$\Delta P_{captador} (kPa) = 34,086$$

Tramo	Q (L/h)	L (m)	$\Delta P_{Tuberías}$ (Pa/m)	$\Delta P_{Tuberías}$ (kPa)
T1	3456	50,47	235,5	11,9
T2	576	1,5	280,4	0,4
T3	288	6,56	86,3	0,6
T4	288	7,71	86,3	0,7
T5	2880	3,51	171,1	0,6
T6	576	1,5	280,4	0,4
T7	288	6,56	86,3	0,6
T8	288	7,71	86,3	0,7
T9	2304	3,51	275,5	1,0
T10	576	1,5	280,4	0,4
T11	288	6,56	86,3	0,6
T12	288	7,71	86,3	0,7
T13	1728	3,51	166,8	0,6
T14	576	1,5	280,4	0,4
T15	288	6,56	86,3	0,6
T16	288	7,71	86,3	0,7
T17	1152	3,51	237,7	0,8
T18	576	1,5	280,4	0,4
T19	288	6,56	86,3	0,6
T20	288	7,71	86,3	0,7
T21	576	0,84	280,4	0,2
T22	288	1,3	86,3	0,1
T23	288	7,71	86,3	0,7
T24	576	5,5	280,4	1,5
T25	576	2	280,4	0,6
T26	1152	3,51	237,7	0,8
T27	576	2	280,4	0,6
T28	1728	3,5	166,8	0,6
T29	576	2	280,4	0,6
T30	2304	5,5	275,5	1,5
T31	2592	5,26	338,5	1,8
T32	2880	12,84	171,1	2,2
T33	3168	6,41	202,1	1,3
T34	3456	29,23	235,5	6,9

Tabla 11. Pérdida de carga en las tuberías por tramos

	Codo a 90°	Talineada	T Derivada	V. corte	Longitud equivalente (m)	$\Delta P_{\text{Accesorios}}$ (kPa)
T1	8	0	0	0	5,12	1,2
T2	0	1	0	0	0,17	0,0
T3	1	1	1	2	3,8	0,3
T4	1	1	1	2	3,8	0,3
T5	0	0	1	0	1,45	0,2
T6	0	0	1	0	0,66	0,2
T7	1	1	1	2	3,8	0,3
T8	1	1	1	2	3,8	0,3
T9	0	1	0	0	0,31	0,1
T10	0	0	1	0	0,66	0,2
T11	1	1	1	2	3,8	0,3
T12	1	1	1	2	3,8	0,3
T13	0	1	0	0	0,31	0,1
T14	0	0	1	0	0,66	0,2
T15	1	1	1	2	3,8	0,3
T16	1	1	1	2	3,8	0,3
T17	0	1	0	0	0,24	0,1
T18	0	0	1	0	0,66	0,2
T19	0	0	2	2	4	0,3
T20	1	1	1	2	3,8	0,3
T21	0	0	1	0	0,66	0,2
T22	0	0	2	2	4	0,3
T23	1	1	1	2	3,8	0,3
T24	1	1	0	0	0,46	0,1
T25	0	0	1	0	0,66	0,2
T26	0	1	0	0	0,24	0,1
T27	0	0	1	0	0,66	0,2
T28	0	1	0	0	0,31	0,1
T29	0	0	1	0	0,66	0,2
T30	1	1	0	0	0,83	0,2
T31	0	1	0	0	0,31	0,1
T32	0	1	0	0	0,37	0,1
T33	0	1	0	0	0,37	0,1
T34	6	0	0	0	3,84	0,9

Tabla 12. Pérdida de presión en los accesorios.

Cálculo de la pérdida de presión en los interacumuladores.

La conexión se ha realizado en serie, por lo que la pérdida de presión total es la suma de la de cada uno.

Acudiendo a la ficha técnica del catálogo se obtiene la figura 41.

Conocido el caudal del circuito primario, 3,456 m³/h, se obtiene:

$$\Delta P_{interacumulador} (kPa) = 5$$

Los dos interacumuladores tienen la misma pérdida de presión por lo que:

$$\Delta P_{total\ interacumulador} (kPa) = 10$$

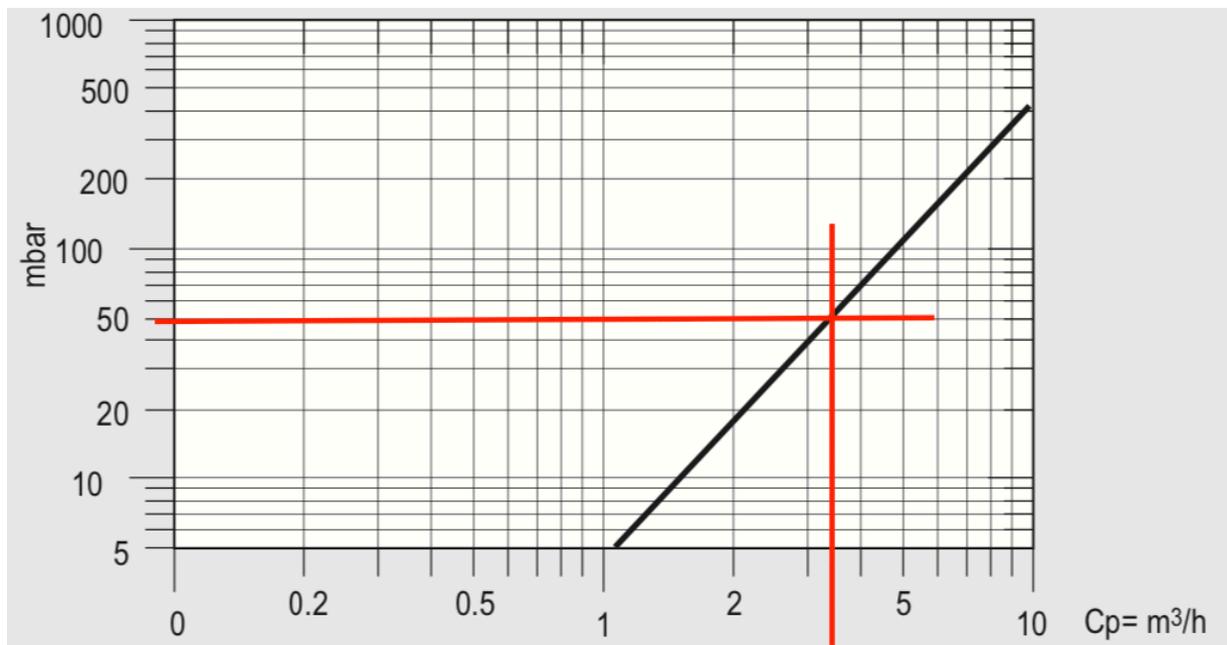


Figura 41. Caída de presión en el interacumulador

Una vez calculados los términos de la expresión de la diferencia de presión total, en la tabla 13 se muestra la pérdida de presión total en cada tramo. Esto es fundamental para seleccionar la bomba del circuito primario, ya que esta debe suministrar la diferencia de presión máxima que se produzca. Para ello, es necesario calcular las pérdidas de presión de cada circuito, denominando circuito a los tramos necesarios para ir desde los interacumuladores (sala de máquinas) hasta los captadores (cubierta) y volver.

Se procede ahora a realizar el cálculo de la pérdida de carga por circuitos.

En la Tabla 14 se recogen los tramos que conforman los diferentes circuitos.

En la tabla 15, se observa que los circuitos 5 y 7 son los que tienen mayor pérdida de presión, por lo que estos marcan la diferencia de presión que tiene que vencer la bomba.

	Q	L	$\Delta P_{Tubería}$	$\Delta P_{Accesorios}$	$\Delta P_{equipos}$	ΔP_{Total}
Tramo	(L/h)	(m)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)
T1	3456	50,47	11,9	1,2	0,0	13,1
T2	576	1,5	0,4	0,0	0,0	0,5
T3	288	6,56	0,6	0,3	34,1	35,0
T4	288	7,71	0,7	0,3	34,1	35,1
T5	2880	3,51	0,6	0,2	0,0	0,8
T6	576	1,5	0,4	0,2	0,0	0,6
T7	288	6,56	0,6	0,3	34,1	35,0
T8	288	7,71	0,7	0,3	34,1	35,1
T9	2304	3,51	1,0	0,1	0,0	1,1
T10	576	1,5	0,4	0,2	0,0	0,6
T11	288	6,56	0,6	0,3	34,1	35,0
T12	288	7,71	0,7	0,3	34,1	35,1
T13	1728	3,51	0,6	0,1	0,0	0,6
T14	576	1,5	0,4	0,2	0,0	0,6
T15	288	6,56	0,6	0,3	34,1	35,0
T16	288	7,71	0,7	0,3	34,1	35,1
T17	1152	3,51	0,8	0,1	0,0	0,9
T18	576	1,5	0,4	0,2	0,0	0,6
T19	288	6,56	0,6	0,3	34,1	35,0
T20	288	7,71	0,7	0,3	34,1	35,1
T21	576	0,84	0,2	0,2	0,0	0,4
T22	288	1,3	0,1	0,3	34,1	34,5
T23	288	7,71	0,7	0,3	34,1	35,1
T24	576	5,5	1,5	0,1	0,0	1,7
T25	576	2	0,6	0,2	0,0	0,7
T26	1152	3,51	0,8	0,1	0,0	0,9
T27	576	2	0,6	0,2	0,0	0,7
T28	1728	3,5	0,6	0,1	0,0	0,6
T29	576	2	0,6	0,2	0,0	0,7
T30	2304	5,5	1,5	0,2	0,0	1,7
T31	2592	5,26	1,8	0,1	0,0	1,9
T32	2880	12,84	2,2	0,1	0,0	2,3
T33	3168	6,41	1,3	0,1	0,0	1,4
T34	3456	29,23	6,9	0,9	10,0	17,8

Tabla 13. Diferencia de presión por tramo.

Por otro lado, el desequilibrio del circuito 12 es el mayor de todos, pero al ser inferior al 10%, no es necesario incorporar una válvula de equilibrado.

Cabe destacar que la pérdida de presión del captador y de los interacumuladores solo se imputará en aquellos tramos de tubería que pasen por dichos equipos, la de los interacumuladores se le ha imputado al tramo 34.

Circuitos	Tramos
1	1, 2, 4, 24, 26, 28, 30, 31, 32, 33, 34
2	1, 2, 3, 24, 26, 28, 30, 31, 32, 33, 34
3	1, 5, 6, 8, 25, 26, 28, 30, 31, 32, 33, 34
4	1, 5, 6, 7, 25, 26, 28, 30, 31, 32, 33, 34
5	1, 5, 9, 10, 12, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34
6	1, 5, 9, 10, 11, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34
7	1, 5, 9, 13, 14, 16, 20, 30, 31, 32, 33, 34
8	1, 5, 9, 13, 14, 15, 29, 30, 31, 32, 33, 34
9	1, 5, 9, 13, 17, 18, 20, 31, 32, 33, 34
10	1, 5, 9, 13, 17, 19, 32, 33, 34
11	1, 5, 9, 13, 17, 21, 22, 32, 33, 34
12	1, 5, 9, 13, 17, 21, 23, 32, 33, 34

Tabla 14. Tramos de cada circuito.

Circuitos	Pérdida de presión (kPa)	Desequilibrio (kPa / %)	Desequilibrio (%)
1	76,9	-0,2	-0,3
2	76,8	-0,3	-0,4
3	76,9	-0,2	-0,2
4	76,8	-0,3	-0,4
5	77,1	0	0
6	77	-0,1	-0,1
7	77,1	0	0
8	77	-0,1	-0,1
9	75,5	-1,6	-2,1
10	72,9	-4,2	-5,4
11	70,6	-6,5	-8,4
12	69,8	-7,3	-9,5

Tabla 15. Pérdida de presión y desequilibrio por circuitos.

2.8. Dimensionado de la bomba del circuito primario

El objetivo de este apartado es seleccionar de acuerdo con la normativa vigente.

El DB CTE HE 4, establece una serie de requisitos sobre dicho equipo, las más importantes son:

- Deben instalarse en las zonas más frías de la instalación para evitar problemas en su funcionamiento, como la cavitación.
- Para instalaciones que tengan un área de captación superior a 50 m² se deben instalar dos bombas en paralelo, dejando una de reserva, para asegurar el suministro en caso de fallo mecánico de la bomba principal.

Como se ha comentado anteriormente, la bomba del circuito primario tiene que vencer la máxima diferencia de presión, igual a 77,1 kPa.

Tras un estudio del mercado, se selecciona la bomba WILO-STRATOS-Z40/1-8.

Los parámetros necesarios para la selección de la bomba son:

- Diferencia de presión máxima de los circuitos, igual a 77,1 kPa.
- Caudal que tiene que vehicular la bomba, igual 3,456 m³/h.

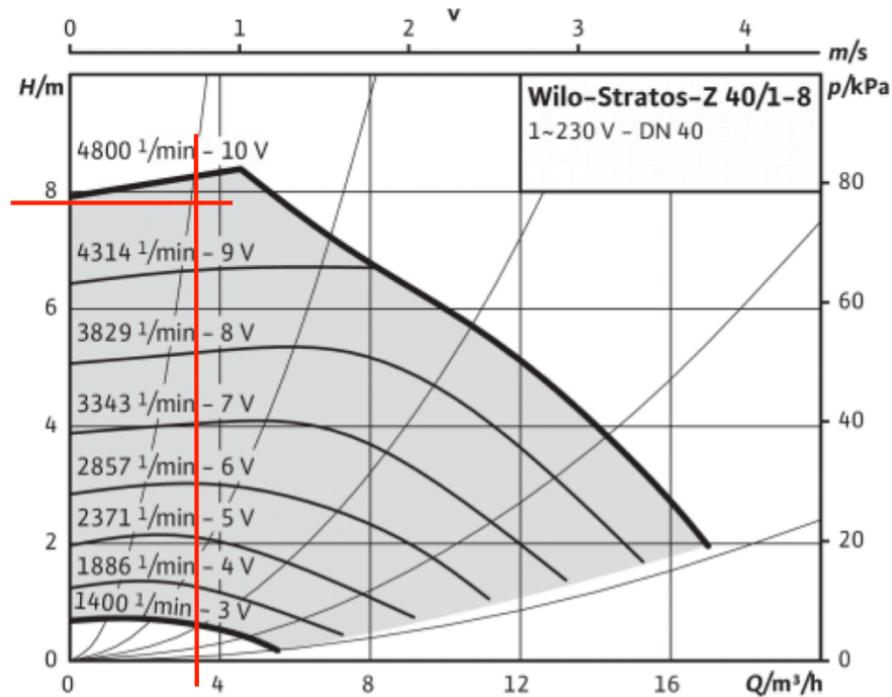


Figura 42. Curva característica de la bomba WILO-STRATOS.

Cabe destacar, que el consumo de la bomba es de 200 W.

2.9. Dimensionado del vaso de expansión.

El objetivo del presente apartado es el cálculo y selección del vaso de expansión de acuerdo con la normativa vigente.

La instalación está dotada de un sistema o dispositivo que absorberá las dilataciones debidas al aumento de volumen del fluido al incrementarse la temperatura del mismo.

Se instalará preferentemente en la aspiración de la bomba. La conexión del vaso de expansión al circuito se realiza de forma directa, sin intercalar ninguna válvula o elemento de cierre que pueda aislar el vaso de expansión del circuito que debe proteger.

El vaso de expansión de la instalación se calcula de acuerdo con las especificaciones indicadas en la norma UNE 100155.

$$V_{\text{vaso expansión}} = V_{\text{Total}} * 1,1 * C_e * C_p$$

Donde:

- $V_{\text{vaso expansión}}$ es el volumen del vaso de expansión.
- V_{Total} es el volumen total del fluido en la instalación.
- C_e es el coeficiente de expansión del fluido.
- C_p es el coeficiente de presión del fluido.

En primer lugar, es necesario calcular el volumen total del fluido en la instalación:

$$V_{\text{Total}} = V_{\text{captadores}} + V_{\text{Interacumuladores}} + V_{\text{Tramo}}$$

Para el cálculo de la capacidad de fluido de los 36 captadores se acude a la ficha técnica del captador seleccionado, de la que se extrae que la capacidad de un captador solar es 1,42 litros.

$$V_{\text{captadores}} = 1,42 \frac{l}{\text{captador}} * 36 \text{captadores} = 51,12 l$$

Se procede de igual manera para el cálculo del volumen del serpentín de los 2 interacumuladores conectados en serie. De la ficha técnica se extrae que el volumen del serpentín para ambos es 48 litros. Por lo que:

$$V_{\text{Interacumuladores}} = 96 l$$

Para el cálculo del volumen total de fluido contenido en los tramos, se calcula el volumen contenido en cada tramo, y se suma. Para ello, se aplica la siguiente expresión:

El volumen de un tramo se calcula con la multiplicación de la sección de paso de la tubería y de la longitud de dicho tramo.

$$V_{\text{Tramo}}(m^3) = \frac{\pi * D(m)^2}{4} * L(m) = \frac{\pi * D(mm)^2}{4 * 10^6} * L(m)$$

Aplicando la equivalencia de que 1 metro cúbico son 1000 litros, se obtiene la siguiente ecuación:

$$V_{\text{Tramo}}(l) = \frac{\frac{\pi * D(mm)^2}{4} * L(m)}{1000}$$

	D	L	Volumen tuberías
Tramo	(mm)	(m)	(L)
T1	38,10	50,47	57,54
T2	19,05	1,50	0,43
T3	19,05	6,56	1,87
T4	19,05	7,71	2,20
T5	38,10	3,51	4,00
T6	19,05	1,50	0,43
T7	19,05	6,56	1,87
T8	19,05	7,71	2,20
T9	31,75	3,51	2,78
T10	19,05	1,50	0,43
T11	19,05	6,56	1,87
T12	19,05	7,71	2,20
T13	31,75	3,51	2,78
T14	19,05	1,50	0,43
T15	19,05	6,56	1,87
T16	19,05	7,71	2,20
T17	25,40	3,51	1,78
T18	19,05	1,50	0,43
T19	19,05	6,56	1,87
T20	19,05	7,71	2,20
T21	19,05	0,84	0,24
T22	19,05	1,30	0,37
T23	19,05	7,71	2,20
T24	19,05	5,50	1,57
T25	19,05	2,00	0,57
T26	25,40	3,51	1,78
T27	19,05	2,00	0,57
T28	31,75	3,50	2,77
T29	19,05	2,00	0,57
T30	31,75	5,50	4,35
T31	31,75	5,26	4,16
T32	38,10	12,84	14,64
T33	38,10	6,41	7,31
T34	38,10	29,23	33,32
VOLUMEN TOTAL (l)			165,778

Tabla 16. Volumen de las tuberías por tramo.

Operando los términos de la expresión del volumen total, se obtiene:

$$V_{Total} = 312,9 \text{ l}$$

Los resultados obtenidos para cada tramo se recogen en la tabla 16.

A continuación, se calculan los coeficientes de expansión y presión.

Para temperaturas comprendidas entre 30°C y 70°C:

$$C_e = f_c * (-1,75 + 0,064 * T + 0,0036 * T^2) * 10^{-3}$$

Siendo f_c el factor de corrección debido a que el fluido caloportador es una solución de glicol etilénico en agua.

$$f_c = a * (1,83 * T + 32)^b$$

Donde:

$$a = -0,0134 * (G^2 - 143,8 * G + 1918,2) = 14,0941$$

$$b = 3,5 * 10^{-4} * (G^2 - 94,57 * G + 500) = -0,4337$$

Siendo G el contenido de glicol etilénico de la solución, debe estar entre el 20% y el 50%, para temperaturas dentro del rango (65°C, 115°C).

$$f_c = 1,6438$$

Por lo que se obtiene un coeficiente de expansión de:

$$C_e = 0,02474$$

Como se puede observar, cumple las condiciones de ser positivo y menor que uno, y representa la relación entre el volumen útil del vaso de expansión y el volumen del fluido contenido en la instalación.

El coeficiente de presión debe ser positivo y mayor que la unidad, y representa la relación entre el volumen total y el volumen útil del vaso de expansión.

$$C_p = \frac{P_{MAX}}{P_{MAX} - P_{MIN}}$$

Donde:

- P_{MAX} es la presión máxima de funcionamiento del circuito.

Esta debe ser ligeramente inferior que la presión de tarado de la válvula de seguridad, que a su vez será menor que la presión máxima de trabajo de los equipos de la instalación. Una hipótesis válida es asumir que es el 10% menor que la presión de tarado de la válvula de seguridad, obteniendo así la expresión:

$$P_{MAX} = 0,9 * P_{VS} + 1 = 8,2 \text{ bar}$$

Siendo la $P_{VS} = 8 \text{ bar}$, la presión máxima de los captadores.

- P_{MIN} es la presión mínima del circuito.

Corresponde a la diferencia de presión estática entre la ubicación del captador y el punto más alto de la instalación de tuberías.

La distancia total es de 14,89, calculada como la suma de la distancia desde la sala de máquinas, ubicación del vaso de expansión, igual a 14,10 metros, y la altura de los campadores, igual a 0,79 metros. A diferencia de alturas le corresponde una diferencia de presión estática igual a 1,489 bares manométricos.

Para el cálculo de la presión mínima es absoluta, y hay que tener en cuenta un coeficiente de seguridad, recomendado en 0,5 bar.

$$P_{MIN} = 3 \text{ bar}$$

Operando se obtiene:

$$C_p = 1,577$$

Finalmente, se obtiene el volumen del vaso final:

$$V_{vaso \text{ expansión}} = 13,43 \text{ l}$$

Tras realizar un estudio de mercado, se selecciona el vaso de expansión de la empresa Termicol, de 18 litros de capacidad, cuya referencia es 706 SOL 018.

2.10. Aislamiento.

El objetivo del presente apartado es calcular el espesor de aislamiento de las tuberías del circuito primario para el cumplimiento de la normativa vigente.

El aislamiento de las tuberías de los equipos seleccionados viene de fábrica, por lo que no es necesario calcularlo.

Dicho cálculo está basado en el RITE, concretamente en el apartado 1.2.4.2.1 “Aislamiento térmico de redes de tuberías”.

Se seguirá el procedimiento simplificado, en el que el espesor de aislamiento se calcula en función del diámetro exterior de la tubería sin aislar, la temperatura máxima del fluido, y teniendo en cuenta si la tubería discurre por el exterior o el interior del edificio.

Para ello, se han usado las tablas 17 y 18, extraídas del RITE.

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40...60	> 60...100	> 100...180
$D \leq 35$	35	35	40
$35 < D \leq 60$	40	40	50
$60 < D \leq 90$	40	40	50
$90 < D \leq 140$	40	50	60
$140 < D$	45	50	60

Tabla 17.Espesor de aislamiento para tuberías exteriores.

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 18. Espesor de aislamiento para tuberías interiores.

La temperatura máxima del fluido para la instalación en cuestión se encuentra dentro del rango (60°C, 100°C).

Cabe destacar que los valores de las tablas 17 y 18 han sido aumentados en 5 mm, al tratarse de una instalación para la producción de ACS de funcionamiento continuo.

Se obtiene la Tabla 19, que recoge el espesor del aislante en milímetros por tramo.

2.11. Sistema de control

El sistema de control elegido es de la marca TERMICOL, modelo LTDC V3. Las principales características son:

- 6 entradas para sensores PT 1000 de temperatura.
- 2 entradas VFS / RPS para medir el caudal.
- 2 salidas PWC para el control de la velocidad de bombas de alta eficiencia.
- 2 salidas relé 230 VAC (on off).
- 42 variantes hidráulicas.

2.12. Accesorios

En este apartado se presentan los accesorios necesarios para la instalación en cuestión.

Válvulas.

La elección de las válvulas se realiza dependiendo de las condiciones de trabajo y de la función que tienen. Distinguiéndose:

- Válvulas de corte. Son necesarias a la entrada y salida de cada equipo. Son necesarias un total de 29 válvulas.
 - o Para el campo de captadores son necesarias 12 válvulas de corte.
 - o Para el grupo de bombeo del circuito primario y secundario son necesarias 12 válvulas de corte.
 - o Para el interacumulador son necesarias 4 válvulas de corte. 2 para la entrada y salida del serpentín y otras 2 para el llenado y vaciado del mismo.
 - o Para el vaso de expansión es necesaria 1 válvula de corte.
- Válvulas de seguridad. Son necesarias 3 válvulas de seguridad.
 - o 1 válvula de seguridad situada a la salida del campo de captadores solares
 - o 2 válvulas de seguridad para los vasos de expansión del circuito primario y secundario.

- Válvulas de retención. Son necesarias 4 válvulas de retención.
 - o Situadas a la salida de la bomba de circulación.

Purgadores.

Situados en los puntos altos de la salida de las baterías de captadores y en todos aquellos puntos de la instalación donde pueda quedar aire acumulado, se colocarán sistemas de purgas constituidos por botellines de desaireación y purgador manual o automático.

Son necesarios 12 purgadores automáticos.

	D	D	EXT / INT	Espesor de aislamiento
Tramo	(")	(mm)		(mm)
T1	1,5	38,1	EXT	45
T1	1,5	38,1	INT	35
T2	0,75	19,05	EXT	40
T3	0,75	19,05	EXT	40
T4	0,75	19,05	EXT	40
T5	1,5	38,1	EXT	45
T6	0,75	19,05	EXT	40
T7	0,75	19,05	EXT	40
T8	0,75	19,05	EXT	40
T9	1,25	31,75	EXT	40
T10	0,75	19,05	EXT	40
T11	0,75	19,05	EXT	40
T12	0,75	19,05	EXT	40
T13	1,25	31,75	EXT	40
T14	0,75	19,05	EXT	40
T15	0,75	19,05	EXT	40
T16	0,75	19,05	EXT	40
T17	1	25,4	EXT	40
T18	0,75	19,05	EXT	40
T19	0,75	19,05	EXT	40
T20	0,75	19,05	EXT	40
T21	0,75	19,05	EXT	40
T22	0,75	19,05	EXT	40
T23	0,75	19,05	EXT	40
T24	0,75	19,05	EXT	40
T25	0,75	19,05	EXT	40
T26	1	25,4	EXT	40
T27	0,75	19,05	EXT	40
T28	1,25	31,75	EXT	40
T29	0,75	19,05	EXT	40
T30	1,25	31,75	EXT	40
T31	1,25	31,75	EXT	40
T32	1,5	38,1	EXT	45
T33	1,5	38,1	EXT	45
T34	1,5	38,1	EXT	45
T34	1,5	38,1	INT	35

Tabla 19. Espesor de aislamiento por tramo.

2.13. ANEXO I- certificado generado por CHEQ 4.



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

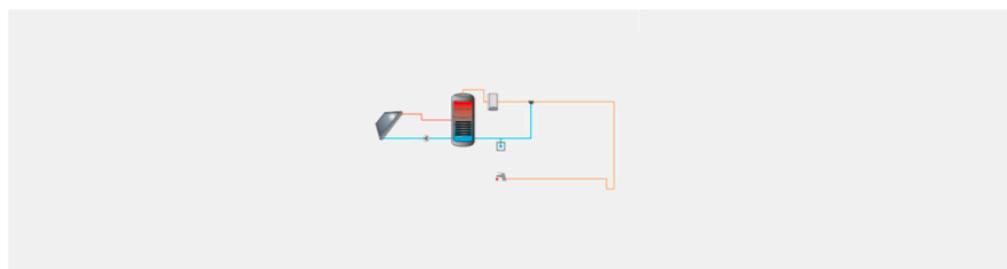
Datos del proyecto

Nombre del proyecto	
Comunidad	
Localidad	
Dirección	

Datos del autor

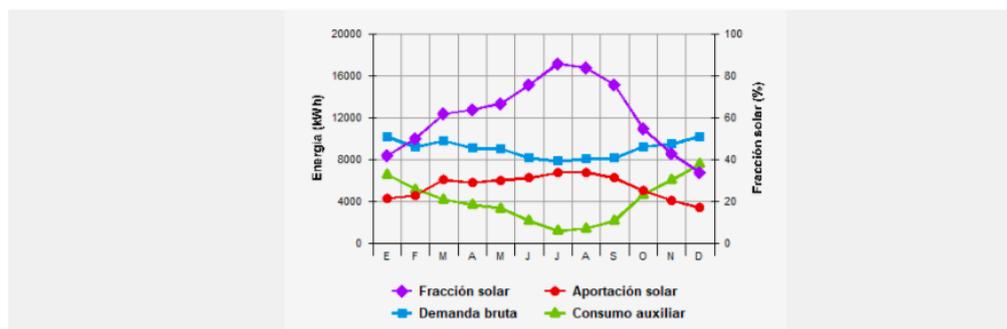
Nombre	
Empresa o institución	
Email	
Teléfono	

Características del sistema solar



Localización de referencia	Pozuelo de Alarcón (Madrid)
Altura respecto la referencia [m]	0
Sistema seleccionado	Instalación de consumidor único con interacumulador
Demanda [l/día a 60°C]	5.335
Ocupación %	Ene 100 Feb 100 Mar 100 Abr 100 May 100 Jun 100 Jul 100 Ago 100 Sep 100 Oct 100 Nov 100 Dic 100

Resultados



Fracción solar [%]	60
Demanda neta [kWh]	106.877
Demanda bruta [kWh]	108.799
Aporte solar [kWh]	65.616
Consumo auxiliar [kWh]	48.364
Reducción de emisiones de [kg de CO2]	19.299

CHEQ4



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

Cálculo del sistema de referencia

De acuerdo al apartado 2.2.1 de la sección HE4, la contribución solar mínima podrá sustituirse parcial o totalmente mediante una instalación alternativa de otras energías renovables, procesos de cogeneración o fuentes de energía residuales procedentes de la instalación de recuperadores de calor ajenos a la propia instalación térmica del edificio.

Para poder realizar la sustitución se justificará documentalmente que las emisiones de dióxido de carbono y el consumo de energía primaria no renovable, debidos a la instalación alternativa y todos sus sistemas auxiliares para cubrir completamente la demanda de ACS, o la demanda total de ACS y calefacción si se considera necesario, son iguales o inferiores a las que se obtendrían mediante la correspondiente instalación solar térmica y el sistema de referencia (se considerará como sistema de referencia para ACS, y como sistema de referencia para calefacción, una caldera de gas con rendimiento medio estacional de 92%).

Demanda ACS total [kWh]	106.877
Demanda ACS de referencia [kWh]	41.261
Demanda calefacción CALENER [kWh]	0
Consumo energía primaria [kWh]	47.988
Emisiones de CO2 [kg CO2]	9.681

CHEQ4

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

Parámetros del sistema		Verificación en obra
Campo de captadores		
Captador seleccionado	T25MSH (Termicol)	<input type="checkbox"/>
Contraseña de certificación	NPS-3813 - Verificar vigencia	<input type="checkbox"/>
Número de captadores	36,0	<input type="checkbox"/>
Número de captadores en serie	1,0	<input type="checkbox"/>
Pérdidas por sombras (%)	0,0	<input type="checkbox"/>
Orientación [°]	0,0	<input type="checkbox"/>
Inclinación [°]	40,0	<input type="checkbox"/>
Circuito primario/secundario		
Caudal circuito primario [l/h]	4.977,0	<input type="checkbox"/>
Porcentaje de anticongelante [%]	25,0	<input type="checkbox"/>
Longitud del circuito primario [m]	100,0	<input type="checkbox"/>
Diámetro de la tubería [mm]	36,0	<input type="checkbox"/>
Espesor del aislante [mm]	30,0	<input type="checkbox"/>
Tipo de aislante	genérico	<input type="checkbox"/>
Sistema de apoyo		
Tipo de sistema	Caldera convencional	<input type="checkbox"/>
Tipo de combustible	Gasóleo	<input type="checkbox"/>
Acumulación		
Volumen [l]	6.480,0	<input type="checkbox"/>
Distribución		
Longitud del circuito de distribución [m]	300,0	<input type="checkbox"/>
Diámetro de la tubería [mm]	30,0	<input type="checkbox"/>
Espesor del aislante [mm]	30,0	<input type="checkbox"/>
Tipo de aislante	genérico	<input type="checkbox"/>
Temperatura de distribución [°C]	50,0	<input type="checkbox"/>

3. PLIEGO DE CONDICIONES

3.1. Objeto

El objeto de este documento es fijar las condiciones técnicas mínimas que deben cumplir las instalaciones solares térmicas para calentamiento de líquido, especificando los requisitos de durabilidad, fiabilidad y seguridad.

El ámbito de aplicación de este documento se extiende a todos los sistemas mecánicos, hidráulicos, eléctricos y electrónicos que forman parte de las instalaciones.

3.2. Normativa aplicable

- Código Técnico de la Edificación (CTE)
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas.
- Reglamento de Recipientes a Presión (RAP).
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC.BT).
- Pliego de Especificaciones Técnicas para Instalaciones de Energía Solar Térmica a Baja temperatura.
- Norma UNE-EN 12975-1:2006. “Sistemas solares térmicos y componentes. Captadores solares.”
- Normativa regional
- Normas UNE procedentes de AENOR.

3.3. Condiciones de materiales y equipos

3.3.1 Captadores solares

a) Generalidades

El captador llevará una etiqueta visible y duradera, que además de cumplir los requisitos establecidos en el CTE, disponga de los datos establecidos en la norma UNE 12975-1:

- 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^2 y 30°C .
- Volumen del fluido de transferencia de calor.
- Peso del captador vacío.
- Origen de fabricación.

Se recomienda 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 transmisividad mayor o igual a 0,8.
- Distancia media entre el absorbedor y la cubierta transparente no debe ser inferior a 2 cm ni superior a 4 cm.
- Absorbedor constituido sólo por materiales metálicos.

La instalación de sistemas integrados en cubierta se debe 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 deberán proceder de los resultados del ensayo realizado conforme a 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.

b) Modelo del captador

Todos los captadores que integren la instalación se recomienda que sean del mismo tipo y modelo. En cuanto a proyectos de rehabilitación o ampliación de instalaciones, el captador debería ser del mismo modelo y características que los existentes y la instalación resultante debería cumplir con los requisitos indicados.

En caso de no ser 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.

c) Estructura soporte sujeción del captador

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

Todos los materiales de la estructura soporte se deben 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 deben protegerse mediante galvanizado por inmersión en caliente,

pinturas orgánicas de zinc o tratamientos anticorrosivos equivalentes.

La realización de taladros en la estructura se deberá llevar a cabo antes de proceder al galvanizado o protección de la estructura.

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

3.3.2 Acumuladores

El acumulador llevará una placa de identificación situada en lugar claramente visible y escrita con caracteres indelebles en la que aparecerán, entre otros, los siguientes datos:

- Marcado CE, si procede.
- Nombre y señas de identificación del fabricante.
- Marca y modelo.
- Año y número de fabricación.
- Volumen (en litros).
- Presión máxima de trabajo (en bar).
- Temperatura máxima de trabajo (en °C).

Los acumuladores que se utilizarán en las instalaciones de energía solar según el tipo de aplicación son los siguientes:

- Acumuladores de agua caliente sanitaria.
- Acumuladores de inercia.

Cuando el acumulador lleve incorporada una superficie de intercambio térmico entre el fluido primario y el agua sanitaria, en forma de serpentín o camisa de doble envolvente, se denominará interacumulador.

Los interacumuladores deberán cumplir, además de los requisitos establecidos para el acumulador, los correspondientes:

- Los datos del intercambiador aparecerán en la placa de identificación del interacumulador. Se indicarán, además de los datos del acumulador, los siguientes:
 - o Área de intercambio térmico (en m²)
 - o Presión máxima de trabajo del circuito primario (en bar)Se recomienda añadir la temperatura máxima de trabajo del circuito primario (en °C)
- Se podrán utilizar intercambiadores de serpentín, de doble envolvente o de tipo vaila.
- El material de fabricación será acero inoxidable o cobre.

3.3.3 Bombas de circulación

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

- Fabricante
- Marca
- Modelo
- Características eléctricas

Las bombas podrán ser del tipo en línea (de rotor seco o húmedo).

Los materiales de la bomba del circuito primario serán compatibles con las mezclas anticongelantes y en general con el fluido de trabajo utilizado. En circuitos de agua caliente para usos sanitarios, los materiales de la bomba serán resistentes a la corrosión.

Las bombas serán resistentes a las averías producidas por efecto de las incrustaciones calizas y permitirán efectuar de forma simple la operación de desaireación o purga.

Los grupos de 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.
- Cojinete 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.
- Acoplamiento flexible 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 ó 4 polos, 2900 ó 1450 rpm, 220V/1 ó 220/380V/3, 50 Hz, IP.44 clase F.
- Presión de aspiración 2 maca, para 82°C.
- Caudal, altura manométrica, potencia del motor, número 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.

3.3.4 Vasos de expansión

Características que deben cumplir:

- Los vasos de expansión serán siempre cerrados
- El vaso de expansión llevará una placa de identificación situada en lugar claramente visible y escrita con caracteres indelebles en las que aparecerán los siguientes datos:
 - o Marcado CE, si procede.
 - o Nombre y señas de identificación del fabricante
 - o Marca y modelo

- Año y número de fabricación.
- Volumen total (en litros)
- Presión máxima de trabajo (en bar)
- Temperatura máxima de trabajo (en °C)
- 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.
- Los vasos de expansión instalados a la intemperie deberán estar expresamente diseñados para ello.

3.3.5 Tuberías

En los circuitos primarios podrán utilizarse tuberías de cobre y de acero inoxidable, con uniones roscadas, soldadas o embridadas y protección exterior con pintura anticorrosiva.

En los circuitos secundarios de la instalación podrán utilizarse tuberías de cobre, de acero negro, de acero inoxidable o material plástico compatibles con el fluido que utilizan.

En los circuitos de agua caliente sanitaria podrán utilizarse cobre y acero inoxidable. Podrán utilizarse materiales plásticos que estén autorizadas por la normativa vigente.

Las tuberías de materiales plásticos deberán soportar las condiciones extremas de presión y temperatura del circuito. En condiciones de funcionamiento nominal, las tuberías deberán tener una vida útil garantizada por el fabricante superior a 50 años.

Las tuberías de cobre serán tubos estirados en frío y sus uniones serán realizadas por accesorios a presión que soporten las condiciones extremas o mediante soldadura por capilaridad de acuerdo a la norma UNE EN 1057. Se realizará soldadura fuerte cuando la temperatura del circuito pueda superar en algún momento los 125°C.

Cuando sea imprescindible utilizar en el mismo circuito materiales diferentes, se tomarán las medidas necesarias en función de las características del circuito, del fluido de trabajo y de los materiales de las tuberías.

En todos los casos es aconsejable prever la protección catódica del acero según norma UNE 100 050.

A continuación se describen los principales accesorios que suelen llevar consigo la red de tuberías:

- Juntas. No se usa el amianto. Con respecto a los valores límites de la temperatura y presión, son respectivamente, PN 10 y 200°C.

- Termómetros. Siendo los usados los de mercurio en vidrio con protección en caja metálica. La escala debe adecuarse a los requerimientos de la instalación y debe estar provista de pequeñas divisiones para disminuir los errores en la medición.
- Manómetros. Los manómetros serán con válvula de aguja de aislamiento en acero inoxidable e inmersos en glicerina. Los rangos de los manómetros serán tales que la aguja, durante el funcionamiento normal, este en el medio del dial. La precisión será de al menos el 1%. Puntos de toma de presión: Se incluirán los puntos de toma con válvula necesarios y/o indicados en planos o especificaciones.
- Sombreretes. Necesarios para asegurar la adecuada protección de cada una de las tuberías situadas en cubierta.
- Derivaciones. Los más usados son los empalmes soldados con acabados de la mayor precisión posible.
- Codos en bombas. Se calcularán con radios suficientemente largos tanto para la succión como para la descarga de bombas.
- Lubricante de roscas. De tipo general, que permitan el acoplamiento dieléctricos o latiguillos en las uniones entre cobre y acero o fundición.
- Guías. Su instalación está marcada por las recomendaciones del fabricante.
- Válvulas de seguridad. Se incluirán todas las válvulas de seguridad indicadas, o necesarias para un funcionamiento completamente seguro y correcto de los sistemas. Durante el periodo de pruebas de la instalación se procederá al timbrado de las mismas. Las válvulas de seguridad de alivio serán de paso angular y carga por resorte. Serán adecuadas para condiciones de trabajo de 0°C a 120°C, y hasta 25 Kg/cm². Los materiales de fabricación son cobre 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
- Purgadores de aire. Cuando sea necesario, y con el fin de disponer de una instalación silenciosa y evitar la formación de cámaras de aire se dispondrá la tubería con pendiente ascendente hacia la dirección del flujo.
Las derivaciones se harán de tal modo que se eviten retenciones de aire y se permita el paso libre del mismo. Se incluirá purgadores de aire, manuales y 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 instalarán 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 regla general, los purgadores manuales, salvo en puntos

ocultos o de difícil acceso, que hagan recomendable la instalación de purgadores automáticos.

- Compensadores de dilatación. Estos se utilizan en los circuitos de agua caliente. Han de ser instalados allí donde indique el plano y donde se requiera según la experiencia del instalador, cumpliéndose las recomendaciones propuestas por el reglamento. Siempre se colocarán entre dos puntos fijos, capaces de soportar los esfuerzos de dilatación y de presión que se originan.

Los extremos del compensador van a ser de acero al carbono preparados para soldar a la tubería con un chaflán de 37° 30' y un talón de 1,6 mm cuando el diámetro nominal de la tubería sea de hasta 2" inclusive. Si las tuberías son de diámetro superior, las conexiones serán con bridas en acero al carbono según las normal DIN 2502 o 2503, según si las presiones son de 6 y 10 o 16 Kg/cm². Estas bridas van soldadas a los cuellos del compensador por los procedimientos recomendados para soldadura de piezas en acero al carbono de espesores medios.

- Vaciados. Los vaciados, purgadores, válvulas de seguridad, reboses, se dirigirán al sumidero o desagüe más cercano. En cualquier caso, se van a adoptar 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.
- Conexión a equipos. Se utilizarán elementos de unión que permitan una fácil conexión y desconexión de los equipos y elementos de la red de tuberías, 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 desde las redes de tuberías hacia los equipos.

3.3.6 Válvulas

La elección de las válvulas se realizará de acuerdo con la función que desempeñan y las condiciones extremas de funcionamiento (presión y temperatura), siguiendo preferentemente los criterios que a continuación se citan:

- 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: válvulas de resorte.
- Para retención: válvulas de disco de doble compuerta, o de clapeta o especiales para sistemas por termosifón.

No se usarán válvulas de compuertas

El acabado de las superficies de asiento y obturador debe asegurar la estanqueidad al cierre de las válvulas, para las condiciones de servicio especificadas.

El volante y la palanca deben ser de dimensiones suficientes para asegurar el cierre y la apertura de forma manual con la aplicación de una fuerza razonable, sin la ayuda de medios auxiliares. El órgano de mando no deberá interferir con el aislamiento térmico de la tubería y del cuerpo de válvula.

Las superficies del asiento y del obturador deben ser recambiables. La empaquetadura debe ser recambiable en servicio, con válvula abierta a tope, sin necesidad de desmontarla.

En el cuerpo de la válvula irán troquelados la presión nominal PN, expresada en bar o kp/cm^2 , y el diámetro nominal DN, expresado en mm o pulgadas, al menos cuando el diámetro sea igual o superior a 25 mm.

La presión nominal mínima de todo tipo de válvulas y accesorios deberá ser igual o superior a 4 kp/cm^2 .

Los diámetros libres en los asientos de las válvulas tienen que ser correspondientes con los diámetros nominales de las mismas, y en ningún caso inferiores a 12 mm.

Las válvulas de seguridad, por su importante función, deben ser capaces de derivar la potencia máxima del captador o grupo de captadores, incluso en forma de vapor, de manera que en ningún caso se sobrepase la máxima presión de trabajo del captador o del sistema.

Las válvulas de retención se situarán en la tubería de impulsión de la bomba, entre la boca y el manguito antivibratorio, y, en cualquier caso, aguas arriba de la válvula de interceptación.

En cuanto a los materiales empleados para las válvulas, son los siguientes:

- Válvulas de esfera. El cuerpo de fundición de hierro o acero. La Esfera y el eje serán de acero ducromado o acero inoxidable. Y los Asientos, estopada y juntas de teflón. Podrán ser de latón estampado para diámetros inferiores a 1 1/2 con esfera de latón ducromado.
- Válvulas de asiento. El cuerpo podrá ser de bronce (hasta 2"), de fundición de hierro, o acero. Siendo la tapa del mismo material que el cuerpo. El obturador será en forma de pistón o de asiento plano con cono de regulación de acero inoxidable y aro de teflón, no será solidario al husillo. Mientras que el asiento será integral en bronce o en acero inoxidable según el cuerpo de la válvula. Las prensa-estopas del mismo material que cuerpo y tapa.
- Válvulas de seguridad de resorte. El cuerpo podrá ser de hierro fundido o acero al carbono con escape conducido. El obturador y vástago serán de acero inoxidable. Las prensa-estopas de latón. Resorte en acero especial para muelle.

- Válvulas de retención de clapeta. El cuerpo y la tapa serán de bronce o de latón. Y el Asiento y la clapeta lo serán de bronce.
En cuanto a las conexiones, serán rosca hembra.
- Válvulas de retención de muelle. El cuerpo y la tapa de bronce o latón. Y el Asiento y la clapeta lo serán de bronce.
En cuanto a las conexiones, serán rosca hembra.
Resorte en acero especial para muelle.

3.3.7 Asilamiento

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

El material aislante situado a la intemperie deberá 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 elastomérica se podrán 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.

3.3.8 Sistema eléctrico y de control

El sistema eléctrico y de control cumplirá con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) en todos aquellos puntos que sean de aplicación. Los cuadros serán diseñados siguiendo los requisitos de estas especificaciones y se construirán de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y con las recomendaciones de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI).

El usuario estará protegido contra posibles contactos directos e indirectos.

El sistema de control incluirá señalizaciones luminosas de la alimentación del sistema del funcionamiento de bombas.

El rango de temperatura ambiente de funcionamiento del sistema de control estará comprendido, como mínimo, entre -10°C y 50°C.

El tiempo mínimo entre fallos especificados por el fabricante del sistema de control diferencial no será inferior a 7000 horas.

Los sensores de temperaturas soportarán las máximas temperaturas previstas en el lugar en que se ubiquen.

Deberán soportar sin alteraciones de más de 1°C, las siguientes temperaturas en función de la aplicación:

- A.C.S. y calefacción por suelo radiante y “fan-coil”: 100°C – Refrigeración/calefacción: 140°C
- Usos industriales: en función de la temperatura de uso

La localización e instalación de los sensores de temperatura deberá asegurar un buen contacto térmico con la parte en la cual hay que medir la misma. Para conseguirlo en el caso de las de inmersión, se instalarán en contracorriente con el fluido. Los sensores de temperatura deberán estar aislados contra la influencia de las condiciones ambientales que le rodean.

La ubicación de las sondas ha de realizarse de forma que éstas midan exactamente las temperaturas que se desean controlar, instalándose los sensores en el interior de vainas y evitándose las tuberías separadas de la salida de los captadores y las zonas de estancamiento en los depósitos. No se permite el uso permanente de termómetros o sondas de contacto.

Preferentemente, las sondas serán de inmersión. Se tendrá especial cuidado en asegurar una adecuada unión entre las sondas de contactos y la superficie metálica.

3.3.9 Aparatos de medida

a) Medida de temperatura

Las medidas de temperatura se realizarán mediante sensores de temperatura.

La medida de la diferencia de temperatura entre dos puntos del fluido de trabajo se realizará mediante los citados sensores de temperatura, debidamente conectados, para obtener de forma directa la lectura diferencial.

En lo referente a la colocación de las sondas, han de ser de inmersión y estar situadas a una distancia máxima de 5 cm del fluido cuya temperatura se pretende medir. Las vainas destinadas a alojar las sondas de temperatura, deben introducirse en las tuberías siempre en contracorriente y en un lugar donde se creen turbulencias.

Como mínimo, han de instalarse termómetros en las conducciones de impulsión y retorno, así como a la entrada y a la salida de los intercambiadores de calor.

b) Medida de caudal.

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

Cuando exista un sistema de regulación exterior, éste estará precintado y protegido contra intervenciones fraudulentas.

Se suministrarán los siguientes datos dentro de la Memoria de Diseño o Proyecto, que deberán ser facilitados por el fabricante:

- Calibre del contador.
- Temperatura máxima del fluido.
- 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

Cuando exista, el medidor se ubicará en la entrada de agua fría del acumulador solar.

c) Medida de la energía

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

- Contador de caudal de agua, descrito anteriormente.
- Dos sondas de temperatura.
- Microprocesador electrónico, montado en la parte superior del contador o separado.

En función de la ubicación de las dos sondas de temperatura, se medirá la energía aportada por la instalación solar o por el sistema auxiliar. En el primer caso, una sonda de temperatura se situará en la entrada del agua fría del acumulador solar y otra en la salida del agua caliente del mismo.

Para medir el aporte de energía auxiliar, las sondas de temperatura se situarán en la entrada y salida del sistema auxiliar.

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 aportada.

d) Medida de presión.

Las medidas de presión en circuitos de líquidos se harán con manómetros equipados con dispositivos de amortiguación de las oscilaciones de la aguja indicadora.

El equipamiento mínimo de aparatos de medición será el siguiente:

- Vasos de expansión: un manómetro.

- Bombas: un manómetro para la lectura de la diferencia de presión entre aspiración y descarga de cada bomba.
- Intercambiadores de calor: manómetros a la entrada y a la salida.

3.4. Provisión del material

Los componentes de los equipos de la instalación tienen que estar homologados, y proceder de marcas acreditadas, ofreciendo así el máximo nivel de garantía.

Es necesario disponer de un lugar específico destinado al almacenamiento de los materiales y elementos de la instalación, dicho lugar debe proteger frente a los factores ambientales.

Se debe tener especial cuidado con el almacenamiento de los equipos más sensibles de la instalación, como el captador solar, que será apilado sobre una base de madera adaptada para su transporte.

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

3.5. Condiciones de montaje

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

Se tendrán en cuenta las especificaciones dadas por los fabricantes de cada uno de los componentes.

A efectos de las especificaciones de montaje de la instalación, éstas se complementarán con la aplicación de las reglamentaciones vigentes que tengan competencia en cada caso.

Es responsabilidad del suministrador comprobar que el edificio reúne las condiciones necesarias para soportar la instalación, indicándolo expresamente en la documentación.

Es responsabilidad del suministrador el comprobar la calidad de los materiales y agua utilizados, cuidando que se ajusten a lo especificado en estas normas, y el evitar el uso de materiales incompatibles entre sí.

El suministrador será responsable de la vigilancia de sus materiales durante el almacenaje y el montaje, hasta la recepción provisional.

Las aperturas de conexión de todos los aparatos y máquinas deberán estar convenientemente protegidas durante el transporte, el almacenamiento y el montaje, hasta tanto no se proceda a su unión, por medio de elementos de taponamiento de forma y resistencia adecuada para evitar la entrada de cuerpos extraños y suciedades dentro del aparato.

Especial cuidado se tendrá con materiales frágiles y delicados, como luminarias, mecanismos, equipos de medida, etc., que deberán quedar debidamente protegidos.

Durante el montaje, el suministrador deberá evacuar de la obra todos los materiales sobrantes de trabajos efectuados con anterioridad, en particular de retales de conducciones y cables.

Asimismo, al final de la obra, deberá limpiar perfectamente todos los equipos (captadores, acumuladores, etc.), cuadros eléctricos, instrumentos de medida, etc. de cualquier tipo de suciedad, dejándolos en perfecto estado.

Antes de su colocación, todas las canalizaciones deberán reconocerse y limpiarse de cualquier cuerpo extraño, como rebabas, óxidos, suciedades, etc.

La alineación de las canalizaciones en uniones y cambios de dirección se realizará con los correspondientes accesorios y/o cajas, centrando los ejes de las canalizaciones con los de las piezas especiales, sin tener que recurrir a forzar la canalización.

En las partes dañadas por roces en los equipos, producidos durante el traslado o el montaje, el suministrador aplicará pintura rica en zinc u otro material equivalente.

La instalación de los equipos, válvulas y purgadores permitirá su posterior acceso a las mismas a efectos de su mantenimiento, reparación o desmontaje.

Una vez instalados los equipos, se procurará que las placas de características de estos sean visibles.

Todos los elementos metálicos que no estén debidamente protegidos contra la oxidación por el fabricante, serán recubiertos con dos manos de pintura antioxidante.

Los circuitos de distribución de agua caliente sanitaria se protegerán contra la corrosión por medio de ánodos de sacrificio.

Todos los equipos y circuitos podrán vaciarse total o parcialmente, realizándose esto desde los puntos más bajos de la instalación.

Las conexiones entre los puntos de vaciado y desagües se realizarán de forma que el paso del agua quede perfectamente visible.

Los botellines de purga estarán siempre en lugares accesibles y, siempre que sea posible, visibles.

3.6. Pruebas, puesta en marcha y recepción

El suministrador entregará al usuario un documento-albarán en el que conste el suministro de componentes, materiales y manuales de uso y mantenimiento de la instalación. Este documento será firmado por duplicado por ambas partes, conservando cada una un ejemplar.

Las pruebas a realizar por el instalador serán, como mínimo, las siguientes:

- Llenado, funcionamiento y puesta en marcha del sistema.
- Se probarán hidrostáticamente los equipos y el circuito de energía auxiliar.
- Se comprobará que las válvulas de seguridad funcionan y que las tuberías de descarga de las mismas no están obturadas y están en conexión con la atmósfera. La prueba se

realizará incrementando hasta un valor de 1,1 veces el de tarado y comprobando que se produce la apertura de la válvula.

- Se comprobará la correcta actuación de las válvulas de corte, llenado, vaciado y purga de la instalación.
- Se comprobará que alimentando (eléctricamente) las bombas del circuito, éstas entran en funcionamiento y el incremento de presión indicado por los manómetros se corresponde en la curva con el caudal del diseño del circuito.
- Se comprobará la actuación del sistema de control y el comportamiento global de la instalación realizando una prueba de funcionamiento diario, consistente en verificar, que, en un día claro, las bombas arrancan por la mañana, en un tiempo prudencial, y paran al atardecer, detectándose en el depósito saltos de temperatura significativos.

Concluidas las pruebas y la puesta en marcha se pasará a la fase de la Recepción Provisional de la instalación, no obstante el Acta de Recepción Provisional no se firmará hasta haber comprobado que todos los sistemas y elementos han funcionado correctamente durante un mínimo de un mes, sin interrupciones o paradas.

- 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 deberían 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.

- Ajuste y equilibrado.

Referentes al sistema de distribución de agua:

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

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

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

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

En circuitos hidráulicos equipados con válvulas de control de presión diferencial, se debería ajustar el valor del punto de control del mecanismo al rango de variación de la caída de presión del circuito controlado.

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.

Referente al 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.

Se establecerán los criterios de seguimiento basados en la propia estructura del sistema, en base a los niveles del proceso siguientes: nivel de unidades de campo, nivel de proceso, nivel de comunicaciones, nivel de gestión y telegestión.

Todos los niveles de proceso serán verificados para constatar su adaptación a la aplicación, de acuerdo con la base de datos especificados en el proyecto. Son válidos a estos efectos los protocolos establecidos en la norma UNE-EN-ISO 16484-3.

Cuando la instalación disponga de un sistema de control, mando y gestión o telegestión basado en la tecnología de la información, su mantenimiento y la actualización de las versiones de los programas debería ser realizado por personal cualificado o por el mismo suministrador de los programas.

- Recepción.

En lo referente a la 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 quedará 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 deberá 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.

En lo referente a la 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 entrar en vigor la garantía.

3.7. Mantenimiento

El objeto de este apartado es definir las condiciones generales mínimas que deben seguirse para el adecuado mantenimiento de las instalaciones de energía solar térmica para producción de agua caliente.

Los criterios generales. Son definidos en 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:

a) Vigilancia

El plan de vigilancia se refiere básicamente a las operaciones que permiten asegurar que los valores operacionales de la instalación sean correctos. Es un plan de observación simple de los parámetros funcionales principales, para verificar el correcto funcionamiento de la instalación. Será llevado a cabo, normalmente, por el usuario, que asesorado por el instalador, observará el correcto comportamiento y estado de los elementos, y tendrá un alcance similar al descrito en la tabla 20.

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

Tabla 20. Plan de vigilancia.

b) Mantenimiento preventivo

Son operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otras, que aplicadas a la instalación deben permitir mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la misma.

El mantenimiento preventivo implicará, como mínimo, una revisión anual de la instalación para aquellas instalaciones con una superficie de captación inferior a 20 m² y una revisión cada seis meses para instalaciones con superficie de captación superior a 20 m².

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

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

En las tablas 21 al 25 se definen las operaciones de mantenimiento preventivo que deben realizarse en las instalaciones de energía solar térmica para producción de agua caliente, la periodicidad mínima establecida (en meses) y descripciones en relación con las prevenciones a observar.:

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

Tabla 21. Mantenimiento del sistema de captación.

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

Tabla 22. Mantenimiento del sistema de acumulación.

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

Tabla 23. Mantenimiento del circuito hidráulico.

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

Tabla 24. Mantenimiento del sistema de control.

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

Tabla 25. Mantenimiento del sistema auxiliar.

c) Mantenimiento correctivo.

Son operaciones realizadas como consecuencia de la detección de cualquier anomalía en el funcionamiento de la instalación, en el plan de vigilancia o en el de mantenimiento preventivo.

Incluye la visita a la instalación, en los mismos plazos máximos indicados en el apartado de Garantías, cada vez que el usuario así lo requiera por avería grave de la instalación, así como el análisis y elaboración del presupuesto de los trabajos y reposiciones necesarias para el correcto funcionamiento de la misma.

Los costes económicos del mantenimiento correctivo, con el alcance indicado, forman parte del precio anual del contrato de mantenimiento. Podrán no estar incluidas ni la mano de obra, ni las reposiciones de equipos necesarias.

4. PRESUPUESTO Y MEDICIONES

4.1. Sistema de captación

Número	Concepto	Cantidad	Unidad medida	Precio unitario	Total (€)
1.1	<p>Captador solar TERMICOL T25MSH o similar.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Captador ultraselectivo - Dimensiones 1200x2130x83 mm - Área bruta 2,5 m² - Área neta 2,4 m² - Factor óptico (a₀) 0,812 - a₁=3,812 W/m²K - a₂=0,021 W/m²K² - Peso en vacío 38 kg - Capacidad del fluido 1,42 l - Potencia pico 1,922 kWp - Pérdida de carga. <ul style="list-style-type: none"> - Término lineal 50, 76. - Término cuadrático 71,423 - Caudal óptimo 40 l/h m². - Cofre formado por perfiles de aluminio anodizado extrudido y el dorso con lámina de aluminio gofrado y aislado térmicamente con lana de vidrio semirrígida de 40 mm de espesor. 	36	ud	658	23.688,00
1.2	<p>Estructura soporte TERMICOL o similar.</p> <p>Estructura para el soporte en cubierta plana de aluminio para 3 captadores horizontales. Se incluyen elementos para la sujeción de los captadores y tornillería de acero inoxidable.</p>	12	ud	546	6.552,00
1.3	<p>Accesorios de conexión para batería de captadores TERMICOL o similar.</p> <p>Kit de conexionado para una batería, incluye válvula de seguridad, válvulas de esfera, purgador de aire y racorería necesaria para la unión de</p>	12	ud	120	1.440,00

	todos los componentes de la batería				
1.4	Anticongelante concentrado TERMICOL o similar. Fluido caloportador no tóxico a base de propilenglicol concentrado en un 95%, con aditivos anticorrosivos. Bidón de 50 litros.	1	ud	180	180
TOTAL					31.860,00

Tabla 26. Presupuesto del sistema de captación.

4.2. Sistema de acumulación

Número	Concepto	Cantidad	Unidad de medida	Precio unitario	Total (€)
2.1	Interacumulador LAPESA MXV3000SSB o similar. - Depósito de acero inoxidable con serpentín - Superficie de intercambio 8,4 m ² - Volumen 3000 l - Peso en vacío 565 kg - Diámetro 1660 mm - Altura 2305 mm	1	ud	14.409,00	14.409,00
2.2	Interacumulador LAPESA MXV3500 o similar. - Depósito de acero inoxidable con serpentín - Superficie de intercambio 8,4 m ² - Volumen 3500 l - Peso en vacío 590 kg - Diámetro 1660 mm - Altura 2580 mm	1	ud	14.838,00	14.838,00
TOTAL					29.247,00

Tabla 27. Presupuesto del sistema de acumulación.

4.3. Sistema de control

Número	Concepto	Cantidad	Unidad de medida	Precio unitario	Total (€)
3.1	Centralita TERMICOL LTDC V3 o similar . - Centralita de control diferencial con lectura digital de las temperaturas, protección antihielo y termostato de parada. - Incorpora 4 sondas de temperatura. Con capacidad para 6 sondas.	1	ud	473,00	473,00
TOTAL					473,00

Tabla 28. Presupuesto del sistema de control.

4.4. Sistema hidráulico

Número	Concepto	Cantidad	Unidad de medida	Precio unitario	Total (€)
4.1	Vaso de expansión TERMICOL V=18L o similar. Sistema de expansión constituido por vaso de expansión cerrado de 18 litros de capacidad de acero con membrana de caucho para absorber las dilataciones del circuito cerrado	1	ud	60,00	60,00
4.2	Set de conexión de estación solar de bombeo o similar. Conjunto de piezas para conexión del sistema de expansión al grupo hidráulico compuesto por racor de unión, manguito corrugado de acero y soporte para anclaje en pared	1	ud	47,00	47,00
4.3	Bomba WILO-STRATOS Z40/1-8 o similar. - Diámetro nominal 40 - Clase IEE=0,2	2	ud	2.525,00	5.050,00

	<ul style="list-style-type: none"> - Longitud 220 mm - Alimentación eléctrica 230 V, 50 Hz - Presión máxima de trabajo 10 bar - Altura máxima de impulsión 8 m - Caudal 17 m³/h - Potencia nominal 200 W - Peso bruto 12,3 kg 				
4.4	Tubería de cobre de 3/4". SALVADOR ESCODA o similar.	100,2	m	4,32	432,86
4.5	Tubería de cobre de 1". SALVADOR ESCODA o similar.	7,02	m	5,60	39,31
4.6	Tubería de cobre de 1 1/4". SALVADOR ESCODA o similar.	21,28	m	6,60	140,45
4.7	Tubería de cobre de 1 1/2" SALVADOR ESCODA o similar.	102,46	m	7,13	730,54
4.8	Codo a 90° H-H de cobre 3/4". SALVADOR ESCODA o similar.	11	ud	3,62	39,82
4.9	Codo a 90° H-H de cobre 1 1/4". SALVADOR ESCODA o similar.	1	ud	15,68	15,68
4.10	Codo a 90° H-H de cobre 1 1/2". SALVADOR ESCODA	14	ud	20,96	293,44
4.11	TE H-H-H de cobre 3/4". SALVADOR ESCODA o similar.	9	ud	4,23	38,07
4.12	TE H-H-H de cobre 1". SALVADOR ESCODA o similar.	2	ud	6,55	13,10
4.13	TE H-H-H de cobre 1 1/4". SALVADOR ESCODA o similar.	4	ud	19,03	76,12
4.14	TE H-H-H de cobre 1 1/2". SALVADOR ESCODA o similar.	4	ud	21,95	87,80
4.15	Aislamiento de 40 mm para tubería de 3/4". SALVADOR ESCODA o similar.	100,2	m	2,13	213,43
4.16	Aislamiento de 40 mm para	7,02	m	4,20	29,48

	tubería de 1". SALVADOR ESCODA o similar.				
4.17	Aislamiento de 40 mm para tubería de 1 1/4". SALVADOR ESCODA o similar.	21,28	m	5,60	119,17
4.18	Aislamiento de 45 mm para tubería de 1 1/2". SALVADOR ESCODA o similar.	35,33	m	7,10	250,84
4.19	Aislamiento de 35 mm para tubería de 1 1/2". SALVADOR ESCODA o similar.	44,37	m	6,70	297,28
4.20	Válvula de corte 3/4". SALVADOR ESCODA o similar.	29	ud	10,30	247,20
4.21	Válvula de retención 1 1/2". SALVADOR ESCODA o similar.	4	ud	15,60	15,60
4.22	Válvula de seguridad 1 1/2". SALVADOR ESCODA	3	ud	60,30	180,90
4.23	Válvula de vaciado 1 1/2". SALVADOR ESCODA o similar.	2	ud	30,50	61,00
4.24	Purgador automático 1 1/2". SALVADOR ESCODA o similar.	12	ud	12	144
4.25	Manómetro SALVADOR ESCODA o similar	2	ud	5,75	11,5
4.26	Termómetro SALVADOR ESCODA o similar	2	ud	17,5	35
TOTAL					8.664,49

Tabla 29. Presupuesto del sistema hidráulico.

4.5. Presupuesto total

Presupuesto total	Precio
Sistema de captación	31.860,00
Sistema de acumulación	29.247,00
Sistema de control y regulación	473,00
Sistema hidráulico	8.664,49
TOTAL (sin IVA)	70.224,49
IVA (21%)	14.751,34
TOTAL (IVA incluido)	84.995,84

Tabla 30. Presupuesto total.

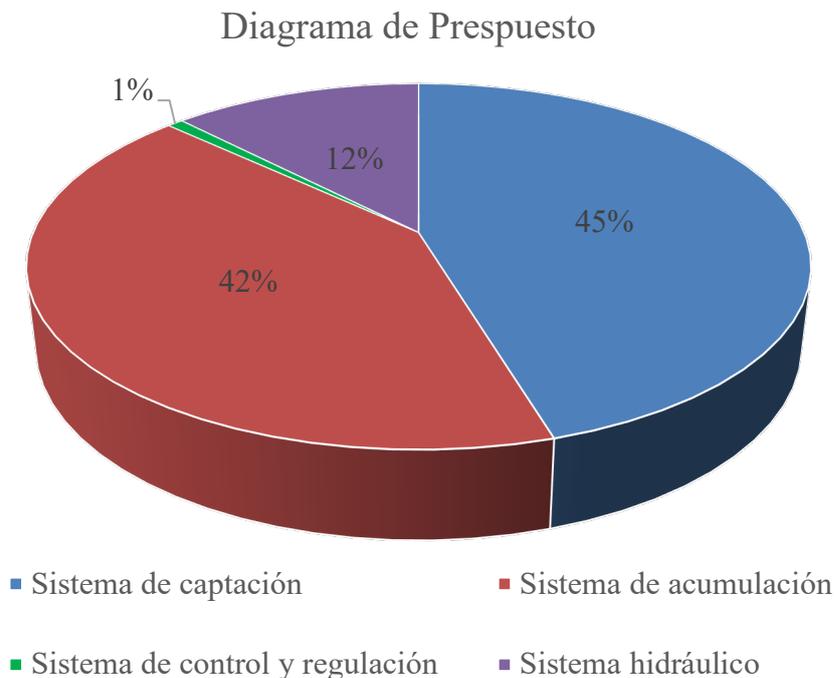


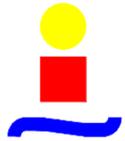
Figura 43. Diagrama de presupuesto por partidas.

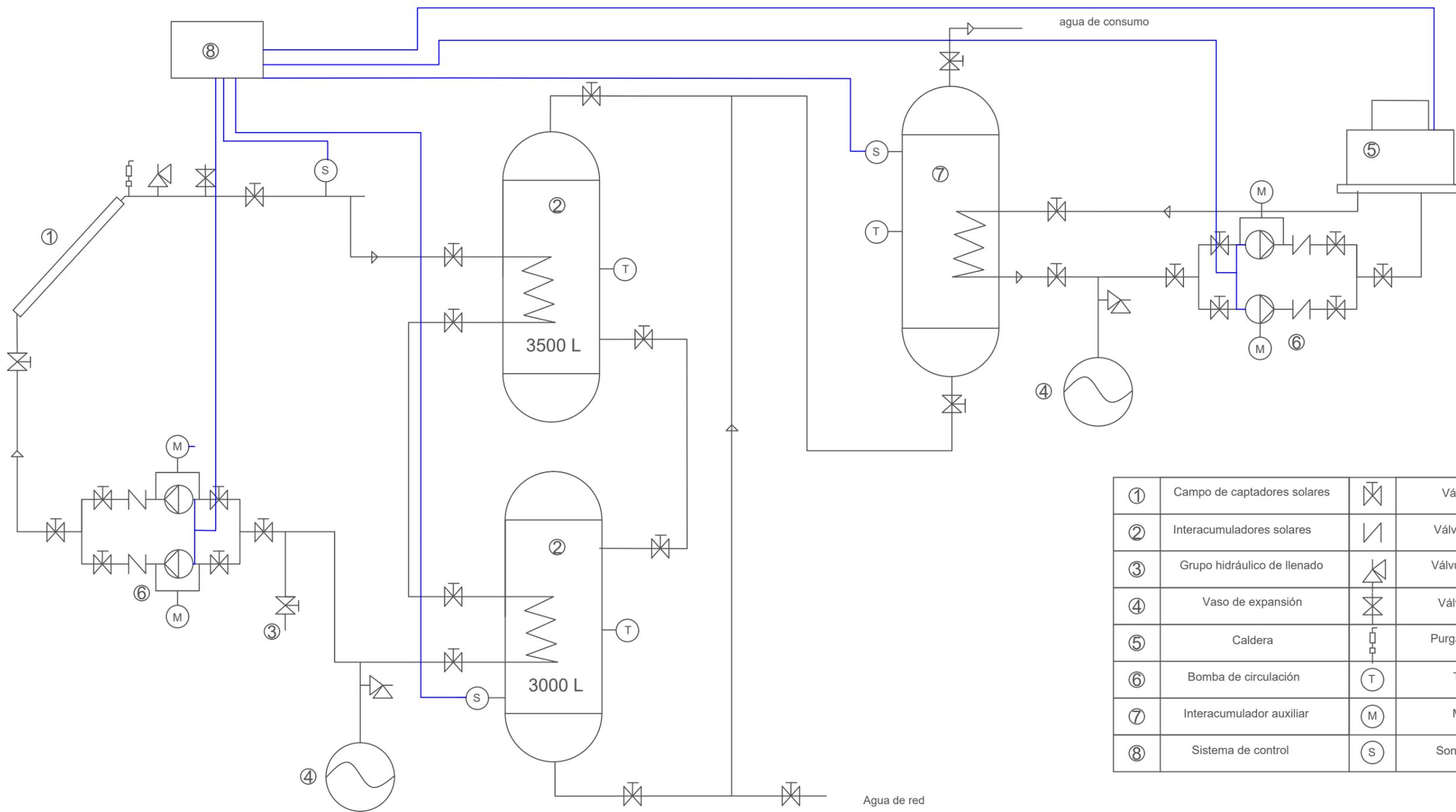
En la figura 47 se observa como la mayoría de la inversión es destinada al campo de captadores y a los depósitos interacumuladores, representando así el 45% y el 42% de la inversión total respectivamente.

Cabe destacar que el hecho de instalar dos depósitos acumuladores en lugar de uno encarece la instalación, pero se han priorizado las ventajas operativas que otorga dicha configuración. El coste por metro cuadrado de captación es de 983,74 €/m².

5. PLANOS

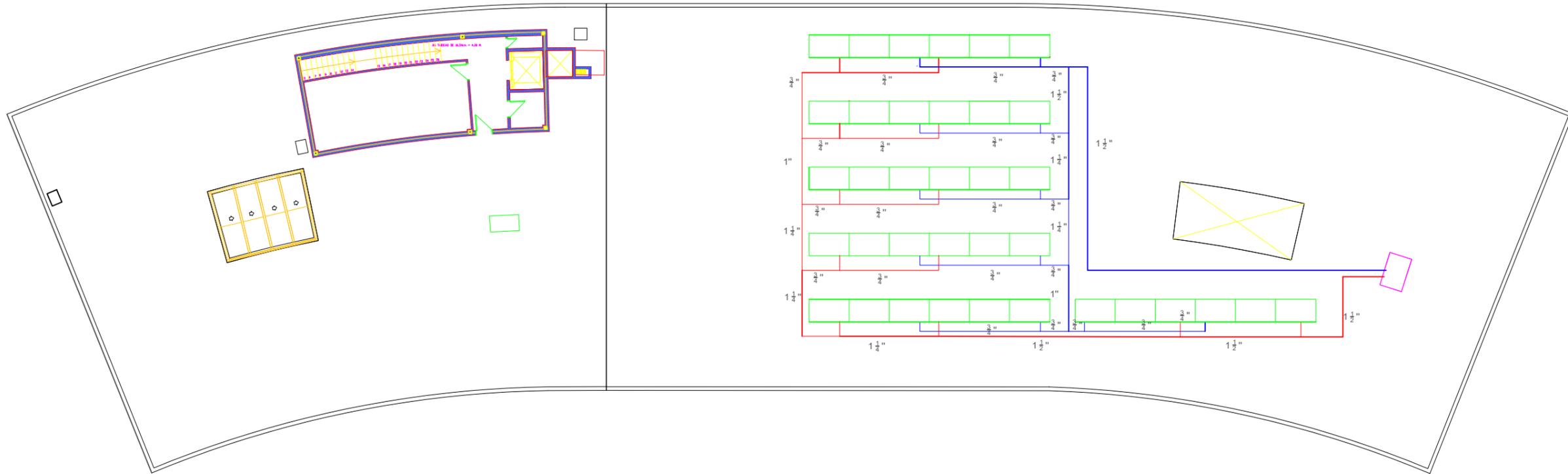
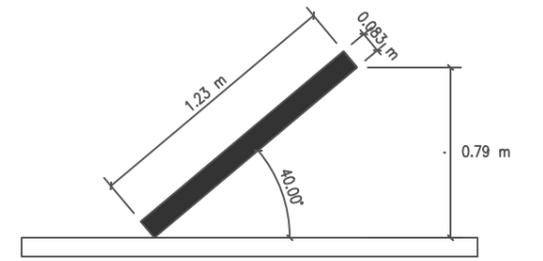
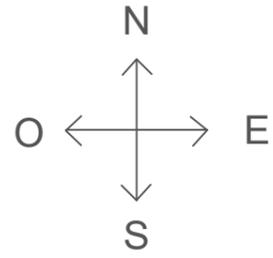


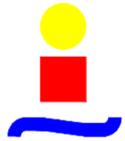
 <p>Escuela Superior de Ingenieros Universidad de Sevilla</p>	<p>TRABAJO FIN DE GRADO GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES DPTO. INGENIERÍA ENERGÉTICA E.T.S.I SEVILLA</p>		
	<p>PROYECTO: INSTALACIÓN DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA PARA LA PRODUCCIÓN DE ACS EN UNA CLÍNICA</p>		
	<p>PLANO: EMPLAZAMIENTO</p>		
FECHA:	AUTOR:	ESCALA:	Nº PLANO
SEPTIEMBRE 2019	JUAN MANUEL JIMÉNEZ MELENDO	1:100	1

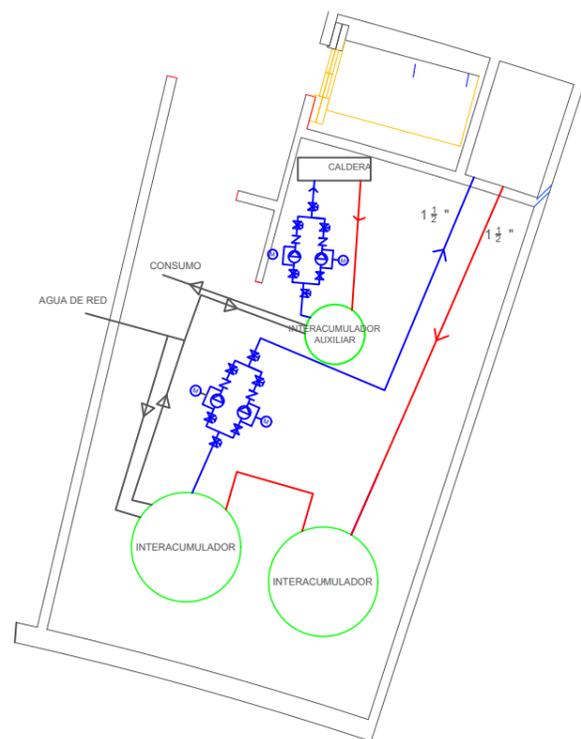
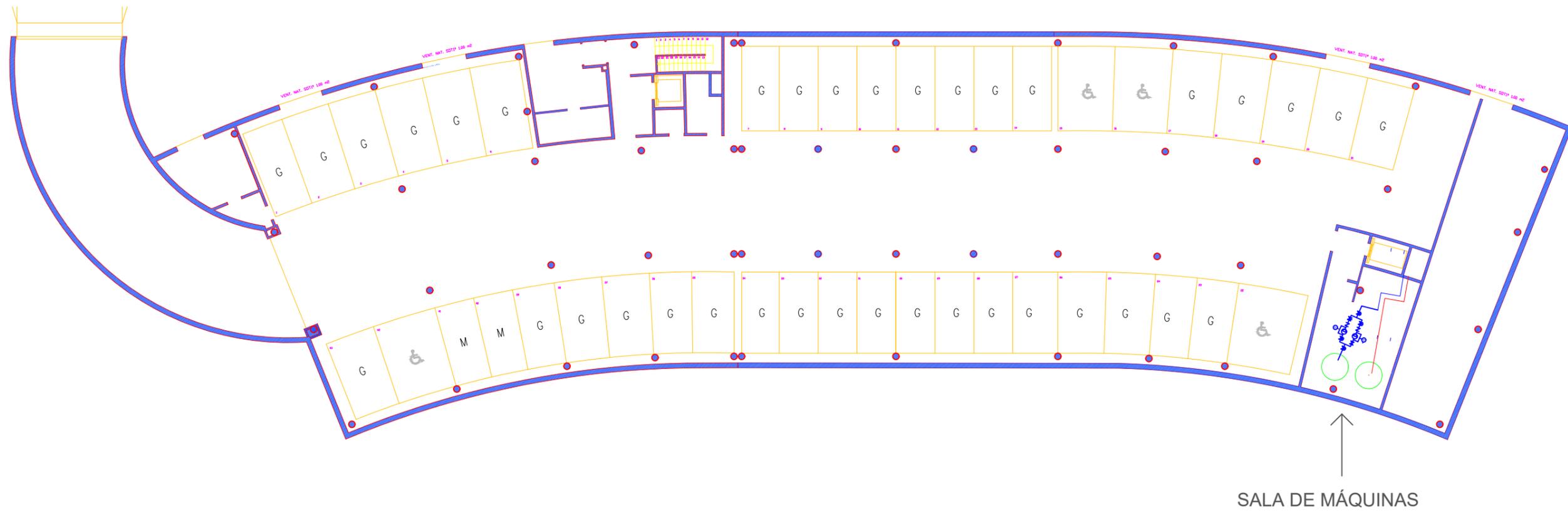


①	Campo de captadores solares		Válvula de corte
②	Interacumuladores solares		Válvula de retención
③	Grupo hidráulico de llenado		Válvula de seguridad
④	Vaso de expansión		Válvula de vaciado
⑤	Caldera		Purgador automático
⑥	Bomba de circulación		Termómetro
⑦	Interacumulador auxiliar		Manómetro
⑧	Sistema de control		Sonda de Temperatura

<p>Escuela Superior de Ingenieros Universidad de Sevilla</p>	TRABAJO FIN DE GRADO GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES DPTO. INGENIERÍA ENERGÉTICA E.T.S.I SEVILLA		
	PROYECTO:		
	INSTALACIÓN DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA PARA LA PRODUCCIÓN DE ACS EN UNA CLÍNICA		
	PLANO:		
ESQUEMA DE PRINCIPIO			
FECHA:	AUTOR:	ESCALA:	Nº PLANO
SEPTIEMBRE 2019	JUAN MANUEL JIMÉNEZ MELENDO		2



 <p>Escuela Superior de Ingenieros Universidad de Sevilla</p>	TRABAJO FIN DE GRADO GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES DPTO. INGENIERÍA ENERGÉTICA E.T.S.I SEVILLA		
	PROYECTO:		
	INSTALACIÓN DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA PARA PRODUCCIÓN DE ACS EN UNA CLÍNICA		
	PLANO:		
PLANTA CUBIERTA			
FECHA:	AUTOR:	ESCALA:	Nº PLANO
SEPTIEMBRE 2019	JUAN MANUEL JIMÉNEZ MELENDO	1:100	3



PASO DE FORJADO

 <p>Escuela Superior de Ingenieros Universidad de Sevilla</p>	<p>TRABAJO FIN DE GRADO GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES DPTO. INGENIERÍA ENERGÉTICA E.T.S.I SEVILLA</p>		
	<p>PROYECTO: INSTALACIÓN DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA PARA PRODUCCIÓN DE ACS EN UNA CLÍNICA</p>		
	<p>PLANO: PLANTA SÓTANO</p>		
<p>FECHA: SEPTIEMBRE 2019</p>	<p>AUTOR: JUAN MANUEL JIMÉNEZ MELENDO</p>	<p>ESCALA: 1:100</p>	<p>Nº PLANO 4</p>

