

Trabajo Fin de Grado

Ingeniería de la Energía

Estudio y diseño de una instalación solar térmica para producir agua caliente en el sector residencial

Autor: Daniel Martín López

Tutor: José Julio Guerra Macho

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

Sevilla, 2020



Trabajo Fin de Grado
Ingeniería de la Energía

Estudio y diseño de una instalación solar térmica para producir agua caliente en el sector residencial

Autor:

Daniel Martín López

Tutor:

José Julio Guerra Macho

Catedrático de Universidad

Dpto. Ingeniería Energética
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla
Sevilla, 2020

Trabajo Fin de Grado: Estudio y diseño de una instalación solar térmica para producir agua caliente en el sector residencial

Autor: Daniel Martín López

Tutor: José Julio Guerra Macho

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

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2020

El Secretario del Tribunal

A mi familia, que siempre me ha apoyado y permitido hacer lo que me gusta.

A mis amigos y compañeros del grado, que me han aportado todos en mayor o menor medida tanto social como intelectualmente.

A los profesores que han nutrido mi mente de conocimiento.

Resumen

El presente trabajo trata el estudio y diseño de una instalación solar térmica de baja temperatura de agua caliente sanitaria (ACS) para un edificio multiviviendas perteneciente a la urbanización Los Flamencos en Ayamonte. Este proyecto consta de cinco documentos básicos necesarios para definirlo en su integridad: memoria descriptiva, memoria de cálculo, pliego de condiciones técnicas, mediciones y presupuesto y planos. Para el diseño de la instalación se ha utilizado la herramienta de cálculo denominada CHEQ4, que permite facilitar la aplicación, cumplimiento y evaluación de la exigencia de contribución solar mínima dispuesta en la normativa aplicable, destacando el Código Técnico de la Edificación (CTE) y el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE). Además, se presentan unos anexos con las fichas técnicas de los componentes más importantes de la instalación.

Abstract

This paper deals with the study and design of a low-temperature solar thermal installation for domestic hot water (DHW) for a multi-dwelling building belonging to the urbanization named Los Flamencos, in Ayamonte. This project consists of five basic documents necessary to define it in its entirety: descriptive memory, calculation memory, technical specifications, measurements and budget and plans. For the design of the installation, the calculation tool called CHEQ4 has been used, which allows to facilitate the application, compliance and evaluation of the minimum solar contribution requirement established in the applicable regulations, highlighting the Technical Building Code (CTE) and the Regulation of Thermal Installations in Buildings (RITE). In addition, some annexes are presented with the technical sheets of the most important components of the installation.

Índice

Resumen	ix
Abstract	xi
Índice	xiii
Índice de Tablas	xvii
Índice de Figuras	xix
1 MEMORIA DESCRIPTIVA	1
1. OBJETO DEL PROYECTO	3
2. NORMATIVA APLICABLE	3
3. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO	3
4. ELEMENTOS DE LAS INSTALACIONES SOLARES	4
4.1. TIPOS DE INSTALACIONES SOLARES	4
4.2. COMPONENTES DE LAS INSTALACIONES SOLARES	6
5. METODOLOGÍA DE TRABAJO	10
6. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN	12
6.1. DESCRIPCIÓN GENERAL	12
6.2. DESCRIPCIÓN DE FUNCIONAMIENTO	12
6.3. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN	14
7. BIBLIOGRAFÍA	27
2 MEMORIA DE CÁLCULO	29
1. INTRODUCCIÓN	31
2. DATOS DE PARTIDA	31
2.1. CARACTERÍSTICAS DEL EDIFICIO	31
2.2. DATOS CLIMATOLÓGICOS	31
2.3. DATOS DE CONSUMO	32
3. CÁLCULO DE LA DEMANDA	33
4. DIMENSIONADO BÁSICO	35
4.1. SISTEMA DE CAPTACIÓN	35
4.2. VOLUMEN DE ACUMULACIÓN	37
4.3. NÚMERO DE CAPTADORES EN SERIE	39

5. DISPOSICIÓN DE CAPTADORES	40
6. DIMENSIONADO DEL RESTO DE COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN	41
6.1. SISTEMA HIDRÁULICO	41
6.2. SISTEMA DE EXPANSIÓN	47
6.3. CIRCUITO DE DISTRIBUCIÓN Y RETORNO	50
6.4. CÁLCULO DEL AISLAMIENTO TÉRMICO	51
6.5. SISTEMA DE REGULACIÓN Y CONTROL	52
6.6. SISTEMA ELÉCTRICO	52
6.6. VALVULERÍA Y ACCESORIOS	53
3 PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS	56
1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN	58
2. GENERALIDADES	58
3. REQUISITOS GENERALES	58
3.1. FLUIDO DE TRABAJO	58
3.2. PROTECCIÓN CONTRA HELADAS	59
3.3. SOBRECALENTAMIENTO	60
3.4. RESISTENCIA A PRESIÓN	61
3.5. PREVENCIÓN DE FLUJO INVERSO	61
3.6. PREVENCIÓN DE LA LEGIONELOSIS	61
4. NORMATIVA DE APLICACIÓN Y CONSULTA	61
4.1. NORMATIVA DE APLICACIÓN	61
4.2. NORMATIVA DE CONSULTA	62
5. COMPONENTES	63
5.1. GENERALIDADES	63
5.2. CAPTADORES SOLARES	63
5.3. ACUMULADORES	64
5.4. INTERCAMBIADOR DE CALOR	65
5.5. BOMBAS DE CIRCULACIÓN	66
5.6. TUBERÍAS	66
5.7. VÁLVULAS	67
5.8. VASOS DE EXPANSIÓN	68
5.9. AISLAMIENTOS	69
5.10. PURGA DE AIRE	69
5.11. SISTEMA DE LLENADO	70
5.12. SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL	70
5.13. EQUIPOS DE MEDIDA	71
6. CONDICIONES DE MONTAJE	72
6.1. GENERALIDADES	72
6.2. MONTAJE DE ESTRUCTURA SOPORTE Y CAPTADORES	74
6.3. MONTAJE DE ACUMULADOR	74
6.4. MONTAJE DE BOMBA	74
6.5. MONTAJE DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS	75
6.6. MONTAJE DE AISLAMIENTO	76
6.7. MONTAJE DE CONTADORES	76
6.8. PRUEBAS DE ESTANQUEIDAD DEL CIRCUITO PRIMARIO	77
7. PRUEBAS, PUESTA EN MARCHA Y RECEPCIÓN.	77
7.1. GENERALIDADES	77
7.2. PRUEBAS PARCIALES	78
7.3. PRUEBAS FINALES	79

7.4. AJUSTES DE EQUILIBRADO	79
7.5. PRUEBAS FUNCIONALES	80
7.6. RECEPCIÓN	82
8. REQUISITOS TÉCNICOS DEL CONTRATO DE MANTENIMIENTO	83
8.1. GENERALIDADES	83
8.2. PROGRAMA DE VIGILANCIA Y MANTENIMIENTO	83
9. GARANTÍAS	86
4 MEDICIONES Y PRESUPUESTO	88
1. SISTEMA DE CAPTACIÓN	90
2. SISTEMA DE ACUMULACIÓN	91
3. SISTEMA HIDRÁULICO	92
4. SISTEMA DE REGULACIÓN Y CONTROL Y ELÉCTRICO	98
5. PRESUPUESTO FINAL	100
5 PLANOS	102
6 ANEXOS	116
ANEXO A. CÁLCULOS DE CIRCUITOS HIDRÁULICO.	118
ANEXO B. CERTIFICADO ORIGINADO POR CHEQ4.	122
ANEXO C. FICHA TÉCNICA CAPTADOR SOLAR	128
ANEXO D. FICHA TÉCNICA ESTRUCTURA SOPORTE	136
ANEXO E. FICHA TÉCNICA VÁLVULAS DE EQUILIBRADO	143
ANEXO F. FICHA TÉCNICA INTERACUMULADOR	146
ANEXO G. FICHA TÉCNICA BOMBA	150
ANEXO H. FICHA TÉCNICA VASO DE EXPANSIÓN	153
ANEXO I. FICHA TÉCNICA SISTEMA DE LLENADO	155
ANEXO J. FICHA TÉCNICA REGULADOR SOLAR	156

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características generales del captador solar ADISOL BLUE 2.90 A.	19
Tabla 2. Características técnicas de los interacumuladores de la marca Lapesa.	24
Tabla 4. Datos climatológicos y geográficos de Ayamonte, Huelva.	31
Tabla 5. Datos climatológicos entre 1981 y 2010 en la estación meteorológica de Huelva, Ronda Este.	32
Tabla 6. Valores característicos de Ayamonte, Huelva.	32
Tabla 7. Características de cada portal.	33
Tabla 8. Demanda de ACS de cada instalación.	34
Tabla 9. Demanda de ACS en MJ.	34
Tabla 10. Resultados de las simulaciones variando el número de captadores en cada instalación.	35
Tabla 11. Resultados de las simulaciones variando el volumen en cada instalación.	37
Tabla 12. Dimensionado básico de la instalación.	38
Tabla 13. Resultados de las simulaciones variando el número de captadores en serie.	39
Tabla 14. Dimensionado básico de la instalación final.	40
Tabla 15. Diámetros nominales para cada tramo de la instalación con baterías de 4 captadores.	43
Tabla 16. Pérdidas de carga en tuberías y accesorios del circuito primario de cada instalación.	44
Tabla 17. Pérdidas de carga en el circuito primario de cada instalación.	45
Tabla 18. Equilibrado de cada ramal para cada instalación.	47
Tabla 19. Volumen en el circuito hidráulico de cada instalación.	48
Tabla 20. Volumen total en el circuito primario de cada instalación.	48
Tabla 21. Volumen de diseño de los vasos de expansión de cada instalación.	49
Tabla 22. Características del circuito de distribución y retorno.	50
Tabla 23. Espesores de aislamiento para cada instalación.	52
Tabla 24. Características eléctricas de los elementos de la instalación.	53
Tabla 25. Límite para la potencia eléctrica de la bomba.	66
Tabla 26. Operaciones del plan de vigilancia.	83
Tabla 27-A. Operaciones preventivas del sistema de captación.	84
Tabla 27-B. Operaciones preventivas del sistema de acumulación.	85
Tabla 27-C. Operaciones preventivas del sistema de intercambio.	85
Tabla 27-D. Operaciones preventivas del sistema hidráulico.	85
Tabla 27-E. Operaciones preventivas del sistema eléctrico y de control.	86
Tabla 28. Presupuesto final.	100
Tabla 29. Diámetros de cada tramo de la instalación 3.	118
Tabla 30. Valores de los coeficientes de pérdidas de los diferentes accesorios.	118
Tabla 31. Pérdida de carga por accesorios de cada tramo de las instalaciones.	120
Tabla 32. Pérdida de carga totales de cada tramo de las instalaciones.	121

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del edificio.	3
Figura 2. Vista en perspectiva del edificio de los Flamencos.	4
Figura 3. Tipologías de instalaciones solares.	5
Figura 4. Sección constructiva de un captador solar plano indicando sus componentes.	6
Figura 5. Pantallas del programa informático CHEQ4.	11
Figura 6. Esquema básico de una instalación solar.	13
Figura 7. Zona de captación del Esquema de Principio.	14
Figura 8. Sistema de expansión y grupo de bombeo del primario del Esquema de Principio.	15
Figura 9. Sistema de llenado del Esquema de Principio.	15
Figura 10. Interacumulador del Esquema de Principio.	16
Figura 11. Circuito de consumo del Esquema de Principio.	16
Figura 12. Estrategias de funcionamiento de la instalación del Esquema de Principio.	17
Figura 13. Esquema de principio.	18
Figura 14. Captador solar ADISOL BLUE 2.90 A	19
Figura 15. Curva de pérdida de carga del captador ADISOL BLUE 2.90 A.	20
Figura 16. Estructura soporte.	20
Figura 17. Válvula de equilibrado asociada con válvula de corte ADISOL.	22
Figura 18. Bomba Wilo-VeroLine-IPL.	22
Figura 19. Bombas Wilo-Helix V.	23
Figura 20. Interacumulador de la marca Lapesa de acero vitrificado con serpentines.	24
Figura 21. Vaso de expansión de la marca ADISOL.	25
Figura 22. Contador de calorías o de energía.	25
Figura 23. Sistemas de llenado de la marca Termicol.	26
Figura 24. Regulador A-SOL B.	26
Figura 25. Valores de ocupación y del factor de centralización.	33
Figura 26. Resultados de las simulaciones variando el número de captadores en cada instalación.	36
Figura 27. Resultados de las simulaciones variando el volumen en la instalación 1.	37
Figura 28. Resultados de las simulaciones variando el volumen en la instalación 2 y 3.	38
Figura 29. Resultados de las simulaciones variando el número de captadores en serie (instalación 1 y 2).	39
Figura 30. Resultados de las simulaciones variando el número de captadores en serie (instalación 3).	40
Figura 31. Distancia entre filas de captadores y con muros cercanos.	41
Figura 32. Ejemplo de codificación de tramos.	42
Figura 33. Parte de la cubierta de la instalación 1 con los tramos incluidos.	43
Figura 34. Curva de pérdida de carga del captador ADISOL BLUE 2.90 A.	44

Figura 35. Curva de pérdida de carga del interacumulador MVV-5000-SB.	45
Figura 36. Diagrama general Wilo-VeroLine-IP-Z.	46
Figura 37. Baterías de captadores conectados con ramal de ida invertido y con válvulas de equilibrado.	46
Figura 38. Modelos de vaso de expansión de marca ADISOL.	50
Figura 39. Curva característica de las bombas Wilo-Helix V 202-233.	50
Figura 40. Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios según el RITE.	51
Figura 41. Cuadro de conexiones del regulador solar A-SOL B.	52
Figura 42. Esquema y kit racores para baterías de hasta cinco captadores.	54
Figura 43. Composición del presupuesto.	100

1 MEMORIA DESCRIPTIVA

1. OBJETO DEL PROYECTO

El objeto del presente proyecto es el de realizar el dimensionado, descripción funcional y definición constructiva de una instalación de aprovechamiento de energía solar térmica de baja temperatura para suplir la necesidad de agua caliente sanitaria (ACS) en un edificio de viviendas multifamiliares situado en Isla Canela, situado en el municipio onubense de Ayamonte. Con esta solución se pretende reducir la utilización de energía de origen fósil convencional y el consecuente descenso de emisiones de CO₂.

En este opúsculo se dimensionarán tres instalaciones separadas que pertenecen al mismo edificio, pero similares en diseño y construcción. Se realizará mediante un conjunto de colectores solares planos e interacumuladores para cubrir las necesidades térmicas de dicha edificación.

Se prevé también el cumplimiento de algunas normativas como el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE) y el Código Técnico de la Edificación (CTE), este último modificado el anterior año.

2. NORMATIVA APLICABLE

- Código Técnico de la Edificación (CTE)
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE)
- UNE 100155-2004
- Instrucciones Técnicas Complementarias de Baja Tensión: ITC-BT-07, ITC-BT-11, ITC-BT-21, ITC-BT-47

3. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

El edificio es la urbanización de los Flamencos, y se encuentra en la localidad de Ayamonte, concretamente en la playa de Isla Canela, con longitud de 7°18' y latitud de 37°12'. Su ubicación exacta es entre la Avenida de los Cisnes, la calle de los Albatros y la calle de los Mochuelos.

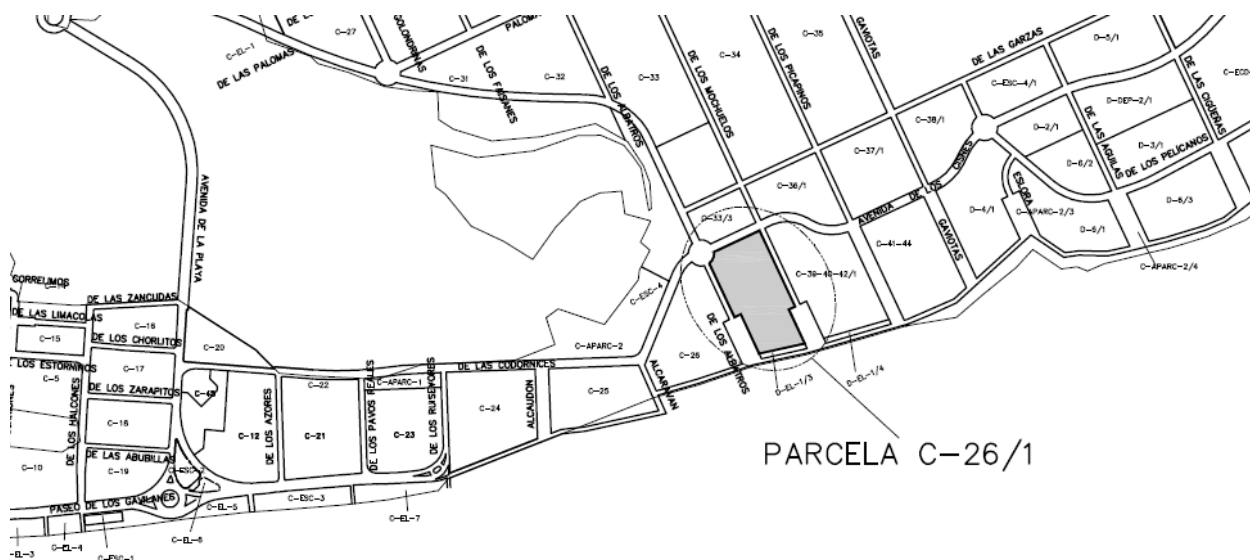


Figura 1. Localización del edificio.

Los Flamencos está compuesto por apartamentos de 1 a 3 dormitorios distribuidos en cuatro bloques de viviendas que constan de seis plantas, teniendo en cuenta el bajo y el ático, a excepción del portal 1, que es el que se encuentra más cercano a la playa, siendo de una planta menos para no crear una gran barrera arquitectónica. Cada vivienda posee un aparcamiento privado.

Además, este edificio dispone de grandes zonas comunes: zonas ajardinadas, piscina para adultos y para niños, una gran zona infantil y pistas de pádel y tenis.



Figura 2. Vista en perspectiva del edificio de los Flamencos.

La cubierta del edificio tiene un gran área disponible para la construcción de la instalación de ACS y se va a dividir entre los diferentes portales de viviendas. Como se puede observar en la Figura 2, existen tres grandes bloques en la cubierta que corresponden a las tres salas de máquinas, donde va a situarse el equipo de bombeo y el interacumulador.

El edificio posee una instalación convencional para la generación de agua caliente sanitaria conformada por un termo eléctrico para cada vivienda de 2000 kW de potencia eléctrica y un volumen de 80 litros que dispone de un termostato para regular la temperatura de consumo.

4. ELEMENTOS DE LAS INSTALACIONES SOLARES

4.1. TIPOS DE INSTALACIONES SOLARES

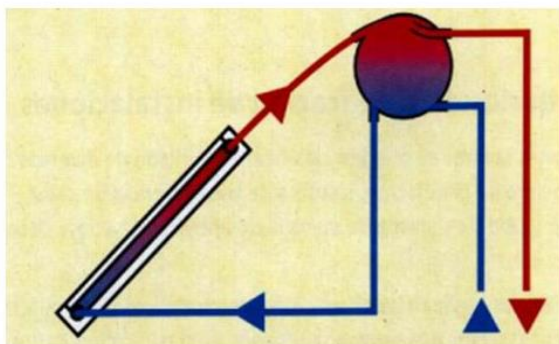
La finalidad de una instalación de energía solar es cubrir la demanda, en este caso de ACS, aprovechando la radiación del sol para transformarla en energía térmica que, posteriormente será utilizada en cualquier otro proceso o por un consumidor externo.

La tipología es muy diversa dependiendo del sistema de circulación, del sistema de intercambio, del sistema de expansión, del contenido de líquido, de la forma de acoplamiento y del sistema de energía auxiliar:

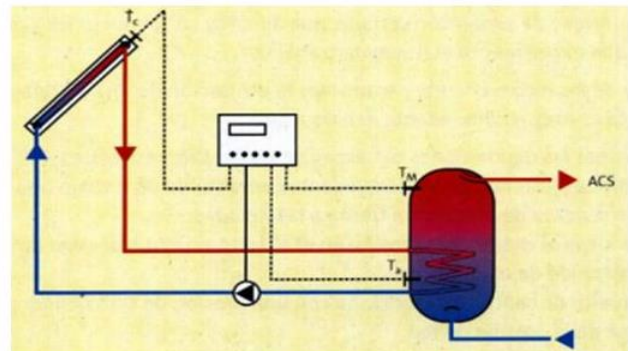
- El sistema de circulación por **termosifón** funciona por diferencia de densidades, el fluido caliente se establece en la zona más alta de la instalación y el frío en la más baja. Este tipo de instalación es más barato, pero más difícil de controlar que por **circulación forzada**, que lleva un elemento, la bomba, que origina el movimiento del fluido por el circuito hidráulico.
- El sistema de intercambio es **directo** cuando el fluido que circula por el campo de captadores es el mismo que el que llega al punto de consumo, mientras que en el **indirecto** se transfiere esa energía que se obtiene en los captadores al fluido de consumo a través de un intercambiador o

interacumulador.

- La expansión puede ser **abierta**, cuando el circuito está comunicado de forma permanente con la atmósfera, o **cerrada**, cuando no está en comunicación con el entorno. En el primer caso, el depósito de expansión debe situarse en el punto más alto de la instalación y deben tomarse precauciones para evitar la evaporación del fluido y la entrada de aire al circuito. Para los depósitos cerrados no hay tantas especificaciones, únicamente tener en cuenta que la membrana elástica debe resistir las condiciones extremas que puede sufrir y ser apta para trabajar con fluidos anticongelantes.
- En relación con el contenido de líquido, los circuitos primarios de las instalaciones solares pueden ser de dos tipos: **lleno** permanentemente del fluido caloportador y sin contener nada de aire o **con drenaje**, cuando el circuito está parcialmente lleno de agua y de aire, de forma que se puede vaciar de líquido y contener sólo aire, evitando la generación de vapor y la posible congelación.
- El campo de captadores, el acumulador y el resto de componentes pueden instalarse de forma **compacta**, todos los componentes se encuentran montados en una sola unidad lista para instalar aunque físicamente pueden estar diferenciados; **íntegra**, cuando dentro del mismo sistema se realizan las funciones de captación y acumulación de energía, es decir, constituyen un único componente y no es posible distinguirlos físicamente; o **partida**, cuando existe una separación física y distancia relevante entre el sistema de captación y el de acumulación.
- El sistema de energía auxiliar puede ser **instantáneo**, es decir, una caldera que aporte la energía necesaria cuando la instalación solar no pueda cubrir la demanda, o puede ser **en acumulador auxiliar**, es decir, cada punto de consumo contiene otro acumulador individual para el mismo efecto.



Instalación por termosifón directa



Instalación con circulación forzada

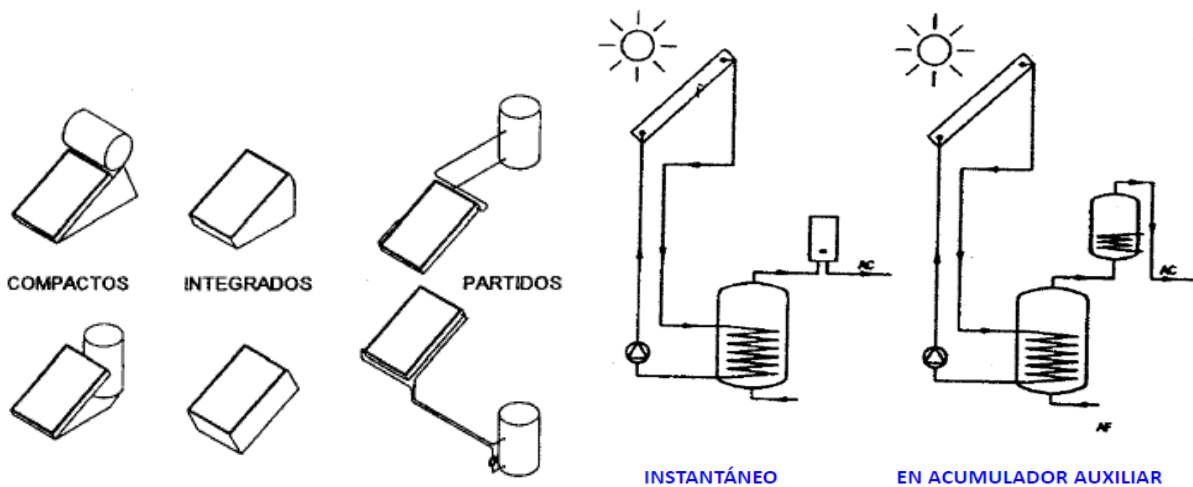


Figura 3. Tipologías de instalaciones solares.

4.2. COMPONENTES DE LAS INSTALACIONES SOLARES

4.2.1. Captadores solares

El captador solar térmico es el dispositivo que transforma la radiación solar en energía térmica que es transferida al fluido que circula por el circuito primario aumentando su temperatura. Además de producir calor de manera eficiente, el captador debe estar diseñado para soportar la continua exposición a los diferentes estados atmosféricos y resistir las temperaturas extremas que puede llegar a alcanzar.

Un captador solar debe maximizar la captación de radiación solar y minimizar las pérdidas térmicas con el exterior. Su funcionamiento está basado en el efecto invernadero.

Los más utilizados son los captadores solares planos, que se componen de:

- La **cubierta transparente**, normalmente de vidrio, reduce las pérdidas por radiación aumentando la temperatura del absorbedor, lo que produce un incremento en la longitud de onda de ese rayo radiante, el cual no puede salir porque la cubierta es opaca frente a esa radiación, esto es denominado efecto invernadero. Además, asegura la estanqueidad protegiendo a los componentes interiores de las condiciones exteriores y disminuyendo las pérdidas convectivas.
- El **absorbedor** es una placa plana, normalmente metálica, que se calienta al recibir la radiación del sol que ha atravesado la cubierta. El rendimiento del captador depende, en gran medida, del tipo y calidad de tratamiento superficial del absorbedor que puede ser, básicamente, selectivo o no selectivo, ocasionando, en el caso del tratamiento selectivo, una disminución importante de las pérdidas radiantes.
- El **circuito hidráulico** es por donde circula el fluido caloportador, y es imprescindible un buen contacto entre las tuberías del circuito y el absorbedor para facilitar la transferencia de energía. Los tipos de absorbedor más utilizados son los que tienen un circuito de tubos de cobre en forma de parrilla o serpentín.
- El **aislamiento** en la parte posterior y en los laterales reduce las pérdidas térmicas del absorbedor. Normalmente se utiliza lana de vidrio o lana mineral.
- La **carcasa** es la caja que contiene al resto de componentes, los protege del exterior y da rigidez al conjunto. La carcasa debe tener una elevada resistencia mecánica y un buen comportamiento frente a la corrosión y a las variaciones de temperaturas. Habitualmente se emplea aluminio, acero inoxidable, acero galvanizado o material plástico reforzado con fibra de vidrio.

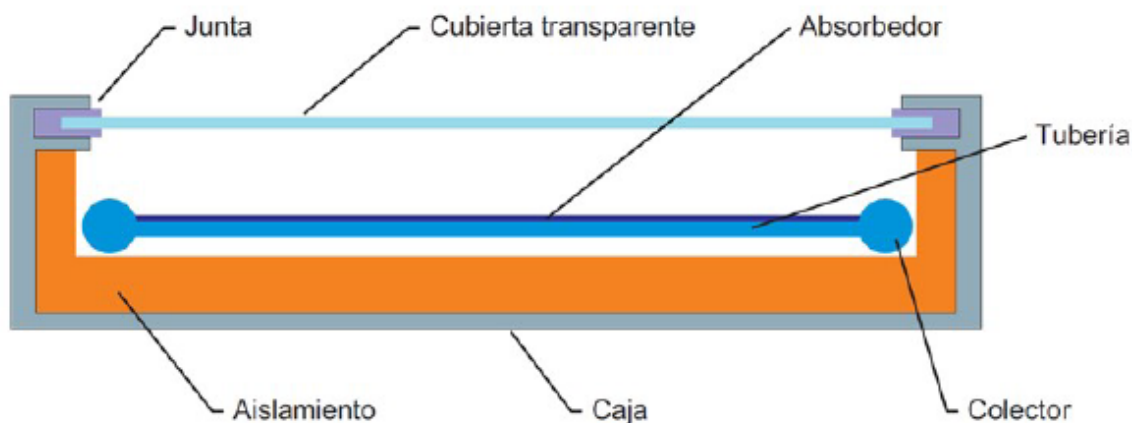


Figura 4. Sección constructiva de un captador solar plano indicando sus componentes.

Otro captador muy utilizado es el captador de tubos de vacío, que se compone de tubos encapsulados en un tubo de vidrio que actúa de cubierta y envolvente exterior donde se hace el vacío, reduciendo las pérdidas térmicas tanto en convección como en conducción.

Las ventajas de los captadores de tubo de vacío frente a los planos son una mejor eficiencia y mejor integración arquitectónica, mientras que, por otro lado, son más caros, su manipulación es más delicada y su vida útil es menor.

Existen más tipos de captadores menos empleados como captadores sin cubierta, captadores con doble cubierta, captadores planos de vacío, captadores híbridos...

4.2.2. Acumuladores solares

Los acumuladores pueden tener incorporados uno o más intercambiadores, llamándose, en ese caso, interacumuladores, y pueden ser de dos tipos: de ACS o de inercia.

Los acumuladores de agua caliente sanitaria deben de ser aptos para su uso con agua para consumo humano. Podrán ser de acero con recubrimiento interior vitrificado, de acero con protección interior mediante resinas epoxi o equivalente, de acero inoxidable o de cobre. Frente a la corrosión se utilizarán protecciones activas permanentes (protección catódica) o protecciones pasivas intercambiables (ánodo de sacrificio). Los acumuladores de más de 750 litros deben disponer de una boca de hombre con un diámetro mínimo de 400 mm, fácilmente accesible, que permita la inspección y limpieza adecuada del interior.

Los acumuladores de inercia pueden ser de acero negro con o sin protección interior, de acero inoxidable, o no metálicos pero, en este caso, además de soportar las condiciones extremas del circuito, deben resistir la acción combinada de presión y temperatura más desfavorable. Para su utilización en instalaciones de ACS necesitan un intercambiador que transfiera el calor acumulado al fluido de consumo.

Otros factores que diferencian a ambos tipos de acumulador son la presión máxima, 8 bar en los de ACS y seleccionable en los de inercia, y que el coste y mantenimiento es mucho mayor para los acumuladores de ACS respecto a los de inercia.

4.2.3. Intercambiadores de calor

Los intercambiadores pueden ser internos o externos al acumulador solar.

Los internos son, normalmente, de tipo serpentín construida con tuberías de cobre o acero inoxidable. Para intercambiadores pequeños también se utilizan de doble envolvente.

Los externos o independiente son habitualmente de placas dado su bajo coste y su pequeño tamaño en función a su superficie de transferencia de calor. Pueden ser de placas de cobre, de acero inoxidable o de titanio, bien desmontables o bien electrosoldadas. Cabe resaltar que, al estar en el exterior, deben poder soportar las condiciones adversas que puedan presentarse.

4.2.4. Bombas de circulación

En circuitos de agua caliente para usos sanitarios, los materiales de la bomba serán resistentes a la corrosión y a las incrustaciones calcáreas como bronce o acero inoxidable.

Para la circulación en el circuito primario se pueden utilizar bombas de rotor húmedo, especialmente prevista para instalaciones térmicas de pequeño tamaño, o de rotor seco, preferibles debido a que motor que mueve la bomba no es refrigerado con el fluido caloportador como ocurre en las de rotor húmedo, debido a las elevadas temperaturas esperables en el circuito primario.

Las bombas anteriores se utilizan normalmente para caudal constante. Las bombas electrónicas con variación de frecuencia permite ajustar las condiciones de funcionamiento en cada momento.

4.2.5. Tuberías

En el circuito primario pueden utilizarse tuberías de cobre, de acero negro o de acero inoxidable compatible con el fluido que se utiliza y que soporten las condiciones extremas de funcionamiento según la ubicación.

Las tuberías de cobre serán tubos estirados en frío y sus uniones serán realizadas por accesorios a presión que soporten las condiciones extremas en forma de vapor o mediante soldadura por capilaridad que se realizará mediante soldadura fuerte.

En cuanto al uso de acero negro por el circuito primario es necesario tener en cuenta la hermeticidad que tiene con el absorbedor de cobre, ya que el aporte de oxígeno provocará la oxidación del circuito donde se haya utilizado acero y se pueden producir oxidaciones en el acero debido al par galvánico entre materiales de diferente electronegatividad si los tubos no están protegidos exteriormente.

En los circuitos de agua caliente sanitaria (secundario y de consumo) podrá utilizarse cobre, acero inoxidable y materiales plásticos aptos para uso sanitario que estén autorizados por la normativa vigente.

4.2.6. Vasos de expansión

Los vasos de expansión deben ser cerrados, es decir, que cuando la dilatación del fluido que recorre el circuito sea absorbida provocará la deformidad de la membrana elástica, disminuyendo el volumen de aire que existe dentro del depósito y aumentando su presión.

Los vasos de expansión utilizados en el circuito primario deberían de tener una temperatura máxima superior a los 100 °C y habrá que tomar las medidas necesarias para que la temperatura que alcance el fluido en su interior no sean mayores que la máxima: situar el vaso de expansión en la zona más fría del circuito, haciendo uso de un dissipador de calor o incorporar un vaso tampón junto a un ramal sin aislamiento para evacuar el máximo calor posible.

Hay que tener en cuenta también que la membrana elástica es el elemento menos resistente del vaso, por lo que debe ser capaz de resistir las condiciones extremas que puede sufrir y ser apta para trabajar con fluidos anticongelantes.

En circuitos de consumo también puede necesitarse un vaso de expansión que absorba las dilataciones del agua caliente y evite el accionamiento de las válvulas de seguridad, para lo cual es necesario que sean aptos para su uso con agua sanitaria.

4.2.7. Válvulas y accesorios hidráulicos

Los principales accesorios y válvulas utilizadas en las instalaciones de energía solar térmica son:

- **Válvulas de corte.** Normalmente se utilizan válvulas de esfera o de bola, y se emplean para abrir o cerrar el paso de fluidos a través de una tubería o un equipo, lo que permite independizar componentes aislándolos del resto del circuito, o también para realizar vaciados. Es imprescindible tener en cuenta las temperaturas máximas de operación de las válvulas.
- **Válvulas de seguridad.** Son válvulas de resorte que, en caso de sobrepresión, el muelle que contiene cede y expulsa fluido de trabajo al exterior del circuito y evita presiones más elevadas. Es imprescindible, de nuevo, atender a las temperaturas máximas que soportan este tipo de válvulas debido a que, en ocasiones, incorporan componentes de plástico que pueden dañarse en caso de sobrecalentamiento y provocar fugas o goteos en el futuro.
- **Válvulas antirretorno.** Impiden el paso de fluido en un sentido y permite la circulación en otro. Suelen ser de clapeta, muelle o de disco. Es importante que no genere elevadas pérdidas de carga en el circuito y tener en cuenta las temperaturas máximas que soportan para su correcto funcionamiento en este tipo de instalaciones.
- **Válvulas de regulación de caudal o equilibrado.** Se utilizan para controlar y regular caudales con el fin de equilibrar hidráulicamente los circuitos. Las válvulas de equilibrado generan una pérdida de carga adicional en el circuito para que todos los lazos tengan el caudal previsto.

- **Válvulas de presión diferencial.** Son válvulas que mantienen constante la diferencia de presiones entre dos puntos del circuito y se utilizan en sistemas de caudal variable para limitar el incremento de presión diferencial.
- **Válvula de tres vías.** Pueden ser todo o nada, donde la entrada se realiza por una u otra vía, o mezcladoras, en la que se mezclan el agua caliente de la acumulación con el agua fría de la red para regular la temperatura del agua que alimenta a los puntos de consumo a través del circuito de distribución.
- **Válvulas de llenado automático.** Sirve para reponer circuitos cerrados, como el circuito primario, y mantener la presión mínima cuando se han producido pérdidas de fluido. No deben utilizarse en caso de circuitos con mezcla de anticongelante.
- **Equipos de medida.** Además de los elementos de medida electrónicos que las instalaciones puedan disponer integrados en el sistema de control, la instalación debería tener los equipos de medida necesarios para visualizar directamente los principales parámetros funcionales como termómetros, manómetros, caudalímetros y contadores de energía.
- **Purgadores y separadores de aire.** El purgador se encarga de la expulsión de gases acumulados en determinadas zonas de la instalación debido a la presencia de bolsas de aire en el circuito. Los separadores de aire se colocan en el punto más elevado de la instalación y se usan para asegurar que el aire disuelto en el fluido es evacuado hacia el exterior por el purgador.
- **Filtros.** Toda instalación que se abastezca con agua de red deberá tener un filtro que impida que entren impurezas en el circuito y pueda dañar los equipos y corroer las canalizaciones metálicas y será instalado a continuación de la llave general de corte. El filtro debe ser de tipo Y con un umbral de filtrado comprendido entre 25 y 50 μm , con malla de acero inoxidable y baño de plata, para evitar la formación de bacterias y autolimpiable. La situación del filtro debe ser tal que permita realizar adecuadamente las labores de limpieza y mantenimiento sin necesidad de un corte de suministro.

4.2.8. Sistemas de llenado y vaciado

Cualquier circuito de una instalación ha de incorporar un sistema de llenado que permita la entrada del fluido de trabajo y mantener presurizado el circuito en caso de que se produzcan fugas del fluido. El sistema de llenado de una instalación puede ser manual o automático. Para facilitar la salida al exterior del posible aire acumulado se recomienda realizar el llenado del circuito por la parte inferior del mismo.

Para facilitar el vaciado total o parcial de una instalación solar normalmente se instalan en los puntos más bajos tuberías de drenaje a través de las cuales se puede realizar el vaciado mediante la apertura de una válvula de corte colocada en esa tubería.

4.2.9. Sistema de regulación y control

Para el correcto funcionamiento de la instalación es necesario un sistema de regulación y control de la misma, que se encarga de maximizar el rendimiento de la instalación solar, así como de protegerla de posibles averías producidas por sobrecalentamiento, congelación, pérdidas de presión, etc. Para ellos, el control debe medir una serie de parámetros mediante sondas de temperatura, presión, caudal, etc., que le permitan actuar sobre los diferentes elementos de la instalación, tales como bombas, válvulas automáticas, etc.

4.2.10. Sistema eléctrico

La instalación eléctrica debe dar servicio a todos los elementos del sistema que lo necesiten, es decir, válvulas motorizadas, bombas de circulación y de retorno, centralita de control, termostatos diferenciales y las protecciones catódicas.

Todos los elementos que necesiten la energía eléctrica para su funcionamiento dispondrán de una línea de alimentación debidamente dimensionada y protegida, con sus correspondientes protecciones magnetotérmicas

y diferenciales que se situarán en el cuadro eléctrico correspondiente.

5. METODOLOGÍA DE TRABAJO

La metodología que se va a seguir para dimensionar la instalación de agua caliente sanitaria será la siguiente:

1. Obtener datos de proyecto: ubicación, aplicación, datos de consumo
2. Calcular la demanda de ACS
3. Calcular para diferentes números de captadores el porcentaje de demanda cubierta (f) teniendo en cuenta el mínimo que exige el CTE, manteniendo constante el número de captadores en serie y la relación volumen de acumulación-superficie de captación, y escoger un valor que supere ese mínimo, obteniendo el área de captación final.
4. Calcular para diferentes volúmenes de acumulación el porcentaje de demanda cubierta (f) teniendo en cuenta el mínimo que exige el CTE, manteniendo constante el número de captadores en serie y empleando el número de captadores que se ha obtenido, y escoger un valor que supere ese mínimo, obteniendo el volumen de acumulación final.
5. Determinar el número de captadores en serie necesario para que el porcentaje de demanda cubierta (f) sea mayor que el mínimo exigido.
6. Dimensionar el resto de elementos de la instalación; intercambiador de calor, red de tuberías, bombas de circulación, aislamiento, vaso de expansión, sistema auxiliar, elementos de control, accesorios, etc

Para el paso 1 y el paso 2 se va a partir tanto de los planos del edificio como de la descripción constructiva de este y para calcular el punto 3, 4 y 5 de esta metodología se va a hacer uso de un programa informático denominado CHEQ4, que facilita la aplicación, cumplimiento y evaluación de la sección HE4 incluida en la exigencia básica HE Ahorro de energía del CTE.

CHEQ4 es una herramienta basada en correlaciones entre números adimensionales que permiten trabajar en una base de tiempo mensual (un día representativo en cada mes) y con el que se puede definir una amplia variedad de instalaciones solares introduciendo un mínimo de parámetros del proyecto, asociados a cada configuración del sistema, y de esta manera, obtener la cobertura solar que ese sistema proporciona sobre la demanda de energía para ACS y piscina del edificio. En función de los datos introducidos el programa validará el cumplimiento de la contribución solar mínima definida por la exigencia HE4 permitiendo, a su vez, generar un informe justificativo de los resultados obtenidos de forma rápida y sencilla.

En la Figura 5 se pueden observar el conjunto de pantallas que genera el programa y que, a continuación, van a ser desarrolladas para explicar su funcionamiento. La versión con la que se ha trabajado con CHEQ4 es la 2.0.1, con la metodología de cálculo de Metasol y la base de datos actualizada al 4 de agosto de 2020.

La primera pestaña corresponde a la **Localización**, donde se definen los parámetros ambientales y climatológicos del sistema en función de los datos de provincia, municipio y altura absoluta de la instalación, la cual es la altura del municipio con respecto al nivel del mar sumada a la altitud relativa de la instalación.

El programa mostrará en una tabla los datos de la irradiación global media mensual sobre la horizontal (según Atlas de Radiación Solar en España de la AEMET), de la temperatura diaria media mensual del agua de red (según UNE 94002) y de la temperatura ambiente diaria media mensual (según UNE 94003).

La pantalla de **Configuración** permite seleccionar el tipo de instalación que más se ajuste al sistema que se desea validar según sea para consumo único o consumo múltiple, y, dentro de estos, existe una tipología de sistemas con los que trabajar.

En la pestaña **Demanda** hay que especificar la demanda total de agua caliente sanitaria del edificio. Si el consumo es único, solamente se necesita seleccionar el tipo de aplicación y el número de personas de dicha aplicación, en cambio, si el consumo es múltiple, se debe detallar el número de viviendas y dormitorios. Para este último caso, se podrá precisar el porcentaje de ocupación estacional mensual de la instalación. También deben especificarse si existieran otras demandas diarias que no se hayan podido incluir en ninguno de los apartados anteriores.

Llegados a este punto, CHEQ4 ya es capaz de determinar automáticamente cuál ha de ser el requerimiento de contribución solar mínima exigida por el HE4.

La cuarta pantalla es **Solar/Apoyo**, donde se deben especificar todos aquellos parámetros que son comunes a cualquier tipo de instalación como es el caso del captador solar, del que CHEQ4 dispone una extensa base de datos con la mayoría de captadores homologados que actualmente existen en el mercado. Únicamente hay que seleccionar una marca y modelo y automáticamente se mostrarán los principales datos correspondientes al captador.

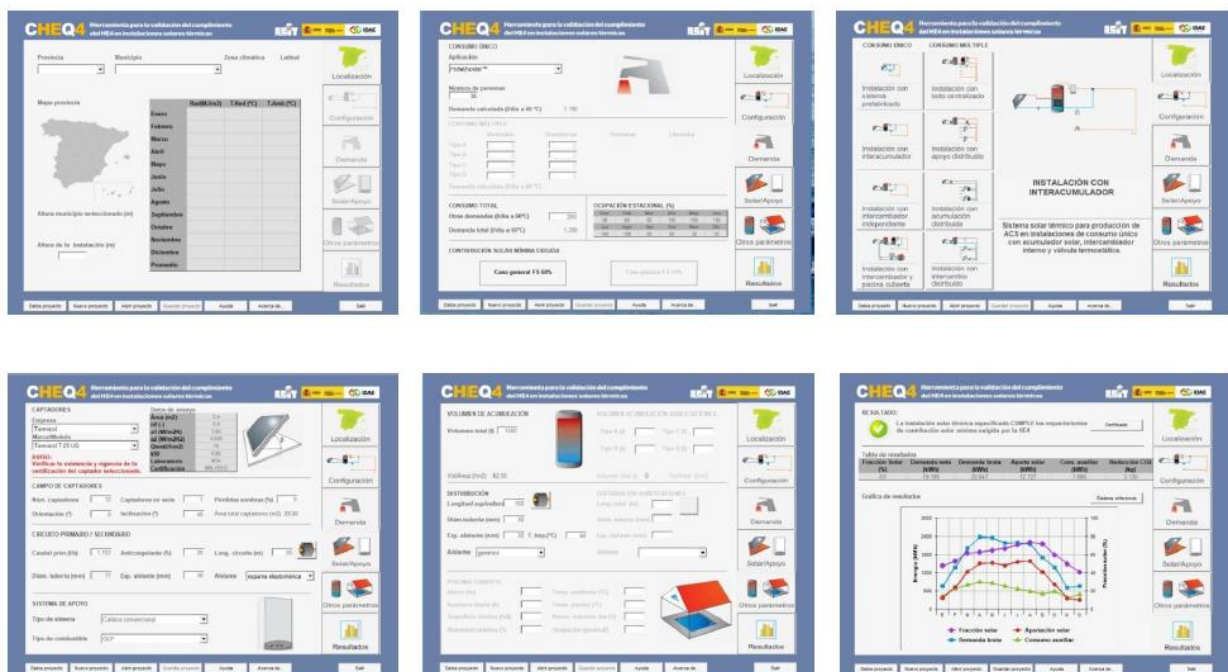


Figura 5. Pantallas del programa informático CHEQ4.

En cuanto al campo de captadores, se debe precisar el número de unidades de captador que se han proyectado para la instalación solar térmica, el número de captadores en serie, las pérdidas por sombreado en porcentaje, la orientación, inclinación y área total de captación del campo solar.

Para el circuito primario y secundario, se debe especificar el caudal de campo, que el programa automáticamente selecciona en función del caudal de ensayo y el número de captadores de la instalación, pero que se puede modificar dentro de un rango establecido por el fabricante. Además, la cantidad de anticongelante en porcentaje, la longitud, o longitud equivalente si el diámetro varía, del circuito, el espesor de aislamiento y el tipo de aislante utilizado deben ser especificados.

Por último, el sistema de apoyo se debe seleccionar también en esta pantalla junto con su tipo de combustible.

La quinta pestaña es **Otros parámetros** que son propios de cada configuración, como es el volumen de acumulación, que puede ser individual o múltiple, o la piscina cubierta en el caso que estuviese en el proyecto.

El apartado de distribución agrupa todas las tuberías situadas a partir de la sala de máquinas y distribuyen el agua caliente sanitaria hasta el punto de consumo y, en su caso, recirculan. En el caso de consumo múltiple se considerará que el circuito de distribución corresponderá a la general de distribución sin incluir las derivaciones individuales a viviendas. Para definirlo es necesario especificar la longitud total o equivalente de las tuberías (impulsión y retorno en su caso), el diámetro interior de la tubería y el tipo de aislante y su espesor.

La distribución por subestaciones agrupa a todas las tuberías situadas entre el ramal de distribución general y las derivaciones a las diferentes viviendas. Para definirlo es necesario detallar la longitud total o equivalente de las tuberías (impulso y retorno), el diámetro interior y el tipo de aislante y su espesor.

Por último, la pantalla de **Resultados** muestra de forma visual y numérica los resultados de la simulación de la instalación. En el apartado *Tabla de resultados* se muestran los valores anuales de la fracción solar, la demanda neta y bruta, la aportación solar al sistema, el consumo de energía auxiliar y la reducción de emisiones de CO₂ y además se muestran gráficamente los valores mensuales de fracción solar, demanda bruta, aportación solar y consumo auxiliar.

Para poder conocer rápidamente si el sistema especificado cumple o no los requerimientos de contribución solar mínima exigida por el HE4 existe un indicador arriba a la izquierda, y junto a él la opción de generar el certificado donde se especifican todos los datos del proyecto y los resultados obtenidos.

6. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

6.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

Se proyectan tres instalaciones centralizadas para dar servicio al precalentamiento del agua caliente sanitaria del edificio, de las cuales una será para el portal 1 y 2 (instalación 1) y las otras dos para el portal 3 y 4 (instalación 2 y 3, respectivamente).

Cada sistema de captación solar térmica consta de un circuito primario desde el campo de captadores hasta el acumulador solar, que a través de un serpentín interno cede la energía al agua del circuito secundario. Una vez precalentada por el sistema de captación solar, este agua acumulada es distribuida a los puntos de consumo o, en caso de no alcanzar la temperatura de consigna de acumulación, es calentada por un sistema auxiliar de energía (termo eléctrico).

En el edificio se dispone de tres cuartos de instalaciones en la planta cubierta, donde se ubicarán los sistemas de expansión, grupos de bombeo y depósitos interacumuladores. La cubierta del edificio es plana, por lo que se optará por la instalación de los captadores de tipo plano, alineados a la fachada y con una inclinación adecuada (inclinación de 35 °C).

6.2. DESCRIPCIÓN DE FUNCIONAMIENTO

La instalación de captadores solares térmicos para el abastecimiento de agua caliente sanitaria está formada por 5 sistemas básicos y 2 de interconexión. Los básicos son: sistema de captación, sistema de intercambio, sistema de acumulación, sistema de apoyo y sistema de consumo. Los sistemas de intercambio son el sistema hidráulico y el sistema de control.

- El sistema de captación, compuesto por la batería de captadores, tiene la misión de transformar la energía que llega en forma de radiación solar en energía térmica que aumenta la energía de un fluido de trabajo que circula por el circuito primario.
- El sistema de intercambio tiene el objetivo de transferir el calor entre los diferentes circuitos. El intercambiador puede estar fuera del acumulador, como en el caso de la Figura 6, o puede incorporarse en su interior, como es el caso del proyecto.

- El sistema de acumulación, compuesto por un acumulador, tiene la misión de almacenar la energía solar captada para poder suministrarla posteriormente cuando existe demanda, pues existe un desfase entre la radiación solar y el consumo de ACS.
- El sistema de energía apoyo que, en el caso de que la demanda no sea cubierta completamente por la instalación solar, se continúe suministrando ACS a los puntos de consumo. Se utilizarán termos eléctricos individuales para cubrir toda la demanda, además de funcionar como sistema de almacenamiento convencional.
- El sistema de consumo, constituido por la grifería y aparatos sanitarios que se utilizan para proporcionar el servicio de agua caliente sanitaria.
- El sistema hidráulico está formado por el conjunto de tuberías con sus correspondientes aislamientos, bombas de circulación, vaso de expansión, dispositivos de vaciado, purgadores, válvulas y accesorios cuya misión es que circule el fluido por todo el circuito. Se pueden distinguir 3 tipos de circuitos:
 - Primario o solar, que transporta la energía térmica producida en campo de captadores.
 - Secundario, circuito de agua que realiza el calentamiento del sistema de acumulación.
 - De consumo, que comprende desde la salida del acumulador solar hasta el punto de consumo de los usuarios, conteniendo la distribución y recirculación del ACS.

La recirculación se emplea para tener una mayor calidad de servicio, es decir, para que a los puntos de consumo se le suministre agua caliente en el momento en que la demanden, sin tener que esperar demasiado, para lo que se hace circular el agua por las tuberías, lo que implica que el circuito es cerrado y retorna al acumulador.

- El sistema de sensorización y control se asegurará de que las temperaturas que se alcancen no superen los límites de los materiales del circuito ni descendan a temperaturas tres grados por encima de la de congelación del fluido. También se encargará de la puesta en marcha y parada de las bombas, las actuaciones de las válvulas de tres vías y cualquier otra acción electromecánica que se requiera.

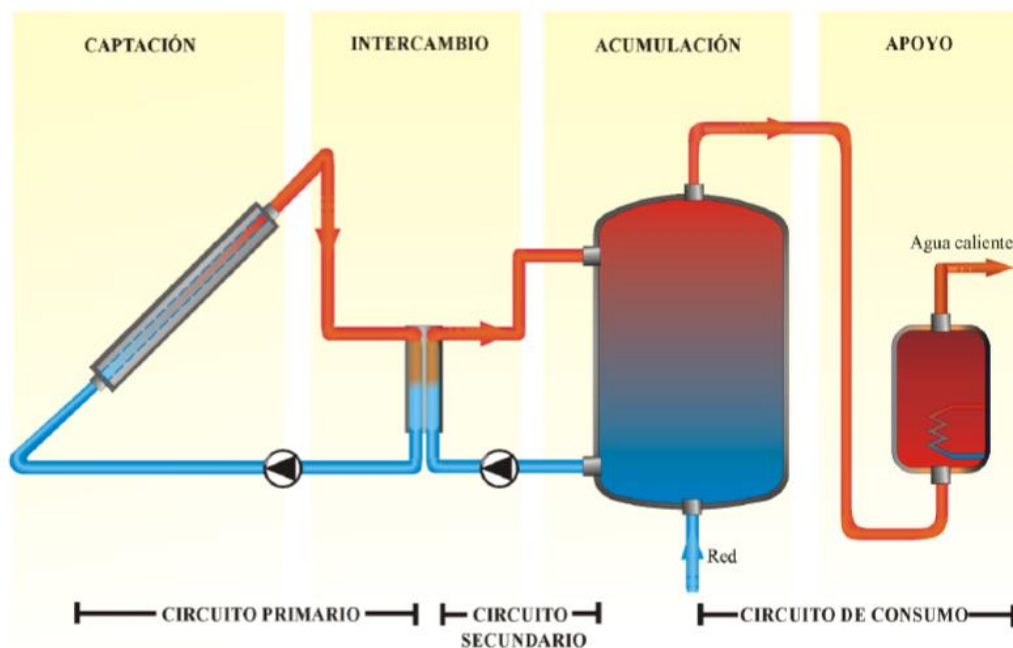


Figura 6. Esquema básico de una instalación solar.

El funcionamiento de todo el conjunto tiene la finalidad de aumentar la energía del fluido que circula a través de los captadores y de transportarlo hasta el acumulador para realizar el intercambio de energía con el fluido del circuito secundario.

El diseño de la instalación solar se basa en un sistema lleno, indirecto y forzado, por lo que el sistema de expansión es cerrado, con un sistema auxiliar basado en una caldera eléctrica.

6.3. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

A continuación, se describirá la instalación, que se dispondrá en la cubierta del edificio, comenzando por la explicación del esquema de principio y finalizando mediante la definición de los componentes que formarán parte de la instalación.

6.3.1. Esquema de principio

En el esquema de principio que se presenta en el anexo se han recogido todos los elementos de la instalación solar y su interconexión de manera gráfica permitiendo entender completamente la función de cada uno de ellos y el funcionamiento de la instalación completa.

- **Circuito primario:** se puede separar en varias partes distinguiendo entre la zona de captación, el grupo de bombeo, el sistema de expansión y el sistema de llenado.

En la **zona de captación** se encuentran las captadores solares distribuidas en baterías aisladas cada una del resto del circuito mediante válvulas de corte a la entrada y la salida permitiendo poder llevar a cabo las operaciones de mantenimiento necesarias sin necesidad de realizar el vaciado y sin que la instalación deje de funcionar.

Se instalarán, además, una válvula de seguridad con dispositivo de vaciado a la entrada de cada batería con el fin de que no se produzcan roturas de los captadores por sobrepresión, expulsando fluido al exterior. A la salida de estas se instalarán purgadores automáticos con válvula de corte, que posibilitan el vaciado de ese lazo para acciones de mantenimiento o protección de los captadores, y una sonda de temperatura en un lazo que será representativo de toda la instalación para su correcta regulación.

Como elemento último de esta zona hay que comentar la disposición de válvulas de equilibrado en los lazos que sea necesario para equilibrar el circuito hidráulico teniendo en cuenta las pérdidas de carga de cada tramo.

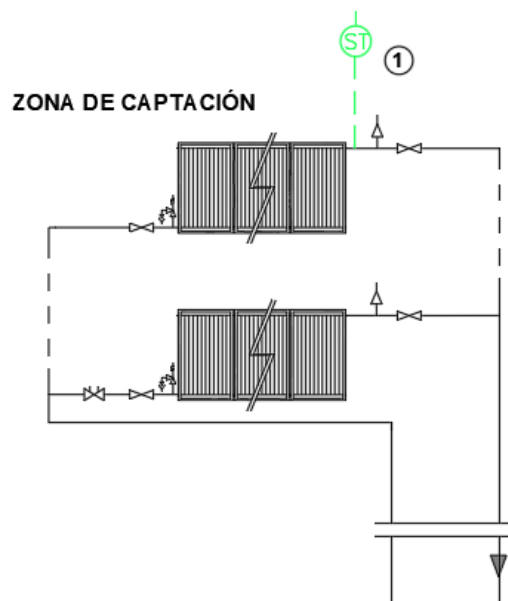


Figura 7. Zona de captación del Esquema de Principio.

El **sistema de expansión** del circuito primario se instalará en una zona fría del circuito para no dañar su membrana con temperaturas que no puede soportar y, junto a él, una válvula de seguridad tarada a una presión ligeramente mayor que la máxima de funcionamiento junto a un dispositivo de vaciado. Además, se instalará un manómetro para controlar visualmente la presión en ese lugar clave del circuito.

En el **grupo de bombeo** del primario se instalarán dos bombas en paralelo, con sus respectivos accesorios, con una de ellas en reserva en caso de avería o mantenimiento. Cada lazo consta de dos válvulas de corte a la entrada y la salida, una válvula antirretorno para evitar flujos inversos y un termómetro para indicar la temperatura a la entrada del campo solar. En paralelo a las bombas de cada ramal se instalará un manómetro para la lectura de la diferencia de presión entre la aspiración y descarga, a la entrada un filtro que asegure que no entre ninguna partícula que haya soltado el circuito que pueda dañarla y un caudalímetro a la salida para visualizar el caudal que circula por el circuito.

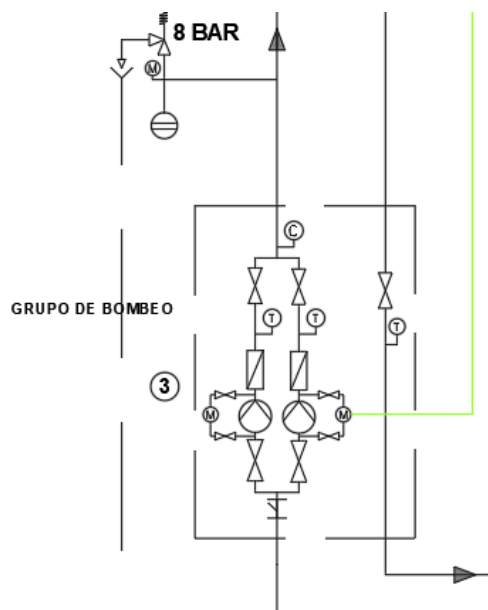


Figura 8. Sistema de expansión y grupo de bombeo del primario del Esquema de Principio.

El **sistema de llenado** no estará en contacto directo con la alimentación de agua de red para evitar pérdidas de líquido. Se necesitará una bomba, un filtro que impida que la bomba se pueda atascar por efecto de impurezas y una valvulería con llaves de corte y válvulas antirretorno, como se distingue en la Figura 9, para su correcto funcionamiento.

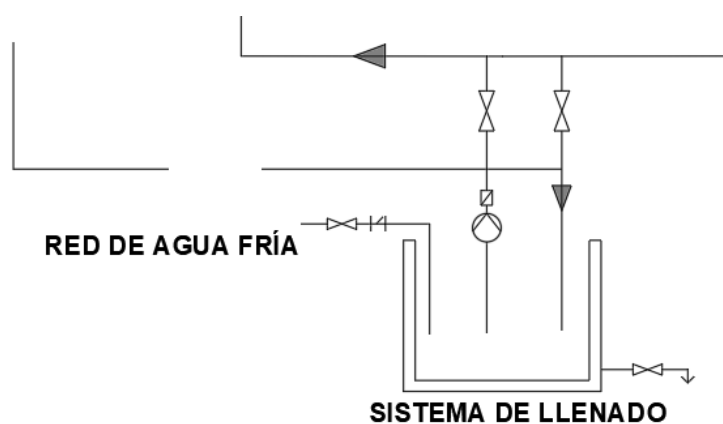


Figura 9. Sistema de llenado del Esquema de Principio.

- **Interacumulador:** se instalará un interacumulador que estará aislado por todas sus tubuladuras de entrada y salida mediante válvulas de corte.

La **alimentación** del interacumulador contiene una válvula antirretorno que impida flujos hacia la red, un filtro, un caudalímetro y una sonda de temperatura que, junto a la sonda situada en la salida del agua caliente y a una unidad digital electrónica con display, permitirá medir la energía térmica entregada por la instalación solar a partir de los valores de caudal y diferencial de temperaturas. Este contador de calorías estará instalado en la alimentación para evitar que se dañe a causa de unas temperaturas demasiado elevadas.

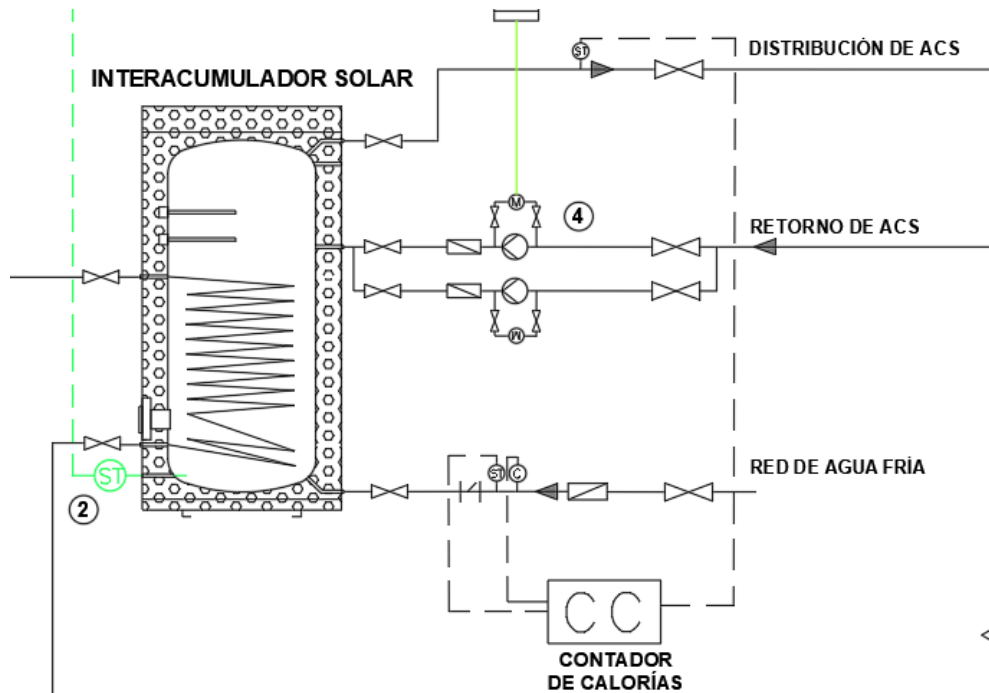


Figura 10. Interacumulador del Esquema de Principio.

En el **retorno** se instalará dos bombas con sus válvula antirretorno y su manómetro correspondiente, aisladas mediante válvulas de corte. Se va a optar por la recirculación para que no se enfríe el agua que circula por las montantes.

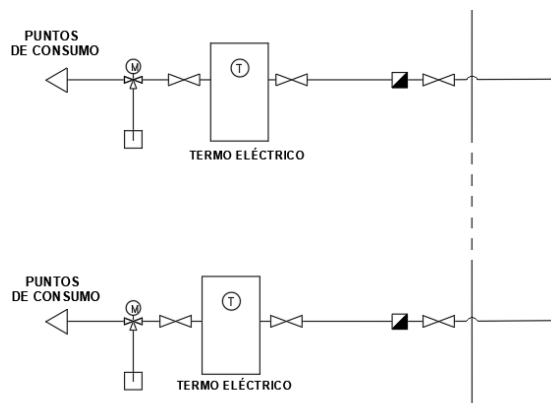


Figura 11. Circuito de consumo del Esquema de Principio.

- **Circuito de consumo:** los circuitos de distribución, de recirculación y de agua de red estarán aislados de la instalación mediante válvulas de corte.

Cada derivación a vivienda cuenta con una válvula de corte y un contador volumétrico, ya instalado inicialmente, para contabilizar el consumo individual, un termo eléctrico que permita la continuidad de abastecimiento en el caso de que no sea suficiente la aportación solar aislado con las respectivas válvulas de corte y los puntos de consumo con posibilidad de grifos mezcladores.

- La **regulación y control** de la instalación es el último elemento a exponer. El control de funcionamiento de las bombas que se va a implementar será de tipo diferencial, es decir, el punto de ajuste se representa como la diferencia deseada entre dos variables del sistema. Por tanto, existirán estrategias de funcionamiento que se llevarán a cabo para la buena operatividad de la instalación, las cuales serán fundamentadas y explicadas a continuación:
 - Para que se asegure un aporte efectivo al interacumulador por parte de los captadores es necesario emplear la estrategia de **funcionamiento general**, pues no es eficiente hacer circular el fluido caloportador a través de las tuberías para que el intercambio no sea significativo, por lo que si esa diferencia de temperaturas es baja la bomba del primario se parará. El funcionamiento general consiste en que la bomba de circulación funciona cuando la diferencia de temperaturas entre la sonda que se encuentra a la salida de una batería de captadores representativa de lo que ocurre en el resto de ellas (ST 1) y el sensor que se sitúa en la zona inferior del interacumulador (ST 2) es mayor de 7 °C, y se parará cuando esa diferencia sea menor que 2 °C.
 - Además, será necesario una estrategia para proteger al fluido frente a heladas. Debido a que los días en los que se puede producir este fenómeno es baja, la opción de utilizar líquido anticongelante se ha desestimado, pues el rendimiento de la instalación desciende considerablemente. Por tanto, para la **protección contra heladas** se decide poner en marcha la bomba cuando la temperatura del agua esté cercana a su temperatura de congelación, se ha designado una temperatura mínima de 3 °C, y se para cuando ST 1 marque 6 °C.

ESTRATEGIAS DE FUNCIONAMIENTO			BOMBA DE CIRCULACIÓN
	FUNCIÓN	CONDICIONES	③
PRODUCCIÓN ACS	FUNCIONAMIENTO GENERAL	ST 1 > ST 2 + 7 °C	ON
		ST 1 < ST 2 + 2 °C	OFF
	PROTECCIÓN CONTRA HELADAS	ST 1 < 3 °C	ON
		ST 1 > 6 °C	OFF

Figura 12. Estrategias de funcionamiento de la instalación del Esquema de Principio.

En todos los casos existe una diferencia de entre 3 y 5 grados para que la correspondiente bomba cambie su modo de funcionamiento (marcha/paro), que se aplica para evitar que las bombas arranquen y paren continuamente, alargando la vida útil del equipo.

Hay que añadir, además, que las bombas de retorno se controlan a través de un reloj que temporiza las horas de funcionamiento de estas, pudiéndose alterar manualmente en función del consumo y las horas de sol.

Estas estrategias se desarrollan en una centralita o regulador solar a través de señales de sondas de temperatura y se aplican a través de los actuadores de las bombas.

Por último, para proteger a los captadores solares y sus accesorios se optará por la estrategia de recubrimiento parcial de captadores, pues únicamente en dos meses de verano se acerca la fracción solar al 100 %, siendo posible alcanzar puntualmente temperaturas cercanas a la de estancamiento.

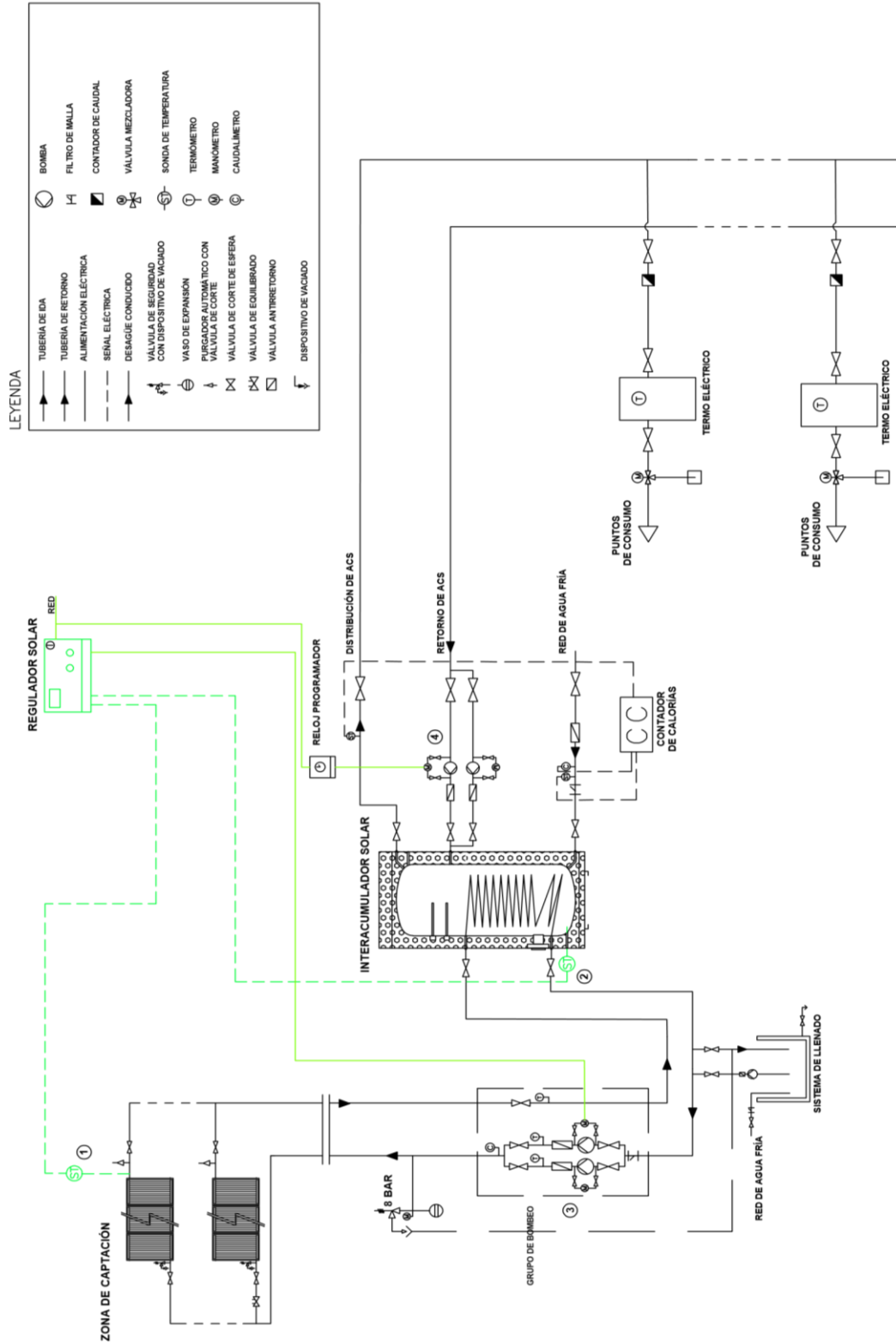


Figura 13. Esquema de principio.

6.3.2. Ubicación de los componentes

Los equipos interacumuladores y equipos de circulación se ubicarán en los cuartos, denominados salas de máquinas, que se encuentran en la cubierta de los portales 2, 3 y 4, cubiertas en las que se instalarán el conjunto de captadores solares con su circuito hidráulico correspondiente.

6.3.3. Captador solar

Se ha seleccionado el captador de tipo plano de la gama de modelos ADISOL, pertenecientes a la empresa ADISA, instalándose un total de 76 captadores solares entre las tres instalaciones.

El modelo escogido ha sido ADISOL BLUE 2.90 A, que contiene un absorbedor tipo parrilla de aluminio, soldado por láser a tubos de cobre, al que se le ha realizado un tratamiento selectivo mediante una oxidación metálica de la superficie.

La cubierta es de vidrio templado solar de 4 mm de espesor, la carcasa con perfil de aluminio anodizado y contiene aislamiento tanto en el fondo como en los laterales con lámina reflectante para minimizar las pérdidas y optimizar la captación por radiación.

Las características técnicas del captador solar térmico ADISOL BLUE 2.90 A son:

Tabla 1. Características generales del captador solar ADISOL BLUE 2.90 A.

Características técnicas	ADISOL BLUE 2.90 A
Superficie total (m ²)	2,93
Superficie de apertura (m ²)	2,73
Dimensiones en mm (alto x ancho x profundo)	2010 x 1459 x 100
Caudal de ensayo – rango (litros/h · m ²)	50 (25-75)
Capacidad (litros)	2,5
Presión máxima de trabajo (bar)	10
Presión mínima de trabajo (bar)	1,5
Factor óptico η_0	0,778
Coefficiente lineal de pérdidas k ₁ (W/m ² K ²)	3,339
Coefficiente cuadrático de pérdidas (W/m ² K ²)	0,014
k ₅₀	0,88
Temperatura máxima de trabajo (°C)	120
Garantía (años)	5



Figura 14. Captador solar ADISOL BLUE 2.90 A

ADISOL BLUE 2.90A

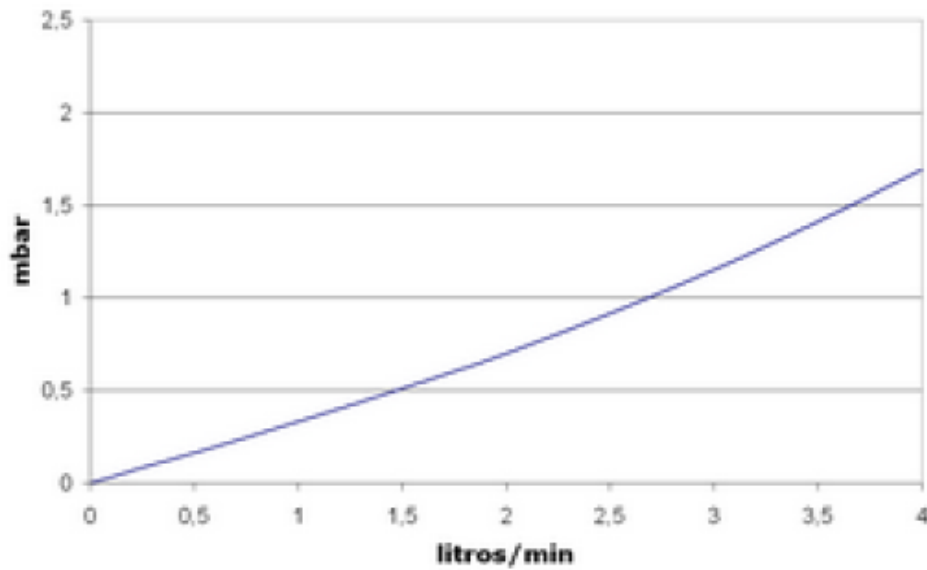


Figura 15. Curva de pérdida de carga del captador ADISOL BLUE 2.90 A.

6.3.4. Estructura soporte

La estructura soporte es un elemento fundamental en la instalación, permite adoptar la inclinación óptima del captador y anclarlo a la superficie.

En el catálogo de ADISOL promocionan estructuras formada por perfiles de aluminio y tornillería de acero inoxidable. Estos soportes cumplen los requisitos exigidos por el CTE y permiten un rango de inclinación de 27°- 46° sobre la horizontal.

Se emplearán estructuras para 14 baterías de cuatro captadores y para 4 baterías de cinco.

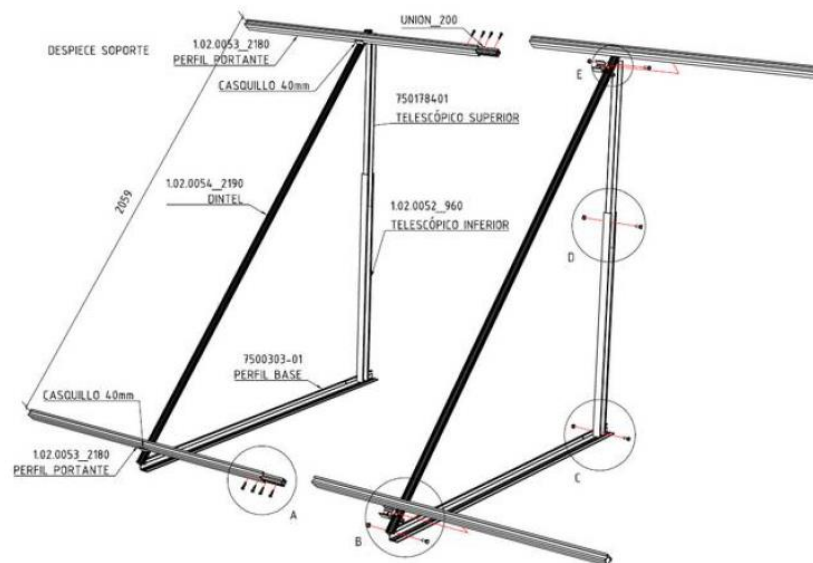


Figura 16. Estructura soporte.

6.3.5. Circuitos hidráulicos

La instalación consta de un circuito primario que se extiende desde el campo de captadores hasta el interacumulador solar, y está compuesto por un grupo hidráulico formado por una bomba, con otra de reserva, capaz de vencer las pérdidas de carga correspondientes, válvulas de seguridad, de corte, de equilibrado y antirretorno, purgadores, filtros, un sistema de llenado y un conjunto de equipos de medida como son termómetros, manómetros y caudalímetros.

La conexión hidráulica de los captadores se ha realizado mediante conexión en paralelo utilizando racores cónicos de conexión mecánica de tres piezas junto con anillos de compresión que aseguran la estanqueidad de la conexión.

La parte del circuito de consumo que se encuentra en la sala de máquinas consta de la bomba de la recirculación, válvulas de corte y antirretorno, filtros y equipos de medida de la energía suministrada por la instalación.

Las derivaciones a viviendas, que no entra en el objetivo de este proyecto, están compuestas por válvulas de corte y de grifos mezcladores, un contador volumétrico y un termo eléctrico que será el que proporcione la energía necesaria para alcanzar la temperatura de consigna en los puntos de consumo.

6.3.6. Tuberías y accesorios

Las tuberías del primario serán de cobre y sus dimensiones se establecerán en la memoria de cálculo, así como el aislamiento pertinente. Los accesorios tendrán las dimensiones y los aislamientos que posean los tramos de tuberías a los que pertenezcan.

El conjunto de accesorios que se emplearán en la instalación se describirán a continuación:

- Llaves de corte: se instalarán válvulas de corte de tipo esfera o bola a la entrada y salida de cada equipo.
- Válvulas de equilibrado manual para el equilibrado de circuitos combinada con una válvula de corte ofertada en el catálogo de ADISOL y que tiene las siguientes características:
 - Mango extraíble para facilitar el montaje.
 - Escala numérica de ajuste, visible desde varios ángulos.
 - Fácil bloqueo del ajuste.
 - Función de corte mediante válvula de bola.
 - Tomas de medida integradas para agujas de 3 mm.
 - Indicador de posición sobre mango. Cerrada: rojo. Abierta: blanco.
 - Apertura o cierre en caso de emergencia mediante llave tipo Allen.
 - Rango de temperaturas del fluido: -20 °C a 120 °C.
 - Máxima presión de trabajo: 20 bar.
 - Máxima diferencia de presión: 250 kPa = 2,5 bar.
- Válvulas de seguridad de tipo resorte taradas a una presión que garantice que en cualquier punto no se supere la presión máxima de trabajo del elemento más delicado de la instalación a sobrepresiones, es decir, a 8 bar. Se instalarán a la entrada de cada batería de captadores, en los depósitos de acumulación y junto al sistema de expansión.
- Válvula antirretorno de clapeta, una por cada bomba, en el sistema de llenado y en la alimentación del depósito de acumulación.



Figura 17. Válvula de equilibrado asociada con válvula de corte ADISOL.

- Dos filtros, uno en la alimentación del interacumulador y otro para la entrada de agua de red en el sistema de llenado.
- Purgadores de aire por cada lazo de captadores que permita expulsar ese fluido.

6.3.7. Bombas

Las bombas que se instalarán en el circuito primario serán de la serie Wilo-VeroLine-IP-Z perteneciente a la empresa Wilo, concretamente al modelo VeroLine-IP-Z 25/6 EM.

Se trata de bombas centrífugas de baja presión y rotor seco con conexión roscada o embreada con un diámetro nominal de conexión de tubería de 38 mm, un diámetro del rodete de 85 mm y con una potencia nominal del motor de 0,18 kW. En cuanto a los materiales, presenta una carcasa y un eje de acero inoxidable y el rodete de Noryl.

Wilo-VeroLine-IP-Z



VeroLine-IP-Z

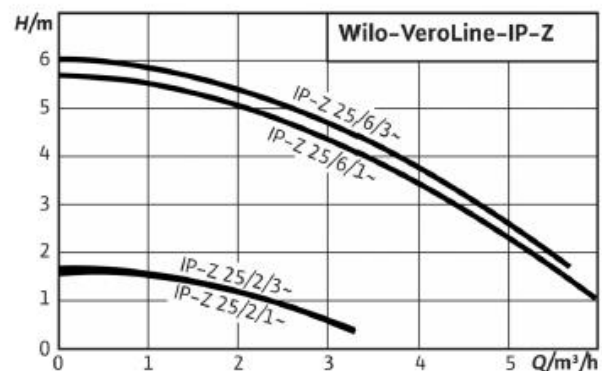


Figura 18. Bomba Wilo-VeroLine-IPL.

Como datos técnicos generales se tiene:

- Rango de temperaturas permitido de 0 °C a +110 °C.
- Rango de temperatura ambiente permitido: de -15 °C a +40 °C.
- Alimentación eléctrica 1F 230 V, 50 Hz.

- Tipo de protección IP 54
- Intensidad nominal: 1,45 A.
- Presión de trabajo máxima: 10 bar.
- Peso neto aproximado: 6 kg.

Para el circuito de consumo, se emplearán bombas Wilo-Helix V202-1/16/E/S/1-230-50 y Wilo-Helix V206-1/16/E/S/1-230-50, la primera para la instalación 2 y 3, y la segunda para la instalación 1, con una de reserva para cada caso.

Se trata de bombas centrífugas de alta presión, multietapas, de alta eficiencia y de aspiración normal, consta de una ejecución vertical con conexiones en línea. En cuanto a los materiales, tiene la carcasa y los rodetes de acero inoxidable.

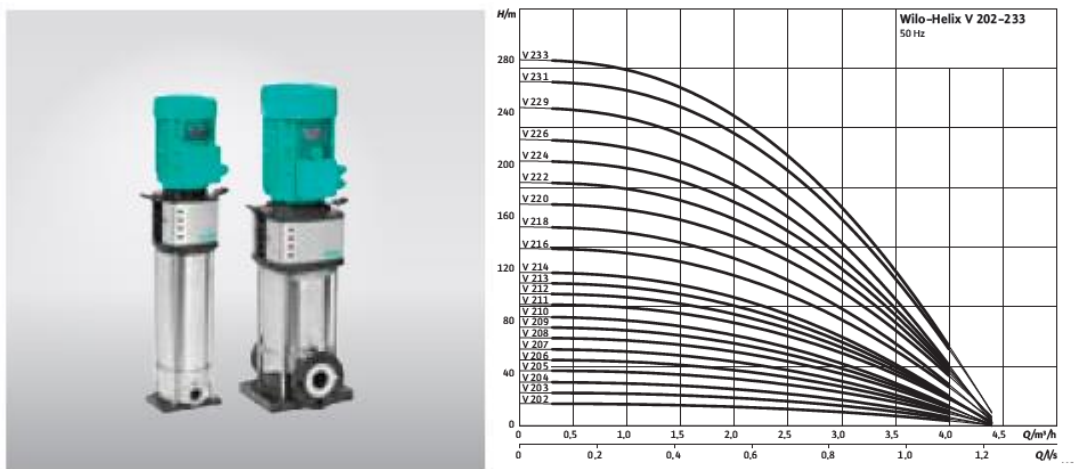


Figura 19. Bombas Wilo-Helix V.

Como datos técnicos generales se tiene:

- Rango de temperaturas permitido de $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+120\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Rango de temperatura ambiente permitido: de $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Alimentación eléctrica 1F 230 V, 50 Hz.
- Tipo de protección IP 55
- Intensidad nominal: 2,28 A/ 3,33 A.
- Potencia nominal: 0,37 kW/ 0,55 kW.
- Presión de trabajo máxima: 16 bar.
- Peso neto aproximado: 18 kg/ 21 kg.

6.3.8. Interacumuladores

Se instalan interacumuladores Lapesa compuestos por depósitos de acero vitrificado que constan de serpentines para el intercambio de calor. Todos los modelos de los que disponen incorporan de serie un equipo de protección catódica permanente y sus principales características técnicas vienen expresadas en la Tabla 2, estableciendo el modelo MVV-5000-SB para la primera instalación, el MVV-3500-SB para la segunda y el modelo MVV-3000-SB para la tercera instalación.

Tabla 2. Características técnicas de los interacumuladores de la marca Lapesa.

Características técnicas	MVV-3000-SB	MVV-3500-SB	MVV-5000-SB
Capacidad (litros)	3000	3500	4000
Temperatura máxima del depósito (°C)	90	90	90
Presión máxima del depósito (bar)	8	8	8
Temperatura máxima del circuito de calentamiento (°C)	120	120	120
Presión máxima del circuito de calentamiento (bar)	25	25	25
Capacidad serpentines (litros)	29	38	48
Superficie de intercambio (m ²)	5,0	6,7	8,4

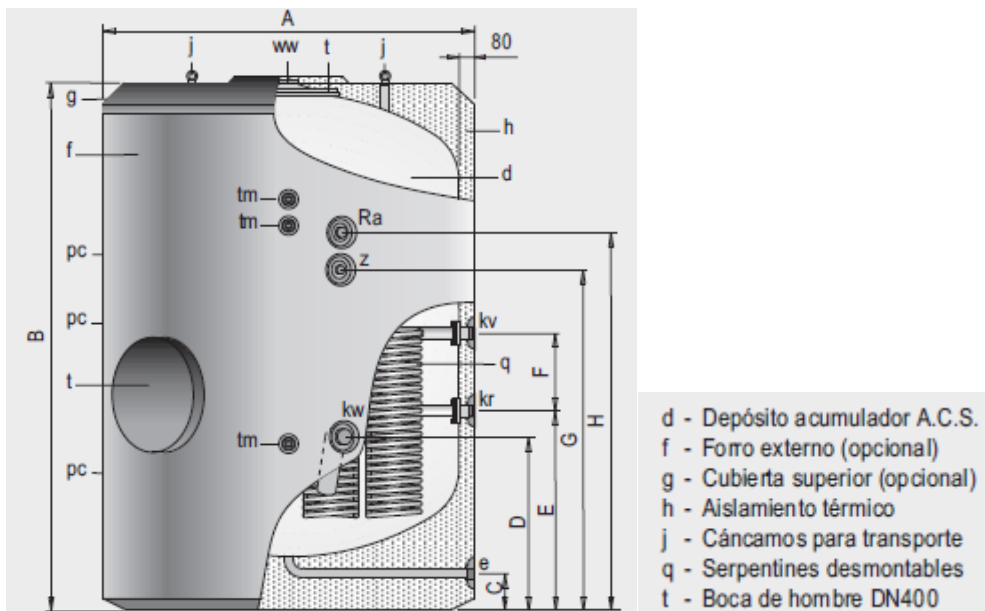


Figura 20. Interacumulador de la marca Lapesa de acero vitrificado con serpentines.

6.3.9. Vasos de expansión

Se instalará un vaso de expansión de la marca ADISOL por cada instalación, el cual soporta temperaturas mínimas de -10 °C y tiene una membrana que soporta picos de temperatura de hasta 130 °C. De los modelos que aparecen en el catálogo del fabricante se opta por el ADI V 35 P para las tres instalaciones, y tienen las siguientes características técnicas:

- Capacidad: 35 litros
- Diámetro: 360 mm
- Altura: 615 mm
- Conexión: 1"
- Peso: 10 kg



Figura 21. Vaso de expansión de la marca ADISOL.

6.3.10. Equipos de medida

Los equipos de medida que se emplearán por cada una de las instalaciones en los diferentes circuitos de los que están compuestas serán:

- Tres termómetros: uno a la salida y dos a la entrada (uno por cada bomba) del campo solar.
- Cinco manómetros: junto al sistema de expansión y uno por cada bomba del primario y del retorno.
- Dos caudalímetros: uno por el grupo de bombeo del primario y uno en la alimentación del depósito acumulador, este último con dos conexiones a sondas de temperatura para componer el contador de calorías.



Figura 22. Contador de calorías o de energía.

- Dos sondas de temperatura, sin tener en cuenta las anteriormente comentadas, que se instalarán junto a una batería de captadores representativa y en la zona inferior del interacumulador.

6.3.11. Llenados y vaciados

El sistema de llenado será de la marca Termicol, automático y electrónico. Está formado por un botellón del líquido para la reposición de las posibles fugas, un presostato que manda una señal si la presión del circuito desciende, una bomba que aporta esa carga que se ha perdido y la valvulería necesaria para el correcto funcionamiento del sistema.

De los diferentes modelos que proporciona Termicol, se emplearán el 712LLVE0200 para la instalación 2 y 3 y el 712LLVE0300 para la instalación 1. La elección está determinada por el número de captadores instalados, necesitando dos sistemas de 200 litros y uno de 300 litros.



Figura 23. Sistemas de llenado de la marca Termicol.

6.3.12. Sistemas de regulación y control

ADISOL nos ofrece varios tipos de reguladores solares, de los que se escogerá el Regulador A-SOL B, que consta de pantalla LCD con display multifuncional y control sencillo mediante 3 botones, cuatro entradas de sondas PT1000 y 2 salidas de relés. Dispone de funciones como limitación de temperatura mínima y máxima, diferencial de puesta en marcha y parada, temperatura máxima acumulación, protección antihielo, función de refrigeración del acumulador o de los captadores solares y parada de seguridad.

Las características generales de este dispositivo son:

- Carátula de plástico PC-ABS y PMMA.
- Medidas: 172 X 110 X 46 mm.
- Pantalla: display de visualización para controlar el estado del sistema y 1 led de control de funcionamiento.
- Rango de control: -0...+180 °C.
- Temperatura ambiente: 0...40 °C.
- 4 entradas a sondas de temperatura Pt1000.
- 2 relé estándar.
- Incluye 3 sondas de temperature Pt1000 (sin vainas de inmersión).



Figura 24. Regulador A-SOL B.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Apuntes de Energía Solar en la Edificación. Departamento de Ingeniería Energética.
- [2] Los planos de arquitectura, así como de la fontanería de este y de su localización han sido aportados por Andrés Oliva, ingeniero encargado de la construcción del edificio.

Proyectos Fin de Grado:

- [3] MAR TROYA RODRÍGUEZ, *Estudio y diseño de una instalación solar térmica para producir agua caliente en el sector hotelero*. Sevilla, 2020.
- [4] ELOY JOSÉ GARCÍA RODRÍGUEZ. *Diseño de una instalación solar térmica para calentamiento de agua caliente sanitaria en una residencia de mayores*. Sevilla, 2019.
- [5] JUAN RAMÓN DE LA CUESTA CORADO. *Diseño de instalaciones solares térmicas para la producción de agua caliente sanitaria. Aplicación a un edificio de viviendas*.

Textos de referencia:

- [6] MANUEL BALSEIRO, EMILIO SIFRE y GUILLERMO PUEYO. *Sistema de energía solar térmica para calentamiento de agua para ACS y procesos y climatización (producción de frío y calor), con apoyo de bombas de calor aireagua, en las bodegas “Fuente del Toro” de Haro, La Rioja*. MERME, 2009/2010.
- [7] LUCÍA REYES ROBLES, LOURDES REZA NÚÑEZ, JAIME JOSÉ BRIZ CÓRDOVA y JUAN LÓPEZ MONTE. *Sistema de energía solar térmica para producción de agua caliente sanitaria, frío (aire acondicionado) y apoyo a calefacción en un centro comercial en Madrid, con apoyo de bombas de calor geotérmicas*. MERME, 2009/2010.
- [8] ASOCIACIÓN SOLAR DE LA INDUSTRIA TÉRMICA (ASIT). *Guía IDAE 022: Guía Técnica de Energía Solar Térmica*. Madrid, abril de 2020.
- [9] ASOCIACIÓN SOLAR DE LA INDUSTRIA TÉRMICA (ASIT). *La Guía ASIT de la Energía Solar Térmica*. Octubre de 2008.
- [10] INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA (IDAE). *Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura*. Madrid, enero de 2009.

Catálogos comerciales:

- [11] ADISA. ADISOL Captadores Solares. Manual Técnico de Instalación, Uso y Mantenimiento. 2018. Disponible en: <http://adisaheating.com/>
- [12] Lapesa. Depósitos de gran capacidad para producción y acumulación de agua caliente sanitaria. Disponible en: <http://www.conexbanninger.com/uploads/322f0c5cd32a1a62fee2c391f0b585b328886a8e.pdf>
- [13] Bombas Wilo-VerloLine-IP-Z. Disponible en: https://wilo.com/ar/es/Productos-y-aplicaciones/B%C3%BAAsqueda-de-series/Wilo-VeroLine-IP-Z_70.html
- [14] Termicol. Disponible en: <https://termicol.es/>
- [15] Catálogo Nacobre: Tubos, conexiones y válvulas. Disponible en: <https://www.nacobre.com.mx/>

- [16] Catálogo de GENE BRE. Disponible en: <https://www.genebre.es/valvula-de-retencion-re-ge>
- [17] Catálogo de Isover. Disponible en <https://www.isover.es/productos-isover/productos-industria/tuberias>

Normativa:

- [18] Reglamento de Instalaciones Térmicas en la Edificación (RITE)
- [19] Código Técnico de la Edificación Documento Básico de Ahorro de Energía (CTE DB-HE)
- [20] Código Técnico de la Edificación Documento Básico de Salubridad (CTE DB-HS)
- [21] Norma UNE 100155-2004: *Diseño y cálculo de sistemas de expansión.*
- [22] ITC-BT-07: *Redes subterráneas para distribución en Baja Tensión.*
- [23] ITC-BT-11: *Redes de distribución de energía eléctrica. Acometidas.*
- [24] ITC-BT-21: *Instalaciones interiores o receptoras. Tubos y canales protectoras.*
- [25] ITC-BT-47: *Instalación de receptores. Motores.*

Referencias Web:

- [26] MeteoBlue. Clima de Ayamonte. [Consulta: octubre de 2020]. Disponible en: https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/ayamonte_espa%c3%b1a_2521456
- [27] Guía resumida del Clima en España (1981-2010) [Consulta: octubre de 2020]. Disponible en: http://www.aemet.es/es/conocerlas/recursos_en_linea/publicaciones_y_estudios/publicaciones/detalles/guia_resumida_2010
- [28] Isla Canela. Apartamentos en primera línea de playa, Los Flamencos. [Consulta: septiembre de 2020]. Disponible en: <https://www.islacanela.es/alquiler-venta-de-viviendas/los-flamencos>
- [29] GASFRIOCALOR. Diferencia entre acumulador, interacumulador y acumulador de inercia. 20 febrero 2019. Disponible en: <https://www.gasfriocalor.com/blog/calefaccion/diferencia-entre-acumulador-interacumulador-y-acumulador-de-inercia/>
- [30] Aula Fácil. Componentes de una instalación solar. Disponible en: <https://www.aulafacil.com/cursos/medio-ambiente/energia-solar-termica/componentes-de-una-instalacion-solar-136748>
- [31] STUDYLIB. Viscosidad dinámica del agua líquida a varias temperaturas. Disponible en: <https://studylib.es/doc/5069422/viscosidad-din%C3%A1mica-del-agua-l%C3%ADquida-a-varias>
- [32] Pressman. Pérdidas de Carga en Tuberías. Disponible en: <http://www.eepm.es/wp-content/uploads/2018/04/PRESSMAN-Pe%CC%81rdida-de-Carga-en-Tuberi%CC%81as.pdf>
- [33] INTECH GmbH. Cálculos y selección de tuberías. Diámetro óptimo de tubería. Disponible en: https://intech-gmbh.es/pipelines_calc_and_select/#pipelines_design

2 MEMORIA DE CÁLCULO

1. INTRODUCCIÓN

En esta memoria se detallarán los cálculos realizados para el dimensionamiento de cada uno de los elementos de la instalación de ACS, así como de su justificación, teniendo como base la metodología definida en la memoria descriptiva, y uso de la reglamentación vigente.

2. DATOS DE PARTIDA

En este apartado se van a exponer los datos iniciales tenidos en cuenta para cumplir con las necesidades energéticas.

2.1. CARACTERÍSTICAS DEL EDIFICIO

El edificio objeto de estudio tiene una orientación de 26° Este, una altura de 19 metros y dispone de una cubierta con una superficie de 575 metros cuadrados para la instalación de los captadores y sistemas de ventilación distribuida entre los portales segundo, tercero y cuarto.

2.2. DATOS CLIMATOLÓGICOS

En la Tabla 4 se muestran los datos climatológicos y geográficos de Ayamonte, Huelva, mientras que en la Tabla 6 aparecen datos de radiación global media mensual sobre la horizontal, temperatura diaria media mensual del agua de red y temperatura ambiente diaria media mensual del municipio que el programa informático CHEQ4 obtiene en función de la altura donde se van a instalar los captadores.

Tabla 3. Datos climatológicos y geográficos de Ayamonte, Huelva.

Característica	Dato
Latitud	37° 12'
Longitud	7° 18'
Altitud media [msnm]	3
Temperatura mínima histórica [°C]	-3,2
Temperatura de red en invierno [°C]	12,2
Temperatura de red en verano [°C]	20,2
Temperatura media de red [°C]	15,8

Para la obtención de los datos de temperatura mínima histórica se ha usado la web meteorológica MeteoBlue [26] y la “Guía resumida del Clima en España (1981-2010)” de AEMET [27]. La primera de las fuentes muestra una serie de diagramas basados en 30 años de simulaciones de modelos meteorológicos por hora del municipio, pues Ayamonte no tiene una estación meteorológica donde realizar esas mediciones.

La segunda de las fuentes, en cambio, sí muestra mediciones realizadas desde una estación meteorológica, situada en Huelva-Este, con latitud de 37°16'48'' y longitud de 6°54'35'', disponiendo de una gran base de datos con información de muchas variables climáticas a lo largo de un periodo de 30 años (1981-2010). Aunque estos datos no sean de la localidad que se estudia, pueden servir como corroboración de los resultados de la web anterior.

En la Tabla 5 se puede distinguir una tabla con valores referentes a cada mes y a un año completo, destacando la altitud de la estación, que corresponde al mismo valor que la altura del edificio sobre el nivel del mar y las temperaturas mínimas absolutas junto al número de días de heladas, que muestra cómo se hace necesario la

protección contra heladas en la instalación.

También es importante comentar que en el catálogo de ADISA [11] aparecen unos valores de temperaturas mínimas por provincias referenciados a IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía), y en la provincia de Huelva la temperatura mínima histórica es $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Tabla 4. Datos climatológicos entre 1981 y 2010 en la estación meteorológica de Huelva, Ronda Este.

Nombre estación	Mes	Altitud estación (m)	Media mínimas mas baja	Mínima absoluta	Fecha T.Min. absoluta	Nº días de helada
HUELVA, RONDA ESTE	Enero	19	2,3	-3,2	28/01/2005	0,9
HUELVA, RONDA ESTE	Febrero	19	2,7	-1,8	01/02/2005	0,3
HUELVA, RONDA ESTE	Marzo	19	6,7	-1,2	02/03/1993	0,0
HUELVA, RONDA ESTE	Abril	19	7,4	1,6	13/04/1986	0,0
HUELVA, RONDA ESTE	Mayo	19	11,2	5,8	01/05/2001	0,0
HUELVA, RONDA ESTE	Junio	19	14,3	8,4	03/06/1984	0,0
HUELVA, RONDA ESTE	Julio	19	17,9	12,4	06/07/1988	0,0
HUELVA, RONDA ESTE	Agosto	19	17,7	14,0	14/08/2007	0,0
HUELVA, RONDA ESTE	Septiembre	19	15,3	10,0	24/09/1994	0,0
HUELVA, RONDA ESTE	Octubre	19	11,9	6,6	29/10/1987	0,0
HUELVA, RONDA ESTE	Noviembre	19	7,2	0,8	30/11/1990	0,0
HUELVA, RONDA ESTE	Diciembre	19	4,1	-2,2	15/12/2009	0,5
HUELVA, RONDA ESTE	Año	19	11,2	-3,2	28/01/2005	1,8

Tabla 5. Valores característicos de Ayamonte, Huelva.

Meses	Radiación [MJ/m ²]	Temperatura de red [°C]	Temperatura ambiente [°C]
Enero	9,7	12,2	12,6
Febrero	13,1	12,2	13,2
Marzo	17,9	13,2	14,8
Abril	22,0	14,2	16,9
Mayo	25,2	16,2	19,6
Junio	28,5	18,2	22,6
Julio	29,1	20,2	25,7
Agosto	25,9	20,2	26,1
Septiembre	20,8	19,2	24,1
Octubre	14,5	17,2	20,4
Noviembre	10,5	14,2	15,8
Diciembre	8,2	12,2	12,9
Promedio	18,8	15,8	18,7

2.3. DATOS DE CONSUMO

La demanda de agua caliente sanitaria vendrá requerida únicamente por las viviendas del edificio, que se compone de 102 viviendas en total: 8 de un dormitorio, 83 de dos dormitorios y 11 de tres dormitorios.

El consumo diario de ACS se establece considerando unas necesidades energéticas de 28 litros por persona a una temperatura de referencia de $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, teniendo en cuenta la ocupación y el factor de centralización que dicta el CTE para el cálculo de la demanda de referencia que aparece en el Anejo F de ese documento y que se puede observar en la Figura 25.

La ocupación viene expresada como el número de personas mínimas que residen en una vivienda en función del número de dormitorios que tiene, mientras que el factor de centralización de cada instalación depende del número de viviendas a las que abastece.

Tabla a-Anejo F. Valores mínimos de ocupación de cálculo en uso residencial privado

Número de dormitorios	1	2	3	4	5	6	≥6
Número de Personas	1,5	3	4	5	6	6	7

Tabla b-Anejo F. Valor del factor de centralización en viviendas multifamiliares

Nº viviendas	N≤3	4≤N≤10	11≤N≤20	21≤N≤50	51≤N≤75	76≤N≤100	N≥101
Factor de centralización	1	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70

Figura 25. Valores de ocupación y del factor de centralización.

Las características de cada portal, refiriéndose al número de viviendas y dormitorios, son las expuestas en la siguiente tabla:

Tabla 6. Características de cada portal.

Portales	Nº total de viviendas	Viv. con 1 dormitorio	Viv. con 2 dormitorios	Viv. con 3 dormitorios
Portal 1	18	8	8	2
Portal 2	30	0	26	4
Portal 3	30	0	26	4
Portal 4	24	0	23	1

3. CÁLCULO DE LA DEMANDA

Para el correcto dimensionado de cada instalación es necesario conocer la demanda volumétrica y energética que requiere el edificio.

Respecto al cálculo de la demanda de ACS, se asumirá una ocupación del 100% durante todo el año y se realizará, según el Documento Básico de Ahorro de Energía sección 4 (DB HE 4), a través de la siguiente ecuación:

$$L_{ACS} = m_{ACS} \cdot FC \cdot N_{per}$$

Donde:

- L_{ACS} es la demanda de ACS diaria a la temperatura de referencia (litros/día)
- m_{ACS} es el consumo de agua por persona a la temperatura de referencia (litros/día · persona)
- FC es el factor de centralización según el número de viviendas
- N_{per} es el número de personas según el número de dormitorios

Particularizando para cada instalación y haciendo uso de la Figura 25, se tiene:

Tabla 7. Demanda de ACS de cada instalación.

Instalaciones	N _{per}	Nº viviendas	FC	L _{ACS} ($\frac{\text{litros}}{\text{día}}$)
Portal 1 + 2	138	48	0,85	3284,4
Portal 3	94	30	0,85	2237,2
Portal 4	73	24	0,85	1737,4

La demanda energética asociada al agua caliente sanitaria se cuantificará, tomando como valor de densidad 0,983 kg/l y como calor específico 4,186 kJ/kgK a la temperatura de referencia de 60 °C, a través de la siguiente ecuación:

$$D_{ACS} = L_{ACS} \cdot \rho \cdot c_P \cdot (T_{ref} - T_{AF}) \cdot N$$

Donde:

- D_{ACS} es la demanda de ACS a la temperatura de referencia (MJ/mes)
- L_{ACS} es la demanda de ACS diaria a la temperatura de referencia (litros/día)
- ρ es la densidad del agua a la temperatura de referencia (kg/l)
- c_P es el calor específico del agua a la temperatura de referencia (kJ/kgK)
- T_{ref} es la temperatura de referencia (°C)
- T_{AF} es la temperatura del agua fría o de red (°C)
- N es el número de días que tiene un mes (días)

Los resultados mensuales y anuales de la demanda de energía para la producción de ACS para cada instalación se representa en la tabla siguiente:

Tabla 8. Demanda de ACS en MJ.

Mes	Instalación 1	Instalación 2	Instalación 3
Enero	20026,19	13641,03	10593,57
Febrero	18088,17	12320,93	9568,38
Marzo	19607,23	13355,65	10371,94
Abril	18569,30	12648,65	9822,89
Mayo	18350,36	12499,52	9707,07
Junio	16947,53	11543,97	8965,00
Julio	16674,53	11358,01	8820,58
Agosto	16674,53	11358,01	8820,58
Septiembre	16542,08	11267,80	8750,52
Octubre	17931,40	12214,14	9485,45
Noviembre	18569,30	12648,65	9822,89
Diciembre	20026,19	13641,03	10593,57
Anual	218006,82	148497,40	115322,45
Promedio	18167,23	12374,78	9610,20

4. DIMENSIONADO BÁSICO

Se van a realizar una serie de simulaciones con el programa informático CHEQ4, consiguiendo, en primer lugar, obtener el área de captación, a partir de una relación volumen de acumulación-superficie de captación constante, con el que conseguir la contribución solar requerida por normativa y, posteriormente, simular variando el sistema de acumulación y el número de captadores en serie con el fin de conseguir un primer dimensionado de la instalación.

4.1. SISTEMA DE CAPTACIÓN

Según el CTE la contribución mínima de energía procedente de fuentes renovables, en este caso el sol, cubrirá al menos el 70% de la demanda anual de ACS, obtenida a partir de datos mensuales, e incluyendo las pérdidas térmicas por distribución, acumulación y recirculación. Esta contribución podrá reducirse al 60% cuando la demanda de ACS sea inferior a 5000 litros/día, por lo que, según la Tabla 8, se necesita cubrir únicamente el 60% de la demanda de ACS con la instalación solar.

Para la instalación 1, compuesta por el portal 1 y 2, la simulación se va a iniciar con 25 captadores, para la segunda serán 16 y para la tercera instalación se comenzará con 14 captadores solares. A partir de estos datos, se obtienen las siguientes tablas y gráficas:

Tabla 9. Resultados de las simulaciones variando el número de captadores en cada instalación.

INSTALACIÓN 1		INSTALACIÓN 2		INSTALACIÓN 3	
Ncap	f	Ncap	f	Ncap	f
25	53	16	51	14	50
26	54	17	52	15	51
27	55	18	54	16	53
28	57	19	55	17	54
29	58	20	57	18	56
30	59	21	58	19	58
31	60	22	59	20	60
32	61	23	61	21	63
33	62	24	62	22	66
34	63	25	64	23	69
35	64	26	67	24	72

Tras llevar a cabo las simulaciones y obtener los resultados mostrados en la Tabla 10, hay que discernir cual es la mejor opción para evitar grandes pérdidas de carga y desequilibrios en el circuito, por tanto, se va a elegir un número de captadores que sea múltiplo de 2, 3, 4 ó 5 en función de cuan grande se desee que sean las baterías de captadores y del espacio disponible en la cubierta del edificio. La elección final se encuentra en la Tabla 14, dividiendo el campo de captadores en baterías de cuatro captadores para la primera y segunda instalación y en baterías de cinco para la tercera.

Es necesario comentar que para las simulaciones se ha escogido la configuración de consumo múltiple con acumulación centralizada y apoyo distribuido para no modificar la arquitectura del edificio, la longitud del primario y el espesor de aislante se ha estimado, así como las longitudes y espesores de aislante del circuito de distribución general y de subestaciones, en función de las dimensiones de los diferentes portales y viviendas.

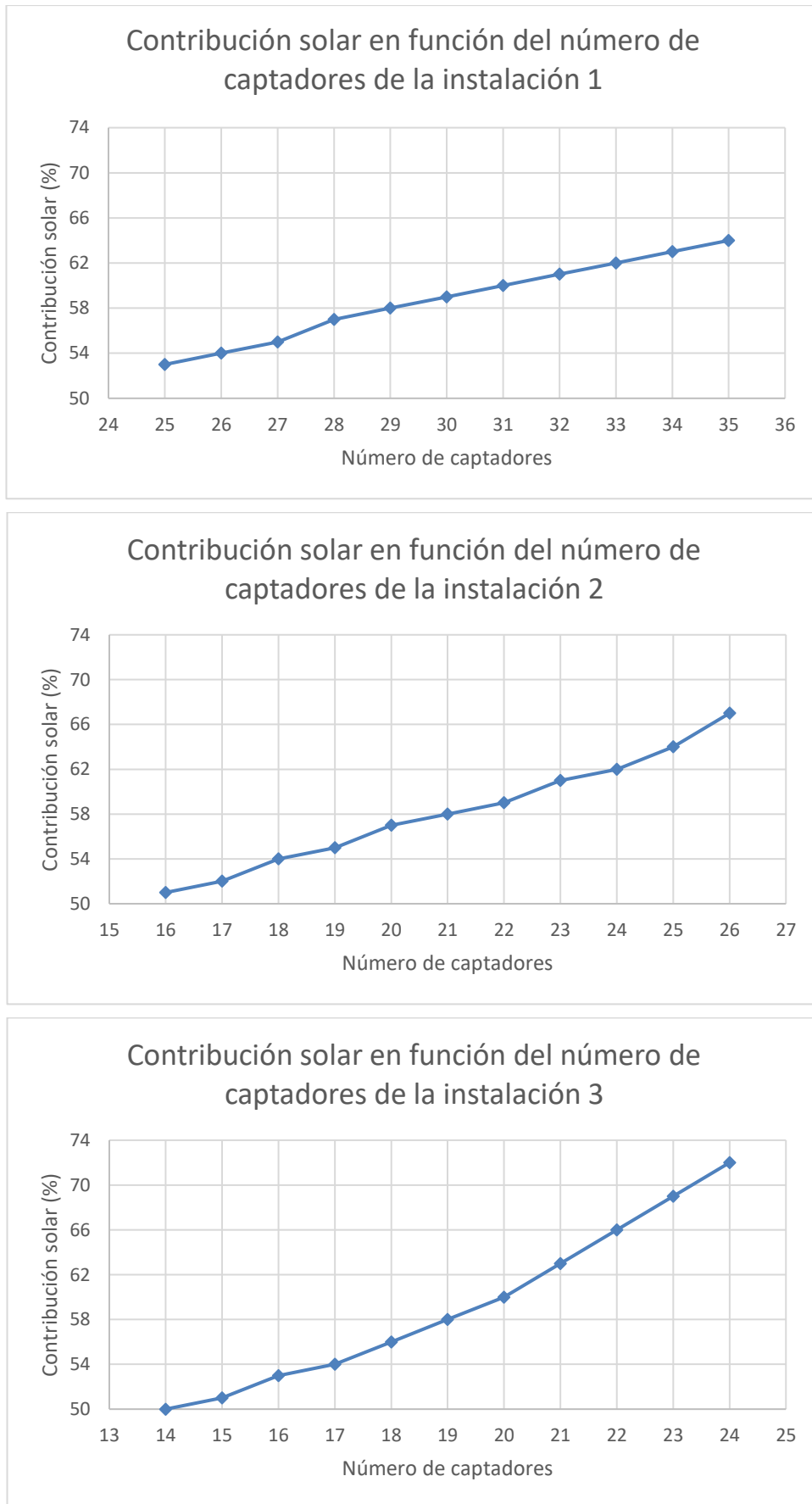


Figura 26. Resultados de las simulaciones variando el número de captadores en cada instalación.

4.2. VOLUMEN DE ACUMULACIÓN

Una vez obtenido el número de captadores para cada instalación, se realizarán las simulaciones variando el volumen de acumulación, elaborando las siguientes tablas y gráficas:

Tabla 10. Resultados de las simulaciones variando el volumen en cada instalación.

INSTALACIÓN 1		INSTALACIÓN 2		INSTALACIÓN 3	
Vacum	f	Vacum	f	Vacum	f
4500	62	3500	64	2800	62
5000	62	4000	64	3000	61
5500	62	4500	63	3500	61
6000	61	5000	62	4000	60
6500	61	5500	62	4500	59
7000	61	6000	61	5000	58
7500	60	6500	61	5500	58
8000	60	7000	60	6000	57
8500	60	7500	60	6500	56
9000	59	8000	59	7000	56

En la tabla y en los diferentes diagramas puede distinguirse una tendencia descendente de la contribución solar conforme aumenta el volumen de acumulación, y, por tanto, la relación V/A. Teniendo en cuenta estos resultados es lógico determinar los volúmenes de acumulación de cada instalación.

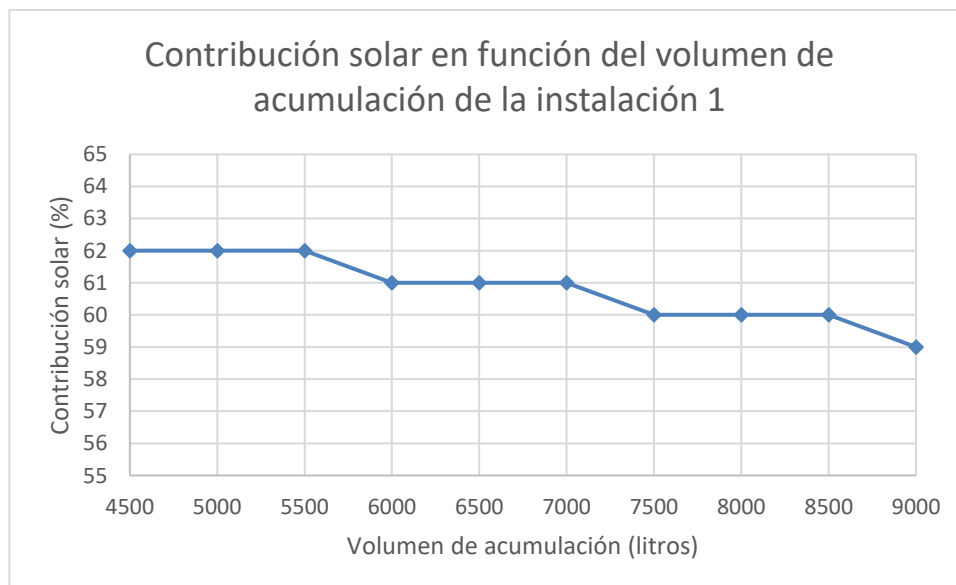


Figura 27. Resultados de las simulaciones variando el volumen en la instalación 1.

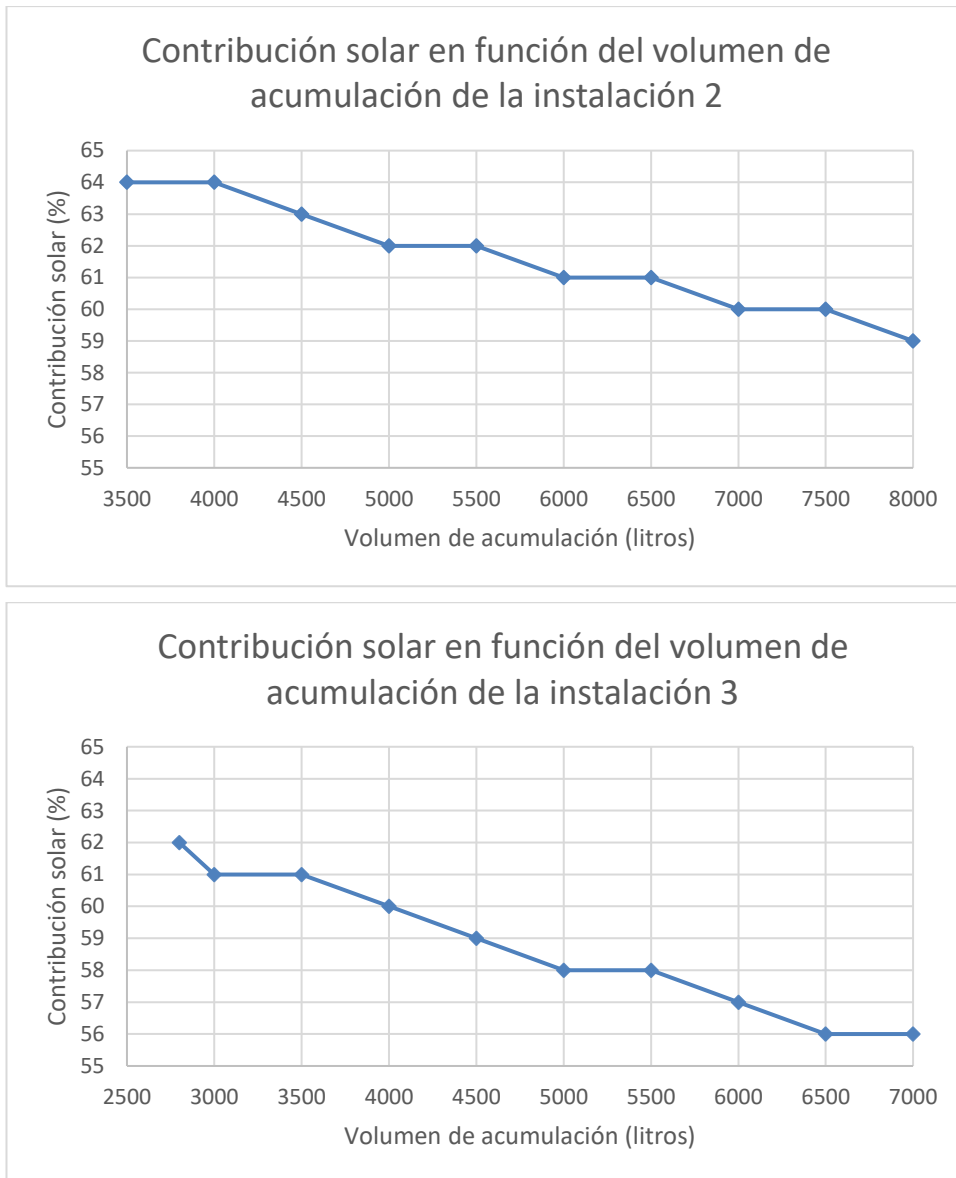


Figura 28. Resultados de las simulaciones variando el volumen en la instalación 2 y 3.

Observando los resultados obtenidos de las diferentes simulaciones realizadas se decide instalar el número de captadores y volumen de almacenamiento que aparece en la tabla siguiente:

Tabla 11. Dimensionado básico de la instalación.

Instalaciones	N_{cap}	V_{acum} (litros)	A_{cap} (m^2)	CS (%)
Portal 1 + 2	32	4500	93,76	62
Portal 3	24	3500	70,32	64
Portal 4	20	3000	58,60	61

4.3. NÚMERO DE CAPTADORES EN SERIE

Por último, se va a simular este dimensionado básico variando el número de captadores en serie instalados, estudiando su viabilidad con respecto a la contribución solar mínima requerida.

Tabla 12. Resultados de las simulaciones variando el número de captadores en serie.

Ns	f (instalación 1)	f (instalación 2)	f (instalación 3)
1	62	64	61
2	56	58	56
3	51	53	51

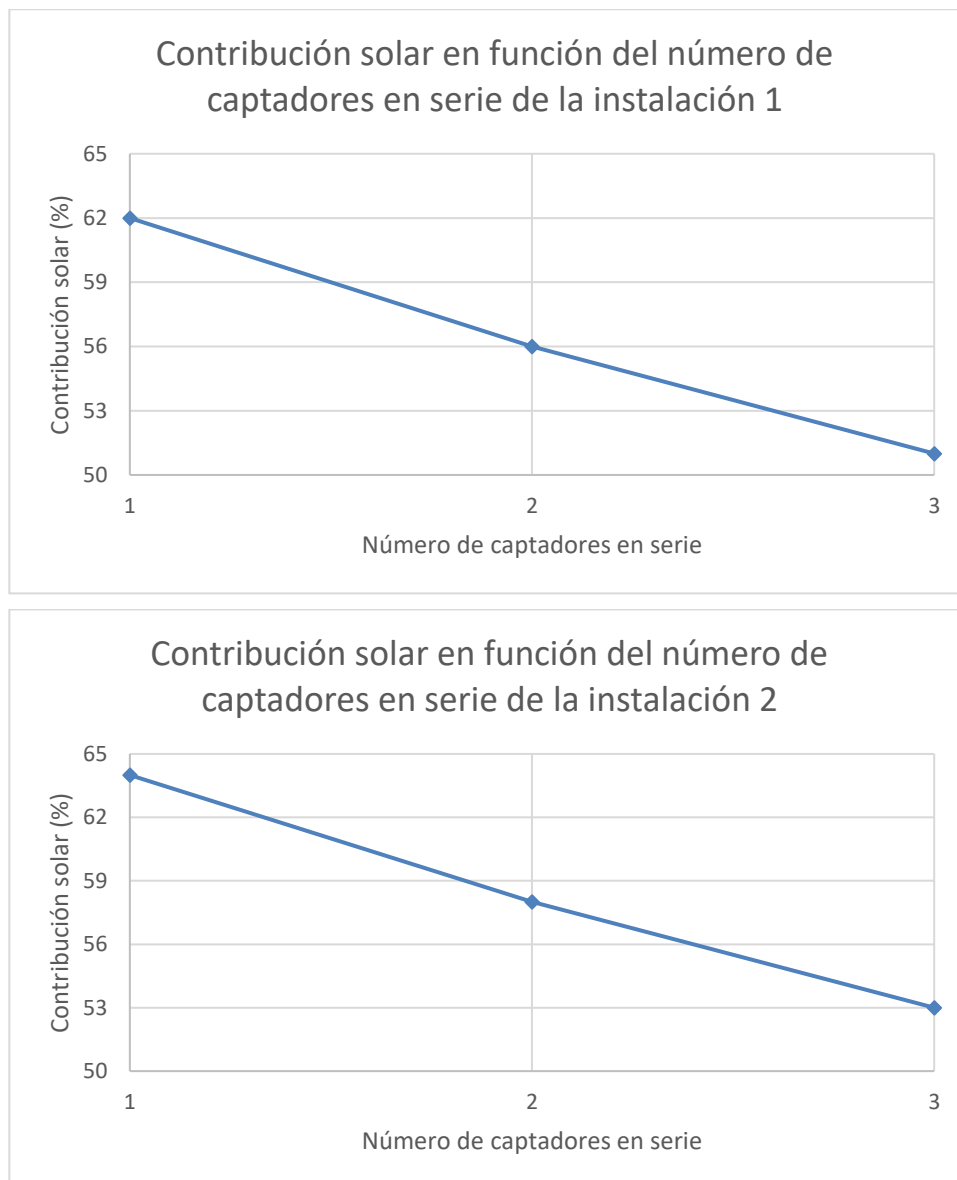


Figura 29. Resultados de las simulaciones variando el número de captadores en serie (instalación 1 y 2).

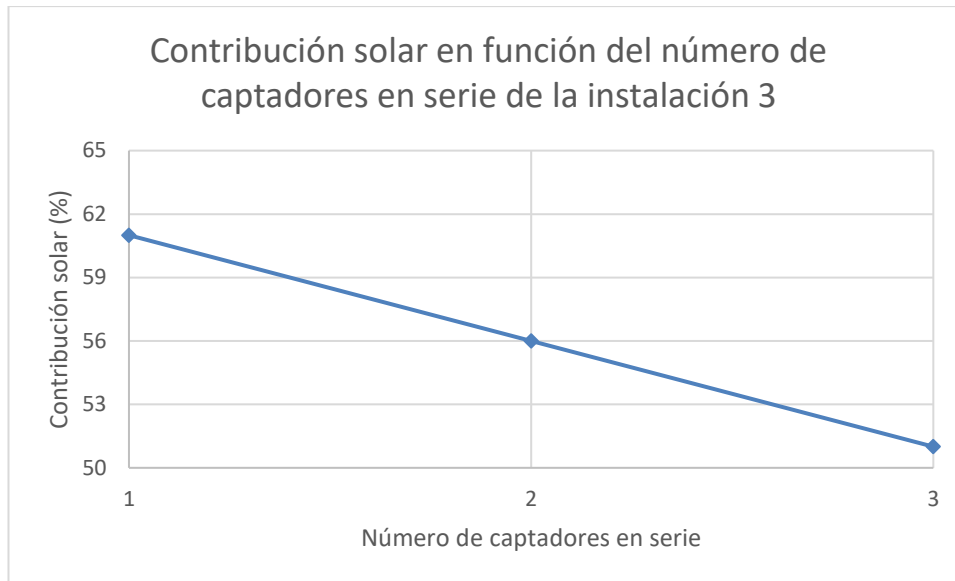


Figura 30. Resultados de las simulaciones variando el número de captadores en serie (instalación 3).

Con todo esto, se decide agrupar todos los captadores en paralelo, para cumplir la exigencia, y en baterías de cuatro para minimizar la red de tuberías y accesorios del circuito primario en el caso de la instalación 1 y 2, descartando la opción de baterías de tres, mientras que en la tercera instalación estas baterías se configuran en grupos de cinco debido a la incompatibilidad con otro tipo. Disponer los captadores en baterías de cinco no es posible por limitaciones de dimensiones en la cubierta del portal 2 y 3.

Los captadores a instalar serán de la marca ADISA, concretamente el modelo ADISOL BLUE 2.90 A, mientras que los interacumuladores serán de acero vitrificado de la marca Lapesa, con una capacidad de acumulación de 3000, 3500 y 5000 litros, este último debido a que el fabricante no oferta depósitos de 4500 litros.

Tabla 13. Dimensionado básico de la instalación final.

Instalaciones	N_{cap}	V_{acum} (litros)	A_{cap} (m ²)	CS (%)
Instalación 1	32	5000	93,76	62
Instalación 2	24	3500	70,32	64
Instalación 3	20	3000	58,60	61

El resultado final permite cumplir con la exigencia del Código Técnico y se ajusta a las dimensiones de la cubierta del edificio para su correcta instalación.

5. DISPOSICIÓN DE CAPTADORES

Tras haber calculado el dimensionado básico de la instalación es necesario ubicarla en el plano de la cubierta del edificio. El elemento más importante en este estudio es el captador solar, que tendrá una orientación de 26° Este a causa de las características estructurales del edificio, a pesar de que la óptima sería hacia el sur geográfico, y una inclinación de 35°, similar a la latitud como recomienda el Código Técnico de la Edificación. Lograr optimizar la orientación e inclinación de los captadores es un punto importante para lograr evitar pérdidas de captación.

Además, es fundamental dimensionar el campo solar de forma que las pérdidas por sombras sean las mínimas posibles. Para ello es preciso calcular la distancia entre baterías o filas de captadores, y la respectiva con los muros u obstáculos cercanos, que se cuantifica a través de la siguiente fórmula proporcionada por el fabricante:

$$d = h \cdot \frac{1}{\tan(61^\circ - \text{latitud})}$$

Esta distancia viene marcada por la latitud del lugar, ya que en función de este parámetro varía el ángulo de incidencia solar, garantizando así un mínimo de cuatro horas de sol en torno al mediodía del solsticio de invierno.

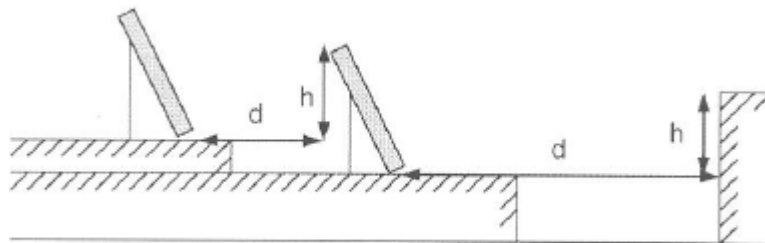


Figura 31. Distancia entre filas de captadores y con muros cercanos.

Por lo tanto, para una altura de 1,15 metros de la fila de captadores, la distancia obtenida es 2,59 metros y para el obstáculo de 1 metro de altitud se necesitará una distancia mínima de 2,25 metros.

La organización de las diferentes baterías en la cubierta del edificio se encuentra en los planos 5, 7 y 9.

6. DIMENSIONADO DEL RESTO DE COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN

A continuación se van a exponer los cálculos necesarios para dimensionar el resto de la instalación, como es el sistema hidráulico, el sistema de expansión, el aislamiento térmico de tuberías y accesorios, el sistema de regulación y control y el sistema eléctrico.

6.1. SISTEMA HIDRÁULICO

El sistema hidráulico es el conjunto de tuberías, bombas, válvulas y accesorios que se encargan de transportar el fluido por la instalación. A continuación se van a exponer los cálculos de cada uno de ellos con respecto al circuito primario, el circuito de consumo no se estudiará en su totalidad, únicamente los elementos que se encuentren en la sala de máquinas de forma teórica.

6.1.1. Dimensionado de circuitos hidráulicos

En este apartado se van a definir los cálculos necesarios para dimensionar la red de tuberías donde será necesario obtener el caudal circulante por el circuito, el diámetro de cada tramo de tubería y las pérdidas de carga ocasionadas por la fricción del fluido con los tubos y accesorios de la red. Todos los cálculos que se van a ir realizando pertenecen a la instalación 1, para el resto habrá que seguir el mismo procedimiento.

El caudal del circuito primario se calcula a través de la siguiente ecuación:

$$Q_{pri} = Q_{ens} \cdot A_{tot\ cap} = Q_{ens} \cdot A_{cap} \cdot N_{cap}$$

Como datos se tienen que el caudal de ensayo es de 50 litros/h · m² y que el área del captador es de 2,93 m², por lo que, añadiendo el número de captadores, se obtiene que para 32 captadores el caudal resultante es de 4688 litros/h (3516 y 2930 litros/h para la instalación 2 y 3, respectivamente).

El siguiente paso es calcular el diámetro de cada tramo de la tubería, para lo cual se ha dividido el circuito creando un código que los defina en función de la instalación, la zona, la temperatura y el caudal. En la siguiente figura se puede entender cómo está identificado cada tramo: en primer lugar diferenciando entre las tres instalaciones, donde la primera y segunda tienen dos zonas siendo A la de arriba y B la de abajo, posteriormente distinguiendo entre la zona fría y caliente y, por último, según el caudal con un contador en el caso en que se repitiese.

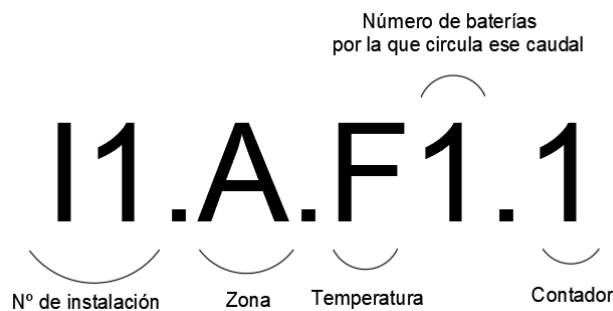


Figura 32. Ejemplo de codificación de tramos.

Para el dimensionado de los diámetros se deberán tener en cuenta dos criterios básicos [8]:

- La velocidad de circulación del fluido ha de ser inferior a 2 m/s cuando la tubería discurra por locales habitados e inferior a 3 m/s en una zona exterior o no habitada.
- La pérdida de carga en tuberías no debe superar los 40 mmca (4 mbar) por metro lineal de tubería.

Se busca, por tanto, una situación de compromiso entre diámetro y velocidad con la que poder optimizar la relación coste-beneficio, pues una velocidad mayor requiere menos coste, pero produce un crecimiento en las pérdidas de carga. La ecuación que relaciona ambas variables es la siguiente:

$$Q = S \cdot v = \frac{\pi D^2}{4} \cdot v$$

Para determinar el diámetro de cada tramo se va a calcular la velocidad del fluido a partir del caudal y de una serie de diámetros nominales estandarizados [15]. Las velocidades que se buscan serán en el rango de 0,5 a 1,6 m/s, que serán los recomendables independientemente de lo indicado por el CTE. Junto a esto, se priorizará el ahorro en el coste de las tuberías a la hora de elegir los diámetros determinando no más de tres diferentes, que son los que aparecen en la tabla 15, definidos para cada tramo correspondiente al número de baterías por la que circula el fluido.

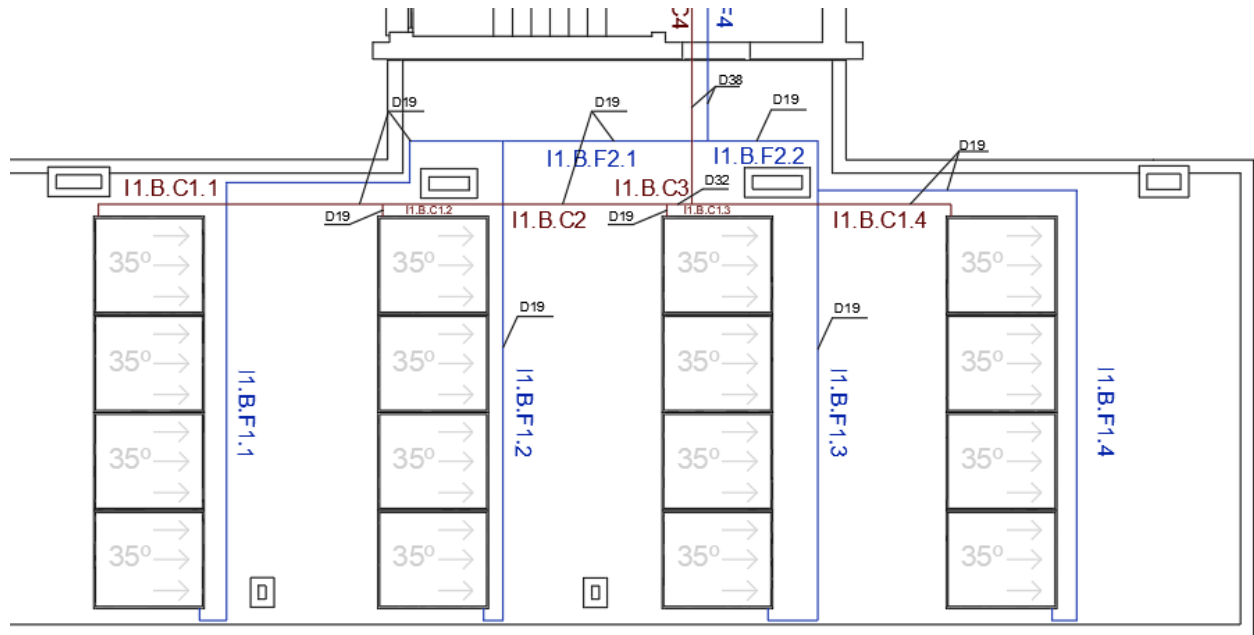


Figura 33. Parte de la cubierta de la instalación 1 con los tramos incluidos.

Tabla 14. Diámetros nominales para cada tramo de la instalación con baterías de 4 captadores.

Tramo	1	2	3	4	6	8
D (mm)	19	19	32	38	38	38
D (pulgadas)	¾	¾	1¼	1½	1½	1½
v (m/s)	0,57	1,15	0,61	0,57	0,86	1,15

Por último, las pérdidas de carga correspondiente al circuito primario se obtiene sumando los valores de pérdida de presión en tuberías, accesorios y equipos.

La siguiente ecuación permite obtener las pérdidas de carga de las tuberías y accesorios, teniendo en cuenta que el coeficiente de rozamiento se puede obtener a través del ábaco de Moody o mediante la fórmula de Blasius como se ha calculado en este caso.

$$\begin{cases} \Delta H = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2g} \\ f = 0,3164 \cdot Re^{-0,25} \\ Re = \frac{v \cdot D \cdot \rho}{\mu} \end{cases}$$

$$\Delta H = K \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

- ΔH es la pérdida de carga (mmca)
- f es el coeficiente de rozamiento
- L es la longitud del tramo (m)

- D es el diámetro de la tubería (m)
- v es la velocidad del fluido por la tubería (m/s)
- g es la aceleración de la gravedad ($9,81 \text{ m/s}^2$)
- Re es el número de Reynolds
- ρ es la densidad del fluido (kg/m^3)
- μ es la viscosidad del fluido ($\text{Pa} \cdot \text{s}$)
- K es el coeficiente de pérdidas de accesorio

Como se observa en las ecuaciones, el número de Reynolds depende de las propiedades del fluido en gran parte. Se han tomado a una temperatura media de $50 \text{ }^\circ\text{C}$, dando como resultado una viscosidad dinámica de $5,47 \times 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ y una densidad de 988 kg/m^3 .

En el anexo A aparecen las tablas donde se desarrollan las ecuaciones anteriores, pero, a modo de resumen, las pérdidas de carga de las ramas de tuberías y accesorios con mayor pérdida de carga de cada instalación, y por lo tanto las más representativas para el diseño de componentes como bombas y válvulas de equilibrado, son las siguientes:

Tabla 15. Pérdidas de carga en tuberías y accesorios del circuito primario de cada instalación.

Instalaciones	ΔH (Pa)	ΔH (mmca)
Instalación 1	10653,0	1085,9
Instalación 2	9751,5	994,0
Instalación 3	12481,2	1272,3

La pérdida de carga en los captadores suele ser despreciable respecto al resto de componentes, pero se puede calcular mirando en su ficha técnica. Al estar dispuestos en paralelo, por cada captador circula el caudal de una batería dividida por el número de captadores, en este caso, por cuatro, es decir, $2,44 \text{ l/min}$. Entrando en la gráfica se consigue extraer la pérdida de carga de aproximadamente $0,88 \text{ mbar}$, por lo tanto, cada batería conlleva una pérdida de presión de $8,8 \text{ mmca}$.

ADISOL BLUE 2.90A

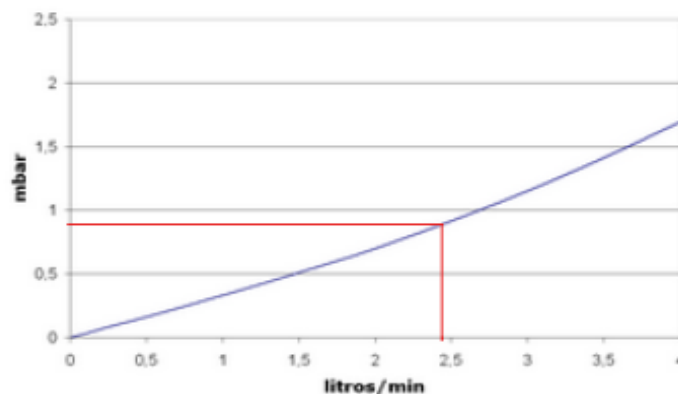


Figura 34. Curva de pérdida de carga del captador ADISOL BLUE 2.90 A.

Por parte del interacumulador, en su ficha técnica aparece la curva de pérdidas de carga, diferente para las tres instalaciones. La gráfica que presenta la Figura 35 pertenece al modelo MVV-5000-SB, en la que se puede aproximar que, para un caudal del primario de $4,688 \text{ m}^3/\text{h}$, la pérdida de presión es de 950 mmca (95 bar). El resto de interacumuladores también disponen de esta curva, por lo que se puede obtener ya la pérdida de carga total del circuito primario de cada instalación.

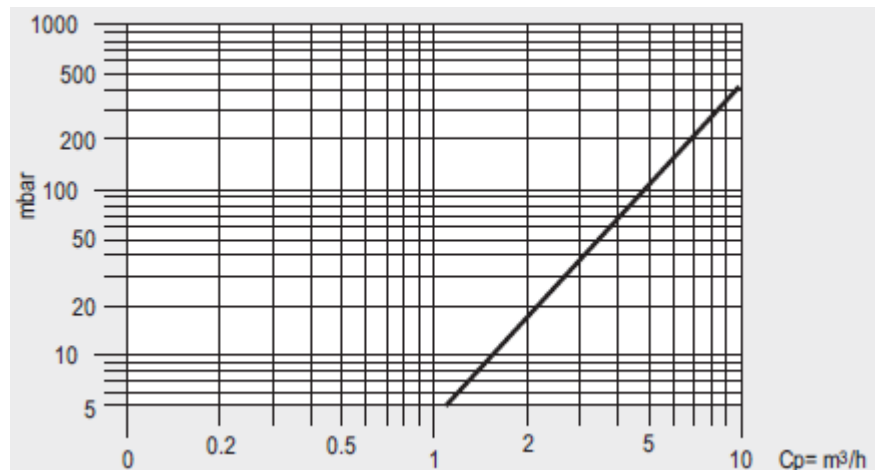


Figura 35. Curva de pérdida de carga del interacumulador MVV-5000-SB.

En la siguiente tabla se resumen los cálculos de pérdida de carga realizados incluyendo los resultados de cada instalación. Es oportuno recordar que estos resultados equivalen al tramo con mayores pérdidas y que va a establecer los criterios necesarios para determinar la bomba de cada circuito.

Tabla 16. Pérdidas de carga en el circuito primario de cada instalación.

Instalación	I1		I2		I3	
	Pa	mca	Pa	mca	Pa	mca
Sistema de tuberías	10653,0	1,09	9751,5	0,99	12481,2	1,27
Captadores	86,3	0,0088	86,3	0,0088	86,3	0,0088
Interacumuladores	9319,5	0,95	9810,0	1,00	8829,0	0,90
TOTAL	20058,9	2,04	19647,9	2,00	21396,4	2,18

6.1.2. Selección de bombas

La bomba es un elemento imprescindible en la instalación solar, por ello es que se instala una extra en paralelo que servirá de repuesto en caso de rotura o necesidad de mantenimiento de la otra. Para seleccionarla se tendrá en cuenta la pérdida de presión que tendrá que superar y el caudal que debe impulsar. Dentro del catálogo de Wilo se ofrece una gama de estas bombas de circulación del modelo VeroLine IP-Z que permitirá escoger la bomba atendiendo a estas dos variables a través de un diagrama que permite escoger la óptima para la instalación a estudio.

Para entrar en el diagrama hay que buscar las pérdidas que aparecen en la Tabla 17 y los caudales obtenidos en el apartado anterior. La instalación 1 transporta un caudal de $4,69 \text{ m}^3/\text{h}$ y la pérdida de carga del circuito hidráulico es de 2,04 m, por tanto, la bomba escogida será la VeroLine-IP-Z 25/6 EM, pues es la tipología que más permite acerca al valor de altura de impulsión necesario. Esta elección será la utilizada también para las dos instalaciones restantes.

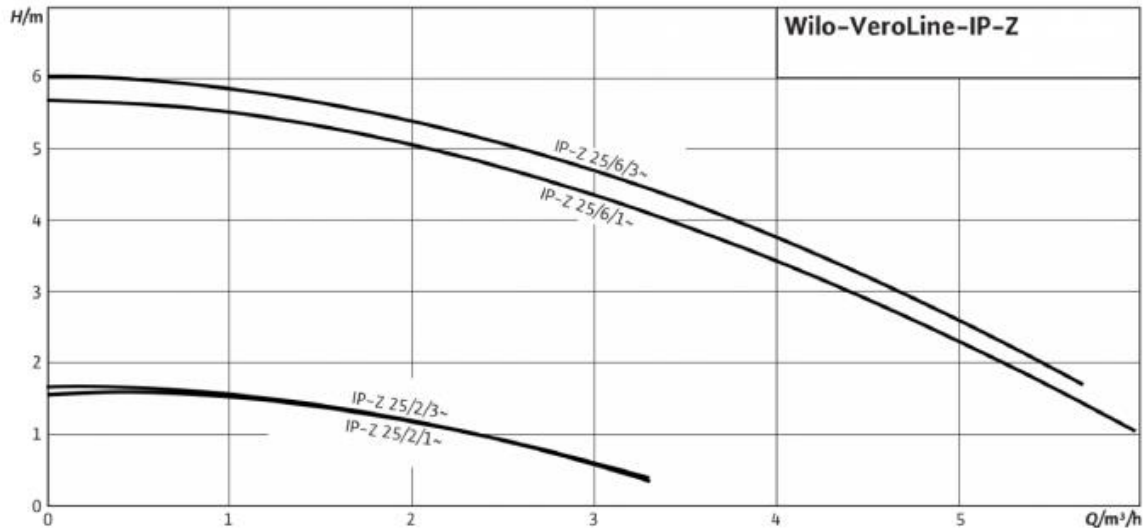


Figura 36. Diagrama general Wilo-VeroLine-IP-Z.

6.1.3. Válvulas de equilibrado

Para que el circuito primario esté equilibrado, es necesario que por todas las ramas del sistema hidráulico circule el caudal de diseño y las pérdidas de carga sean mínimas y similares. Para conseguirlo existen dos opciones:

- Utilizar un ramal invertido del circuito, ya sea de ida o de retorno, para obtener recorridos hidráulicos iguales en todos los lazos del campo. Es recomendable emplear este ramal invertido en la ida, pues las pérdidas son menores.
- Utiliza válvulas de equilibrado u otras válvulas de control del caudal en cada lazo para forzar y regular las pérdidas de carga necesarias.

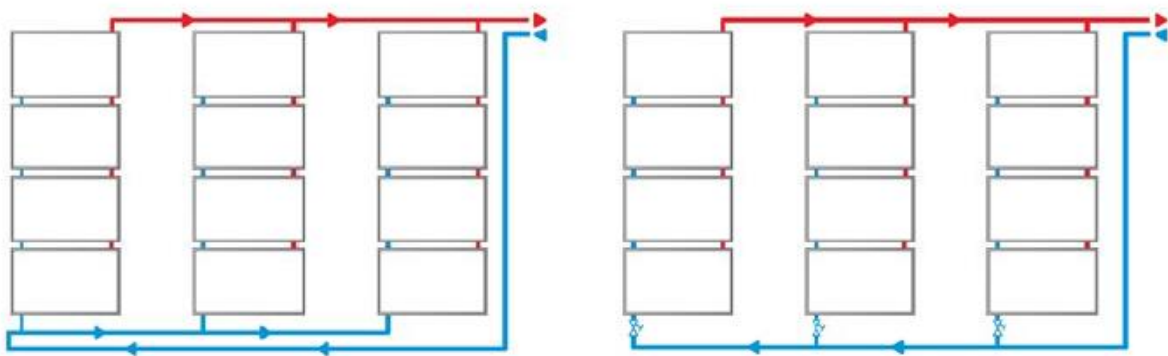


Figura 37. Baterías de captadores conectados con ramal de ida invertido y con válvulas de equilibrado.

En este caso se van a emplear válvulas de equilibrado, lo que implica un dimensionado de las mismas mediante el cálculo de las pérdidas de carga de cada ramal. Se va a determinar la diferencia de pérdidas de carga de cada ramal de captadores teniendo en cuenta únicamente el circuito hidráulico, pues las pérdidas del captador es irrelevante y en el interacumulador es la misma para todos los casos.

Tabla 17. Equilibrado de cada ramal para cada instalación.

Longitud (m)	Ramas	$\Delta H(\text{Pa})$	$\Delta H(\text{mmca})$	Equilibrado (mbar)
40,5	I1.A.1	10653,0	1085,9	0,0
32,0	I1.A.2	8062,6	821,9	26,4
26,9	I1.A.3	6960,3	709,5	37,6
33,8	I1.A.4	8869,5	904,1	18,2
38,1	I1.B.1	10421,8	1062,4	2,4
29,6	I1.B.2	7831,3	798,3	28,8
24,5	I1.B.3	6729,1	685,9	40,0
31,4	I1.B.4	8638,3	880,6	20,5
35,6	I2.A.1	9751,5	994,0	0,0
27,1	I2.A.2	7078,4	721,5	27,2
31,9	I2.A.3	8990,2	916,4	7,8
33,2	I2.B.1	9437,9	962,1	3,2
24,7	I2.B.2	6764,7	689,6	30,4
29,5	I2.B.3	8676,6	884,5	11,0
49,2	I3.1	12481,2	1272,3	0,0
40,8	I3.2	8851,2	902,3	37,0
32,3	I3.3	8280,8	844,1	42,8
32,5	I3.4	9837,1	1002,8	27,0

En la Tabla 18 se muestran todas las ramas de cada instalación con su respectiva pérdida de carga, y puede observarse que existen diferencias entre ellas (columna de la derecha), por lo que es necesario equilibrarlas a través de válvulas que aporten la pérdida de presión que aparece en la tabla anterior.

6.2. SISTEMA DE EXPANSIÓN

Toda instalación debe disponer de un sistema que absorba las sobrepresiones que se produzcan en el circuito hidráulico, por lo que el dimensionado del mismo es un punto importante a estudiar. Este sistema constará de un vaso de expansión cerrado con una membrana elástica como elemento más sensible.

Para el cálculo se toma como referencia la norma UNE 100155-2004 que, en seis pasos, indica cómo obtener el volumen del vaso de expansión de una forma muy sencilla:

1. **Volumen total del circuito** al que se le pretende instalar el vaso de expansión, que se obtiene a través de la siguiente fórmula:

$$V_{tot} = V_{tub} + V_{cs} + V_{int}$$

Para cuantificar el volumen del circuito hidráulico V_{tub} , o de las tuberías, se necesita conocer el diámetro y la longitud de cada tramo del circuito, que fue obtenido en el apartado 6.1.

$$V_{tub} = L \frac{\pi D}{4}$$

Realizando esos cálculos se diseña la siguiente tabla:

Tabla 18. Volumen en el circuito hidráulico de cada instalación.

Instalaciones	L_{tub} (m)	V_{tub} (litros)
Instalación 1	136,2	59,3
Instalación 2	105,5	45,3
Instalación 3	79,4	47,0

El volumen del fluido en el campo solar V_{cs} se calcula mediante la ficha técnica del captador solar, que indica que puede albergar 2,5 litros en su interior. Por tanto, atendiendo al número de captadores que presenta cada instalación, los resultados son 80, 60 y 50 para la instalación 1, 2 y 3, respectivamente.

Para obtener el volumen del interacumulador V_{int} hay que apoyarse también en la ficha del fabricante atendiendo al volumen que puede albergar el serpentín interior de cada interacumulador. El modelo MVV5000-SB tiene una capacidad de 48 litros, el MVV3500-SB de 38 litros y el MVV3000-SB de 29 litros, pertenecientes a las instalaciones 1, 2 y 3, respectivamente.

El volumen total del circuito primario es, por consiguiente:

Tabla 19. Volumen total en el circuito primario de cada instalación.

Instalaciones	V_{tot} (litros)
Instalación 1	187,5
Instalación 2	143,3
Instalación 3	126,0

- Determinación de la temperatura máxima de funcionamiento** del sistema, que en este caso es igual a la temperatura de impulsión. Aunque normalmente las condiciones de funcionamiento no sean tan críticas, esta temperatura corresponde a la máxima que pueden admitir los aparatos o equipos de la instalación que, en este caso, atendiendo a la situación más desfavorable, es 120 °C según el fabricante de captadores solares.
- Cálculo del coeficiente de expansión.** Se emplea la siguiente ecuación, donde t es la temperatura máxima de funcionamiento del circuito:

$$C_e = (-33,48 + 0,738t) \cdot 10^{-3}$$

Para una temperatura de 120 °C el resultado es 0,05508.

- Determinación las presiones de trabajo**, es decir, la mínima, máxima y de la válvula de seguridad.

La presión mínima de funcionamiento P_m será siempre mayor que la atmosférica de forma que nunca penetre aire en la instalación, y mayor también que la presión de saturación del vapor de agua.

Se establece según la altura geométrica en la que se instale el vaso de expansión con respecto a la de los captadores solares que, en este caso, es la misma, por tanto, únicamente se le deberá proporcionar un margen de seguridad de 0,5 bar superior a la presión atmosférica.

La presión máxima de funcionamiento P_M será ligeramente menor que la presión de tarado de la válvula de seguridad, y se determina como el mínimo de estos dos valores:

$$P_M = 0,9 \cdot P_{vs}$$

$$P_M = P_{vs} - 0,5$$

Donde P_{vs} es la presión de la válvula de seguridad, que será la menor entre las máximas presiones de trabajo, a la temperatura de funcionamiento, de los equipos y aparatos que forman parte del circuito primario. Para estas instalaciones los captadores admiten una presión máxima de 10 bar y el interacumulador de 8 bar, por lo que se utilizará una presión inferior a ambas.

Los resultados de las presiones de trabajo son:

$$P_M = 5,4 \text{ bar} ; P_m = 1,5 \text{ bar} ; P_{vs} = 6 \text{ bar}$$

5. **Cálculo del coeficiente de presión.** Toma su valor de aplicar la ecuación siguiente, cuyo resultado es 1,385.

$$C_P = \frac{P_M}{P_M - P_m}$$

6. **Volumen del vaso de expansión.** Se determina a través de la ecuación que se muestra a continuación:

$$V_{vaso} = V_{tot} \cdot C_e \cdot C_P$$

Su cuantificación se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 20. Volumen de diseño de los vasos de expansión de cada instalación.

Instalaciones	V_{vaso} (litros)
Instalación 1	14,3
Instalación 2	10,9
Instalación 3	9,6

Tras el dimensionado habrá que buscar en el catálogo del fabricante un modelo que se adapte a cada instalación teniendo en cuenta, además, el diámetro del ramal de conexión del vaso de expansión al circuito primario, que debe ser lo suficientemente grande para permitir la adecuada disminución de la presión del circuito dejando pasar el caudal de líquido suficiente al vaso de expansión y, según la Guía Técnica de IDAE [8] no debe ser inferior a 3/4" si la superficie de captadores es menor de 50 m² e inferior a 1" si es menor de 150 m².

El catálogo de ADISOL ofrece una gran variedad de vasos de expansión, se escogerá para las tres instalaciones el modelo AVI V 35 P con capacidad de 35 litros, cubriendo lo requerido sobradamente con la conexión con diámetro mínimo recomendado por la Guía.



Modelo	Codigo	Capacidad (Litros)	Diámetro (mm)	Altura (mm)	Conexión	Peso
ADI V 35 P	560653	35	360	615	1"	10
ADI V 50 P	509654	50	360	750	1"	12
ADI V 80 P	509655	80	450	750	1"	16
ADI V 100 P	509656	100	450	850	1"	18

Modelos con patas y membrana recambiable

Figura 38. Modelos de vaso de expansión de marca ADISOL.

6.3. CIRCUITO DE DISTRIBUCIÓN Y RETORNO

En este apartado se va a obtener la bomba de retorno de cada instalación, para lo que se necesita el caudal que mueve junto a la altura geométrica que tiene que superar.

En el plano nº 4 aparece el esquema de verticales, que viene dado por la instalación de fontanería del edificio, que permite calcular la altura geométrica de cada instalación, mientras que el caudal será estimado, resultados que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 21. Características del circuito de distribución y retorno.

Instalaciones	Q _{distr} (l/h)	H _{distr} (mca)	Bomba
Instalación 1	2000	35	Wilo-Helix V 206
Instalación 2	1000	19	Wilo-Helix V 202
Instalación 3	1000	19	Wilo-Helix V 202

Las bombas que se van a seleccionar pertenecen a la gama Wilo-Helix V, concretamente los modelos Wilo-Helix V 206 y Wilo-Helix V 202, cuya curva característica aparece en la Figura 39, e instalándose una bomba de reserva por cada circuito.

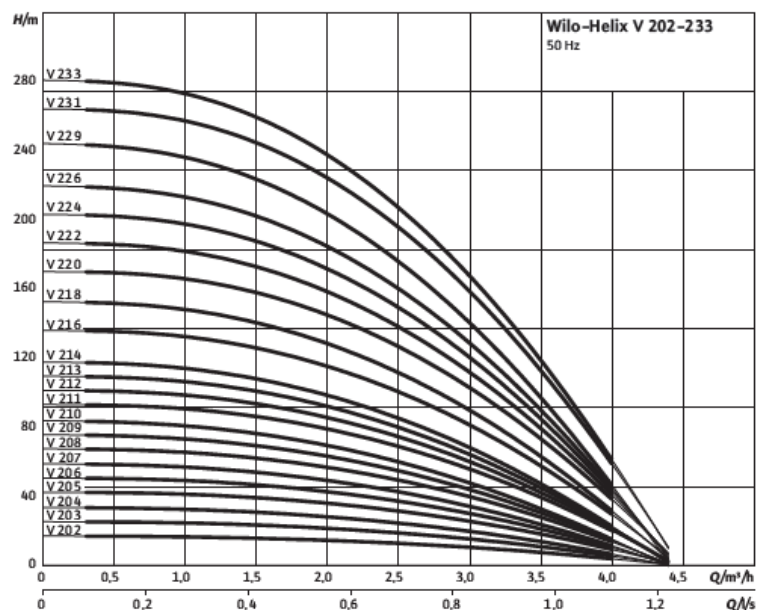


Figura 39. Curva característica de las bombas Wilo-Helix V 202-233.

6.4. CÁLCULO DEL AISLAMIENTO TÉRMICO

El RITE dispone que todas las tuberías y accesorios, así como equipos, aparatos y depósitos de las instalaciones térmicas dispondrán de un aislamiento térmico cuando contengan fluidos con temperaturas mayor de 40 °C y estén instalados en locales no calefactados.

Los criterios del procedimiento simplificado que hay que tener en cuenta son los siguientes:

- Los espesores mínimos de aislamientos térmicos expresados 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 con conductividad térmica de referencia a 10 °C de 0,040 W/mK deben ser los indicados en las tablas siguientes:
- Los espesores mínimos de aislamiento de las redes de tuberías que tengan un funcionamiento continuo, como redes de agua caliente sanitaria, deben ser los indicados en las tablas anteriores aumentados en 5 mm.
- Los espesores mínimos de aislamiento de los accesorios de la red, como válvulas, filtros, etc., serán los mismos que los de la tubería en que estén instalados.

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

Figura 40. Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios según el RITE.

El material de las tuberías y accesorios será cobre, que tiene una conductividad térmica a 10 °C de 0,040 W/mK, por lo que se hará uso de la Figura 40, teniendo en cuenta que se debe aumentar en 5 mm su espesor y que la temperatura máxima del fluido no superará los 100 °C. Para los diferentes diámetros se obtiene:

Tabla 22. Espesores de aislamiento para cada instalación.

Diámetro (mm)	L_{I1} (m)	L_{I2} (m)	L_{I3} (m)	e_{aisl} (mm)
19	111,689	85,108	55,787	40
32	0,746	16,810	3,945	40
38	23,801	7,861	19,683	50

6.5. SISTEMA DE REGULACIÓN Y CONTROL

El sistema de regulación y control es una parte muy importante para el correcto funcionamiento de la instalación, permitiendo su optimización y protección. Para ello, se instalará una centralita de regulación de la marca ADISOL y modelo A-SOL B, con el que se podrá realizar el control especificado en la *Memoria Descriptiva*. En la Figura 41 se puede observar su cuadro de conexiones, donde:

- S1, S2, S3 y S4 se corresponden a los bornes de las sondas.
- VBus realiza la salida de datos.
- La puesta a tierra presenta tres bornes.
- R1 y R2 se corresponden a los bornes de las cargas eléctricas o actuadores.
- L es la conexión a la red eléctrica.

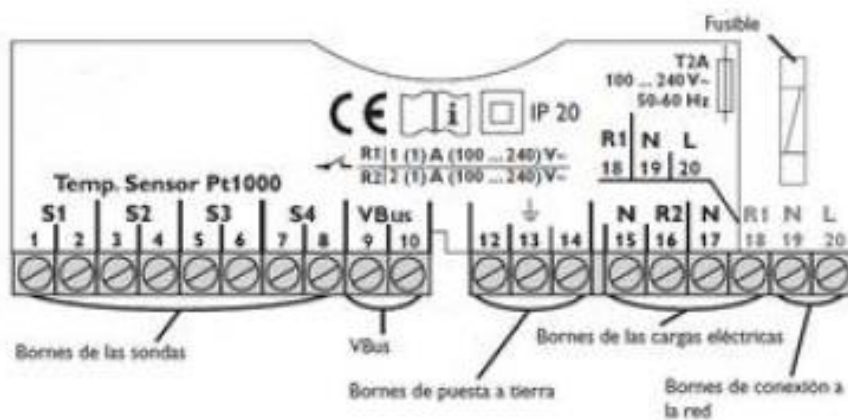


Figura 41. Cuadro de conexiones del regulador solar A-SOL B.

6.6. SISTEMA ELÉCTRICO

La instalación eléctrica dará servicio a todos los elementos del sistema que lo necesiten: bombas de circulación, bomba de retorno y centralita de control o regulador solar.

Todos los elementos deben disponer de una línea de alimentación debidamente dimensionada y protegida, con sus correspondientes protecciones magnetotérmicas y diferenciales que se situarán en el cuadro eléctrico.

En el plano N° 11 se detallan el conjunto de componentes de protección que se emplearán en la instalación en un esquema unifilar donde las conexiones con las diferentes bombas están protegidas mediante un relé y un magnetotérmico y presentan, además, una luz que permite visualizar si existe algún problema. El conmutador

manual que aparece permitirá cambiar la bomba que accionará el circuito, y el reloj programador es el que controla el retorno manualmente.

En los bornes de conexión a red del regulador solar se instala un magnetotérmico general junto con un diferencial que proteja por contacto, y habrá que poner a tierra el equipo de manera adecuada.

Para desarrollar el esquema unifilar, es fundamental calcular la sección del cable que conectará a las bombas con el regulador solar, así como la conexión a la red de este. Para ello, se hace uso de las Instrucciones Técnicas Complementarias de Baja Tensión (ITC-BT) siguientes: ITC-BT-07, ITC-BT-11, ITC-BT-21 e ITC-BT-47. Los datos de las bombas con los que partir para determinar las dimensiones del cableado son los que aparecen en la siguiente tabla:

Tabla 23. Características eléctricas de los elementos de la instalación.

Característica	Wilo-VerloLine IP-Z 25/6 EM	Wilo-Helix V202	Wilo-Helix V206
Intensidad nominal (A)	1,45	2,28	3,33
Potencia nominal (kW)	0,18	0,37	0,55
Tensión (V)	1F 230	1F 230	1F 230

La ITC-BT-07 permite calcular la sección de cable cumpliendo el criterio térmico, obteniendo, de su Tabla 5, una sección de 6 mm² con aislamiento de PVC, que conlleva una intensidad máxima admisible de 63 A, mucho mayor de la nominal de cada aparato. Además, por agrupación de cables unipolares se debe aplicar un factor de corrección de 1,225. En la ITC-BT-47 añaden que en el caso de que los conductores alimenten a un solo motor deberán dimensionarse para una intensidad del 125% de la nominal, de nuevo un valor muy lejano al máximo que permite el cable escogido.

La ITC-BT-11 explica que para calcular la sección del cable hay que tener en cuenta, además, la caída máxima de tensión admisible, que depende de la longitud y de la sección del cable. En este caso las dimensiones son mínimas y no se utilizará el criterio de caída de tensión para el cálculo.

Para proteger los cables, en la ITC-BT-21 muestran una tabla con los diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores, tubos rígidos que se instalarán para que el cableado no pueda sufrir daños no eléctricos. Como son dos conductores (fase y neutro) y la sección es de 6 mm², el tubo tendrá un diámetro exterior de 16 mm.

En el caso de los conductores que van desde el regulador a la red, se escogerá la sección de 6 mm² también, pues, sin tener las características eléctricas de la centralita, se supone que no serán tan superiores como para necesitar una sección mayor. Para el circuito eléctrico de las bombas del retorno se aplicará el mismo resultado.

6.6. VALVULERÍA Y ACCESORIOS

Por último, hay que especificar dónde y cuáles serán los accesorios que van a instalarse y que no se han calculado anteriormente, que serán accesorios del circuito hidráulico, como codos o tees, entre otros, válvulas de diferentes tipos, filtros, purgadores y elementos necesarios para el acoplamiento de captadores.

- **Accesorios hidráulicos para los captadores solares.** Para acoplar un captador a otro se necesitan elementos como juntas, conexiones, manguitos o tapones. En el catálogo de ADISOL ofertan kits de racores para interconectar la batería y aparece un esquema donde muestran cómo instalarlos y cuántos hacen falta.

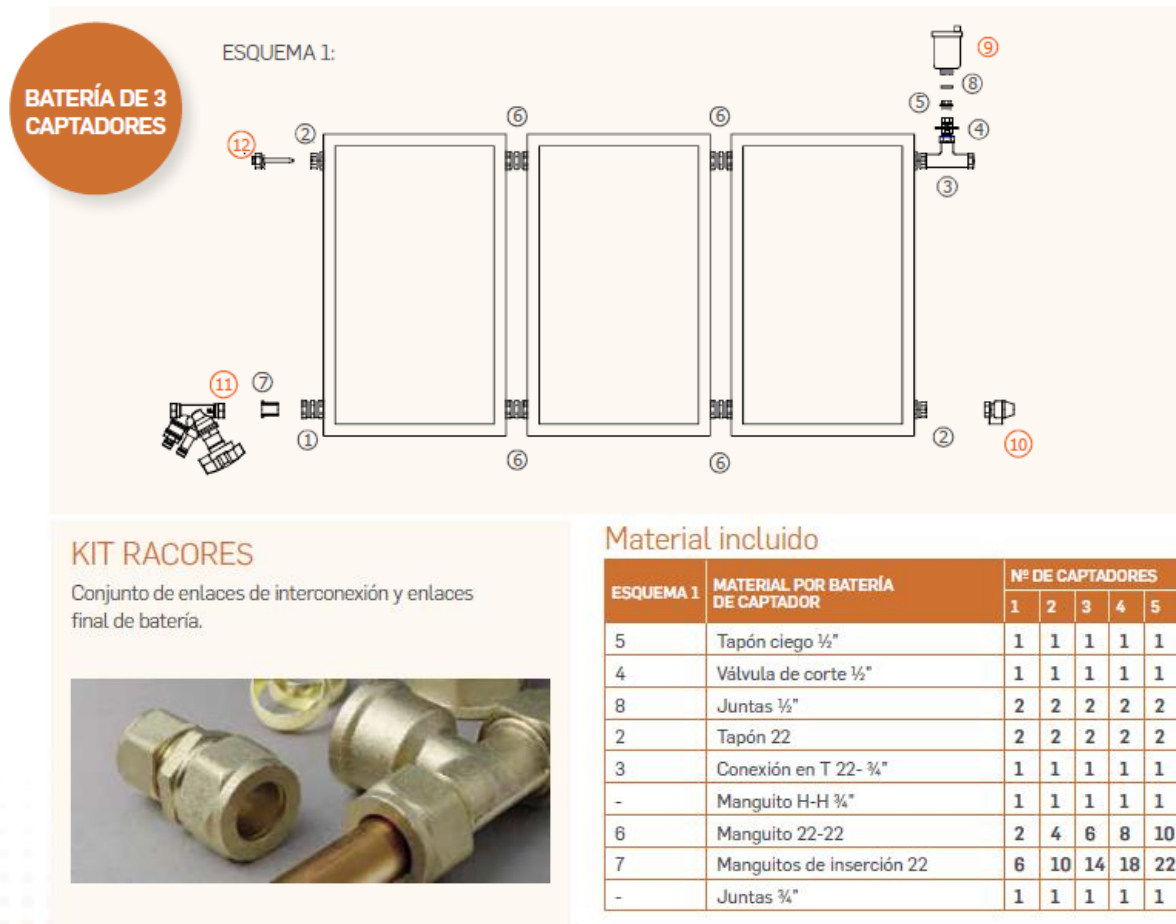


Figura 42. Esquema y kit racores para baterías de hasta cinco captadores.

- **Accesorios del circuito hidráulico.** Para la correcta circulación del fluido caloportador a lo largo del circuito primario son necesarios codos del diámetro nominal que determine el tramo donde se instale. En este caso, se necesitan un total de 66 codos de 90° de 19 mm y 14 codos de 90° de 38 mm para el conjunto de las tres instalaciones.

Además, para la interconexión entre tramos se necesitan tees y cruces de 90°. Se instalarán tees y coples de reducción en el caso en el que los tramos que se enlacen tengan distinto diámetro, optando por 20 tees de 19x19x19, 2 tees de 32x32x32 y 4 tees de 38x38x38 milímetros, 2 cruces de 19x19x19x19 mm y coples de reducción de 38x19, 38x32 y 32x19 milímetros, 8, 2 y 12, respectivamente.

En los planos 5, 7 y 9 podrá observarse el lugar en el que se disponen estos elementos en función del diámetro de cada tramo.

- **Valvulería.** Se van a emplear un total de 90 **válvulas de corte** tipo esfera a la salida de cada batería de captadores (en la entrada únicamente donde no haya que equilibrar el ramal) y para aislar distintas zonas y equipos de la instalación: bombas, interacumulador, manómetros, circuito de consumo.

Las **válvulas de equilibrado con corte acoplado** serán 25, y se instalarán a la entrada de todas las baterías, a excepción de las que tiene una pérdida de carga máxima en la instalación.

Serán 18 las **válvulas de seguridad**, dispuestas a la entrada de las dieciocho baterías de captadores y junto a los vasos de expansión.

Las **válvulas de retención** se emplearán en la impulsión de cada bomba y en la alimentación del depósito solar, siendo un total de 15 válvulas.

- **Purgadores.** Se instalarán 18 purgadores automáticos a la salida de cada batería de captadores.
- **Filtros.** Para evitar daños en las bombas de circulación se emplearán filtros en la aspiración y en la

alimentación del depósito solar, un total de 6 filtros.

- Soldadura de Estaño-Plomo. Para soldar todos los elementos se necesitará material para hacerlo, por lo que se utilizará este tipo de soldadura.

3 PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

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.

Se detallarán una serie de requisitos generales, la normativa de aplicación y consulta, los condicionantes de cada componente, las condiciones de montaje, las pruebas, puesta en marcha y recepción, los requisitos de mantenimiento y las garantías.

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

En determinados supuestos para los proyectos se podrán adoptar, por la propia naturaleza del mismo o del desarrollo tecnológico, soluciones diferentes a las exigidas en este documento, siempre que quede suficientemente justificada su necesidad y que no impliquen una disminución de las exigencias mínimas de calidad especificadas en el mismo.

2. GENERALIDADES

En general, a las instalaciones recogidas bajo este documento le son de aplicación el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE), y sus Instrucciones Técnicas (IT), junto con la serie de normas UNE sobre energía solar térmica listadas en el punto 4 del pliego, así como lo dispuesto en el Código Técnico de la Edificación (CTE) sobre energía solar térmica.

En cualquier caso, si se aprecian posibles discrepancias entre este PCT y lo dispuesto en el RITE o CTE, o bien estos resultaran más restrictivos que aquél en cualquier punto específico, siempre prevalecerán sobre las condiciones técnicas expuestas en el PCT.

Este Pliego de Condiciones Técnicas (PCT) es de aplicación para instalaciones con captadores cuyo coeficiente global de pérdidas sea inferior o igual a $9 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{A}^\circ\text{C})$.

3. REQUISITOS GENERALES

3.1. FLUIDO DE TRABAJO

Como fluido de trabajo en el circuito primario se utilizará agua de la red, o agua desmineralizada, o agua con aditivos, según las características climatológicas del lugar y del agua utilizada. Los aditivos más usuales son los anticongelantes, aunque en ocasiones se puedan utilizar aditivos anticorrosivos.

La utilización de otros fluidos térmicos requerirá incluir su composición y calor específico en la documentación del sistema y la certificación favorable de un laboratorio acreditado.

En cualquier caso, el pH a 20°C del fluido de trabajo estará comprendido entre 5 y 9, y el contenido en sales se ajustará a los señalados en los puntos siguientes:

- a) La salinidad del agua del circuito primario no excederá de 500 mg/l totales de sales solubles. En el caso de no disponer de este valor se tomará el de conductividad como variable limitante, no sobrepasando los $650 \mu\text{S}/\text{cm}$.
- b) El contenido en sales de calcio no excederá de 200 mg/l . expresados como contenido en carbonato cálcico.
- c) El límite de dióxido de carbono libre contenido en el agua no excederá de 50 mg/l .

Fuera de estos valores, el agua deberá ser tratada.

El diseño de los circuitos evitará cualquier tipo de mezcla de los distintos fluidos que pueden operar en la instalación. En particular, se prestará especial atención a una eventual contaminación del agua potable por el fluido del circuito primario.

Para aplicaciones en procesos industriales, refrigeración o calefacción, las características del agua exigidas por dicho proceso no sufrirán ningún tipo de modificación que pueda afectar al mismo.

3.2. PROTECCIÓN CONTRA HELADAS

3.2.1. Generalidades

El fabricante, suministrador final, instalador o diseñador del sistema deberá fijar la mínima temperatura permitida en el sistema. Todas las partes del sistema que estén expuestas al exterior deberán ser capaces de soportar la temperatura especificada sin daños permanentes en el sistema.

Cualquier componente que vaya a ser instalado en el interior de un recinto donde la temperatura pueda caer por debajo de los 0 °C, deberá estar protegido contra heladas.

El fabricante deberá describir el método de protección anti-heladas usado por el sistema. A los efectos de este documento, como sistemas de protección anti-heladas podrán utilizarse:

1. Mezclas anticongelantes.
2. Recirculación de agua de los circuitos.
3. Drenaje automático con recuperación de fluido.
4. Drenaje al exterior (sólo para sistemas solares prefabricados).

3.2.2. Mezclas anticongelantes

Como anticongelantes podrán utilizarse los productos, solos o mezclados con agua, que cumplan la reglamentación vigente y cuyo punto de congelación sea inferior a 0 °C (el punto de congelación deberá de estar acorde con las condiciones climáticas del lugar). En todo caso, su calor específico no será inferior a 3 kJ/(kgAK), equivalentes a 0,7 kcal/(kgA°C), medido a una temperatura 5 °C menor que la mínima histórica registrada.

Se deberán tomar precauciones para prevenir posibles deterioros del fluido anticongelante como resultado de condiciones altas de temperatura. Estas precauciones deberán de ser comprobadas de acuerdo con UNE-EN 12976-2.

La instalación dispondrá de los sistemas necesarios para facilitar el llenado de la misma y para asegurar que el anticongelante está perfectamente mezclado.

Es conveniente que se disponga de un depósito auxiliar para reponer las pérdidas que se puedan dar del fluido en el circuito, de forma que nunca se utilice un fluido para la reposición cuyas características incumplan el Pliego. Será obligatorio en los casos de riesgos de heladas y cuando el agua deba tratarse.

En cualquier caso, el sistema de llenado no permitirá las pérdidas de concentración producidas por fugas del circuito y resueltas con reposición de agua de red.

3.2.3. Recirculación del agua del circuito

Este método de protección anti-heladas asegurará que el fluido de trabajo está en movimiento cuando exista riesgo de helarse.

El sistema de control actuará, activando la circulación del circuito primario, cuando la temperatura detectada preferentemente en la entrada de captadores o salida o aire ambiente circundante alcance un valor superior al de congelación del agua (como mínimo 3 °C).

Este sistema es adecuado para zonas climáticas en las que los períodos de baja temperatura sean de corta duración.

Se evitará, siempre que sea posible, la circulación de agua en el circuito secundario.

3.2.4. Drenaje automático con recuperación del fluido

El fluido en los componentes del sistema que están expuestos a baja temperatura ambiente es drenado a un depósito, para su posterior uso, cuando hay riesgo de heladas.

La inclinación de las tuberías horizontales debe estar en concordancia con las recomendaciones del fabricante en el manual de instalador al menos en 20 mm/m.

El sistema de control actuará sobre la electroválvula de drenaje cuando la temperatura detectada en captadores alcance un valor superior al de congelación del agua (como mínimo 3 °C).

El vaciado del circuito se realizará a un tanque auxiliar de almacenamiento, debiéndose prever un sistema de llenado de captadores para recuperar el fluido.

El sistema requiere utilizar un intercambiador de calor entre los captadores y el acumulador para mantener en éste la presión de suministro de agua caliente.

3.2.5. Sistemas de drenaje al exterior (sólo para sistemas solares prefabricados)

El fluido en los componentes del sistema que están expuestos a baja temperatura ambiente es drenado al exterior cuando hay riesgo de heladas.

La inclinación de las tuberías horizontales debe estar en concordancia con las recomendaciones del fabricante en el manual de instalador al menos en 20 mm/m.

Este sistema no está permitido en los sistemas solares a medida.

3.3. SOBRECALENTAMIENTO

3.3.1. Protección contra sobrecalentamientos

El sistema deberá estar diseñado de tal forma que, con altas radiaciones solares prolongadas sin consumo de agua caliente, no se produzcan situaciones en las cuales el usuario tenga que realizar alguna acción especial para llevar al sistema a su forma normal de operación.

Cuando el sistema disponga de la posibilidad de drenajes como protección ante sobrecalentamientos, la construcción deberá realizarse de tal forma que el agua caliente o vapor del drenaje no supongan ningún peligro para los habitantes y no se produzcan daños en el sistema, ni en ningún otro material en el edificio o vivienda.

Cuando las aguas sean duras (contenido en sales de calcio entre 100 y 200 mg/l) se realizarán las previsiones necesarias para que la temperatura de trabajo de cualquier punto del circuito de consumo no sea superior a 60 °C, sin perjuicio de la aplicación de los requerimientos necesarios contra la legionella. En cualquier caso, se dispondrán los medios necesarios para facilitar la limpieza de los circuitos.

3.3.2. Protección contra quemaduras

En sistemas de agua caliente sanitaria, donde la temperatura de agua caliente en los puntos de consumo pueda exceder de 60 °C deberá ser instalado un sistema automático de mezcla u otro sistema que limite la temperatura de suministro a 60°C, aunque en la parte solar pueda alcanzar una temperatura superior para sufragar las pérdidas. Este sistema deberá ser capaz de soportar la máxima temperatura posible de extracción del sistema solar.

3.3.3. Protección de materiales y componentes contra altas temperaturas

El sistema deberá ser diseñado de tal forma que nunca se exceda la máxima temperatura permitida por todos los materiales y componentes.

3.4. RESISTENCIA A PRESIÓN

Se deberán cumplir los requisitos de la norma UNE-EN 12976-1.

En caso de sistemas de consumo abiertos con conexión a la red, se tendrá en cuenta la máxima presión de la misma para verificar que todos los componentes del circuito de consumo soportan dicha presión.

3.5. PREVENCIÓN DE FLUJO INVERSO

La instalación del sistema deberá asegurar que no se produzcan pérdidas energéticas relevantes debidas a flujos inversos no intencionados en ningún circuito hidráulico del sistema.

La circulación natural que produce el flujo inverso se puede favorecer cuando el acumulador se encuentra por debajo del captador, por lo que habrá que tomar, en esos casos, las precauciones oportunas para evitarlo.

En sistemas con circulación forzada se aconseja utilizar una válvula anti-retorno para evitar flujos inversos.

3.6. PREVENCIÓN DE LA LEGIONELOSIS

Se deberá cumplir, cuando sea de aplicación, el Real Decreto 865/2003, por lo que la temperatura del agua en el circuito de distribución de agua caliente no deberá ser inferior a 50 °C en el punto más alejado y previo a la mezcla necesaria para la protección contra quemaduras o en la tubería de retorno al acumulador. La instalación permitirá que el agua alcance una temperatura de 70°C. En consecuencia, no se admite la presencia de componentes de acero galvanizado.

4. NORMATIVA DE APLICACIÓN Y CONSULTA

4.1. NORMATIVA DE APLICACIÓN

- 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).
- Ordenanzas de Seguridad e Higiene en el Trabajo (OSHT).
- Ley de Protección del Ambiente Atmosférico (LPAA).
- Ley número 88/67 de 8 de noviembre: *Sistema Internacional de Unidades de Medida SI*.
- Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.
- Orden de 28 de julio de 1980, por la que se aprueban las normas e instrucciones técnicas complementarias para la homologación de los paneles solares.
- Orden ITC/71/2007, de 22-01-2007, por la que se modifica el anexo de la Orden 28-07-1980 por la que se aprueban las normas e instrucciones técnicas complementarias para la homologación de paneles solares.
- Orden ITC/2761/2008, de 26 de septiembre, por la que se amplía el plazo establecido en la disposición transitoria segunda de la Orden ITC/71/2007, de 22 de enero, por la que se modifica el anexo de la Orden de 28 de julio de 1980 por la que se aprueban las normas e instrucciones técnicas complementarias para la homologación de paneles solares.

4.2. NORMATIVA DE CONSULTA

- UNE-EN 12975-1: *Sistemas solares térmicos y sus componentes. Captadores solares. Parte 1: Requisitos generales.*
- UNE-EN 12975-2: *Sistemas solares térmicos y sus componentes. Captadores solares. Parte 2: Métodos de ensayo.*
- UNE-EN 12976-1: *Sistemas solares térmicos y sus componentes. Sistemas solares prefabricados. Parte 1: Requisitos generales.*
- UNE-EN 12976-2: *Sistemas solares térmicos y sus componentes. Sistemas solares prefabricados. Parte 2: Métodos de ensayo.*
- UNE-EN 12977-1: *Sistemas solares térmicos y sus componentes. Instalaciones a medida. Parte 1: Requisitos generales.*
- UNE-EN 12977-2: *Sistemas solares térmicos y sus componentes. Instalaciones a medida. Parte 2: Métodos de ensayo.*
- UNE-EN 12977-3: *Sistemas solares térmicos y sus componentes. Parte 3: Caracterización del funcionamiento de acumuladores para las instalaciones de calefacción solares.*
- UNE 94002: *Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria: cálculo de la demanda de energía térmica.*
- UNE 94003: *Datos climáticos para el dimensionado de las instalaciones solares térmicas.*
- prEN 806-1: *Specifications for installations inside buildings conveying water for human consumption. Part 1: General.*
- prEN 1717: *Protection against pollution of potable water in drinking water installations and general requirements of devices to prevent pollution by back flow.*
- EN 60335-1/1995: *Safety of household and similar electrical appliances. Part 1: General requirements (IEC 335-1/1991 modified).*

- EN 60335-2-21: *Safety of household and similar electrical appliances. Part 2: Particular requirements for storage water heaters* (IEC 335-2-21/1989 + Amendments 1/1990 and 2/1990, modified).
- ENV 61024-1: *Protection of structures against lightning. Part 1: General principles* (IEC 1024-1/1990, modified).
- Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción.
- ISO 9488: *Energía solar. Vocabulario*.

Se considerará la edición más reciente de las normas antes mencionadas, con las últimas modificaciones oficialmente aprobadas.

5. COMPONENTES

5.1. GENERALIDADES

Los materiales de la instalación deben soportar las máximas temperaturas y presiones que puedan alcanzarse.

Todos los componentes y materiales cumplirán lo dispuesto en el Reglamento de Aparatos a Presión, que les sea de aplicación.

Cuando sea imprescindible utilizar en el mismo circuito materiales diferentes, especialmente cobre y acero, en ningún caso estarán en contacto, debiendo situar entre ambos juntas o manguitos dieléctricos.

En todos los casos es aconsejable prever la protección catódica del acero.

Los materiales situados en intemperie se protegerán contra los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la humedad.

Para procesos industriales, el diseño, cálculo, montaje y características de los materiales deberán cumplir los requisitos establecidos por el proceso industrial.

Se debe tener particular precaución en la protección de equipos y materiales que pueden estar expuestos a agentes exteriores especialmente agresivos producidos por procesos industriales cercanos.

5.2. CAPTADORES SOLARES

El captador seleccionado deberá poseer la certificación emitida por un organismo competente en la materia, según la legislación vigente.

Si se utilizan captadores convencionales de absorbedor metálico, ha de tenerse en cuenta que el cobre solamente es admisible si el pH del fluido en contacto con él está comprendido entre 7,2 y 7,6. Absorbedores de hierro no son aptos en absoluto.

La pérdida de carga del captador para un caudal de 1 l/min por m² será inferior a 1 m c.a.

El captador llevará, preferentemente, un orificio de ventilación, de diámetro no inferior a 4 mm, situado en la parte inferior de forma que puedan eliminarse acumulaciones de agua en el captador. El orificio se realizará de manera que el agua pueda drenarse en su totalidad sin afectar al aislamiento.

Cuando se utilicen captadores con absorbedores de aluminio, obligatoriamente se utilizarán fluidos de trabajo con un tratamiento inhibidor de los iones de cobre y hierro.

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

- Nombre del fabricante
- Tipo
- Número de serie
- Año de fabricación
- Superficie total del captador
- Dimensiones del captador
- Presión máxima de trabajo
- Temperatura de estancamiento a 1000 W/m² y 30°C
- Volumen del fluido de transferencia de calor
- Peso del captador vacío
- Fabricado en

5.3. 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:

- Nombre o razón social del fabricante, de su mandatario legalmente establecido en la CEE o del importador.
- Contraseña y nombre de registro del tipo, si procede.
- Número de fabricación.
- Características principales.

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 envoltente, se denominará interacumulador.

Cuando el intercambiador esté incorporado al acumulador, la placa de identificación indicará, además, los siguientes datos:

- Superficie de intercambio térmico en m².
- Presión máxima de trabajo del circuito primario.

Cada acumulador vendrá equipado de fábrica de los necesarios manguitos de acoplamiento, soldados antes del tratamiento de protección, para las siguientes funciones:

- Manguitos roscados para la entrada de agua fría y la salida de agua caliente.
- Registro embridado para inspección del interior del acumulador y eventual acoplamiento del serpentín.
- Manguitos roscados para la entrada y salida del fluido primario.
- Manguitos roscados para accesorios como termómetro y termostato.

- Manguito para el vaciado.

Los acumuladores vendrán equipados de fábrica con las bocas necesarias soldadas antes de efectuar el tratamiento de protección interior.

El acumulador estará enteramente recubierto con material aislante, y es recomendable disponer una protección mecánica en chapa pintada al horno, PRFV, o lámina de material plástico.

Todos los acumuladores irán equipados con la protección catódica o anticorrosiva establecida por el fabricante para garantizar su durabilidad.

Todos los acumuladores se protegerán, como mínimo, con los dispositivos indicados en el punto 5 de la Instrucción Técnica Complementaria MIE-AP-11 del Reglamento de Aparatos a Presión (Orden 11764 de 31 de mayo de 1985 - BOE número 148 de 21 de junio de 1985).

La utilización de acumuladores de hormigón requerirá la presentación de un proyecto firmado por un técnico competente.

Al objeto de estas especificaciones, podrán utilizarse acumuladores de las características y tratamiento descritos a continuación:

- Acumuladores de acero vitrificado.
- Acumuladores de acero con tratamiento epoxídico.
- Acumuladores de acero inoxidable, adecuados al tipo de agua y temperatura de trabajo.
- Acumuladores de cobre.
- Acumuladores no metálicos que soporten la temperatura máxima del circuito, cumplan las normas UNE que le sean de aplicación y esté autorizada su utilización por las Compañías de suministro de agua potable.
- Acumuladores de acero negro (sólo en circuitos cerrados, sin agua de consumo)

5.4. INTERCAMBIADOR DE CALOR

Se indicará el fabricante y modelo del intercambiador de calor, así como datos de sus características de actuación medidos por el propio fabricante o por un laboratorio acreditado.

El intercambiador seleccionado resistirá la presión máxima de trabajo de la instalación. En particular se prestará especial atención a los intercambiadores que, como en el caso de los depósitos de doble pared, presentan grandes superficies expuestas por un lado a la presión y por otro, a la atmósfera, o bien, a fluidos a mayor presión.

En ningún caso se utilizarán interacumuladores con envolvente que dificulten la convección natural en el interior del acumulador.

Los materiales del intercambiador de calor resistirán la temperatura máxima de trabajo del circuito primario y serán compatibles con el fluido de trabajo.

Los intercambiadores de calor utilizados en circuitos de agua sanitaria serán de acero inoxidable o cobre.

El diseño del intercambiador de calor permitirá su limpieza utilizando productos líquidos.

El fabricante del intercambiador de calor garantizará un factor de ensuciamiento menor al permitido en los Criterios de Dimensionado y Cálculo de Instalaciones de Energía Solar Térmica.

Los tubos de los intercambiadores de calor tipo serpentín sumergido en el depósito tendrán diámetros interiores inferiores o iguales a una pulgada, para instalaciones por circulación forzada. En instalaciones por termosifón, tendrán un diámetro mínimo de una pulgada.

La pérdida de carga de diseño en el intercambiador de calor no será superior a 3 m c.a., tanto en el circuito primario como en el secundario.

5.5. BOMBAS DE CIRCULACIÓN

La bomba de circulación llevará una placa de identificación en un lugar claramente visible, en la cual se especificarán los siguientes datos:

- Fabricante.
- Marca y modelo.
- Número de serie.
- Características eléctricas

Las bombas podrán ser del tipo en línea, de rotor seco o húmedo, o de bancada. Siempre que sea posible se utilizarán bombas tipo circuladores en línea.

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.

Las bombas serán resistentes a las averías producidas por efecto de las incrustaciones calizas.

Las bombas serán resistentes a la presión máxima del circuito.

La bomba se seleccionará de forma que el caudal y la pérdida de carga de diseño se encuentren dentro de la zona de rendimiento óptimo especificado por el fabricante.

Cuando todas las conexiones son en paralelo, el caudal nominal será el igual al caudal unitario de diseño multiplicado por la superficie total de captadores conectados en paralelo.

La presión de la bomba deberá compensar todas las pérdidas de carga del circuito correspondiente.

La potencia eléctrica parásita para la bomba no debería exceder los valores dados en la siguiente tabla.

Tabla 24. Límite para la potencia eléctrica de la bomba.

Sistema	Potencia eléctrica de la bomba
Sistemas pequeños	50 W o 2 % de la mayor potencia calorífica que pueda suministrar el grupo de captadores
Sistemas grandes	1 % de la mayor potencia calorífica que pueda suministrar el grupo de captadores

La potencia máxima de la bomba especificada anteriormente excluye la potencia de las bombas de los sistemas de drenaje con recuperación, que sólo es necesaria para rellenar el sistema después de un drenaje.

La bomba permitirá efectuar de forma simple la operación de desaireación o purga.

5.6. TUBERÍAS

En las tuberías del circuito primario podrán utilizarse como materiales el cobre y el acero inoxidable, con uniones roscadas, soldadas o embridadas.

En el circuito secundario o de servicio de agua caliente sanitaria podrá utilizarse cobre y acero inoxidable. Además, podrán utilizarse materiales plásticos que soporten la temperatura máxima del

circuito, cumplan las normas UNE que le sean de aplicación y esté autorizada su utilización por las Compañías de suministro de agua potable.

Las tuberías de cobre serán tubos estirados en frío y uniones por capilaridad (UNE 37153).

No se utilizarán tuberías de acero negro para circuitos de agua sanitaria.

Cuando se utilice aluminio en tuberías o accesorios, la velocidad del fluido será inferior a 1,5 m/s y su pH estará comprendido entre 5 y 7. No se permitirá el uso de aluminio en sistemas abiertos o sistemas sin protección catódica.

Cuando se utilice acero en tuberías o accesorios, la velocidad del fluido será inferior a 3 m/s en sistemas cerrados y el pH del fluido de trabajo estará comprendido entre 5 y 9.

El diámetro de las tuberías se seleccionará de forma que la velocidad de circulación del fluido sea inferior a 2 m/s cuando la tubería discorra por locales habitados y a 3 m/s cuando el trazado sea al exterior o por locales no habitados.

El dimensionado de las tuberías se realizará de forma que la pérdida de carga unitaria en tuberías nunca sea superior a 40 mm de columna de agua por metro lineal.

Las pérdidas térmicas globales del conjunto de conducciones no superarán el 4% de la potencia máxima que transporten.

Para calentamiento de piscinas se recomienda que las tuberías sean de PVC y de gran diámetro, a fin de conseguir un buen caudal con la menor pérdida de carga posible, no necesitando éstas, en la mayoría de los casos, ningún tipo especial de aislamiento térmico.

Todas las redes de tuberías deben diseñarse de tal manera que puedan vaciarse de forma parcial y total, a través de un elemento que tenga un diámetro nominal mínimo de 20 mm.

5.7. VÁLVULAS

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

La elección de las válvulas se realizará de acuerdo con la función que desempeñan y las condiciones extremas de funcionamiento (presión y temperatura), siguiendo 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.

A los efectos de este PCT, no se permitirá la utilización de válvulas de compuerta.

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.

Las válvulas roscadas y las de mariposa serán de diseño tal que, cuando estén correctamente acopladas a las tuberías, no tengan lugar interferencias entre la tubería y el obturador.

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.

Los purgadores automáticos de aire se construirán con los siguientes materiales:

- Cuerpo y tapa de fundición de hierro o latón.
- Mecanismo de acero inoxidable.
- Flotador y asiento de acero inoxidable.
- Obturador de goma sintética.

Los purgadores automáticos resistirán la temperatura máxima de trabajo del circuito.

5.8. VASOS DE EXPANSIÓN

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:

- Fabricante
- Marca
- Modelo

La tubería de conexión del vaso de expansión no se aislará térmicamente y tendrá volumen suficiente para enfriar el fluido antes de alcanzar el vaso.

Los datos que sirven de base para la selección del vaso son los siguientes:

- Volumen total de agua en la instalación, en litros.
- Temperatura mínima de funcionamiento, para la cual se asumirá el valor de 4°C , a la que corresponde la máxima densidad.
- Temperatura máxima que pueda alcanzar el agua durante el funcionamiento de la instalación.
- Presiones mínima y máxima de servicio, en bar, cuando se trate de vasos cerrados.
- Volumen de expansión calculado, en litros.

Los cálculos darán como resultado final el volumen total del vaso y la presión nominal PN, que son los datos que definen sus características de funcionamiento. Los vasos de expansión cerrados cumplirán con el Reglamento de Recipientes a Presión y estarán debidamente timbrados.

La temperatura extrema del circuito primario será, como mínimo, la temperatura de estancamiento del captador.

El volumen de dilatación será, como mínimo, igual al 4,3 % del volumen total de fluido en el circuito primario.

Los vasos de expansión cerrados se dimensionarán de forma que la presión mínima en frío en el punto más alto del circuito no sea inferior a 1,5 kp/cm² y la presión máxima en caliente en cualquier punto del circuito no supere la presión máxima de trabajo de los componentes.

El dispositivo de expansión cerrado del circuito de captadores deberá estar dimensionado de tal forma que, incluso después de una interrupción del suministro de potencia a la bomba de circulación del circuito de captadores justo cuando la radiación solar sea máxima, se pueda restablecer la operación automáticamente cuando la potencia esté disponible de nuevo.

Cuando el medio de transferencia de calor pueda evaporarse bajo condiciones de estancamiento, hay que realizar un dimensionado especial del volumen de expansión: Además de dimensionarlo como es usual en sistemas de calefacción cerrados (la expansión del medio de transferencia de calor completo), el depósito de expansión deberá ser capaz de compensar el volumen del medio de transferencia de calor en todo el grupo de captadores completo, incluyendo todas las tuberías de conexión entre captadores, más un 10 %.

Los vasos de expansión instalados a la intemperie deberían estar expresamente diseñados para ello.

5.9. AISLAMIENTOS

El espesor mínimo del aislamiento de acumuladores será el que corresponda a las tuberías de más de 140 mm de diámetro.

El espesor del aislamiento del cambiador de calor no será inferior a 30 mm.

Los espesores de aislamiento (expresados en mm) de tuberías y accesorios se determinarán según el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE).

El material aislante se sujetará con medios adecuados, de forma que no pueda desprenderse de las tuberías o accesorios.

Cuando el material aislante de tubería y accesorios sea de fibra de vidrio, deberá cubrirse con una protección no inferior a la proporcionada por un recubrimiento de venda y escayola. En los tramos que discurren por el exterior será terminada con pintura asfáltica u otra protección de características equivalentes.

El aislamiento no dejará zonas visibles de tuberías o accesorios, quedando únicamente al exterior los elementos que sean necesarios para el buen funcionamiento y operación de los componentes.

Para la protección del material aislante situado en intemperie 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 depósitos o cambiadores de calor situados en intemperie, podrán utilizarse forros de telas plásticas.

5.10. PURGA DE AIRE

En general, el trazado del circuito evitará los caminos tortuosos, para favorecer el desplazamiento del aire atrapado hacia los puntos altos.

Los trazados horizontales de tubería tendrán siempre una pendiente mínima del 1 % en el sentido de circulación.

Si el sistema está equipado con líneas de purga, deberán ser colocadas de tal forma que no se puedan helar y no se pueda acumular agua en las líneas. Los orificios de descarga deberán estar dispuestos de tal forma que el vapor o el medio de transferencia de calor que salga por las válvulas de seguridad no cause ningún riesgo a las personas, materiales o medio ambiente.

Se evitará el uso de purgadores automáticos cuando se prevea la formación de vapor en el circuito. Los purgadores automáticos deberán soportar, al menos, la temperatura de estancamiento del captador, y en cualquier caso hasta 130 °C.

En el trazado del circuito deberá evitarse, en lo posible, los sifones invertidos, pero cuando se utilicen, se situarán sistemas similares a los descritos en párrafos anteriores en el punto más desfavorable del sifón.

5.11. SISTEMA DE LLENADO

Los circuitos con vaso de expansión cerrado deben incorporar un sistema de llenado manual o automático que permita llenar el circuito y mantenerlo presurizado. En general es recomendable la adopción de un sistema de llenado automático con la inclusión de un depósito de recarga u otro dispositivo, de forma que nunca se utilice un fluido para el circuito primario cuyas características incumplan este Pliego de Condiciones Técnicas. Será obligatorio cuando exista riesgo de heladas o cuando la fuente habitual de suministro de agua incumpla las condiciones de pH y pureza requeridas en el apartado “Requisitos generales” del presente PCT.

En cualquier caso, nunca podrá rellenarse el circuito primario con agua de red si sus características pueden dar lugar a incrustaciones, deposiciones o ataques en el circuito, o si este circuito necesita anticongelante por riesgo de heladas o cualquier otro aditivo para su correcto funcionamiento.

Para disminuir los riesgos de fallos se evitarán los aportes incontrolados de agua de reposición a los circuitos cerrados y la entrada de aire que pueda aumentar los riesgos de corrosión originados por el oxígeno del aire. Es aconsejable no usar válvulas de llenado automáticas.

5.12. 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, 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.

5.13. EQUIPOS DE MEDIDA

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.

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
- Caudales:
 - en servicio continuo
 - máximo (durante algunos minutos)
 - mínimo (con precisión mínima del 5 %)
 - de arranque
- Indicación mínima de la esfera
- Capacidad máxima de totalización
- Presión máxima de trabajo

- Dimensiones
- Diámetro y tipo de las conexiones
- Pérdida de carga en función del caudal

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

Medida de energía

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

- Contador de caudal de agua.
- 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.

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.

6. CONDICIONES DE MONTAJE

En este apartado se describen los requisitos mínimos a cumplir durante el montaje de la instalación solar térmica.

6.1. GENERALIDADES

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. Se podrán admitir variaciones respecto a las indicadas por el fabricante siempre que esté debidamente justificado.

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.

6.2. MONTAJE DE ESTRUCTURA SOPORTE Y CAPTADORES

La estructura soporte se fijará al edificio de forma que resista las cargas indicadas en el proyecto.

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

En el caso de utilización de dados de hormigón o bancadas de fábrica de ladrillo como elementos de apoyo y soporte sobre cubierta, se evitará el estancamiento de agua previendo los correspondientes pasos de evacuación del agua.

Si los captadores son instalados en los tejados de edificios, deberá asegurarse la estanqueidad en los puntos de anclaje.

El instalador montará los captadores de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Tendrá en cuenta las recomendaciones de éste en relación con los periodos prolongados expuestos al sol y la forma de mantener el conexionado para que no entre suciedad en los circuitos.

La conexión entre captadores podrá realizarse con accesorios metálicos, manguitos o tuberías flexibles.

Las tuberías flexibles se conectarán a los captadores utilizando, preferentemente, accesorios para mangueras flexibles.

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

La instalación permitirá el acceso a los captadores de forma que su desmontaje sea posible en caso de rotura, pudiendo desmontar cada captador con el mínimo de actuaciones sobre los demás.

El suministrador evitará que los captadores queden expuestos al sol por períodos prolongados durante el montaje. En este período las conexiones del captador deben estar abiertas a la atmósfera, pero impidiendo la entrada de suciedad.

Terminado el montaje, durante el tiempo previo al arranque de la instalación, si se prevé que éste pueda prolongarse, el suministrador procederá a tapar los captadores.

6.3. MONTAJE DE ACUMULADOR

La estructura soporte para depósitos y su fijación se realizará según la normativa vigente.

La estructura soporte y su fijación para depósitos de más de 1000 l situados en cubiertas o pisos deberá ser diseñada por un profesional competente. La ubicación de los acumuladores y sus estructuras de sujeción cuando se sitúen en cubiertas de piso tendrá en cuenta las características de la edificación, y requerirá para depósitos de más de 300 l el diseño de un profesional competente.

6.4. MONTAJE DE BOMBA

Las bombas en línea se instalarán de acuerdo con las instrucciones del fabricante y con espacio suficiente para que el conjunto motor-rodete pueda ser fácilmente desmontado. El acoplamiento de una bomba en línea con la tubería podrá ser de tipo roscado hasta el diámetro DN 32.

El diámetro de las tuberías de acoplamiento no podrá ser nunca inferior al diámetro de la boca de aspiración de la bomba.

Las tuberías conectadas a las bombas en línea se soportarán en las inmediaciones de las bombas de forma que no provoquen esfuerzos recíprocos.

La conexión de las tuberías a las bombas no podrá provocar esfuerzos recíprocos (se utilizarán manguitos antivibratorios cuando la potencia de accionamiento sea superior a 700 W).

Todas las bombas estarán dotadas de tomas para la medición de presiones en aspiración e impulsión.

Todas las bombas deberán protegerse, aguas arriba, por medio de la instalación de un filtro de malla o tela metálica.

Cuando se monten bombas con prensa-estopas, se instalarán sistemas de llenado automáticos.

6.5. MONTAJE DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS

Antes del montaje deberá comprobarse que las tuberías no estén rotas, fisuradas, dobladas, aplastadas, oxidadas o de cualquier manera dañadas.

Se almacenarán en lugares donde estén protegidas contra los agentes atmosféricos. En su manipulación se evitarán roces, rodaduras y arrastres, que podrían dañar la resistencia mecánica, las superficies calibradas de las extremidades o las protecciones anti-corrosión.

Las piezas especiales, manguitos, gomas de estanqueidad, etc. se guardarán en locales cerrados.

Las tuberías serán instaladas de forma ordenada, utilizando fundamentalmente tres ejes perpendiculares entre sí y paralelos a elementos estructurales del edificio, salvo las pendientes que deban darse.

Las tuberías se instalarán lo más próximas posible a paramentos, dejando el espacio suficiente para manipular el aislamiento y los accesorios. En cualquier caso, la distancia mínima de las tuberías o sus accesorios a elementos estructurales será de 5 cm.

Las tuberías discurrirán siempre por debajo de canalizaciones eléctricas que crucen o corran paralelamente.

La distancia en línea recta entre la superficie exterior de la tubería, con su eventual aislamiento, y la del cable o tubo protector no debe ser inferior a:

- 5 cm para cables bajo tubo con tensión inferior a 1000 V.
- 30 cm para cables sin protección con tensión inferior a 1000 V.
- 50 cm para cables con tensión superior a 1000 V.

Las tuberías no se instalarán nunca encima de equipos eléctricos, como cuadros o motores. No se permitirá la instalación de tuberías en huecos y salas de máquinas de ascensores, centros de transformación, chimeneas y conductos de climatización o ventilación.

Las conexiones de las tuberías a los componentes se realizarán de forma que no se transmitan esfuerzos mecánicos. Las conexiones de componentes al circuito deben ser fácilmente desmontables mediante bridas o racores, con el fin de facilitar su sustitución o reparación.

Los cambios de sección en tuberías horizontales se realizarán de forma que se evite la formación de bolsas de aire, mediante manguitos de reducción excéntricos o enrasado de generatrices superiores para uniones soldadas.

Para evitar la formación de bolsas de aire, los tramos horizontales de tubería se montarán siempre con una pendiente ascendente, en el sentido de circulación, del 1 %.

Se facilitarán las dilataciones de tuberías utilizando los cambios de dirección o dilatadores axiales.

Las uniones de tuberías de acero podrán ser por soldadura o roscadas. Las uniones con valvulería y equipos podrán ser roscadas hasta 20; para diámetros superiores se realizarán las uniones por bridas.

En ningún caso se permitirán ningún tipo de soldadura en tuberías galvanizadas.

Las uniones de tuberías de cobre se realizarán mediante manguitos soldados por capilaridad.

En circuitos abiertos el sentido de flujo del agua deberá ser siempre del acero al cobre.

El dimensionado, distancias y disposición de los soportes de tubería se realizará de acuerdo con las prescripciones de UNE 100.152.

Durante el montaje de las tuberías se evitarán en los cortes para la unión de tuberías, las rebabas y escorias.

En las ramificaciones soldadas el final del tubo ramificado no debe proyectarse en el interior del tubo principal.

Los sistemas de seguridad y expansión se conectarán de forma que se evite cualquier acumulación de suciedad o impurezas.

Las dilataciones que sufren las tuberías al variar la temperatura del fluido deben compensarse a fin de evitar roturas en los puntos más débiles, que suelen ser las uniones entre tuberías y aparatos, donde suelen concentrarse los esfuerzos de dilatación y contracción.

En las salas de máquinas se aprovecharán los frecuentes cambios de dirección, para que la red de tuberías tenga la suficiente flexibilidad y pueda soportar las variaciones de longitud.

En los trazados de tuberías de gran longitud, horizontales o verticales, se compensarán los movimientos de tuberías mediante dilatadores axiales.

6.6. MONTAJE DE AISLAMIENTO

El aislamiento no podrá quedar interrumpido al atravesar elementos estructurales del edificio.

El manguito pasamuros deberá tener las dimensiones suficientes para que pase la conducción con su aislamiento, con una holgura máxima de 3 cm.

Tampoco se permitirá la interrupción del aislamiento térmico en los soportes de las conducciones, que podrán estar o no completamente envueltos por el material aislante.

El puente térmico constituido por el mismo soporte deberá quedar interrumpido por la interposición de un material elástico (goma, fieltro, etc.) entre el mismo y la conducción.

Después de la instalación del aislamiento térmico, los instrumentos de medida y de control, así como válvulas de desagües, volante, etc., deberán quedar visibles y accesibles.

Las franjas y flechas que distinguen el tipo de fluido transportado en el interior de las conducciones se pintarán o se pegarán sobre la superficie exterior del aislamiento o de su protección.

6.7. MONTAJE DE CONTADORES

Se instalarán siempre entre dos válvulas de corte para facilitar su desmontaje. El suministrador deberá prever algún sistema (baipás o carrete de tubería) que permita el funcionamiento de la instalación, aunque el contador sea desmontado para calibración o mantenimiento.

En cualquier caso, no habrá ningún obstáculo hidráulico a una distancia igual, al menos, a diez veces el diámetro de la tubería antes del contador, y a cinco veces después del mismo.

Cuando el agua pueda arrastrar partículas sólidas en suspensión, se instalará un filtro de malla fina antes del contador, del tamiz adecuado.

6.8. PRUEBAS DE ESTANQUEIDAD DEL CIRCUITO PRIMARIO

El procedimiento para efectuar las pruebas de estanqueidad comprenderá las siguientes fases:

1. Preparación y limpieza de redes de tuberías. Antes de efectuar la prueba de estanqueidad las tuberías deben ser limpiadas internamente, con el fin de eliminar los residuos procedentes del montaje, llenándolas y vaciándolas con agua el número de veces que sea necesario. Deberá comprobarse que los elementos y accesorios del circuito pueden soportar la presión a la que se les va a someter. De no ser así, tales elementos y accesorios deberán ser excluidos.
2. Prueba preliminar de estanqueidad. Esta prueba se efectuará a baja presión, para detectar fallos en la red y evitar los daños que podría provocar la prueba de resistencia mecánica.
3. Prueba de resistencia mecánica La presión de prueba será de una vez y media la presión máxima de trabajo del circuito primario, con un mínimo de 3 bar, comprobándose el funcionamiento de las válvulas de seguridad. Los equipos, aparatos y accesorios que no soporten dichas presiones quedarán excluidos de la prueba. La prueba hidráulica de resistencia mecánica tendrá la duración suficiente para poder verificar de forma visual la resistencia estructural de los equipos y tuberías sometidos a la misma.
4. Reparación de fugas.

La reparación de las fugas detectadas se realizará sustituyendo la parte defectuosa o averiada con material nuevo. Una vez reparadas las anomalías, se volverá a comenzar desde la prueba preliminar. El proceso se repetirá tantas veces como sea necesario.

7. PRUEBAS, PUESTA EN MARCHA Y RECEPCIÓN.

7.1. GENERALIDADES

La ejecución de la instalación termina con la entrega de la instalación al promotor o usuario para iniciar el periodo de uso, así como el de mantenimiento.

La entrega se realiza en el proceso de recepción que intercala un periodo de tiempo transitorio (desde la provisional a la definitiva) donde, aunque la propiedad sea del promotor, existen se realizan comprobaciones, modificaciones y funcionamiento normal de la instalación.

Para realizar la recepción de la instalación deberían estar realizadas, además del montaje completo, las pruebas y ajustes especificados, así como la puesta en marcha.

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

En el documento de Control de Ejecución CE se recogerán las pruebas parciales, finales y funcionales realizadas, la fecha en las que tuvieron lugar, los resultados obtenidos y el grado de cumplimiento de las expectativas.

Al objeto de la recepción de la instalación se entenderá que el funcionamiento de la misma es correcto, cuando la instalación satisfaga como mínimo las pruebas parciales incluidas en el presente capítulo.

7.2. PRUEBAS PARCIALES

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

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

7.2.1. Pruebas de equipos

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

Se registrarán los datos de funcionamiento para que puedan ser comparados con los de proyecto.

7.2.2. Pruebas de estanqueidad hidráulica

Todas las redes de circulación de fluidos portadores deberían ser probadas hidrostáticamente, a fin de asegurar su estanquidad, antes de quedar ocultas por obras de albañilería, material de relleno o por el material aislante.

Son aceptables las pruebas realizadas de acuerdo a UNE 100151, en función del tipo de fluido transportado.

El procedimiento a seguir para las pruebas de estanquidad hidráulica, en función del tipo de fluido transportado y con el fin de detectar fallos de continuidad en las tuberías de circulación de fluidos portadores, comprenderá las fases que se relacionan a continuación.

- A) *Preparación y limpieza de redes de tuberías.* Antes de realizar la prueba de estanquidad y de efectuar el llenado definitivo, las redes de distribución de agua deberían ser limpiadas internamente para eliminar los residuos del montaje. Debería comprobarse que los aparatos y accesorios que queden incluidos en la sección de la red que se pretende probar puedan soportar la presión a la que se les va a someter.

La limpieza podrá efectuarse llenándola y vaciándola el número de veces que sea necesario, con agua o con una solución acuosa de un producto detergente, con dispersantes compatibles con los materiales empleados en el circuito, cuya concentración será establecida por el fabricante. El uso de productos detergentes no está permitido para redes de tuberías destinadas a la distribución de agua para usos sanitarios.

Tras el llenado, se pondrán en funcionamiento las bombas y se dejará circular el agua durante el tiempo que indique el fabricante del compuesto dispersante. Posteriormente, se vaciará totalmente la red y se enjuagará con agua procedente del dispositivo de alimentación.

En el caso de redes cerradas, destinadas a la circulación de fluidos con temperatura de funcionamiento menor que 100°C, se medirá el pH del agua del circuito. Si el pH resultara menor que 7,5 se repetirá la operación de limpieza y enjuague tantas veces como sea necesario. A continuación, se pondrá en funcionamiento la instalación con sus aparatos de tratamiento.

- B) *Prueba preliminar de estanqueidad.* Esta prueba se efectuará a baja presión, para detectar fallos importantes de continuidad de la red y evitar los daños que podría provocar la prueba de resistencia mecánica; se empleará el mismo fluido transportado o, generalmente, agua a la

presión de llenado. La prueba preliminar tendrá la duración necesaria para verificar la estanquidad de todas las uniones.

C) *Prueba de resistencia mecánica.* Una vez llenada la red con el fluido de prueba, se someterá a las uniones a un esfuerzo por la aplicación de la presión de prueba. En el caso de circuitos cerrados de agua refrigerada o de agua caliente hasta una temperatura máxima de servicio de 100° C, la presión de prueba será equivalente a 1,5 la presión máxima de servicio. Los equipos, aparatos y accesorios que no soporten dichas presiones quedarán excluidos de la prueba. La prueba hidráulica de resistencia mecánica tendrá la duración necesaria para verificar visualmente la estanquidad de todas y cada una de las uniones.

D) *Reparación de fugas.* La reparación de las fugas detectadas se realizará desmontando la junta, accesorio o sección donde se haya originado la fuga y sustituyendo la parte defectuosa o averiada con material nuevo. Una vez reparadas las anomalías, se volverá a comenzar desde la prueba preliminar. El proceso se repetirá tantas veces como sea necesario, hasta que la red sea estanca.

7.2.3. Pruebas de libre dilatación

Una vez que las pruebas anteriores de las redes de tuberías hayan resultado satisfactorias y se haya comprobado hidrostáticamente el ajuste de los elementos de seguridad, las instalaciones equipadas con generadores de calor se llevarán hasta la temperatura de tarado de los elementos de seguridad. En el caso de instalaciones con captadores solares se llevará a la temperatura de estancamiento.

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

7.3. PRUEBAS FINALES

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

Son aceptables, a efectos de esta Guía, las pruebas finales que se realicen siguiendo las instrucciones indicadas en la norma UNE-EN 12599:01 en lo que respecta a los controles y mediciones funcionales, indicados en otros apartados.

Las pruebas de libre dilatación y las pruebas finales de la instalación solar se realizarán en un día soleado y sin demanda.

En la instalación solar se llevará a cabo una prueba de seguridad en condiciones de estancamiento del circuito primario, a realizar con este lleno y la bomba de circulación parada, cuando el nivel de radiación sobre la apertura del captador sea superior al 80% del valor de irradiancia que defina como máxima el proyectista, durante al menos una hora.

7.4. AJUSTES DE EQUILIBRADO

La instalación solar debería ser ajustada a los valores de proyecto dentro de los márgenes admisibles de tolerancia.

Se realizarán de acuerdo con lo establecido en la norma UNE 100.010 (partes 1, 2 y 3) "Climatización. Pruebas de ajuste y equilibrado", que habrá que particularizar para las características específicas de cada sistema o instalación.

7.4.1. Sistemas de distribución de agua

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.

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.

7.4.2. 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.

7.5. PRUEBAS FUNCIONALES

7.5.1. Trabajos previos

- Verificación de la presión de llenado del lado aire de los vasos de expansión.
- Comprobación del funcionamiento de los sistemas de llenado y vaciado de la instalación.
- Se realizará una prueba hidrostática completa de la instalación. Se hará de manera independiente para cada uno de los circuitos conforme a la presión máxima de trabajo de cada uno. Para realizar esta prueba no podrán estar conectadas las válvulas de seguridad ni los vasos de expansión.
- Se comprobará que las válvulas de seguridad funcionan adecuadamente y que las tuberías de los escapes y descarga de las mismas están en conexión con la atmósfera y no están obstruidas. 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 realizando las maniobras de apertura y cierre con el esfuerzo adecuado.
- Se comprobará que, alimentando eléctricamente las bombas del circuito, entran en funcionamiento y el incremento de presión indicado con los manómetros se corresponde en la curva con el caudal del diseño del circuito.
- Se comprobará el accionamiento de las válvulas de regulación, comprobando que realizan completamente las maniobras de apertura y cierre, y en el sentido adecuado al modificar los puntos de consigna de los lazos de control correspondientes.
- Se comprobará la actuación del sistema de control, arrancando y parando las bombas.

7.5.2. Puesta en marcha y pruebas funcionales

Las pruebas funcionales permitirán comprobar que las condiciones y los parámetros de funcionamiento cumplen las especificaciones de proyecto. Se podrán emplear los procedimientos y criterios descritos en la norma UNE-ENV 12977-2: 2002 Sistemas solares térmicos y componentes. Instalaciones a medida. Parte 2: Métodos de ensayo.

- Se comprobará 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.
- Se realizará el llenado de circuitos y la purga del aire de la instalación. La operación de llenado y purga debería completarse con el funcionamiento de bombas que permitan arrastrar las bolsas y burbujas de aire de toda la instalación.
- Se pondrán en funcionamiento las bombas de circulación de agua, verificando y anotando los parámetros de funcionamiento: caudales, presión y consumo eléctrico.
- Se verificará que al circular el agua se produce el calentamiento de los circuitos.
- Se comprobará que, al producirse el calentamiento de los fluidos de los circuitos, el incremento de presión de los circuitos es el adecuado.
- Se verificarán los caudales de agua de cada circuito y se realizará comprobación del equilibrado hidráulico de la instalación, realizando los ajustes necesarios para conseguir los valores definidos en el proyecto.
- Se realizarán medidas de temperatura del fluido en los puntos previstos de la instalación. Se comprobará el funcionamiento automático del sistema de control verificando tanto las funciones de calentamiento como las de protección de temperatura y presiones.
- Se comprobará el arranque automático y sin intervención del usuario del conjunto de la instalación solar después de que se haya superado la situación de estancamiento, verificando expresamente que no se ha perdido líquido de los circuitos y las bombas mueven el caudal de diseño.
- Se medirán los niveles de ruido producidos por bombas y fluidos en movimiento.

Todas las pruebas, controles y actuaciones realizadas durante las pruebas, ajustes y puesta en marcha deberían quedar adecuadamente registrado en el registro previsto, con los resultados obtenidos, e incorporado al resto de la documentación de la instalación

7.5.3. Comprobaciones finales

Las pruebas funcionales permitirán comprobar que las condiciones y los parámetros de funcionamiento satisfacen los requisitos de proyecto:

- Comprobación del funcionamiento de la instalación en distintos regímenes de funcionamiento dentro del rango: sin consumo o con consumo doble del previsto en proyecto.
- Comprobación de la eficiencia energética del sistema de captación
- Comprobación de los intercambiadores de calor y demás equipos en los que se efectúe una transferencia de energía térmica.
- Comprobación del rendimiento y la aportación energética de la instalación solar
- Comprobación del funcionamiento de los elementos de regulación y control
- Comprobación de las temperaturas y los saltos térmicos de todos los circuitos y ramales

- Comprobación que los consumos energéticos se hallan dentro de los márgenes previstos en el proyecto o memoria técnica.
- Comprobación del funcionamiento y del consumo de los motores eléctricos en las condiciones reales de trabajo.

7.6. RECEPCIÓN

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.

El instalador se responsabilizará de la ejecución de las pruebas parciales, finales y funcionales, del buen funcionamiento de la instalación y del estado de la misma en el momento de su entrega a la propiedad. El instalador, salvo orden expresa, entregará la instalación llena y en funcionamiento.

Es condición previa para realizar los ensayos de recepción definitiva el que la instalación se encuentre totalmente terminada de acuerdo con el proyecto y con las modificaciones que por escrito hayan sido acordadas.

También es necesario que hayan sido previamente corregidas todas las anomalías denunciadas a lo largo de la ejecución de la obra y que la instalación haya sido equilibrada, puesta a punto, limpiada e, incluso, convenientemente rotulada.

Debería comprobarse la existencia de la acometida definitiva de energía eléctrica al edificio o de acometida provisional con características equivalentes a la definitiva.

7.6.1. Recepción provisional

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 debería ser, al menos, la siguiente:

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

7.6.1. Recepción definitiva

Cualquier incidencia en el funcionamiento debería ser notificada. Transcurrido el plazo estipulado desde el acta de recepción, la Recepción Provisional se transformará en Recepción Definitiva. A partir de la recepción definitiva entrará en vigor la garantía.

8. REQUISITOS TÉCNICOS DEL CONTRATO DE MANTENIMIENTO

8.1. GENERALIDADES

Se realizará un contrato de mantenimiento (preventivo y correctivo) por un período de tiempo al menos igual que el de la garantía.

8.2. PROGRAMA DE VIGILANCIA Y 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.

Como criterios generales se definen tres escalones de actuación para englobar todas las operaciones necesarias durante la vida útil de la instalación para asegurar el funcionamiento, aumentar la fiabilidad y prolongar la duración de la misma: vigilancia, mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo.

8.2.1. Plan de 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 siguiente.

Tabla 25. Operaciones del plan de vigilancia.

<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.

IV: Inspección visual.

8.2.2. Plan de 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 27-A, 27-B, 27-C, 27-D y 27-E 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.

Tabla 26-A. Operaciones preventivas del sistema de captación.

<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

IV: Inspección visual

(*) Estas operaciones se realizarán, según proceda, en el caso de que se haya optado por el tapado o vaciado parcial de los captadores para prevenir el sobrecalentamiento.

Tabla 277-B. Operaciones preventivas del sistema de acumulación.

<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 287-C. Operaciones preventivas del sistema de intercambio.

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

CF: Control de funcionamiento.

Tabla 29-D. Operaciones preventivas del sistema hidráulico.

<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.

CF: Control de funcionamiento.

IV: Inspección visual.

Tabla 30-E. Operaciones preventivas del sistema eléctrico y de control.

<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.

CF: Control de funcionamiento.

8.2.3. Plan de 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.

9. GARANTÍAS

El suministrador garantizará la instalación durante un período mínimo de 3 años, para todos los materiales utilizados y el procedimiento empleado en su montaje.

La garantía se concede a favor del comprador de la instalación, lo que deberá justificarse debidamente mediante el correspondiente certificado de garantía, con la fecha que se acredite en la certificación de la instalación.

Si hubiera de interrumpirse la explotación del suministro debido a razones de las que es responsable el suministrador, o a reparaciones que el suministrador haya de realizar para cumplir las estipulaciones de la garantía, el plazo se prolongará por la duración total de dichas interrupciones.

La garantía comprende la reparación o reposición, en su caso, de los componentes y las piezas que pudieran resultar defectuosas, así como la mano de obra empleada en la reparación o reposición durante el plazo de vigencia de la garantía.

Quedan expresamente incluidos todos los demás gastos, tales como tiempos de desplazamiento, medios de transporte, amortización de vehículos y herramientas, disponibilidad de otros medios y eventuales portes de recogida y devolución de los equipos para su reparación en los talleres del fabricante.

Asimismo, se deben incluir la mano de obra y materiales necesarios para efectuar los ajustes y eventuales reglajes del funcionamiento de la instalación.

Si en un plazo razonable, el suministrador incumple las obligaciones derivadas de la garantía, el comprador de la instalación podrá, previa notificación escrita, fijar una fecha final para que dicho

suministrador cumpla con las mismas. Si el suministrador no cumple con sus obligaciones en dicho plazo último, el comprador de la instalación podrá, por cuenta y riesgo del suministrador, realizar por sí mismo o contratar a un tercero para realizar las oportunas reparaciones, sin perjuicio de la ejecución del aval prestado y de la reclamación por daños y perjuicios en que hubiere incurrido el suministrador.

La garantía podrá anularse cuando la instalación haya sido reparada, modificada o desmontada, aunque sólo sea en parte, por personas ajenas al suministrador o a los servicios de asistencia técnica de los fabricantes no autorizados expresamente por el suministrador.

Cuando el usuario detecte un defecto de funcionamiento en la instalación, lo comunicará fehacientemente al suministrador. Cuando el suministrador considere que es un defecto de fabricación de algún componente lo comunicará fehacientemente al fabricante.

El suministrador atenderá el aviso en un plazo de:

- 24 horas, si se interrumpe el suministro de agua caliente, procurando establecer un servicio mínimo hasta el correcto funcionamiento de ambos sistemas (solar y de apoyo).
- 48 horas, si la instalación solar no funciona.
- Una semana, si el fallo no afecta al funcionamiento.

Las averías de las instalaciones se repararán en su lugar de ubicación por el suministrador. Si la avería de algún componente no pudiera ser reparada en el domicilio del usuario, el componente deberá ser enviado al taller oficial designado por el fabricante por cuenta y a cargo del suministrador.

El suministrador realizará las reparaciones o reposiciones de piezas a la mayor brevedad posible una vez recibido el aviso de avería, pero no se responsabilizará de los perjuicios causados por la demora en dichas reparaciones siempre que dicha demora sea inferior a 15 días naturales.

4 MEDICIONES Y PRESUPUESTO

1. SISTEMA DE CAPTACIÓN

CONCEPTO	UNIDADES	PRECIO/UD (€)	TOTAL (€)
Captador solar ADISOL BLUE 2.90 A o similar Proveedor: ADISA Superficie: 2,93 m ² Caudal de ensayo: 50 litros/h · m ² Factor óptico: 0,778 Coeficiente lineal de pérdidas: 3,339 W/m ² K ² coeficiente cuadrático de pérdidas: 0,014 W/m ² K ² k50: 0,88 Capacidad: 2,5 litros	76	580,00	44080,00
Estructura soporte ADISOL o similar Proveedor: ADISA Conexión entre 4 captadores Ángulo de incidencia variable: 27° - 46°	14	472,00	6608,00
Estructura soporte ADISOL o similar Proveedor: ADISA Conexión entre 5 captadores Ángulo de incidencia variable: 27° - 46°	4	599,00	2396,00
TOTAL Sistema Captación			53084,00

2. SISTEMA DE ACUMULACIÓN

CONCEPTO	UNIDADES	PRECIO/UD (€)	TOTAL (€)
<p>Interacumulador Lapesa MVV-3000-SB o similar Capacidad del depósito: 3000 litros Temperatura máxima del depósito: 90 °C Presión máxima del depósito: 8 bar Temperatura máxima del serpentín: 120 °C Presión máxima del serpentín: 25 bar Capacidad del serpentín: 29 litros Superficie de intercambio: 5,0 m²</p>	1	9138,00	9138,00
<p>Interacumulador Lapesa MVV-3500-SB o similar Capacidad del depósito: 3500 litros Temperatura máxima del depósito: 90 °C Presión máxima del depósito: 8 bar Temperatura máxima del serpentín: 120 °C Presión máxima del serpentín: 25 bar Capacidad del serpentín: 38 litros Superficie de intercambio: 6,7 m²</p>	1	10058,00	10058,00
<p>Interacumulador Lapesa MVV-5000-SB o similar Capacidad del depósito: 5000 litros Temperatura máxima del depósito: 90 °C Presión máxima del depósito: 8 bar Temperatura máxima del serpentín: 120 °C Presión máxima del serpentín: 25 bar Capacidad del serpentín: 48 litros Superficie de intercambio: 8,4 m²</p>	1	12698,00	12698,00
TOTAL Sistema Acumulación			31894,00

3. SISTEMA HIDRÁULICO

CONCEPTO	UNIDADES	PRECIO/UD (€)	TOTAL (€)
Bomba de circulación Wilo-Veroline IP-Z 25/6 EM o similar Proveedor: Wilo Temperatura de funcionamiento: -8 °C a +110 °C Presión máx. de trabajo: 10 bar Diámetro nominal: 38 mm Caudal: de 0 a 4,3 m ³ /h Altura: de 1 a 25 mca Potencia: 0,37 kW Tensión: 1F 230 V, 50 Hz	6	708,00	4248,00
Bomba de retorno Wilo-Helix V202-1/16/E/S/1-230-50 o similar Proveedor: Wilo Temperatura de funcionamiento: -30 °C a +120 °C Presión máx. de trabajo: 16 bar Diámetro nominal: 25 mm Caudal: de 0 a 6 m ³ /h Altura: de 1 a 5,7 mca Potencia: 0,18 kW Tensión: 1F 230 V, 50 Hz	4	715,00	2860,00
Bomba de retorno Wilo-Helix V206-1/16/E/S/1-230-50 o similar Proveedor: Wilo Temperatura de funcionamiento: -30 °C a +120 °C Presión máx. de trabajo: 16 bar Diámetro nominal: 25 mm Caudal: de 0 a 4,3 m ³ /h Altura: de 1 a 45 mca Potencia: 0,55 kW Tensión: 1F 230 V, 50 Hz	2	959,00	1918,00

CONCEPTO	UNIDADES	PRECIO/UD (€)	TOTAL (€)
Accesorios hidráulicos para captadores ADISOL BLUE 2.90 A o similar Batería de 4 captadores Contenido: 1 tapón ciego ½" 1 Válvula de corte ½" 2 Juntas ½" 2 Tapones 22 1 Conexión en T 22-¾" 1 Manguito H-H ¾" 8 Manguitos 22-22 18 Manguitos de insercción 22 1 Junta ¾"	14	183,00	2562,00
Accesorios hidráulicos para captadores ADISOL BLUE 2.90 A o similar Batería de 5 captadores Contenido: 1 tapón ciego ½" 1 Válvula de corte ½" 2 Juntas ½" 2 Tapones 22 1 conexión en T 22-¾" 1 Manguito H-H ¾" 10 Manguitos 22-22 22 Manguitos de insercción 22 1 Junta ¾"	4	201,00	804,00
Vaso de expansión ADI V 35 o similar Proveedor: ADISOL Membrana que soporta hasta 130 °C Temperatura: -10 °C +100 °C Precarga de aire: 2,5 bar Capacidad: 35 litros Conexión: ¾"	3	201,00	603,00
Tubería rígida de cobre totalmente instalada Proveedor: Nacobre o similar Venta en tramos de 6,1 metros Diámetro nominal: 19 mm Diámetro exterior: 22,225 mm Peso por tramo: 2,981 kg	42	507,58	21318,28

CONCEPTO	UNIDADES	PRECIO/UD (€)	TOTAL (€)
Tubería rígida de cobre totalmente instalada Proveedor: Nacobre o similar Venta en tramos de 6,1 metros Diámetro nominal: 32 mm Diámetro exterior: 34,925 mm Peso por tramo: 6,200 kg	4	1133,99	4535,95
Tubería rígida de cobre totalmente instalada Proveedor: Nacobre o similar Venta en tramos de 6,1 metros Diámetro nominal: 38 mm Diámetro exterior: 41,275 mm Peso por tramo: 8,545 kg	9	1553,59	13982,27
Codo de 90º cobre a cobre Proveedor: Nacobre o similar Conexión: codo soldado 19x19 mm Diámetro exterior: 22,225 mm	66	10,11	667,22
Codo de 90º cobre a cobre Proveedor: Nacobre o similar Conexión: codo soldado 38x38 mm Diámetro exterior: 41,275 mm	14	69,44	972,13
Te de 90º cobre a cobre a cobre Proveedor: Nacobre o similar Conexión: Te soldada 19x19x19 mm	20	18,75	374,99
Te de 90º cobre a cobre a cobre Proveedor: Nacobre o similar Conexión: Te soldada 32x32x32 mm	2	105,67	211,33
Te de 90º cobre a cobre a cobre Proveedor: Nacobre o similar Conexión: Te soldada 38x38x38 mm	4	143,43	573,73
Cruz de 90º de cobre a cobre a cobre a cobre Proveedor: Nacobre o similar Conexión: cruz soldada 19x19x19x19 mm	2	111,61	223,22
Cople reducción campana cobre a cobre Proveedor: Nacobre o similar Conexión: cople campana soldado 38x19 mm	8	34,06	272,51

CONCEPTO	UNIDADES	PRECIO/UD (€)	TOTAL (€)
Cople reducción campana cobre a cobre Proveedor: Nacobre o similar Conexión: cople campana soldado 38x32 mm	2	34,06	68,13
Cople reducción campana cobre a cobre Proveedor: Nacobre o similar Conexión: cople campana soldado 32x19 mm	12	24,75	297,01
Válvula de esfera soldable VER 300 WOG o similar Proveedor: Nacobre Modelo: VER 300 WOG Medida nominal: 19 mm	45	66,43	2989,49
Válvula de esfera soldable VER 300 WOG o similar Proveedor: Nacobre Modelo: VER 300 WOG Medida nominal: 25 mm	12	104,18	1250,18
Válvula de esfera soldable VER 300 WOG o similar Proveedor: Nacobre Modelo: VER 300 WOG Medida nominal: 38 mm	21	210,54	4421,29
Válvula de esfera soldable VER 300 WOG o similar Proveedor: Nacobre Modelo: VER 300 WOG Medida nominal: 76 mm	12	1228,40	14740,80
Válvula de retención "REGE PLUS" o similar Proveedor: GENEBRE Material: latón forjado Temperatura de funcionamiento: 0 °C a 90 °C Presión máx. de trabajo: 18 bar	15	22,76	341,40
Válvula de equilibrado A 20 cm o similar Tomas de presión autoestancas Proveedor: ADISOL Temperatura máxima de trabajo: 120 °C Funciones: equilibrado, preajuste, medida, corte	15	78,00	1170,00
Válvula de seguridad o similar Proveedor: ADISOL Tarado a 6 bar Conexión: ¾" Temperatura máxima: 160 °C	21	24,00	504,00

CONCEPTO	UNIDADES	PRECIO/UD (€)	TOTAL (€)
Sistema de Llenado y vaciado o similar Proveedor: Termicol Equipo electrónico Capacidad: 200 L	2	3095,00	6190,00
Sistema de Llenado y vaciado o similar Proveedor: Termicol Equipo electrónico Capacidad: 300 L	1	3519,00	3519,00
Purgador automático o similar Proveedor: ADISOL Medida normalizada: 19 mm Presión máxima de trabajo: 6 bar Temperatura máxima 180 °C	18	14,00	252,00
Filtro colador tipo "Y" o similar Proveedor: GENE BRE Material: Latón Medida nominal: 38 mm Presión máxima de trabajo: 16 bar Temperatura de trabajo: desde -20 °C a +100 °C	3	27,20	81,60
Filtro colador tipo "Y" o similar Proveedor: GENE BRE Material: Latón Medida nominal: 76 mm Presión máxima de trabajo: 16 bar Temperatura de trabajo: desde -20 °C a +100 °C	3	108,55	325,65
Aislante térmico TECH Pipe Section MT 4.1 o similar totalmente instalado Proveedor: Isover Diámetro nominal: ¾" Espesor de aislamiento: 40 mm Longitud: 1,20 metros	211	5,75	1213,25
Aislante térmico TECH Pipe Section MT 4.1 o similar totalmente instalado Proveedor: Isover Diámetro nominal: 1¼" Espesor de aislamiento: 40 mm Longitud: 1,20 metros	18	7,10	127,80

CONCEPTO	UNIDADES	PRECIO/UD (€)	TOTAL (€)
Aislante térmico TECH Pipe Section MT 4.1 o similar totalmente instalado Proveedor: Isover Diámetro nominal: 1½" Espesor de aislamiento: 50 mm Longitud: 1,20 metros	43	9,75	419,25
Soldadura de Estaño-Plomo 50/50 de 70 g o similar Proveedor: Nacobre Piezas por caja: 262	3	29,37	88,10
TOTAL Sistema Hidráulico			94125,59

4. SISTEMA DE REGULACIÓN Y CONTROL Y ELÉCTRICO

CONCEPTO	UNIDADES	PRECIO/UD (€)	TOTAL (€)
Regulador solar A-SOL B o similar Proveedor: ADISOL Medidas: 172x110x46 mm Contiene: Pantalla con display de visualización LED de control de funcionamiento 4 entradas de sondas 2 salidas de relé Incluye: 3 sondas de de inmersión Pt1000	3	356,00	1068,00
Vaina de inmersión 100 mm o similar Proveedor: ADISOL Conexión: ½"	12	16,00	192,00
Termómetro bimetalico o similar Proveedor: GENE BRE Material: Acero inoxidable Conexión: ½"	9	7,50	67,50
Manómetro con muelle tubular o similar Proveedor: GENE BRE Temperatura de trabajo: -20 °C +60 °C Presión máxima: 10 bar Conexión: ½"	15	9,90	148,50
Caudalímetro V40/15 o similar Proveedor: ADISOL Caudal: 1,5 m ³ /h	3	236,00	708,00
Contador de calorías WMZ o similar Proveedor: ADISOL Con dos sondas de inmersión PT1000 (No se incluyen vainas de inmersión)	3	369,00	1107,00
Cables eléctricos de cobre o similar Sección: 6 mm ²	3	8,00	24,00
Elementos de protección varios Magnetotérmicos, diferenciales, luz de aviso, conmutador	3	150,00	450,00

Interruptor Horario Digital DATA MICRO + ORBIS DIGITAL o

similar

Marca: Orbis

Intensidad: 16 A

Tensión: 230 V

Tiempo de regulación: ciclo mínimo de mando 1 segundo 3 88,15 264,45

5. PRESUPUESTO FINAL

En la Tabla 28 se resumen las mediciones y se calcula la inversión necesaria para llevar a cabo el proyecto con el IVA ya incluido, así como la mano de obra dentro de las partidas de las tuberías y los aislamientos.

Tabla 31. Presupuesto final.

Sistema de Captación (€)	64231,64
Sistema de Acumulación (€)	38591,74
Sistema Hidráulico (€)	113891,96
Sistema de Regulación y Control (€)	4875,63
TOTAL (€)	221590,97
Ratio (€ totales/m2 de captador)	995,11

Composición del presupuesto

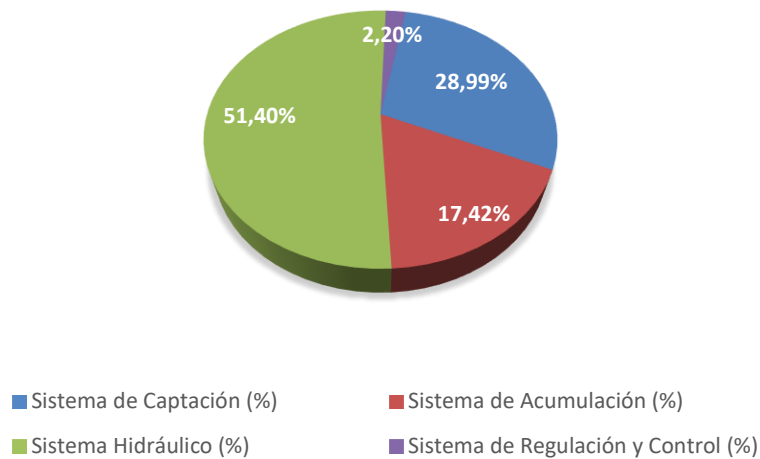
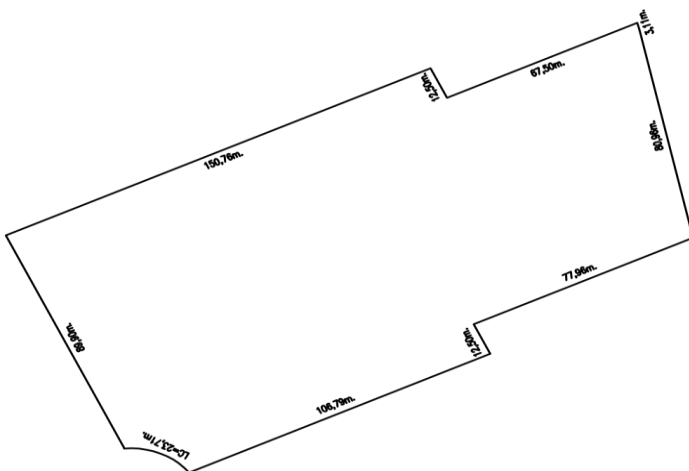


Figura 43. Composición del presupuesto.

5 PLANOS

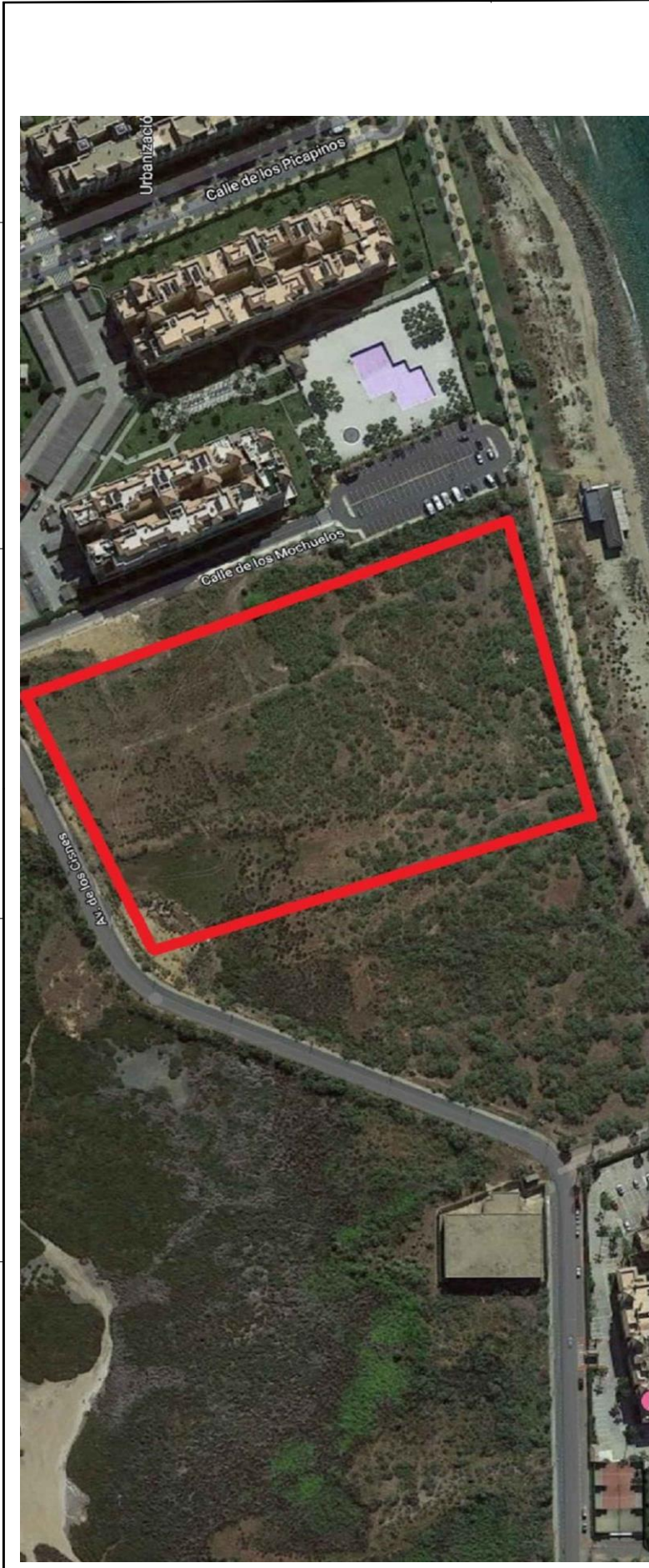


SITUACIÓN ESCALA.- 1:15000

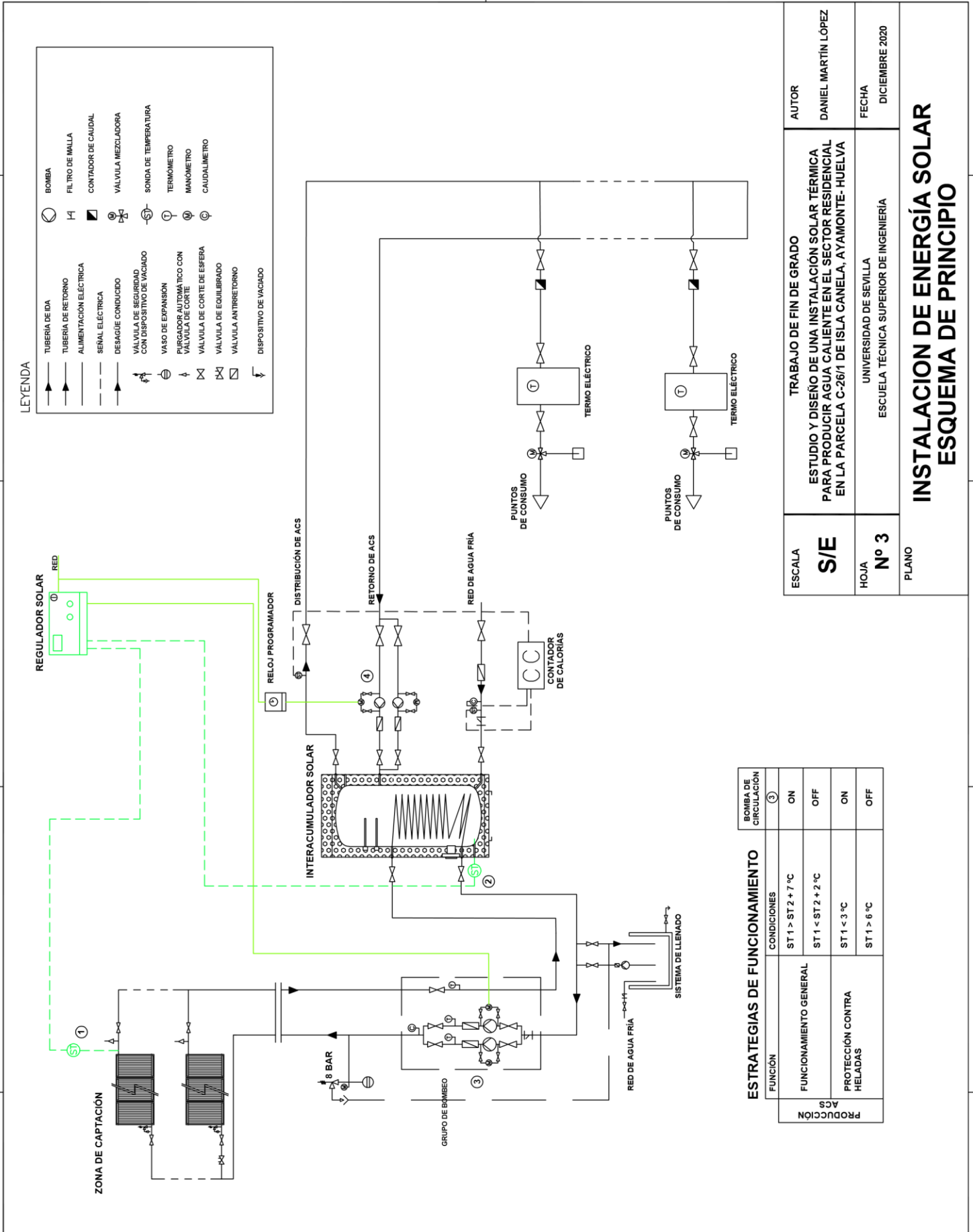


PARCELA ESCALA.- 1:1000

ESCALA	TRABAJO DE FIN DE GRADO	AUTOR
1/15000	ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA PRODUCIR AGUA CALIENTE EN EL SECTOR RESIDENCIAL EN LA PARCELA C-26/1 DE ISLA CANELA, AYAMONTE- HUELVA	DANIEL MARTÍN LÓPEZ
HOJA	UNIVERSIDAD DE SEVILLA	FECHA
Nº 1	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA	DICIEMBRE 2020
PLANO	SITUACIÓN Y PARCELA	

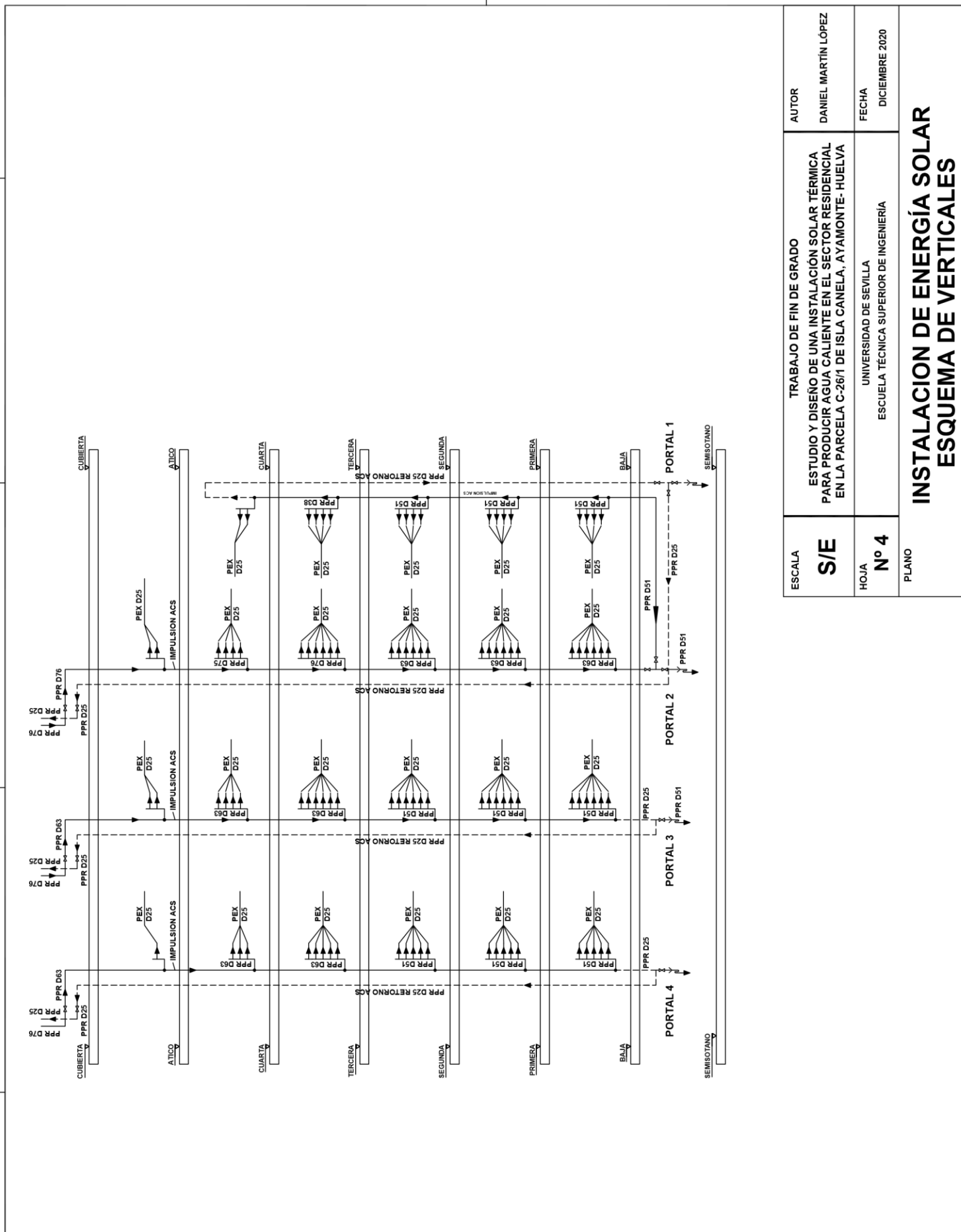


ESCALA	TRABAJO DE FIN DE GRADO	AUTOR
1/2000	ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA PRODUCIR AGUA CALIENTE EN EL SECTOR RESIDENCIAL EN LA PARCELA C-26/1 DE ISLA CANELA, AYAMONTE- HUELVA	DANIEL MARTÍN LÓPEZ
HOJA	UNIVERSIDAD DE SEVILLA	FECHA
Nº 2	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA	DICIEMBRE 2020
PLANO	LOCALIZACIÓN DE LA PARCELA	

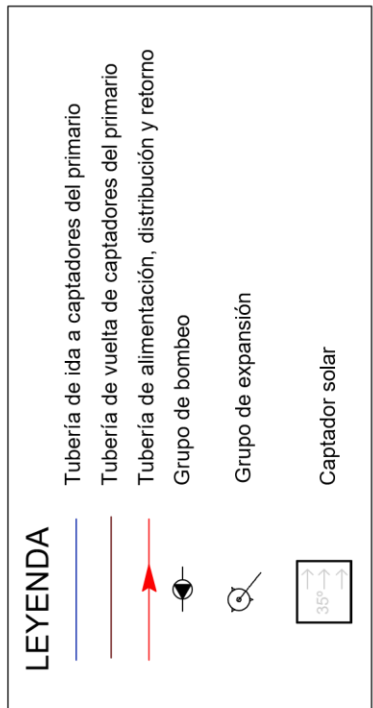
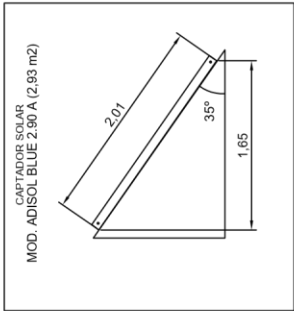
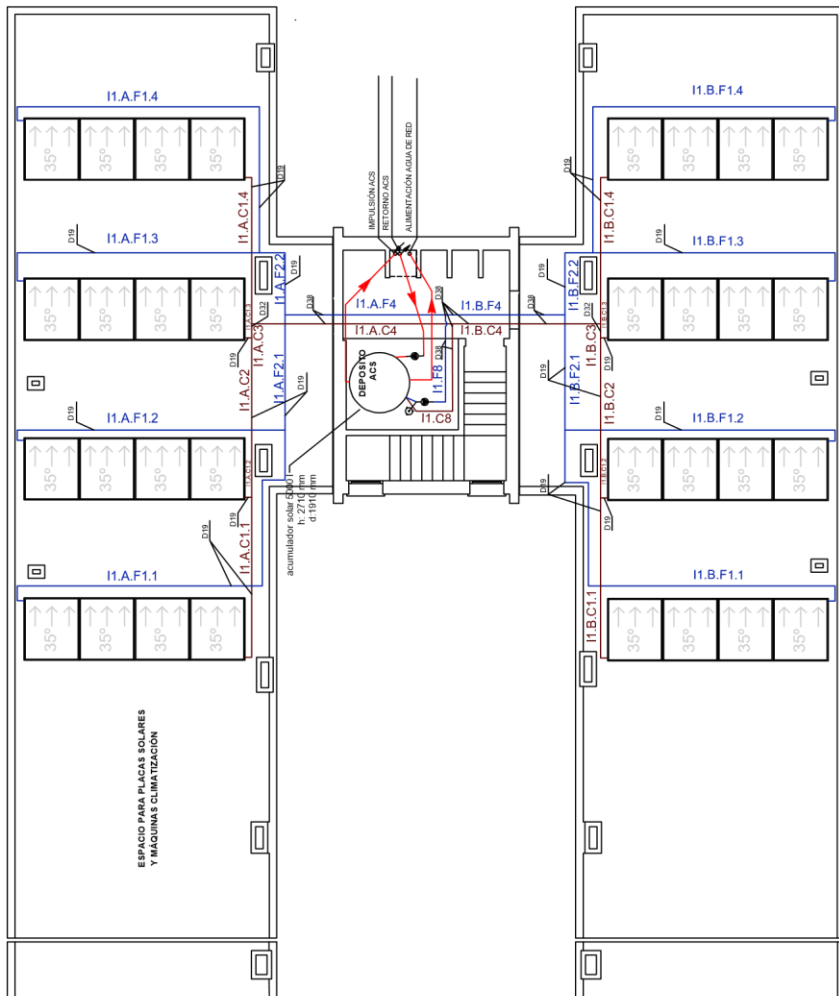


ESTRATEGIAS DE FUNCIONAMIENTO		BOMBA DE CIRCULACIÓN
FUNCION	CONDICIONES	(3)
FUNCIONAMIENTO GENERAL	ST 1 > ST 2 + 7 °C	ON
	ST 1 < ST 2 + 2 °C	OFF
PROTECCION CONTRA HELADAS	ST 1 < 3 °C	ON
	ST 1 > 6 °C	OFF

ESCALA	S/E	TRABAJO DE FIN DE GRADO	AUTOR	DANIEL MARTÍN LÓPEZ
HOJA	Nº 3	ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA PRODUCIR AGUA CALIENTE EN EL SECTOR RESIDENCIAL EN LA PARCELA C-26/1 DE ISLA CAÑELA, AYAMONTE-HUELVA	FECHA	DICIEMBRE 2020
PLANO		UNIVERSIDAD DE SEVILLA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIA		
INSTALACION DE ENERGÍA SOLAR ESQUEMA DE PRINCIPIO				

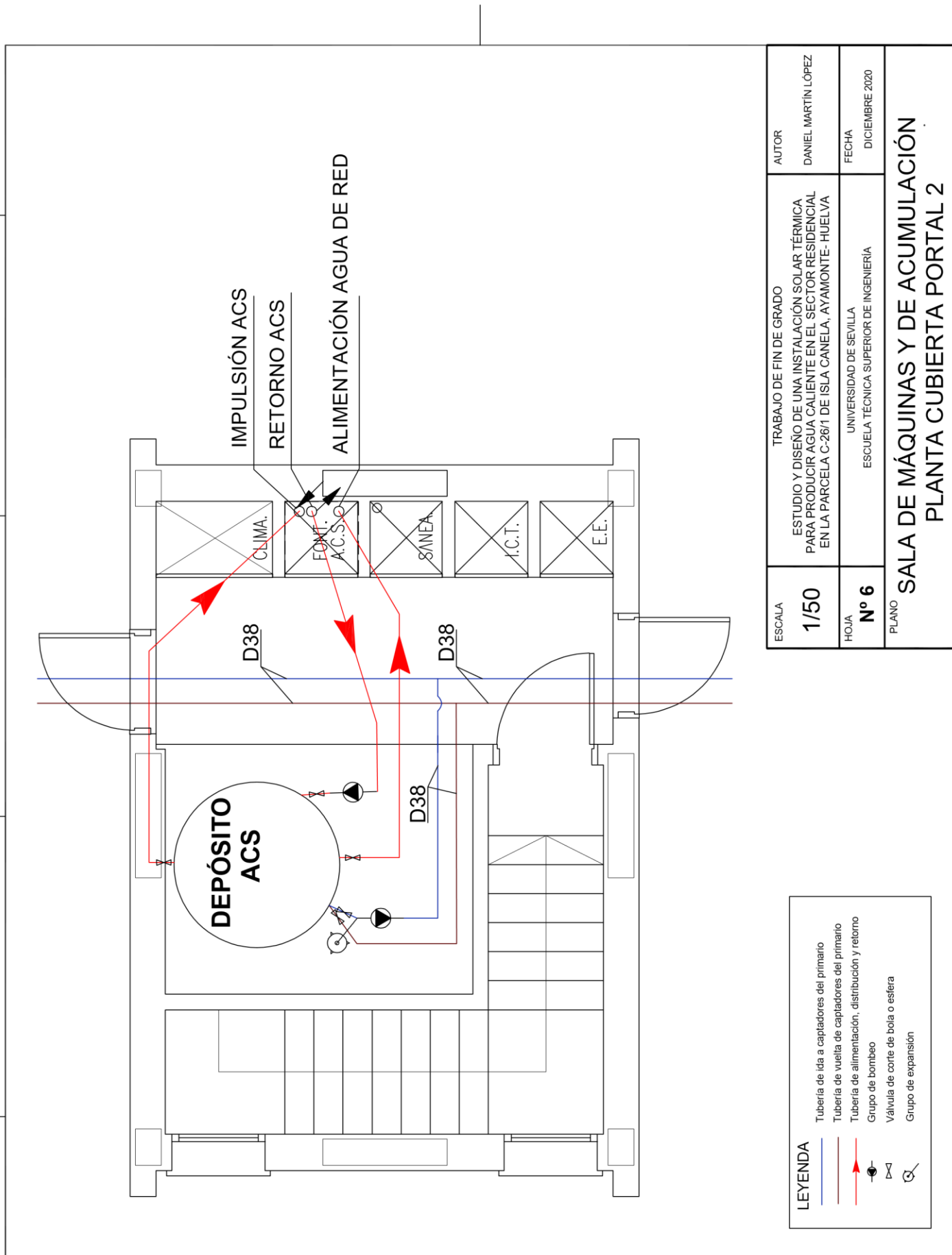


ESCALA	TRABAJO DE FIN DE GRADO		AUTOR
S/E	ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA PRODUCIR AGUA CALIENTE EN EL SECTOR RESIDENCIAL EN LA PARCELA C-261/1 DE ISLA CANELA, AYAMONTE- HUELVA		DANIEL MARTÍN LÓPEZ
HOJA	UNIVERSIDAD DE SEVILLA		FECHA
Nº 4	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIA		DICIEMBRE 2020
PLANO	INSTALACION DE ENERGÍA SOLAR ESQUEMA DE VERTICALES		



TODA LA INSTALACIÓN DE SOLAR DEBERÁ AJUSTARSE AL CUMPLIMIENTO DEL C.TE DB-HE4

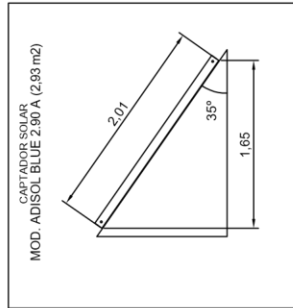
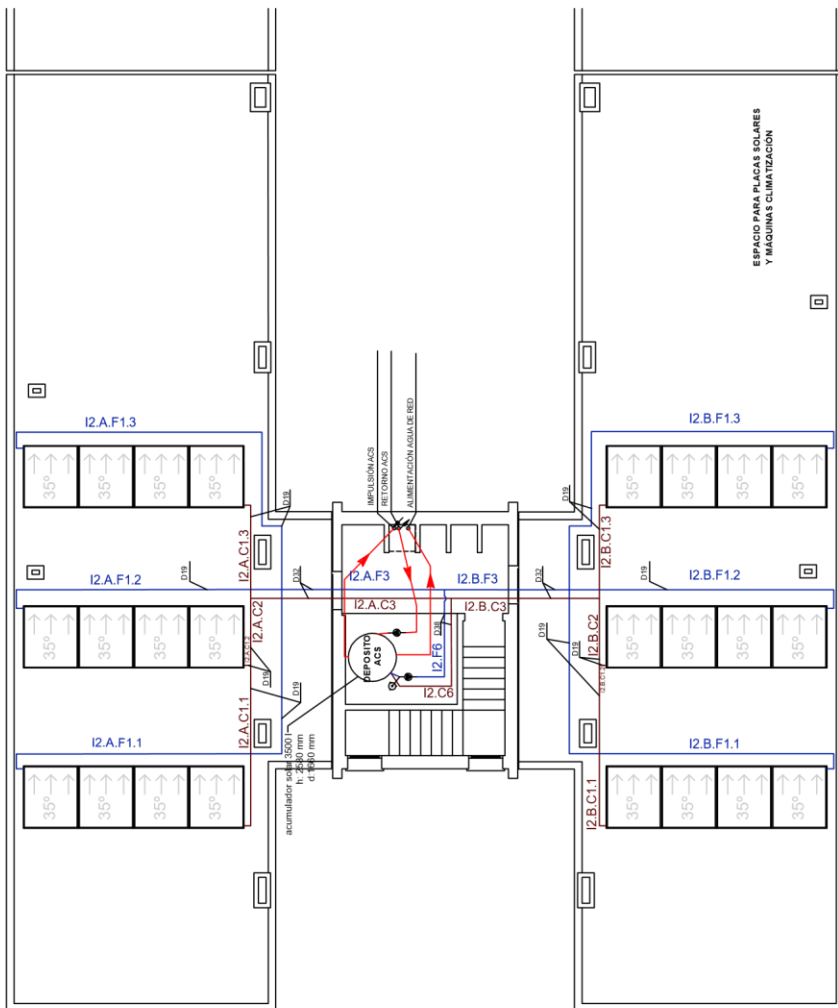
ESCALA	TRABAJO DE FIN DE GRADO	AUTOR
1/200	ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA PRODUCIR AGUA CALIENTE EN EL SECTOR RESIDENCIAL EN LA PARCELA C-261 DE ISLA CANELA, AYAMONTE- HUELVA	DANIEL MARTÍN LÓPEZ
FOLIO	UNIVERSIDAD DE SEVILLA	FECHA
Nº 5	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA	DICIEMBRE 2020
PLANO	INSTALACION DE ENERGÍA SOLAR PLANTA CUBIERTA PORTALES 1 Y 2	



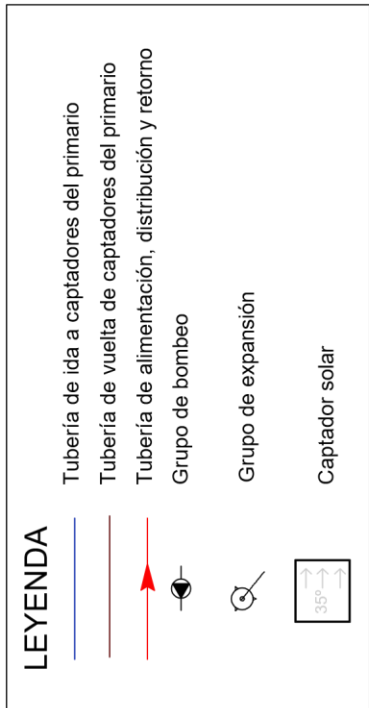
LEYENDA

- Tubería de ida a captadores del primario
- Tubería de vuelta de captadores del primario
- Tubería de alimentación, distribución y retorno
- Grupo de bombeo
- Válvula de corte de bola o esfera
- Grupo de expansión

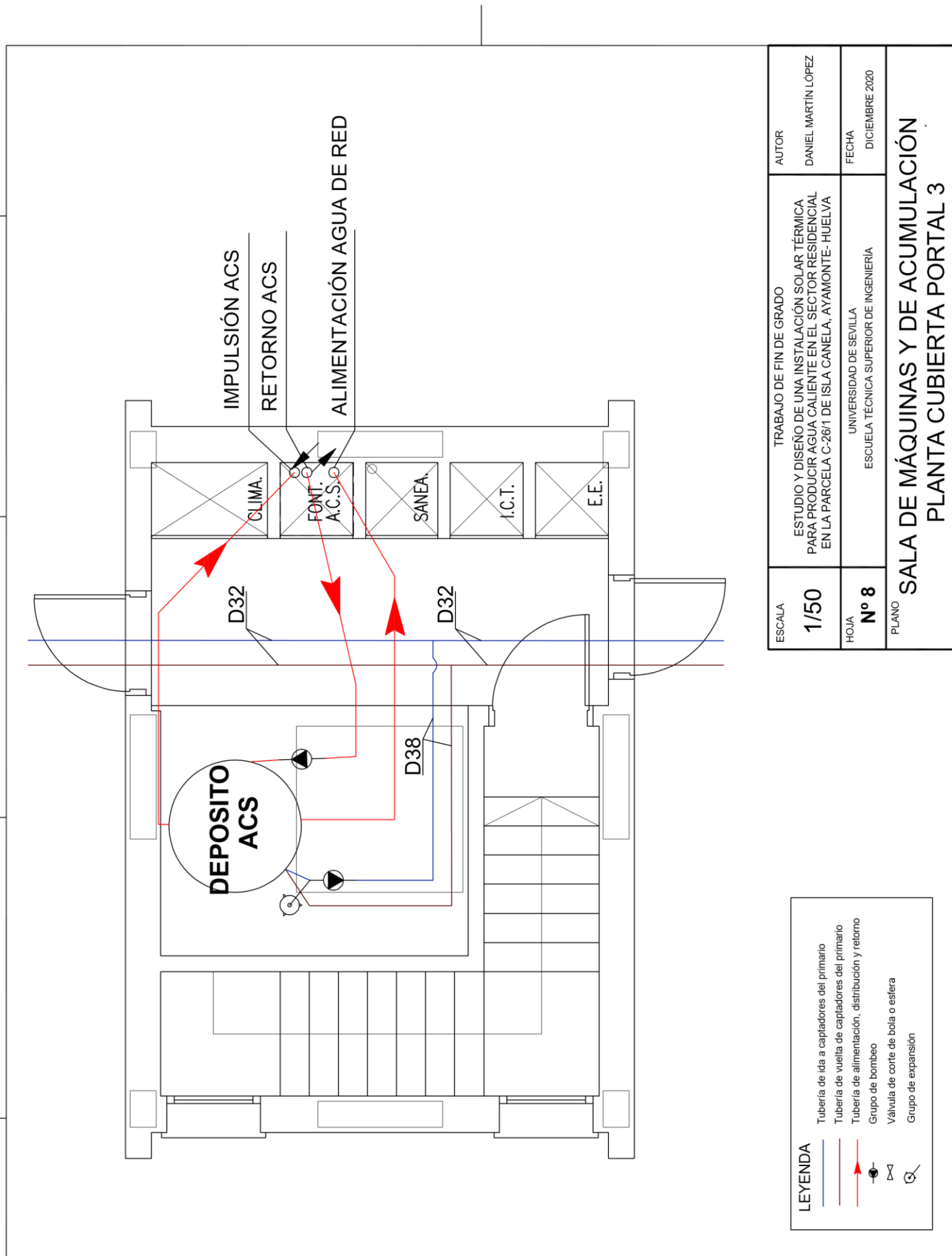
ESCALA	TRABAJO DE FIN DE GRADO	AUTOR
1/50	ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA PRODUCIR AGUA CALIENTE EN EL SECTOR RESIDENCIAL EN LA PARCELA C-26/1 DE ISLA CANELA, AYAMONTE- HUELVA	DANIEL MARTÍN LÓPEZ
HOJA	UNIVERSIDAD DE SEVILLA	FECHA
Nº 6	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA	DICIEMBRE 2020
PLANO	SALA DE MÁQUINAS Y DE ACUMULACIÓN PLANTA CUBIERTA PORTAL 2	



TODA LA INSTALACIÓN DE SOLAR DEBERÁ AJUSTARSE AL CUMPLIMIENTO DEL CTE DB-HE4

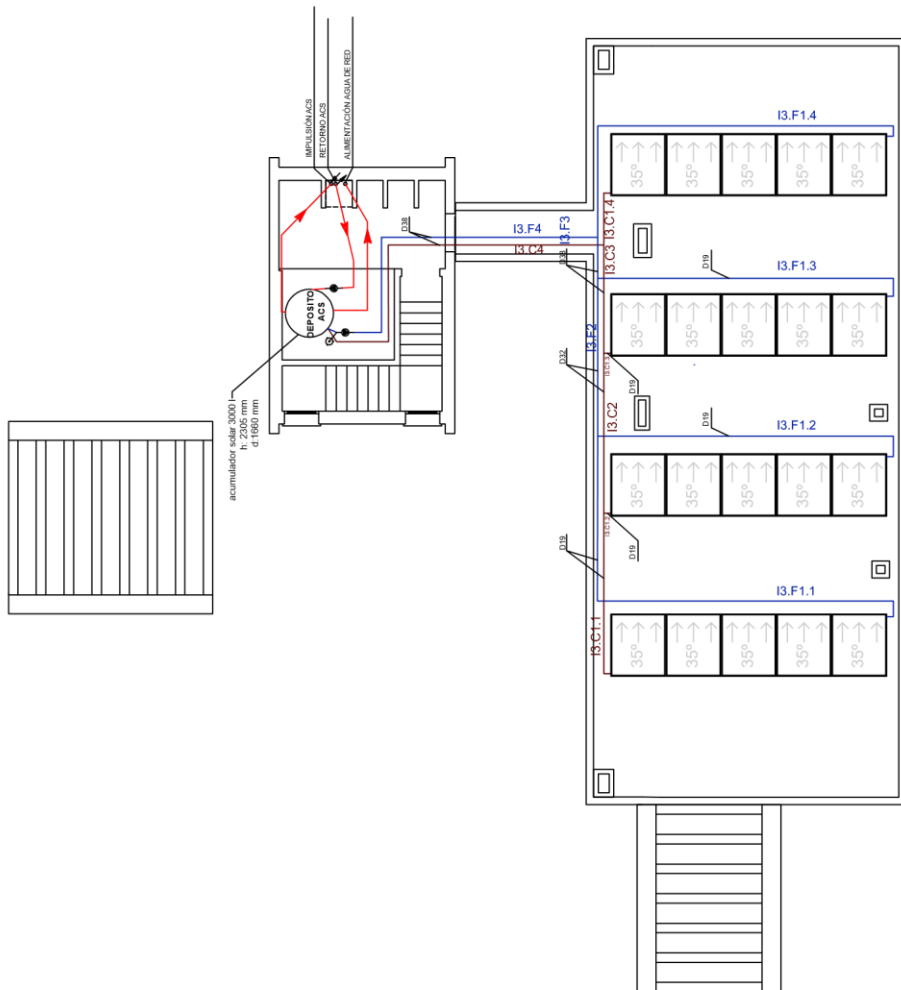


ESCALA	TRABAJO DE FIN DE GRADO	AUTOR
1/200	ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA PRODUCIR AGUA CALENTE EN EL SECTOR RESIDENCIAL EN LA PARCELA C-28/1 DE ISLA CANELA, AYAMONTE- HUELVA	DANIEL MARTÍN LÓPEZ
HOJA	UNIVERSIDAD DE SEVILLA	FECHA
Nº 7	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIA	DICIEMBRE 2020
PLANO	INSTALACION DE ENERGÍA SOLAR PLANTA CUBIERTA PORTAL 3	









ESCALA	TRABAJO DE FIN DE GRADO	AUTOR
1/50	ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA PRODUCIR AGUA CALIENTE EN EL SECTOR RESIDENCIAL EN LA PARCELA C-26/1 DE ISLA CAÑELA, AYAMONTE- HUELVA	DANIEL MARTÍN LÓPEZ
HOJA	UNIVERSIDAD DE SEVILLA	FECHA
Nº 8	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA	DICIEMBRE 2020
PLANO	SALA DE MÁQUINAS Y DE ACUMULACIÓN PLANTA CUBIERTA PORTAL 3	

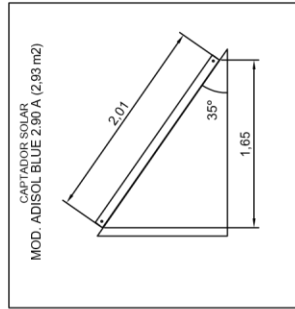
LEYENDA
Tubería de ida a captadores del primario
Tubería de vuelta de captadores del primario
Tubería de alimentación, distribución y retorno
Grupo de bombeo
Válvula de corte de bola o esfera
Grupo de expansión



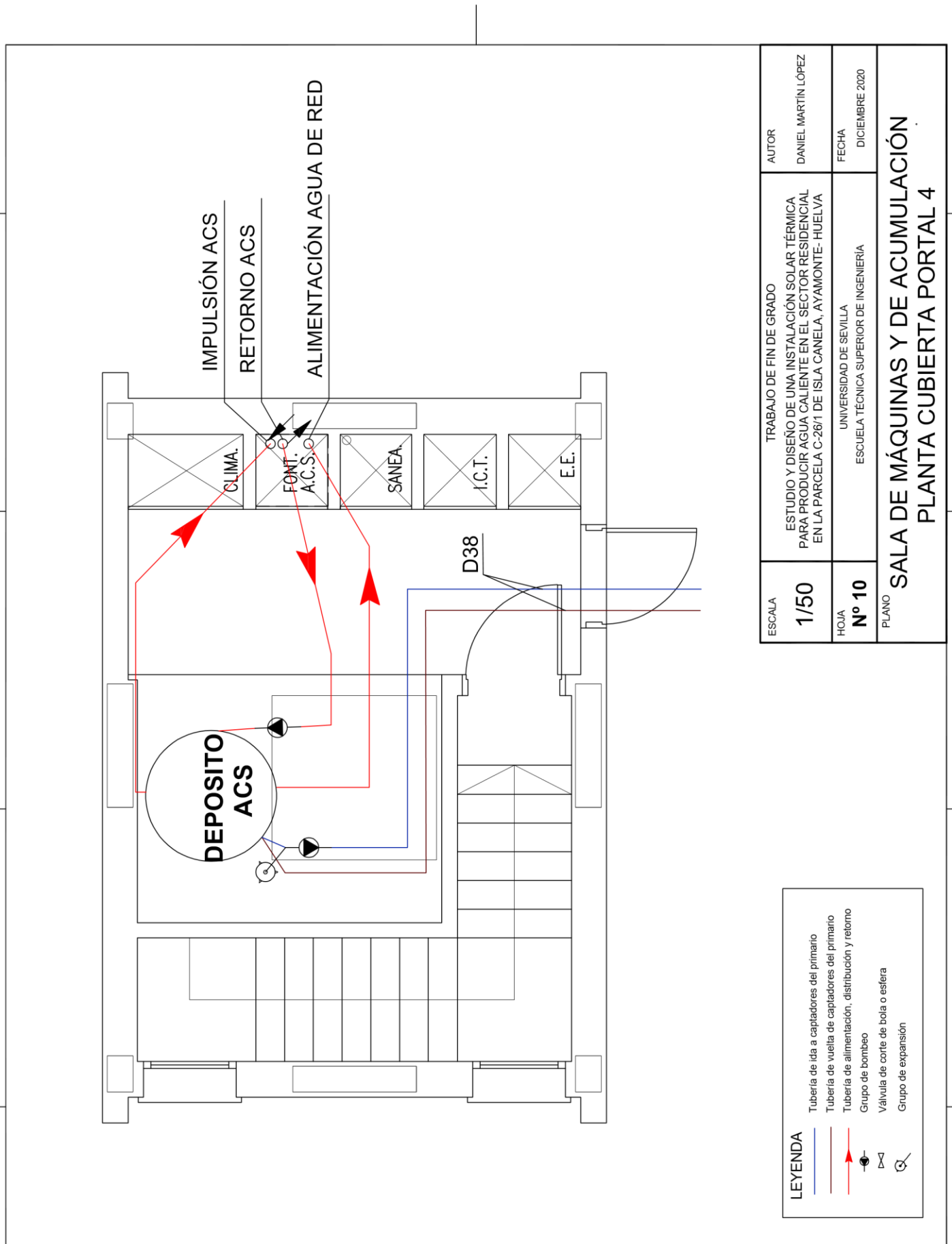
LEYENDA

-  Tubería de ida a captadores del primario
-  Tubería de vuelta de captadores del primario
-  Tubería de alimentación, distribución y retorno
-  Grupo de bombeo
-  Grupo de expansión
-  Captador solar

TODA LA INSTALACIÓN DE SOLAR DEBERÁ AJUSTARSE AL CUMPLIMIENTO DEL CTE DB-HE4



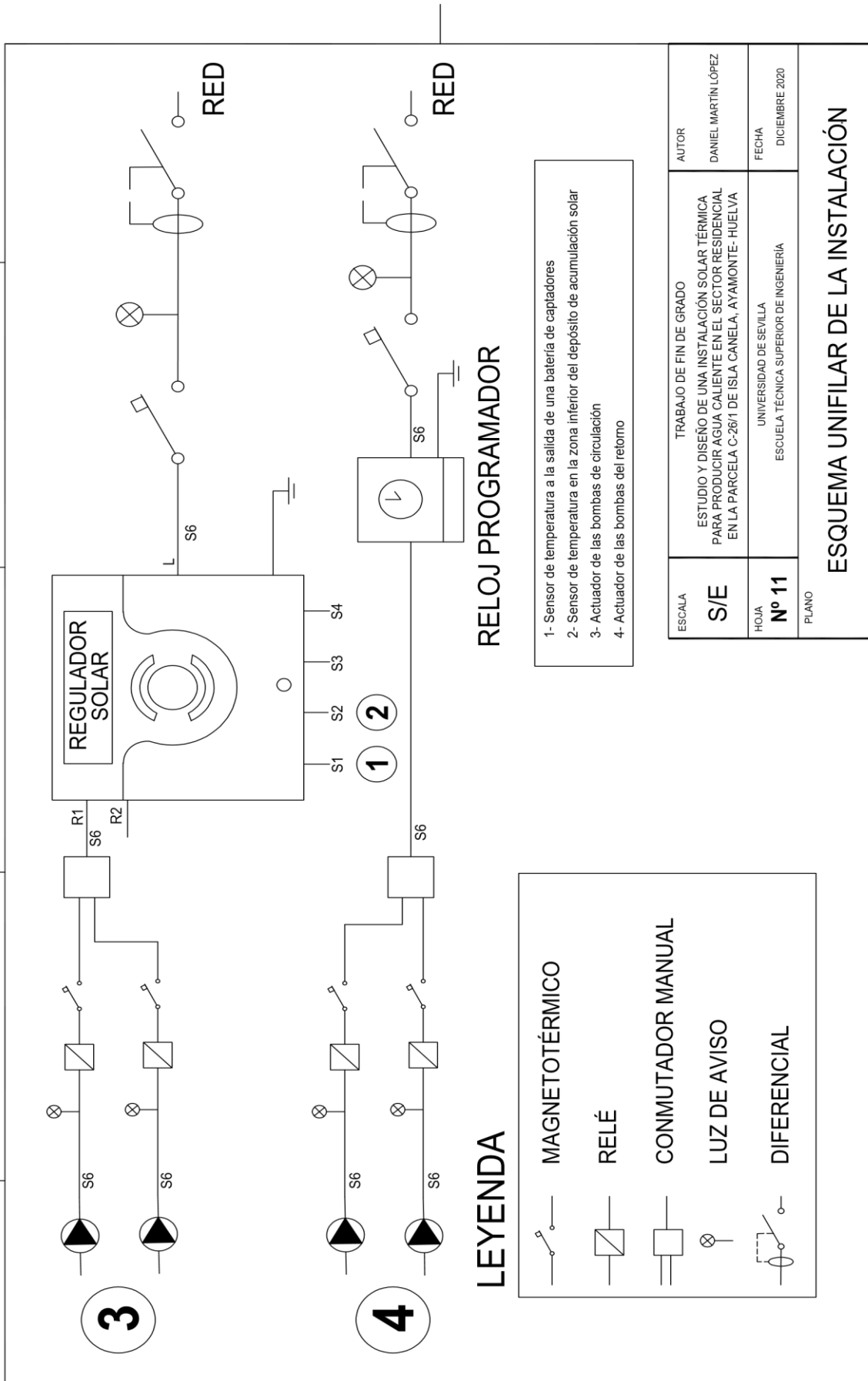
ESCALA	TRABAJO DE FIN DE GRADO	AUTOR
1/200	ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA PRODUCIR AGUA CALIENTE EN EL SECTOR RESIDENCIAL EN LA PARCELA C-2811 DE ISLA CANELA, AYAMONTE-HUELVA	DANIEL MARTÍN LÓPEZ
HOJA	UNIVERSIDAD DE SEVILLA	FECHA
Nº 9	ESQUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIA	DICIEMBRE 2020
PLANO	INSTALACION DE ENERGÍA SOLAR PLANTA CUBIERTA PORTAL 4	



ESCALA	TRABAJO DE FIN DE GRADO	AUTOR
1/50	ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA PRODUCIR AGUA CALIENTE EN EL SECTOR RESIDENCIAL EN LA PARCELA C-26/1 DE ISLA CAÑELA, AYAMONTE- HUELVA	DANIEL MARTÍN LÓPEZ
HOJA	UNIVERSIDAD DE SEVILLA	FECHA
Nº 10	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA	DICIEMBRE 2020
PLANO	SALA DE MÁQUINAS Y DE ACUMULACIÓN PLANTA CUBIERTA PORTAL 4	

LEYENDA

	Tubería de ida a captadores del primario
	Tubería de vuelta de captadores del primario
	Tubería de alimentación, distribución y retorno
	Grupo de bombeo
	Válvula de corte de bola o esfera
	Grupo de expansión



- 1- Sensor de temperatura a la salida de una batería de captadores
- 2- Sensor de temperatura en la zona inferior del depósito de acumulación solar
- 3- Actuador de las bombas de circulación
- 4- Actuador de las bombas del retorno

LEYENDA

- MAGNETOTÉRMICO
- RELÉ
- CONMUTADOR MANUAL
- LUZ DE AVISO
- DIFERENCIAL

ESCALA	TRABAJO DE FIN DE GRADO	AUTOR
S/E	ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA PRODUCIR AGUA CALIENTE EN EL SECTOR RESIDENCIAL EN LA PARCELA C-2671 DE ISLA CANELA, AYAMONTE- HUELVA	DANIEL MARTÍN LÓPEZ
HOJA	UNIVERSIDAD DE SEVILLA	FECHA
Nº 11	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA	DICIEMBRE 2020
PLANO	ESQUEMA UNIFILAR DE LA INSTALACIÓN	

6 ANEXOS

ANEXO A. CÁLCULOS DE CIRCUITOS HIDRÁULICO.















Para la instalación 3, los diámetros de cada tramo son los que se muestran a continuación:

Tabla 32. Diámetros de cada tramo de la instalación 3.

Tramo	1	2	3	4
D (mm)	19	32	38	38
D (pulgadas)	$\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$
v (m/s)	0,718	0,506	0,538	0,574

Para el cálculo de pérdida de carga de los accesorios se ha utilizado el documento de Pressman [32] que aporta valores del coeficiente de pérdida de carga localizada para los diferentes accesorios de la instalación. Los que se han utilizado en el cálculo son los que aparecen en esta tabla.

Tabla 33. Valores de los coeficientes de pérdidas de los diferentes accesorios.

Valor del coeficiente de pérdida localizada K					
Diámetro interior		8 ÷ 16 mm	18 ÷ 28 mm	30 ÷ 54 mm	> 54 mm
Accesorio	Símbolo				
Curva estrecha a 90°		2	1,5	1	0,8
Curva normal a 90°		1,5	1	0,5	0,4
Curva larga a 90°		1	0,5	0,3	0,3
Ampliación		1			
Reducción		0,5			
Derivación simple con T a 90°		1			
Confluencia simple con T a 90°		1			
Derivación doble con T a 90°		3			
Confluencia doble con T a 90°		3			
Válvula de corte directo		10	8	7	6
Válvula de esfera paso total		0,2	0,2	0,1	0,1
Válvula antirretorno		3	2	1	1
Válvula de cuatro vías		6		4	
Válvula de tres vías		10		8	

Por último, los cálculos de las pérdidas por accesorios (tabla 31), obtenidos mediante los valores de Pressman, y las pérdidas totales tanto en pascales como en milímetros de columna de agua (tabla 32) de cada tramo perteneciente a las tres instalaciones. Cada elemento específico corresponde a:

- C es una curva estrecha a 90°.
- T es una te, de las cuatro posibilidades disponibles.
- V.C. es una válvula de corte de esfera paso total.
- V.A. es una válvula antirretorno.
- R/E es una reducción/ensanchamiento (o ampliación).
- ΔH_{acc} es la pérdida de carga en accesorios (mmca)
- Q es el caudal circulante (m^3/h)
- D es el diámetro (mm)
- L es la longitud (m)
- Re es el número de Reynolds
- ΔH_{tub} es la pérdida de carga en las tuberías (mmca ó mmca/m)
- ΔH_{tot} es la pérdida de carga total (mmca ó Pa)

Es necesario comentar que se ha obtenido la pérdida de carga de las tuberías en milímetros de columna de agua por metro de tubería para fundamentar el segundo criterio establecido.

Además, hay que explicar cómo se ha utilizado el coeficiente de pérdidas de carga de las tes, pues es algo más delicado debido a que se encuentra ubicado en la unión de dos tramos, por lo que determinar donde aplicarlo influirá en los resultados.

Hay que diferenciar únicamente entre derivación/confluencia simple o doble. Si el fenómeno es simple, se aplicará en el tramo al que derive o hacia donde confluya, siempre aguas arriba del accesorio; en cambio, si es doble ese coeficiente se divide entre cada tramo al que derive o del que confluya.

Tabla 34. Pérdida de carga por accesorios de cada tramo de las instalaciones.

Tramo	C	T	V.C.	V.A.	R/E	ΔHacc (mmca)
I1.A.F1.1	7,5	0	0,2	0	0	127,804
I1.A.F1.2	3	1	0,2	0	0	69,711
I1.A.F1.3	3	0	0,2	0	0	53,113
I1.A.F1.4	4,5	1	0,2	0	0	94,608
I1.A.F2.1	0	1,5	0	0	0,5	33,196
I1.A.F2.2	1,5	1,5	0	0	0,5	58,093
I1.A.F4	0	1,5	0	0	0	24,897
I1.A.C1.1	1,5	0	0,2	0	0	28,216
I1.A.C1.2	0	1	0,2	0	0	19,918
I1.A.C1.3	0	1	0,2	0	0	19,918
I1.A.C1.4	1,5	1,5	0,2	0	0	53,113
I1.A.C2	0	0	0	0	0	0,000
I1.A.C3	0	1,5	0	0	1	46,414
I1.A.C4	0	0	0	0	1	16,598
I1.B.F1.1	7,5	0	0,2	0	0	127,804
I1.B.F1.2	3	1	0,2	0	0	69,711
I1.B.F1.3	3	0	0,2	0	0	53,113
I1.B.F1.4	4,5	1	0,2	0	0	94,608
I1.B.F2.1	0	1,5	0	0	0,5	33,196
I1.B.F2.2	1,5	1,5	0	0	0,5	58,093
I1.B.F4	0	1,5	0	0	0	24,897
I1.B.C1.1	1,5	0	0,2	0	0	28,216
I1.B.C1.2	0	1	0,2	0	0	19,918
I1.B.C1.3	0	1	0,2	0	0	19,918
I1.B.C1.4	1,5	1,5	0,2	0	0	53,113
I1.B.C2	0	0	0	0	0	0,000
I1.B.C3	0	1,5	0	0	1	46,414
I1.B.C4	0	0	0	0	1	16,598
I1.F8	2	0	0,4	1	0	56,433
I1.C8	2	0	0,2	0	0	36,515
I2.A.F1.1	4,5	1	0,2	0	0,5	102,907
I2.A.F1.2	3	0	0,2	0	0,5	61,412
I2.A.F1.3	7,5	1	0,2	0	0,5	152,701
I2.A.F3	0	1,5	0	0	0,5	37,131
I2.A.C1.1	1,5	1,5	0,2	0	0	53,113
I2.A.C1.2	0	1	0,2	0	0	19,918
I2.A.C1.3	1,5	0	0,2	0	0	28,216
I2.A.C2	0	1	0	0	0	16,598
I2.A.C3	0	1,5	0	0	1	46,414
I2.B.F1.1	4,5	1	0,2	0	0,5	102,907
I2.B.F1.2	3	0	0,2	0	0,5	61,412
I2.B.F1.3	7,5	1	0,2	0	0,5	152,701
I2.B.F3	0	1,5	0	0	0,5	37,131
I2.B.C1.1	1,5	1,5	0,2	0	0	53,113
I2.B.C1.2	0	1	0,2	0	0	19,918
I2.B.C1.3	1,5	0	0,2	0	0	28,216
I2.B.C2	0	1	0	0	0	16,598
I2.B.C3	0	1,5	0	0	1	46,414
I2.F6	2	0	0,4	1	0	56,433
I2.C6	2	0	0,2	0	1	53,113
I3.F1.1	4,5	1	0,2	0	0	147,825
I3.F1.2	3	0	0,2	0	0	82,990
I3.F1.3	3	1	0,2	0	0	108,924
I3.F1.4	4,5	1,5	0,2	0	0,5	173,760
I3.F2	0	0	0	0	0	0,000
I3.F3	0	1,5	0	0	0,5	29,176
I3.F4	3	0	0,4	1	0,5	71,481
I3.C1.1	1,5	0	0,2	0	0	44,088
I3.C1.2	0	1	0,2	0	0	31,121
I3.C1.3	0	1	0,2	0	0	31,121
I3.C1.4	1,5	1,5	0,2	0	0	82,990
I3.C2	0	0	0	0	0	0,000
I3.C3	0	1,5	0	0	1	36,470
I3.C4	3	0	0,2	0	1	61,270

Tabla 35. Pérdida de carga totales de cada tramo de las instalaciones.

Tramo	Q (m ³ /h)	D (mm)	L (m)	Re	ΔH_{tub} (mmca)	ΔH_{tub} (mmca/m)	ΔH_{tot} (mmca)	ΔH_{tot} (Pa)
I1.A.F1.1	0,586	19	11,766	19702,496	274,505	23,330	402,309	3946,652
I1.A.F1.2	0,586	19	7,530	19702,496	175,672	23,330	245,383	2407,206
I1.A.F1.3	0,586	19	7,325	19702,496	170,891	23,330	224,005	2197,487
I1.A.F1.4	0,586	19	10,806	19702,496	252,097	23,330	346,705	3401,177
I1.A.F2.1	1,172	19	3,053	19702,496	71,230	23,330	104,426	1024,416
I1.A.F2.2	1,172	19	2,315	19702,496	54,010	23,330	112,103	1099,731
I1.A.F4	2,344	38	4,242	39404,992	41,605	9,809	66,502	652,387
I1.A.C1.1	0,586	19	4,417	19702,496	103,035	23,330	131,251	1287,577
I1.A.C1.2	0,586	19	0,180	19702,496	4,199	23,330	24,117	236,586
I1.A.C1.3	0,586	19	0,180	19702,496	4,199	23,330	24,117	236,586
I1.A.C1.4	0,586	19	4,044	19702,496	94,335	23,330	147,449	1446,473
I1.A.C2	1,172	19	4,229	19702,496	98,658	23,330	98,658	967,839
I1.A.C3	1,758	32	0,373	35095,071	5,001	13,412	51,415	504,386
I1.A.C4	2,344	38	5,301	39404,992	51,994	9,809	68,592	672,886
I1.B.F1.1	0,586	19	11,766	19702,496	274,505	23,330	402,309	3946,652
I1.B.F1.2	0,586	19	7,530	19702,496	175,672	23,330	245,383	2407,206
I1.B.F1.3	0,586	19	7,325	19702,496	170,891	23,330	224,005	2197,487
I1.B.F1.4	0,586	19	10,806	19702,496	252,097	23,330	346,705	3401,177
I1.B.F2.1	1,172	19	3,053	19702,496	71,230	23,330	104,426	1024,416
I1.B.F2.2	1,172	19	2,315	19702,496	54,010	23,330	112,103	1099,731
I1.B.F4	2,344	38	3,217	39404,992	31,551	9,809	56,448	553,756
I1.B.C1.1	0,586	19	4,417	19702,496	103,035	23,330	131,251	1287,577
I1.B.C1.2	0,586	19	0,180	19702,496	4,199	23,330	24,117	236,586
I1.B.C1.3	0,586	19	0,180	19702,496	4,199	23,330	24,117	236,586
I1.B.C1.4	0,586	19	4,044	19702,496	94,335	23,330	147,449	1446,473
I1.B.C2	1,172	19	4,229	19702,496	98,658	23,330	98,658	967,839
I1.B.C3	1,758	32	0,373	35095,071	5,001	13,412	51,415	504,386
I1.B.C4	2,344	38	3,922	39404,992	38,473	9,809	55,071	540,249
I1.F8	4,688	38	3,388	39404,992	33,229	9,809	89,662	879,579
I1.C8	4,688	38	3,732	39404,992	36,604	9,809	73,119	717,300
I2.A.F1.1	0,586	19	11,927	19702,496	278,254	23,330	381,161	3739,191
I2.A.F1.2	0,586	19	7,685	19702,496	179,283	23,330	240,695	2361,222
I2.A.F1.3	0,586	19	11,779	19702,496	274,797	23,330	427,498	4193,751
I2.A.F3	1,758	32	4,301	35095,071	57,688	13,412	94,819	930,178
I2.A.C1.1	0,586	19	4,416	19702,496	103,028	23,330	156,141	1531,747
I2.A.C1.2	0,586	19	0,180	19702,496	4,199	23,330	24,117	236,586
I2.A.C1.3	0,586	19	2,649	19702,496	61,809	23,330	90,026	883,153
I2.A.C2	1,172	19	1,767	19702,496	41,226	23,330	57,824	567,250
I2.A.C3	1,758	32	5,296	35095,071	71,022	13,412	117,436	1152,049
I2.B.F1.1	0,586	19	11,927	19702,496	278,254	23,330	381,161	3739,191
I2.B.F1.2	0,586	19	7,685	19702,496	179,283	23,330	240,695	2361,222
I2.B.F1.3	0,586	19	11,779	19702,496	274,797	23,330	427,498	4193,751
I2.B.F3	1,758	32	3,296	35095,071	44,200	13,412	81,331	797,859
I2.B.C1.1	0,586	19	4,416	19702,496	103,028	23,330	156,141	1531,747
I2.B.C1.2	0,586	19	0,180	19702,496	4,199	23,330	24,117	236,586
I2.B.C1.3	0,586	19	2,649	19702,496	61,809	23,330	90,026	883,153
I2.B.C2	1,172	19	1,767	19702,496	41,226	23,330	57,824	567,250
I2.B.C3	1,758	32	3,917	35095,071	52,535	13,412	98,949	970,694
I2.F6	3,516	38	3,751	39404,992	36,797	9,809	93,230	914,586
I2.C6	3,516	38	4,110	39404,992	40,314	9,809	93,428	916,527
I3.F1.1	0,733	19	12,783	24628,120	440,689	34,475	588,514	5773,322
I3.F1.2	0,733	19	8,543	24628,120	294,523	34,475	377,513	3703,402
I3.F1.3	0,733	19	8,484	24628,120	292,465	34,475	401,389	3937,627
I3.F1.4	0,733	19	11,231	24628,120	387,191	34,475	560,951	5502,925
I3.F2	1,465	32	4,177	29245,893	40,717	9,748	40,717	399,431
I3.F3	2,198	38	1,084	36942,180	9,496	8,761	38,672	379,368
I3.F4	2,930	38	9,660	36942,180	84,638	8,761	156,119	1531,528
I3.C1.1	0,733	19	4,417	24628,120	152,267	34,475	196,356	1926,249
I3.C1.2	0,733	19	0,180	24628,120	6,205	34,475	37,327	366,173
I3.C1.3	0,733	19	0,180	24628,120	6,205	34,475	37,327	366,173
I3.C1.4	0,733	19	1,555	24628,120	53,622	34,475	136,611	1340,158
I3.C2	1,465	32	4,237	29245,893	41,298	9,748	41,298	405,131
I3.C3	2,198	38	2,861	36942,180	25,066	8,761	61,536	603,670
I3.C4	2,930	38	10,022	36942,180	87,808	8,761	149,078	1462,457

ANEXO B. CERTIFICADO ORIGINADO POR CHEQ4.

INSTALACIÓN 1:



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

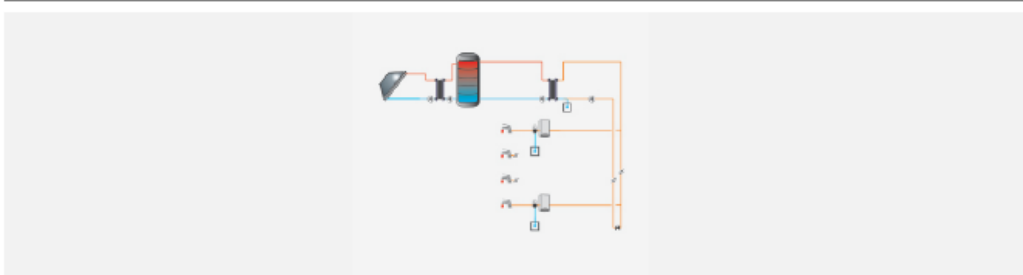
Datos del proyecto

Nombre del proyecto	
Comunidad	
Localidad	
Dirección	

Datos del autor

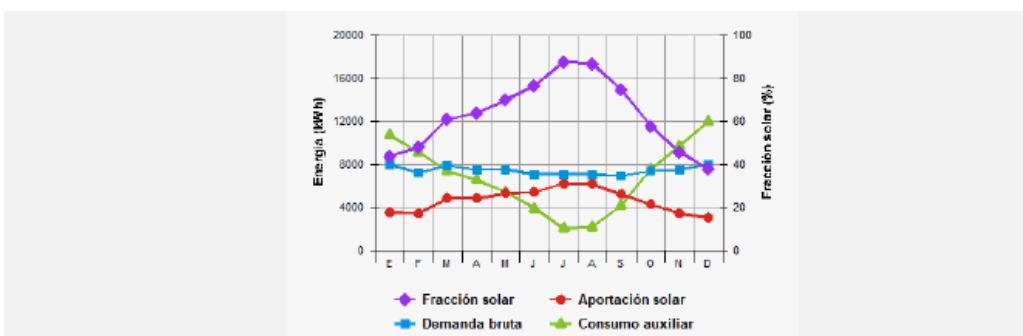
Nombre	
Empresa o institución	
Email	
Teléfono	

Características del sistema solar



Localización de referencia	Ayamonte (Huelva)											
Altura respecto la referencia [m]	16											
Sistema seleccionado	Instalación con consumo múltiple semicentralizada											
Demanda [l/día a 60°C]	3.284											
Ocupación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Resultados



Fracción solar [%]	62
Demanda neta [kWh]	61.370
Demanda bruta [kWh]	89.573
Aporte solar [kWh]	55.809
Consumo auxiliar [kWh]	81.134
Reducción de emisiones de [kg de CO2]	19.924



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

Parámetros del sistema		Verificación en obra
Campo de captadores		
Captador seleccionado	ADISOL BLUE 2.90A (Adisa.)	<input type="checkbox"/>
Contraseña de certificación	GPS-8605 - Verificar vigencia	<input type="checkbox"/>
Número de captadores	32,0	<input type="checkbox"/>
Número de captadores en serie	1,0	<input type="checkbox"/>
Pérdidas por sombras (%)	0,0	<input type="checkbox"/>
Orientación [°]	-26,0	<input type="checkbox"/>
Inclinación [°]	35,0	<input type="checkbox"/>
Circuito primario/secundario		
Caudal circuito primario [l/h]	5.975,0	<input type="checkbox"/>
Porcentaje de anticongelante [%]	0,0	<input type="checkbox"/>
Longitud del circuito primario [m]	35,5	<input type="checkbox"/>
Diámetro de la tubería [mm]	40,0	<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	Termo eléctrico	<input type="checkbox"/>
Tipo de combustible	Electricidad	<input type="checkbox"/>
Acumulación		
Volumen [l]	4.500,0	<input type="checkbox"/>
Distribución		
Longitud del circuito de distribución [m]	114,0	<input type="checkbox"/>
Diámetro de la tubería [mm]	25,0	<input type="checkbox"/>
Espesor del aislante [mm]	30,0	<input type="checkbox"/>
Tipo de aislante	genérico	<input type="checkbox"/>
Distribución subestaciones		
Longitud del circuito de distribución [m]	21,3	<input type="checkbox"/>
Diámetro de la tubería [mm]	25,0	<input type="checkbox"/>
Espesor del aislante [mm]	35,0	<input type="checkbox"/>
Tipo de aislante	genérico	<input type="checkbox"/>

INSTALACIÓN 2:

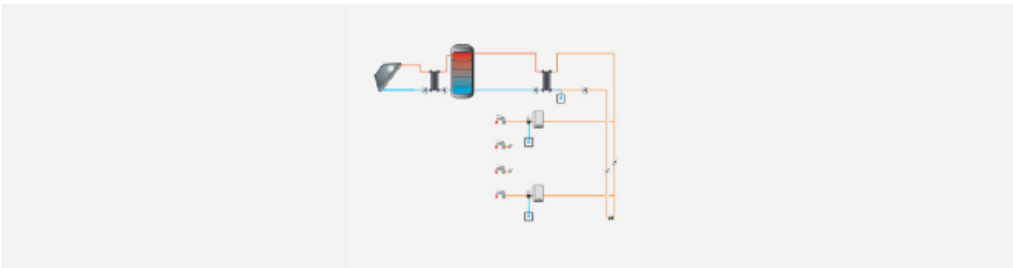
La instalación solar térmica especificada CUMPLE los requerimientos mínimos especificados por el HE4

Datos del proyecto

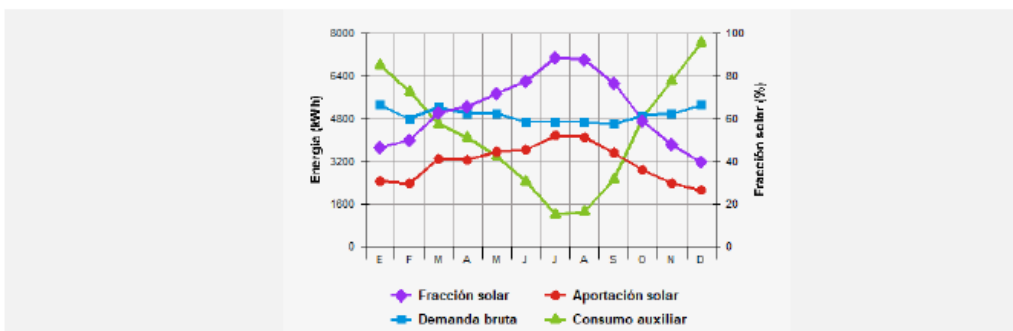
Nombre del proyecto	
Comunidad	
Localidad	
Dirección	

Datos del autor

Nombre	
Empresa o institución	
Email	
Teléfono	

Características del sistema solar

Localización de referencia	Ayamonte (Huelva)
Altura respecto la referencia [m]	16
Sistema seleccionado	Instalación con consumo múltiple semicentralizada
Demanda [l/día a 60°C]	2.237
Ocupación	Ene Feb Mar Abr May Jun Jul Ago Sep Oct Nov Dic
%	100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100

Resultados

Fracción solar [%]	64
Demanda neta [kWh]	41.804
Demanda bruta [kWh]	59.431
Aporte solar [kWh]	38.114
Consumo auxiliar [kWh]	51.224
Reducción de emisiones de [kg de CO2]	13.607



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

Parámetros del sistema		Verificación en obra
Campo de captadores		
Captador seleccionado	ADISOL BLUE 2.90A (Adisa.)	<input type="checkbox"/>
Contraseña de certificación	GPS-8605 - Verificar vigencia	<input type="checkbox"/>
Número de captadores	24,0	<input type="checkbox"/>
Número de captadores en serie	1,0	<input type="checkbox"/>
Pérdidas por sombras (%)	0,0	<input type="checkbox"/>
Orientación [°]	-26,0	<input type="checkbox"/>
Inclinación [°]	35,0	<input type="checkbox"/>
Circuito primario/secundario		
Caudal circuito primario [l/h]	4.482,0	<input type="checkbox"/>
Porcentaje de anticongelante [%]	0,0	<input type="checkbox"/>
Longitud del circuito primario [m]	35,0	<input type="checkbox"/>
Diámetro de la tubería [mm]	34,0	<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	Termo eléctrico	<input type="checkbox"/>
Tipo de combustible	Electricidad	<input type="checkbox"/>
Acumulación		
Volumen [l]	3.500,0	<input type="checkbox"/>
Distribución		
Longitud del circuito de distribución [m]	52,0	<input type="checkbox"/>
Diámetro de la tubería [mm]	25,0	<input type="checkbox"/>
Espesor del aislante [mm]	30,0	<input type="checkbox"/>
Tipo de aislante	genérico	<input type="checkbox"/>
Distribución subestaciones		
Longitud del circuito de distribución [m]	21,3	<input type="checkbox"/>
Diámetro de la tubería [mm]	25,0	<input type="checkbox"/>
Espesor del aislante [mm]	35,0	<input type="checkbox"/>
Tipo de aislante	genérico	<input type="checkbox"/>

INSTALACIÓN 3:



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

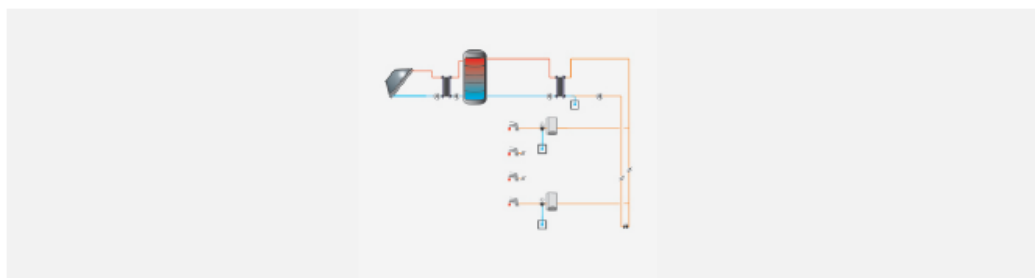
Datos del proyecto

Nombre del proyecto	
Comunidad	
Localidad	
Dirección	

Datos del autor

Nombre	
Empresa o institución	
Email	
Teléfono	

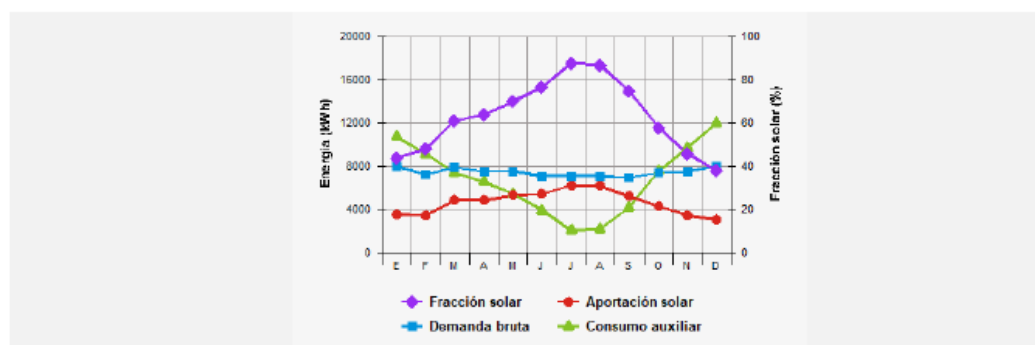
Características del sistema solar



Localización de referencia	Ayamonte (Huelva)
Altura respecto la referencia [m]	16
Sistema seleccionado	Instalación con consumo múltiple semicentralizada
Demanda [l/día a 60°C]	3.284

Ocupación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Resultados



Fracción solar [%]	62
Demanda neta [kWh]	61.370
Demanda bruta [kWh]	89.573
Aporte solar [kWh]	55.809
Consumo auxiliar [kWh]	81.134
Reducción de emisiones de [kg de CO2]	19.924

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	ADISOL BLUE 2.90A (Adisa.)	<input type="checkbox"/>
Contraseña de certificación	GPS-8605 - Verificar vigencia	<input type="checkbox"/>
Número de captadores	32,0	<input type="checkbox"/>
Número de captadores en serie	1,0	<input type="checkbox"/>
Pérdidas por sombras (%)	0,0	<input type="checkbox"/>
Orientación [°]	-26,0	<input type="checkbox"/>
Inclinación [°]	35,0	<input type="checkbox"/>
Circuito primario/secundario		
Caudal circuito primario [l/h]	5.975,0	<input type="checkbox"/>
Porcentaje de anticongelante [%]	0,0	<input type="checkbox"/>
Longitud del circuito primario [m]	35,5	<input type="checkbox"/>
Diámetro de la tubería [mm]	40,0	<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	Termo eléctrico	<input type="checkbox"/>
Tipo de combustible	Electricidad	<input type="checkbox"/>
Acumulación		
Volumen [l]	4.500,0	<input type="checkbox"/>
Distribución		
Longitud del circuito de distribución [m]	114,0	<input type="checkbox"/>
Diámetro de la tubería [mm]	25,0	<input type="checkbox"/>
Espesor del aislante [mm]	30,0	<input type="checkbox"/>
Tipo de aislante	genérico	<input type="checkbox"/>
Distribución subestaciones		
Longitud del circuito de distribución [m]	21,3	<input type="checkbox"/>
Diámetro de la tubería [mm]	25,0	<input type="checkbox"/>
Espesor del aislante [mm]	35,0	<input type="checkbox"/>
Tipo de aislante	genérico	<input type="checkbox"/>

ANEXO C. FICHA TÉCNICA CAPTADOR SOLAR

1 CAPTADORES SOLARES ADISOL.

1.a **Introducción**

La tendencia global, tanto europea como mundial, es mejorar la eficiencia energética tanto en los edificios como en los generadores, con el fin de reducir la emisión de contaminantes a la atmósfera (directiva SAVE, tratado de KYOTO).

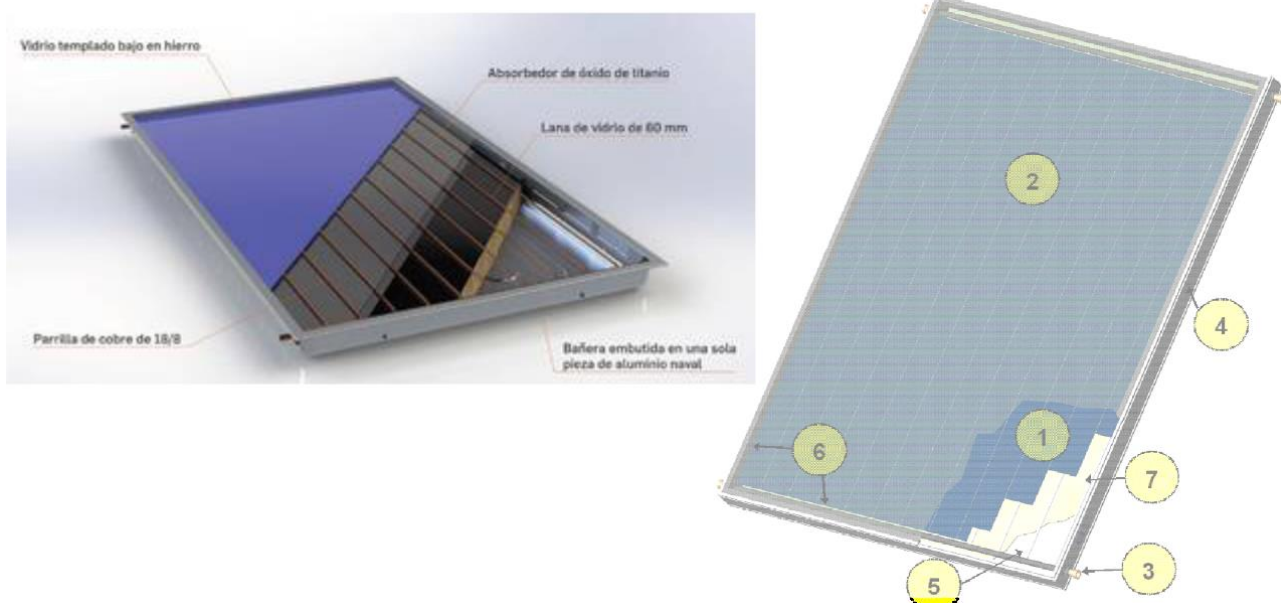
El Plan de Fomento de las Energías Renovables marca como objetivo conseguir que el 12.3 % de la energía consumida en España sea de origen renovable, con una importante participación de la Energía Solar Térmica. En este marco debemos destacar el nuevo código técnico de la edificación que dentro de sus exigencias básicas para el ahorro de energía incluye un requerimiento para una contribución solar mínima en la producción de agua caliente sanitaria y la climatización de piscinas cubiertas, esta reglamentación se suma a las iniciativas de las distintas administraciones autonómicas y locales que se están llevando a cabo para el fomento de uso de energías renovables y no contaminantes.

ADISA, empresa nacional puntera en la fabricación y comercialización de calderas y complementos para sistemas de producción energética centralizada, expone en este documento la gama de captadores solares y complementos.

En el siguiente dossier se quieren dar unas pequeñas nociones para la utilización de la energía solar térmica, fuente de energía de nulo impacto ecológico e inagotable, a escala humana. La gama de colectores ADISOL son captadores solares planos para aplicaciones a baja temperatura (temperatura de utilización inferior a 100°C). Su funcionamiento está basado en el efecto 'invernadero'. Se trata de captadores adaptables a instalaciones centralizadas para producción de agua caliente sanitaria, calentamiento de piscinas y aplicaciones de calefacción a baja temperatura (suelo radiante, climatizadores,...).

1.b **Descripción de materiales**

A continuación se detallan los diferentes materiales de los que se compone el captador:



1. **Absorbedor:**

Aluminio, en los modelos ADISOL BLUE 2.00 A y ADISOL BLUE 2.90 A, soldado por láser a tubos de cobre, con una óptima transferencia de calor. Al absorbedor se le ha realizado un tratamiento selectivo mediante una oxidación metálica de la superficie, Microtherm.

Aluminio, en los modelos ADISOL VN-HN, soldado por láser a tubos de cobre, con una óptima transferencia de calor. Al absorbedor se le ha realizado Mediante óxido de titanio realizado al vacío.

2. **Cubierta:**

En los modelos ADISOL BLUE 2.00A, ADISOL BLUE 2.90A, vidrio templado solar de 4 mm de espesor.

En el modelo ADISOL VN y ADISOL HN, vidrio templado solar de 3,2 mm de espesor.

3. **Conexiones:**

4 salidas en cobre DN22 Para los modelos ADISOL BLUE 2.00.A y ADISOL BLUE 2.90ª

4 salidas en cobre DN18 Para los modelos ADISOL VN y ADISOL HN

4. **Carcasa:**

En perfil de aluminio anodizado para la gama ADISOL BLUE

Bañera embutida de una sola pieza de aluminio Naval para el resto de la gama

5. **Chapa Posterior:**

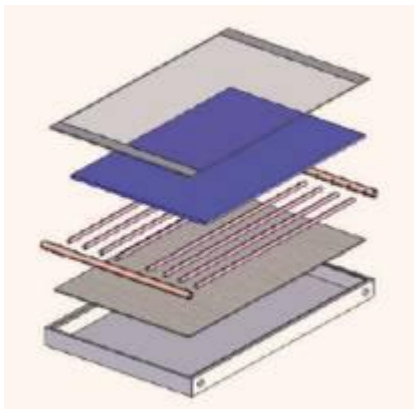
En aluminio para ADISOL BLUE

6. **Sellado:**

Junta especial en EPDM y silicona negra con resistencia a altas temperaturas, entre el vidrio y la carcasa, entre la chapa posterior y la carcasa, y entre el absorbedor y el perfil de aluminio.

7. **Aislamiento:**

Tanto en fondo como en laterales (modelos 2.00 y 2.90), lámina de aluminio reflectante para minimizar las pérdidas y optimizar la captación de la radiación.



1.c Características técnicas

En la siguiente tabla se proporcionan las características generales de los captadores solares térmicos ADISOL.

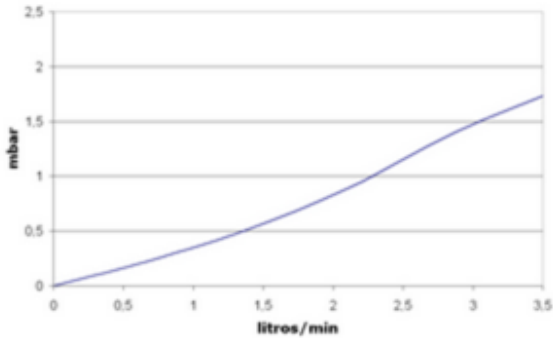
Características generales	ADISOL BLUE 2.00 A	ADISOL BLUE 2.90 A
Dimensiones exteriores, en mm. (Alto x Ancho X Fondo)	2.010 X 1.010 X 100	2.010 X 1.459X 100
Superficie total (m ²)	2,03	2,93
Superficie de apertura (m ²)	1,88	2,73
Superficie de absorbedor (m ²)	1,79	2,66
Conexiones	4 Conexiones en Cu DN22	
Peso (Kg.)	36,5	51,1
Capacidad en litros	1,8	2,5
Caudal recomendado por m ² de captador - rango	50 l/h·m ² (25-75 l/h·m ²)	50 l/h·m ² (25-75 l/h·m ²)
Absorbedor		
Tipo	Parrilla de tubos de cobre soldadura láser a absorbedor de aluminio	
Presión de trabajo máxima (bar)	10	
Presión mínima de trabajo (bar)	1,5	
Tratamiento selectivo	Mirotherm	
Absortancia (α)	0.94+/-0.02	
Emitancia (ϵ)	0.05+/-0.02	
Cubierta		
Tipo	Vidrio solar	
Espesor (mm)	4	
Sellado	Silicona negra resistente a alta temperatura en la parte frontal y junta continua de EPDM en la parte posterior	
Carcasa		
Material	Aluminio anodizado, color plata	
Orificios de drenaje y ventilación (mm)	En los laterales (4) y/ó en la parte inferior.	
Chapa posterior	Aluminio	
Rendimiento		
Factor óptico	0,786	0,778
K1	3,536	3,339
K2	0,016	0,014
Garantía	5 años	

Temperatura máxima de funcionamiento de 120°C, con el fin de proteger los diferentes elementos del circuito hidráulico.

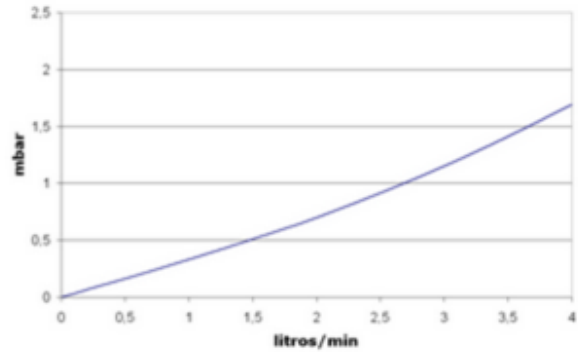
1.d **Pérdida de carga en captadores**

A partir de la siguiente gráfica se puede obtener la pérdida de carga en captadores en función del caudal circulante en el captador.

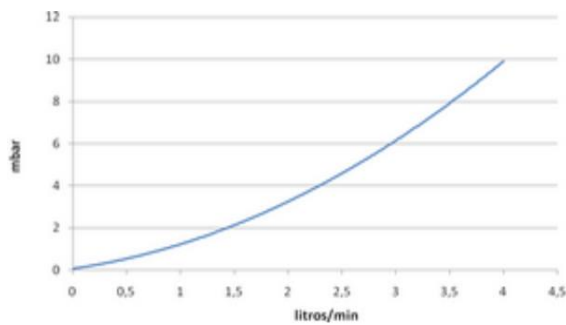
ADISOL BLUE 2.00A



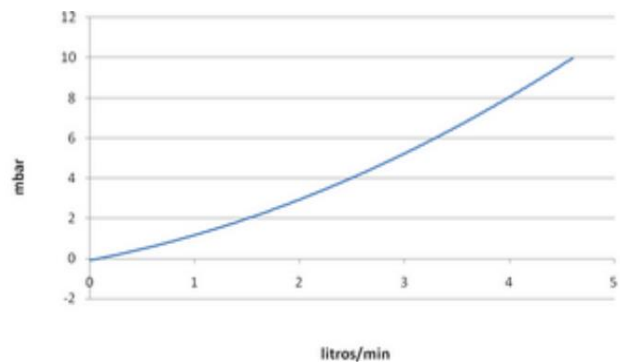
ADISOL BLUE 2.90A



ADISOL VN-2.2



ADISOL VN-2.6



Nota: pérdida de carga considerando como fluido de trabajo; agua, en el caso de considerar una mezcla anticongelante por ejemplo en un % de propilenglicol del 45%, aplicar un factor de corrección de 1,3 al valor anterior.

Para determinar la bomba del circuito primario se deberá calcular:

- La pérdida de carga total del tramo más desfavorable del campo de captadores hasta intercambiador (si se realiza retorno invertido todos los tramos tendrán la misma pérdida de carga).
- El caudal hidráulico de primario se determinará en función del número de captadores por el caudal recomendado por captador:

$$\text{Caudal (litros/hora)} = n^{\circ} \text{ captadores} \times \text{Caudal recomendado por captador (litros / hora)}$$
- Además, se ha de considerar el tipo de fluido del circuito 1º y sus propiedades.

La pérdida de carga en el captador es muy baja respecto a la pérdida que puede existir en el trazado de tuberías del campo de captadores.

2 CERTIFICADO DE HOMOLOGACIÓN Y CURVA DE RENDIMIENTO

Los captadores ADISOL están homologados por el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. La producción de captadores solares ha sido auditada por una empresa colaboradora del Ministerio de Industria, certificando que se cumplen todas las especificaciones establecidas por la legislación actual. Los captadores se han ensayado en laboratorios autorizados por el Ministerio.

Tabla resumen de los valores de la curva de eficiencia instantánea, curva cuadrática.

	Rendimiento		
	ρ	K1	K2
ADISOL BLUE 2.00A	0,789	3,536	0,016
ADISOL BLUE 2.90A	0,778	3,339	0,014
ADISOL VN-HN 2.2	0,788	3,911	0,010
ADISOL VN-HN 2.6	0,77	3,442	0,016

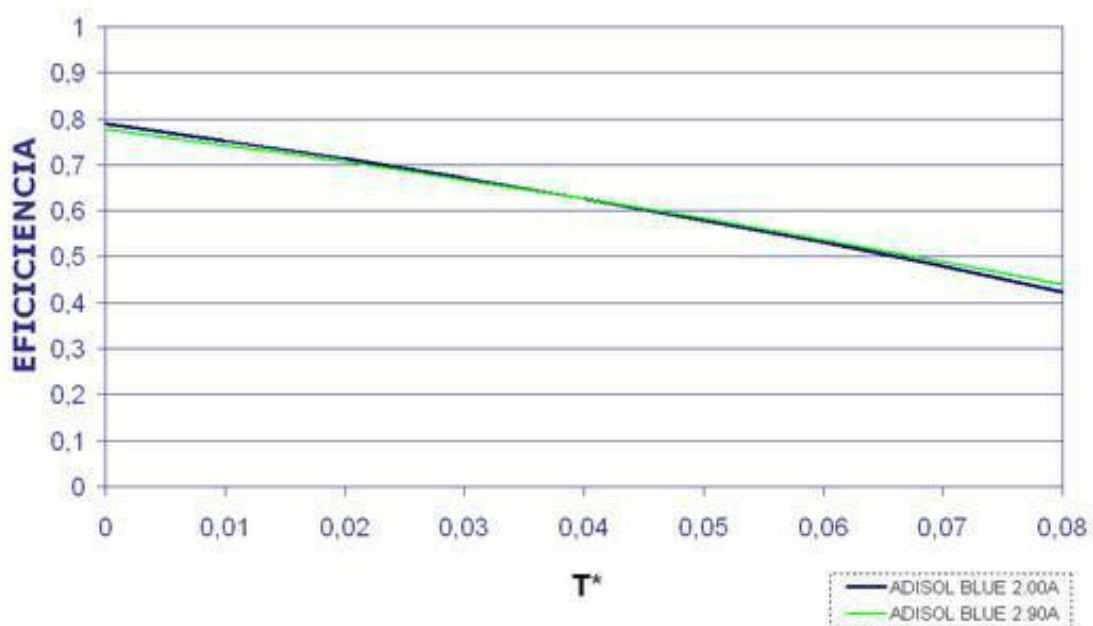
$$\text{Rend} = \rho - K1 \cdot T^* - K2 \cdot G \cdot T^{*2}$$

t_m : Temperatura media en el captador, en °C.

t_a : Temperatura ambiente, en °C.

G: Irradiancia, en W/m^2

**CURVA DE RENDIMIENTO
ADISOL BLUE 2.00A - ADISOL BLUE 2.90A**



3 CAPTADORES SOLARES TÉRMICOS DE ALTO RENDIMIENTO

3.2 ADISOL BLUE 2.90A

Captadores solares planos verticales de gran tamaño.

ADISOL BLUE 2.90A

ENERGÍA SOLAR PARA INSTALACIONES EFICIENTES



CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

- **Captadores solares planos verticales.**
- **Absorbedor** en aluminio soldado por láser a tubos de cobre, con una óptima transferencia de calor. Al absorbedor se le ha realizado un tratamiento selectivo mediante una oxidación metálica de la superficie.
- **Conexiones:** 4 salidas en cobre DN22.
- **Carcasa** en perfil de aluminio anodizado, con orificios de drenaje y ventilación.
- **Chapa posterior** en aluminio.
- **Sellado:** junta especial en EPDM y silicona negra con resistencia a altas temperaturas, entre el vidrio y la carcasa, entre la chapa posterior y la carcasa, y entre el absorbedor y el perfil de aluminio.
- **Gran cantidad de complementos/accesorios:** soportes, racores, válvulas seguridad, purgadores, contadores, energía, anticongelante...

VENTAJAS DEL PRODUCTO

- Alto rendimiento.
- Montaje rápido y sencillo, gracias a unos racores de interconexión entre captadores.
- Estructura de soporte en aluminio anodizado certificada de gran resistencia a la corrosión y gran robustez.
- Perfecta integración con sistemas de calefacción centralizada y producción de A.C.S.
- Garantía 5 años.

► Con el fin de proteger los diferentes elementos del circuito hidráulico, es conveniente diseñar la instalación con una temperatura máxima de funcionamiento de 120 °C.

$$(1) \text{Rend} = \eta^0 - K1 \cdot T^* - K2 \cdot G \cdot T^{*2}$$

$$T^* = (t_m - t_a) / G$$

t_m: temperatura media en el captador, en °C

t_a: temperatura ambiente, en °C

G: irradiancia, en W/m²

CAPTADORES SOLARES VERTICALES | ADISOL BLUE

MODELO ADISOL	UDS	ADISOL BLUE 2.90A
CÓDIGO		509499
DIMENSIONES TOTALES: alto	mm	2.010
DIMENSIONES TOTALES: ancho	mm	1.459
DIMENSIONES TOTALES: fondo	mm	100
ÁREA DE APERTURA	m ²	2,73
MATERIAL ABSORBEDOR/ PARRILLA		Aluminio/Cobre
MATERIAL DE LA CARCASA		Aluminio Anodizado
ESPESOR DEL VIDRIO	mm	4
PESO EN VACÍO	kg	51,1
CONTENIDO DE AGUA	litros	2,5
PRESIÓN MÁXIMA	bar	10
TIPO DE SOLDADURA ABSORBEDOR		Láser
ABSORBEDOR TRATAMIENTO SUPERFICIE		Microtherm
ABSORTANCIA ABSORBEDOR		0,94
EMITANCIA ABSORBEDOR		0,05
RENDIMIENTO (1) : Factor óptico	%	77,80
RENDIMIENTO: K1	W/m ² K	3,339
RENDIMIENTO: K2	W/m ² K ²	0,014
P.V.P.	€	580

ESTRUCTURAS DE SOPORTE



- Estructura de soporte en aluminio de gran resistencia a la corrosión.
- Tornillería en acero inoxidable.

► Captadores solares planos verticales, absorbedor con tratamiento selectivo.

COMPOSICIÓN DE LAS ESTRUCTURAS

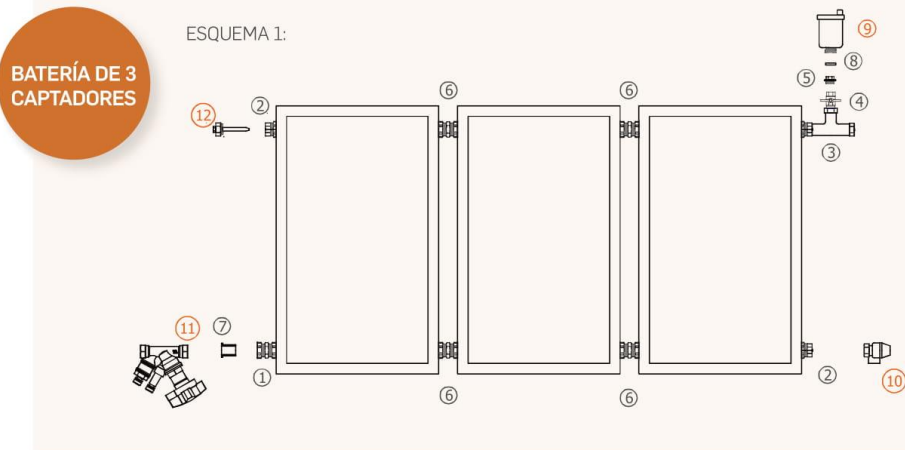
PANEL	CÓDIGO	UDS	P. V. P. €	PANEL	BATERÍA	COMPOSICIÓN	P. V. P. €
BLUE 2.90A	510630	1	189	BLUE 2.90A	1 captador	1 x 510630	189
	509434	2	236		2 captadores	1 x 509434	236
	509435	Ampliación + 1 captador	127		3 captadores	1 x 509434 + 1 x 509435	363
4 captadores					2 x 509434	472	
5 captadores					2 x 509434 + 1 x 509435	599	

3 CAPTADORES SOLARES TÉRMICOS DE ALTO RENDIMIENTO

3.2 ADISOL BLUE 2.90A

ACCESORIOS HIDRÁULICOS PARA CAPTADORES ADISOL BLUE

Para facilitar la conexión, disponemos de unos racores entre captadores (pieza 6) y enlaces final de batería (pieza 3); así como purgadores automáticos y válvula de seguridad para la configuración de una batería/grupo de captadores.



P. V. P. 1 CAPTADOR BATERÍA CÓDIGO 509466	P. V. P. 2 CAPTADORES BATERÍA CÓDIGO 509467	P. V. P. 3 CAPTADORES BATERÍA CÓDIGO 509661	P. V. P. 4 CAPTADORES BATERÍA CÓDIGO 509662	P. V. P. 5 CAPTADORES BATERÍA CÓDIGO 509663
€	€	€	€	€
76	94	111	183	201

KIT RACORES

Conjunto de enlaces de interconexión y enlaces final de batería.



Material incluido

ESQUEMA 1	MATERIAL POR BATERÍA DE CAPTADOR	Nº DE CAPTADORES				
		1	2	3	4	5
5	Tapón ciego ½"	1	1	1	1	1
4	Válvula de corte ½"	1	1	1	1	1
8	Juntas ½"	2	2	2	2	2
2	Tapón 22	2	2	2	2	2
3	Conexión en T 22- ¾"	1	1	1	1	1
-	Manguito H-H ¾"	1	1	1	1	1
6	Manguito 22-22	2	4	6	8	10
7	Manguitos de inserción 22	6	10	14	18	22
-	Juntas ¾"	1	1	1	1	1

ESQUEMA 1	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	P. V. P. €
9	509440	Purgador automático ½" T ^º máx. 180 °C	14
10	509458	Válvula de seguridad 6 kg/cm ² . ¾"H (T ^º máx. 160 °C)	24
11	509469	Válvula de equilibrado A 20 con tomas de presión autoestancas	78
12	509470	Vaina para sonda	16
-	509456	Manguito antidilataciones 25,7	33

► Puesta en marcha de sistemas de energía solar no incluida, en caso necesario: consultar.

ANEXO D. FICHA TÉCNICA ESTRUCTURA SOPORTE

INSTRUCCIONES DE MONTAJE, CAPTADORES Y ESTRUCTURA DE SOPORTE

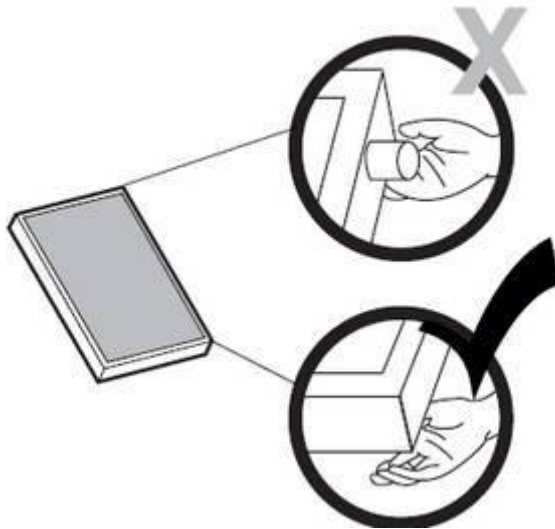
2.a Instrucciones básicas de manipulación

Los captadores se suministran, preferentemente paletizados en grupos de 5/10 unidades dependiendo del modelo de captador. Cada palet pesa en torno a 600/350 Kg dependiendo de las unidades que contenga. Las dimensiones aproximadas de los palets de 10 unidades son, (ALTURA X ANCHO X FONDO), de 2.200 X 1.650 X 1.150 mm (captadores 2.90), 2.200 X 1.250 X 1.150 mm (captadores 2.00 y 2.30) y 1.500 X 1.000 X 2.200 (captador 2.50).

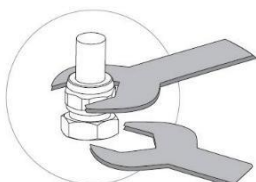
Las estructuras de soporte se suministrarán, paletizadas en embalajes individuales por conjunto.

Los captadores se deben almacenar en espacios cubiertos, en caso de almacenarlos a la intemperie deberán protegerse de la lluvia y viento. Una vez despaletizados los captadores se han de manipular de acuerdo a estas recomendaciones generales:

- No se deben manipular ni transportarlos por los racores, pues existe riesgo de rotura.



- No colocar los captadores horizontalmente sobre sus conexiones laterales.
- Si apoya los captadores verticalmente, utilice los medios necesarios para evitar el vuelco ya que se puede dañar seriamente la cubierta de vidrio.
- Las conexiones de los captadores se realizará mediante racores cónicos, tipo Bicono, de conexión mecánica de 3 piezas junto con anillos de compresión que asegurarán la estanqueidad de la conexión. Estos racores se suministran junto con el kit de batería de los captadores junto con machones cónicos DN22-3/4" rosca gas o DN18-3/4" como enlaces final de batería. El apriete se ha de realizar con 2 llaves y se ha de evitar girar el colector principal del absorbendor.



- Se debe evitar que la estructura de soporte dañe la impermeabilización y no entorpezca el desagüe de la cubierta.
- Si los captadores se instalan en el tejado, deberá asegurarse la estanqueidad en los puntos de anclaje.
- La instalación debe permitir el acceso a los captadores de forma que su desmontaje sea posible en caso de rotura, pudiendo desmontar cada captador con el mínimo de actuaciones sobre los demás.



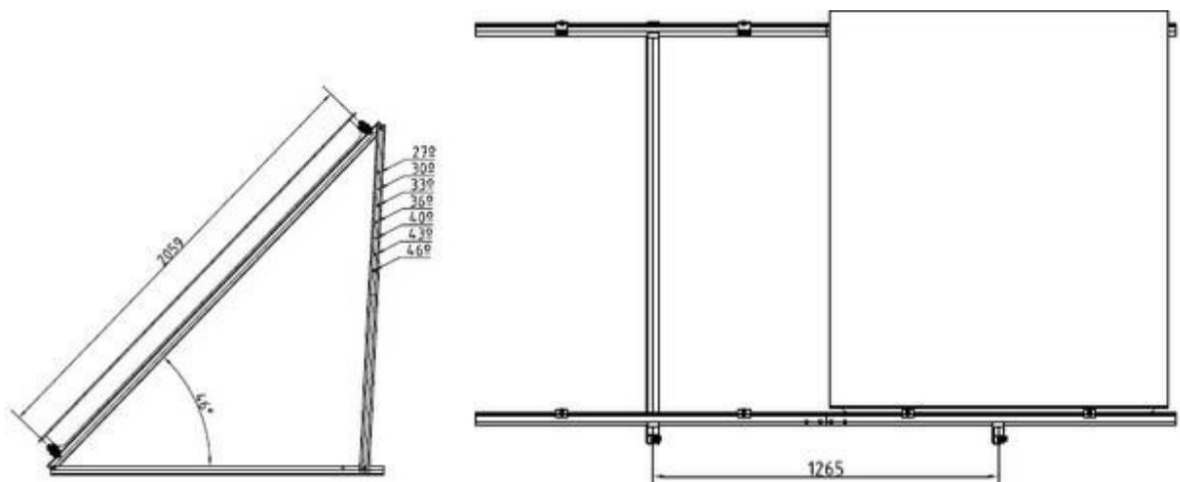
2.b Estructura de soporte para cubierta plana

2.b.1 Material incluido en el soporte para cubierta plana

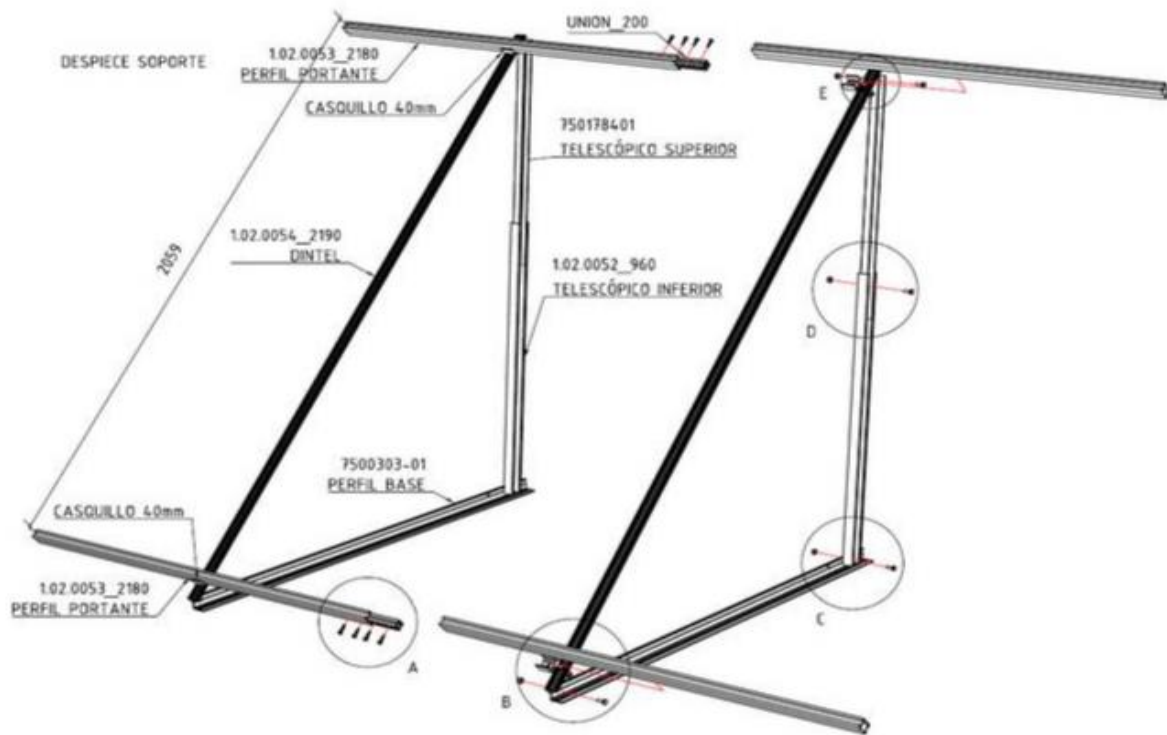
La estructura de soporte está diseñada para los captadores ADISOL, formada por perfiles de aluminio. Los soportes cumplen con los requisitos exigidos en el CTE descritos en el “documento básico SE-AE”. Para el correcto comportamiento del soporte, este debe estar bien instalado y precisa de un mantenimiento anual.

La unión entre los distintos elementos de la estructura de soporte se realiza mediante tornillería en acero inoxidable de métrica 6, la estructura estándar para cubierta plana está disponible para unas inclinaciones de 27°-46° sobre la horizontal. Para otras inclinaciones o combinaciones, consultar Dpto. Técnico de ADISA. El captador está sujeto a la estructura mediante cuatro puntos de sujeción en la carcasa.

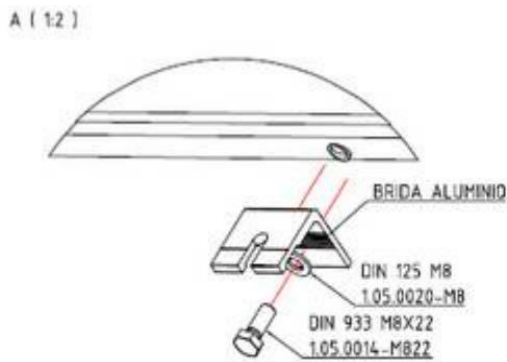
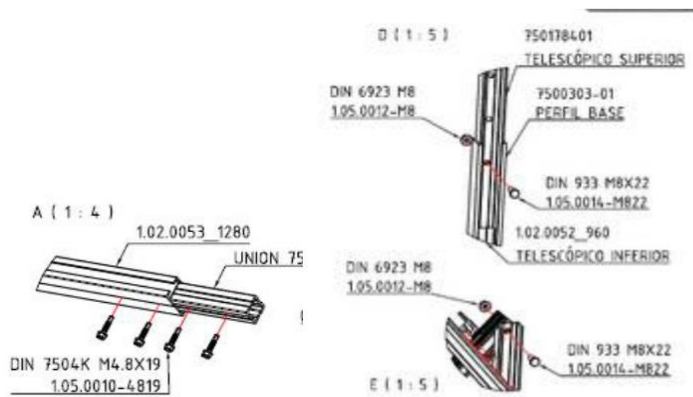
2 CAPTADORES



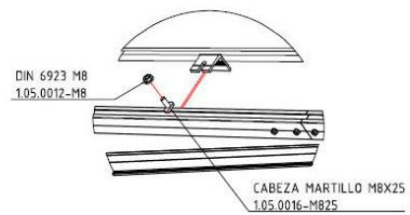
1-MONTAR SOPORTES A LA DISTANCIA MARCADA EN PLANOS (1265mm). ESCOGER INCLINACIÓN EN FUNCIÓN DE LAS PERFORACIONES DEL TELESCÓPICO SUPERIOR.



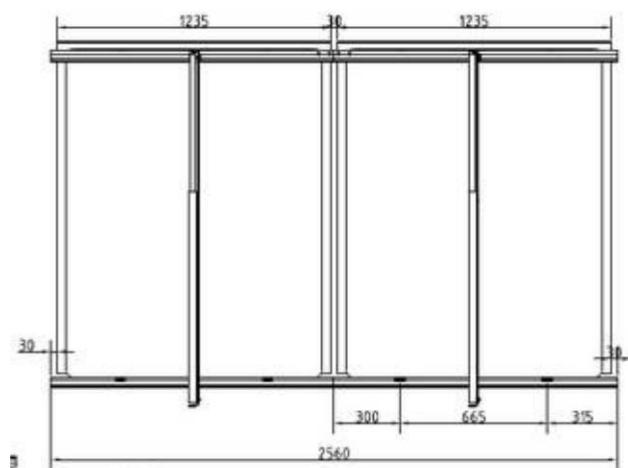
2-MONTAR LOS PERFILES PORTANTES SUPERIOR E INFERIOR A LA COTA MARCADA EN PLANOS (2059mm),



3-MONTAR LAS BRIDAS EN LOS CAPTADORES.



4-COLOCAR EL CAPTADOR EN EL SOPORTE Y UNIR LAS BRIDAS CON LOS TORNILLOS CABEZA DE MARTILLO A LOS PORTANTES SUPERIOR E INFERIOR

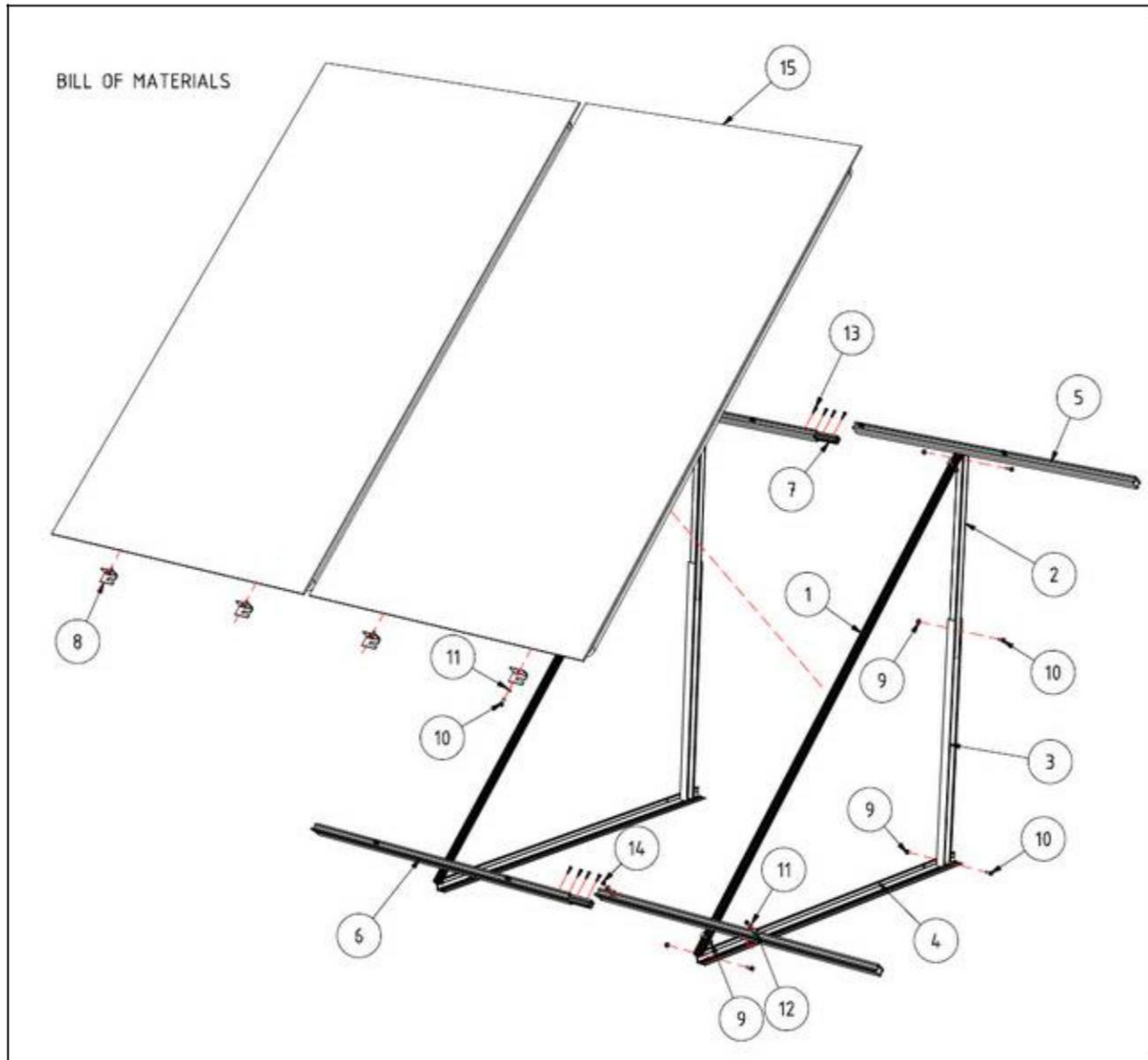


Acciones:

Nieve; 1.00 kN/m² (se reduce si hay riesgo de acumulación de nieve)

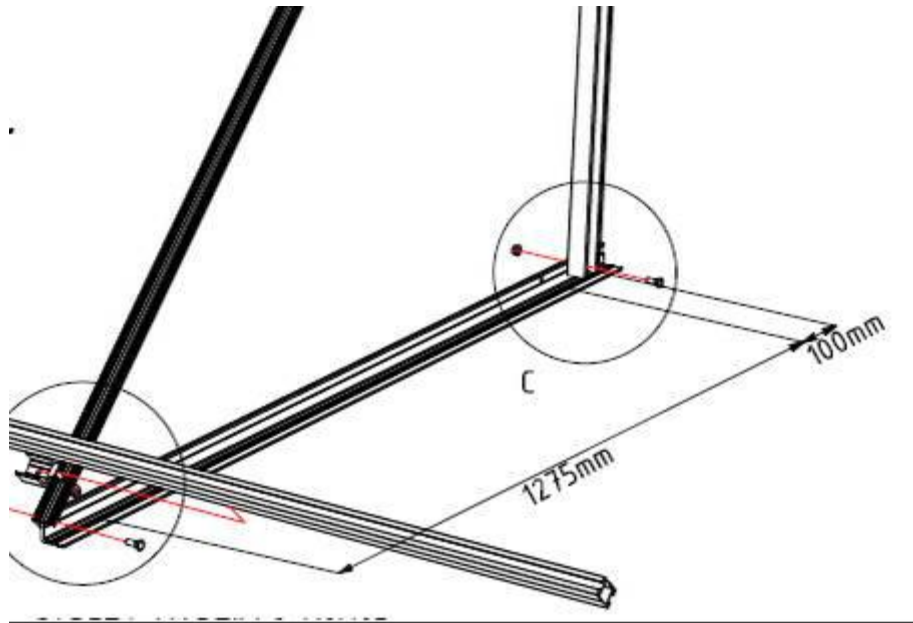
Viento; 115 Km/h





Lista de Materiales			
Pos.	Ud.	Nombre Pieza	MATERIAL
1	2	1.02.0054_2190	AW-6082-T6
2	2	75017801	AW-6082-T6
3	2	1.02.0052_960	AW-6082-T6
4	2	750030303-01	AW-6082-T6
5	2	VN 2.6 1.02.0053_1280	AW-6082-T6
		VN 2.2 1.02.0053_1115	
6	2	VN 2.6 1.02.0056_1280	AW-6082-T6
		VN 2.2 1.02.0056_1115	
7	4	750028801-01	AW-6082-T6
8	8	1.10.0003-403060	AISI 304
9	12	DIN 6923 M8	A2-70
10	16	DIN 933 M8X22	A2-70
11	16	DIN 125 M8	A2-70
12	12	HAMMER M8X25	A2-70
13	16	DIN 7504K M4.8X19	A2-70
14	8	DIN 985 M8	A2-70
15	2	CAPTADOR VN_2.2-2.6	-

Distancia entre soportes

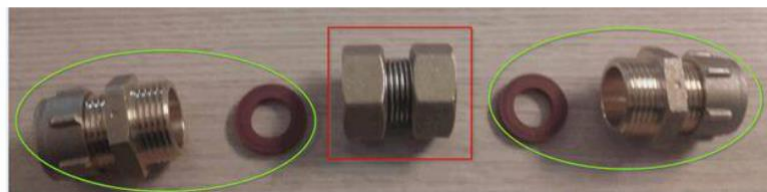


Baterías de captadores

Cuando se hayan de montar baterías de 4 captadores a 6 captadores se recomienda usar manguitos de dilatación

Elección del setting /regulado.

DN20



Soporte tipo captador ADISOL BLUE 2.90A, ADISOL BLUE 2.00A

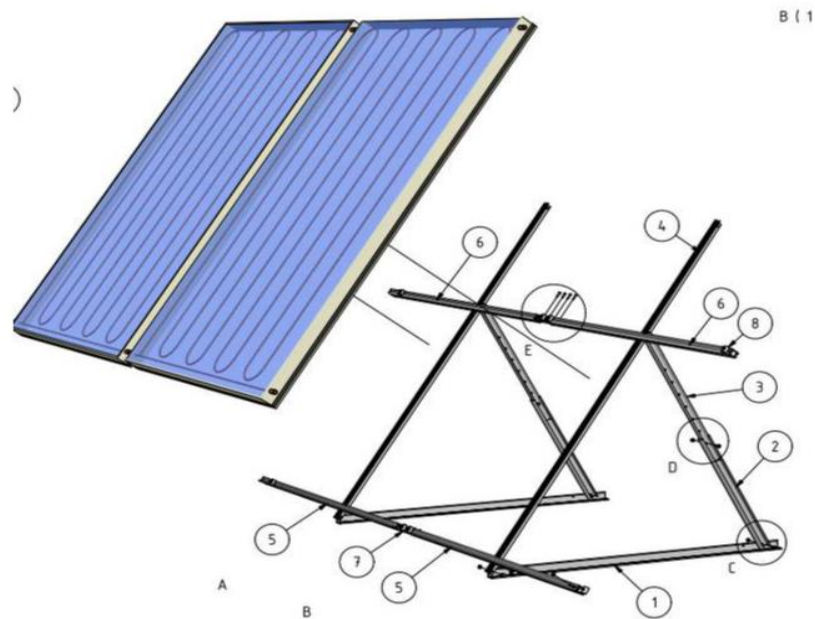
1 CAPTADORES Y 2 CAPTADORES



Material incluido en el soporte para cubierta plana

La estructura de soporte está diseñada para los captadores ADISOL, formada por perfiles de aluminio. Los soportes cumplen con los requisitos exigidos en el CTE descritos en el “documento básico SE-AE”. Para el correcto comportamiento del soporte, este debe estar bien instalado y precisa de un mantenimiento anual.

La unión entre los distintos elementos de la estructura de soporte se realiza mediante tornillería en acero inoxidable de métrica 6, la estructura estándar para cubierta plana está disponible para unas inclinaciones de 27°-46° sobre la horizontal. Para otras inclinaciones o combinaciones, consultar Dpto. Técnico de ADISA.



ANEXO E. FICHA TÉCNICA VÁLVULAS DE EQUILIBRADO

4.d VALVULAS DE EQUILIBRADO

Es una nueva gama de válvulas de equilibrado manual para el equilibrado de sistemas de calefacción, refrigeración y ACS. es una válvula combinada de equilibrado y corte con una serie de características únicas:

- Mango extraíble para facilitar el montaje.
- Escala numérica de ajuste, visible desde varios ángulos
- Fácil bloqueo del ajuste.
- Función de corte mediante válvula de bola
- Tomas de medida integradas para agujas de 3 mm. Indicador de posición sobre el mango. Cerrada: Rojo. bierta Blanco
- Apertura o cierre en caso de emergencia mediante llave tipo Allen

Se recomienda tanto para equilibrar, como función de cierre para mantenimiento y reparación y para verificación de caudales en calderas, subestaciones o bombas de calor de viviendas unifamiliares. La válvula debe ser montada en la impulsión.

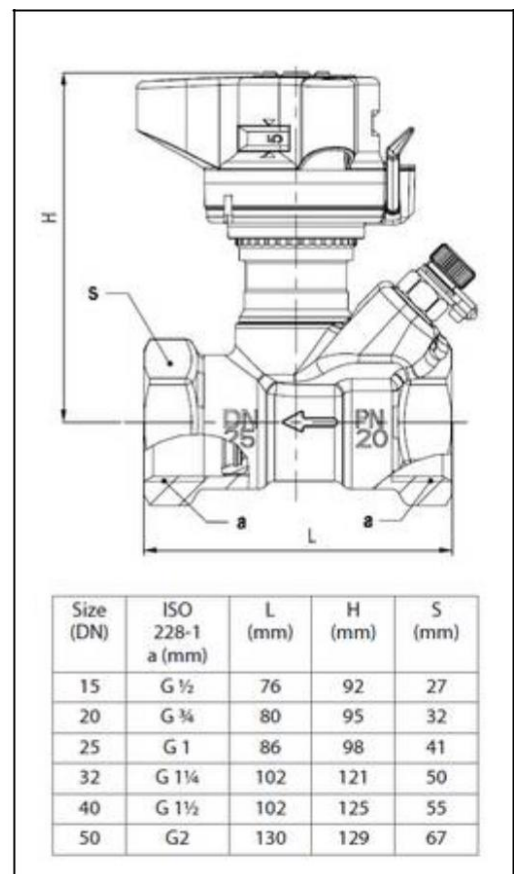
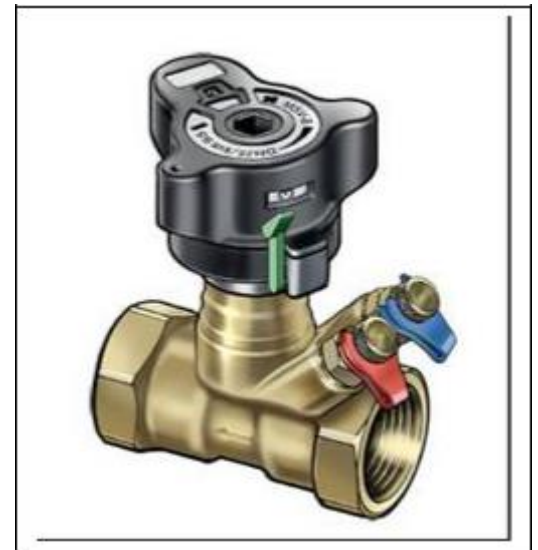
Antes de proceder al montaje de la válvula, el instalador debe comprobar que el sistema de tuberías está limpio y que:

- 1) la válvula puede girarse 360 grados, si se usa una tubería roscada;
- 2) la válvula está orientada según el sentido que indica la flecha.



POSICION LLAVE CERRADA

Cuerpo de la válvula	Latón DZR
Retenes	EPDM
Bola	Latón/cromado
Asiento válvula	Teflón
Max. Presión de trabajo	20bar
Presión estática de prueba	30bar
Max. Diferencia de presión	250kPa
Máx. Temperatura Fluido	120°C
Min temperatura	-20°C



líquidos refrigerantes	Ethylene glycol / propylene glycol and HYCOOL (max. 30 %)
------------------------	---



1 En posición abierta, suelte el bloqueo con el palanca verde o una llave Allen de 3 mm

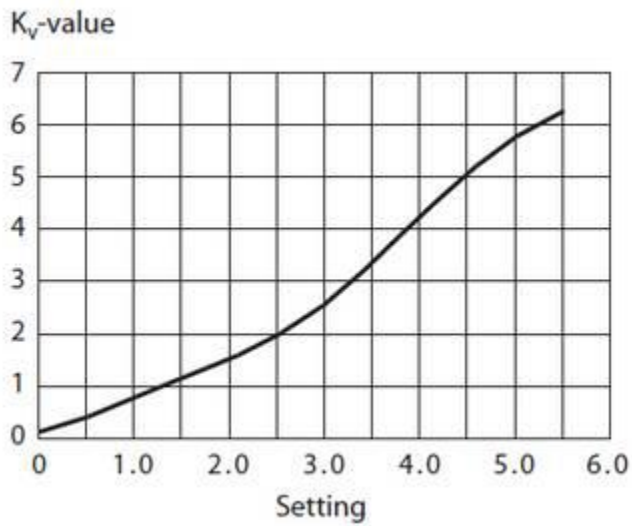
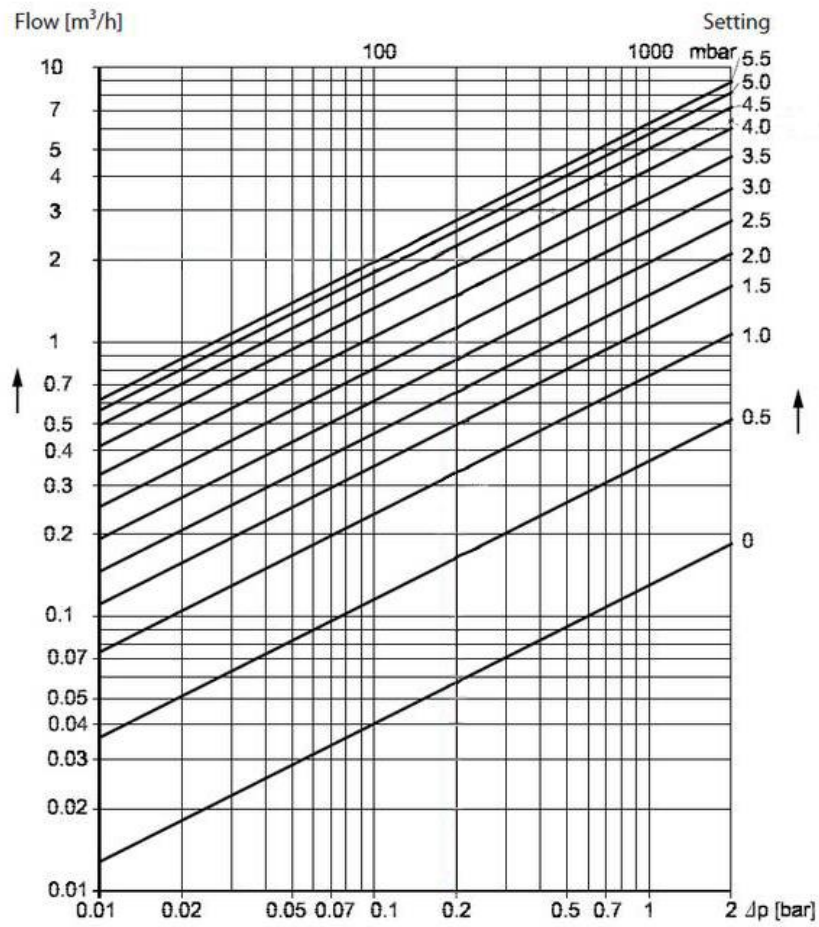
2 El cabezal se moverá automáticamente

3 El Valor calculado puede ser regulado ahora

4 El ajuste se bloquea cuando el mango es presionado para hacer clic.

5 Sellar - el ajuste se puede precintar mediante el uso de una tira como se muestra.

DN 20

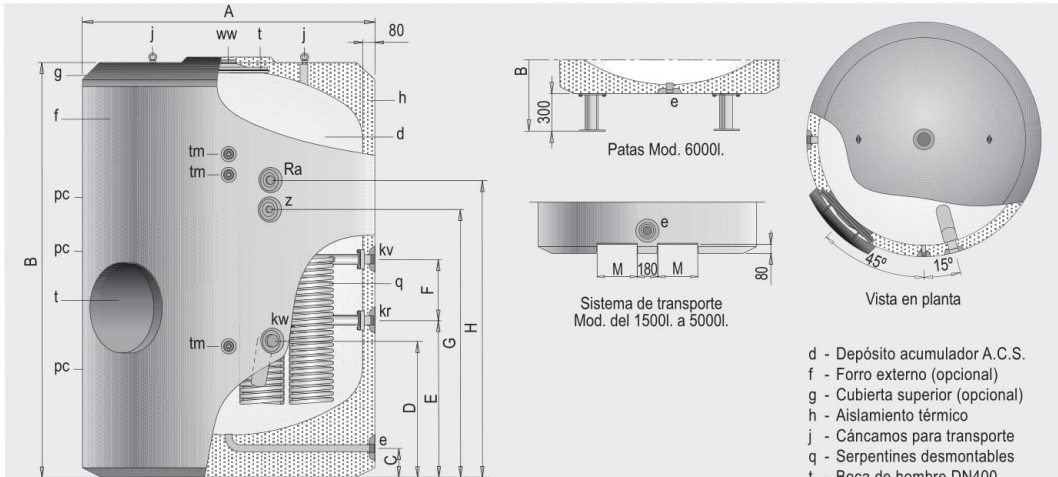


ANEXO F. FICHA TÉCNICA INTERACUMULADOR

Depósitos de acero vitrificado, de 1500 a 6000 litros

lapesa

Con serpentines



Descripción

Depósitos de gran capacidad para producción y acumulación de agua caliente sanitaria. Fabricados en acero vitrificado s/DIN 4753 y capacidades de 1500 a 6000 litros.

Incorporan un sistema de serpentines desmontable, fabricado en acero inoxidable, como sistema de producción propia de ACS a través de una fuente calórica externa que puede ser un circuito de caldera o paneles solares. Los modelos MVV...-SSB tienen la superficie de intercambio del conjunto de serpentines aumentada para un mejor aprovechamiento de la energía procedente de paneles solares (ver tabla).

Aislados térmicamente con espuma rígida de poliuretano inyectada en molde, libre de CFC.

Todos los modelos disponen de conexiones para la incorporación de resistencias eléctricas de calentamiento como sistema de apoyo.

Incorporan de serie equipo de protección catódica permanente "Lapesa Correx-up" (ver pag. 42).

- d - Depósito acumulador A.C.S.
- f - Forro externo (opcional)
- g - Cubierta superior (opcional)
- h - Aislamiento térmico
- j - Cáncamos para transporte
- q - Serpentines desmontables
- t - Boca de hombre DN400

Características técnicas /Conexiones /Dimensiones		MVV1500	MVV2000	MVV2500	MVV3000	MVV3500	MVV4000	MVV5000	MVV6000
		SB/ SSB	SB/ SSB	SB/ SSB	SB/ SSB	SB/ SSB	SB/ SSB	SB/ SSB	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	m²	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	430 / 445	495 / 510	675 / 685	740 / 765	810 / 825	980 / 995	1110 / 1120	1216 / 1228
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	160	160	195	195	195	190	190	--
Cota D:	mm	680	680	800	800	800	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	--
w: entrada agua fría	*GAS/M	2	2	3	3	3	3	3	3
e: desagüe	*GAS/M	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	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/M	2	2	2	2	2	2	2	2
tm: conexión sensores laterales	*GAS/M	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4
pc: conexión protección catódica	*GAS/M	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2
n° conexiones protección catódica en continuo	und.	2	2	2	3	3	3	3	3

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

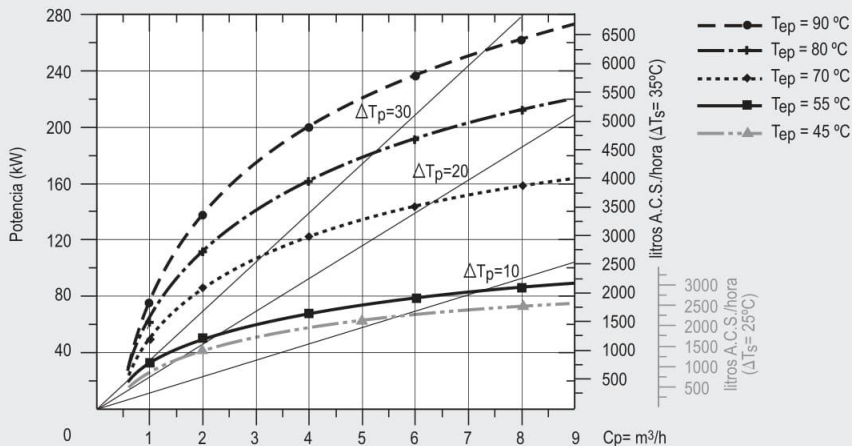
ErP		MVV1500	MVV2000	MVV2500	MVV3000	MVV3500	MVV4000	MVV5000	MVV6000
		SB/ SSB	SB/ SSB	SB/ SSB	SB/ SSB	SB/ SSB	SB/ SSB	SB/ SSB	SB/ SSB
Pérdidas estáticas	W	154	174	194	215	232	245	266	280
Clase de eficiencia energética	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Volumen	l.	1500	2000	2500	3000	3500	4000	5000	6000

Curvas características

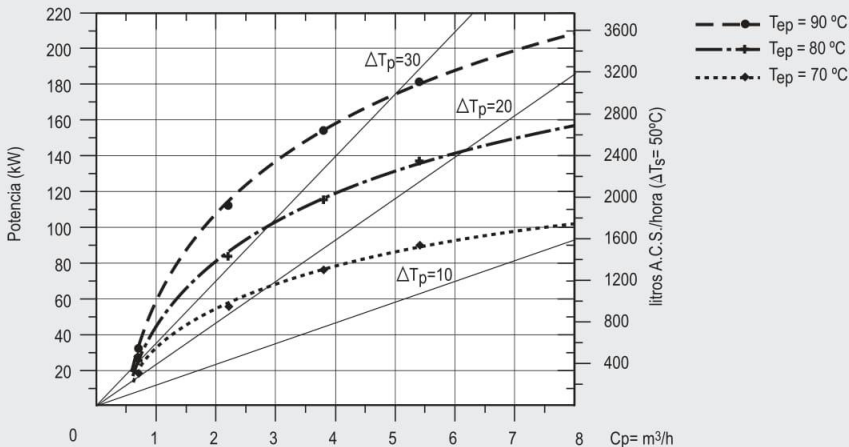


Modelos: MVV- /MXV-3000-SB

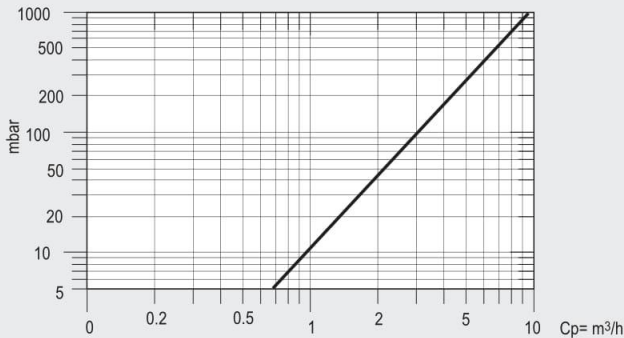
Curvas de potencia para diferentes caudales y temperaturas de circuito primario para producción de A.C.S. con un calentamiento de 10°C → 45°C
 (Para $T_{ep}=45^\circ\text{C}$ el calentamiento es de 10°C → 35°C)



Curvas de potencia para diferentes caudales y temperaturas de circuito primario para producción de A.C.S. con un calentamiento de 10°C → 60°C



Pérdidas de carga entre conexiones de entrada y salida de circuito primario para diferentes caudales de circulación.

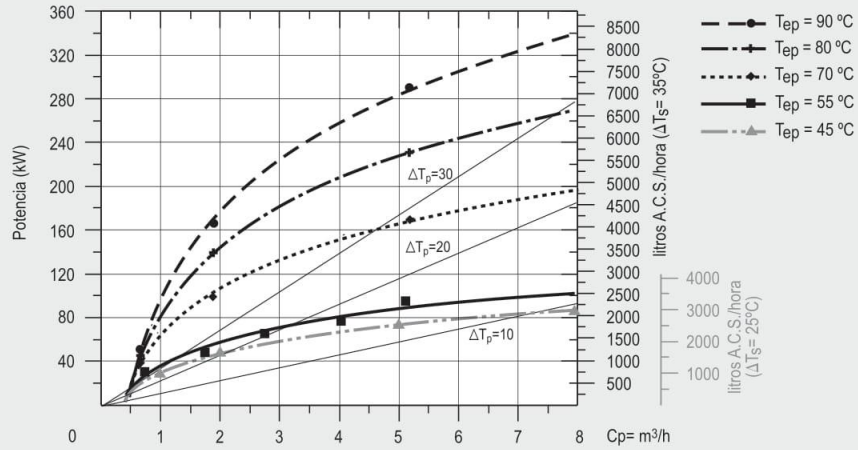


Curvas características

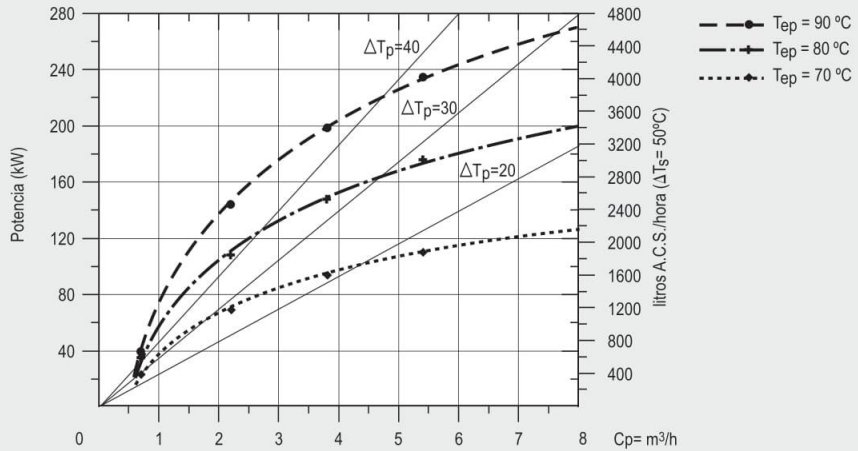
lapesa

Modelos: MVV- /MXV-3500-SB

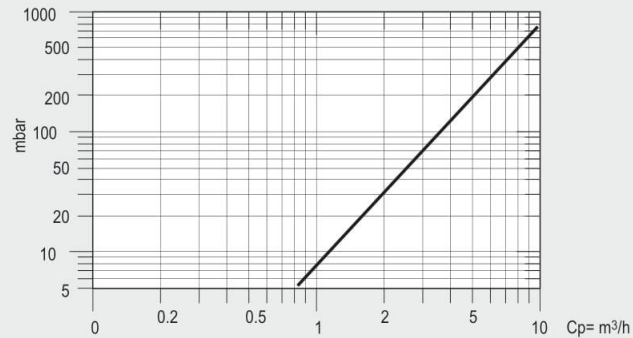
Curvas de potencia para diferentes caudales y temperaturas de circuito primario para producción de A.C.S. con un calentamiento de 10°C → 45°C
(Para $T_{ep}=45^\circ\text{C}$ el calentamiento es de 10°C → 35°C)



Curvas de potencia para diferentes caudales y temperaturas de circuito primario para producción de A.C.S. con un calentamiento de 10°C → 60°C



Pérdidas de carga entre conexiones de entrada y salida de circuito primario para diferentes caudales de circulación.

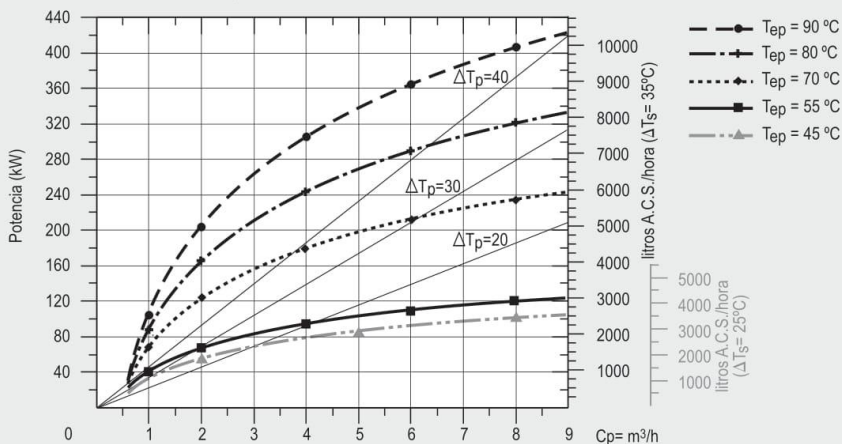


Curvas características

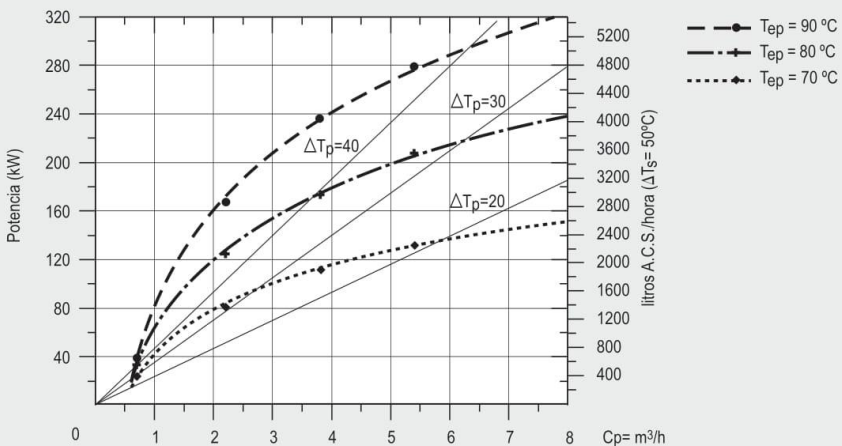


Modelos: MVV- /MXV-5000/ 6000-SB

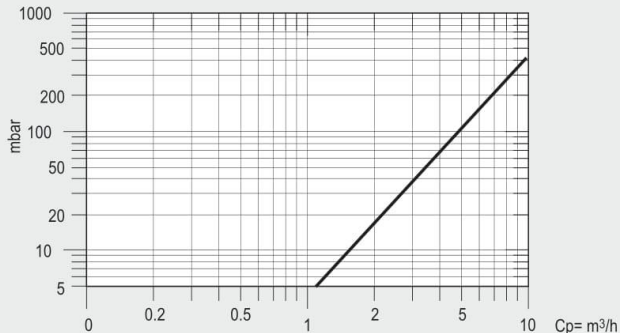
Curvas de potencia para diferentes caudales y temperaturas de circuito primario para producción de A.C.S. con un calentamiento de 10°C → 45°C
(Para $T_{ep}=45^\circ\text{C}$ el calentamiento es de 10°C → 35°C)



Curvas de potencia para diferentes caudales y temperaturas de circuito primario para producción de A.C.S. con un calentamiento de 10°C → 60°C



Pérdidas de carga entre conexiones de entrada y salida de circuito primario para diferentes caudales de circulación.



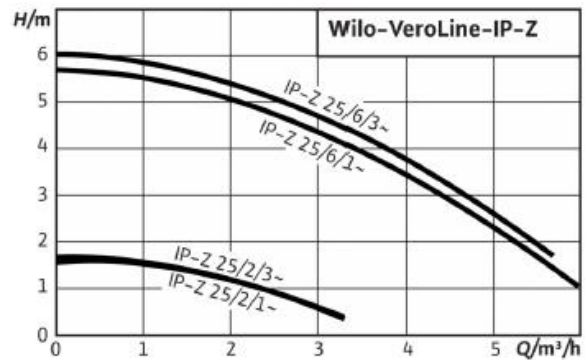
ANEXO G. FICHA TÉCNICA BOMBA

Descripción de las series: Wilo-VeroLine-IP-Z

Wilo-VeroLine-IP-Z



VeroLine-IP-Z



Parecido a la figura

Tipo

Bomba circuladora de rotor seco de tipo Inline con conexión roscada

Apertura de aspiración arriba. En caso de apertura de aspiración hacia abajo se debe encargar una ejecución especial (-N0).

Aplicación

Para la impulsión de agua potable y agua fría/caliente (según VDI 2035) sin sustancias abrasivas en instalaciones de calefacción, agua fría y agua de refrigeración

Suministro

- Bomba
- Instrucciones de instalación y funcionamiento

Designación

Ejemplo	Wilo-VeroLine-IP-Z 25/6
IP	Bomba Inline (bomba roscada)
-Z	Bomba circuladora
25/	Diámetro nominal de conexión Rp
6	Potencia poco antes de que se alcance la altura de impulsión máx. [m]

Datos técnicos

- Rango de temperatura ambiente permitido: de -15 °C a +40 °C
- Agua potable hasta 5 mmol/l (28 °dH): máx. +65 °C, en el servicio de corta operación (2 h) hasta +110 °C
- Agua de calefacción: de -8 °C a +110 °C
- Alimentación eléctrica 1-230 V, 50 Hz o 3-230/400 V, 50 Hz
- Tipo de protección IP54
- Diámetro nominal Rp 1
- Presión de trabajo máx. 10 bar

Materiales

- Carcasa de la bomba y linterna: 1.4306
- Rodete: Noryl
- Eje: 1.4571
- Cierre mecánico: Cerámica/grafito/EPDM

Descripción/tipo

Bomba centrífuga de baja presión de una etapa tipo Inline con

- Cierre mecánico
- Conexión roscada
- Motor con eje prolongado

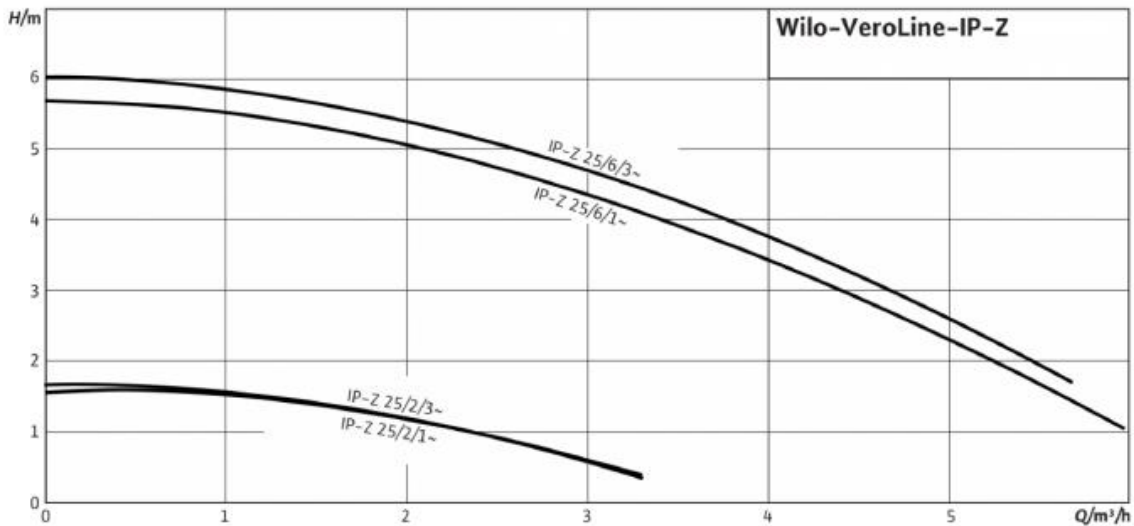
Ventajas

- Gran resistencia frente a fluidos corrosivos gracias a su carcasa de acero inoxidable y su rodete en Noryl
- Amplia variedad de aplicaciones: se puede emplear con durezas de agua de hasta 5 mmol/l (28 °dH)
- Todos los componentes de material sintético que están en contacto con el fluido cumplen los requisitos KTW



Diagrama general: Wilo-VeroLine-IP-Z

VeroLine-IP-Z



Ficha técnica: VeroLine-IP-Z 25/6 DM

Datos hidráulicos

Presión máxima de trabajo p	10 bar
Presión máxima de trabajo P_N	10 bar
Temperatura mínima del fluido T	0 °C
min Temperatura máxima del fluido T	110 °C
max Temperatura ambiente mínima T	-15 °C
min Temperatura ambiente máxima T	40 °C
max	

Datos del motor

Alimentación eléctrica	3-230 V, 3-400 V, 50 Hz
Tolerancia de tensión	±10 %
Potencia nominal del motor P_2	0,12 kW
Intensidad nominal I_N	0,70 A
Velocidad nominal n	2670 rpm
Factor de potencia $\cos \varphi$	0,80
Rendimiento del motor η_M 100%	59 Porcentaje
Rendimiento del motor η_M 75%	57,6 Porcentaje
Rendimiento del motor η_M 50%	51 Porcentaje
Bobina del motor hasta 3 kW	-
Bobina del motor desde 4 kW	-
Tipo de protección del motor	IP54

Materiales

Carcasa de la bomba	Acero inoxidable
Rodete	PPE/PS-GF20
Eje	Acero inoxidable
Linterna	Acero inoxidable

Dimensiones de instalación

Conexión de tubería del lado de aspiración D_Ns	G 1½
Conexión de tubería del lado de impulsión D_Nd	G 1½
Longitud entre roscas l_0	180 mm

Información de pedidos

Marca	Wilo
Denominación del producto	VeroLine-IP-Z 25/6 DM
Número EAN	4016322768760
Referencia	4090294
Peso neto aproximado m	5 kg
Peso bruto aproximado m	5,2 kg
Longitud con embalaje	261 mm
Altura con embalaje	155 mm
Ancho sin embalaje	181 mm
Propiedades del embalaje	Embalaje de transporte
Tipo de embalaje	Caja de cartón
Cantidad mínima de pedido	1



Ficha técnica: HELIX V202-1/16/E/S/1-230-50

Datos hidráulicos

Índice de eficiencia mínima (MEI)	0.7
Presión de entrada	10 bar
Presión máxima de trabajo P_N	16 bar
Boca de impulsión	G 1
Temperatura mínima del fluido T	-30 °C
^{min} Temperatura máxima del fluido T	120 °C
^{max} Temperatura ambiente mínima T	-15 °C
^{min} Temperatura ambiente máxima T	40 °C
^{max}	

Materiales

Carcasa de la bomba	Acero inoxidable
Rodete	Acero inoxidable
Eje	Acero inoxidable
Cierre mecánico	Q1BE3GG
Material de la junta	EPDM

Información de pedidos

Marca	Wilo
Denominación del producto	HELIX V202-1/16/E/S/1-230-50
Número EAN	4048482918280
Referencia	4234038
Peso neto aproximado m	18 kg
Peso bruto aproximado m	24,8 kg
Longitud con embalaje	800 mm
Altura con embalaje	311 mm
Ancho sin embalaje	400 mm
Propiedades del embalaje	Embalaje de transporte
Tipo de embalaje	Caja de cartón
Cantidad mínima de pedido	1

Datos del motor

Alimentación eléctrica	1-230 V, 50 Hz
Tolerancia de tensión	±10 %
Potencia nominal del motor P_2	0,37 kW
Intensidad nominal I_N	2,28 A
Velocidad nominal n	2820 rpm
Factor de potencia $\cos \varphi$	0.98
Clase de aislamiento	F
Tipo de protección del motor	IP55

Dimensiones de instalación

Conexión de tubería del lado de aspiración D_Ns	G 1
Conexión de tubería del lado de impulsión D_Nd	G 1



Ficha técnica: HELIX V206-1/16/E/S/1-230-50

Datos hidráulicos

Índice de eficiencia mínima (MEI)	0.7
Presión de entrada	10 bar
Presión máxima de trabajo P_N	16 bar
Boca de impulsión	G 1
Temperatura mínima del fluido T	-30 °C
^{min} Temperatura máxima del fluido T	120 °C
^{max} Temperatura ambiente mínima T	-15 °C
^{min} Temperatura ambiente máxima T	40 °C
^{max}	

Materiales

Carcasa de la bomba	Acero inoxidable
Rodete	Acero inoxidable
Eje	Acero inoxidable
Cierre mecánico	Q1BE3GG
Material de la junta	EPDM

Información de pedidos

Marca	Wilo
Denominación del producto	HELIX V206-1/16/E/S/1-230-50
Número EAN	4048482918525
Referencia	4234042
Peso neto aproximado m	21 kg
Peso bruto aproximado m	27,6 kg
Longitud con embalaje	800 mm
Altura con embalaje	421 mm
Ancho sin embalaje	400 mm
Propiedades del embalaje	Embalaje de transporte
Tipo de embalaje	Caja de cartón
Cantidad mínima de pedido	1

Datos del motor

Alimentación eléctrica	1-230 V, 50 Hz
Tolerancia de tensión	±10 %
Potencia nominal del motor P_2	0,55 kW
Intensidad nominal I_N	3,33 A
Velocidad nominal n	2900 rpm
Factor de potencia $\cos \varphi$	0.98
Clase de aislamiento	F
Tipo de protección del motor	IP55

Dimensiones de instalación

Conexión de tubería del lado de aspiración D_Ns	G 1
Conexión de tubería del lado de impulsión D_Nd	G 1

ANEXO H. FICHA TÉCNICA VASO DE EXPANSIÓN

Vasos de expansión solares

- Membrana especial que soporta picos de temperatura de hasta 130° C durante una hora
- Para mayor seguridad se recomienda instalar un vaso intermedio disipador de temperatura
- Conexión de agua cincada (De 5 a 100 litros) y de latón (De 220 a 1000 litros)
- Temperatura: -10° C +100° C
- Aptos **para uso de anticongelantes** hasta el 50%
- Pintura epoxi blanca
- Precarga de aire: 2,5 bar
- Certificado CE, conforme a la Directiva 97/23/CE

Modelo	Codigo	Capacidad (Litros)	Diámetro (mm)	Altura (mm)	Conexión	Peso
ADIV2	509647	2	110	245	3/4"	0.8
ADIV5	509648	5	200	250	3/4"	2
ADIV8	509649	8	200	340	3/4"	2.5
ADI V 12	509650	12	270	310	3/4"	3.2
ADI V 18	509651	18	270	415	3/4"	4
ADI V 24	509652	24	320	430	3/4"	4.5

Modelos con membrana no recambiable

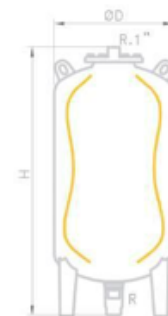


Modelo	Codigo	Capacidad (Litros)	Diámetro (mm)	Altura (mm)	Conexión	Peso
ADIV35P	560653	35	360	615	1"	10
ADIV50P	509654	50	360	750	1"	12
ADIV80P	509655	80	450	750	1"	16
ADI V 100 P	509656	100	450	850	1"	18

Modelos con patas y membrana recambiable

Modelo	Codigo	Capacidad (Litros)	Diámetro (mm)	Altura (mm)	Conexión	Peso
ADI V 300	509658	300	485	1965	1 1/2"	49
ADI V 500	509659	500	600	2065	1 1/2"	60
ADI V 700	509660	700	700	2145	1 1/2"	90

Modelos con patas y membrana recambiable



3 CAPTADORES SOLARES TÉRMICOS DE ALTO RENDIMIENTO

3.3 ACCESORIOS

Accesorios para sistemas de energía solar

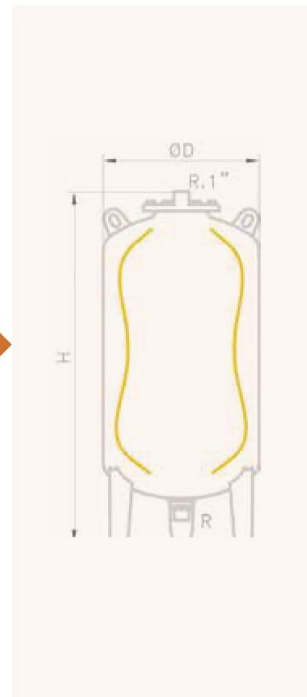
ACCESORIOS

VASOS DE EXPANSIÓN SOLARES

- Membrana especial que soporta picos de temperatura de hasta 130 °C durante una hora. Para mayor seguridad se recomienda instalar un vaso intermedio disipador de temperatura.
- Conexión de agua: cincada (de 5 a 100 litros) y de latón (de 200 a 700 litros).
- Temperatura: -10 °C +100 °C (aguanta picos de hasta 130 °C).
- Aptos **para uso de anticongelantes hasta el 50%**.
- Pintura epoxi blanca.
- Precarga de aire: 2,5 bar.
- Certificado CE, conforme a la Directiva 97/23/CE.



CÓDIGO	MODELO	CAPACIDAD	DIÁMETRO	ALTURA	CONEXIÓN	P. V. P.
		litros	mm	mm		€
509650	ADI V 12 *	12	270	310	¾"	58
509651	ADI V 18 *	18	270	415	¾"	61
509652	ADI V 24 *	24	320	430	¾"	73
509653	ADI V 35	35	360	615	1"	201
509654	ADI V 50	50	360	750	1"	214
509655	ADI V 80	80	450	750	1"	248
509656	ADI V 100	100	450	850	1"	342
509657	ADI V 200	200	485	1.400	1½"	663
509658	ADI V 300	300	485	1.965	1½"	846
509659	ADI V 500	500	600	2.065	1½"	1.183
509660	ADI V 700	700	700	2.145	1½"	1.972



*Modelos con membrana no recambiable.
Consultar para otros volúmenes.

ANEXO I. FICHA TÉCNICA SISTEMA DE LLENADO

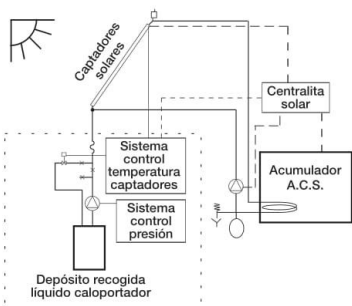
Accesorios: SISTEMAS DE LLENADO

Sistemas de llenado y vaciado



Equipo digital

Nº Captadores	Descripción	Referencia	P.V.P €
6 - 15	120 L	712LLVD0120	4.318
16 - 25	200 L	712LLVD0200	4.551
26 - 35	300 L	712LLVD0300	4.870
36 - 50	500 L	712LLVD0500	5.470
51 - 120	1000 L	712LLVD0900	6.270



Equipo electrónico

Nº Captadores	Descripción	Referencia	P.V.P €
1 - 6	50 L	712LLVE0050	2.807
7 - 15	120 L	712LLVE0120	2.923
16 - 25	200 L	712LLVE0200	3.095
26 - 35	300 L	712LLVE0300	3.519
36 - 50	500 L	712LLVE0500	4.087
51 - 120	1000 L	712LLVE1000	4.919

Sistemas de llenado

Equipo	Descripción	Referencia	P.V.P €
Equipo eléctrico manual	50 L	712LLEM050	1.056
	120 L	712LLEM120	1.135
Equipo electrónico	50 L	712LLE0050	1.352
	120 L	712LLE0120	1.479
	200 L	712LLE0200	1.685
	300 L	712LLE0300	1.995
	500 L	712LLE0500	2.455
	1000 L	712LLE1000	3.286
Equipo digital	120 L	712LLD0120	2.854
	200 L	712LLD0200	3.055
	300 L	712LLD0300	3.343
	500 L	712LLD0500	3.822
	1000 L	712LLD1000	4.639

ANEXO J. FICHA TÉCNICA REGULADOR SOLAR

6.a Regulador A-SOL B

Regulador diferencial para la aplicación en sistemas de energía solar térmica y de calefacción.

Pantalla LCD con display multifuncional y control sencillo mediante 3 botones. Cuatro entradas de sondas PT1000 y 2 salidas de relés. Con funciones tales como; Limitación de temperatura mínima y máxima, diferencial de puesta en marcha y parada, temperatura máxima acumulación, protección antihielo, función de refrigeración del acumulador o de los captadores solares y parada de seguridad.

Nota: Para detalles del regulador solicite el manual específico a la oficina técnica de ADISA.

Este regulador dispone de dos modos de funcionamiento básico (internamente denominados 'ANL' 1 y 'ANL' 2), en este apartado detallaremos la programación recomendada únicamente para un sistema tipo como en el que se observa en la figura 7.4, sistema de producción de ACS con dispositivo de disipación de excedentes. El modo de funcionamiento que se adapta al sistema planteado es el sistema 2 del regulador, 'ANL' 2.

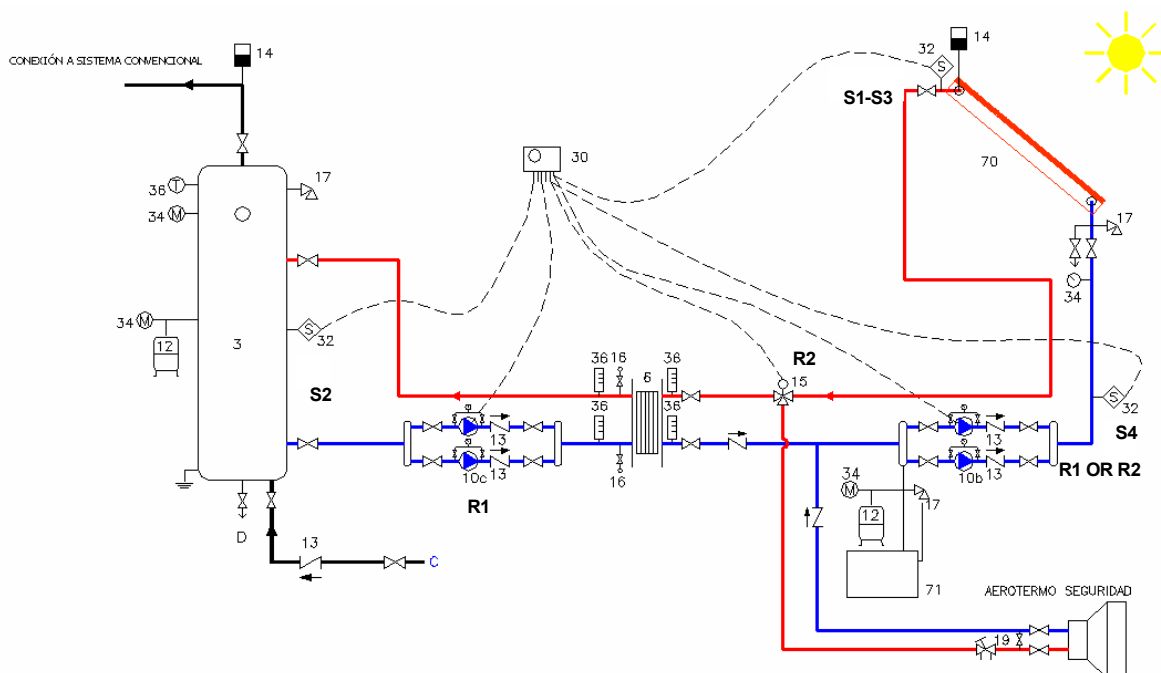
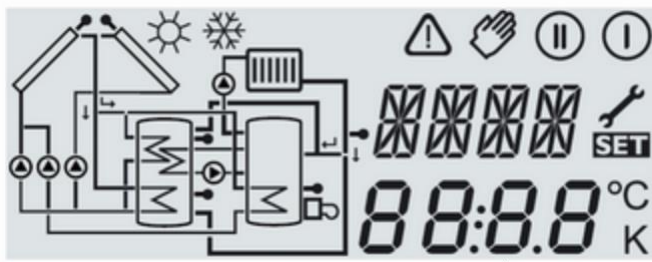


Figura 7.4

Ver leyenda en el apartado 8.c

Pantalla del regulador



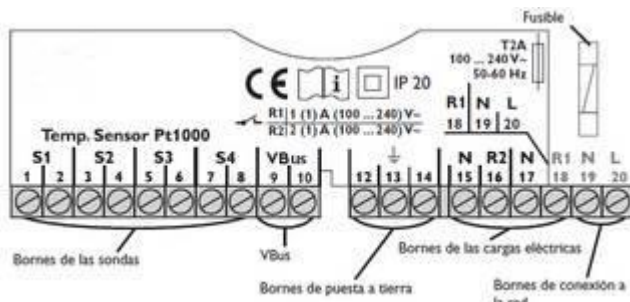
Pantalla System Monitoring completa

Indicación de canales / parámetros de ajuste. En la línea superior se indica el nombre de los canales / niveles de menú y en la línea inferior se indica los valores de los canales

Símbolo	normal	parpadeante
ⓘ	Relé 1 activado	
Ⓜ	Relé 2 activado	
☀	Limitación máxima de acumulador activada / temperatura máxima de acumulador sobrepasada	Función de refrigeración de captador activada / Función de refrigeración de acumulador activada
❄	Opción anticongelante activada	Limitación mínima de captador activada / Función anticongelante activada
⚠		Parada de seguridad de captador activada o parada de seguridad de acumulador
⚠+🔧		Sonda defectuosa
⚠+👤		Funcionamiento manual activado
SET		Un canal de ajuste ha sido modificado / Modalidad SET

Características

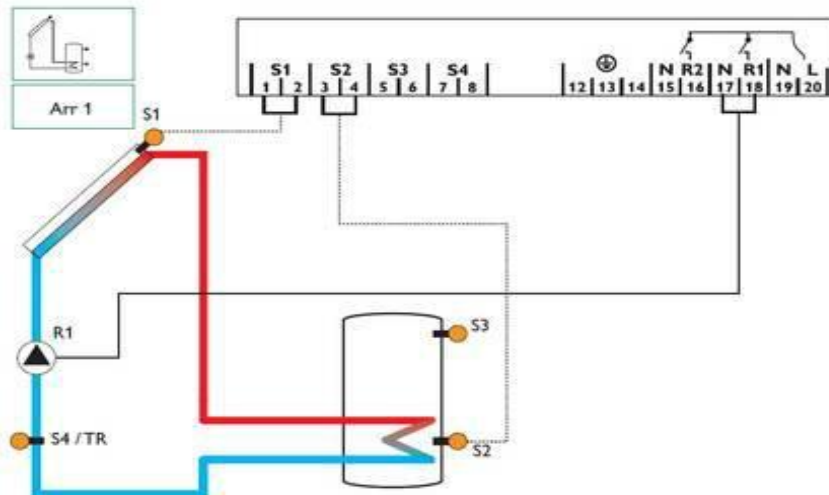
- Carátula: de plástico PC-ABS y PMMA
 - Medidas: 172 X 110 X 46 mm
 - Protección: IP 20 / DIN 40050
 - Pantalla: Display de visualización para controlar el estado del sistema y 1 led de control de funcionamiento
 - Rango de control: -0...+180°C
 - Temp. Ambiente: 0...40°C
 - Entradas: 4 sondas de temperatura Pt1000.
 - Salidas: 2 relé estándar. (Máximo 1 A)
- Con esta centralita se suministran tres sondas Pt 1000. Vainas no incluidas. (Se recomiendan de longitud 100 mm)



Cuadro de conexiones

En la puesta en marcha ajustaremos todo el esquema del sistema. Realice las conexiones eléctricas según se indica en el manual específico de la centralita que vendrá suministrado en el embalaje del regulador. El regulador empieza una fase de inicialización, la luz de control de funcionamiento parpadea en rojo/verde. Después de la inicialización, el regulador pasa a la modalidad de funcionamiento automático con los ajustes de fábrica. El esquema de sistema prefijado es 'ANL' 1.

Mediante los botones 1 y 2 (ver figura 7.5) podemos visualizar los diferentes canales de visualización. Por ejemplo en el sistema 2 son:



Canales de visualización				
Canal		Significado	Borne	Página
COL	x	Temperatura del captador	S1	13
TST	x	Temperatura del acumulador	S2	13
S3	x	Temperatura medida por la sonda 3	S3	14
S4	x	Temperatura medida por la sonda 4	S4	14
TR	x ^o	Temperatura de la sonda de retorno	S4	14
n %	x	Velocidad del relé	R1	14
hP	x	Horas de funcionamiento R1	R1	14
hP1	x ^o	Horas de funcionamiento R1	R1	14
hP2	x ^o	Horas de funcionamiento R2	R2	14
kWh	x ^o	Cantidad de calor en kWh	-	14
MWh	x ^o	Cantidad de calor en MWh	-	14
TIME	x	Tiempo	-	15

Valores de resistencia eléctrica PT 1000 en función de la temperatura.

-10 °C	0 °C	10 °C	20 °C	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C	100 °C	110 °C
961	1.000	1.039	1.078	1.117	1.155	1.194	1.232	1.271	1.309	1.347	1.385	1.423

Labor que se puede realizar con un polímetro.

Para poder modificar los valores de fábrica y entrar en el canal de ajuste, se debe presionar la tecla 1 un par de segundos, a partir de aquí pasaremos al modo de ajustes.

Por defecto visualizaremos todos los valores anteriores, 'KOL', 'TSPU',... hasta que llegaremos al valor de ajuste 'ANL', sistema de funcionamiento básico.

La tecla 1 sirve para avanzar en el menú de visualización o para aumentar los valores de ajuste. La tecla 2 sirve para la función contraria.

Nota: La nomenclatura de los canales corresponde a la versión de idioma, 'SPR': dE.

Canales de ajuste			
Canal		Significado	Ajuste de fábrica
Arr	x	Esquema de sistema	1
DT O	x	Diferencia de temperatura de conexión	6,0 K
DT F	x	Diferencia de temperatura de desconexión	4,0 K
DT S	x	Diferencia de temperatura nominal	10,0 K
RIS	x	Aumento R1	2 K
S MX	x	Temperatura máxima del acumulador	60 °C
EM	x	Temperatura de desconexión de seguridad del captador	130 °C
OCC	x	Opción de refrigeración del sistema	OFF
CMX	x ^o	Temperatura máxima del captador	120 °C
OCN	x	Opción de temperatura mínima límite del captador	OFF
CMN	x ^o	Temperatura mínima del captador	10 °C
OCF	x	Opción anticongelante	OFF
CFR	x ^o	Temperatura del anticongelante	4,0 °C
OREC	x	Opción refrigeración de retorno	OFF
OTC	x	Opción captador de tubos de vacío	OFF
OHQM	x	Opción balance térmico	OFF
FMAX	x ^o	Caudal máximo	6,0 l
MEDT	x ^o	Tipo de anticongelante	1
MED%	x ^o	Contenido anticongelante (sólo si MEDT = propileno o etileno)	45 %
nMN	x	Velocidad mínima	30 %
HND1	x	Modo manual de R1	Auto
HND2	x	Modo manual de R2	Auto

El sistema producción de agua caliente sanitaria de energía solar térmica planteado en la figura 7.4, incluye una seguridad para disipar el excedente de energía en el circuito de captadores mediante derivación del

circuito hacia un aerotermo disipador. El listado de sondas y salidas de relés disponibles para el sistema planteado es;

S1: sonda en captadores para el diferencial. (Parámetro de visualización 'KOL')

S2: sonda en acumulador de A.C.S. (Parámetro de visualización 'TSPU')

S3: sonda en captadores para función refrigeración / disipación temperatura excedente. Parámetro de visualización 'TSPO')

S4: sonda en retorno de captadores, se puede emplear para realizar un balance térmico. (Si está montada será el parámetro 'TRL ó S4')

R1: Salida de relé diferencial. (Paro/Marcha bomba/s circuladoras)

En el caso de utilizar el sistema propuesto, es muy importante si se dispone de una versión 'prog. 69.30' que se ajuste el valor 'nMN' (regulación de velocidad) al 100%, el valor de fábrica es un 30%.

R2: Salida de relé funciones especiales, disipación del exceso de temperatura.

En el ejemplo expuesto se han utilizado 4 entradas de sondas y dos salidas de relés y las funciones que se pueden aplicar son:

Diferencial de temperaturas (entre los valores de S1 y de S2) de arranque y de paro de la/s bomba/s circuladoras (relé de salida R1). (Parámetros 'DT E' y 'DT A')

Función antihielo (rango $-10^{\circ}\text{C}/+10^{\circ}\text{C}$), si esta activada se activa la/s bomba/s circuladoras cuando la temperatura de la sonda S1 $< 4^{\circ}\text{C}$ (valor de fábrica) hasta que la temperatura en la sonda S1 remonte. (Parámetros 'OKF' y 'KFR')

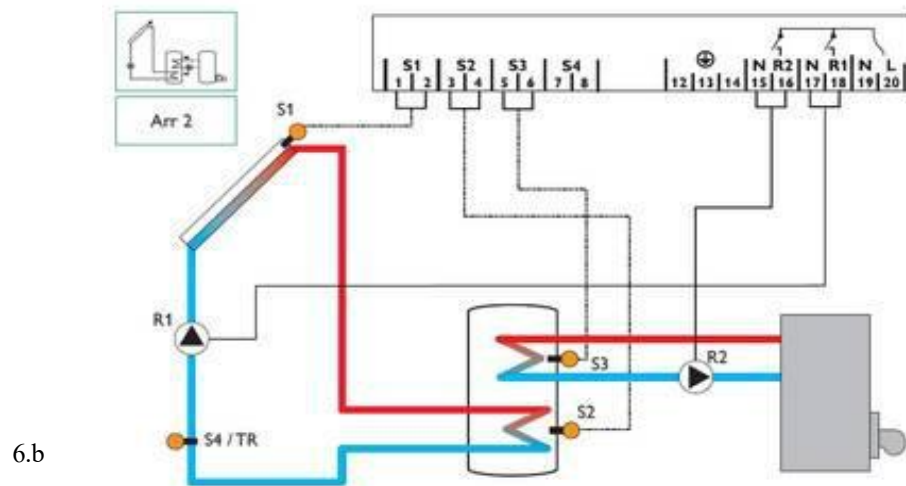
Temperatura mínima de arranque, permite fijar la temperatura mínima en S1 para que el relé R1 se pueda activar. (Parámetros 'OKN' en ON y 'KMN' fijada en 35°C)

Limitación de temperatura máxima, permite fijar una temperatura máxima en la sonda S2, a partir de la cual desactivamos el relé R1, para la protección del depósito acumulador. (Parámetros 'SM X' fijada en 60°C)

Función disipación, disipamos el exceso de temperatura o de energía en captadores cuando no hay demanda energética (mediante la lectura de la temperatura de la sonda S3), permite fijar una temperatura máxima en captadores, por ejemplo 95°C , a partir de la cual se mantiene el relé R2 activo, derivando el caudal hacia el aerotermo disipador, hasta que la temperatura registrada en S3 baje por ejemplo de 85°C . (Parámetros 'NH E' fijado en 95°C y 'NHA' fijado en 85°C)

Función refrigeración, si activamos esta función, cambiamos el valor 'OKX' a ON, (valor de fábrica OFF), el relé R1 se activará si se supera en la sonda S1, el valor fijado en 'KMX' (valor de fábrica 120°C), sobrecalentando el acumulador por encima del valor que hayamos fijado en 'SM X', (Existe una seguridad que para el sistema si en el acumulador, sonda S2, superamos los 95°C), si activamos esta función 'OKX' se debe activar la función 'ORUE' (refrigeración acumulador), que hará que el sistema, el relé R1, permanezca activo (aunque la temperatura en la sonda S1 sea inferior a 'KM X') hasta que la temperatura en el acumulador, sonda S2, alcance su temperatura prefijada en 'SM X'. (Parámetros 'OKX', 'KMX' y 'ORUE')

Se permite fijar un valor fijo de caudal de primario (litros/min) (y el tipo de protección de anticongelante en %) y activar un balance térmico, utilizando las lecturas de las sondas S1 y S4. (Parámetros 'OWMZ', 'VMAX', 'MEDT' y 'MEDT%')



3 CAPTADORES SOLARES TÉRMICOS DE ALTO RENDIMIENTO 3.3 ACCESORIOS

REGULADORES PARA SISTEMAS DE ENERGÍA SOLAR

REGULADOR A-SOL BX+

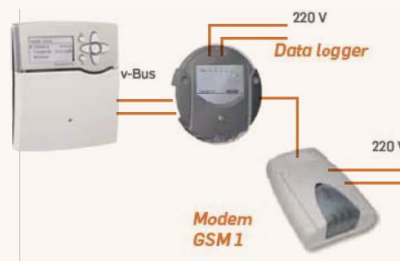
- Grabación de datos, copias de seguridad y actualizaciones de firmware mediante una tarjeta de memoria SD.
- Funciones opcionales preprogramadas, función termostato con temporizador, choque térmico antilegionela.
- Conexión de hasta 2 módulos de extensión para conectar al regulador (en total 21 sondas y 15 relés).
- 2 entradas para sensores digitales Grundfos Direct Sensors™.
- 2 salidas con control de pulsos para el manejo y el control de velocidad de las bombas de alta eficacia energética.
- Control de funcionamiento automático conforme a VDI 2169: monitorización del caudal y de la presión, señalización en caso de valores AT demasiados altos.



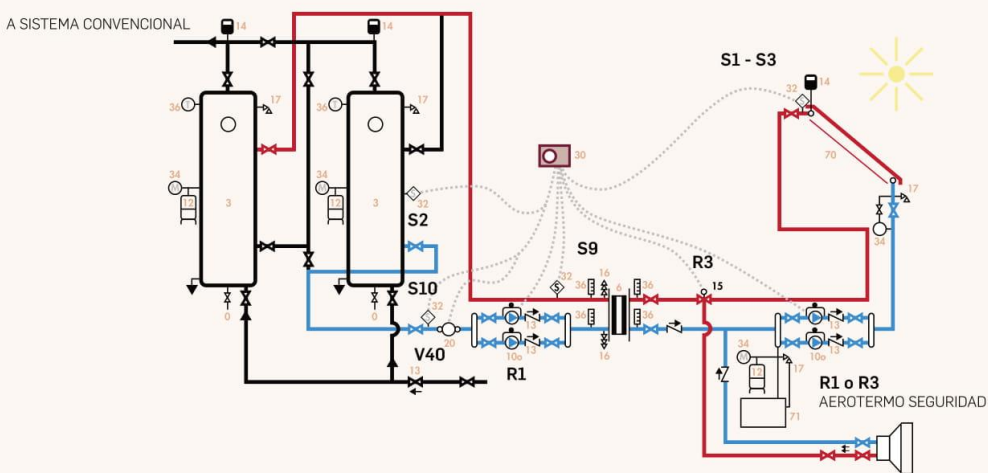
MÁS QUE UN SIMPLE CONTROL

CÓDIGO	REGULADOR	DESCRIPCIÓN	P. V. P. €
509455	A-SOL BX+ 	Termostato diferencial doble con prioridades. Hasta 4 receptores de calor con prioridad. 7 sistemas básicos. Hasta 9 entradas de sondas Pt 1000, 2 entradas para sensores Grundfos Direct Sensor, entrada célula solar, 2 salidas con emisión de pulsos para bombas de alta eficiencia. Grabación de datos y programación en tarjeta SD. 5 salidas de relé (4 semiconductores + 1 libre potencial). Balance térmico con contador de impulsos. 5 sondas de inmersión Pt 1000. Acepta conexión de hasta 2 módulos externos para ampliación de entradas y salidas. Dimensiones: 204 x 170 x 47 mm.	633
509454	A-SOL B 	Termostato diferencial (R1 máx. 1A) + termostato adicional (R2 máx. 1A) con 3 intervalos horarios de programación. 2 sistemas básicos de funcionamiento. Balance térmico (preasignación del caudal). Incluye 3 sondas de inmersión Pt 1000. Hasta 4 entradas de sonda y 2 salidas de relé (R1 semiconductor para el control de velocidad de bomba y R2 estándar). Contador de horas de funcionamiento. Función antihielo ajustable. Medidas: 172 x 111 x 49 mm.	356

Los reguladores permiten la conexión de un dispositivo de almacenamiento de datos en continuo, DATA LOGGER, con una frecuencia de tiempo de adquisición de datos programable.



ESQUEMA HIDRÁULICO DE FUNCIONAMIENTO SOLAR



- S1** - Sonda en colectores empleada para el diferencial de arranque.
- S2** - Sonda en depósito acumulador.
- S3** - Sonda en colectores empleada para la función disipador.
- S9** - Sonda avance, impulsión a depósito acumulador.
- S10** - Sonda retorno, en la aspiración del caudalímetro.
- R1** - Salida de relé 1, empleada para el calentamiento del depósito acumulador.
- R3** - Salida de relé 3, empleada en la función disipador.

CÓDIGO	ACCESORIOS DE REGULACIÓN	DESCRIPCIÓN	P.V.P €
509638	CONTADOR DE ENERGÍA Y CAUDALÍMETROS	CONTADOR WMZ Con dos sondas de inmersión PT1000 (vainas no incluidas)	369
509534		Caudalímetro V40-06 (0,6 m³/h)	210
509532		Caudalímetro V40-15 (1,5 m³/h)	236
509536		Caudalímetro V40-25 (2,5 m³/h)	250
509528		Caudalímetro V40-35 (3,5 m³/h)	530
509535		Caudalímetro V40-60 (6 m³/h)	600
509533		Caudalímetro V40-100 (10 m³/h)	783
509639		Caudalímetro V40-150 (15 m³/h)	1.050
509640	MONITORIZACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE DATOS	DATA-LOGGER Monitorización de instalaciones por Vbus.NET mediante conexión al router. Memoria interna de 180 MB.	530
509641	ACCESORIOS	Sonda PT1000 inmersión	28
509642		Célula solar CS-10, para el regulador A-SOL BX+	93
509643		Vaina de inmersión 100 mm, ½"	16
509644		Protección centralita frente caída de rayos SP1	37