

Trabajo Fin de Grado
Grado en Ingeniería de la Energía

Diseño y dimensionado de una instalación solar para
producción de ACS en un edificio del sector
servicios.

Autor: Paula Rosa Álvarez

Tutor: Francisco Javier Pino Lucena

**Departamento Ingeniería Energética
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla**

Sevilla, 2019



Trabajo Fin de Grado
Grado en Ingeniería de la Energía

**Diseño y dimensionado de una instalación solar
para producción de ACS para un edificio del sector
servicios.**

Autor:

Paula Rosa Álvarez

Tutor:

Francisco Javier Pino Lucena
Profesor Titular de Universidad

Departamento de Ingeniería Energética
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2019

Trabajo Fin de Grado: Diseño y dimensionado de una instalación solar para producción de ACS para un edificio del sector servicios.

Autor: Paula Rosa Álvarez

Tutor: Francisco Javier Pino Lucena

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

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2019

El Secretario del Tribunal

A mi padre, por ser mi ejemplo a seguir, enseñarme que nada se consigue sin esfuerzo y estar siempre dispuesto a ofrecerme cualquier ayuda.

A mi madre, por ser la que mejor me entiende, por animarme e intentar que nunca me desanime y por estar siempre ahí para cualquier cosa.

A mis hermanos, Felipe y Pablo, por hacerme el camino más ameno y sacar siempre algo positivo de las peores situaciones.

A Alejandro, por acompañarme estos años y no dejar que me rinda.

Por último, agradecer a los profesores de Termotecnia, en especial a los Dres. Guerra y Pino, por las enseñanzas recibidas durante estos años.

Resumen

Este proyecto tiene por objeto el diseño y dimensionamiento de la instalación solar de baja temperatura para la producción de agua caliente sanitaria de un hospital en el barrio de Bellavista (Sevilla).

El proyecto está formado por cinco partes: memoria descriptiva, memoria de cálculo, pliego de condiciones, planos y presupuesto.

En la memoria descriptiva se hace una descripción de la solución adoptada y se describen los principales equipos y sistemas que componen la instalación.

En la memoria de cálculo se procede a realizar el dimensionamiento de la instalación solar, del sistema hidráulico utilizado, del sistema de almacenamiento y de los sistemas auxiliares.

En el pliego de condiciones se fijan los requisitos bajo los cuales ha de realizarse el proyecto.

En los planos se recogen los elementos más significativos que ayudan a la ejecución técnica de la obra.

En el presupuesto se abordan los diferentes capítulos económicos precisos para la realización del proyecto.

Abstract

This Project aims at the design and sizing of the low temperature solar installation for the production of sanitary hot water of a hospital in the Bellavista neighborhood (Seville).

The Project consists of five parts: descriptive report, calculation memory, specifications, plans and budget.

In the descriptive report a description of the adopted solution is made and the main equipment and systems that make up the installation are described.

In the calculation memory, the sizing of the solar installation, the hydraulic system used, the storage system and the auxiliary systems is carried out.

The requirements under which the project is to be carried out are set out in the specifications.

The plans show the most significant elements that help the technical execution of the work.

The Budget addresses the different economic chapters required for the realization of the project.

Índice de Contenidos

Resumen	IX
Abstract	XI
Índice de Contenidos.....	XIII
Índice de Tablas	XV
Índice de Figuras	XVI
1. MEMORIA DESCRIPTIVA.....	1
1.1. Objeto del Proyecto	2
1.2. Antecedentes	2
1.3. Método de cálculo	4
1.4. Descripción del edificio.....	9
1.5. Descripción de la instalación	10
1.5.1 Esquema de principio	11
1.5.2 Principales elementos de la instalación.....	14
1.6. Características técnicas de los equipos	18
1.6.1 Captadores solares planos.....	18
1.6.2 Interacumulador	20
1.6.3 Bomba de circulación.....	21
1.6.4 Vaso de expansión	24
1.6.5 Sistema de control	24
1.7. Normativa	25
1.7.1 Código Técnico de la Edificación (CTE)	25
1.7.2 Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios	27
1.7.3 Normas UNE	29
1.8. Bibliografía.....	29
2. MEMORIA DE CÁLCULO	31
2.1. Introducción	32
2.2. Datos de partida.....	32
2.2.1 Datos geográficos.....	32
2.2.2 Datos climatológicos	32
2.2.3 Radiación sobre superficie inclinada	34
2.3. Cálculo de la demanda.....	38
2.3.1 Cálculo de la demanda de ACS.....	38
2.3.2 Cálculo de la demanda energética.....	39
2.4. Cálculo superficie de captación y volumen de acumulación	41
2.5. Distancia entre captadores y pérdidas	48
2.6. Estructura de los captadores solares	49
2.7. Cálculos de la red de tuberías.....	50
2.7.1 Pérdida de carga de los captadores solares	50
2.7.2 Pérdida de carga en el interacumulador	50
2.7.3 Cálculo de la red de tuberías	50

2.8. Dimensionado de la bomba	55
2.9. Dimensionado del vaso de expansion.....	56
2.10. Cálculo de aislamientos.....	57
2.11. Selección de accesorios.....	60
ANEXO 1: CERTIFICACIÓN CHEQ4.....	61
3. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS Y ADMINISTRATIVAS.....	65
3.1. Objeto	66
3.2. Normativa aplicable.....	66
3.3. Condiciones materiales y equipos.....	66
3.3.1 Tuberías	66
3.3.2 Accesorios:.....	67
3.3.3 Válvulas.....	68
3.3.4 Aislamiento.....	69
3.3.5 Vasos de expansion	70
3.3.6 Bombas	70
3.3.7 Captadores solares	71
3.3.8 Sistem eléctrico y de control.....	72
3.3.9 Aparatos de medida	73
3.3.10 Acumuladores	74
3.4. Provisión del material	75
3.5. Condiciones de montaje	75
3.6. Pruebas, puesta en marcha y recepción.....	75
3.6.1 General	75
3.6.2 Pruebas parciales	75
3.6.3 Pruebas finales	76
3.6.4 Ajustes y equilibrado	76
3.6.5 Recepción	77
3.7. Mantenimiento	78
3.7.1 Vigilancia.....	78
3.7.2 Mantenimiento preventivo.....	78
3.7.1 Mantenimiento correctivo	80
4. mediciones y presupuesto.....	81
4.1. Equipos y elementos	82
4.2. Canalizaciones y valvulería.....	83
4.3. Electricidad y control.....	84
4.4. Presupuesto total de la instalación.....	85
5. Planos.....	87

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Datos de la ubicación.</i>	32
<i>Tabla 2: Radiación global media diaria de las zonas climáticas España.</i>	32
<i>Tabla 12: Declinación y ángulo horario.</i>	34
<i>Tabla 13: Índice de claridad medio.</i>	35
<i>Tabla 14: Radiación global horizontal directa y difusa.</i>	36
<i>Tabla 15: Radiación global sobre superficie inclinada.</i>	37
<i>Tabla 3: Demanda de referencia a 60°C.</i>	38
<i>Tabla 4: Temperatura del agua de red en Sevilla.</i>	39
<i>Tabla 5: Demanda energética mensual</i>	40
<i>Tabla 6: CS en función del n° captadores. Caso con interacumulador.</i>	42
<i>Tabla 7: CS en función de V/A. Caso con interacumulador.</i>	43
<i>Tabla 8: CS en función del n° captadores en serie. Caso con interacumulador.</i>	44
<i>Tabla 9: CS en función del n° captadores. Caso con intercambiador.</i>	45
<i>Tabla 10: CS en función de V/A. Caso con intercambiador.</i>	46
<i>Tabla 11: CS en función del n° de captadores en serie. Caso con intercambiador.</i>	47
<i>Tabla 16: Caudal límite en función del diámetro.</i>	51
<i>Tabla 17: Pérdida de carga lineal por tramos.</i>	52
<i>Tabla 18: Pérdida de carga de los accesorios.</i>	53
<i>Tabla 19: Pérdida de carga total por tramos.</i>	54
<i>Tabla 20: Trayectorias y desequilibrios.</i>	55
<i>Tabla 21: Aislamiento tuberías del interior del edificio.</i>	58
<i>Tabla 22: Aislamiento tuberías del exterior del edificio.</i>	59
<i>Tabla 23: Desglose del presupuesto de la instalación.</i>	85

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Consumo energía primaria en España 2017. Fuente: MINETAD.</i>	2
<i>Figura 2: Consumo de energía en los edificios, año 2015. Fuente: MINETAD.</i>	3
<i>Figura 3: Evolución de la Solar térmica instalada en España. Fuente: ASIT.</i>	4
<i>Figura 4: Mapa de irradiación en Europa.</i>	4
<i>Figura 5: Pestaña “Localización” CHEQ4.</i>	5
<i>Figura 6: Pestaña “Configuración” CHEQ4.</i>	6
<i>Figura 7: Pestaña “Demanda” CHEQ4.</i>	6
<i>Figura 8: Pestaña “Solar/apoyo” CHEQ4.</i>	7
<i>Figura 9: Pestaña “Otros parámetros” CHEQ4.</i>	8
<i>Figura 10: Pestaña “Resultados” CHEQ4.</i>	8
<i>Figura 11: Ubicación hospital Viamed.</i>	9
<i>Figura 12: Exterior hospital Viamed.</i>	10
<i>Figura 13: Esquema general instalación solar térmica ACS</i>	11
<i>Figura 14: Esquema de principio de la instalación.</i>	13
<i>Figura 15: Captador solar plano.</i>	15
<i>Figura 16: Depósito interacumulador.</i>	15
<i>Figura 17: Bomba de circulación.</i>	16
<i>Figura 18: Diferentes tipos de vasos de expansión.</i>	16
<i>Figura 19: Válvulas de diferente tamaño.</i>	17
<i>Figura 20: Aislante térmico para tuberías.</i>	17
<i>Figura 21: Sistema de control. Termicol.</i>	18
<i>Figura 22: Características técnicas captador solar T25US.</i>	19
<i>Figura 23: Pérdida de presión captador T25US.</i>	19
<i>Figura 24: Dimensiones del captador T25US.</i>	20
<i>Figura 25: Estructura para cubierta plana captador T25US.</i>	20
<i>Figura 26: Datos de ensayo T25US.</i>	20
<i>Figura 27: Características técnicas MXV4000</i>	21
<i>Figura 28: Pérdida de carga MXV400.</i>	21
<i>Figura 29: Dimensiones bomba Wilo Stratos Maxo-Z 65/0,5-12.</i>	22
<i>Figura 30: Curva característica bomba Wilo Straros Maxo-Z 65/0,5-12.</i>	22
<i>Figura 31: Características técnicas bomba Wilo Stratos Maxo-Z 65/0,5-12.</i>	23
<i>Figura 32: Características técnicas bomba Wilo Stratos Maxo-Z 65/0,5-12.</i>	23
<i>Figura 33: Vaso expansión 706SOL025. Termicol.</i>	24
<i>Figura 34: Sistema control LTDC-V3 Termicol.</i>	24
<i>Figura 35: Contribución solar mínima (%) para ACS.</i>	25

<i>Figura 36: Contribución solar mínima (%) para climatización piscinas cubiertas.</i>	26
<i>Figura 37: Límites pérdidas por orientación, inclinación y sombras.</i>	26
<i>Figura 38: Espesores mínimos de aislamiento.</i>	27
<i>Figura 39: Espesores mínimos de aislamiento.</i>	28
<i>Figura 40: Espesores mínimos de aislamiento.</i>	28
<i>Figura 41: Zonas climáticas de España.</i>	33
<i>Figura 42: Datos “Localización” CHEQ4.</i>	33
<i>Figura 43: Radiación global sobre superficie horizontal e inclinada.</i>	37
<i>Figura 44: Demanda energética mensual sin tener en cuenta la ocupación real.</i>	40
<i>Figura 45: Demanda energética mensual teniendo en cuenta la ocupación real.</i>	41
<i>Figura 46: CS en función del nº captadores. Caso con interacumulador.</i>	43
<i>Figura 47: CS en función de V/A. Caso con interacumulador.</i>	44
<i>Figura 48: CS en función del nº captadores en serie. Caso con interacumulador.</i>	45
<i>Figura 49: CS en función del número de captadores. Caso con intercambiador.</i>	46
<i>Figura 50: CS en función de V/A. Caso con intercambiador.</i>	47
<i>Figura 51: CS en función del nº captadores en serie. Caso con intercambiador.</i>	48
<i>Figura 52: Separación mínima entre captadores.</i>	48
<i>Figura 53: Estructura de los captadores T25US para cubierta plana.</i>	49
<i>Figura 54: Pérdida de carga MXV-4000.</i>	50
<i>Figura 55: Longitud equivalente de los accesorios.</i>	53
<i>Figura 56: Curva característica bomba Wilo Stratos Maxo-Z 65/0,5-12.</i>	56
<i>Figura 57: Aislamiento mínimo en el interior de edificios.</i>	58
<i>Figura 58: Aislamiento mínimo en el exterior de edificios.</i>	58
<i>Figura 59: Plan de vigilancia.</i>	78
<i>Figura 60: Plan de mantenimiento del sistema de captación.</i>	79
<i>Figura 61: Mantenimiento del sistema de acumulación.</i>	79
<i>Figura 62: Mantenimiento del sistema de intercambio.</i>	79
<i>Figura 63: Mantenimiento del sistema de distribución.</i>	80
<i>Figura 64: Mantenimiento del sistema de control.</i>	80
<i>Figura 65: Mantenimiento del sistema auxiliar</i>	80
<i>Figura 66: Porcentajes del presupuesto total.</i>	85

1. MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1. Objeto del Proyecto

El objeto de éste proyecto es la adaptación y dimensionado de una instalación de captación de energía solar térmica de baja temperatura para la producción de agua caliente sanitaria (ACS) en el hospital Viamed, situado en el barrio de Bellavista (Sevilla). Para ello, se realiza un estudio de las condiciones climatológicas de la zona, de la radiación solar y de la demanda de ACS del hospital. Además, se realizará una evaluación económica mediante la elaboración de un presupuesto detallado con cada uno de los equipos empleados.

El desarrollo de este Proyecto cumple con las exigencias del Reglamento de Instalaciones Térmicas en la Edificación (RITE) y con el Código Técnico de la Edificación (CTE).

1.2. Antecedentes

España es un país dependiente de las importaciones energéticas, situada en torno a un 76%, esta dependencia solo se puede reducir potenciando aquellos recursos autóctonos que posee, especialmente recursos renovables, como son el sol o el viento, además, España es un país privilegiado en estos recursos, a los que puede unir su liderazgo tecnológico en todo lo referente al sector de las energías renovables.

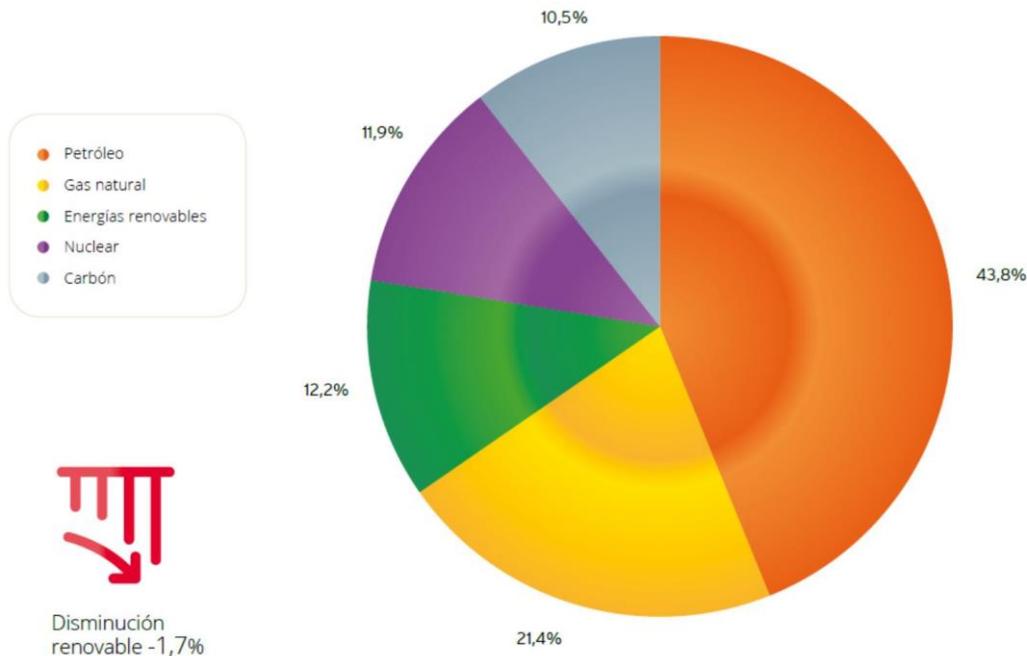


Figura 1: Consumo energía primaria en España 2017. Fuente: MINETAD.

En la *Figura 1* se puede ver la distribución del consumo de energía primaria en España en el año 2017, se observa que la principal fuente es el petróleo con un 43,8%, esto podría poner en peligro el compromiso de los Acuerdos de la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, la COP21 de París, celebrada en Diciembre de 2015 y firmada por 195 países, entre ellos España, y cuyo objetivo principal es la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y mantener el calentamiento global muy por debajo de los 2°C.

El consumo energético de los edificios suponen el 31% del Consumo de la Energía Final en España (*Figura 2*), por tanto, la reducción del consumo de energía y la utilización de energía procedente de fuentes renovables en el sector de la construcción son medidas importantes para reducir la dependencia energética y las emisiones de gases de efecto invernadero.

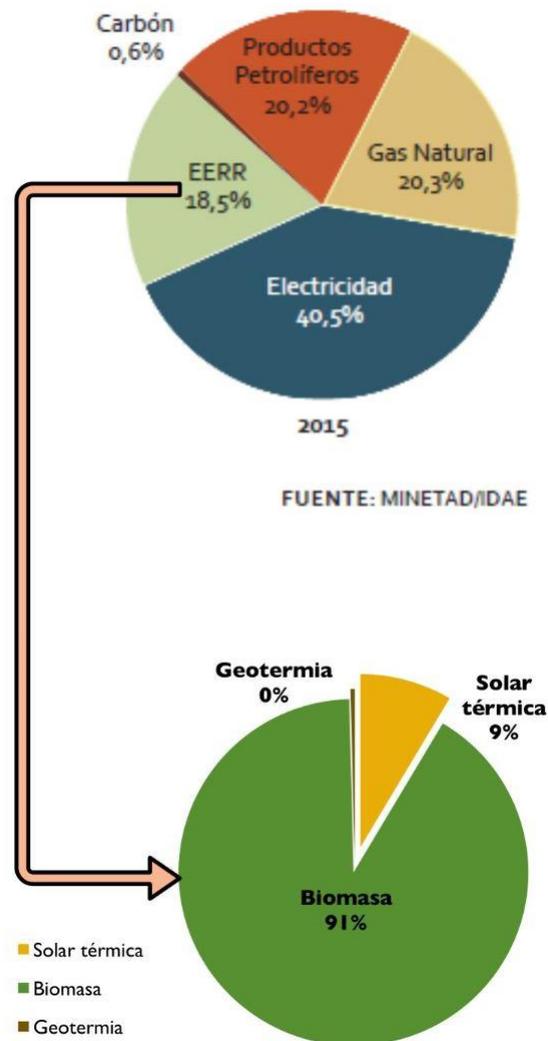


Figura 2: Consumo de energía en los edificios, año 2015. Fuente: MINETAD.

Teniendo en cuenta varios aspectos, tales como son:

- Los combustibles convencionales son caros, escasos y contaminantes.
- La preocupación medioambiental es cada vez mayor.
- Las aplicaciones solares son tecnologías maduras y económicamente ventajosas a medio plazo.
- La normativa del CTE y de las ordenanzas solares han lanzado el mercado solar para ACS en viviendas.

Es fácil comprender por qué, a lo largo de 2018 se han instalado en España un total de 144 MWth (205.500 m²), lo cual implica un incremento del 2%, elevando la cifra de los 3 GWth en el acumulado de potencia instalada, o lo que es lo mismo, más de 4.3 Mill de m² instalados y en operación en España (véase la Figura 3).

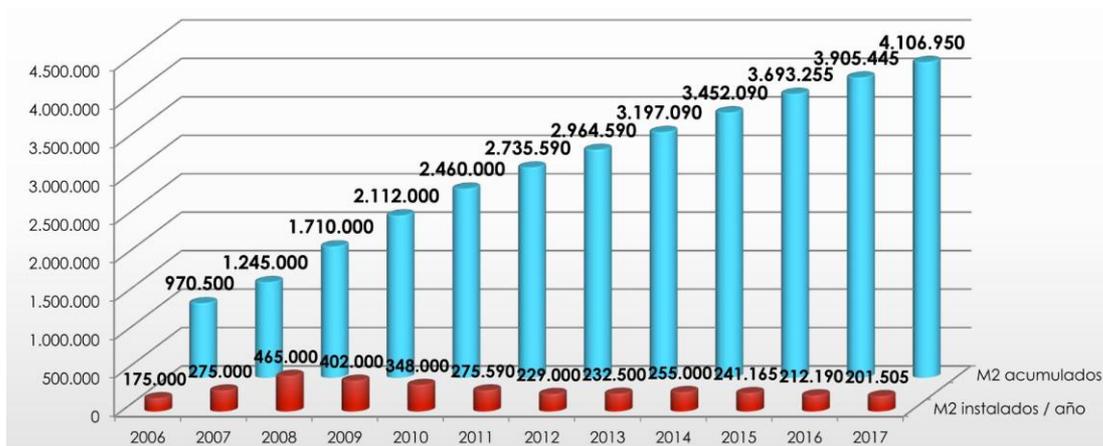


Figura 3: Evolución de la Solar térmica instalada en España. Fuente: ASIT.

El periodo de recuperación de una inversión en solar térmica depende de la zona geográfica, del consumo, del tamaño de la instalación y de la fuente de energía sustituida. En general, las condiciones climáticas existentes en España son adecuadas para las instalaciones de energía solar térmica. No obstante, en el sur de la península, como se pone se manifiesto en la *Figura 4* los niveles de radiación global hacen que la rentabilidad de este tipo de instalaciones sea mayor en el sur que en el resto de la península.

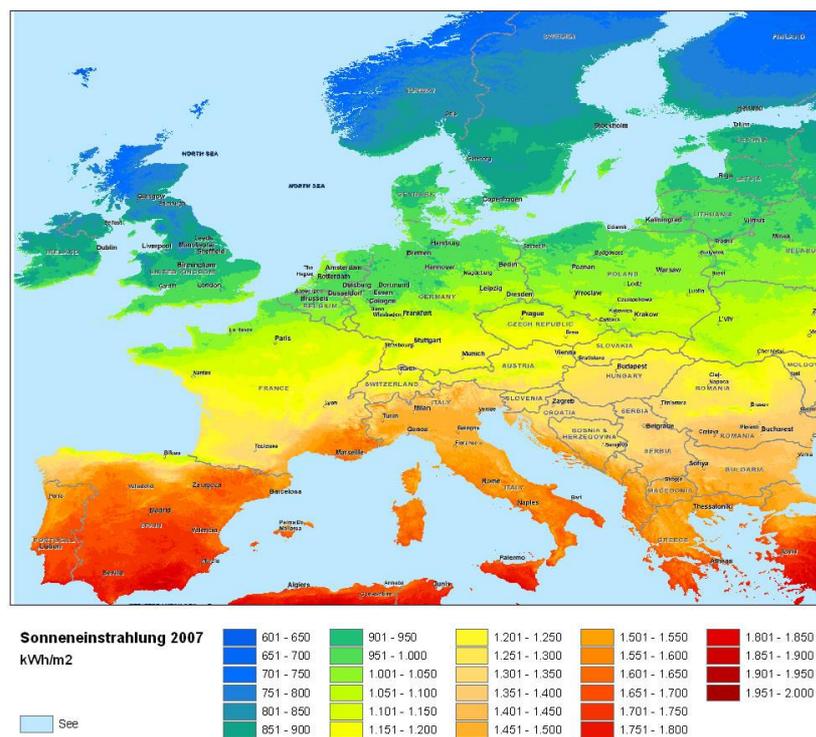


Figura 4: Mapa de irradiación en Europa.

1.3. Método de cálculo

En este proyecto se emplea una herramienta denominada CHEQ4, es un programa informático elaborado por el IDAE (Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía) y ASIT (Asociación Solar de la Industria Térmica), cuyo fin es facilitar a todos los agentes participantes en el sector de la energía solar térmica de baja temperatura la aplicación, el cumplimiento y

evaluación de la sección HE4 incluida en la exigencia básica HE Ahorro de energía del Código Técnico de la Edificación (CTE).

Esta herramienta permite definir una gran variedad de instalaciones solares introduciendo un mínimo de parámetros del Proyecto, y se obtiene como resultado la cobertura solar que ese sistema proporciona sobre la demanda de energía para ACS y piscina del edificio, indicando si la instalación cumple con la contribución solar mínima definida por la exigencia HE4.

Además, existe la posibilidad de generar un informe justificativo con los resultados obtenidos, que en caso de ser favorable, será suficiente para acreditar el cumplimiento de los requisitos establecidos en la sección HE4; así como un documento de verificación donde figuran los principales parámetros de la instalación.

A continuación se muestran las diferentes pestañas del programa, así como los principales parámetros que hay que introducir.

- Localización.

CHEQ4

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

Provincia Municipio Zona climática Latitud

Mapa provincia



Altura municipio seleccionado (m)

Altura de la instalación (m)

	Rad(MJ/m2)	T.Red (°C)	T.Amb (°C)
Enero			
Febrero			
Marzo			
Abril			
Mayo			
Junio			
Julio			
Agosto			
Septiembre			
Octubre			
Noviembre			
Diciembre			
Promedio			

Localización

Configuración

Demanda

Solar/Apoyo

Otros parámetros

Resultados

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

Figura 5: Pestaña "Localización" CHEQ4.

Es la primera pantalla (Figura 5) que aparece al abrir la herramienta. En primer lugar, es necesario indicar la zona de estudio donde se encontrará la instalación, y automáticamente, aparecerá la zona climática, la latitud, así como los datos medios mensuales de la radiación, la temperatura de la red y la temperatura ambiente.

- Configuración.



Figura 6: Pestaña “Configuración” CHEQ4.

En este paso se define la configuración de la instalación, aparecen varias opciones diferenciándose principalmente entre consumo único y consumo múltiple (Figura 6).

- Demanda.

Una vez que se tiene definida la configuración y localización de la instalación, se pasa a indicar el tipo de edificio que se está estudiando, así como el número de personas que lo ocupan. También existe la posibilidad de variar la ocupación según los meses del año, ya que por ejemplo, en un hotel de playa, será muy grande la diferencia de ocupación entre los meses de Julio y Enero (Figura 7). Además, existe la opción de añadir otros consumos de agua en l/día a 60°C.

Una vez que se define la demanda, CHEQ4 indica la contribución solar mínima exigida por la HE4.

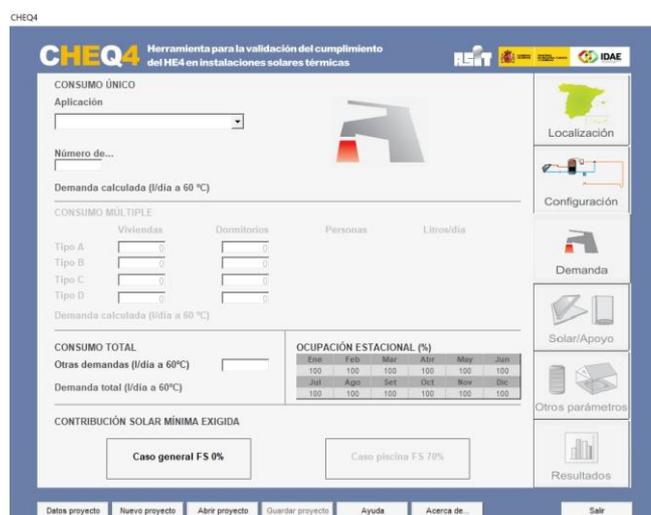


Figura 7: Pestaña “Demanda” CHEQ4.

- Solar/Apoyo.

En este paso, (ver *Figura 8*) se selecciona el modelo de captador solar, una vez seleccionado, aparecen las principales características técnicas del mismo, también hay que indicar otros parámetros como son el número de captadores, la orientación e inclinación o las pérdidas por sombras.

Además, con respecto al circuito primario y secundario, es necesario definir la longitud del circuito, el tipo y espesor del aislante y el porcentaje de anticongelante. Por último, se indica el tipo de sistema de apoyo de la instalación.

- Otros parámetros.

Es la última pestaña en la que se introducen parámetros de la instalación, en este caso, son el volumen de acumulación con el que se trabajará, y algunas características del circuito de distribución, como son la longitud o el tipo y espesor de aislante. (Ver *Figura 9*).

Es importante destacar la restricción:

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

En el caso de que no se cumpla esta restricción, la herramienta dará un aviso.

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

Logos: ASIT, IDAE

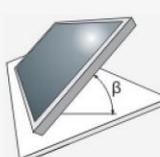
CAPTADORES

Empresa:

Marca/Modelo:

Datos de ensayo:

Área (m2)	
n0 (-)	
a1 (W/m2K)	
a2 (W/m2K2)	
Qtest(l/hm2)	
k50	
Laboratorio	
Certificación	



CAMPO DE CAPTADORES

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

Orientación (°): Inclinación (°): Área total captadores (m2):

CIRCUITO PRIMARIO / SECUNDARIO

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

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

SISTEMA DE APOYO

Tipo de sistema:

Tipo de combustible:



Localización

Configuración

Demanda

Solar/Apoyo

Otros parámetros

Resultados

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

Figura 8: Pestaña "Solar/apoyo" CHEQ4.

CHEQ4

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

RSIT IDAE

VOLUMEN DE ACUMULACIÓN

Volumen total (l)

Vol/Área (l/m²) 0.00

VOLUMEN ACUMULACIÓN SUBESTACIONES

Tipo A (l) Tipo C (l)

Tipo B (l) Tipo D (l)

Volumen total (l) 0 Vol/Área (l/m²)

DISTRIBUCIÓN

Long. circuito (m)

Diám. tubería (mm)

Esp. aislante (mm) T. imp.(°C)

Aislante

DISTRIBUCIÓN SUBESTACIONES

Long. total (m)

Diám. tubería (mm)

Esp. aislante (mm)

Aislante

PISCINA CUBIERTA

Altura (m) Temp. ambiente (°C)

Apertura diaria (h) Temp. piscina (°C)

Superficie lámina (m²) Renov. volumen día (%)

Humedad relativa (%) Ocupación (pers/m²)

Localización

Configuración

Demanda

Solar/Apoyo

Otros parámetros

Resultados

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

Figura 9: Pestaña "Otros parámetros" CHEQ4.

- Resultados.

CHEQ4

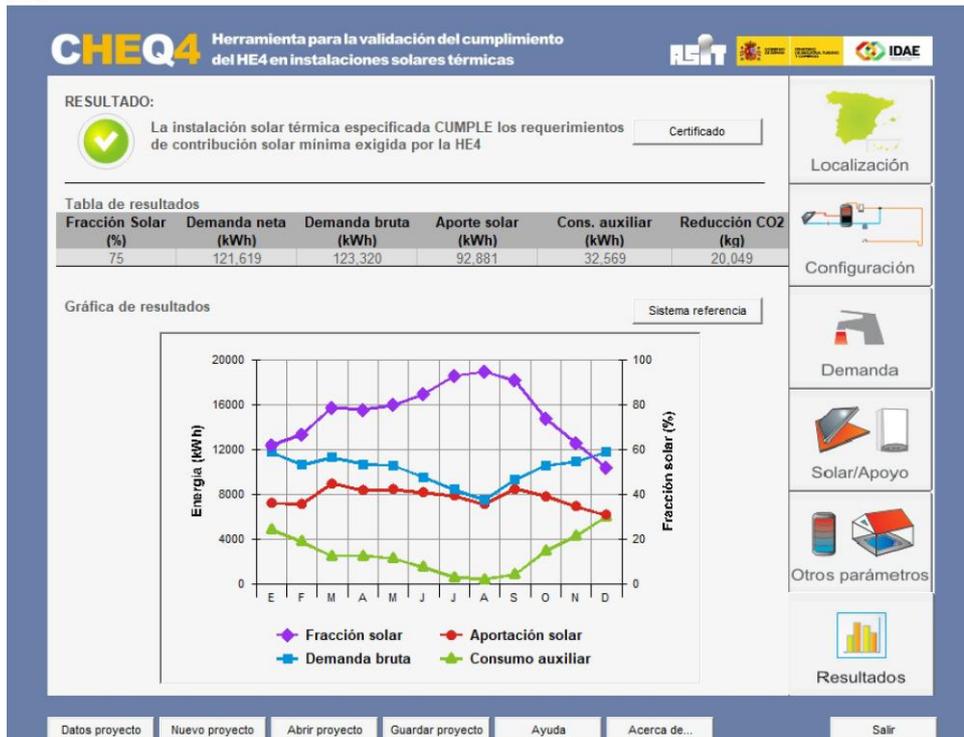


Figura 10: Pestaña "Resultados" CHEQ4.

sea necesario, y dos acumuladores del fabricante LAPESA, serie MASTER EUROPA, uno es el modelo MV-3500R, con 3.500 litros de capacidad, y otro es el modelo MV-2000R, con 2.000 litros de capacidad. Esta caldera y los acumuladores se encuentran en la planta técnica, donde se situarán los interacumuladores del nuevo sistema.

Toda la cubierta del edificio se encuentra a la misma altura, y no hay ningún gran edificio próximo a este, por tanto no habrá problemas de sombra y la orientación que se ha tomado para la ubicación de los captadores es la sur, ya que es la óptima. Por otra parte, la colocación de los captadores será justo encima de la planta técnica, para así evitar sobrecostes y pérdidas de energía innecesarias por un mayor trayecto de las tuberías.

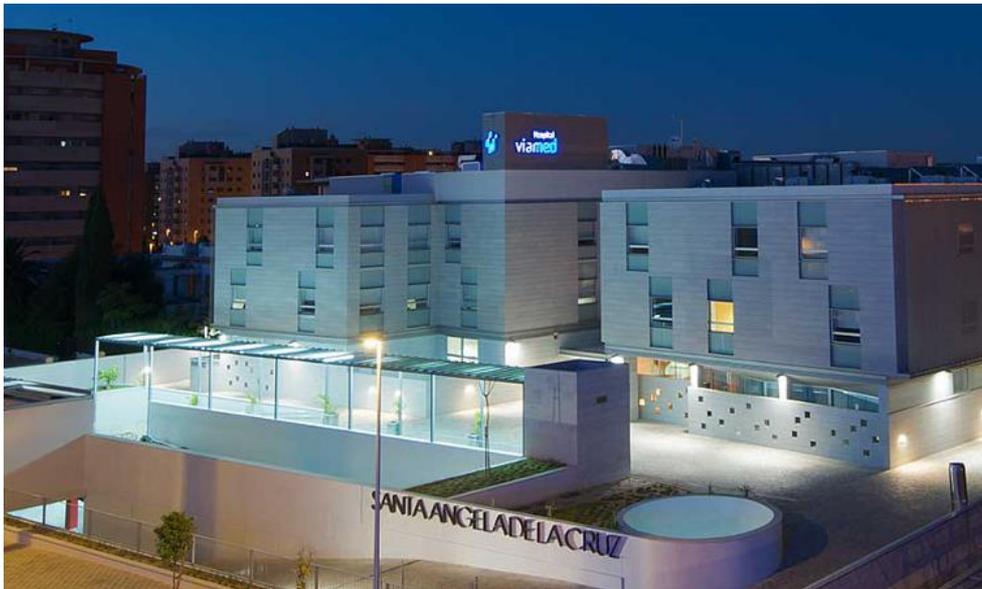


Figura 12: Exterior hospital Viamed.

1.5. Descripción de la instalación

Una instalación solar térmica es un sistema de aprovechamiento de la energía procedente de la radiación solar.

Las aplicaciones para la energía solar térmica de baja temperatura se dan en el sector doméstico y en el sector de los servicios. Se adapta a todas aquellas necesidades térmicas de baja temperatura (por debajo de los 65°C), y tiene como objetivo principal conseguir el máximo ahorro en energía convencional. Las principales aplicaciones son:

1. Agua caliente sanitaria (ACS).
2. Apoyo a sistemas de calefacción.
3. Demanda en piscinas.

La instalación solar consta de los siguientes sistemas:

- Sistema de captación: Transforma la radiación solar incidente en energía interna del fluido que circula por su interior (fluido caloportador). Está formado principalmente por los captadores solares.
- Sistema de acumulación: Almacena la energía interna producida en la instalación. En este sistema es muy importante el aislamiento térmico para que no se produzcan pérdidas.
- Sistema de intercambio: Realiza la transferencia de calor entre fluidos que circulan por circuitos diferentes. Este intercambio se realiza mediante dos formas principalmente, mediante un intercambiador, o mediante un interacumulador, donde el intercambiador se

encuentra en el interior del depósito donde se almacena el agua para su consumo, esta última es la opción seguida en este proyecto.

- Sistema hidráulico: Formado por tuberías, bombas, vaso de expansión y aislamiento térmico adecuados, se encarga de distribuir por toda la instalación la energía contenida en el fluido.
- Sistema de apoyo o auxiliar: Elemento de apoyo a la instalación solar para complementar el aporte solar en periodos de escasa radiación solar o de demanda de energía superior a la prevista de manera que siempre se supla la demanda térmica del usuario. En este caso, será el sistema convencional de la instalación.
- Sistema de regulación y control: Asegura el correcto funcionamiento del conjunto. Mantiene la temperatura de la instalación dentro de los límites de seguridad mediante sondas de temperatura y facilita el mantenimiento del sistema. Los principales problemas de temperatura que pueden aparecer son de sobrecalentamiento o de heladas, aunque teniendo en cuenta que la instalación en estudio se encuentra en Sevilla, será muy poco probable que se produzcan heladas. Además, optimiza el funcionamiento del sistema de apoyo auxiliar, indicando cuando debe entrar en funcionamiento y cuando debe parar.

El funcionamiento de las bombas del circuito primario se basa en la diferencia de temperatura a la salida de los captadores y en la parte inferior del acumulador. Esta diferencia de temperatura estará entre 3°C y 7°C.

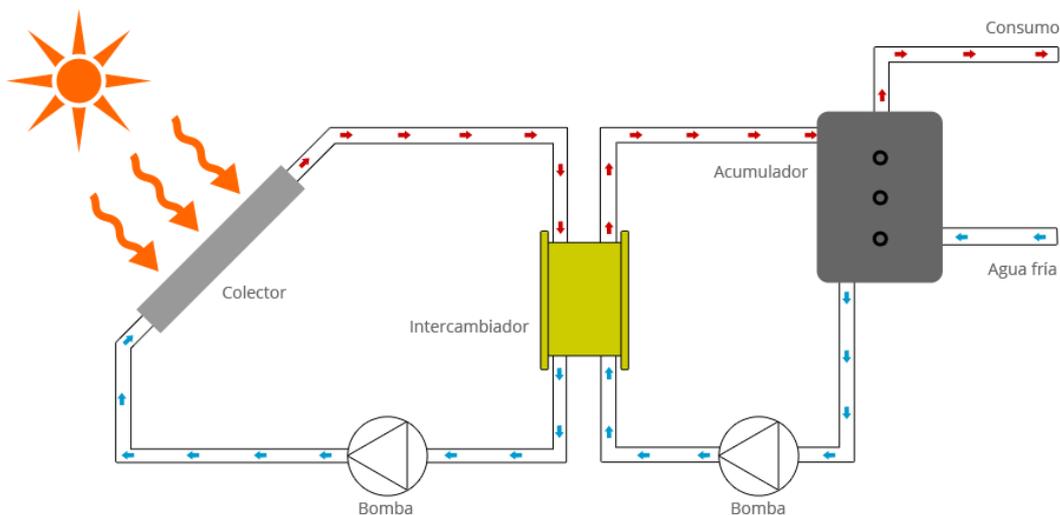


Figura 13: Esquema general instalación solar térmica ACS

En la *Figura 13* se puede ver el esquema general simplificado de una instalación solar térmica con los principales elementos que la forman, más adelante se verán cada uno de estos de forma más detallada.

La circulación del agua por dentro de los circuitos se puede obtener mediante termosifón, aprovechando la diferencia de densidad del agua a temperaturas distintas o mediante una bomba de circulación. Aunque con una bomba de circulación se necesita una aportación externa de energía eléctrica.

1.5.1 Esquema de principio

En la se muestra el esquema de principio de la instalación de forma detallada:

Se diferencian dos circuitos principales: El circuito primario (circuito cerrado), es el encargado de transportar el fluido caloportador, en este caso agua, una vez calentado a la salida de los captadores

solares planos, hasta los dos depósitos interacumuladores, allí circulan por el serpentín de cada uno de ellos, produciéndose un intercambio de calor entre el fluido caloportador del circuito primario y el del secundario, a la salida del interacumulador, el fluido regresa de nuevo hasta los captadores solares, pasando por el vaso de expansión, obligatorio por cuestiones de seguridad, y por el grupo de bombeo.

Por otra parte, el funcionamiento del circuito secundario es el siguiente: el agua procedente de la red va hasta los dos interacumuladores, donde se calientan gracias al intercambio de calor con el agua del circuito primario, una vez calentada, el agua pasa por otro interacumulador antes de llegar a los puntos de consumo, ya que si no se ha alcanzado la temperatura deseada, es necesario que siga calentándose, pero esta vez mediante la energía de una caldera de gas convencional, la cual ya estaba en la instalación. Una vez que se alcanza la temperatura deseada, el agua llega hasta cada uno de los diferentes puntos de consumo. En el circuito secundario es necesario que exista una conexión directa entre el agua que llega de la red, y el agua que sale de los interacumuladores, ya que si la temperatura de salida de los interacumuladores es mayor que la temperatura de consumo, habrá que disminuirla.

El sistema de control es el encargado del correcto funcionamiento de toda la instalación. Hay varios sensores de temperatura por toda la instalación, y el funcionamiento de las bombas tanto de circuito primario como del secundario se basa en los datos de estos sensores, como se explica a continuación:

El grupo de bombeo del circuito primario depende de la diferencia de temperatura a la salida de los captadores solares planos y la temperatura de la parte inferior de los interacumuladores, si esta diferencia de temperatura es mayor que 7°C , el funcionamiento del grupo de bombeo será necesario, y por tanto el sistema de control iniciará su funcionamiento; por otra parte, si esta diferencia de temperatura es menor que 3°C , el sistema de control detendrá el funcionamiento de las bombas.

El funcionamiento o no del grupo de bombeo del circuito primario no solo depende de la diferencia de temperatura a la salida de los captadores y los interacumuladores, a veces, cuando la temperatura del fluido es muy baja, y próxima a su temperatura de congelación, en este caso, 3°C , es necesario que las bombas mantengan el fluido en circulación para evitar la congelación, aunque como ya se ha comentado anteriormente, en un clima como el de Sevilla, es extraño que se produzca este fenómeno.

Con respecto al circuito secundario, el grupo de bombeo y la caldera auxiliar se pondrán en funcionamiento siempre que la temperatura del interacumulador sea inferior a 50°C , evitando así el riesgo de legionela, como indica la IT 1.1.4.3 del Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE), y se detendrá cuando la temperatura del interacumulador alcance los 60°C .

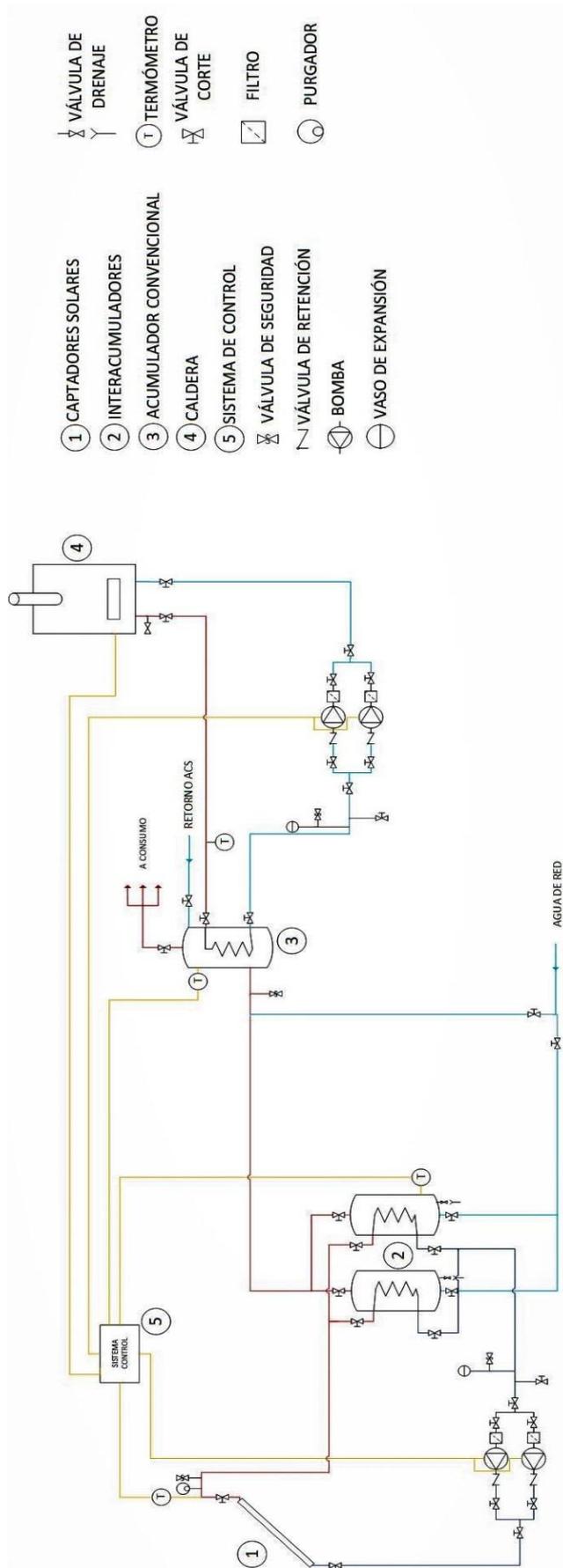


Figura 14: Esquema de principio de la instalación.

1.5.2 Principales elementos de la instalación

- Captador solar plano:

Es el elemento más característico de las instalaciones solares. El captador solar plano es un intercambiador de calor que transforma la energía radiante (Radiación Solar) en energía térmica que aumenta la temperatura de un fluido de trabajo contenido en el interior del captador.

Un captador solar plano es un captador sin concentración, sin sistema de seguimiento y que capta tanto la radiación directa como la difusa. En la *Figura 15* presentan los elementos más significativos del captador.

El funcionamiento del captador solar plano está regido por los siguientes principios básicos:

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

Funcionamiento: Al estar la placa absorbidora expuesta al sol, se calienta y como consecuencia del calentamiento de la placa, ésta aumenta su temperatura, perdiendo calor por los distintos mecanismos: por conducción a través de los soportes que lo sujetan, por convección a través del aire que le rodea y por radiación. Si se coloca un vidrio entre la placa absorbidora y el sol, éste no dejará pasar la radiación de mayor longitud de onda que emite la placa al calentarse, se produce así el llamado efecto invernadero, que impide que la mayor parte de la energía radiante que ha atravesado el vidrio vuelva a salir. Además, el vidrio evita el contacto directo de la placa con el ambiente, evitando las pérdidas por convección.

Componentes:

-Cubierta: Debe ser de un material transparente, normalmente se emplea el vidrio, aunque a veces es utilizado el plástico con la ventaja de ser más barato y manejables.

-Canal de aire: Es un espacio que separa la cubierta de la placa absorbidora y puede estar vacío o no.

-Placa absorbidora: Es el elemento que absorbe la energía solar y transmite el calor al fluido que circula por las tuberías. Es una lámina metálica o varias aletas adheridas. Normalmente son de cobre, presentando algún tipo de tratamiento que mejora sus prestaciones.

-Tubos: Los tubos están en contacto con la placa absorbidora para maximizar el intercambio de energía calorífica por conducción. Por los tubos circula el fluido que se calentará y transportará el calor hasta el tanque de acumulación.

-Aislante: Se coloca en los laterales y en el fondo de la carcasa para disminuir las pérdidas. Suele estar constituido de lana mineral o fibra de vidrio.

-Carcasa o caja: Contiene los elementos del captador, suele ser de aluminio o acero galvanizado e incluir un marco.



Figura 15: Captador solar plano.

- Depósito interacumulador:

La energía solar térmica no se consume en su totalidad instantáneamente, ya que depende de la demanda de cada momento, por tanto, para no perder la energía, es necesario acumularla. Toda instalación solar debe disponer de un espacio donde acumular el agua calentada por los captadores solares para poder usarla posteriormente, cuando se necesite. Esta acumulación se realiza en depósitos que pueden ser acumuladores o interacumuladores (véase la *Figura 16*):

- Los acumuladores sólo sirven para acumular agua ya caliente, por lo que necesitan un sistema de intercambio externo.
- Los interacumuladores acumulan agua y también la calientan para su uso, ya que disponen de un intercambiador interno. Estos serán los utilizados en este proyecto.

Por tanto, los acumuladores o interacumuladores no son más que depósitos con capacidad y aislamiento suficiente para evitar, en lo posible, las pérdidas de energía.



Figura 16: Depósito interacumulador.

- Bombas:

Este equipo es el encargado de transportar el fluido, en este caso agua, en cada uno de los circuitos independientes de la instalación. Son accionadas por motores eléctricos y deben actuar a velocidad variable para que puedan actuar en diferentes condiciones de operación (*Figura 17*).



Figura 17: Bomba de circulación.

- Vasos de expansión:

La función del vaso de expansión es absorber las variaciones de volumen de un fluido en un circuito cerrado al variar su temperatura, manteniendo la presión entre unos límites (*Figura 18*).

Es un elemento de seguridad y uno de los elementos claves en el funcionamiento de la instalación, de hecho, gran parte de las averías más comunes provienen de la falta o defecto del funcionamiento de este elemento y está asociado fundamentalmente a calderas y a instalaciones de energía solar térmica.



Figura 18: Diferentes tipos de vasos de expansión.

- Válvulas:

Se encargan de regular y controlar el paso del fluido por el circuito. Existen gran variedad de válvulas (*Figura 19*), por ejemplo:

-Válvulas de seguridad: Es una válvula que funciona para proteger todo el circuito y sus

elementos de sobrepresiones. La válvula libera líquido cuando se adquieren los límites de presión y se alcanza el valor de calibración.

-Válvula de paso: Forman parte de la instalación para cerrar de forma parcial o total el fluido que se encuentra por las tuberías. Se utilizan para poder hacer labores de mantenimiento.



Figura 19: Válvulas de diferente tamaño.

- Aislamiento:

El aislamiento de las tuberías de toda la instalación y de los equipos como los captadores solares o el interacumulador son muy importantes para aumentar el rendimiento del sistema y alcanzar las temperaturas deseadas.

El aislamiento de las tuberías para instalaciones de ACS está establecido de forma reglamentaria en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en la Edificación (RITE).



Figura 20: Aislante térmico para tuberías.

- Sistema de regulación y control:

El sistema de control está recibiendo continuamente señales procedentes de los sensores de temperatura que se encuentran a lo largo de la instalación, teniendo así un control del funcionamiento de la misma.

Este sistema es el encargado de poner en funcionamiento los grupos de bombeo cuando sea necesario, y de poner en marcha el sistema auxiliar cuando la instalación solar no cubra la demanda. (Figura 21)

Como se explicó anteriormente, el grupo de bombeo del circuito primario entra en funcionamiento cuando la diferencia de temperatura entre el sensor a la salida del campo de los captadores planos y el sensor de la parte inferior del interacumulador sea mayor que 7°C, igualmente, dejará de funcionar cuando la diferencia de temperatura sea menor que 3°C.



Figura 21: Sistema de control. Termicol.

1.6. Características técnicas de los equipos

1.6.1 Captadores solares planos

El modelo de captador solar que se ha empleado en la instalación es el T25US del fabricante TERMICOL, se disponen de 60 captadores solares planos, agrupados en 6 baterías de 10 captadores en cada una de ellas, todos ellos conectados en paralelo.

La orientación que tienen los captadores solares es la sur, ya que no existen problemas de sombras en la cubierta del hospital y es la orientación óptima. Con respecto a la inclinación de estos, será de 40°.

A continuación se pueden observar en la *Figura 22* las características técnicas principales de los captadores empleados:

En la *Figura 23* se puede observar la curva de la pérdida de carga del captador en función del caudal, y en la *Figura 25* la estructura que se utiliza para los captadores, teniendo en cuenta que la cubierta del hospital es una cubierta plana.

Por último, en la *Figura 26* aparecen los datos de ensayo del captador T25US, estos datos están incluidos en el programa CHEQ4.

		T25US
Dimensiones (mm.)		2.130*1240*83
Área total (m ²)		2,54
Área apertura (m ²)		2,36
Peso en vacío (kg)		39
Capacidad de fluido (litros)		1,27
Presión Máxima de Trabajo (bar)		8
h ₀		0,79
a ₁ (W/m ² K)		3,49
a ₂ (W/m ² K ²)		0,018
Cubierta		Vidrio templado 3,2 mm.
Absorbedor	General	Parrilla de cobre con canales de φ8 y colector de φ18 y aletas de aluminio
	Nº canales	10
	Tratamiento	Ultraselectivo
Carcasa		Aluminio
Aislamiento		Lana de roca semirígida de 35 mm.
Conexión entre captadores		Mediante racor de compresión 3 piezas

Figura 22: Características técnicas captador solar T25US.

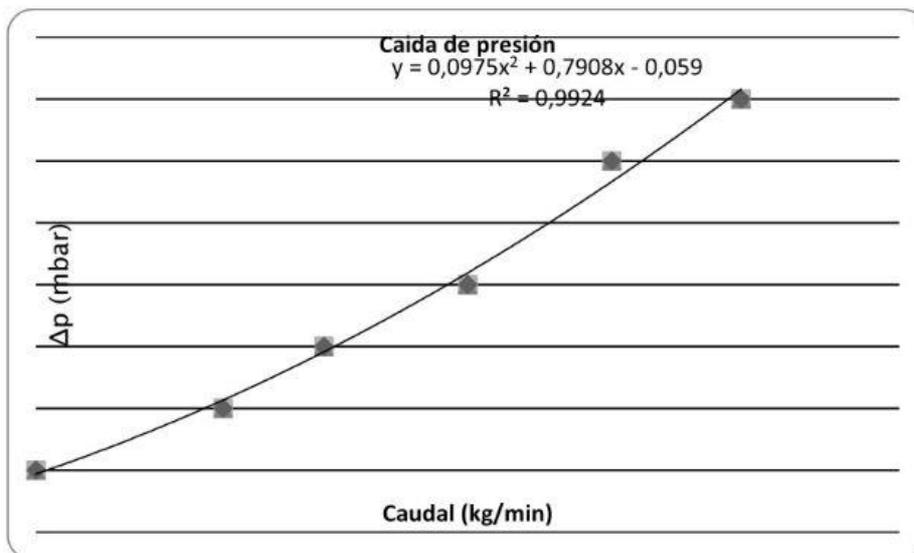


Figura 23: Pérdida de presión captador T25US.

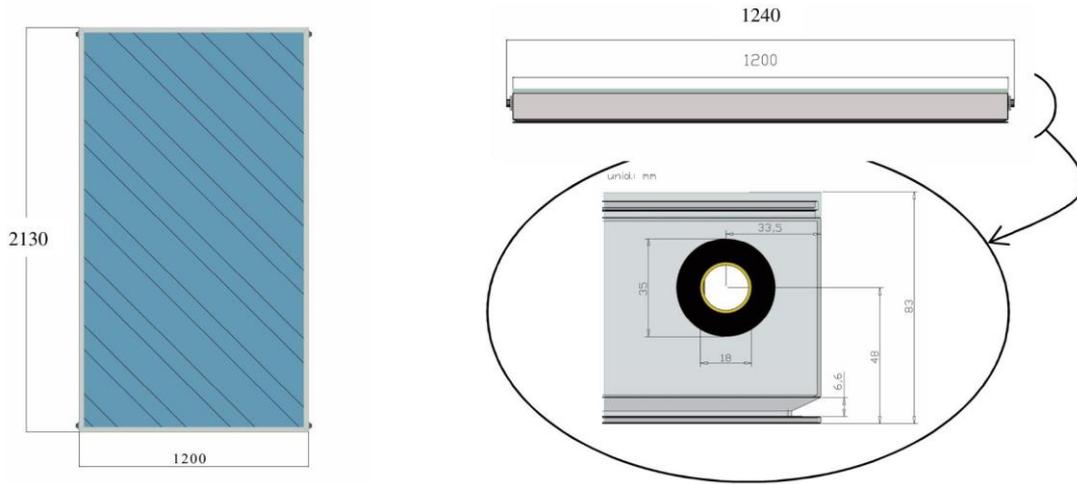


Figura 24: Dimensiones del captador T25US.

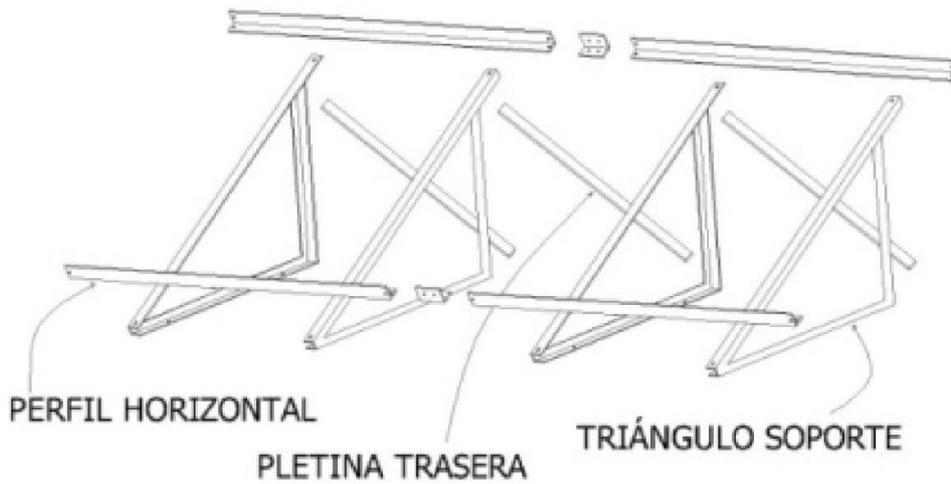
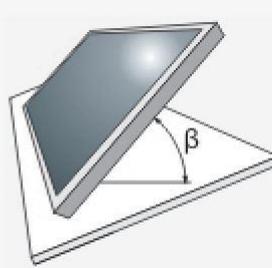


Figura 25: Estructura para cubierta plana captador T25US.

Datos de ensayo	
Área (m ²)	2.4
n0 (-)	0.8
a1 (W/m ² K)	3.93
a2 (W/m ² K ²)	0.026
Q _{test} (l/hm ²)	72
k ₅₀	0.82
Laboratorio	INTA
Certificación	NPS-15312



The diagram shows the collector tilted at an angle β relative to the horizontal. The collector is represented as a dark blue rectangular panel supported by a white frame.

Figura 26: Datos de ensayo T25US.

1.6.2 Interacumulador

El volumen de acumulación necesario en la instalación es de 7200 litros, se ha optado por disponer de dos interacumuladores de acero inoxidable en paralelo, de 4000 litros cada uno. El modelo elegido es el MXV4000, del fabricante LAPESA. Están aislados térmicamente con espuma rígida de poliuretano inyectada, la temperatura máxima de funcionamiento es de 90°C y la presión

máxima es de 8 bar.

En la *Figura 27* se pueden observar algunas de las principales características técnicas de este equipo:

Características técnicas /Conexiones /Dimensiones		MXV1500 SB/ SSB	MXV2000 SB/ SSB	MXV2500 SB/ SSB	MXV3000 SB/ SSB	MXV3500 SB/ SSB	MXV4000 SB/ SSB	MXV5000 SB/ SSB	MXV6000 SB/ SSB
Capacidad de A.C.S	l	1500	2000	2500	3000	3500	4000	5000	6000
Temperatura máx.* depósito de A.C.S	°C	90	90	90	90	90	90	90	90
Presión máx. depósito de A.C.S. (*)	bar	8	8	8	8	8	8	8	8
Temperatura máx. circuito de calentamiento (**)	°C	120	120	120	120	120	120	120	120
Presión máx. circuito de calentamiento	bar	25	25	25	25	25	25	25	25
Número de serpentines -SB / -SSB	und	2 / 3	2 / 3	3 / 4	3 / 5	4 / 5	4 / 5	5 / 6	5 / 6
Capacidad de serpentines -SB / -SSB	l.	17 / 25	19 / 29	28 / 35	29 / 48	38 / 48	38 / 48	48 / 56	48 / 56
Superficie de intercambio-SB / -SSB	m ²	2.8 / 4.2	3.4 / 5.0	4.8 / 6.1	5.0 / 8.4	6.7 / 8.4	6.7 / 8.4	8.4 / 10.0	8.4 / 10.0
Peso en vacío aprox. -SB / -SSB	Kg	305 / 315	345 / 365	485 / 500	535 / 565	575 / 590	650 / 665	720 / 745	805 / 817
Cota A: diámetro exterior	mm	1360	1360	1660	1660	1660	1910	1910	1910
Cota B: longitud total	mm	1830	2280	2015	2305	2580	2310	2710	3210
Cota C:	mm	175	175	175	175	175	175	175	--
Cota D:	mm	680	680	800	800	815	880	880	946
Cota E:	mm	760	920	910	1015	1015	1055	1055	1136
Cota F:	mm	400	400	400	400	400	400	400	400
Cota G:	mm	1095	1470	1225	1410	1545	1400	1580	2194
Cota H:	mm	1285	1660	1415	1600	1735	1590	1770	2384
Cota M:	mm	210	210	285	285	285	350	350	--

Figura 27: Características técnicas MXV4000

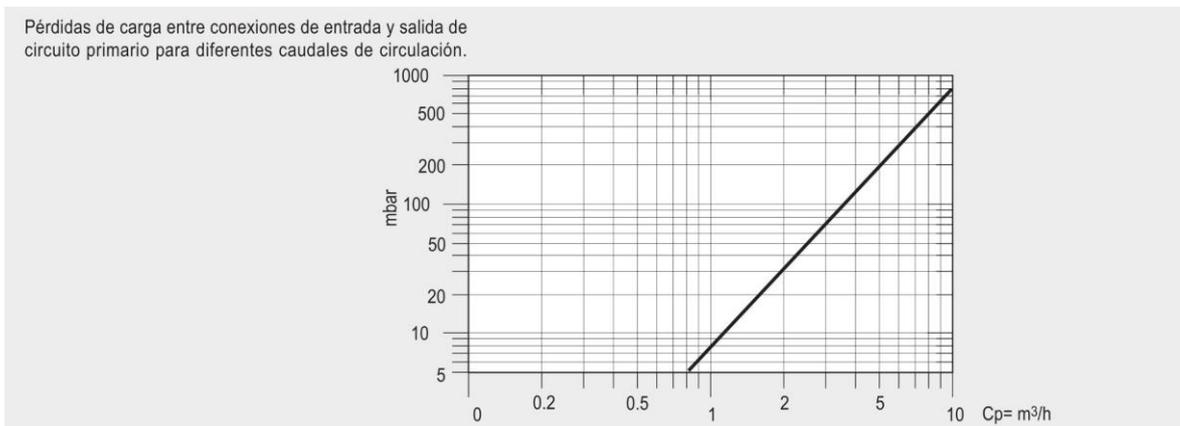


Figura 28: Pérdida de carga MXV400.

En la *Figura 28* aparece una gráfica que representa la pérdida de carga del serpentín del interacumulador (mbar) en función del caudal ($\frac{m^3}{h}$)

1.6.3 Bomba de circulación

Como el área de captación es de 144 m², mayor a 50 m², será necesario poner dos bombas iguales en paralelo, dejando una de ellas de repuesto. El modelo elegido es el Stratos Maxo-Z 65/0,5-12, del fabricante Wilo.

A continuación se muestran las principales características técnicas de la bomba :

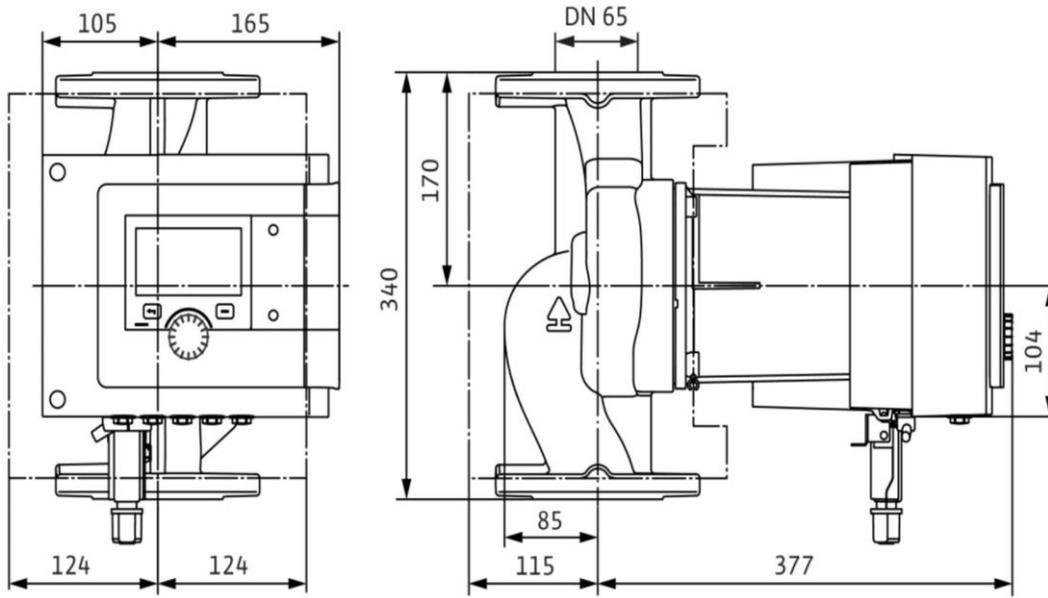


Figura 29: Dimensiones bomba Wilo Stratos Maxo-Z 65/0,5-12.

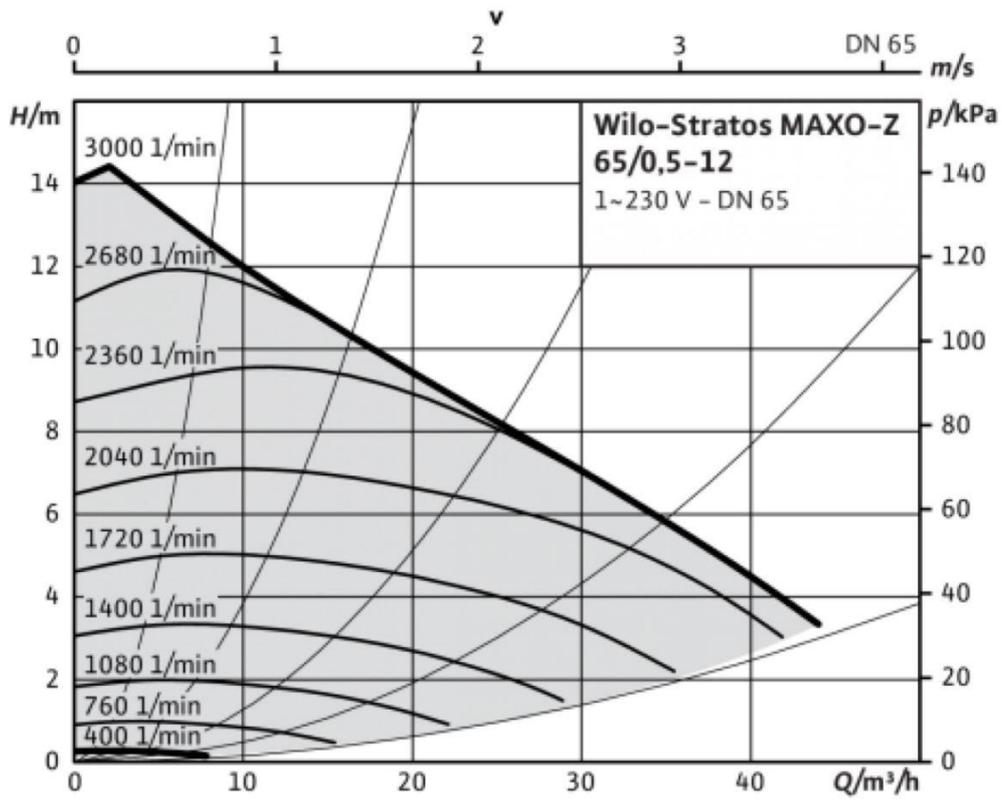


Figura 30: Curva característica bomba Wilo Straros Maxo-Z 65/0,5-12.

Datos hidráulicos

Presión máxima de trabajo P_N	10 bar
Temperatura mínima del fluido T	-10 °C
Temperatura máxima del fluido T	110 °C
Temperatura mínima del fluido T	0
Temperatura máxima del fluido T	0
Temperatura ambiente mínima T	-10 °C
Temperatura ambiente máxima T	40 °C
Dureza total máx. admisible en sistemas de recirculación de ACS	3,57 mmol/l (20 °dH)

Materiales

Carcasa de la bomba	1.4408, GX5CrNiMo19-11-2
Rodete	PPS-GF40
Eje	1.4122 (DLC coated)
Material del cojinete	Carbon graphite, all Carbon

Información de pedidos

Marca	Wilo
Denominación del producto	Stratos MAXO-Z 65/0,5-12
Referencia	2164677
Peso neto aproximado m	32 kg

Figura 31: Características técnicas bomba Wilo Stratos Maxo-Z 65/0,5-12.

Datos del motor

Índice de eficiencia energética (IEE)	0.17
Alimentación eléctrica	1~230 V, 50/60 Hz
Potencia nominal del motor P_2	0.80 kW
Intensidad nominal I_N	3.86 A
Velocidad mínima n_{\min}	400 rpm
Velocidad máxima n_{\max}	3000 rpm
Consumo de potencia (mín.) $P_{1 \min}$	15.0 W
Entrada de corriente P1 máx. $P_{1 \max}$	880.0 W
Emisión de interferencias	EN 61800-3:2004+A1:2012/entorno residencial (C1)
Resistencia a interferencias	EN 61800-3:2004+A1:2012/entorno industrial (C2)
Regulación de la velocidad	Convertidor de frecuencia
Clase de aislamiento	F
Protection class motor	IPX4D
Protección de motor	integrado

Dimensiones de instalación

Conexión de tubería del lado de aspiración RPS	DN 65
Conexión de tubería del lado de impulsión RPD	DN 65
Longitud entre roscas l_0	340 mm

Figura 32: Características técnicas bomba Wilo Stratos Maxo-Z 65/0,5-12.

1.6.4 Vaso de expansión

El vaso de expansión de la instalación es el modelo 706SOL018 del fabricante TERMICOL, con una capacidad de 18 litros.

Descripción	Referencia	P.V.P €
Vaso expansión 8 L	706SOL008	56
Vaso expansión 12 L	706SOL012	57
Vaso expansión 18 L	706SOL018	60
Vaso expansión 24 L	706SOL025	70
Vaso expansión 35 L	706SOL035	225
Vaso expansión 50 L	706SOL050	260
Vaso expansión 80 L	706SOL080	325
Vaso expansión 100 L	706SOL100	430
Vaso expansión 220 L	706SOL220	835
Vaso expansión 350 L	706SOL350	1.040
Vaso expansión 500 L	706SOL500	1.460
Vaso expansión 700 L	706SOL700	2.450
Set de conexión vaso de expansión	704SETCGB	45

Figura 33: Vaso expansión 706SOL025. Termicol.

1.6.5 Sistema de control

El Sistema de control que se ha seleccionado es el modelo LTDC-V3 del fabricante TERMICOL y cuya referencia es 703C1MTDC53.

Las características técnicas de éste modelo son:

- 6 entradas para sensors PT1000 de temperature.
- 2 entradas VFS/RPS Directsensor para medir caudal.
- 2 salidas relé 230VAC (on/off)
- 2 salidas PWM (control velocidad bombas alta eficiencia).
- 42 variantes hidráulicas.



Figura 34: Sistema control LTDC-V3 Termicol.

1.7. Normativa

Para la realización de este proyecto sobre una instalación de energía solar térmica para producción de agua caliente sanitaria en un hospital, se han seguido principalmente dos normas que son de obligado cumplimiento: el Código Técnico de la Edificación (CTE), y el Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE).

1.7.1 Código Técnico de la Edificación (CTE)

El Documento Básico HE “Ahorro de energía” forma parte del Código Técnico de la Edificación, y a su vez, está dividido en varias secciones:

- HE 0: Limitación del consumo energético.
- HE 1: Limitación de la demanda energética.
- HE 2: Rendimiento de las instalaciones térmicas.
- HE 3: Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación.
- HE 4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.
- HE 5: Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica.

La sección que se aplica en éste proyecto es la HE4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria. Esta sección, a modo de resumen, dice lo siguiente:

- **Ámbito de aplicación:**
 - a) En edificios nuevos y edificios existentes en que se reforme íntegramente el edificio en sí o la instalación térmica, o en los que se produzca un cambio de uso característico del mismo, con una demanda de ACS superior a 50 l/día.
 - b) Ampliaciones o intervenciones no contempladas en a), en edificios existentes con una demanda inicial de ACS superior a 5.000 l/día, que supongan un incremento superior al 50% de la demanda inicial.
 - c) Climatización de piscinas cubiertas nuevas, piscinas cubiertas existentes en las que se renueve la instalación térmica o piscinas descubiertas existentes que pasen a ser cubiertas.
- **Caracterización y cuantificación de exigencias:**

La contribución solar mínima es la fracción entre los valores anuales de la energía solar aportada y la demanda energética anual para ACS o climatización de piscina cubierta, obtenidos a partir de los valores mensuales, y se establece en función de:

- Zona climática.
- Demanda de ACS o de climatización de piscina.

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

Figura 35: Contribución solar mínima (%) para ACS.

	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
Piscinas cubiertas	30	30	50	60	70

Figura 36: Contribución solar mínima (%) para climatización piscinas cubiertas.

La contribución solar mínima podrá ser menor que la exigida cuando:

- a) Aprovechamiento de energías renovables, procesos de cogeneración o fuentes de energía residuales de la instalación de recuperadores de calor ajenos a la propia generación de calor de edificio.

Se justificará que las emisiones de CO₂ y el consumo de energía primaria no renovable de la instalación alternativa son iguales o inferiores a los correspondientes de la instalación solar térmica con el sistema auxiliar de referencia (caldera de gas con un 92% de rendimiento medio estacional).

- b) Si existe inaccesibilidad al sol por barreras externas, limitaciones no subsanables de la configuración previa del edificio, normativa urbanística aplicable o protección histórico-artística, se alcanzará la contribución solar mínima de acuerdo a lo establecido en el apartado anterior.

- Protección contra sobrecalentamientos:

- En ningún mes del año la energía producida por la instalación podrá superar el 110% de la demanda energética y no más de tres meses el 100%.
- No se tomarán en consideración periodos en los que la demanda se sitúe un 50% por debajo de la media correspondiente al resto del año, tomándose las medidas de protección adecuadas.

Si en un mes del año la contribución solar sobrepasa el 100% de la demanda energética se adoptarán cualquiera de las siguientes medidas:

- Disipación de excedentes.
- Tapado parcial del campo de captadores, con circulación del fluido.
- Vaciado parcial del campo de captadores.
- Desvío de excedentes a otras aplicaciones existentes.

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

Figura 37: Límites pérdidas por orientación, inclinación y sombras.

- Sistema de acumulación solar y conexión de sistema auxiliar:
 - El volumen de acumulación solar (V) se debe dimensionar en función de la energía

que aporta a lo largo del día. Se debe prever una acumulación acorde con la demanda.

Para aplicaciones de ACS, el área total de captadores debe cumplir:

$$50 < V/A < 180$$

- b) No se permite la conexión del sistema auxiliar en el acumulador solar.
- Sistemas de medida de energía suministrada:
 - a) Las instalaciones solares o instalaciones alternativas que las sustituyan de más de 14 kW dispondrán de un sistema de medida de la energía suministrada con objeto de poder verificar el cumplimiento del programa de gestión energética y las inspecciones periódicas de eficiencia energética.
 - b) El diseño del sistema de contabilización de energía y de control debe permitir al usuario de la instalación comprobar de forma directa, visual e inequívoca el correcto funcionamiento de la instalación, de manera que este pueda controlar diariamente la producción de la instalación.

1.7.2 Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios

A continuación se recogen los puntos más importantes de aplicación en este proyecto:

- IT 1.1.4.3: Exigencia de higiene

Preparación de agua caliente para uso sanitario: La mínima temperatura del agua almacenada debe ser 50°C más la caída de temperatura provocada por las pérdidas de calor en las redes de distribución de impulsión y retorno y en los mismos depósitos de acumulación. El objetivo de esta medida es la protección frente a la legionela.
- IT 1.2.4.2: Redes de tuberías y conductos

Aislamiento térmico: Todos los aparatos, equipos y conducciones de las instalaciones de climatización y agua caliente para usos sanitarios deben estar térmicamente aislados con ciertos niveles.

Para los equipos o aparatos que vengan aislados de fábrica se aceptan los espesores calculados por el fabricante.

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

Figura 38: Espesores mínimos de aislamiento.

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

Figura 39: Espesores mínimos de aislamiento.

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

Figura 40: Espesores mínimos de aislamiento.

- IT 1.2.4.3: Control
 - IT 1.2.4.3.4: Control de instalaciones centralizadas de preparación de agua caliente sanitaria: El equipamiento mínimo de control en este tipo de instalaciones es:
 - a) Control de la temperatura de acumulación.
 - b) Control de la temperatura del agua de la red de tuberías en el punto hidráulicamente más lejano del acumulador.
 - c) Control para efectuar el tratamiento de choque térmico.
 - d) Control de funcionamiento de tipo diferencial en la circulación forzada del primario de las instalaciones de energía solar térmica.
 - e) Control de seguridad para los usuarios.
- IT 1.2.4.6: Aprovechamiento de energías renovables y residuales:
 - IT 1.2.4.6.1: Contribución de calor renovable o residual para la producción térmica del edificio: Esta sección está relacionada con los objetivos de ahorro de energía primaria y emisiones de CO₂ establecidos en el Código Técnico de la Edificación.
- IT 1.3: Exigencia de seguridad:
 - IT 1.3.4.2.4: Expansión: Los circuitos cerrados de agua o soluciones acuosas estarán equipados con un dispositivo de expansión de tipo cerrado, que permita absorber, sin dar lugar a esfuerzos mecánicos, el volumen de dilatación del fluido. Diseño y dimensionado según norma UNE 100155.
 - IT 1.3.4.4.3: Accesibilidad: Los equipos deben estar situados de forma tal que se facilite su limpieza, mantenimiento y reparación. Además, los elementos de medida, control, protección y maniobra se deben instalar en lugares visibles y fácilmente accesibles.
 - IT 1.3.4.4.4: Señalización: En la sala de máquinas se dispondrá un plano con el esquema de principio de la instalación, enmarcado en un cuadro de protección. Todas las instrucciones de seguridad, manejo y maniobra y de funcionamiento, según lo que figure en el “Manual de Uso y Mantenimiento”, deben estar situadas en un lugar visible, en la sala de máquinas y locales técnicos.
 - IT 1.3.4.4.5: Medición: Todas las instalaciones térmicas deben disponer de la instrumentación de medida suficiente para la supervisión de todas las magnitudes y valores de los parámetros que intervienen de forma fundamental en el funcionamiento de

los mismos. Los aparatos de medida se situarán en lugares visibles y fácilmente accesibles para su lectura y mantenimiento.

- IT 2.3.3: Sistemas de distribución de agua: La empresa instaladora realizará y documentará el procedimiento de ajuste y equilibrado de los sistemas de distribución de agua.
- IT 2.3.4: Control automático: Se ajustarán los parámetros del Sistema de control automático a los valores de diseño especificados en el proyecto o memoria técnica y se comprobará el funcionamiento de los componentes que configuran el Sistema de control.

1.7.3 Normas UNE

- UNE 100155
Esta norma establece los criterios para el diseño y cálculo de un sistema de expansión de agua en un circuito cerrado, y es de aplicación para los circuitos cerrados de agua caliente, sobrecalentada y refrigerada y soluciones acuosas de los sistemas de climatización.
- UNE 94002
Esta norma suministra los valores de referencia de consumo de agua caliente sanitaria (ACS) y temperatura de diseño necesarios para el cálculo de la demanda de energía térmica en las instalaciones de producción de agua caliente sanitaria. Es aplicable al cálculo de instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria.
- UNE 94003
Esta norma suministra los valores climáticos de referencia de irradiación global diaria mensual sobre superficie horizontal y de temperatura ambiente. Es aplicable al cálculo de instalaciones solares térmicas de baja temperatura.

1.8. Bibliografía

- Código Técnico de la Edificación (CTE-HE4). “Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria”. 2013
- Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE). 2013
- WILO: <https://wilo.com/>
- TERMICOL: <https://termicol.es/>
- LAPESA: <http://www.lapesa.com/>
- Asociación Solar de la Industria Térmica (ASIT)
- Asociación de Empresas de Energía Renovables (APPA)
- <https://solar-energia.net/>
- AENOR, Norma 100155: “Climatización. Diseño y cálculo de sistemas de expansión”. 2004.
- AENOR Norma 94002: “Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria. Cálculo de la demanda de energía térmica”. 2005.
- AENOR Norma 94003: “Datos climáticos para el dimensionado de instalaciones solares térmicas”. 2007.
- Apuntes de la asignatura “Energías Renovables”, 2017. Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Energética. Universidad de Sevilla.

- ➔ Excel de pérdida de cargas del profesor Juan Francisco Coronel Toro. Asignatura “Ahorro y Eficiencia Energética y Instalaciones Térmicas en la Edificación”, 2018. Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Energética. Universidad de Sevilla.

2. MEMORIA DE CÁLCULO

2.1. Introducción

En la memoria de cálculo se van a detallar todos los cálculos que se han realizado para el diseño de la instalación solar térmica de baja temperatura para la producción de ACS en el hospital Viamed, siempre teniendo en cuenta la normativa de obligado cumplimiento.

2.2. Datos de partida

2.2.1 Datos geográficos

El hospital Viamed se encuentra situado en el barrio de Bellavista, en Sevilla. Los principales datos geográficos son los que se muestran en la *Tabla 1*:

Edificio	Hospital Viamed
Provincia	Sevilla
Localidad	Sevilla
Altitud	12 metros
Latitud	37° 22
Longitud	05° 58
Zona climática	Zona V

Tabla 1: Datos de la ubicación.

2.2.2 Datos climatológicos

En España se pueden diferenciar cinco zonas climáticas, diferenciadas por la radiación global media diaria que reciben cada una de ellas. En la *Figura 41* se muestran cada una de las zonas climáticas, y en la *Tabla 2* los niveles de radiación recibidos, expresados en kWh/m² día.

Zona I	$H < 3,8$
Zona II	$3,8 \leq H < 4,2$
Zona III	$4,2 \leq H < 4,6$
Zona IV	$4,6 \leq H < 5$
Zona V	$H \geq 5$

Tabla 2: Radiación global media diaria de las zonas climáticas España.

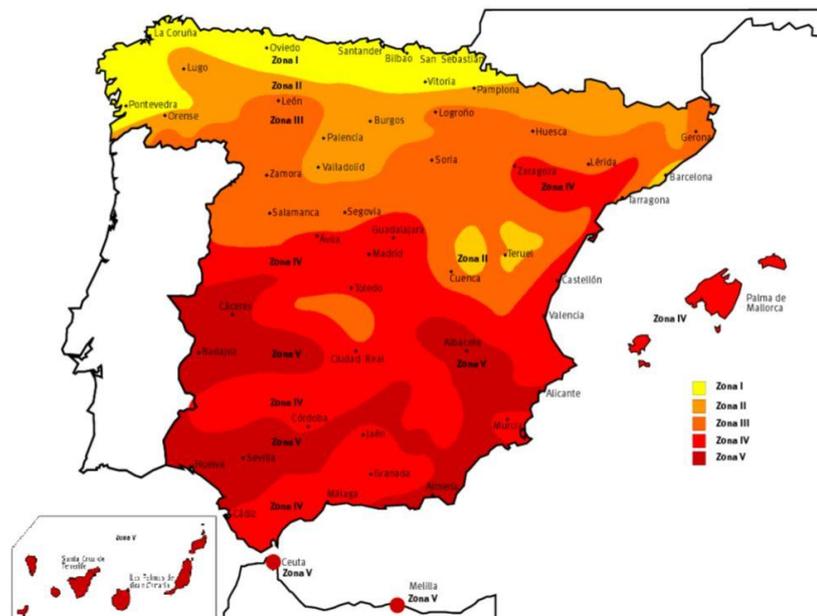


Figura 41: Zonas climáticas de España.

Como puede observarse en la Figura 41, Sevilla se encuentra en la zona climática V, y por tanto la radiación global media diaria es mayor que 5 kWh/m².

Estos datos podemos obtenerlos del Código Técnico de la Edificación (CTE), pero además, el programa informático CHEQ4 nos facilita estos datos introduciendo simplemente la provincia y el municipio del edificio que se está estudiando, gracias a la base de datos disponible.

Provincia

Sevilla

Municipio

Sevilla

Zona climática

Zona V

Latitud

37° 22'

Mapa provincia

Altura municipio seleccionado (m)

12

Altura de la instalación (m)

12

	Rad(MJ/m2)	T.Red (°C)	T.Amb (°C)
Enero	9.8	11.0	10.7
Febrero	13.2	11.0	11.9
Marzo	18.1	13.0	14.0
Abril	22.1	14.0	16.0
Mayo	25.2	16.0	19.6
Junio	28.4	19.0	23.4
Julio	29.2	21.0	26.8
Agosto	25.9	21.0	26.8
Septiembre	20.8	20.0	24.4
Octubre	14.5	16.0	19.5
Noviembre	10.5	13.0	14.3
Diciembre	8.4	11.0	11.1
Promedio	18.8	15.5	18.2

Figura 42: Datos "Localización" CHEQ4.

Además de la zona climática, la latitud y la altura del municipio, el CHEQ4 nos facilita los datos de la radiación global media mensual sobre superficie horizontal, expresada en MJ/m², la

temperatura media mensual del agua de red, y la temperatura ambiente media mensual, como puede observarse en la *Tabla 2*.

2.2.3 Radiación sobre superficie inclinada

A continuación se van a realizar los cálculos necesarios para determinar la radiación sobre una superficie inclinada 40°, y demostrar así que la radiación durante todo el año se vuelve mucho más constante que si la recibiese una superficie horizontal.

En primer lugar, se calcula la declinación solar (δ) mediante la ecuación de Cooper, que es el ángulo entre la línea Sol-Tierra y el plano ecuatorial celeste.

$$\delta = 23,45 \times \sin\left(\frac{360}{365} \times (n + 284)\right)$$

Donde n es el día del año.

A continuación, una vez que se tiene la declinación solar, se calcula el ángulo horario (w_s) mediante la siguiente fórmula:

$$\cos(w_s) = -\tan \delta \times \tan \varnothing$$

Donde \varnothing es la latitud de la localidad.

Mes	Día del año, n	Declinación, δ (°)	Ángulo horario, w_s (°)
Enero	17	-20,92	73,12
Febrero	47	-12,95	79,94
Marzo	75	-2,42	88,16
Abril	105	9,41	97,23
Mayo	135	18,79	104,97
Junio	162	23,09	108,89
Julio	198	21,18	107,11
Agosto	228	13,45	100,47
Septiembre	258	2,22	91,69
Octubre	288	-9,6	82,62
Noviembre	318	-18,91	75
Diciembre	344	-23,05	71,14

Tabla 3: Declinación y ángulo horario.

A continuación, una vez que se tiene la declinación y el ángulo horario, es próximo paso es calcular el índice de claridad medio, k_t , que es la relación entre la radiación global horizontal y la radiación solar extraterrestre:

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

A su vez, el valor de la radiación solar extraterrestre se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$H_0 = \frac{24 \cdot 3600}{\Pi} \cdot G_{CS} \cdot \left(1 + 0,033 \cos \frac{360n}{365}\right) \left(\frac{\Pi \cdot w_s}{180} \sin \delta \cdot \sin \varnothing + \cos \delta \cdot \cos \varnothing \cdot \sin w_s\right)$$

Donde:

n es el día del año.

w_s es el ángulo solar.

δ es la declinación.

\varnothing es la latitud de la localidad.

G_{CS} es la constante solar: $1367 \frac{W}{m^2}$

Mes	$H \left(\frac{MJ}{m^2}\right)$	$H_0 \left(\frac{MJ}{m^2}\right)$	k_t
Enero	9,8	16,9	0,5795
Febrero	13,2	22,1	0,5972
Marzo	18,1	28,6	0,6311
Abril	22,1	35,3	0,6254
Mayo	25,2	39,8	0,6318
Junio	28,4	41,6	0,682
Julio	29,2	40,7	0,7174
Agosto	25,9	37	0,6995
Septiembre	20,8	31	0,6703
Octubre	14,5	20,4	0,7083
Noviembre	10,5	18,1	0,5796
Diciembre	8,4	15,4	0,5426

Tabla 4: Índice de claridad medio.

A continuación se descompone la radiación global horizontal (H) en sus componentes directa (H_D) y difusa (H_d), mediante las siguientes correlaciones:

- Si $w_s \leq 81,4^\circ$:

$$\frac{H_d}{H} = 1,391 - 3,56k_t + 4,189k_t^2 - 2,137k_t^3$$

- Si $w_s > 81,4^\circ$:

$$\frac{H_d}{H} = 1,311 - 3,022k_t + 3,427k_t^2 - 1,821k_t^3$$

Y teniendo en cuenta que $H = H_D + H_d$

Mes	$\frac{H_d}{H}$	$H_d \left(\frac{MJ}{m^2} \right)$	$H_D \left(\frac{MJ}{m^2} \right)$
Enero	0,3188	3,1244	6,6755
Febrero	0,3037	4,0092	9,1907
Marzo	0,3109	5,6287	12,4712
Abril	0,3159	6,9829	15,1170
Mayo	0,3103	7,8202	17,3797
Junio	0,2662	7,5628	20,8371
Julio	0,2344	6,8447	22,3552
Agosto	0,2506	6,4905	19,4094
Septiembre	0,2766	5,7547	15,0452
Octubre	0,2426	3,5187	10,9812
Noviembre	0,3186	3,3462	7,1537
Diciembre	0,3512	2,8503	5,4496

Tabla 5: Radiación global horizontal directa y difusa.

También es necesario calcular el ángulo solar en la superficie inclinada (w'_s), que se calcula de la siguiente manera:

$$w'_s = \text{MIN}(w_s, \text{acos}(-\tan(\varphi - s) \cdot \sin \delta))$$

Una vez que se ha calculado el ángulo solar en la superficie inclinada, se pasa a calcular la relación entre la irradiación directa sobre una superficie inclinada y sobre una superficie horizontal, R_D :

$$R_D = \frac{\frac{\pi \cdot w'_s}{180} \cdot \sin \delta \cdot \sin(\varphi - s) + \cos \delta \cdot \cos(\varphi - s) \cdot \sin w'_s}{\frac{\pi \cdot w_s}{180} \cdot \sin \delta \cdot \sin \varphi + \cos \delta \cdot \cos \varphi \cdot \sin w_s}$$

Y por último, teniendo todos estos parámetros calculados, se pasa a calcular la irradiación global en la superficie inclinada, H_i :

$$H_i = R_D \cdot H_D + \frac{1 + \cos s}{2} \cdot H_d$$

Mes	Ángulo solar, w'_s (°)	R_D	Radiación superficie inclinada, H_i ($\frac{MJ}{m^2 \cdot día}$)
Enero	73,13	2,097	16,760
Febrero	79,94	1,693	19,104
Marzo	88,16	1,323	21,477
Abril	89,53	1,027	21,692
Mayo	89,05	0,848	21,657
Junio	88,81	0,777	22,869
Julio	88,92	0,808	24,114
Agosto	89,35	0,945	24,089
Septiembre	89,89	1,194	23,059
Octubre	82,62	1,560	20,247
Noviembre	75,00	1,981	17,128
Diciembre	71,14	2,236	14,795

Tabla 6: Radiación global sobre superficie inclinada.

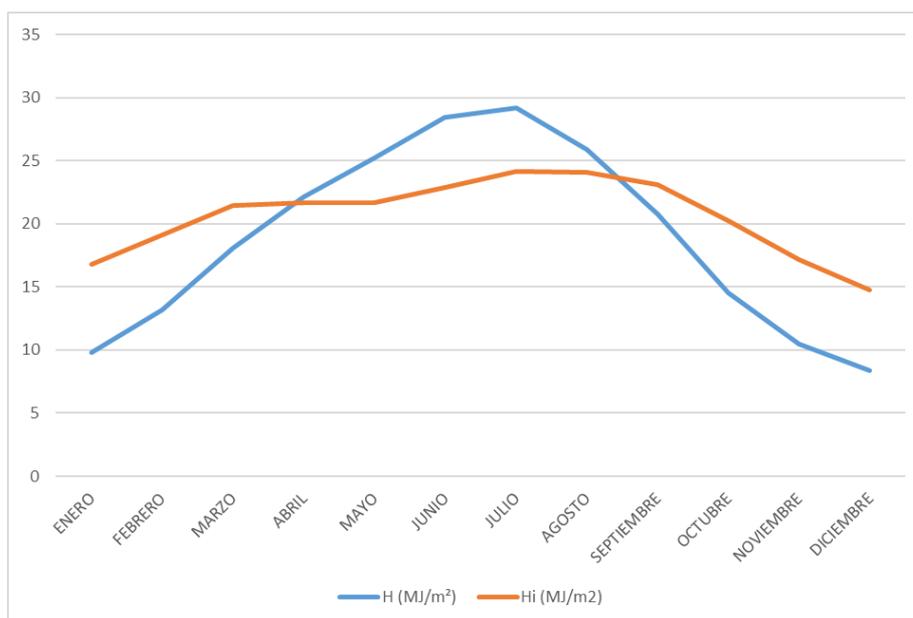


Figura 43: Radiación global sobre superficie horizontal e inclinada.

En la Figura 43 se puede apreciar como, al poner los captadores solares inclinados 40°, en los

meses de verano se pierde radiación con respecto a una situación donde los captadores solares estuviesen de forma horizontal. Sin embargo, en los meses de invierno, la radiación que reciben es mayor si los captadores están inclinados que si están totalmente horizontal, además, en los meses de verano es cuando hay mayor demanda. En definitiva, la radiación recibida se vuelve más estable durante todo el año

2.3. Cálculo de la demanda

2.3.1 Cálculo de la demanda de ACS

Para calcular la demanda de agua caliente sanitaria (ACS) del edificio basta con conocer la ocupación del mismo y el tipo de edificio en el que se encuentra la instalación solar.

En este caso, la ocupación máxima es de 120 personas y se trata de un hospital, sabiendo esta información, basta con recurrir al Código Técnico de la Edificación (CTE-HE4), donde aparece una tabla con la demanda en litros por día y persona (*Tabla 7*).

Por tanto, la demanda de agua caliente sanitaria diaria de la instalación será:

$$D_{ACS.TOTAL} = n^{\circ} \text{ personas} \times D_{ACS}$$

$$D_{ACS.TOTAL} = 120 \text{ personas} \times 55 \frac{\text{litros}}{\text{día} \times \text{personas}} = 6600 \frac{\text{litros}}{\text{día}}$$

Tabla 4.1. Demanda de referencia a 60 °C⁽¹⁾

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

Tabla 7: Demanda de referencia a 60°C.

2.3.2 Cálculo de la demanda energética

A continuación se muestra la demanda energética mensual en dos situaciones distintas, en la primera de ellas, se supone una ocupación del 100% durante todos los meses del año; en la segunda, la ocupación es más próxima a la realidad, en el mes de Julio la ocupación es del 90%, y en el mes de Agosto la ocupación es del 80%.

Partiendo de los siguientes datos iniciales, teniendo en cuenta que el fluido caloportador es agua:

- Densidad del fluido caloportador, ρ (se considera constante): $1 \frac{kg}{l}$
- Calor específico del fluido caloportador (se considera constante): $4190 \frac{J}{kg \times K}$
- Temperatura del agua caliente sanitaria (ACS): $60^{\circ}C$
- Temperatura del agua de red: Esta temperatura dependerá del mes del año. En la *Tabla 8* se muestra la temperatura del agua de red en Sevilla para los diferentes meses.

Mes	Temperatura del agua de red ($^{\circ}C$)
Enero	11
Febrero	11
Marzo	13
Abril	14
Mayo	16
Junio	19
Julio	21
Agosto	21
Septiembre	20
Octubre	16
Noviembre	13
Diciembre	11

Tabla 8: Temperatura del agua de red en Sevilla.

La demanda energética mensual se calcula de la siguiente manera:

$$D_{ENERGÍA.MES} = D_{ACS.TOTAL} \times C_p \times \rho \times (T_{ACS} - T_{RED}) \times n^{\circ}días\ mes$$

Aplicando esta fórmula para cada uno de los doce meses, se obtiene la siguiente demanda de energía. (*Tabla 9*)

Mes	Nº días	D _{ENERGÍA} (MJ/mes)
Enero	31	42006
Febrero	28	37941
Marzo	31	40291
Abril	30	38162
Mayo	31	37720
Junio	30	34014
Julio	31	33433
Agosto	31	33433
Septiembre	30	33184
Octubre	31	37720
Noviembre	30	38992
Diciembre	31	42006

Tabla 9: Demanda energética mensual

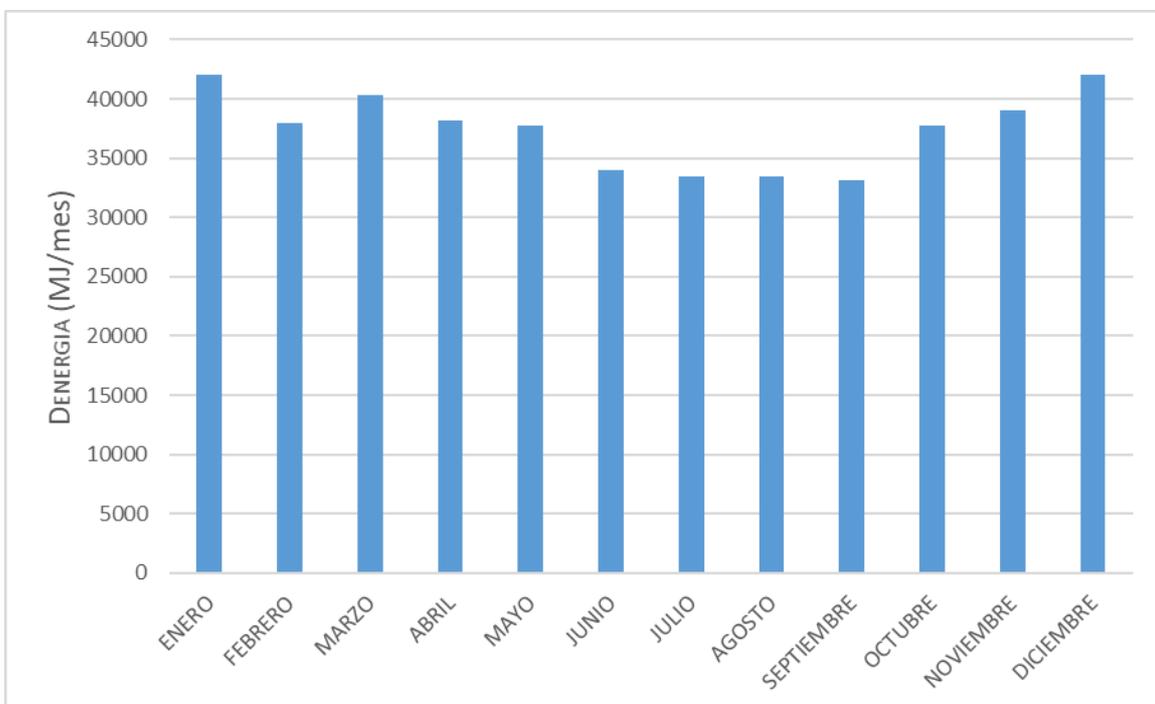


Figura 44: Demanda energética mensual sin tener en cuenta la ocupación real.

Tanto en la Tabla 9 como en la Figura 44 se ha supuesto una ocupación del 100% durante todo el

año, a continuación, se muestra la demanda con una ocupación más real, 90% en el mes de Julio y 80% en el mes de Agosto.

En el mes de Julio, la demanda energética se reducirá desde 33433 MJ hasta 30090 MJ.

En el mes de Agosto, la reducción de la demanda energética es todavía mayor, pasando desde 33433 MJ hasta 26746 MJ.

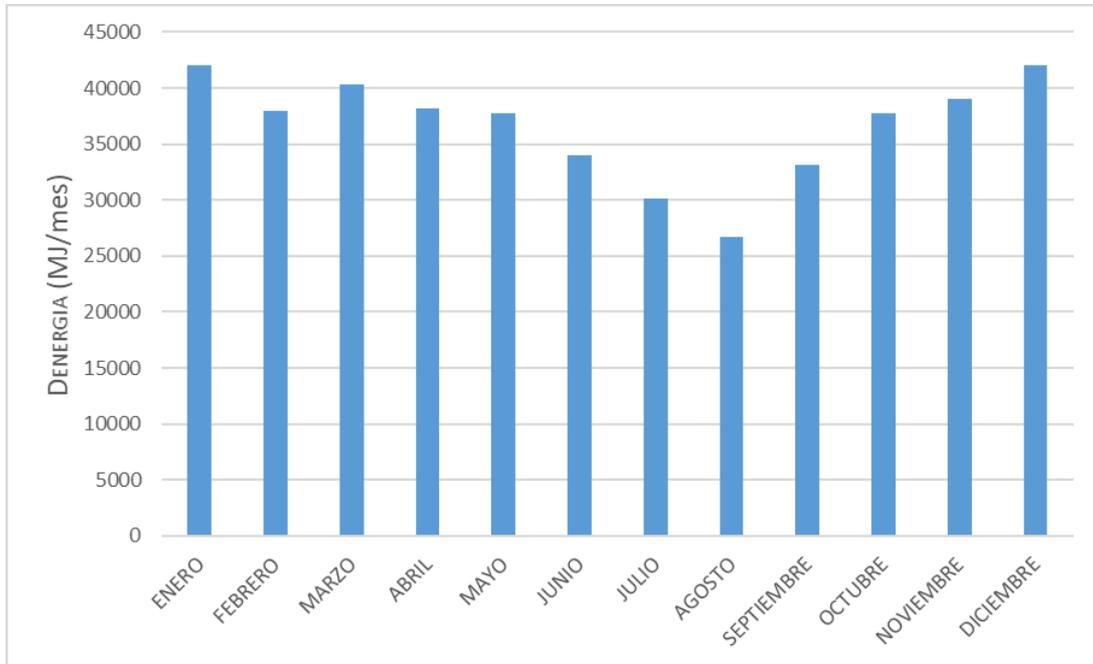


Figura 45: Demanda energética mensual teniendo en cuenta la ocupación real.

Como se puede observar en la Figura 45, los meses con mayor demanda energética son Enero, Marzo y Diciembre, y los meses con menor demanda coincide con los meses de verano, ya que la temperatura del agua de red es mayor (entre los 19°C y los 21°C).

2.4. Cálculo superficie de captación y volumen de acumulación

A continuación se muestra un análisis de dos posibles configuraciones para la instalación solar, la primera de ellas, se trata de una instalación con interacumulador, y la segunda, una instalación con intercambiador independiente.

Tanto en un caso como en otro, la contribución solar mínima exigida es la misma, esta contribución solar mínima se define como la fracción entre los valores anuales de la energía solar aportada y la demanda energética anual para ACS obtenidos a partir de los valores mensuales.

La contribución solar mínima depende de la zona climática, en este caso, zona V; y de la demanda de ACS, en este caso, $6600 \frac{l}{día}$, por tanto, la contribución solar mínima es del 70% (Figura 35).

El captador solar plano elegido para la instalación es el T25US del fabricante TERMICOL, a continuación se muestran los datos de ensayo del mismo

- Área: 2.4 m²
- Factor óptico: 0.8
- Coeficiente de pérdida de calor a1: $3.93 \frac{W}{m^2 \times K}$

- Coeficiente de pérdida de calor a2: $0.026 \frac{W}{m^2 \times K}$
- Caudal de ensayo: $72 \frac{l}{h \times m^2}$
- K50: 0.82
- Laboratorio: INTA
- Certificación: NPS-15312

Todos estos parámetros de ensayo están incluidos en el programa informático CHEQ4, simplemente es necesario introducir el fabricante y el modelo del captador solar.

ANÁLISIS DE LA INSTALACIÓN CON INTERACUMULADOR:

El análisis se realiza mediante el programa informático CHEQ4 y comienza fijando la relación entre el volumen de acumulación y el área de captación, $\frac{V}{A} = 75$, y el número de captadores en serie, $N_s=1$.

El primer objetivo es determinar el área de captación, o lo que es lo mismo, el nº de captadores necesarios para alcanzar la contribución solar mínima.

Nº captadores (N)	Área captacion (m ²)	Contribución Solar (%)
10	24	14
20	48	29
30	72	44
40	96	56
50	120	67
60	144	76
70	168	83
80	192	88
90	216	92
100	240	95

Tabla 10: CS en función del nº captadores. Caso con interacumulador.

En la *Tabla 10* se puede observar que el área de captación mínima es de 144 m², y el número de captadores mínimo, por tanto, son 60 captadores.

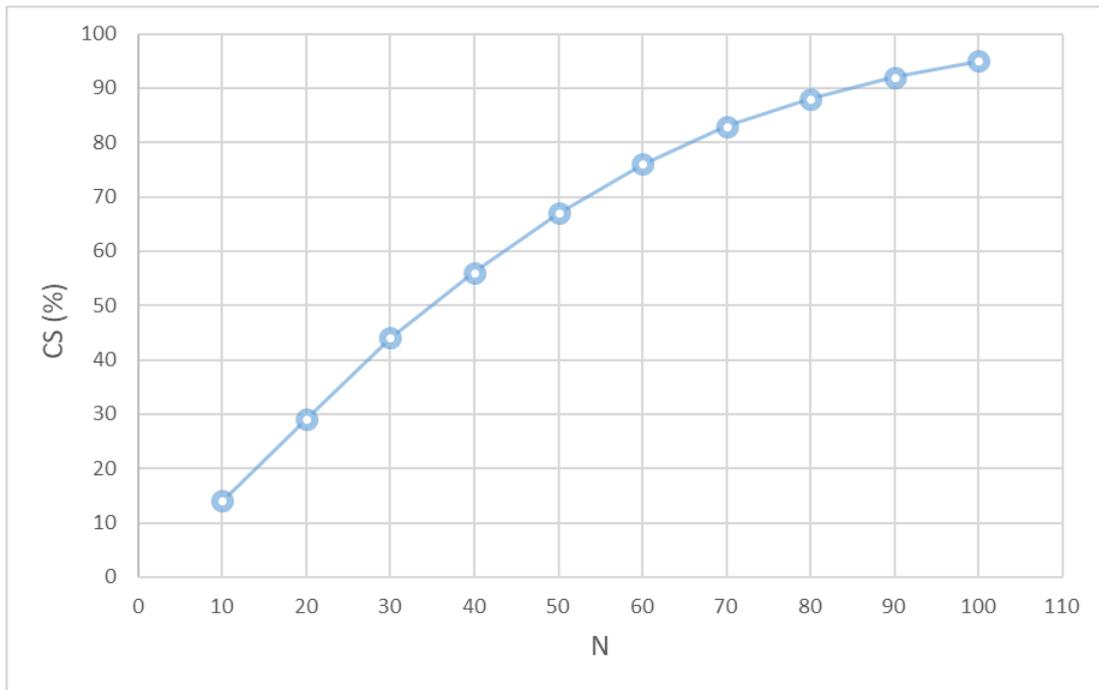


Figura 46: CS en función del nº captadores. Caso con. interacumulador.

A continuación, una vez que se ha determinado el nº de captadores, N=60, y por tanto el área de captación, A=144 m², el siguiente paso es calcular el volumen de acumulación (V), para ello, se calculará la contribución solar para diferentes relaciones del volumen de acumulación entre el área, teniendo en cuenta la restricción del CTE-HE4:

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

$\frac{V}{A}$	Volumen de acumulación (l)	Contribución solar (%)
50	7200	73
60	8640	74
70	10080	76
80	11520	77
90	12960	79
100	14400	80
120	17280	83
140	20160	86
160	23040	88
180	25920	91

Tabla 11: CS en función de V/A. Caso con interacumulador.

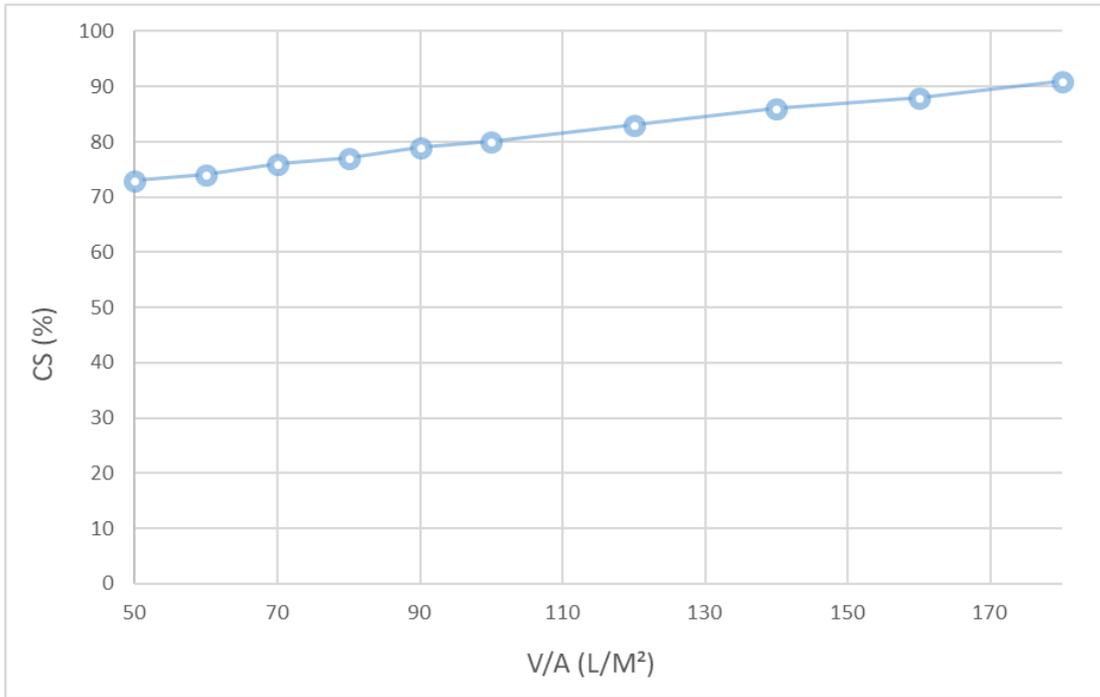


Figura 47: CS en función de V/A. Caso con interacumulador.

Se puede observar que con la mínima relación V/A permitida por el CTE-HE4, sería suficiente para alcanzar la contribución solar mínima exigida.

Por último, faltaría por determinar el nº de captadores que habrá en serie, ya que hasta ahora se ha supuesto que todos están en paralelo. Se calcula la contribución solar alcanzada, teniendo ya el nº de captadores, N, el área de captación, A, y el volumen de acumulación, V.

Nº captadores en serie (Ns)	Contribución solar (%)
1	73
2	67
3	62

Tabla 12: CS en función del nº captadores en serie. Caso con interacumulador.

Como se observa en la Tabla 12 y en la Figura 48, si el nº de captadores en serie fuese mayor que 1, la contribución solar que se alcanzaría no sería suficiente, por tanto, Ns=1.

En resumen, los resultados para la instalación con interacumulador son los siguientes:

- Nº captadores: 60
- Área de captación: 144 m².
- Nº captadores en serie: 1
- V/A: 50
- Volumen de acumulación: 7200 l.
- CS: 73 %

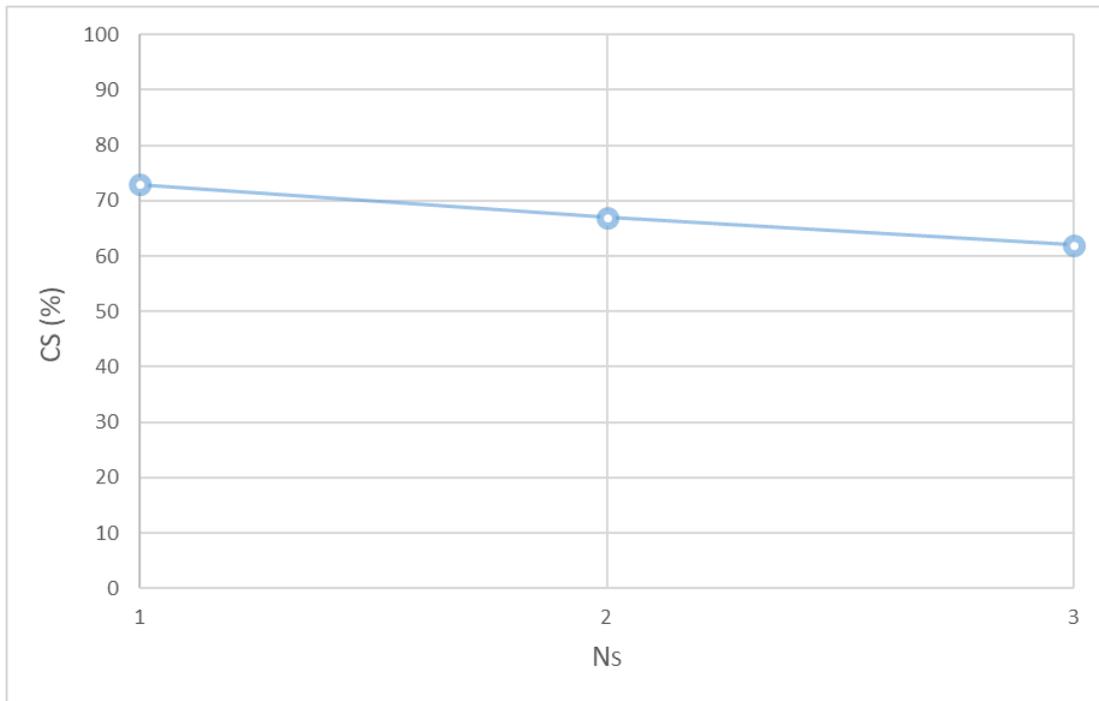


Figura 48: CS en función del n° captadores en serie. Caso con interacumulador.

ANÁLISIS DE LA INSTALACIÓN CON INTERCAMBIADOR INDEPENDIENTE:

Se repite el procedimiento para la nueva instalación, como en el caso anterior, se fija la relación $\frac{V}{A} = 75$, y el n° de captadores en serie, $N_s=1$.

N° captadores (N)	Área captación (m ²)	Contribución solar (%)
10	24	18
20	48	38
30	72	55
40	96	68
50	120	78
60	144	84
70	168	87
80	192	89
90	216	90
100	240	94

Tabla 13: CS en función del n° captadores. Caso con intercambiador.

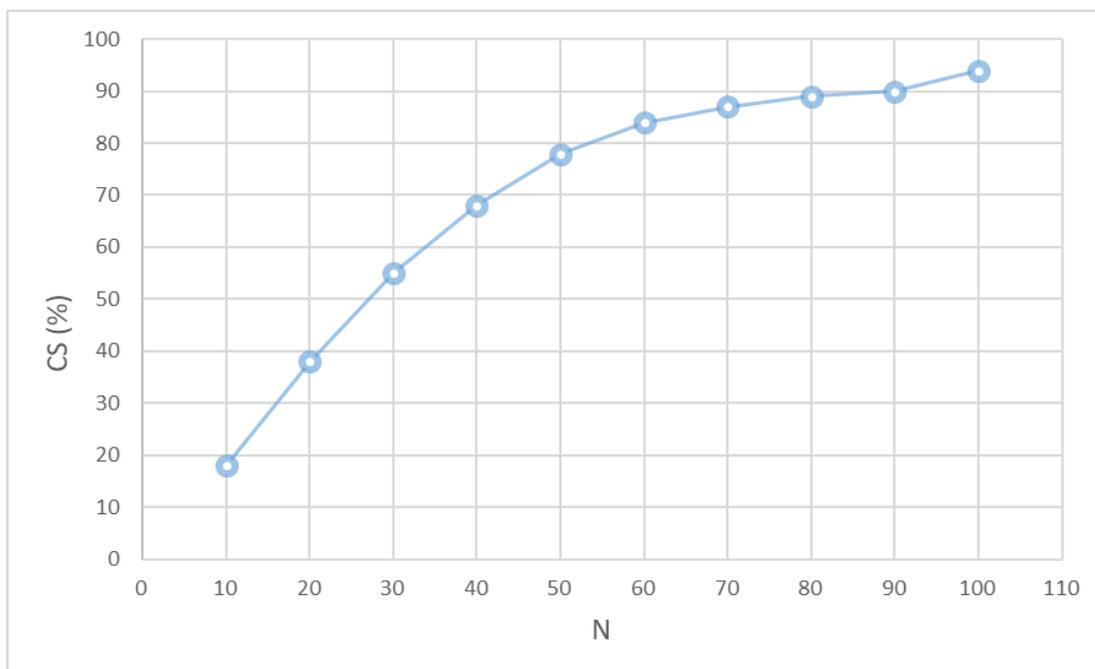


Figura 49: CS en función del número de captadores. Caso con intercambiador.

En este caso, el nº de captadores necesario es de 50, como mínimo, para alcanzar la cobertura solar mínima exigida.

$\frac{V}{A}$	Volumen de acumulación (l)	Cobertura solar (%)
50	6000	76
60	7200	77
70	8400	77
80	9600	78
90	10800	79
100	12000	79
120	14400	81
140	16800	82
160	19200	83
180	21600	84

Tabla 14: CS en función de V/A. Caso con intercambiador.

Como en el caso del interacumulador, con la mínima relación entre V/A, sería suficiente para alcanzar la cobertura solar mínima.

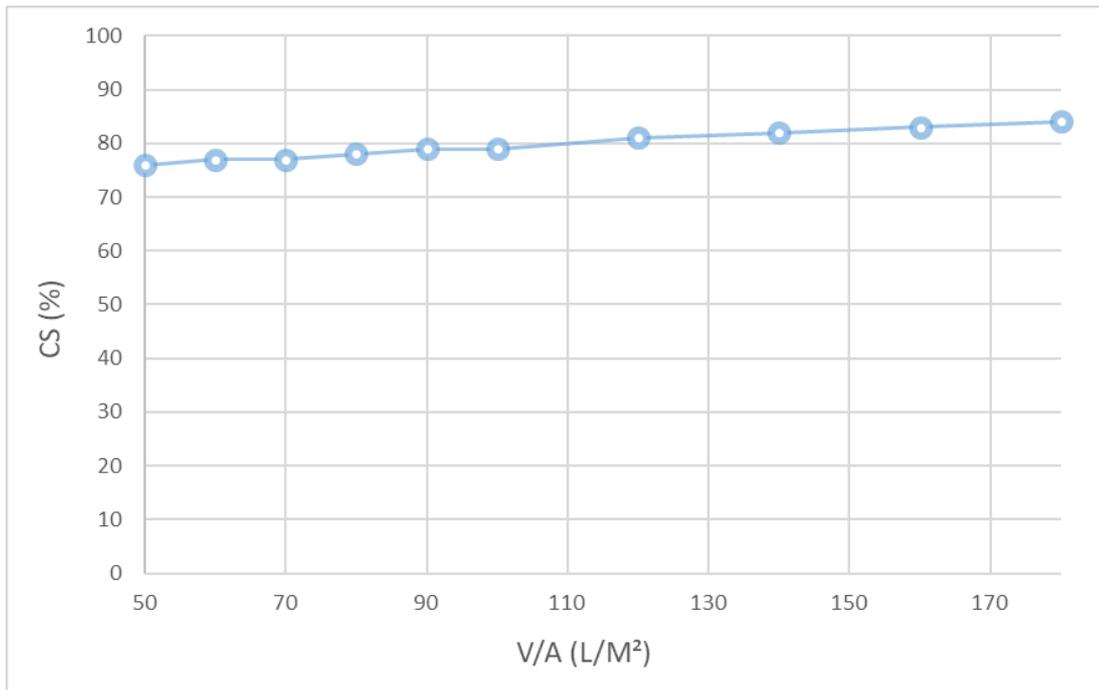


Figura 50: CS en función de V/A. Caso con intercambiador.

Nº captadores en serie (Ns)	Contribución solar (%)
1	76
2	69
3	61

Tabla 15: CS en función del nº de captadores en serie. Caso con intercambiador.

Los resultados para la instalación con un intercambiador independiente son los siguientes:

- Nº de captadores: 50
- Área de captación: 120 m².
- Nº de captadores en serie: 1
- V/A: 50
- Volumen de acumulación: 6000 l.
- Contribución solar: 76%

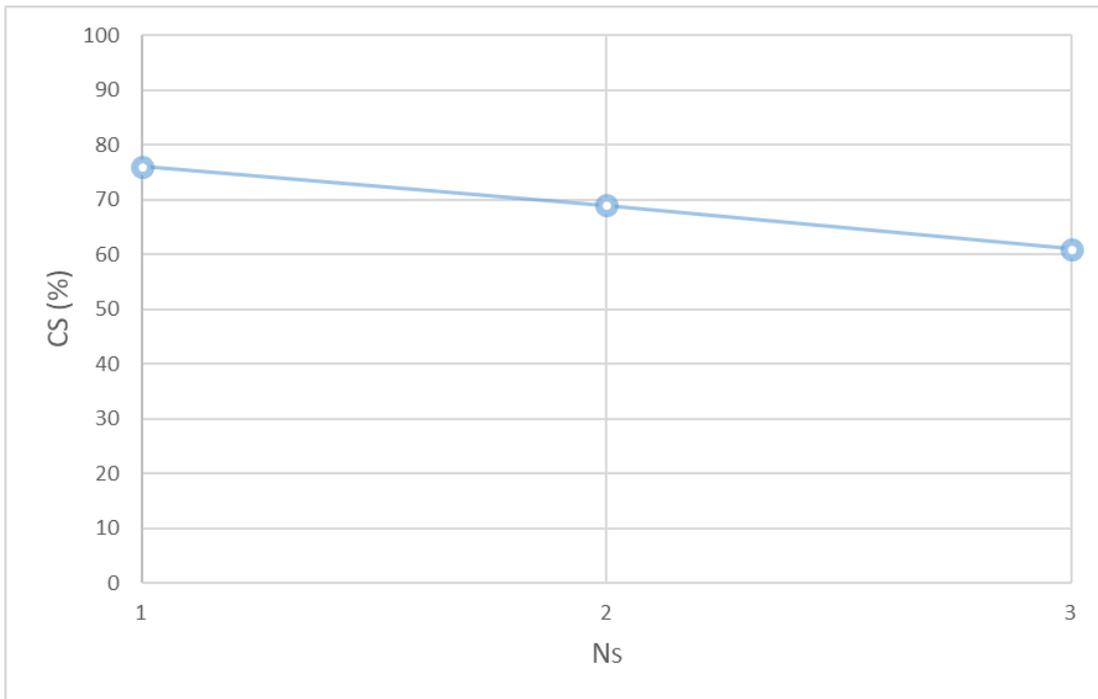


Figura 51: CS en función del n° captadores en serie. Caso con intercambiador.

2.5. Distancia entre captadores y pérdidas

Para que las pérdidas por sombras de los captadores solares sean nulas, debe existir una distancia mínima de separación entre ellos. Esta distancia mínima se muestra a continuación en la Figura 52.

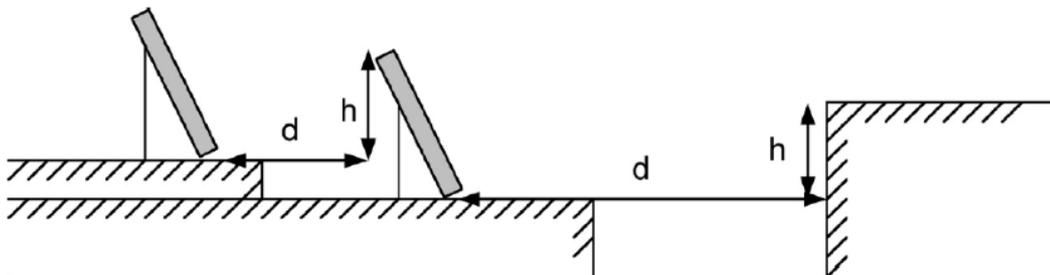


Figura 52: Separación mínima entre captadores.

$$d = \frac{h}{\tan(61 - \text{latitud})} = k \times h$$

Donde:

d es la distancia mínima entre los captadores.

h es la altura máxima del obstáculo.

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

En este caso, teniendo en cuenta que la cubierta del edificio es una cubierta plana, y la inclinación de los captadores solares es de 40° , la altura máxima del obstáculo es 1,37 metros, y por tanto la separación mínima entre los captadores es de 3,1 metros.

Consiguiendo esta separación mínima de 3,1 metros, los captadores no se somborean entre sí, y como no hay ningún otro obstáculo que afecte al sombreado de los mismos, las pérdidas por sombras son nulas.

Con respecto a las pérdidas por orientación e inclinación, se calculan de la siguiente manera según el Código Técnico de la Edificación:

$$P\acute{e}rdid\acute{a}s (\%) = 100 \times [1,2 \times 10^{-4} \times (\beta - \beta_{\acute{o}pt})^2 + 3,5 \times 10^{-5} \times \alpha^2]$$

Donde:

β es el ángulo de inclinación, en este caso 40° .

$\beta_{\acute{o}pt}$ es la latitud de la localidad donde se encuentra la instalación, en este caso $37,22^\circ$.

α es la orientación de la instalación, en este caso orientación sur, 0° .

En general, la orientación recomendada para la instalación es la orientación sur $\pm 15^\circ$, en este caso, se ha tomado la orientación sur (0°), ya que es la óptima y no existen otros edificios u objetos que proyecten sombras sobre los captadores.

Con respecto a la inclinación, la recomendada es la latitud de la localidad $\pm 10^\circ$, dependiendo de la época del año en la que más se utilice la instalación. En este caso, la inclinación tomada ha sido de 40° , un poco mayor a la latitud de Sevilla, para sacarle mayor provecho a la instalación en los meses de invierno.

Finalmente, las pérdidas por orientación e inclinación de esta instalación es de un 0,1%.

Como puede observarse en la *Figura 37*, está dentro de los límites establecidos por el CTE.

2.6. Estructura de los captadores solares

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

Son estructuras estándar para 1,2 y 3 captadores, que se unen entre sí para formar baterías de 4, 5 y 6 captadores, en este caso serán baterías de 5 captadores.

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

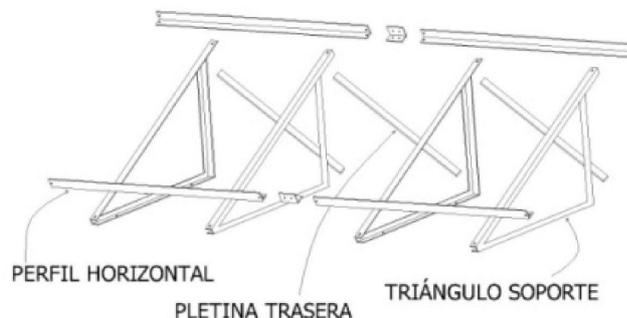


Figura 53: Estructura de los captadores T25US para cubierta plana.

2.7. Cálculos de la red de tuberías

En este apartado, se dimensionan las tuberías de la instalación y se calculan las pérdidas de cargas junto con la de los accesorios y equipos que forman parte del sistema, para más adelante, dimensionar el grupo de bombeo y el vaso de expansión.

2.7.1 Pérdida de carga de los captadores solares

En el catálogo del fabricante TERMICOL aparece entre otros datos técnicos, la pérdida de carga en función del caudal másico del captador T25US. (Figura 23)

El caudal del captador es de $72 \frac{l}{h \cdot m^2}$, teniendo en cuenta que el área es de $2,4 m^2$ y que la densidad del agua es $1 \frac{kg}{l}$, se obtiene un caudal másico de $2,28 \frac{kg}{min}$.

Aplicando la relación correspondiente entre el caudal másico y la pérdida de carga:

$$\Delta p (mbar) = 0,0975 \cdot (\dot{m}_c)^2 + 0,7908 \cdot \dot{m}_c - 0,059 = 2,5527 mbar$$

Teniendo en cuenta que todos los captadores están en paralelo, la pérdida de carga en los captadores será $2,5527 mbar$, o lo que es lo mismo, $0,2553 kPa$.

2.7.2 Pérdida de carga en el interacumulador

Como se ha calculado anteriormente, el volumen de acumulación necesario para la instalación es de 7200 litros. Se ha optado por poner dos depósitos en paralelo del fabricante LAPESA, concretamente el modelo MXV-4000, cada uno de ellos con una capacidad de 4000 litros.

La pérdida de carga del depósito para un caudal de $10,368 \frac{m^3}{h}$, se obtiene de la gráfica correspondiente que se puede encontrar en la ficha técnica del equipo. (Figura 54)

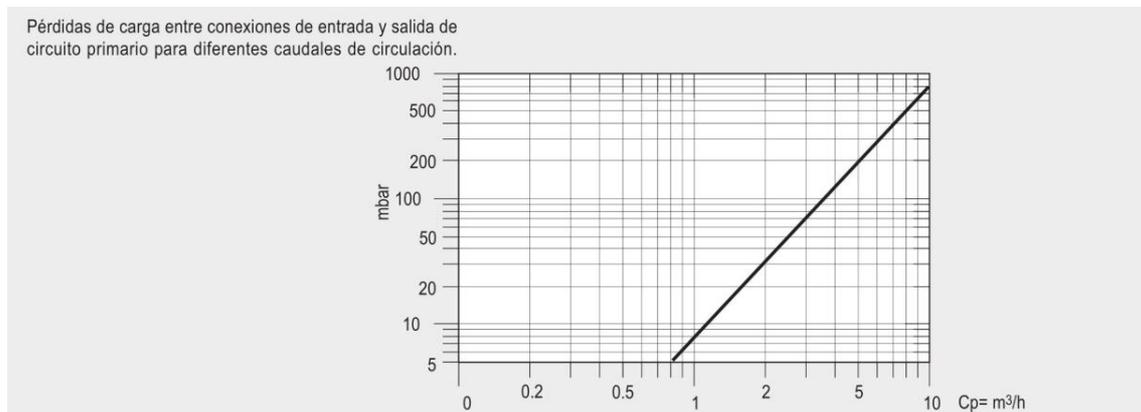


Figura 54: Pérdida de carga MXV-4000.

La pérdida de carga del serpentín del acumulador, es de $700 mbar$, o lo que es lo mismo, $70 kPa$.

2.7.3 Cálculo de la red de tuberías

Para realizar el dimensionamiento de la red de tuberías de la instalación, es necesario tener en cuenta las recomendaciones del pliego de condiciones técnicas del IDAE:

- ❖ La velocidad de circulación del fluido debe ser menos a $2 m/s$ a su paso por locales habitados, e inferior a $3 m/s$ a su paso por zonas exteriores.

En este caso, las tuberías se encuentran principalmente en la cubierta del hospital, por lo

que el límite que se ha considerado es de 3 m/s.

- ❖ Las pérdidas de carga de las tuberías por metro lineal deben ser inferiores a 40 mm.c.a/m cuando se trate de agua.
- ❖ El diámetro de las tuberías debe estar normalizado.

A continuación se calcula el caudal de agua que circula por el circuito primario, que a su vez, será el caudal que se utilizará para el dimensionamiento de la bomba:

$$\dot{m}_B = \frac{\dot{m}_c \cdot N \cdot A}{N_s}$$

Donde:

- \dot{m}_c es el caudal de ensayo del captador solar, en este caso $72 \frac{l}{h \cdot m^2}$.
- N es el número de captadores solares, en este caso 60.
- A es el área de cada uno de los captadores, en este caso $2,4 m^2$.
- N_s es el número de captadores en serie, en este caso 1.

Por tanto el caudal del circuito primario de la instalación es de $10368 \frac{l}{h}$, o lo que es lo mismo, $10,368 \frac{m^3}{h}$.

Para calcular la pérdida de carga en las tuberías, se utiliza una hoja Excel del profesor D.Juan Francisco Coronel Toro. Lo primero, es definir el material de las tuberías, cobre en este caso, y la temperatura del agua, 10°C.

A continuación, en la siguiente tabla (*Tabla 16*) se pueden observar para diferentes diámetros, el caudal límite que puede circular por la tubería para cumplir con dos restricciones, que la velocidad sea menor que 3 m/s, y que la presión sea menor que 392 Pa.

D (")	D(mm)	V_{392 Pa} (l/h)	V_{3 m/s} (l/h)	Caudal Límite
1	25.4	1555	5472	1555
1-1/4	31.75	2850	8551	2850
1-1/5	38.1	4667	12313	4667
2	50.8	10132	21890	10132
2-1/2	63.5	18440	34203	18440

Tabla 16: Caudal límite en función del diámetro.

Es necesario identificar cada uno de los tramos de tubería que hay en la instalación, una vez que están identificados, hay que calcular la longitud y el caudal de agua que circula por cada uno de ellos, y a partir de aquí, ya podemos obtener la pérdida de carga lineal de cada uno de los tramos

Tramo	Caudal	Longitud	Diámetro	Dp (Pa/m)	Dp (kPa)
1	10368	4.31	2.5	140.5	0.6
2	10368	0.81	2.5	140.5	0.1
3	10368	40.69	2.5	140.5	5.7
4	5184	14.96	2	119.7	1.8
5	864	9.00	1	141.5	1.3
6	3456	4.71	1.5	230.8	1.1
7	864	9.00	1	141.5	1.3
8	1728	4.71	1.25	163.3	0.8
9	864	9.00	1	141.5	1.3
10	864	9.00	1	141.5	1.3
11	864	9.00	1	141.5	1.3
12	864	9.00	1	141.5	1.3
13	5184	14.96	2	118.7	1.8
14	864	9.00	1	141.5	1.3
15	3456	4.71	1.5	230.8	1.1
16	864	9.00	1	141.5	1.3
17	1728	4.71	1.25	163.3	0.8
18	864	9.00	1	141.5	1.3
19	864	9.00	1	141.5	1.3
20	864	9.00	1	141.5	1.3
21	864	9.00	1	141.5	1.3
22	1728	4.71	1.25	163.3	0.8
23	3456	4.71	1.5	230.8	1.1
24	5184	5.00	2	119.7	0.6
25	1728	4.71	1.25	163.3	0.8
26	3456	4.71	1.5	230.8	1.1
27	5184	5.00	2	119.7	0.6
28	10368	40.33	2.5	140.5	5.7
29	10368	17.95	2.5	140.5	2.5

Tabla 17: Pérdida de carga lineal por tramos.

Con respecto a la pérdida de carga de los accesorios, se utiliza el método de la longitud equivalente, para ello es necesario contar el número y tipo de accesorio que hay en cada uno de los tramos, y según el diámetro del tramo se obtiene la longitud equivalente. Para ello se utiliza la *Figura 55*.

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

Figura 55: Longitud equivalente de los accesorios.

Tramo	Diámetro (")	Long.Acesorio	Dp accesorio
1	2.5	6.14	0.9
2	2.5	4.96	0.7
3	2.5	8.57	1.2
4	2	2.72	0.3
5	1	3.38	0.5
6	1.5	0.74	0.2
7	1	3.38	0.5
8	1.25	0.62	0.1
9	1	3.38	0.5
10	1	3.38	0.5
11	1	3.38	0.5
12	1	3.38	0.5
13	2	2.72	0.3
14	1	3.38	0.5
15	1.5	0.74	0.2
16	1	3.38	0.5
17	1.25	0.62	0.1
18	1	3.38	0.5
19	1	3.38	0.5
20	1	3.38	0.5
21	1	3.38	0.5
22	1.25	0.62	0.1
23	1.5	0.74	0.2
24	2	0.98	0.1
25	1.25	0.62	0.1
26	1.5	0.74	0.2
27	2	0.98	0.1
28	2.5	8.57	1.2

Tabla 18: Pérdida de carga de los accesorios.

Por último, para saber la pérdida de carga total por tramo, se suman las pérdidas de carga lineal, por accesorios, y por equipos calculados anteriormente (captadores e interacumuladores).

Tramo	Dp lineal (kPa)	Dp acces.(kPa)	Dp equip.	Dp total (kPa)
1	0.6	0.9	70	71.5
2	0.1	0.7	70	70.8
3	5.7	1.2	0	6.9
4	1.8	0.3	0	2.1
5	1.3	0.5	0.3	2.0
6	1.1	0.2	0	1.3
7	1.3	0.5	0.3	2.0
8	0.8	0.1	0	0.9
9	1.3	0.5	0.3	2.0
10	1.3	0.5	0.3	2.0
11	1.3	0.5	0.3	2.0
12	1.3	0.5	0.3	2.0
13	1.8	0.3	0	2.1
14	1.3	0.5	0.3	2
15	1.1	0.2	0	1.3
16	1.3	0.5	0.3	2.0
17	0.8	0.1	0	0.9
18	1.3	0.50	0.3	2.0
19	1.3	0.5	0.3	2.0
20	1.3	0.5	0.3	2.0
21	1.3	0.5	0.3	2.0
22	0.8	0.1	0	0.9
23	1.1	0.2	0	1.3
24	0.6	0.1	0	0.7
25	0.8	0.1	0	0.9
26	1.1	0.2	0	1.3
27	0.6	0.1	0	0.7
28	5.7	1.2	0	6.9
29	2.5	1.1	0	3.6

Tabla 19: Pérdida de carga total por tramos.

A continuación, para saber si la instalación está equilibrada o no, se calcula la pérdida de carga de cada una de las trayectorias posibles del fluido:

Trayectoria	Tramos	Dp (kPa)	Desequilibrio (%)
1	29,1,2,3,28,13,19,22,23,24	95.8	-0.4
2	29,1,2,3,28,13,15,20,23,24	96.2	0
3	29,1,2,3,28,13,15,17,21,24	95.8	-0.4
4	29,1,2,3,28,13,14,22,23,24	95.8	-0.4
5	29,1,2,3,28,13,15,16,23,24	96.2	0
6	29,1,2,3,28,13,15,17,18,24	95.8	-0.4
7	29,1,2,3,28,4,6,8,12,27	95.8	-0.4
8	29,1,2,3,28,4,6,11,26,27	96.2	0
9	29,1,2,3,28,4,10,25,26,27	95.8	-0.4
10	29,1,2,3,28,4,6,8,9,27	95.8	-0.4
11	29,1,2,3,28,4,6,7,26,27	96.2	0
12	29,1,2,3,28,4,5,25,26,27	95.8	-0.4

Tabla 20: Trayectorias y desequilibrios.

El desequilibrio de la instalación se calcula con respecto a la trayectoria que tiene mayor pérdida de carga, en este caso 96,2 kPa. Como se puede observar, el máximo desequilibrio del sistema es de -0.4%, por lo que el sistema está muy bien equilibrado. Para ello, se ha utilizado un diseño con retorno invertido.

2.8. Dimensionado de la bomba

Según el CTE-HE4:

- Si el circuito de captadores está dotado con una bomba de circulación, la caída de presión se debería mantener aceptablemente baja en todo el circuito.
- Siempre que sea posible, las bombas en línea se montarán en las zonas más frías del circuito, teniendo en cuenta que no se produzca ningún tipo de cavitación y siempre con el eje de rotación en posición horizontal.
- En instalaciones superiores a 50 m² se montarán dos bombas idénticas en paralelo, dejando una de reserva, tanto en el circuito primario como en el secundario. En este caso se preverá el funcionamiento alternativo de las mismas, de forma manual o automática.

El área de captación de la instalación es de:

$$A_{captación} = N \cdot A_c = 60 \text{ capt} \cdot 2,4 \text{ m}^2 = 144 \text{ m}^2$$

Por tanto será necesario disponer de dos bombas.

Por otro lado, el dimensionado de la bomba depende del caudal del circuito primario, ya calculado

anteriormente, $10,368 \frac{m^3}{h}$, y de la pérdida de carga que debe vencer.

La pérdida de carga que debe vencer la bomba será la pérdida de carga de la trayectoria más desfavorable de la instalación, 96,2 kPa, que como se observa en la *Tabla 20*, es la suma de la pérdida de carga de cada uno de los tramos que forma cada trayectoria, multiplicado por un factor de seguridad, 1,05.

$$\Delta p_{bomba} = \Delta p_{m\acute{a}x} \cdot k = 96,2 \text{ kPa} \cdot 1,05 = 101,01 \text{ kPa} = 10,101 \text{ mca}$$

La bomba seleccionada es el modelo Stratos Maxo-Z 65/0,5-12 del fabricante WILO.

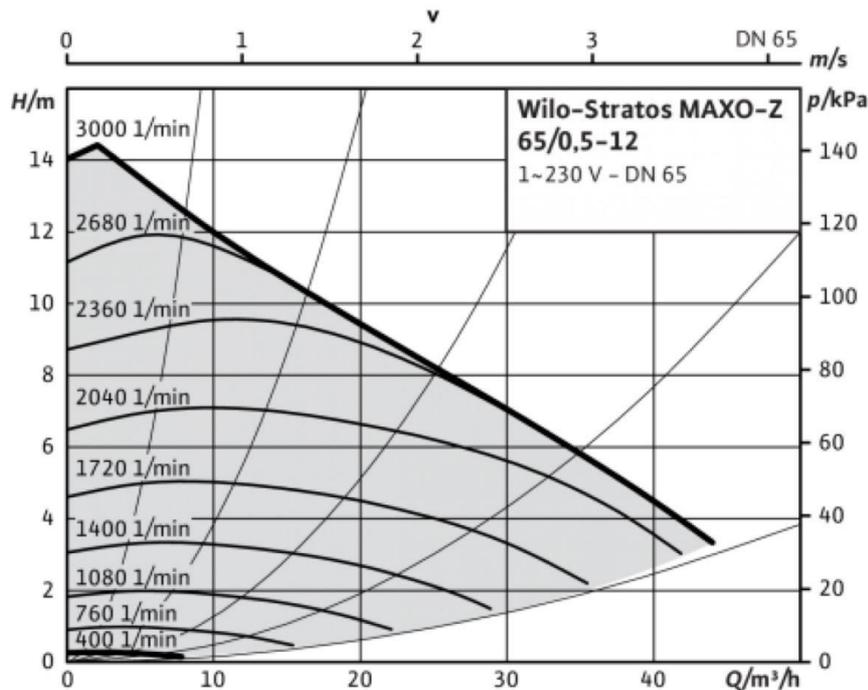


Figura 56: Curva característica bomba Wilo Stratos Maxo-Z 65/0,5-12.

2.9. Dimensionado del vaso de expansion

La norma UNE 100-155 establece los criterios para el diseño y el cálculo de un sistema de expansión de agua en un circuito cerrado:

1. Coefficiente de expansion del agua.

Si la temperatura está entre 30°C-70°C:

$$C_e = (-1,75 + 0,064t + 0,0036t^2) \cdot 10^{-3}$$

En este caso, $t=60^\circ\text{C}$, $C_e=0,01505$.

El coeficiente de expansión es siempre positivo y menor que la unidad y representa la relación entre el volume útil del vaso de expansión y el volume de fluido contenido en la instalación.

2. Coefficiente de presión.

$$C_p = \frac{P_{M\acute{A}X}}{P_{M\acute{A}X} - P_{min}}$$

Siendo:

$P_{M\acute{A}X}$ la presión máxima de trabajo, 8 bar.

$$P_{\min} = P_{\text{atm}} + P_{\text{seg}} + \Delta h = 1 + 0.2 + 1.5 = 2.7 \text{ bar}$$

La presión de seguridad, P_{seg} , es igual a 0.2 bar porque la temperatura del sistema es menor que 90°C, como indica la norma.

Por tanto se obtiene un valor de coeficiente de presión igual a $C_p = 1,51$.

3. Volumen del vaso de expansión.

$$V_{\text{vaso expansión}} = V_{\text{total}} \cdot C_e \cdot C_p$$

Siendo V_{total} el volumen total de agua del circuito primario, este volumen es la suma del volumen de los captadores, el volumen de las tuberías, el volumen del interacumulador, y un porcentaje añadido de seguridad.

En el caso de la instalación:

$$V_{\text{captadores}} = V_c \cdot N = 1,27 \text{ l} \cdot 60 \text{ captadores} = 76,2 \text{ litros}$$

$$V_{\text{interacumulador}} = 48 \text{ l} \cdot 2 \text{ interacumuladores} = 96 \text{ litros}$$

El volumen de las tuberías se calcula en función del diámetro y la longitud de cada tramo:

- Tramos 2,5'': 345,65 litros.
- Tramos 2'': 81,66 litros.
- Tramos 1,5'': 22,25 litros.
- Tramos 1,25'': 15,91 litros.
- Tramos 1'': 60,77 litros.

Siendo $V_{\text{tuberías}} = 535,25 \text{ litros}$.

El volumen de seguridad es el 10% de la suma del volumen de captadores, interacumulador y tuberías, es decir, 70,74 litros.

Finalmente, el volumen del vaso de expansión:

$$V_{\text{vaso expansión}} = 778,2 \text{ litros} \cdot 0,01505 \cdot 1,51 = 17,68 \text{ litros}$$

El vaso de expansión seleccionado es el modelo 706SOL018, del fabricante TERMICOL, con una capacidad de 18 litros.

2.10. Cálculo de aislamientos

En el Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE), se especifican las siguientes generalidades:

- Todas las tuberías y accesorios de las instalaciones térmicas dispondrán de un aislamiento térmico cuando contengan fluidos con temperatura mayor que 40°C cuando estén instalados en locales no calefactados.
- Cuando las tuberías o equipos estén aislados en el exterior, la terminación final del aislamiento deberá tener protección suficiente contra la intemperie.
- Los equipos y componentes y tuberías, que se suministren aislados de fábrica, deben cumplir con su normativa específica en materia de aislamiento o la que determine el fabricante.
- En toda instalación térmica por la que circule fluidos no sujetos a cambio de estado, las pérdidas térmicas globales por el conjunto de conducciones no superarán el 4% de la potencia máxima que transporta.

Además, el RITE propone un procedimiento simplificado para el cálculo del aislamiento térmico, 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/m·K.

Se hace distinción, evidentemente, si las tuberías y accesorios que transportan el fluido caliente discurren por el interior o el exterior del edificio, como se puede observar en la *Figura 57* y en la *Figura 58*

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

Figura 57: Aislamiento mínimo en el interior de edificios.

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

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

Figura 58: Aislamiento mínimo en el exterior de edificios.

A continuación se distinguen los tramos de tuberías que están en el exterior y el interior del edificio:

Tramo	Diámetro (")	Diámetro (mm)	Aislamiento (mm)
1	2.5	63.5	30
2	2.5	63.5	30
29	2.5	63.5	30

Tabla 21: Aislamiento tuberías del interior del edificio.

Los tramos 1, 2 y 29 de tubería se encuentran en la sala de máquinas en el sótano del edificio, los tres tramos tienen un diámetro exterior de 63,5 mm, por lo que el aislamiento mínimo es de 30 mm.

Tramo	Diámetro (")	Diámetro (mm)	Aislamiento (mm)
3	2.5	63.5	40
4	2	50.8	40
5	1	25.4	35
6	1.5	38.1	40
7	1	25.4	35
8	1.25	31.75	35
9	1	25.4	35
10	1	25.4	35
11	1	25.4	35
12	1	25.4	35
13	2	50.8	40
14	1	25.4	35
15	1.5	38.1	40
16	1	25.4	35
17	1.25	31.75	35
18	1	25.4	35
19	1	25.4	35
20	1	25.4	35
21	1	25.4	35
22	1.25	31.75	35
23	1.5	38.1	40
24	2	50.8	40
25	1.25	31.75	35
26	1.5	38.1	40
27	2	50.8	40
28	2.5	63.5	40

Tabla 22: Aislamiento tuberías del exterior del edificio.

El resto de tramos de tuberías van por el exterior del edificio, concretamente en la cubierta del mismo, excepto los tramos 3 y 28, que también circulan por el interior, pero al ser más restrictivo el aislamiento de las tuberías exteriores, se contabilizan como tal.

El RITE indica en el procedimiento simplificado, que los espesores mínimos de aislamientos de las redes de tuberías que tengan un funcionamiento continuo, como redes de agua caliente sanitaria, deben ser los indicados en la *Figura 57* y la *Figura 58* aumentados en 5 mm. Los tramos de tuberías nombrados en la *Tabla 21* y en la *Tabla 22* son los tramos de tuberías del circuito primario, por lo que no necesitan aumentar el espesor de aislamiento 5 mm. Las tuberías por las cuales circula ACS en este caso, ya estaban en la instalación, lo cuál no se incluye en el dimensionado.

2.11. Selección de accesorios

- 1) Válvulas: Se diferencian las siguientes válvulas a lo largo de la instalación:
 - Válvulas de corte: Se encuentran en la entrada y en la salida de cada uno de los equipos. Estas válvulas son fundamentales para el mantenimiento de la instalación. 41 válvulas.
 - Válvulas de retención: Se encuentran a la salida de cada una de las bombas. 2 válvulas.
 - Válvulas de seguridad: Se encuentra una a la salida del campo solar, otras dos junto a cada uno de los vasos de expansión de cada uno de los circuitos primario y secundario, y otra junto al acumulador convencional. 3 válvulas.
 - Válvula de drenaje: Se encuentra uno en la parte inferior de cada interacumulador para poder vaciarlos en caso de que sea necesario. 2 válvulas.
- 2) Purgadores automáticos: Situados a la salida de cada una de las baterías de captadores. 12 purgadores automáticos.
- 3) Filtro de asiento inclinado: Situados antes de cada una de las bombas. 2 filtros.
- 4) Sistema de control: El sistema de control seleccionado es el modelo LTDC-V3 del fabricante TERMICOL. Como ya se ha mencionado anteriormente, este sistema asegura el correcto funcionamiento de la instalación, y es el encargado de poner en funcionamiento el grupo de bombeo tanto del circuito primario como del secundario.
- 5) Estructura de los captadores solares: La estructura de apoyo de los captadores está formada por perfiles de acero normalizados, cortados y taladrados y posteriormente galvanizados en caliente para resistir los efectos de la intemperie. La unión entre las distintas barras que componen la estructura se realiza mediante tornillería de seguridad de acero inoxidable.
- 6) Aislamiento: El aislamiento seleccionado para las tuberías de la instalación son las coquillas 880 del fabricante ROCKWOOL.

ANEXO 1: CERTIFICACIÓN CHEQ4

CHEQ4



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

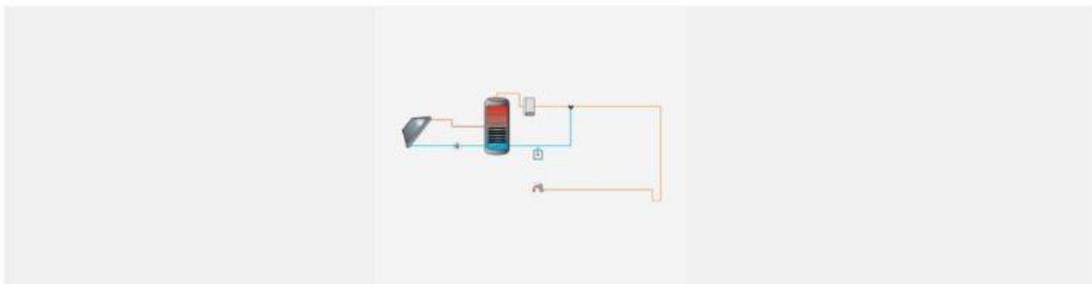
Datos del proyecto

Nombre del proyecto	
Comunidad	
Localidad	
Dirección	

Datos del autor

Nombre	
Empresa o institución	
Email	
Teléfono	

Características del sistema solar



Localización de referencia	Sevilla (Sevilla)											
Altura respecto la referencia [m]	0											
Sistema seleccionado	Instalación de consumidor único con interacumulador											
Demanda [l/día a 60°C]	6,600											
Ocupación %	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
	100	100	100	100	100	100	90	80	100	100	100	100

Resultados



Fracción solar [%]	73
Demanda neta [kWh]	121,619
Demanda bruta [kWh]	128,036
Aporte solar [kWh]	92,869
Consumo auxiliar [kWh]	37,629
Reducción de emisiones de [kg de CO2]	20,047

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

Parámetros del sistema		Verificación en obra
Campo de captadores		
Captador seleccionado	Termicol T 25 US (Termicol)	<input type="checkbox"/>
Contraseña de certificación	NPS-15312 - Verificar vigencia	<input type="checkbox"/>
Número de captadores	60.0	<input type="checkbox"/>
Número de captadores en serie	1.0	<input type="checkbox"/>
Pérdidas por sombras (%)	0.0	<input type="checkbox"/>
Orientación [°]	0.0	<input type="checkbox"/>
Inclinación [°]	40.0	<input type="checkbox"/>
Circuito primario/secundario		
Caudal circuito primario [l/h]	10,368.0	<input type="checkbox"/>
Porcentaje de anticongelante [%]	0.0	<input type="checkbox"/>
Longitud del circuito primario [m]	200.0	<input type="checkbox"/>
Diámetro de la tubería [mm]	52.0	<input type="checkbox"/>
Espesor del aislante [mm]	30.0	<input type="checkbox"/>
Tipo de aislante	genérico	<input type="checkbox"/>
Sistema de apoyo		
Tipo de sistema	Caldera convencional	<input type="checkbox"/>
Tipo de combustible	Gas natural	<input type="checkbox"/>
Acumulación		
Volumen [l]	7,201.0	<input type="checkbox"/>
Distribución		
Longitud del circuito de distribución [m]	500.0	<input type="checkbox"/>
Diámetro de la tubería [mm]	80.0	<input type="checkbox"/>
Espesor del aislante [mm]	30.0	<input type="checkbox"/>
Tipo de aislante	genérico	<input type="checkbox"/>
Temperatura de distribución [°C]	55.0	<input type="checkbox"/>

3. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS Y ADMINISTRATIVAS

3.1. Objeto

El presente pliego de condiciones técnicas fija los criterios generales del Proyecto de instalación de captadores solares planos para la producción de agua caliente sanitaria en un hospital en Sevilla.

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

3.2. Normativa aplicable

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

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

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

3.3. Condiciones materiales y equipos

3.3.1 Tuberías

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

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

Las tuberías de cobre serán tubos estirados en frío y sus uniones serán realizadas por accesorios a

presión que soporten las condiciones extremas o, mediante soldadura por capilaridad de acuerdo a la norma UNE EN 1057. Se realizara soldadura fuerte cuando la temperatura del circuito pueda superar en algún momento los 125°C. En todos los casos es aconsejable prever la protección catódica del acero según Norma UNE 100050.

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

3.3.2 Accesorios:

- Conexiones a equipos:

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

- Compensadores de dilatación:

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

Se situarán siempre entre dos puntos fijos, donde sean capaces de soportar los esfuerzos de dilatación y de presión que se originan.

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

- Juntas:

Prohibida la utilización de juntas de amianto. La presión nominal mínima será PN-10 y soportarán temperaturas hasta 200°C.

- Lubricante de roscas:

Se utilizará un lubricante que no sea endurecedor ni venenoso.

- Derivaciones:

Se utilizarán empalmes soldados excepto si la situación no lo permite. Todas las aberturas realizadas a las tuberías se harán con bastante precisión para lograr intersecciones perfectamente acabadas.

- Codos en bombas:

Cuando sea necesaria la conexión directa de un codo a una bomba, el codo deberá ser de largo suficiente y con curvatura no muy agresiva para facilitar la aspiración y descarga.

- Sombretetes:

Se protegerán adecuadamente cada una de las tuberías que pasen a través del tejado de acuerdo a las instrucciones de la Dirección Facultativa.

- Guías:
Se suministrarán guías, donde se indique y donde sea necesario como en liras, juntas de expansion, instaladas según las recomendaciones del fabricante.
- Termómetros:
Serán de mercurio en vidrio, con una escala adecuada para el servicio dentro de una caja metálica protectora con ventana de vidrio, instalados de modo que su lectura sea sencilla.
- Válvulas de seguridad:
Se incluirán todas las válvulas de seguridad indicadas, o necesarias (de tarado adecuado) para un funcionamiento completamente seguro y correcto de los sistemas. Durante el periodo de pruebas de la instalación se procederá al timbrado de las mismas. Las válvulas de seguridad de alivio serán de paso angular y carga por resorte. Serán adecuadas para condiciones de trabajo de 0 a 120°C y hasta 25 kg/cm². Los materiales de fabricación serán bronce RG-5 para el cuerpo, vástago, tornillo de fijación, tuerca deflectora y la tobera, latón para el cabezal y obturador, acero cadmiado para el resorte y PTFE para la junta.
- Purgadores de aire:
Cuando sea necesario, y con el fin de disponer de una instalación silenciosa y evitar formación de cámaras de aire se dispondrá la tubería con pendiente ascendente hacia la dirección de flujo. Las derivaciones se harán de tal modo que se eviten retenciones de aire y se permita el paso libre del mismo. Se incluirán purgadores de aire, manuales o automáticos, en todos los puntos altos, particularmente en los puntos más elevados de los montantes principales así como en todos los puntos necesarios, teniéndose especial cuidado en los retornos (ascensos, codos ascendentes).

En el caso de que, una vez que las redes estén en funcionamiento, se den anomalías por presencia de aire en la instalación, se instalaran nuevos empalmes, purgadores, válvulas según se considere necesario y sin costes extra. Si se deben realizar trabajos que requieran rotura, y reposición de acabados, el contratista se hará cargo de los gastos generados.
- Vaciados:
Los vaciados, purgadores, válvulas de seguridad, reboses, se dirigirán al sumidero o desagüe más cercano. En cualquier caso, se adoptaran las medidas oportunas para evitar que una descarga accidental produzca danos o desperfectos. Se suministrarán las válvulas de vaciado que sean necesarias para el vaciado completo de todas las tuberías y equipos.

3.3.3 Válvulas

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

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

- Aislamiento: Válvulas de esfera.
- Equilibrado de circuitos: Válvulas de asiento.
- Vaciado: Válvulas de esfera.
- Llenado: Válvulas de esfera.
- Purga de aire: Válvulas de esfera.
- Seguridad: Válvulas de resorte.
- Retención: Válvulas de clapeta o de muelle.

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

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

- Válvula de esfera:
 - Cuerpo de fundición de hierro o acero.
 - Esfera y eje de acero duro cromado o acero inoxidable.
 - Asientos, estopada y juntas de teflón. Podrán ser de latón estampado para diámetros inferiores a 1 ½ con esfera de latón duro cromado.
- Válvulas de asiento:
 - Cuerpo de bronce (hasta 2´´) o de fundición de hierro o acero.
 - Tapa del mismo material que el cuerpo.
 - Obturador en forma de pistón o de asiento plano con cono de regulación de acero inoxidable y aro de teflón. No será solidario al husillo.
 - El asiento será integral en bronce o en acero inoxidable según el cuerpo de la válvula.
 - Prensa-estopas del mismo material que el cuerpo y tapa.
- Válvulas de seguridad de resorte:
 - Cuerpo de hierro fundido o acero al carbon con escape conducido.
 - Obturador y vástago de acero inoxidable.
 - Prensa-estopas de latón. Resorte en acero especial para muelle.
- Válvulas de retención de clapeta:
 - Cuerpo y tapa de bronce o latón.
 - Asiento y clapeta de bronce.
 - Conexiones rosca hembra.
- Válvulas de retención de muelle:
 - Cuerpo y tapa de bronce o latón.
 - Asiento y clapeta de bronce.
 - Conexiones rosca hembra.
 - Resorte en acero especial para muelle.
- Purgadores automáticos de aire:
 - Cuerpo y tapa de fundición de hierro o latón.
 - Mecanismo de acero inoxidable.
 - Flotador y asiento de acero inoxidable o de plástico.
 - Obturador de goma sintética.

3.3.4 Aislamiento

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

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

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

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

3.3.5 Vasos de expansion

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

- Fabricante.
- Marca.
- Modelo.

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

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

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

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

3.3.6 Bombas

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

- Fabricante.
- Marca.
- Modelo.
- Características eléctricas.

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

- 1) Cuerpo en fundición o bronce. Partidos, o no, según planos. Se incluirán conexiones para cebado, venteo, drenaje y manómetros en impulsión y descarga.
- 2) Rodete de fundición/polysulfone o bronce.

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

3.3.7 Captadores solares

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.
- Lugar de fabricación.

Es recomendable que se utilicen captadores solares que se ajusten a las siguientes características técnicas:

- 1) Material de la cubierta transparente: vidrio templado de espesor no inferior a 3 mm y transmittancia mayor o igual a 0,8.
- 2) Distancia media entre el absorbedor y la cubierta transparente no inferior a 2 cm ni superior a 4 cm.
- 3) Absorbedor constituido solo por materiales metálicos.

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

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

Modelo del captador:

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

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

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

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

Estructura soporte y sujeción del captador:

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

Todos los materiales de la estructura soporte se deberían proteger contra la acción de los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la acción combinada del aire y el agua. Las estructuras de acero deberían protegerse mediante galvanizado por inmersión en caliente, pinturas orgánicas de zinc o tratamientos anticorrosivos equivalentes. La realización de taladros en la estructura se debería llevar a cabo antes de proceder al galvanizado o protección de la estructura.

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

3.3.8 Sistem eléctrico y de control

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

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

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

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

no será inferior a 3°C.

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

3.3.9 Aparatos de medida

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

- Medida de temperatura.

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

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

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

- Medida de caudal.

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

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

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

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

- Medida de energía térmica.

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

- Contador de agua, descrito anteriormente.

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

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

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

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

3.3.10 Acumuladores

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

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

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

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

- Nombre del fabricante y razón social.
- Contraseña y fecha de registro de tipo.
- Número de fabricación.
- Volumen neto de almacenamiento en litros.
- Presión máxima de servicio.

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

Al objeto de este pliego de condiciones podrán utilizarse depósitos de las siguientes características y tratamientos:

- Depósitos de acero galvanizado en caliente de cualquier tamaño, con espesores de galvanizado no inferiores a los especificados en la Norma UNE 37.501.
- Depósitos de acero con tratamiento epoxídico.
- Depósitos de acero inoxidable con cualquier tamaño.
- Depósitos de cobre de cualquier tamaño.
- Acumuladores no metálicos que, además de soportar las condiciones extremas

del circuito, resistan la acción combinada de presión y temperatura más desfavorable y este autorizada su utilización por la Administración Competente.

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

3.4. Provisión del material

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

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

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

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

3.5. Condiciones de montaje

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

3.6. Pruebas, puesta en marcha y recepción

3.6.1 General

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

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

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

3.6.2 Pruebas parciales

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

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

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

- 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.

- Pruebas de estanqueidad de redes hidráulicas:

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

- Pruebas de libre dilatación:

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

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

3.6.3 Pruebas finales

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

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

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

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

3.6.4 Ajustes y equilibrado

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

- Sistemas de distribución de agua:

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

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

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

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

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

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

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

- Control automático:

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

3.6.5 Recepción

- Recepción provisional:

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

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

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

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

- Recepción definitiva:

Desde el acta de recepción provisional, la propiedad podrá y deberá notificar cualquier incidencia en el funcionamiento de la instalación.

Transcurrido el plazo estipulado desde el acta de recepción, la Recepción Provisional se transformara en Recepción Definitiva. A partir de la Recepción Definitiva entrara en vigor la garantía.

3.7. Mantenimiento

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

- Vigilancia.
- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento correctivo.

3.7.1 Vigilancia

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

Es un plan de observación simple de los parámetros funcionales principales, para verificar el correcto funcionamiento de la instalación.

Puede ser llevado a cabo por el usuario.

Elemento de la instalación	Operación	Frecuencia (meses)	Descripción
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 inferior del depósito.

IV: inspección visual

Figura 59: Plan de vigilancia.

3.7.2 Mantenimiento preventivo

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

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

El mantenimiento preventivo implicara, como mínimo, una revisión anual de la instalación para instalaciones con área de apertura de captación inferior a 20 m² y una revisión cada seis meses para instalaciones superiores a 20 m².

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

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

Figura 60: Plan de mantenimiento del sistema de captación.

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

IV: inspección visual

Figura 61: Mantenimiento del sistema de acumulación.

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

CF: control de funcionamiento

Figura 62: Mantenimiento del sistema de intercambio.

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

IV: inspección visual
CF: control de funcionamiento

Figura 63: Mantenimiento del sistema de distribución.

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

CF: control de funcionamiento

Figura 64: Mantenimiento del sistema de control.

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

CF: control de funcionamiento

Figura 65: Mantenimiento del sistema auxiliar

3.7.1 Mantenimiento correctivo

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

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

4. MEDICIONES Y PRESUPUESTO

4.1. Equipos y elementos

Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds	Precio ud (€)	Importe
4.1.1	<p>Captador solar plano TERMICOL T25US 2,4 m² superficie de captación, o equipo de calidad y prestaciones equivalentes:</p> <p>Peso: 39 kg</p> <p>Dimensiones (mm): 2,130x1240x83</p> <p>Caudal de ensayo: 72 l/h·m²</p> <p>K50: 0,82; a₁=3,93 W/m²K; a₂=0,026 W/m²K</p> <p>Rendimiento óptico: 0,8</p> <p>Aislamiento: lana de roca semirígida de 35 mm</p> <p>Carcasa: aluminio</p> <p>Caída de presión: $y=0,0975x^2+0,7908x-0,059$ siendo x el caudal en kg/min</p>	60	550,00	33.000,00
4.1.2	<p>Estructura soporte 451VU25 TERMICOL o similar.</p> <p>Estructura para cubierta plana y 5 captadores T25US TERMICOL. Acero con tratamiento galvanizado en caliente.</p>	12	535,00	6.420,00
4.1.3	<p>Conexión de batería de captadores 215BATCAP0 TERMICOL o similar.</p> <p>Contiene el sistema de purga, de seguridad y de cierre necesarios para un correcto montaje de la instalación.</p>	12	120,00	1.440,00
4.1.4	<p>Conexión entre captadores 709TC1818 TERMICOL o similar.</p>	60	5,00	300,00
4.1.5	<p>Conexión de adaptación 215RACBATAT0 TERMICOL o similar.</p> <p>Racores de adaptación al circuito hidráulico.</p>	12	18,00	216,00
4.1.6	<p>Interacumulador MXV4000SSB o similar.</p>	2	16688,00	33.376,00

	Capacidad: 4000 litros. Aislado con espuma rígida de poliuretano inyectado. Tª máxima 90°C. Presión máxima 8 bar. 8,4 m ² de serpentín.			
4.1.7	Bomba de circulación Stratos Maxo-Z 65/0,5-12 WILO o similar. Consumo: 800 W.	2	6.153,00	12.306,00
4.1.8	Vaso de expansion 706SOL025 de TERMICOL o similar. Capacidad 25 litros.	1	70,00	70,00
4.1.9	Set de conexión vaso de expansion 704SETCGB de TERMICOL o similar.	1	47,00	47,00
TOTAL CAPÍTULO	EQUIPOS Y ELEMENTOS			87.175,00

4.2. Canalizaciones y valvulería

Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds	Precio ud (€)	Importe
4.2.1	Tubería de cobre 2.5'' SALVADOR ESCODA o similar.	104,11	52,96	5.513,66
4.2.2	Tubería de cobre 2'' SALVADOR ESCODA o similar.	39,93	31,92	1.274,56
4.2.3	Tubería de cobre 1.5'' SALVADOR ESCODA o similar.	18,84	24,48	461,20
4.2.4	Tubería de cobre 1.25'' SALVADOR ESCODA o similar.	18,84	20,50	386,22
4.2.5	Tubería de cobre 1'' SALVADOR ESCODA o similar.	108,00	11,63	1.256,04
4.2.6	Aislante espesor 30 mm 2.5'' ROCKWOOL o similar.	23,09	6,40	147,77
4.2.7	Aislante espesor 40 mm 2.5'' ROCKWOOL o similar.	81,03	9,16	742,24
4.2.8	Aislante espesor 40 mm 2'' ROCKWOOL o similar.	39,93	7,93	316,65
4.2.9	Aislante espesor 40 mm 1.5''	18,84	7,21	135,84

	ROCKWOOL o similar.			
4.2.10	Aislante espesor 40 mm 1.25'' ROCKWOOL o similar.	18,84	6,74	126,99
4.2.11	Aislante espesor 40 mm 1'' ROCKWOOL o similar.	108	6,07	655,56
4.2.12	Codo 90° 2,5'' H-H FO71422 SALVADOR ESCODA o similar.	16	2,03	32,48
4.2.13	Codo 90° 2'' H-H FO71421 SALVADOR ESCODA o similar.	4	1,24	4,96
4.2.14	Codo 90° 1'' H-H AS04233 SALVADOR ESCODA o similar.	24	0,77	18,48
4.2.15	Te 90° H-H-H 2,5'' FO71422 SALVADOR ESCODA o similar.	6	2,44	14,64
4.2.16	Te 90° H-H-H 2'' FO71441 SALVADOR ESCODA o similar.	4	2,00	8,00
4.2.17	Te 90° H-H-H 1,5'' AS04255 SALVADOR ESCODA o similar.	4	2,15	8,60
4.2.18	Te 90° H-H-H 1'' AS04254 SALVADOR ESCODA o similar.	4	1,38	5,52
4.2.19	Válvula de retención 2'' AA 05 166 SALVADOR ESCODA o similar.	2	27,29	54,58
4.2.20	Válvula de seguridad AC 05 210 SALVADOR ESCODA tarada a 8 bar o similar.	3	14,87	44,61
4.2.21	Válvula de esfera 2,5'' AA 03 689 SALVADOR ESCODA o similar.	41	84,52	3.465,32
4.2.22	Válvula de vaciado AA02413 SALVADOR ESCODA o similar.	2	19,70	39,40
TOTAL CAPÍTULO	CANALIZACIONES Y VALVULERÍA			14.713,32

4.3. Electricidad y control

Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds	Precio ud (€)	Importe
4.3.1	Centralita de control LTDC-V3 de TERMICOL 703C2MTDC53 o	1	307,00	307,00

	similar.			
4.3.2	Termómetro bimetálico con vaina IM02106 SALVADOR ESCODA o similar.	3	26,47	79,41
TOTAL CAPÍTULO	ELECTRICIDAD Y CONTROL			386,41

4.4. Presupuesto total de la instalación

En cada uno de los capítulos anteriores está incluida la mano de obra. A continuación, se muestra un desglose del presupuesto total de la instalación.

Asunto	Precio (€)
Equipos y elementos.	87.175,00
Canalizaciones y valvulería.	14.713,32
Electricidad y control.	386,41
Presupuesto total sin IVA ni beneficios.	102.274,73
Beneficio industrial (15%).	15.341,21
Presupuesto total sin IVA.	117.615,94
IVA (21%)	24.699,34
Presupuesto total	142.315,29

Tabla 23: Desglose del presupuesto de la instalación.

El precio de la instalación por metro cuadrado es de: **988,3 €/m²**.

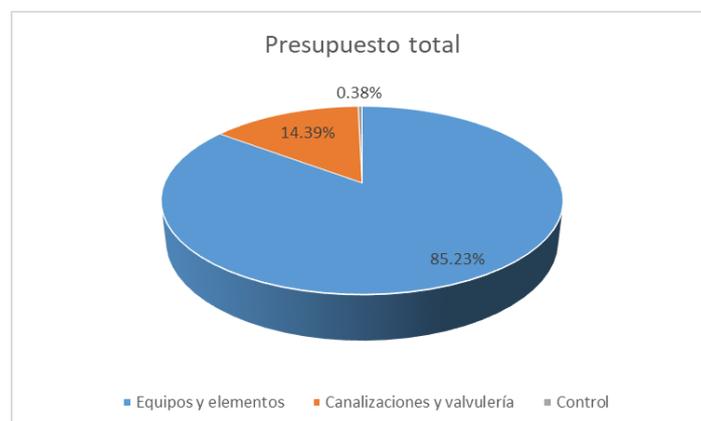
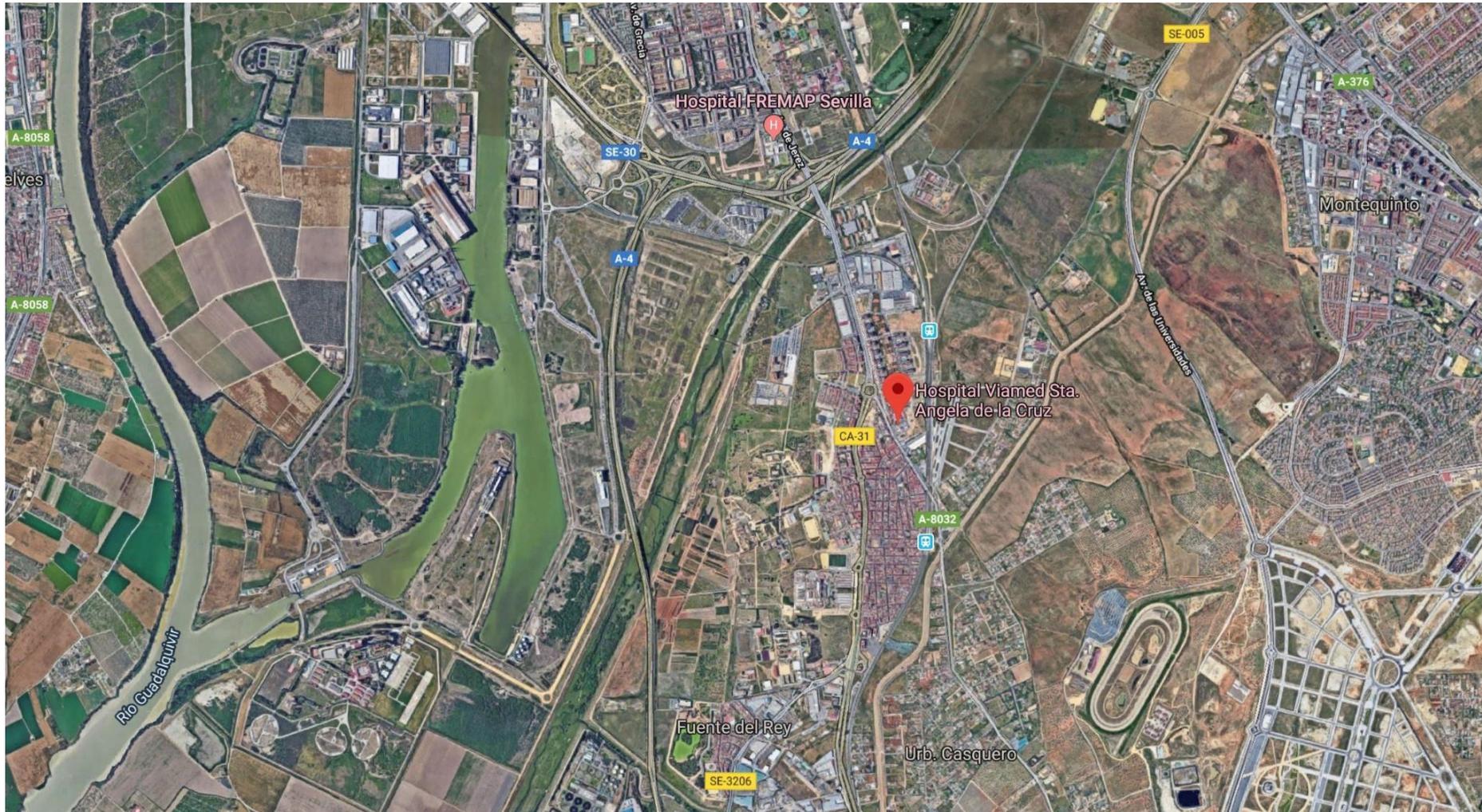


Figura 66: Porcentajes del presupuesto total.

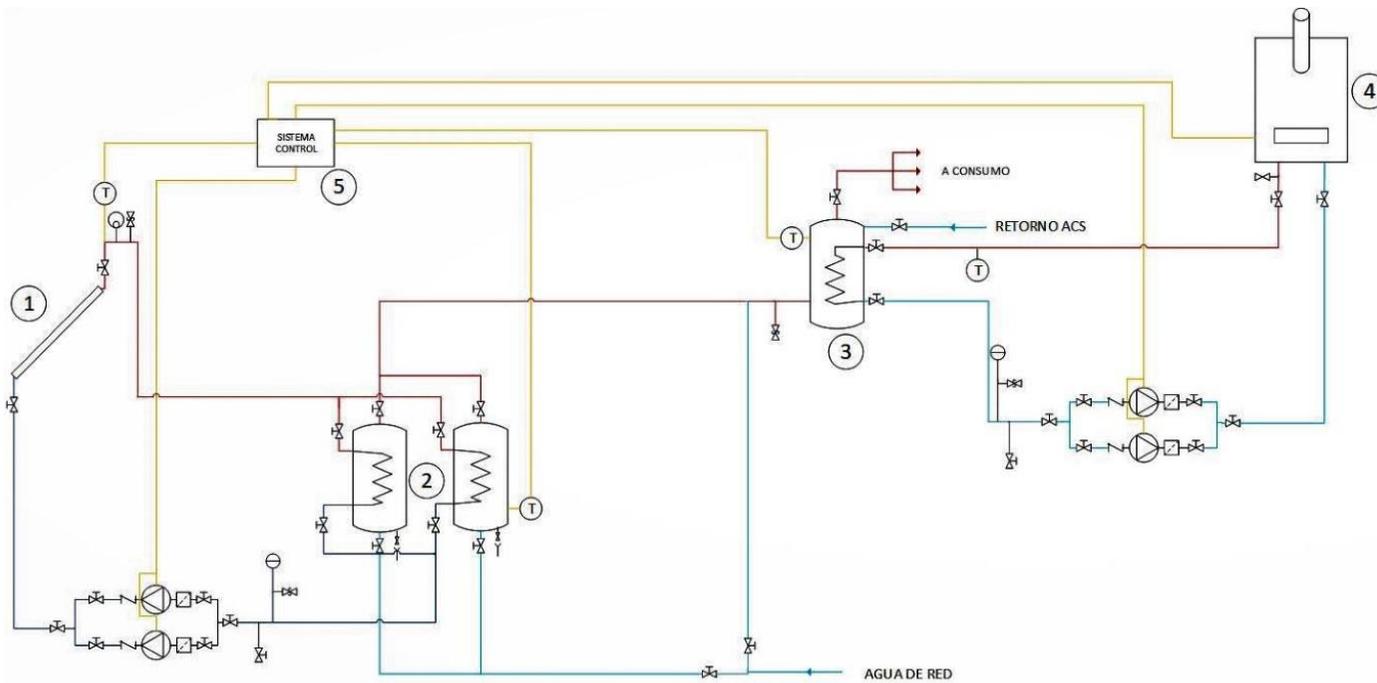
5. PLANOS



	Fecha	Nombre	Firmas	Trabajo Fin de Grado Grado Ingeniería de la Energía Escuela Técnica Superior de Ingeniería			
Dibujado	Agosto 2019	Paula Rosa	Paula Rosa Álvarez				
Comprobado							
Escala	Localización general del Hospital Viamed			Número	1		
				Sustituye a			
				Sustituido por			



	Fecha	Nombre	Firmas	Trabajo Fin de Grado Grado Ingeniería de la Energía Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Dibujado	Agosto 2019	Paula Rosa	Paula Rosa Álvarez	
Comprobado				
Escala	Localización específica del Hospital Viamed			Número 2
-				Sustituye a
				Sustituido por

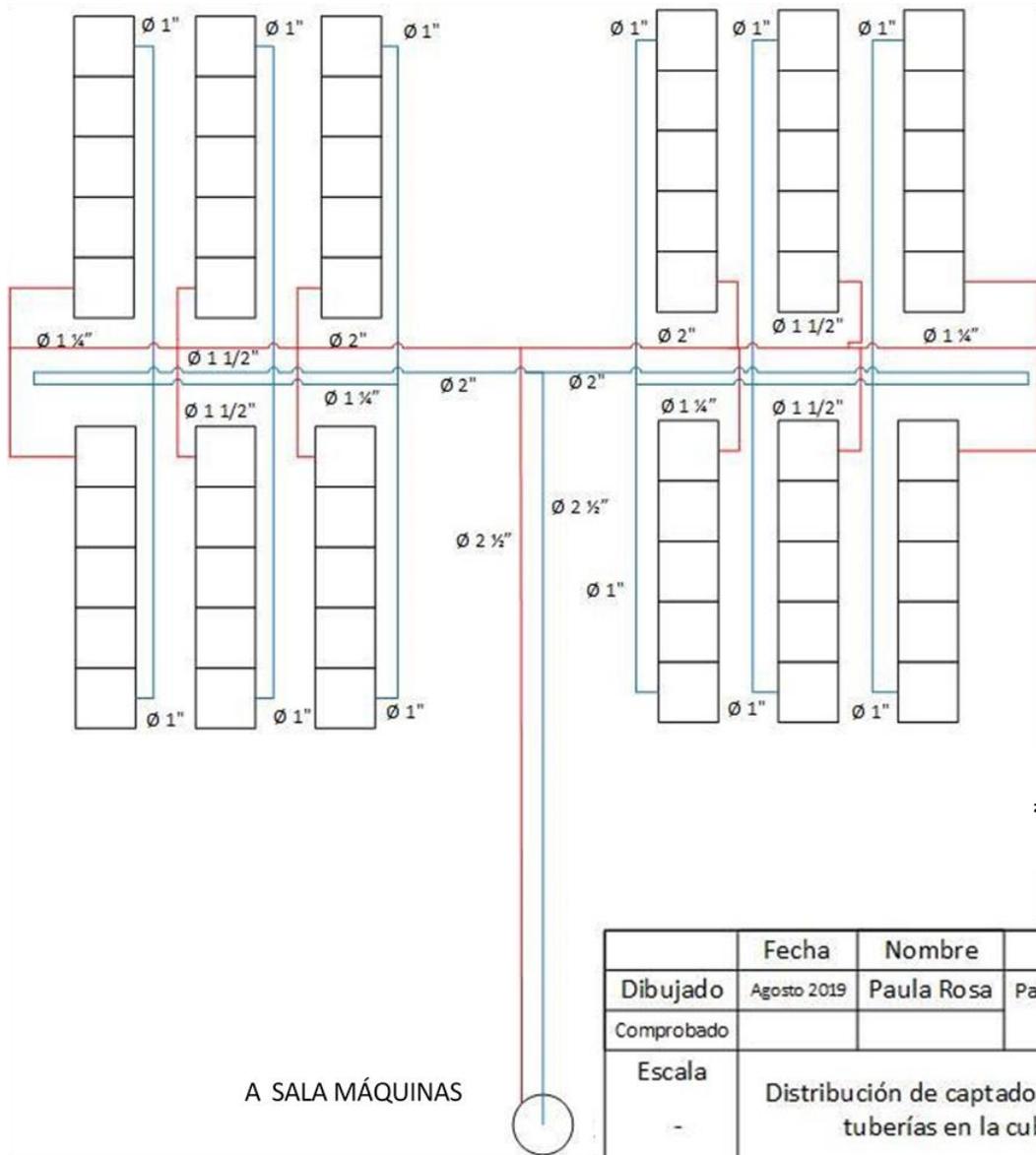


- ① CAPTADORES SOLARES
- ② INTERACUMULADORES
- ③ ACUMULADOR CONVENCIONAL
- ④ CALDERA
- ⑤ SISTEMA DE CONTROL
- ⊗ VÁLVULA DE SEGURIDAD
- ⌞ VÁLVULA DE RETENCIÓN
- ⊕ BOMBA
- ⊖ VASO DE EXPANSIÓN
- ⌵ VÁLVULA DE DRENAJE
- ⊙ TERMÓMETRO
- ⌵ VÁLVULA DE CORTE
- ▣ FILTRO
- ⊙ PURGADOR

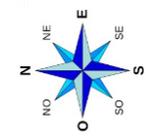
			Trabajo Fin de Grado	
Dibujado	Agosto 2019	Nombre Paula Rosa	Firmas Paula Rosa Álvarez	Grado Ingeniería de la Energía
Comprobado				Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Escala	Esquema de Principio			Número 3
				Sustituye a
				Sustituido por



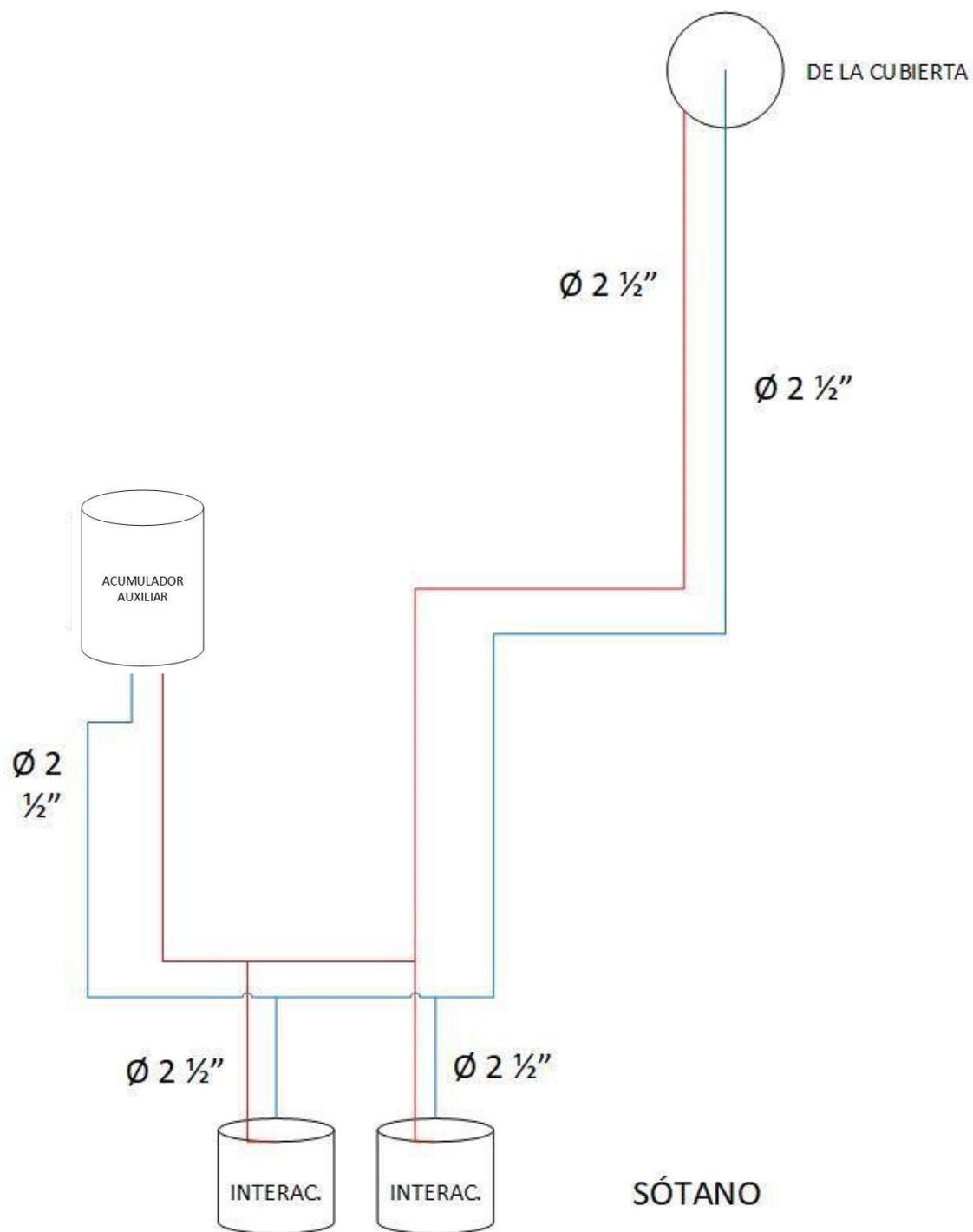
	Fecha	Nombre	Firmas	Trabajo Fin de Grado Grado Ingeniería de la Energía Escuela Técnica Superior de Ingeniería	
Dibujado	Agosto 2019	Paula Rosa	Paula Rosa Álvarez		
Comprobado					
Escala	Situación de los captadores solares en la cubierta del edificio			Número	4
				Sustituye a	
				Sustituido por	



A SALA MÁQUINAS



	Fecha	Nombre	Firmas	Trabajo Fin de Grado Grado Ingeniería de la Energía Escuela Técnica Superior de Ingeniería		
Dibujado	Agosto 2019	Paula Rosa	Paula Rosa Álvarez			
Comprobado						
Escala	Distribución de captadores solares y tuberías en la cubierta			Número	5	
-				Sustituye a		
				Sustituido por		



	Fecha	Nombre	Firmas	Trabajo Fin de Grado		
Dibujado	Agosto 2019	Paula Rosa	Paula Rosa Álvarez	Grado Ingeniería de la Energía		
Comprobado				Escuela Técnica Superior de Ingeniería		
Escala	Distribución de equipos y tuberías en la sala de máquinas			Número	6	
-				Sustituye a		
				Sustituido por		