

Trabajo Fin de Grado
Grado en Ingeniería de las Tecnologías
Industriales

INSTALACIÓN DE ENERGÍA SOLAR PARA LA PRODUCCIÓN DE ACS EN UNA RESIDENCIA DE ANCIANOS

Autor: Francisco Javier Benjumea Trigueros

Tutor: José Guerra Macho

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

Sevilla, 2015



Contenido

1. MEMORIA DESCRIPTIVA	4
1.1 OBJETO DEL PROYECTO	5
1.2 ANTECEDENTES.....	5
1.3 MÉTODO DE CÁLCULO.....	6
1.3.1 Datos a aportar al CHEQ4.....	7
1.4 DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO	15
1.5 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES	17
1.5.1 Esquema de principio	17
1.5.2 Sistema de captación o circuito primario	20
1.5.3 Sistema de acumulación.....	22
1.5.4 Sistema auxiliar	23
1.5.5 Sistema hidráulico.	24
1.5.6 Sistema de control.	25
1.6 CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS.....	27
1.6.1 Captadores solares	27
1.6.2 Interacumulador solar	30
1.6.3 Caldera sistema auxiliar	32
1.6.4 Interacumulador auxiliar	35
1.6.5 Bomba circuito primario	37
1.6.6 Bomba circuito auxiliar.....	42
1.6.7 Vaso de expansión del circuito primario.....	46
1.6.8 Vaso de expansión del circuito auxiliar	48
1.6.9 Central de control y regulación	51
1.7 NORMATIVA.....	53
1.7.1. Cumplimiento del CTE-HE 4.....	53
1.7.2. Cumplimiento del RITE.....	55
1.7.2. Cumplimiento de las normas UNE.....	56
1.8 BIBLIOGRAFÍA.	57
2. MEMORIA DE CÁLCULO.....	58
2.1 INTRODUCCIÓN	59
2.2 DATOS DE PARTIDA	59
2.3 CÁLCULO DE LA DEMANDA.....	61

2.4	CÁLCULO DE LA SUPERFICIE DE CAPTACIÓN	62
2.4.1	Irradiación solar sobre el plano del captador	62
2.4.2	Inclinación de los captadores.	65
2.4.3	Pérdidas por sombras, orientación e inclinación	65
2.4.4	Determinación del área de captación	67
2.4.5	Conexión serie/paralelo de los captadores	70
2.4.6	Resumen superficie de captación.	71
2.5	CÁLCULO DEL VOLUMEN DE ACUMULACIÓN	72
2.6	CÁLCULO DE LA RED DE TUBERÍAS	74
2.7	CÁLCULO DE LOS EQUIPOS DE INTERCAMBIO	79
2.8	DIMENSIONADO DE LA BOMBA DE CIRCULACIÓN	83
2.9	CÁLCULO DEL EQUIPO AUXILIAR.....	86
2.9.1	Interacumulador auxiliar	86
2.9.2	Caldera auxiliar	90
2.9.2	Bomba auxiliar	92
2.10	SELECCIÓN DE ACCESORIOS.....	94
2.11	CÁLCULO ESPESOR DE AISLAMIENTO	97
3.	PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS Y ADMINISTRATIVAS	100
3.1	Objeto	101
3.2	Normativa aplicable	101
3.3	Condiciones de materiales y equipos.....	102
3.3.1	Tuberías y accesorios	102
3.3.2	Válvulas	105
3.3.3	Aislamiento	107
3.4	Vasos de expansión	107
3.5	Bombas	108
3.6	Captadores	109
3.6.1	Generalidades	109
3.6.2	Modelo de captador	110
3.6.3	Estructura soporte y sujeción del captador.....	111
3.7	Sistema eléctrico y de control	111
3.8	Aparatos de medida	112
3.9	Acumuladores	114

3.10	Intercambiadores de calor	115
3.10.1	Intercambiadores externos	115
3.4	Provisión del material	116
3.5	Condiciones de montaje	116
3.6	Pruebas, puesta en marcha y recepción.....	116
3.6.1	General.....	116
3.6.2	Pruebas parciales	117
3.6.3	Pruebas finales.....	118
3.6.4	Ajustes y equilibrado	118
3.6.5	Recepción.....	119
3.7	Mantenimiento.....	120
3.7.1	Vigilancia.....	120
3.7.2	Mantenimiento preventivo	120
3.7.3	Mantenimiento correctivo	120
4.	MEDICIONES Y PRESUPUESTO.....	123
4.1	SISTEMA DE CAPTACIÓN SOLAR	124
4.2	SISTEMA DE ACUMULACIÓN.....	125
4.3	SISTEMA HIDRÁULICO	125
4.4	SISTEMA AUXILIAR	126
4.5	SISTEMA DE CONTROL Y REGULACIÓN	127
4.6	PRESUPUESTO INSTALACIÓN COMPLETA	128
5.	PLANOS.....	129
5.1	SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO	130
5.2	ESQUEMA DE PRINCIPIO	131
5.3	CUBIERTA CON CAPTADORES	132
5.4	TUBERIAS PRIMARIO PLANTA BAJA	133
5.5	DETALLES CAPTADORES	134
5.6	SALA DE MÁQUINAS	135

1. MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1 OBJETO DEL PROYECTO

El presente proyecto tiene como objeto el diseño de la instalación de energía solar para la producción de agua caliente sanitaria para una residencia de ancianos. Esta instalación es necesaria por ley y presenta varias ventajas:

- No contamina, ya que es una energía renovable.
- Es una fuente inagotable.
- Se ahorra dinero a medida que la tecnología va avanzando, mientras que el costo de los combustibles fósiles aumenta con el paso del tiempo porque cada vez son más escasos.
- La única inversión es el coste inicial de la infraestructura, pues no requiere de ningún combustible para su funcionamiento, y se pueda amortizar a los 5 años de su implantación.
- El uso de la energía solar en lugar de las energías tradicionales supone un aumento de la independencia energética del país ante posibles crisis de los mercados internacionales energéticos, proporcionando una mayor seguridad energética.

Este proyecto se trata de un trabajo de fin de grado de la titulación Grado en Ingeniería de las Tecnologías Industriales, por lo que tendrá únicamente fines académicos.

1.2 ANTECEDENTES

Actualmente el consumo energético de España depende mayoritariamente del uso de combustibles fósiles, la mayoría de los cuales importados del exterior. Se está aumentando el uso de las energías renovables en nuestro país, pero aun así, el uso de estas debe subir más. Este aumento es necesario ya que las energías renovables son prácticamente inagotables y con menos impacto medioambiental.

El consumo de energías renovables reduciría la dependencia de otros países exportadores de combustibles fósiles, los cuales pueden cortar el suministro debido a diferentes motivos como pueden ser guerras, huelgas o cambio de gobierno.

En España, y en Andalucía y Sevilla concretamente, los niveles de irradiación solar son muy elevados, por situación y climatología, por lo que tenemos que aprovechar esta ventaja.

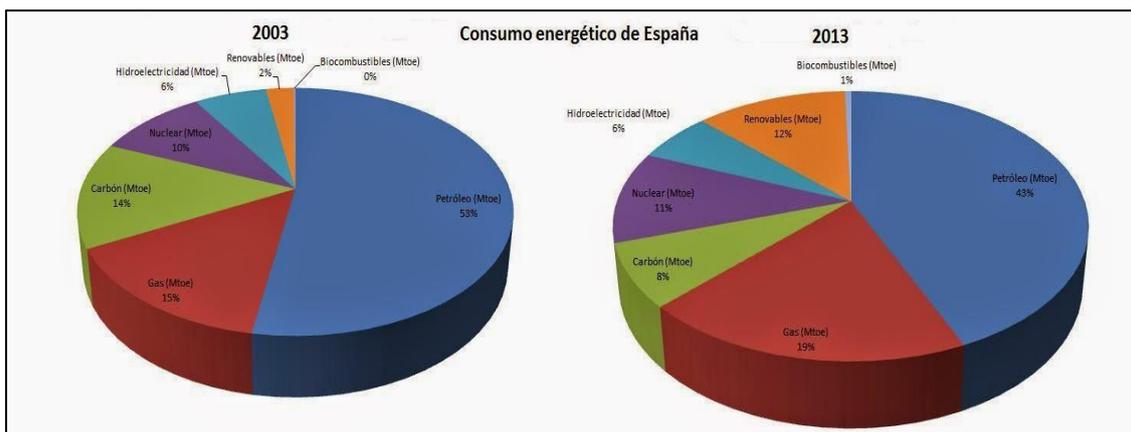


Figura 1.1 Consumo de la energía primaria.

1.3 MÉTODO DE CÁLCULO

La principal herramienta de cálculo de este proyecto será el CHEQ4. Este es un programa informático elaborado por el IDAE (Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía) y ASIT (la Asociación Solar de la Industria Térmica), con el fin de facilitar a todos los agentes participantes en el sector de la energía solar térmica de baja temperatura la aplicación, cumplimiento y evaluación de la sección HE4 incluida en la exigencia básica HE Ahorro de energía del Código Técnico de la Edificación (CTE).

CHEQ4 permite definir una amplia variedad de instalaciones solares introduciendo un mínimo de parámetros del proyecto, asociados a cada configuración del sistema, y de esta manera, obtener la cobertura solar que ese sistema proporciona sobre la demanda de energía para ACS y piscina del edificio.

En función de los datos introducidos el programa validará el cumplimiento de la contribución solar mínima definida por la exigencia HE4 permitiendo a su vez generar un informe justificativo de los resultados obtenidos de forma rápida y sencilla.

CHEQ4 genera adicionalmente junto con el informe un documento de verificación donde figuran los principales parámetros de la instalación, de manera que estos puedan ser verificados por los agentes implicados en labores de control de la ejecución de las instalaciones.

El informe favorable generado por la aplicación será suficiente para acreditar el cumplimiento, desde el punto de vista energético, de los requisitos establecidos en la sección HE4. El no cumplimiento de la contribución solar mínima utilizando CHEQ4 no inválida la posibilidad de demostrar su cumplimiento mediante otros procedimientos.

Esta herramienta, desarrollada por la Consultoría en Energía Renovable y Eficiencia Energética (AIGUASOL), utiliza como motor la nueva metodología de cálculo Metasol.

Metasol es una metodología para el cálculo de la contribución solar mínima de agua caliente sanitaria en instalaciones solares térmicas, que supone una nueva forma rápida y precisa de comprobar el correcto dimensionado de dichas instalaciones.

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

Este método de cálculo instantáneo se ha realizado siguiendo una aproximación similar a la del método F-Chart: partiendo de modelos detallados, obtenidos del programa TRANSOL, se realizan gran cantidad de simulaciones para cotejar los resultados obtenidos en función de las variables clave del sistema.

A diferencia del caso F-Chart, las condiciones de contorno (radiación, temperatura ambiente, temperatura del agua de red, demanda, etc.) se fijan de acuerdo a la normativa española. Además, en lugar de fijar la configuración del sistema, se han escogido ocho configuraciones diferentes, que incluyen sistemas para viviendas unifamiliares, edificios y sistemas para piscinas cubiertas. Estos cubren la mayor parte de los sistemas instalados en España, si bien no la totalidad de las posibilidades de sistema solar; en ocasiones, se debe escoger una configuración de sistema similar a la instalada, que en cualquier caso, mejorará la precisión en comparación con métodos estáticos desarrollados para el cálculo de sistemas de viviendas unifamiliares.

El rango de aplicación del método de cálculo Metasol es notablemente más amplio que en el caso del método F-Chart. A partir de más de 69.000 simulaciones realizadas se obtienen, en base mensual más de 800.000 datos, que conforman la información utilizada para generar las correlaciones.

1.3.1 Datos a aportar al CHEQ4.

1. Localización: lo primero es introducir la localidad donde está situado el edificio y la altura a la que está situada este. De forma que el programa pueda obtener los datos climáticos como puede ser la radiación incidente o la temperatura de agua de red. En la figura 1.2 se muestra el programa, con los datos utilizado en la presente instalación.

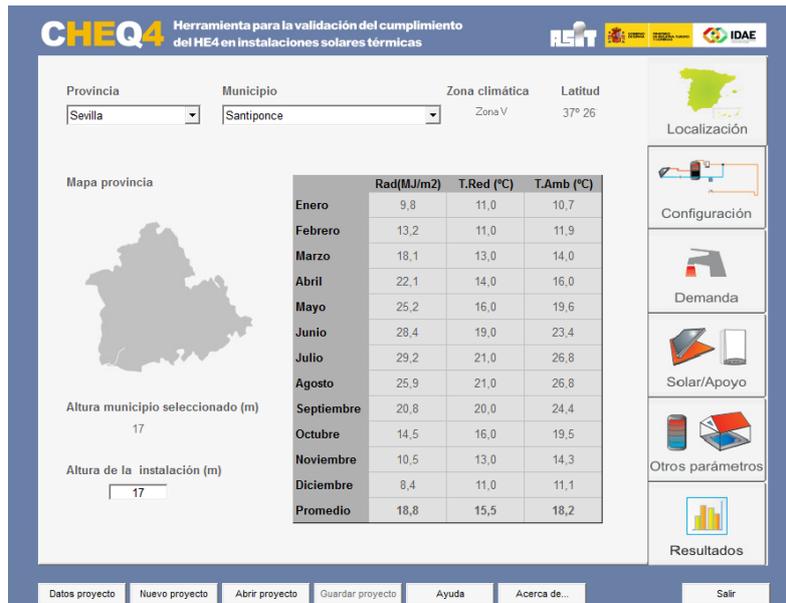


Figura 1.2 Pantalla de CHEQ4 localización.

2. Configuración: Esta pestaña permite al usuario seleccionar el tipo de instalación que más se ajuste al sistema que desea validar. Internamente, CHEQ4 seleccionará las curvas MetaSol correspondientes a dicha instalación y cuáles son los parámetros que la definen. En la figura 1.3 se muestra el programa, con los datos utilizado en la presente instalación.

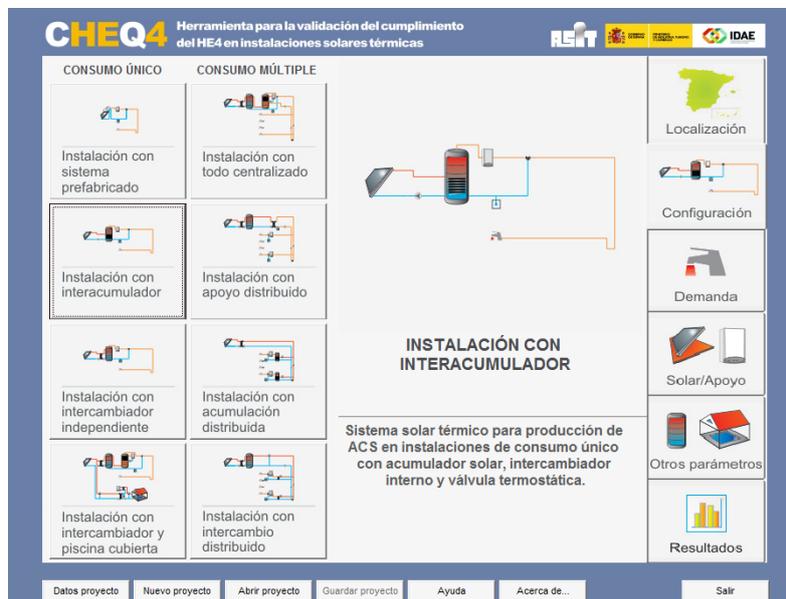


Figura 1.3 Pantalla de CHEQ4 configuración.

Las diferentes configuraciones disponibles se encuentran agrupadas según sean para “Consumo único” o “Consumo múltiple”. A continuación se numeran dichas configuraciones:

- Instalación para consumo único con sistema prefabricado: Sistema solar térmico prefabricado para la producción de agua caliente sanitaria (ACS) en instalaciones de consumo único con válvula termostática.

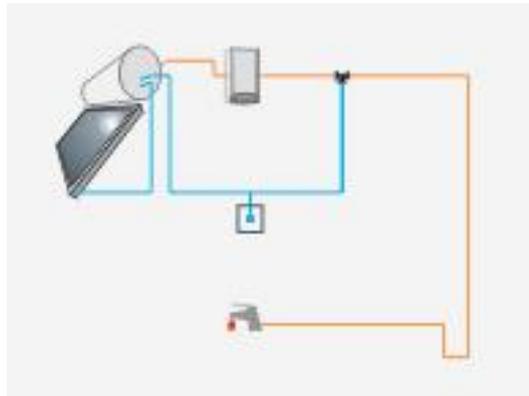


Figura 1.4 Instalación para consumo único con sistema prefabricado

- Instalación para consumo único con interacumulador: Sistema solar térmico para la producción de agua caliente sanitaria (ACS) en instalaciones de consumo único con acumulador solar, intercambiador interno, sistema de apoyo conectado en serie y válvula termostática.

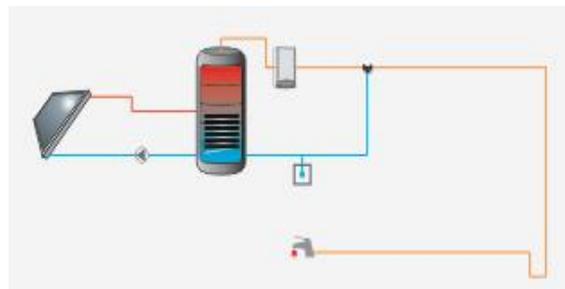


Figura 1.5 Instalación para consumo único con interacumulador.

- Instalación para consumo único con intercambiador independiente: Sistema solar térmico para la producción de agua caliente sanitaria (ACS) en instalaciones de consumo único con acumulador solar, intercambiador externo, sistema de apoyo conectado en serie y válvula termostática.

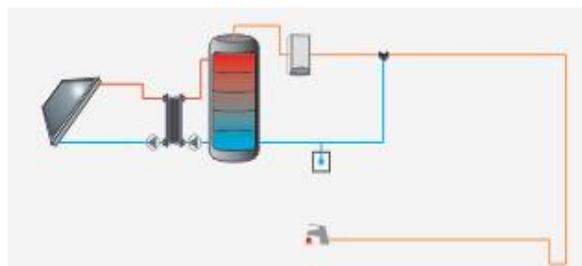


Figura 1.6 Instalación para consumo único con intercambiador independiente.

- Instalación para consumo único con intercambiador independiente y piscina cubierta: Sistema solar térmico para la producción de agua caliente sanitaria (ACS) y el calentamiento de una piscina cubierta con intercambiadores de calor externos para ACS y piscina, acumulador solar y de apoyo centralizados, sistema de apoyo conectado con intercambiador interno o resistencia eléctrica y válvula termostática.

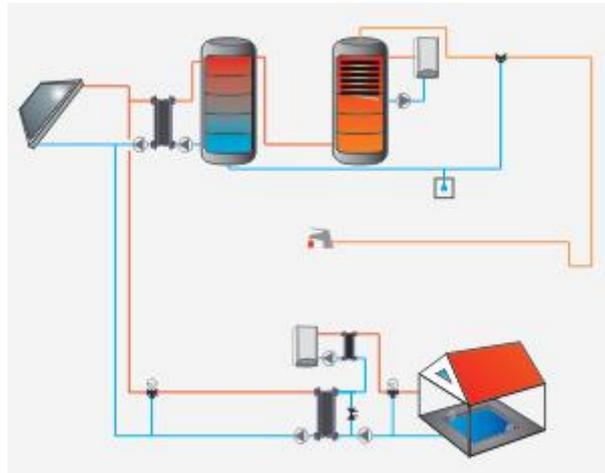


Figura 1.7 Instalación para consumo único con intercambiador independiente.

- Instalación para consumo múltiple con todo centralizado: Sistema solar térmico para la producción de agua caliente sanitaria (ACS) en instalaciones de consumo múltiple con acumulación solar centralizada, intercambiador de calor externo, acumulación de apoyo centralizada, sistema de apoyo conectado con intercambiador interno o resistencia eléctrica y conexión directa del circuito de distribución. Esta tipología de instalación también es válida para el cálculo de sistemas con interacumulador.

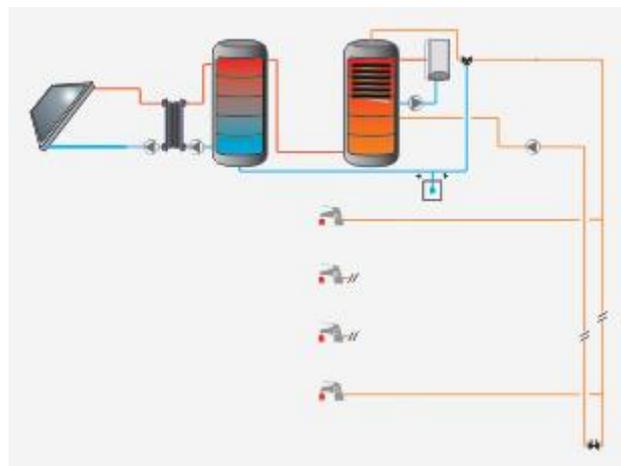


Figura 1.8 Instalación para consumo múltiple con todo centralizado.

- Instalación para consumo múltiple con acumulación centralizada y apoyo distribuido: Sistema solar térmico para la producción de agua caliente sanitaria (ACS) en instalaciones de consumo múltiple con acumulación solar centralizada e intercambiador de calor externo, intercambiador de calor centralizado para la preparación de ACS, sistemas de apoyo instantáneos en serie y válvulas termostáticas. Esta tipología de instalación también es válida para el cálculo de sistemas con circuito de distribución abierto. No obstante, se deberá prestar especial atención en el correcto diseño y dimensionado del circuito de distribución.

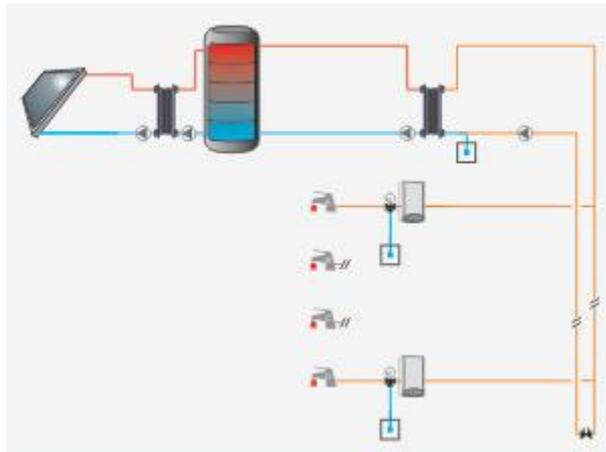


Figura 1.9 Instalación para consumo múltiple con acumulación centralizada y apoyo distribuido.

- Instalación para consumo múltiple con acumulación distribuida: Sistema solar térmico para la producción de agua caliente sanitaria (ACS) en instalaciones de consumo múltiple con acumuladores individuales, intercambiador de calor interno, sistemas de apoyo instantáneos en serie y válvulas termostáticas. En este tipo de instalaciones, es posible definir un sistema apoyo tipo “Termo eléctrico”, que consiste en un acumulador conectado en serie con una resistencia eléctrica en su interior. La selección de un sistemas de apoyo de este tipo se debe realizar en el apartado “Sistema de apoyo” de la pestaña “Solar/Apoyo”.

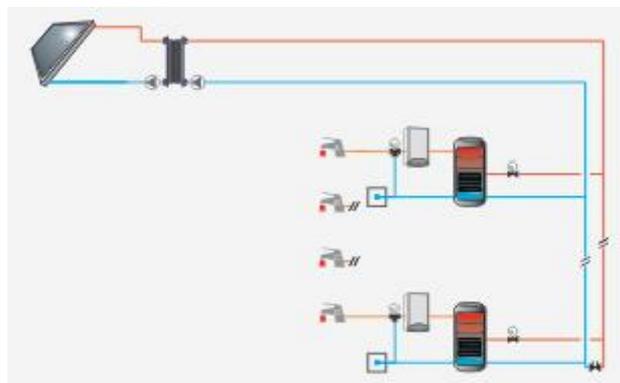


Figura 1.10 Instalación para consumo múltiple con acumulación distribuida.

- Instalación para consumo múltiple con intercambio distribuido: Sistema solar térmico para la producción de agua caliente sanitaria (ACS) en instalaciones de consumo múltiple con acumulación solar centralizada e intercambiador de calor externo, con intercambiadores de consumo distribuido, sistemas de apoyo instantáneos en serie y válvulas termostáticas. En este tipo de instalaciones, es posible definir un sistema apoyo tipo “Termo eléctrico”, que consiste en un acumulador conectado en serie con una resistencia eléctrica en su interior. La selección de un sistemas de apoyo de este tipo se debe realizar en el apartado “Sistema de apoyo” de la pestaña “Solar/Apoyo”.

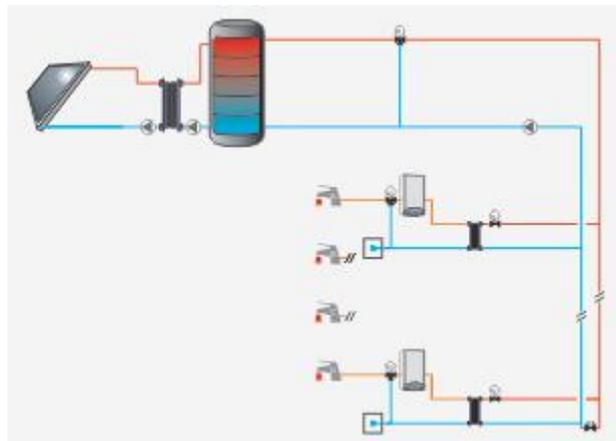


Figura 1.11 Instalación para consumo múltiple con intercambio distribuido.

3. Demanda: El cálculo de la demanda en instalaciones de consumo único se debe seleccionar el tipo de aplicación y el número de elementos de dicha aplicación. En consumo se deberá especificar el número de viviendas y dormitorios. En la figura 1.12 se muestra el programa, con los datos utilizado en la presente instalación.

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

Consumo ÚNICO
Aplicación: Residencia
Número de personas: 60
Demanda calculada (l/día a 60 °C): 2.460

Consumo MÚLTIPLE
Viviendas: Tipo A (0), Tipo B (0), Tipo C (0), Tipo D (0)
Dormitorios: (0)
Personas: (0)
Litros/día: (0)
Demanda calculada (l/día a 60 °C): (0)

Consumo TOTAL
Otras demandas (l/día a 60 °C): (0)
Demanda total (l/día a 60 °C): 2.460

Ocupación Estacional (%)

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
100	100	100	100	100	100
Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
100	100	100	100	100	100

CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA EXIGIDA
Caso general FS 60%
Caso piscina FS 70%

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

Figura 1.12 Pantalla de CHEQ4 demanda.

En el apartado “Consumo total” es posible especificar otras demandas diarias, que no se hayan podido incluir en ninguno de los apartados anteriores. En el apartado “Contribución solar mínima exigida”, se muestra cual debe ser esa contribución solar mínima en función del sistema de apoyo que finalmente seleccione el usuario.

4. Solar/Apoyo: En "Solar/Apoyo" se debe especificar todos aquellos parámetros que son comunes a todos los tipos de configuraciones, que definen el sistema y necesarios para la metodología de cálculo. En la figura 1.13 se muestra el programa, con los datos utilizado en la presente instalación.

The screenshot shows the CHEQ4 software interface, titled "Herramienta para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas". The interface is divided into several sections:

- CAPTADORES:** Includes fields for "Empresa" (Fegor), "Marca/Modelo" (SOLARIA 2.4.AL.AL), and a table of "Datos de ensayo" (test data) for the selected collector. The table lists parameters like Área (m2), n0 (°), a1 (W/m2K), a2 (W/m2K2), Qtest (l/hm2), k50, and Laboratorio Certificación (CENER NPS-24111).
- AVISO:** A red warning message: "Verificar la existencia y vigencia de la certificación del captador seleccionado."
- CAMPO DE CAPTADORES:** Fields for "Núm. captadores" (30), "Captadores en serie" (2), "Pérdidas sombras (%)" (0), "Orientación (°)" (-5), "Inclinación (°)" (45), and "Área total captadores (m2)" (65,10).
- CIRCUITO PRIMARIO / SECUNDARIO:** Fields for "Caudal prim. (l/h)" (1.465), "Anticongelante (%)" (20), "Long. circuito (m)" (112), "Diám. tubería (mm)" (20), "Esp. aislante (mm)" (30), and "Aislante" (lana mineral).
- SISTEMA DE APOYO:** Fields for "Tipo de sistema" (Caldera de baja temperatura) and "Tipo de combustible" (Gas natural).

On the right side, there is a vertical navigation menu with icons for "Localización", "Configuración", "Demanda", "Solar/Apoyo", "Otros parámetros", and "Resultados". At the bottom, there are buttons for "Datos proyecto", "Nuevo proyecto", "Abrir proyecto", "Guardar proyecto", "Ayuda", "Acerca de...", and "Salir".

Figura 1.13 Pantalla de CHEQ4 solar/apoyo.

Se introduce los siguientes datos:

- Marca y modelo de los captadores, automáticamente, se mostrarán los principales datos correspondientes al captador seleccionado.
- Número de captadores.
- Número de captadores en serie.
- Pérdidas por sombreadamiento (%).
- Orientación (°).
- Inclinación (°).
- Área total de captación (m²), se pone automáticamente al introducir la marca y modelo del captador y el número de captadores.
- Caudal del circuito primario o caudal de campo (l/h).
- Anticongelante (%).
- Longitud equivalente del circuito primario (m).
- Espesor (mm) y tipo de aislante utilizado.

- Tipo de sistema de apoyo.
 - Tipo de combustible del sistema de apoyo.
5. Otros parámetros: el usuario debe especificar aquellos parámetros que son propios de cada configuración. Los campos no correspondientes al tipo de instalación seleccionada aparecerán inactivos y de color gris. En la figura 1.14 se muestra el programa, con los datos utilizado en la presente instalación.

Se deben introducir el volumen de acumulación, el de las subestaciones (si procede), todo lo relacionado al circuito de distribución y los datos de la piscina (si procede).

Figura 1.14 Pantalla de CHEQ4 otros parámetros.

6. Resultados: corresponde al cálculo y visualización de los resultados. En la figura 1.15 se muestra el programa, con los resultados de los datos utilizados en la presente instalación.

En el apartado “Tabla de resultado” se muestran los valores anuales de los siguientes indicadores y resultados:

- Fracción solar (%): Fracción entre los valores anuales de la energía solar aportada exigida y la demanda energética anual.
- Demanda neta (kWh): Demanda energética anual sin tener en cuenta las pérdidas en acumulación y en distribución.

- Demanda bruta (kWh): Demanda energética anual teniendo en cuenta las pérdidas en acumulación y en distribución.
- Aportación solar al sistema (kWh): Energía solar aportada por la instalación.
- Consumo de energía primaria auxiliar (kWh): Energía aportada por la instalación auxiliar de apoyo para satisfacer la demanda total.
- Reducción de las emisiones de CO2 asociada a la utilización del sistema solar térmico (kg).

También se muestran gráficamente los valores mensuales de fracción solar, demanda bruta, fracción solar y consumo auxiliar.

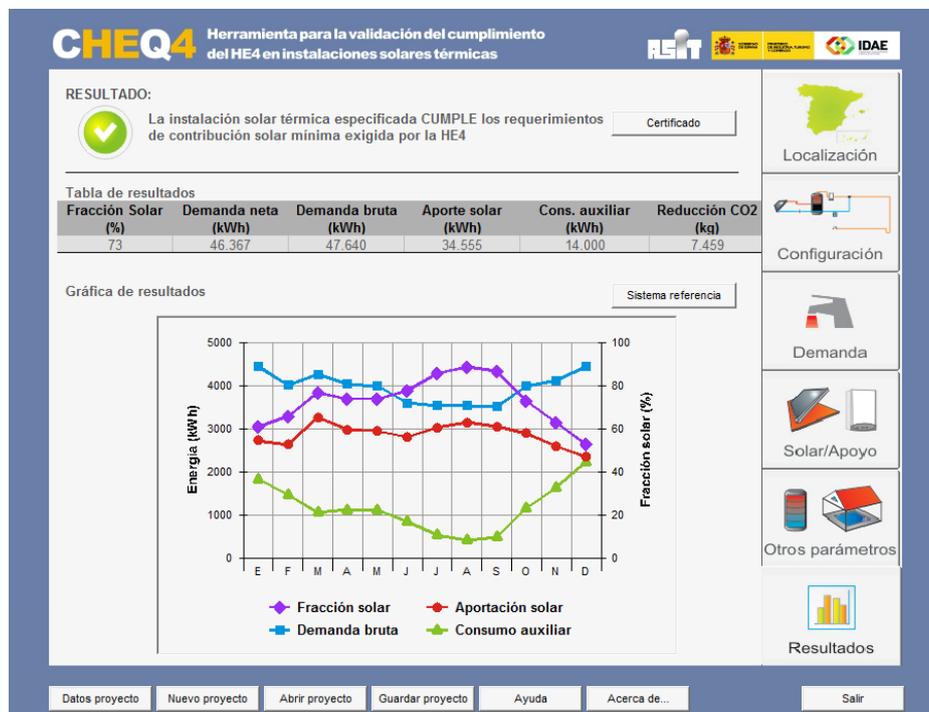


Figura 1.15 Pantalla de CHEQ4 resultados.

1.4 DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

El edificio objeto de este proyecto se trata de una residencia de ancianos que consta de 60 camas repartidas en 3 plantas, las camas se distribuyen en habitaciones compartidas de dos camas la mayoría aunque hay habitaciones individuales.



Figura 1.16 Modelado del edificio.

En la planta baja se encuentran la cocina, una despensa, todo lo relacionado con la lavandería, dos cuartos de basura y los diferentes cuartos de instalaciones. En la primera planta está compuesta principalmente por dormitorios, y en la que también se encuentra un salón, un comedor, un despacho de psiquiatra y la dirección. Por último, en la segunda planta hay una terraza de 100 m², una sala de rehabilitación, una sala de terapia ocupacional, un salón-comedor y la enfermería.

El edificio consta de una instalación de fontanería que distribuye el agua desde la sala de máquinas hasta cada una de las habitaciones a través de dos bombas. La sala de máquinas se encuentra en la planta baja, y tiene una superficie de 34.22 m². En ella además de las dos bombas de impulsión cuenta de un depósito de agua fría de 3000 litros y de un filtro Cilit.

El sistema actual de producción de ACS consta de una caldera convencional de gasoil de 150 Kw, marca Wolf, y con un depósito de una capacidad 2000 litros.

Se encuentra orientado al Sur y con un acimut del edificio es de 5° dirección Este. La parcela del edificio es de 1.377,23 m² y tiene una superficie ocupada de 964,65 m².

Está situado en la localidad de Santiponce (Sevilla), Santiponce se encuentra muy próximo a Sevilla, a 12 km al Noroeste, tal como se observa en la figura 1,17 teniendo una altitud sobre el nivel del mar de 17 metros.

En la figura 1.18 Se sitúa el edificio en la localidad mediante el círculo rojo, localizado en la avenida Andalucía.

En la figura 1.19, se muestra un esquema general de la instalación. (Véase Plano 2: esquema detallado de la instalación).

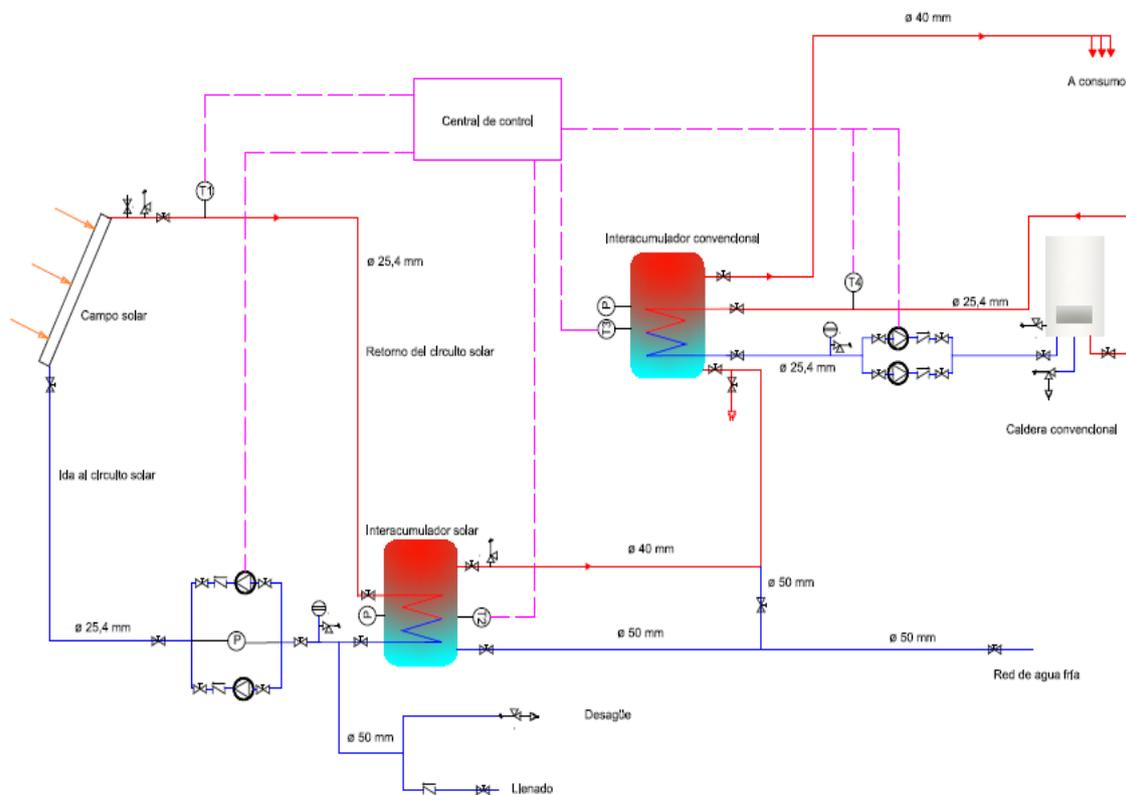


Figura 1.19 Esquema de principio de la instalación.

La instalación solar completa se compone, básicamente, de los siguientes sistemas:

- El **sistema de captación**, circuito primario, compuesto de captadores solares, recibe la energía radiante y la transmite al fluido caloportador en forma de energía térmica, que es transportada hasta los elementos de intercambio y acumulación.
- El **sistema de acumulación** es necesario debido a la existencia de un desfase horario entre la producción y el consumo de energía, con lo que dispondremos de un depósito encargado de acumular la energía térmica.
- El **sistema auxiliar** el cual se usa cuando con no se alcanza la temperatura deseada mediante la energía solar.
- El **sistema de hidráulico** transforma la energía eléctrica en energía mecánica para transportar el fluido por los circuitos primario, secundario y de distribución.
- El **sistema de control** es el encargado de dosificar todas estas energías mediante sondas, termostatos y relés.

En los siguientes puntos se hará una descripción de las características principales de los sistemas citados para la instalación de un portal, común al resto de portales.

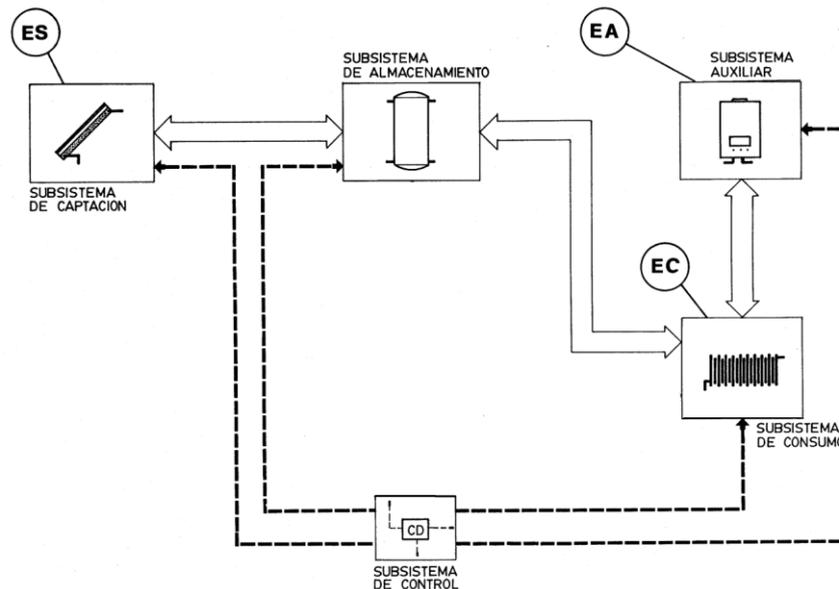


Figura 1.20 Esquema de sistemas de la instalación.

Analizando la instalación en funcionamiento, es decir, en régimen permanente y no en el momento del comienzo o del final de uso, la explicación simplificada de la instalación es la siguiente:

1. El sistema consta de dos circuitos principales, circuito primario (solar) y circuito auxiliar, por los que circulan dos fluidos que en ningún momento se mezclan, y un tercer circuito de distribución para consumo.
2. La radiación solar llega a los captadores solares. Una parte de esta radiación será utilizada para calentar el fluido que va por el interior de los captadores (calor útil) y la parte restante serán pérdidas.
3. El líquido que circula por los captadores se calienta desde de salida del intercambiador solar hasta la temperatura de entrada a este mediante el calor útil.
4. El fluido que circula por los captadores calienta el agua del depósito de acumulación, pasando a través del depósito mediante un serpentín e intercambiando el calor.
5. En el depósito se produce una mezcla del agua fría que viene de la red y el agua caliente procedente del intercambiador de calor. El balance de energía en el depósito de acumulación define su temperatura media.

- Q_p : Calor por las pérdidas ópticas del colector
- T_{ec} : temperatura a la cual entrará el fluido en los captadores solares
- T_{sc} : temperatura a la cual saldrá el fluido de los captadores solares.

El fluido caloportador circula por dicho circuito y es el encargado de transferir la energía térmica obtenida en los captadores por medio de la radiación solar al circuito secundario a través del intercambiador de calor. Por ello el diseño seleccionado para el circuito primario se basa en la idea de forzar la circulación del fluido mediante una bomba eléctrica, que si bien encarece la instalación, permite obtener una protección contra heladas al utilizar como fluido caloportador líquidos de bajo punto de congelación y controlar la transferencia térmica entre captación y acumulación.

Además de la bomba eléctrica en el circuito primario se coloca un vaso de expansión que absorbe la dilatación de volumen sufrida por el fluido debido a los cambios de temperatura.

Para la presente instalación, la cual es de baja temperatura, se ha utilizado un captador solar plano para el sistema de captación. El Captador solar plano es un intercambiador de calor que transforma energía radiante (Radiación Solar) en energía térmica que aumenta la temperatura de un fluido de trabajo contenido en el interior del captador, en la figura 1.22 se puede observar las partes que lo componen.

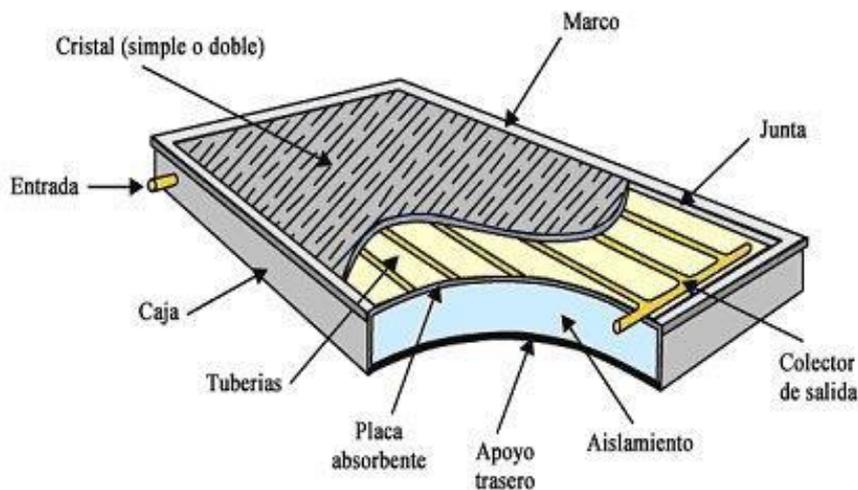


Figura 1.22 Esquema de un captador solar plano.

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

- 1) El aporte de energía solar no es “controlable”.
- 2) La demanda y el aporte de energía solar están desfasados

- 3) La orientación e inclinación del captador influyen fuertemente en el rendimiento.
- 4) El rendimiento de captación aumenta al disminuir la temperatura del fluido a la entrada.
- 5) Interesa captar la energía solar a la mayor temperatura posible.
- 6) Hay que dar preferencia al consumo de la energía solar frente a la convencional.

El sistema de captación solar de la instalación está formado por 30 captadores solares planos repartidos en tres grupos diez, en cada grupo están conectados cinco en paralelo y dos en serie. Obteniéndose así una superficie de captación de 65,1 m². (Véase Plano 3 Planta cubierta).

Los captadores están orientados hacia el sur geográfico con un azimut de 5° y con una inclinación de 45 ° sobre el plano horizontal de la cubierta del edificio. (Véase Plano 6 Planta cubierta con captadores).

Las características técnicas de los captadores solares vienen reflejadas en el punto, 1.6.1.

1.5.3 Sistema de acumulación

En nuestro caso el sistema de acumulación también es donde se produce el intercambio de calor. El circuito primario es el encargado de calentar en el interacumulador solar el agua de red para suministrarlo al sistema de preparación de A.C.S. del edificio, previo paso por el sistema de auxiliar.

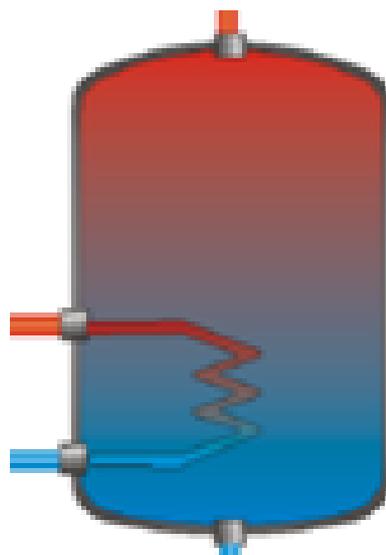


Figura 1.23 Interacumulador solar.

Cuando el fluido caloportador que circula por los captadores ha visto incrementada su temperatura, pasa por el interacumulador solar, calentando el agua fría de la red. El agua calentada circulará hacia el interacumulador convencional y de ahí a la distribución.

La acumulación del agua calentada por los captadores solares permite almacenar energía durante los periodos en los que la captación solar es elevada (por ejemplo, durante las horas centrales del día) para su consumo cuando se producen picos de demanda (por ejemplo, al final de la tarde o a primera hora de la mañana).

Además, la acumulación de agua permite reducir la temperatura media de funcionamiento de los captadores solares. El rendimiento energético de un captador solar disminuye cuando aumenta su temperatura de funcionamiento. En consecuencia, un volumen de acumulación suficiente permitirá aumentar la producción energética anual de la instalación solar.

Se instala un interacumulador de 4000 litros para la instalación en disposición vertical, en la sala de máquinas, ubicada en la planta baja del edificio. (Véase Plano 6 Sala de máquinas). El intercambio de calor se produce a través de un serpentín por el que circula el fluido caliente que viene de los captadores, la superficie de intercambio de dicho equipo es de $8,4 \text{ m}^2$ y con una potencia intercambiada de 49.07 kw.

Las características técnicas del equipo mencionado en el presente apartado vienen recogidas en el punto 1.6.2.

1.5.4 Sistema auxiliar

En el caso de instalaciones con acumulación solar centralizada, como es la instalación estudiada, el calentamiento del agua mediante energía solar se produce en el interacumulador situado en la sala de máquinas, desde el que se hace llegar a cada uso a través de la distribución.

Antes de llegar al sistema de distribución, el agua pasa por el sistema auxiliar, el cual está compuesto por un interacumulador y una caldera de apoyo. Este sistema se usa en el caso de que la temperatura del agua de distribución, preparada mediante el circuito primario, no sea la deseada.

La finalidad del sistema de apoyo es aportar la energía necesaria para elevar la temperatura del agua procedente de la acumulación solar hasta el valor de confort. En este sentido, debe tenerse en cuenta que la temperatura de salida del agua de la instalación solar puede variar entre la temperatura del agua de la red (en el caso de

períodos prolongados con condiciones meteorológicas adversas que no permitan la aportación de energía solar) y la temperatura máxima de consigna.

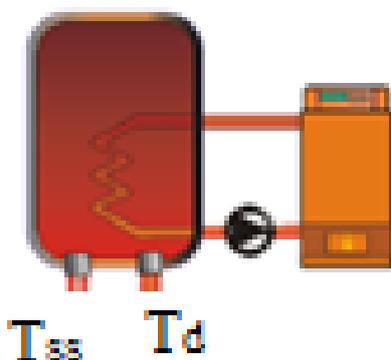


Figura 1.24 Sistema auxiliar

El sistema auxiliar está diseñado para proporcionar la totalidad de la demanda de ACS, debido a que fallase la instalación solar. Está compuesto por una caldera y un intercambiador solar.

Se instalará una caldera de baja temperatura de gas natural centralizada, que entrará en funcionamiento cuando el sistema de calentamiento solar no sea suficiente o este falle, por lo que se dispone de una caldera con una potencia de 100 kw.

El intercambiador auxiliar elegido tiene una capacidad de 200 litros y el área de transferencia es de 5 m².

Las características técnicas de la caldera seleccionada vienen recogidas en el punto 1.6.3, de la bomba en el 1.6.6 y las del intercambiador auxiliar en el 1.6.4.

1.5.5 Sistema hidráulico.

Está formado por la red de tuberías que transporta el fluido y por la bomba que lo impulsa.

Las tuberías son de cobre, tal como indica la norma. La tubería de cobre sólo tiene pequeñas cantidades de fósforo residual, que además facilita la soldadura, y goza de las excelentes características de este metal, como son resistencia a la corrosión, maleabilidad y ductilidad. El cobre resiste la corrosión, tanto de los líquidos que puedan circular por su interior como la debida a los agentes exteriores, aire, humedad o elementos constructivos que entren en contacto con él.

La maleabilidad y ductilidad del cobre permiten una cómoda manipulación y una gran facilidad para realizar trazados complicados. Además, pueden resistir sin reventar una o más heladas, lo que añade un importante factor de seguridad.

Así mismo el cobre se encuentra clasificado, a efectos de su comportamiento hidráulico, como un material liso presentando una pérdida de carga lineal inferior a otros materiales como el acero o hierro, a igualdad de sección y caudal.

Por último, las tuberías de cobre son de fácil manipulación e instalación mediante soldadura por capilaridad, lo que permite el abaratamiento de la mano de obra, partida de gran peso específico en el presupuesto total de la instalación.

Todos los circuitos están formados por tuberías de cobre con aislamiento de lana mineral (conductividad de 0,04 W/m·K), que se ha elegido como el más adecuado por sus características como es la resistencia a altas temperaturas o de estas características, ya que con este material las tuberías no sufren un deterioro como Excelentes prestaciones de aislamiento térmico, acústico y prevención contra el fuego

Para el circuito primario o solar, el caudal que circula es de 1465 l/h (al estar conexiados en agrupación serie-paralelo con 2 captadores en serie), proporcionado por el grupo de bombeo, que vencen la pérdida de 35050,19 Pa.

Las bombas se colocarán en las zonas más frías del circuito, tubería de retorno a captadores en circuito primario y en la entrada al intercambiador en el circuito secundario, teniendo en cuenta que no se produzca cavitación.

El grupo de bombeo consta de dos bombas idénticas, dispuestas en paralelo, siendo una de reserva. Esta disposición garantiza la continuidad de funcionamiento aun cuando se dieran averías en una de las dos bombas.

El grupo de bombas se aíslan hidráulicamente mediante válvulas de corte, a fin de poder efectuar operaciones de mantenimiento o reparación. También se instalarán válvulas de retención para evitar la circulación en sentido inverso.

Las características técnicas de la bomba mencionada en el presente apartado vienen recogida en el puntos 1.6.5

1.5.6 Sistema de control.

En los sistemas termosolares de circulación forzada, es necesario la instalación de un sistema de control y regulación que active y controle, entre otras variables, la velocidad de bombeo de la bomba circulatoria del circuito primario en función de las necesidades del sistema.

La instalación solar está controlada automáticamente por equipos de control que controlan los diferentes elementos de la instalación, siendo los de mayor importancia los ligados al funcionamiento de las bombas de circulación.

El control que existe sobre el conjunto de captadores solares es efectuado a través de un termostato diferencial. Este se encarga de gobernar las bombas del circuito solar primario en función de la diferencia de temperatura que existe a la salida de agua caliente del campo de captadores y la parte inferior del interacumulador solar. Los valores de arrancada y parada de este diferencial serán constantes e iguales a los valores recomendados por el CTE :

- Valor mínimo de diferencia de temperatura para arrancar la bomba: 5°C.
- Valor máximo de diferencia de temperatura para parar la bomba: 3°C.

En la figura 1.25 se observa el funcionamiento básico del sistema de control.

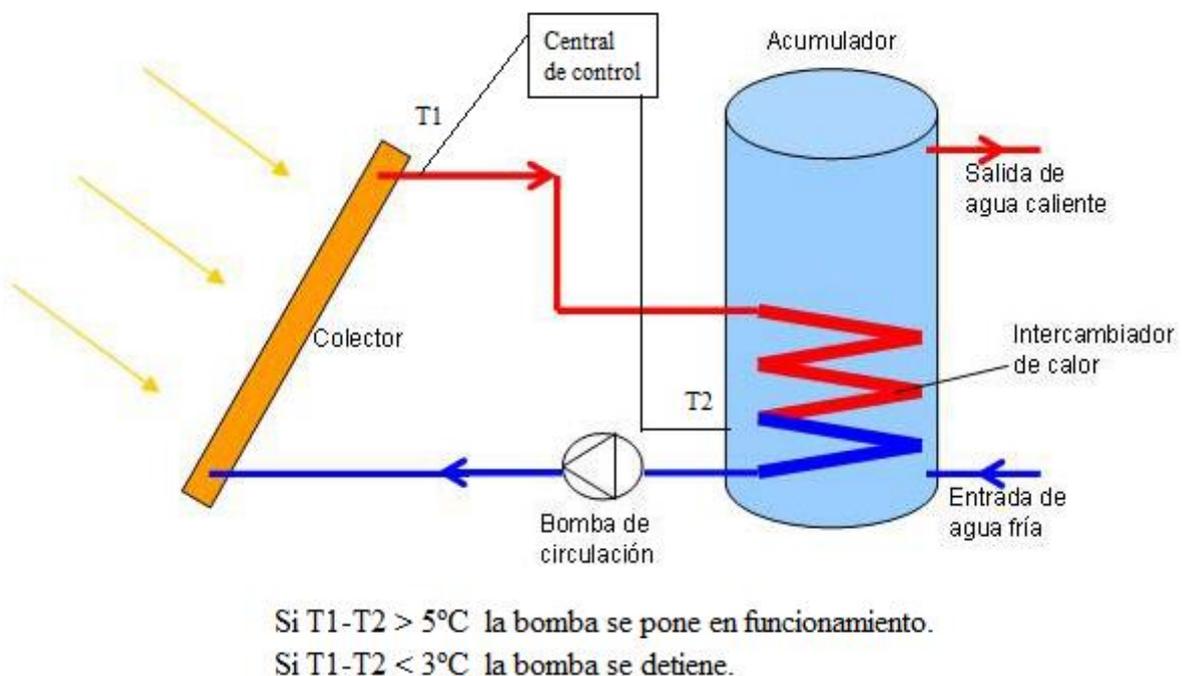


Figura 1.25 Esquema sistema de control.

La sonda de temperatura T1 (parte caliente) se sitúa a la salida del último del grupo de captadores, de modo que su lectura sea la temperatura en los captadores. La sonda T2 se sitúa en la parte inferior del interacumulador solar como bien hemos dicho antes.

El control del sistema solar tiene los siguientes objetivos:

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

Las características técnicas de la centralita de control pueden verse en el punto 1.6.9

1.6 CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS

1.6.1 Captadores solares

Los captadores planos escogidos para la instalación son de la marca FAGOR, modelo SOLARIA-2.4 AL AL. SE adjunta una imagen del captador en la figura 1.26.



Figura 1.26 Captador solar FAGOR solaria 2.4

A continuación se detallan las características técnicas de dicho modelo de captador solar plano:

- Dimensiones:

➤ Largo total (mm) 2.200

- Ancho total (mm): 1.090
- Fondo (mm): 90
- Área total (m²): 2,40
- Área de apertura (m²): 2,17
- Área del absorbido (m²): 2,14
- Peso en vacío (kg): 43
- Capacidad de fluido (l): 1,26
- Fluido caloportador agua o agua glicolada
- Temperatura de estancamiento (°C) 197
- Flexión máxima (Pa) 1.000

- Presiones de prueba y caudal recomendado
 - Presión de timbre (bar) 14,0
 - Presión de trabajo (bar) 8,0
 - Caudal recomendado (l/h·m²) 45,0
 - Caída de presión en línea (mm.c.a.) ($q_i=l/\text{min}$) $1,85 \cdot q^2 + 7,32 \cdot q$

- Calidades de fabricación
 - Cubierta transparente: vidrio templado de 3,20 mm de espesor. Coeficiente de transferencia 0,91.
 - Carcasa: aluminio anodizado AL-6063 T5 (espesor = 1,50 mm).
 - Absorbedor: aletas de cobre (0,5 mm) soldadas por ultrasonidos a parrilla de cobre.
 - Tratamiento selectivo: proyección de electrodeposición de Cromo Negro sobre base de Niquel Claro.

- Relación en parrilla: captador principal 22 mm / captador secundario 8 mm.
 - Aislamiento térmico: poliuretano rígido inyectado (25 mm) + lám. Aluminio + lana mineral (25 mm).
 - Acabado posterior y sellado: propileno moldeado y burlete de EPDM.
 - Conexiones (4 uds): B.S.P. hembra de 3/4".
- Curvas de rendimiento instantáneo y registro
 - Rendimiento óptico no 72,96 %
 - K1 2,51 W/m² · K²
 - K2 0,038 W/m² · K²
 - Contraseña de homologación NPS-26307

Curva de rendimiento instantáneo del captador

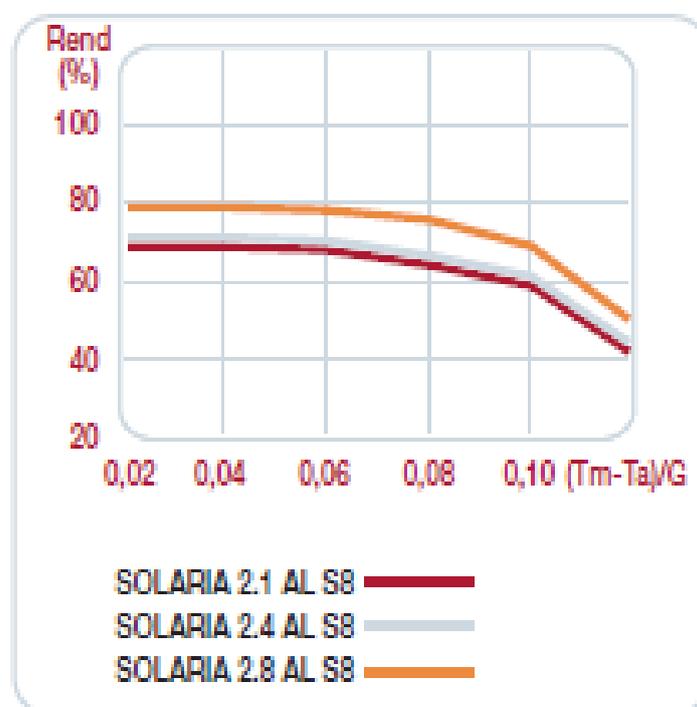


Figura 1.27 Curvas de rendimiento instantáneo del captador solar FAGOR solaría.

1.6.2 Interacumulador solar

El interacumulador elegido es del fabricante IDROGAS, en concreto el modelo SSB de capacidad de 4000 litros. Depósito productor acumulador de ACS con sistema de serpentines desmontables, en acero inoxidable incorporado. Los modelos SSB con la superficie de intercambio aumentada para un mejor aprovechamiento de la energía solar.

En el acumulador IDROGAS con aislamiento de poliuretano rígido, el forro es siempre opcional ya que no es necesario para su perfecto funcionamiento y prestaciones, cumple exclusivamente una función estética. Al contrario que los acumuladores del mercado con aislamiento flexible en los que el forro de plástico es imprescindible al llevar incorporado el aislamiento.

El equipo consta de un sistema de protección catódica “Correx up”, equipo de protección catódica, libre de mantenimiento, compuesto por ánodo permanente, potencióstato regulador, cableado e instrucciones de conexión y montaje. Sistema incorporado de serie en los modelos vitrificados.

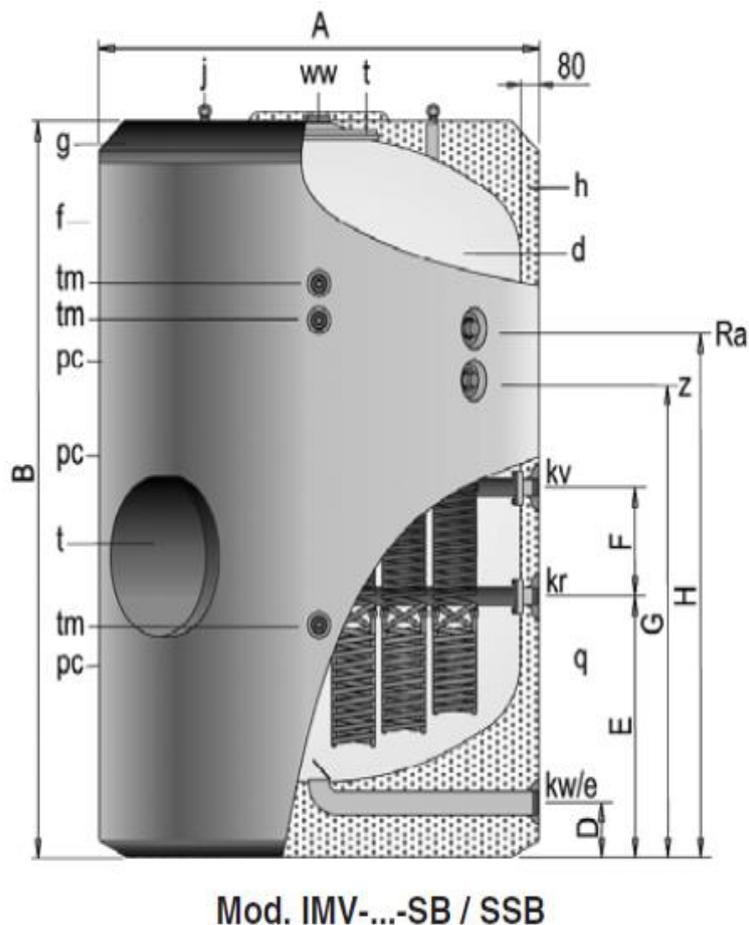


Figura 1.28 Imagen esquemática del interacumulador IDROGAS SSB 4000 l.

A continuación se muestran los datos técnicos:

➤ Capacidad de ACS (l).	4000
➤ Temperatura máxima en continuo depósito de ACS (°C)	90
➤ Presión máxima depósito de ACS (bar)	8
➤ Temperatura máxima circuito de calentamiento (°C)	120
➤ Presión máxima circuito de calentamiento (bar)	25
➤ Número de serpentines -SB/-SSB (und)	10
➤ Superficie de intercambio -SB/-SSB (m ²)	8,4
➤ Peso en vacío (aprox.) -SB/-SSB (kg)	1055

Basándonos en la figura 1.28, las medidas son:

➤ kW/e: Entrada de agua fría/desagüe (")	3
➤ ww: Salida de ACS (")	3
➤ z: recirculación (")	1-1/2
➤ kV: Avance c. primario (")	2
➤ kr: Retorno c. primario (")	2
➤ Ra: Conexión lateral (")	2
➤ tm: conexión vaina sensores (")	3/4
➤ Diámetro exterior: A (mm)	1910
➤ Longitud total: B(mm)	2310
➤ Cota D (mm)	200
➤ Cota E (mm)	960
➤ Cota F (mm)	400

- Cota G (mm) 1355
- Cota H (mm) 1525

1.6.3 Caldera sistema auxiliar

Se ha seleccionado una caldera del fabricante BAXI, exactamente el modelo CPA 100-BTH, de 100 kw de potencia. Se usará como combustible gas natural.



Figura 1.29 Caldera BAXI CPA-100BTH.

- Características principales:
 - Caldera monobloc de chapa de acero fabricada en acero especial para garantizar una larga vida útil
 - Homologada como Baja Temperatura y 3 estrellas de rendimiento según Directiva 92/42/CEE (temp. de retorno: 39 °C gasóleo / 42 °C gas)
 - Posibilidad de acoplamiento de quemador externo de 1 etapa, 2 etapas o modulante
 - Control de caldera mediante regulación electrónica KSF o regulación analógica
 - Disponibilidad de calderas con presión máxima de 8 bar

- Disponibilidad de calderas para montaje in situ, para facilitar su instalación en salas de difícil acceso
- Aptas para su funcionamiento con biomasa
- Protección eléctrica IP 40
- Características técnicas:
 - Combustible gas
 - Presión máxima (bar) 5
 - Potencia útil (kw) 100
 - Rendimiento útil con carga 100% ($T_{med}=70\text{ °C}$) (%) 94,3
 - Rendimiento útil con carga 30% ($T_{med}=40\text{ °C}$) (%) 95,2
 - Sobrepresión cámara de combustión (mm.c.a.) 6
 - Pérdida presión circuito agua ($\Delta t=15\text{ °C}$) (mm.c.a.) 53
 - Peso (kg) 385
 - Capacidad de agua (litros) 170

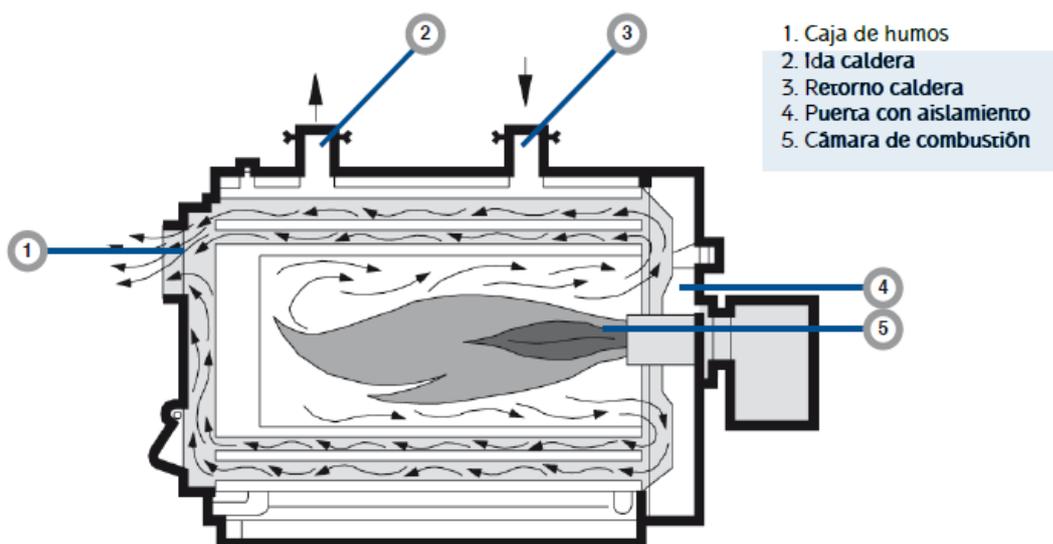


Figura 1.30 Sección caldera.

- Dimensiones

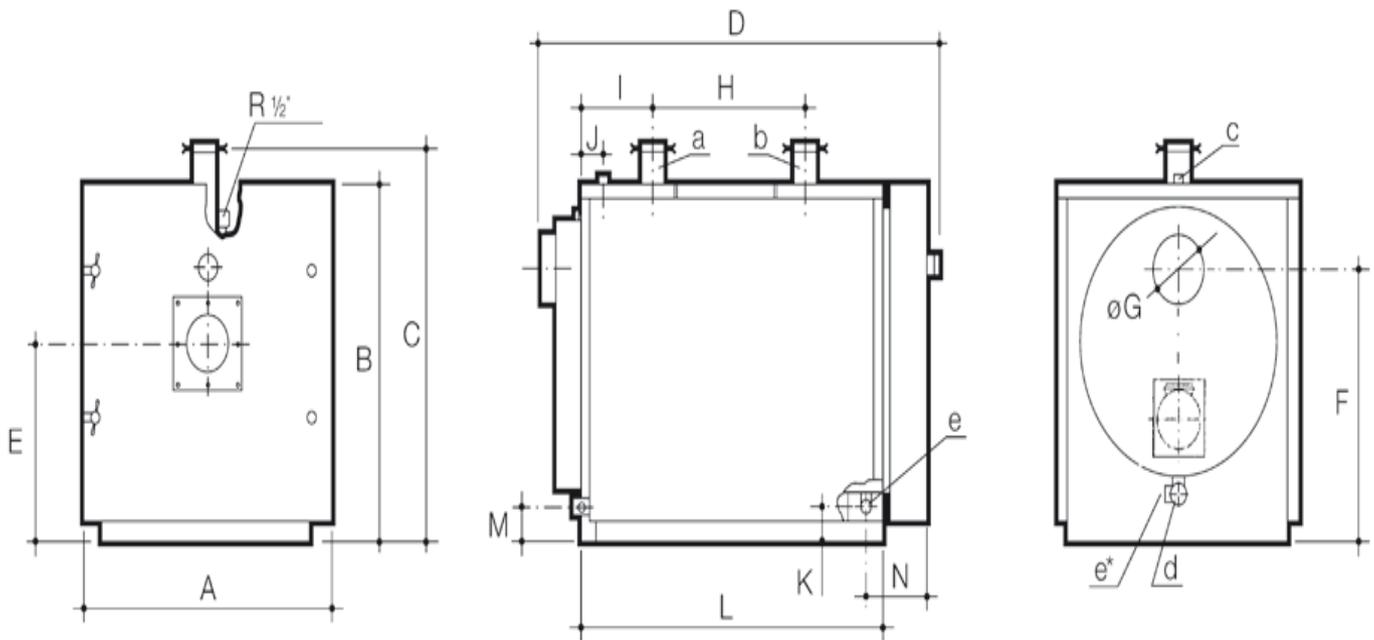


Figura 1.31 Dimensiones de la caldera.

➤ A (mm)	880
➤ B (mm)	940
➤ C (mm)	1015
➤ D (mm)	1394
➤ E (mm)	500
➤ F (mm)	720
➤ GØ (mm)	195
➤ H (mm)	373
➤ I (mm)	240
➤ J (mm)	105
➤ K (m)	-
➤ L (m)	1014

➤ M (mm)	92
➤ N (mm)	-
➤ a ida (Ø interior) (")	DN65
➤ b retorno (Ø interior) (")	DN65
➤ c conexión de seguridad (Ø interior) (")	1-1/2
➤ d conexión de seguridad (Ø interior) (")	1-1/4
➤ e vaciado (Ø interior) (")	1

1.6.4 Interacumulador auxiliar

El interacumulador elegido es del fabricante IDROGAS, en concreto el modelo SSB de capacidad de 2000 litros. Depósito productor acumulador de ACS con sistema de serpentines desmontables, en acero inoxidable incorporado. Los modelos SSB con la superficie de intercambio aumentada para un mejor aprovechamiento de la energía solar.

En el acumulador IDROGAS con aislamiento de poliuretano rígido, el forro es siempre opcional ya que no es necesario para su perfecto funcionamiento y prestaciones, cumple exclusivamente una función estética. Al contrario que los acumuladores del mercado con aislamiento flexible en los que el forro de plástico es imprescindible al llevar incorporado el aislamiento.

El equipo consta de un sistema de protección catódica "Correx up", equipo de protección catódica, libre de mantenimiento, compuesto por ánodo permanente, potencióstato regulador, cableado e instrucciones de conexión y montaje. Sistema incorporado de serie en los modelos vitrificados.

A continuación se muestran los datos técnicos:

➤ Capacidad de ACS (l).	2000
➤ Temperatura máxima en continuo depósito de ACS (°C)	90
➤ Presión máxima depósito de ACS (bar)	8
➤ Temperatura máxima circuito de calentamiento (°C)	120
➤ Presión máxima circuito de calentamiento (bar)	25

- Número de serpentines -SB/-SSB (und) 6
- Superficie de intercambio -SB/-SSB (m2) 5
- Peso en vacío (aprox.) -SB/-SSB (kg) 475

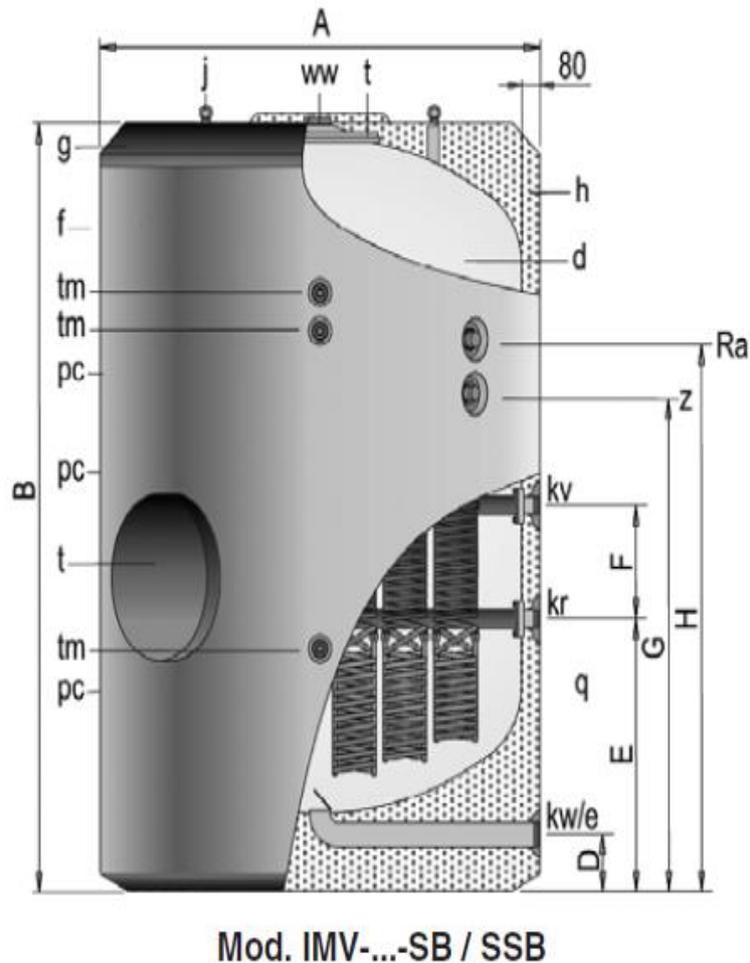


Figura 1.32 Imagen esquemática del interacumulador IDROGAS SSB 4000 l.

Basándonos en la figura 1.32, las medidas son:

- kW/e: Entrada de agua fría/desagüe (") 2
- ww: Salida de ACS (") 2
- z: recirculación (") 1-1/2
- kV: Avance c. primario (") 2
- kr: Retorno c. primario (") 2

➤ Ra: Conexión lateral (‘‘)	2
➤ tm: conexión vaina sensores (‘‘)	3/4
➤ Diámetro exterior: A (mm)	1360
➤ Longitud total: B(mm)	2280
➤ Cota D (mm)	175
➤ Cota E (mm)	825
➤ Cota F (mm)	400
➤ Cota G (mm)	1470
➤ Cota H (mm)	1660

1.6.5 Bomba circuito primario

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.

Las bombas se colocaran en la sala de máquinas que está situada en la planta más baja, por lo que deberá elevar el agua hasta la cubierta. Para nuestro caso, al ser un circuito cerrado, no hay que tener en cuenta la altura que sube el agua, ya que por un lado el agua sube y pierde energía pero por otro baja y gana energía, quedando equilibrado.

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.

Se ha seleccionado una bomba del fabricante WILOS, en concreto el modelo STRATOS PICO-Z 25/1-6, la cual cumple nuestras condiciones de diseño. Se trata de una bomba para ACS de alta eficiencia de rotor húmedo.

Para la elección de dicho modelo se ha utilizado un software del propio fabricante, disponible en su página web www.wilo.es.

Bomba de recirculación de ACS libre de mantenimiento (ejecución de rotor húmedo), con conexión roscada, provista de motor sincrónico resistente al bloqueo con tecnología

ECM y regulación electrónica de potencia integrada para una regulación continua de presión diferencial. Con los máximos rendimientos, alto par de arranque y función de desbloqueo incluida. Apta para todas las instalaciones de agua caliente sanitaria (+2 a +70 °C).

A continuación se muestra una imagen de la bomba en la figura 1.33.



Figura 1.33 Bomba WILOS STRATOS PICO-Z 25/1-6.

De serie con:

- Modos de regulación preseleccionables para un ajuste óptimo de la carga en modo de funcionamiento manual Δp -c (presión diferencial constante).
- Modo de funcionamiento controlado por temperatura.
- Detección de la desinfección térmica del depósito de agua caliente sanitaria.
- Protección de motor integrada.
- Indicación de avería y de funcionamiento (con códigos de fallo).
- Indicación del consumo actual en vatios y los kilovatios-hora acumulados o indicación del caudal y la temperatura actuales.
- Función de reset para restablecer el contador de corriente o los ajustes de fábrica.
- Función bloqueo de teclado para el bloqueo de los ajustes.
- Consumo mínimo sólo 3 W.
- Función de desbloqueo automático.
- Coquilla termoaislante de serie.

A continuación se detallan las características técnicas:

- Datos proyectados:
 - Caudal (l/h) 1465
 - Altura manométrica (m.c.a.) 3,65
 - Fluido Agua con glicol (20%)
 - Temperatura del fluido (°C) 60
 - Densidad (kg/m³) 992,3
 - Viscosidad cinemática (mm²/s) 0,65

- Datos hidráulicos
 - Caudal (l/h) 1465
 - Altura manométrica (m.c.a.) 3,65
 - Potencia absorbida (kW) 0.03

- Datos de la bomba
 - Modo operativo dp-c
 - Presión máxima de trabajo (MPa) 1
 - Temperatura del fluido (°C) 2-70
 - Máx. temperatura ambiente (°C) 40

- Datos del motor
 - Tipo de protección: IP X4D
 - Clase de aislamiento: F
 - Alimentación eléctrica (Hz) 1~230 V, 50
 - Tolerancia admisible (%) 10

- Velocidad máx. (1/min) 4200
- Velocidad (rpm) 1200 - 4200
- Potencia absorbida (kW) 0,04
- Intensidad absorbida (A) 0,49
- Protección de motor no requerida(resistente al bloqueo)

• Medidas de acoplamiento

- Conexión de tubería del lado de aspiración (") 1-1/2
- Conexión de tubería del lado de impulsión (") 1-1/2
- Longitud (mm) 180

• Materiales

- Carcasa de la bomba: Acero inoxidable
- Rodete: Plástico (PPE/PS - 30 % GF)
- Eje de la bomba: Acero inoxidable
- Cojinete: Carbono, impregnado con resina sintética

En la figura 1.34 se adjunta una figura esquemática con las medidas de la bomba.

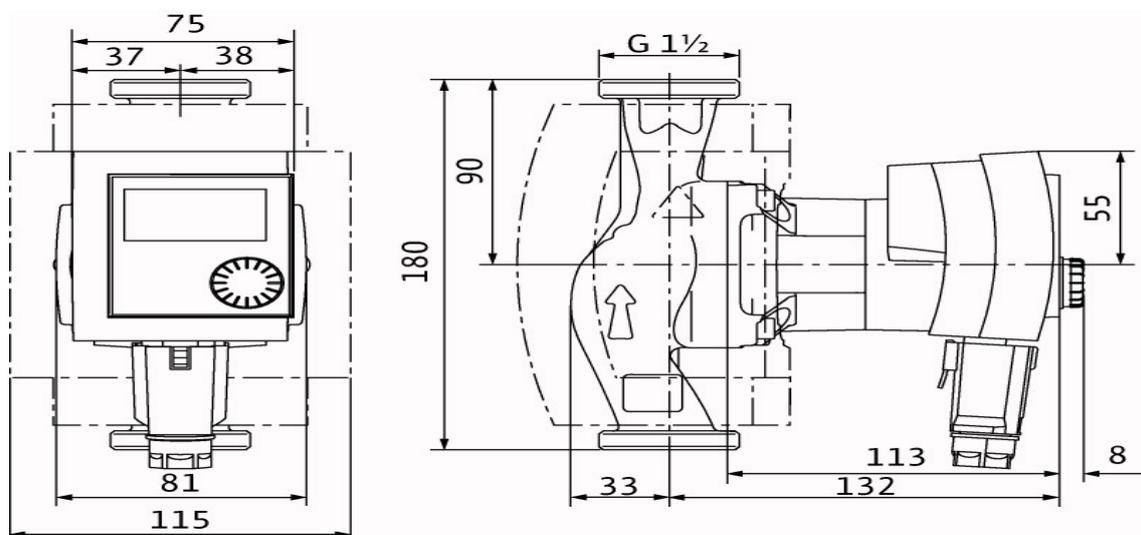


Figura 1.34 Medidas bomba WILOS STRATOS PICO-Z 25/1-6.

Las curvas características se adjuntan en la figura 1.35.

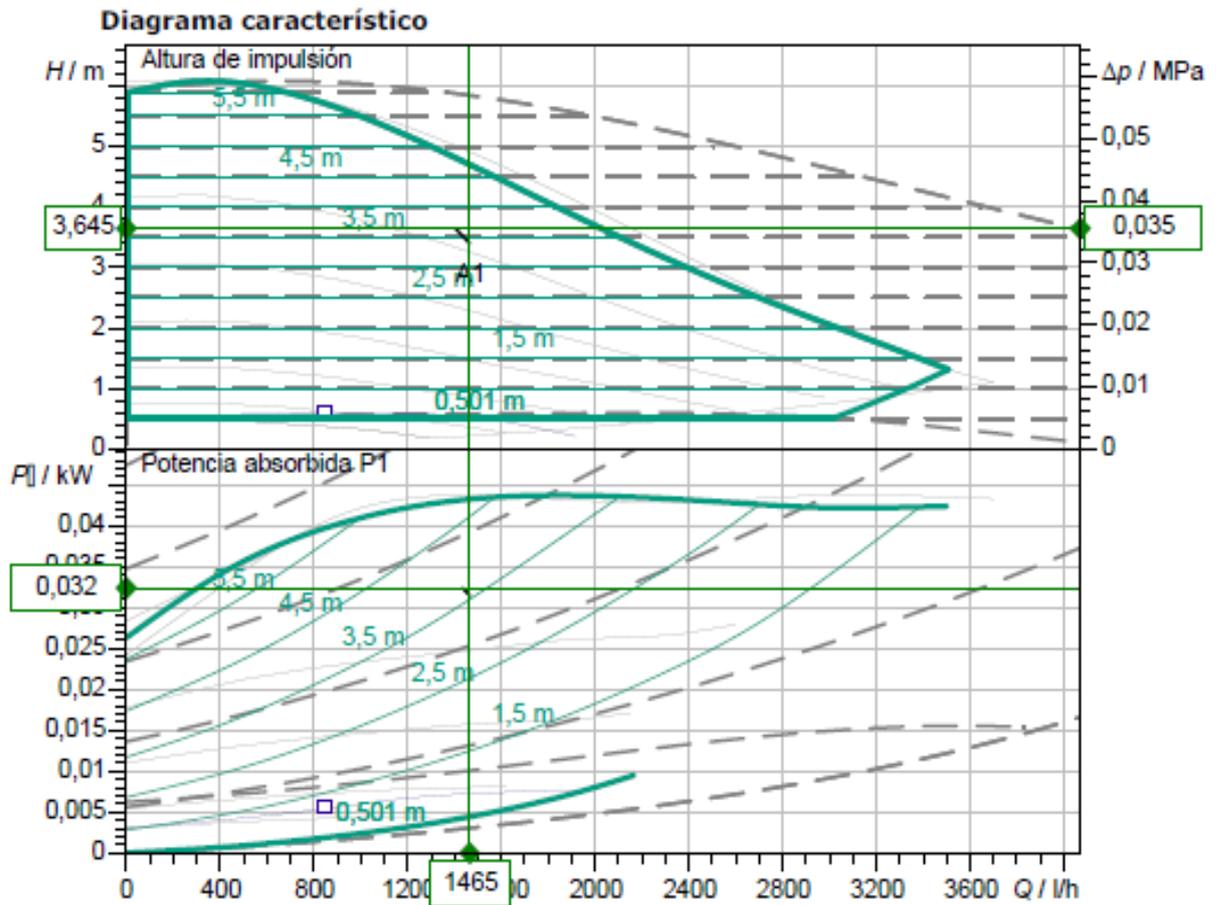


Figura 1.35 Curvas características de la bomba WILOS STRATOS PICO-Z 25/1-6.

En la figura 1.36 se adjunta una figura esquemática con el conexionado eléctrico.

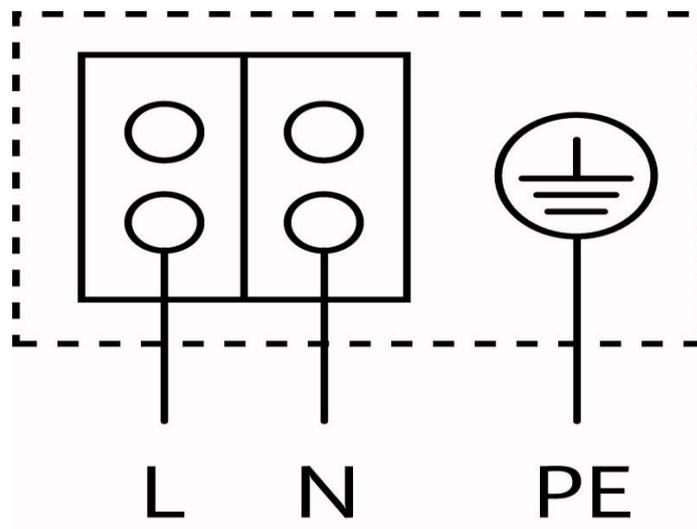


Figura 1.36 Conexionado de la bomba WILOS STRATOS PICO-Z 25/1-6.

1.6.6 Bomba circuito auxiliar

De forma análoga a la bomba de circuito primario, se ha seleccionado una bomba del fabricante WILOS, en concreto el modelo Star-Z 20/1 PN 10.

Bomba de recirculación de ACS, bomba de rotor húmedo de velocidad constante para el montaje en tubería. Motor resistente al bloqueo. Carcasa de la bomba de latón rojo, rodete de plástico reforzado con fibra de vidrio, eje de cerámica con cojinetes de deslizamiento de carbón impregnados de resina.



Figura 1.37 Bomba WILOS Star-Z 20/1 PN 10.

De serie con:

- Bombas monofásicas con conexión eléctrica rápida
- Todos los componentes de material sintético que están en contacto con el fluido cumplen los requisitos KTW
- Aislamiento térmico de serie para Star-Z 15 TT.
- Star-Z 15 TT con reloj conmutador integrado y termostato, pantalla LCD con lenguaje mediante símbolos, tecnología de botón rojo y reconocimiento automático de desinfección térmica del depósito de agua caliente sanitaria, así

como válvula de corte de esfera en el lado de aspiración y válvula antirretorno en el lado de impulsión.

- Asiento de llave en el cuerpo de la bomba (sólo Star- Z 25)
- Entrada del cable posible en los dos lados (sólo Star-Z 20, Star-Z 25)
- Conexión rápida con bornes de muelle
- Motor resistente al bloqueo
- Válvula antirretorno integrada en el lado de presión (sólo para Star-Z 15 TT)
- Válvula de corte de esfera integrada en el lado de aspiración (sólo para Star-Z 15 TT)
- Incl. reloj conmutador (sólo Z 15 TT)

A continuación se detallan las características técnicas:

- Datos proyectados:
 - Caudal (l/h) 800
 - Altura manométrica (m.c.a.) 0,19
 - Fluido Agua con glicol (20%)
 - Temperatura del fluido (°C) 60
 - Densidad (kg/m³) 992,3
 - Viscosidad cinemática (mm²/s) 0,65
- Datos hidráulicos
 - Caudal (l/h) 800
 - Altura manométrica (m.c.a.) 0,53
 - Potencia absorbida (kW) 0.04
- Datos de la bomba
 - Modo operativo dp-c
 - Presión máxima de trabajo (MPa) 1
 - Temperatura del fluido (°C) 2-65

- Máx. temperatura ambiente (°C) 40
- Datos del motor
 - Tipo de protección: IP 44
 - Clase de aislamiento: F
 - Alimentación eléctrica (Hz) 1~230 V, 50
 - Tolerancia admisible (%) 10
 - Velocidad máx. (1/min) 2700
 - Potencia absorbida (kW) 0,042
 - Intensidad absorbida (A) 0,18
 - Protección de motor no requerida(resistente al bloqueo)
- Medidas de acoplamiento
 - Conexión de tubería del lado de aspiración (") 1
 - Conexión de tubería del lado de impulsión (") 1
 - Longitud (mm) 140
- Materiales
 - Carcasa de la bomba: Latón rojo (CC 499K) según DIN 50930-6, conforme a decreto alemán TrinkwV
 - Rodete: Plástico (PPO)
 - Eje de la bomba: Cerámica de óxido, marrón (Al₂O₃)
 - Cojinete: Carbono, impregnado con resina sintética

En la figura 1.38 se adjunta una figura esquemática con las medidas de la bomba.

Las curvas características se adjuntan en la figura 1.39.

En la figura 1.40 se adjunta una figura esquemática con el conexionado eléctrico.

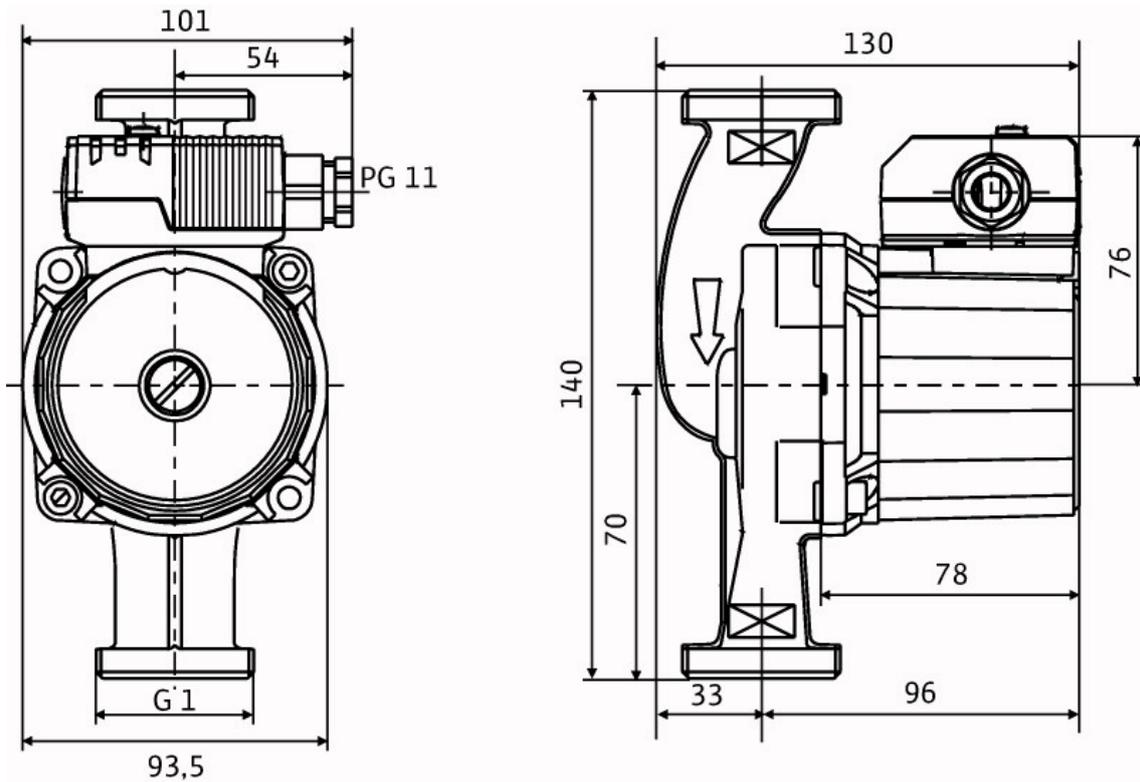


Figura 1.38 Medidas bomba WILOS Star-Z 20/1 PN 10.

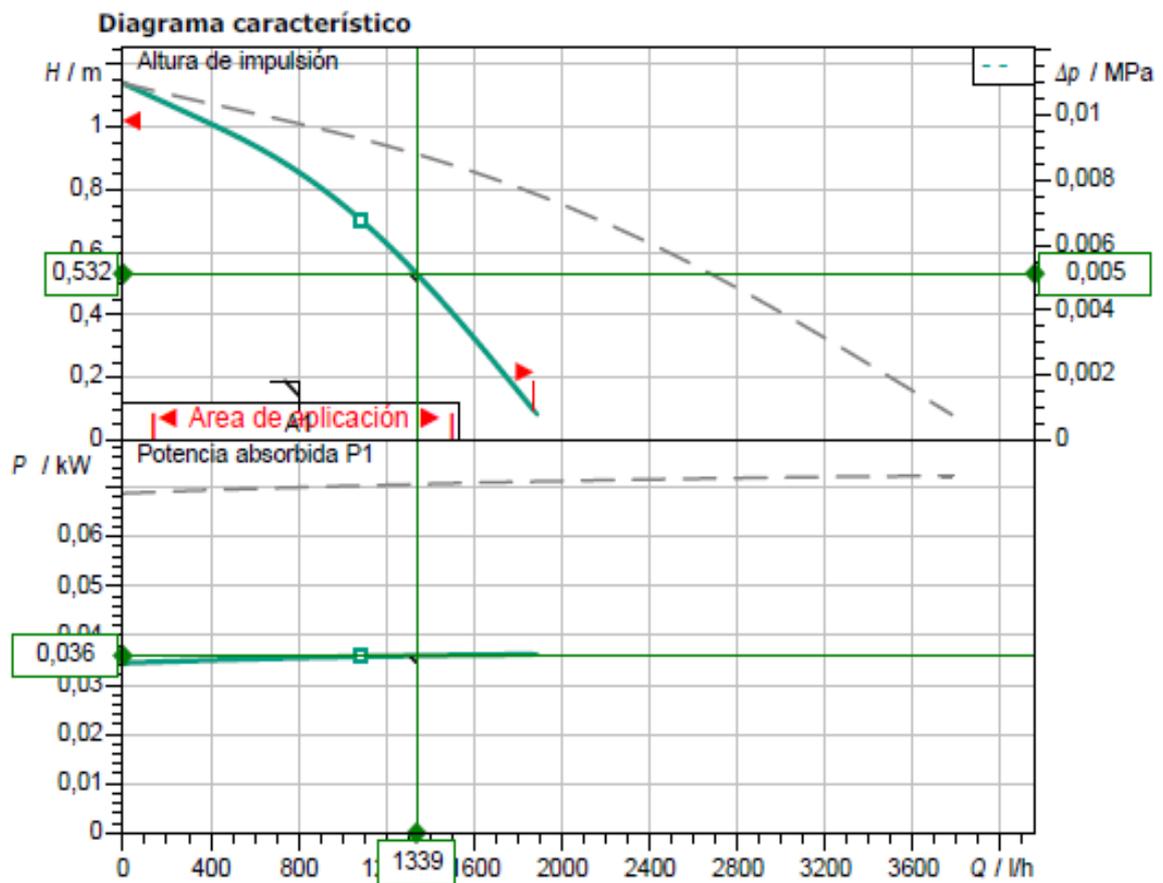


Figura 2.39 Curvas características bomba STAR-Z 20/1 PN 10.

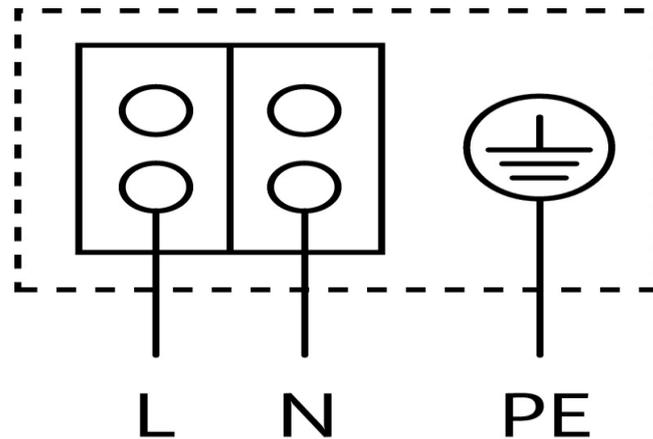


Figura 1.40 Conexión de la bomba WILOS Star-Z 20/1 PN 10.

1.6.7 Vaso de expansión del circuito primario

Se ha seleccionado un vaso de expansión del fabricante *Thermowave* en concreto el modelo *TWB 12LX* de una capacidad de 12 litros. En la figura 1.41 se muestra una imagen de la serie seleccionada.



Figura 1.41 Serie TWB de vasos de expansión

Los vasos de expansión ThermoWave han sido diseñados para satisfacer todas las necesidades de un instalador para Agua Caliente Sanitaria (ACS) convencional.

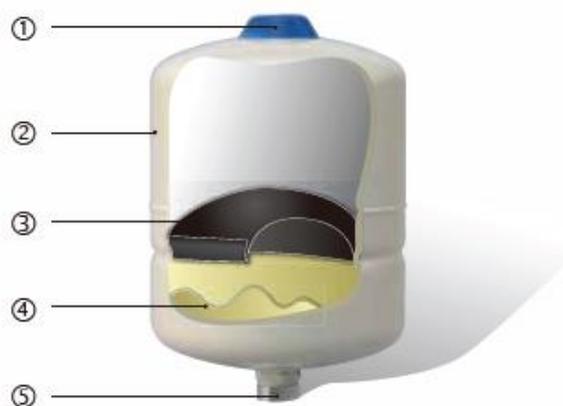
El vaso ThermoWave sigue los estándares de calidad de los acumuladores PressureWave, contiene camisa de polipropileno virgen y membrana de butilo de alto grado certificada por la FDA, garantizando un agua libre de impurezas procedentes del recipiente debido a no estar en contacto directo con la parte metálica exterior.

Esta gama de depósitos puede soportar temperaturas de hasta 90°C. Para facilitar la instalación la conexión es con rosca BSP en inoxidable patentada de 3/4", ideal para instalaciones de este tipo.

Su diseño especialmente riguroso en los puntos de más desgaste y los materiales de alta calidad empleados, aseguran una vida útil de larga duración con una garantía de 5 años contra cualquier defecto de fabricación.

- Características principales
 - Diagrama de alto grado de butilo.
 - Revestimiento de polipropileno virgen.
 - Acabado de pintura de poliuretano sobre una base de epoxi.
 - Libre de fugas de aire con sello de anillo en tapa de válvula de aire.
 - Conexión de agua de acero inoxidable patentada.
 - Exhaustivas pruebas.
 - No requiere mantenimiento.

En la figura 1.42 se adjunta una imagen en la que se puede ver las diferentes partes del vaso de expansión elegido.



- ① Libre de fugas, anillo de sellado en tapa de válvula de aire
- ② Acabado automotriz de pintura de poliuretano sobre una base de epoxi
- ③ Diafragma de Alto grado de butilo
- ④ Revestimiento de polipropileno
- ⑤ Conexión de agua de acero inoxidable patentada

Figura 1.42 Esquema de la serie TWB de vasos de expansión

En la figura 1.43 se adjunta una imagen en la que aparecen las medidas del vaso de expansión elegido.

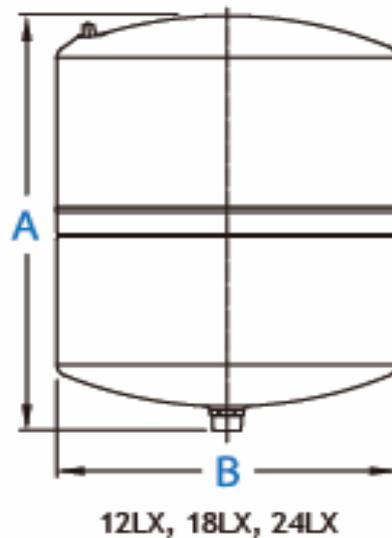


Figura 1.43 Dimensiones del modelo 12LX.

Siendo:

- A=36,2 cm
- B=23 cm

- Especificaciones

- Sistema de conexión: 3/4 “ BSP
- Presión máxima de trabajo: 10 bar
- Pre-carga de fábrica : 1,9 bar
- Temperatura máxima de trabajo: 90°C

1.6.8 Vaso de expansión del circuito auxiliar

Se ha seleccionado un vaso de expansión del mismo fabricante que el circuito primario, *Thermowave* en concreto en este caso el modelo *TWB 4LX* de una capacidad de 4 litros. En la figura 1.44 se muestra una imagen de la serie seleccionada.



Figura 1.44 Serie TWB de vasos de expansión

Los vasos de expansión ThermoWave han sido diseñados para satisfacer todas las necesidades de un instalador para Agua Caliente Sanitaria (ACS) convencional.

El vaso ThermoWave sigue los estándares de calidad de los acumuladores PressureWave, contiene camisa de polipropileno virgen y membrana de butilo de alto grado certificada por la FDA, garantizando un agua libre de impurezas procedentes del recipiente debido a no estar en contacto directo con la parte metálica exterior.

Esta gama de depósitos puede soportar temperaturas de hasta 90°C. Para facilitar la instalación la conexión es con rosca BSP en inoxidable patentada de 3/4", ideal para instalaciones de este tipo.

Su diseño especialmente riguroso en los puntos de más desgaste y los materiales de alta calidad empleados, aseguran una vida útil de larga duración con una garantía de 5 años contra cualquier defecto de fabricación.

- Características principales
 - Diagrama de alto grado de butilo.
 - Revestimiento de polipropileno virgen.
 - Acabado de pintura de poliuretano sobre una base de epoxi.
 - Libre de fugas de aire con sello de anillo en tapa de válvula de aire.
 - Conexión de agua de acero inoxidable patentada.
 - Exhaustivas pruebas.

- No requiere mantenimiento.

En la figura 1.45 se adjunta una imagen en la que se puede ver las diferentes partes del vaso de expansión elegido.



Figura 1.45 Esquema de la serie TWB de vasos de expansión

En la figura 1.46 se adjunta una imagen en la que aparecen las medidas del vaso de expansión elegido.

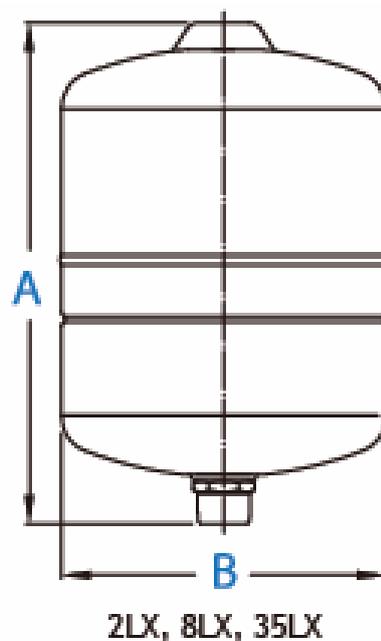


Figura 1.46 Dimensiones del modelo 4LX.

Siendo:

- A=25,8 cm
- B=16,2 cm
- Especificaciones
 - Sistema de conexión: 3/4 “ BSP
 - Presión máxima de trabajo: 10 bar
 - Pre-carga de fábrica : 1,9 bar
 - Temperatura máxima de trabajo: 90°C

1.6.9 Central de control y regulación

Se ha seleccionado un central de control y regulación del fabricante FAGOR, modelo TR 0704. Se puede ver una imagen de esta en la figura 1.47



Figura 1.47 Central de control FAGOR TR 0704.

- Características:
 - Indicación del valor de medición con display gráfico de matriz de puntos.
 - Registro de mediciones a través del registrador de datos integrado.

- 7 Sistemas básicos preprogramados libremente seleccionables.
- Transferencia de datos y parametrización a distancia.
- Fácil programación
- 5 Termostatos programables
- 4 Termostatos diferenciales programables
- Contador de calor y de horas de funcionamiento.
- Ampliable con módulos a través de interfaz de bus de datos con TA 0403.
- Regulación electrónica de rpm.
- Display de LCD con organización de menús.
- Sensor Radiación solar (opcional)
- 3 Contadores de calor (opcional)
- Función antihielo
- Datos técnicos
 - Tensión 230 Volt ($\pm 15\%$), 50 Hz.
 - Consumo de energía $\leq 3,0$ W.
 - 7 entradas: 2 de temperatura (Pt1000) o entrada de radiación y 5 de temperatura (Pt1000) o entrada de impulso para calcular la cantidad de calor.
 - 4 salidas:
 - R1 como salida de conmutación triac regulador de rpm, potencia máx. de 250 W a 230 V.
 - R2 triac regulador de rpm, potencia máx. de 480 W a 230 V.
 - R3 relé, potencia máxima de 800 W a 230 V.
 - R4 relé, potencia máxima de 800 W a 230 V o R4 sin tensión quitar el puente.
 - Las salidas tienen protección contra sobrecarga y cortocircuito.

- Interfaz:
 - IS bus: módulo de ampliación, visualización remota de datos, convertidor CAN-bus.
 - Salida de reporte de mal funcionamiento relé para baja tensión de protección.
 - RS232 interfaz serial para PC/módem para el registro de los datos de medición/transferencia remota de datos.

- Display Dot Matrix Display con 122 x 32 píxel, visualización clara de textos y gráficas..

- Tipo de protección IP 20 / DIN 40050.

- Temperatura ambiental de 0 a + 45 °C.

- Montaje en la pared.

- Peso 570 g.

- Caja de 3 partes de plástico reciclable.

- Dimensiones (largo x ancho x altura) 150 x 215 x 43 mm.

- Sensor de temperatura Pt1000 (4 unidades en la entrega) 1,5 m de cable de silicona, temperatura de servicio hasta 180° C.

1.7 NORMATIVA

1.7.1. Cumplimiento del CTE-HE 4

- Cumplimiento de la contribución solar mínima (Apartado 2.2.1)

La localidad de Santiponce en Sevilla está denominada, según el CTE-HE4, como zona climática V, por lo tanto la instalación debe cumplir una fracción solar mínima del 60%. Según el diseño de la instalación objeto del presente proyecto, la cobertura solar es del 73% por lo que cumple la exigencia de la contribución solar mínima.

- Cumplimiento protección contra sobrecalentamientos (Apartado 2.2.2)

Según el diseño de la instalación, ningún mes del año se supera una fracción solar del 110%. Además, no se supera el 100% de la contribución solar en más de tres meses consecutivos. Por lo tanto no es necesario tomar medidas para evitar sobrecalentamientos ni la instalación de equipos para evacuar el excedente de energía.

- Cumplimiento del límite de pérdidas (Apartado 2.2.3)

El campo solar de la presente instalación tiene una disposición de los captadores de tipo general, por lo que no debe exceder el 10% de pérdidas por orientación e inclinación, un 10% de pérdidas por sombras, y un 15% de pérdidas totales.

El campo solar de la instalación objeto de este proyecto se ha diseñado con una orientación de 5° este y una inclinación de 45° con respecto a la horizontal. Con dichos datos se ha calculado las pérdidas por orientación e inclinación en el apartado 2.4.3, resultando estas de 1,2 %, por lo que cumple el presente apartado.

Debido a que todos los edificios que rodean al hospital tienen menor altura que la cubierta donde está situado el campo de captación, no se producen sombras en los captadores y por consecuencia no se producen pérdidas por sombras.

- Cumplimiento sistemas de acumulación solar y conexión de sistema de generación auxiliar (Apartado 2.2.5)

El sistema de acumulación solar se debe dimensionar en función de la energía que aporta a lo largo del día, y no solo en función de la potencia del generador (captadores solares), por tanto se debe prever una acumulación acorde con la demanda al no ser esta simultánea con la generación.

Para la aplicación de ACS, el área total de los captadores tendrá un valor tal que se cumpla la condición:

$$50 < V/A < 180$$

Donde,

A suma de las áreas de los captadores [m²];

V volumen de la acumulación solar [litros].

Para la instalación diseñada, dicho ratio vale 61,44 l/m² por lo que cumple el presente apartado.

- Cumplimiento cálculo de la demanda (Apartado 4.1)

La demanda energética de agua caliente sanitaria se obtiene siguiendo las directrices de esta sección y con los datos de demanda unitaria con 60°C de referencia, tal como se procese en el apartado 2.3 del presente proyecto.

1.7.2. Cumplimiento del RITE

- Cumplimiento de la IT 1.1.4.3.1. “Preparación de agua caliente para usos sanitarios”

El agua caliente para usos sanitarios se preparará a la temperatura mínima que resulte compatible con su uso considerando las pérdidas en la red de distribución.

- Cumplimiento de la IT 1.2.4.2.1. “Aislamiento térmico”

Todas las tuberías, accesorios y equipos de la instalación estarán aislados térmicamente. Así se evitan consumos energéticos superfluos y los fluidos caloportadores llegan a las unidades terminales con una temperatura próxima a la de salida de producción.

Los espesores de los aislamientos, que aparecen calculados en el apartado 2.2.3 del presente proyecto, cumplen las especificaciones establecidas en el RITE, como se puede observar en el punto 2.11.

Para evitar la congelación del agua en tuberías expuestas a temperaturas menores que la de su punto de fusión se recurre al empleo de una mezcla de agua con anticongelante, se usa una mezcla de 20 % en peso de glicol.

- Cumplimiento de la IT 1.3.4.4.5. “Medición”

La instalación dispone de la instrumentación de medida suficiente para la supervisión de las magnitudes que intervienen de forma fundamental en el funcionamiento de la misma: presión y temperatura. Esta instrumentación se basa en termómetros, termostatos y manómetros.

Los instrumentos de medida se sitúan en lugares visibles y fácilmente medibles para su lectura. Los sensores de temperatura en el circuito de agua penetran en el interior de la tubería a través de una vaina de una sustancia conductora del calor.

Los instrumentos de medición de los que consta la instalación son los siguientes:

- Un manómetro en el vaso de expansión cerrado, situado en el circuito primario del sistema solar.
- Un manómetro en la aspiración y otro en la descarga de las bombas, para una lectura diferencial de la presión.
- Termómetros y manómetros a la entrada y la salida del interacumulador de calor.

- Cumplimiento de la IT 2.3.3. “Sistemas de distribución de agua”

Los diferentes ramales del subsistema solar primario están conectados de forma que el circuito queda equilibrado hidráulicamente con retorno invertido.

Las tuberías estarán situadas en lugares donde sean accesibles a lo largo de su recorrido facilitando su inspección, sobre todo en los tramos principales y de sus accesorios.

- Cumplimiento de la IT 2.3.4. “Control automático”

Los sistemas de control del sistema solar aparecen descritos en el apartado 1.4.6 del presente documento, los cuales cumplen con los requisitos exigibles por la norma: control y limitación de la temperatura.

1.7.2. Cumplimiento de las normas UNE

- UNE 94002

La demanda energética de agua caliente sanitaria se obtiene siguiendo las directrices del apartado 4.1 del CTE, el cual se basa en esta norma. Se toma como datos para los cálculos tanto los consumos unitarios de agua caliente sanitaria como la temperatura del agua fría de la red de distribución en la provincia correspondiente contenidos en esta norma.

- UNE 94003

Para el dimensionamiento del campo de captadores, esta norma proporciona datos de la irradiación global horizontal y temperatura ambiente en la provincia correspondiente.

- UNE 100155

Respecto al vaso de expansión del circuito hidráulico, esta norma muestra un método de cálculo determinado.

- UNE 149201

Para el dimensionamiento de instalaciones de agua para consumo humano dentro de edificios, necesario para el cálculo del volumen de acumulación del sistema auxiliar, tal como se realiza en el apartado 2.9.1.

1.8 BIBLIOGRAFÍA.

- Apuntes de la asignatura Energía solar del Grupo de Termotecnia, Departamento Ingeniería Energética, de la Escuela superior de ingenieros de Sevilla.
- IDAE (Instituto para la diversificación y Ahorro de la Energía). “*Reglamento de instalaciones térmicas en edificios*”. 2013.
- Código técnico de la edificación, sección HE 4 (CTE-HE4) “Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria”. 2013.
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE)
- Aenor: las diferentes normas UNE antes nombradas
- “Instalación de energía solar térmica para producción de agua caliente sanitaria en un hospital”(2014). Autor Alejandro Flores Muñoz. Universidad de Sevilla
- “Proyecto de una instalación de energía solar térmica para producción de agua caliente sanitaria en un edificio de viviendas”(2013). Autor Ana María Moreno pacheco. Universidad de Sevilla
- <http://www.codigotecnico.org/>
- http://www2.fagor.com/es/solar/solar_termica.php
- <http://www.salvadorescoda.com>
- <http://www.baxi.es>
- <http://www.wilo.es>
- <http://www.rockwool.es>
- Catálogo de vaso de expansión ThermoWave.
- <http://erenovable.com/energia-solar-ventajas-y-desventajas/>
- <http://www.solaris.es/>

2. MEMORIA DE CÁLCULO

2.1 INTRODUCCIÓN

En la memoria de cálculo se van a detallar y justificar todos los cálculos realizados en una instalación solar térmica de baja temperatura para la producción de agua caliente sanitaria en una residencia de ancianos de la localidad de Santiponce (Sevilla). Para ello se ha seguido todas las directrices señaladas por las normas españolas correspondientes.

2.2 DATOS DE PARTIDA

La ubicación de la instalación tiene los datos climáticos que se muestran en la tabla 2.1

Edificio	Residencia de ancianos
Localidad	Santiponce (Sevilla)
Altura sobre el nivel del mar	14
Longitud	-6,0435
Latitud	37,26
Número de camas	60
Zona climática	V

Tabla 2.1 Datos climáticos de la instalación.

La demanda energética en instalaciones de agua caliente sanitaria viene dada por tanto por el volumen de consumo diario y las temperaturas de preparación y de agua fría.

En instalaciones existentes para las que se disponga de datos de consumo medidos en años anteriores, se utilizarán estos datos previa justificación de los mismos. En instalaciones, nuevas o existentes, para las que se disponga de datos de consumo de instalaciones similares, podrá utilizarse éstos previa justificación.

En caso de no disponer de datos, se utilizarán para el diseño los consumos unitarios expresados en la tabla 2.2 obtenida del Código técnico de la edificación HE 4, en la que se ha considerado una temperatura de referencia de 60 °C.

A efectos del cálculo de la carga de consumo, los valores de temperatura de agua fría en Sevilla se indican en la tabla 2.3 obtenida del HE 4.

Demanda de referencia a 60 °C

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 2.2 Demanda de ACS unitaria según HE4.

	Altura de referencia	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Sevilla	12	11	11	13	14	16	19	21	21	20	16	13	11

Tabla 2.3. Temperatura del agua fría en Sevilla en °C.

En los casos en los que la localidad (Y) no coincida con la capital de provincia se corregirá la temperatura ambiente diaria media mensual (TambY) según la temperatura de la capital de provincia (TambCP) y la diferencia de altura con respecto a esta ($Az = \text{Altura de la localidad} - \text{Altura de la Capital de provincia}$) mediante la siguiente expresión:

$$TambY = TambCP - B * Az$$

Dónde:

- B = 0,010 para los meses de octubre a marzo;
- B = 0,005 para los meses de abril a septiembre.

Para este caso al tener una altura muy próxima a la de referencia de Sevilla varían muy poco las temperaturas, por lo que utilizaremos la de Sevilla capital, es decir las de la tabla.

Por último la irradiación global diaria media mensual sobre una superficie horizontal (MJ/m^2), basándonos en los datos de la norma UNE 94003 y se muestra en la tabla 2.4.

Mes	Irradiación global diaria media mensual sobre una superficie horizontal (MJ/m^2)
Enero	9,8
Febrero	13,2
Marzo	18,1
Abril	22,1
Mayo	25,2
Junio	28,4
Julio	29,2
Agosto	25,9
Septiembre	20,8
Octubre	14,5
Noviembre	10,5
Diciembre	8,4

Tabla 2.4. Irradiación global diaria media mensual sobre una superficie horizontal.

2.3 CÁLCULO DE LA DEMANDA

La demanda de energía térmica se define como:

$$D_{\text{ACS}} = Q_{\text{ACS}}(T_{\text{ref}}) \cdot \rho \cdot c_p \cdot (T_{\text{ref}} - T_{\text{AF}}) \cdot N$$

Dónde:

- ρ : Densidad del agua (kg/l): 1 kg/l .
- c_p : Calor específico del agua: 4,18 $\text{kJ}/(\text{kg K})$.
- T_{ref} : Temperatura de referencia del agua caliente: 60°C.
- T_{AF} : Temperatura diaria media mensual de agua fría en Sevilla(°C), mostrada en la tabla 2.2 .
- N : Número del días del mes en cuestión, utilizando la tabla 2.5 que se muestra a continuación.

Tras haber realizado todos los cálculos según se ha explicado anteriormente y con los datos de partida, se obtiene la tabla 2.5.:

Mes	Q _{ACS} (l/día)	Días mes	T _{Af} (°C)	T _{ref} (°C)	D _{ACS} (MJ)
Enero	2460	31	11	60	15620
Febrero	2460	28	11	60	14108
Marzo	2460	31	13	60	14982
Abril	2460	30	14	60	14190
Mayo	2460	31	16	60	14026
Junio	2460	30	19	60	12648
Julio	2460	31	21	60	12432
Agosto	2460	31	21	60	12432
Septiembre	2460	30	20	60	12339
Octubre	2460	31	16	60	14026
Noviembre	2460	30	13	60	14499
Diciembre	2460	31	11	60	15620
Demanda anual de ACS					166921

Tabla 2.5 Cálculo de demanda de ACS en la residencia.

2.4 CÁLCULO DE LA SUPERFICIE DE CAPTACIÓN

2.4.1 Irradiación solar sobre el plano del captador

La radiación solar sobre una superficie inclinada se calcula a partir de los valores de radiación solar sobre superficie horizontal, dados en la tabla 2.4 de datos de partida.

Los pasos a seguir serán los siguientes:

1. Calcular la irradiación solar extraterrestre en una superficie horizontal.
2. Hallar el índice de claridad K_t.
3. Descomponer la radiación global diaria media mensual horizontal en sus componentes directa y difusa.
4. Calcular la irradiación global diaria media mensual sobre la superficie inclinada.

Para el primer paso necesitamos la declinación (δ), calculada con la ecuación de Cooper, y el ángulo horario de salida (w_s).

$$\delta = 23.45 \sin \left(360 \frac{284 + n}{365} \right)$$

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

Siendo n el día del año, indicado en la tabla 2.6, y ϕ la latitud, que en este caso es 37° .

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Nº Días	17	47	75	105	135	162	198	228	258	288	318	344
mes												

Tabla 2.6. Número del día del año.

A continuación calcular la irradiación solar extraterrestre en una superficie horizontal con la siguiente fórmula:

$$\bar{H}_0 = \frac{24 \cdot 3600}{\pi} G_{cs} \left(1 + 0.033 \cos \frac{360 n}{365} \right) \left(\frac{\pi w_s}{180} \sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi \sin w_s \right)$$

Siendo G_{cs} la constante solar cuyo valor es 1367 W/m^2 .

Ahora voy a calcular el índice de claridad (\bar{K}_t), definiéndose de la siguiente manera:

$$\bar{K}_t = \frac{\bar{H}}{\bar{H}_0}$$

Siendo:

- \bar{H} : Irradiación global diaria sobre una superficie horizontal.
- \bar{H}_0 : Irradiación solar extraterrestre en una superficie horizontal.

A continuación pasamos a descomponer la irradiación directa (\bar{H}_D) y difusa (\bar{H}_d), para ello utilizaremos las siguientes correlaciones:

Para $w_s \leq 81.4^\circ$ (invierno) y $0.3 \leq \bar{K}_t \leq 0.8$

$$\frac{\bar{H}_d}{\bar{H}} = 1.391 - 3.560 \bar{K}_t + 4.189 \bar{K}_t^2 - 2.137 \bar{K}_t^3$$

Para $w_s > 81.4^\circ$ (invierno) y $0.3 \leq \bar{K}_t \leq 0.8$

$$\frac{\bar{H}_d}{\bar{H}} = 1.311 - 3.022 \bar{K}_t + 3.427 \bar{K}_t^2 - 1.821 \bar{K}_t^3$$

Con esto y con $\bar{H} = \bar{H}_D + \bar{H}_d$ ya tenemos descompuesta la irradiación en directa y en difusa. Obteniéndose la tabla 2.7 con todos los resultados calculados citados anteriormente.

Por último pasamos a calcular la irradiación global diaria media mensual sobre la superficie inclinada, para ello utilizamos la siguiente fórmula:

$$\bar{H}_T = \bar{R}_D \bar{H}_D + \left(\frac{1 + \cos S}{2} \right) \bar{H}_d + \left(\frac{1 - \cos S}{2} \right) \rho_s \bar{H}$$

Mes	Día del año	δ (°)	w_s (°)	\bar{H}_0 : (MJ/m ²)	K_t	H_d (MJ/m ²)	H_D (MJ/m ²)
Enero	17	-20,92	73,26	17,05	0,575	3,16	6,64
Febrero	47	-12,95	80,02	22,23	0,594	4,05	9,15
Marzo	75	-2,42	88,18	28,77	0,629	5,66	12,44
Abril	105	9,41	97,18	35,39	0,625	7,00	15,10
Mayo	135	18,79	104,86	39,89	0,632	7,82	17,38
Junio	162	23,09	108,74	41,66	0,682	7,57	20,83
Julio	198	21,18	106,98	40,70	0,717	6,84	22,36
Agosto	228	13,45	100,39	37,06	0,699	6,51	19,39
Septiembre	258	2,22	91,67	31,11	0,669	5,79	15,01
Octubre	288	-9,60	82,68	24,11	0,601	4,88	9,62
Noviembre	318	-18,91	75,04	18,24	0,576	3,38	7,12
Diciembre	344	-23,05	71,30	15,61	0,538	2,98	5,42

Tabla 2.7 irradiación directa y difusa sobre superficie horizontal.

Donde para superficies orientadas al sur $\pm 15^\circ$, como es en este caso, ya que el **acimut es de 5°** :

$$\bar{R}_D = \frac{\cos(\phi - s) \cos \delta \sin w'_s + \frac{\pi w'_s}{180} \sin(\phi - s) \sin \delta}{\cos \phi \cos \delta \sin w_s + \frac{\pi w_s}{180} \sin \phi \sin \delta}$$

$$w'_s = \min \left\{ \begin{array}{l} \cos^{-1}(-\tan \phi \tan \delta) \\ \cos^{-1}(-\tan(\phi - s) \tan \delta) \end{array} \right.$$

Siendo:

- \bar{H}_T : Irradiación global diaria sobre una superficie inclinada.
- \bar{H}_D : Componente directa de la irradiación global diaria sobre una superficie horizontal.
- \bar{H}_d : Componente difusa de la irradiación global diaria sobre una superficie horizontal.
- S: inclinación de la superficie, **45°** .

Obteniéndose los resultados mostrados en la tabla 2.8:

Mes	Componente directa(MJ/m ²)	Componente difusa(MJ/m ²)	Componente reflejada(MJ/m ²)	\bar{H}_T (MJ/m ²)
Enero	14,3	2,7	0,2	17,28
Febrero	15,7	3,5	0,3	19,52
Marzo	16,4	4,8	0,4	21,62
Abril	15,0	6,0	0,5	21,48
Mayo	13,9	6,7	0,6	21,16
Junio	15,1	6,5	0,6	22,13
Julio	16,9	5,8	0,6	23,34
Agosto	17,5	5,6	0,5	23,63
Septiembre	17,6	4,9	0,5	23,04
Octubre	15,1	4,2	0,4	19,67
Noviembre	14,5	2,9	0,3	17,62
Diciembre	12,5	2,5	0,2	15,29

Tabla 2.8 Cálculo irradiación global diaria media mensual sobre una superficie inclinada.

2.4.2 Inclinación de los captadores.

El CTE HE4 recomienda una inclinación igual a la latitud geográfica si el consumo es constante a lo largo del año, una inclinación igual a la latitud geográfica +10° si la demanda es preferente en invierno y -10° si es preferente en verano.

En este caso, tenemos una demanda más o menos constante pero con unos picos en Diciembre y en Enero (meses de invierno) por lo que cojo una **inclinación de 45°**, unos grados más de inclinación, para que la fracción de demanda cubierta en estos meses no sea muy baja, de esta forma se mantiene más constante la demanda cubierta a lo largo del año.

2.4.3 Pérdidas por sombras, orientación e inclinación

Se van a determinar las pérdidas por orientación e inclinación de los captadores de acuerdo a las pérdidas máximas permisibles, las cuales son un 10 %, indicado en el CTE.

Lo primero es comprobar los límites máximos y mínimos permitidos para que no se superen las pérdidas máximas, para ello nos ayudamos de la figura 2.1, tomada del CTE para una latitud de 41°.

Se ha trazado una línea roja con la orientación de nuestro edificio, -5° . De esta forma se pueden determinar los límites máximo y mínimo.

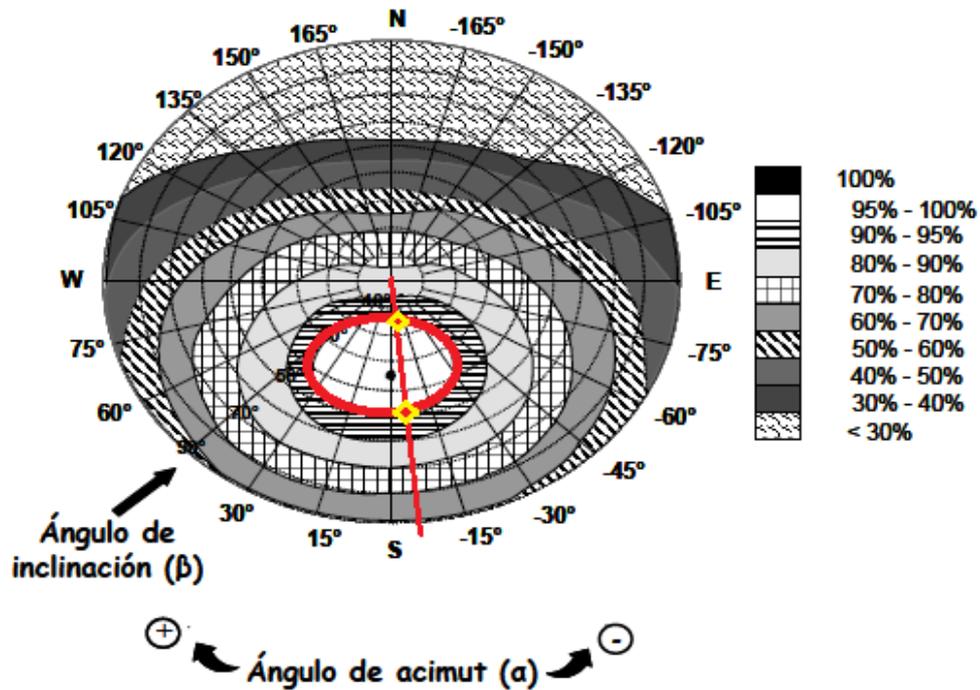


Figura 2.1 Pérdidas por inclinación.

De la figura se obtiene que los límites máximos y mínimos son 59° y 15° respectivamente, Se corregirán los límites de inclinación aceptables en función de la diferencia entre la latitud del lugar en cuestión y la de 41° , de acuerdo a las siguientes fórmulas:

- inclinación máxima = inclinación ($\varphi = 41^\circ$) - (41° - latitud) = 55° ;
- inclinación mínima = inclinación ($\varphi = 41^\circ$) - (41° - latitud); siendo 5° su valor mínimo = 11° .

Como ya he mencionado antes, el ángulo de inclinación de los captadores es de 45° .

Según el CTE en ángulo de inclinación óptimo sería la latitud del lugar, aunque la que hemos tomado cumple perfectamente con las especificaciones. Para cuantificar las pérdidas asociadas a elegir una inclinación distinta de la óptima, el CTE sugiere la siguiente expresión:

$$\text{Pérdidas (\%)} = 100 \cdot 1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \beta_{\text{opt}})^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \alpha^2 = 1,2\% \quad (< 10\%)$$

En cuanto a las pérdidas producidas por las sombras que puedan proyectar elementos en los alrededores de la instalación, para este caso, los captadores están situados en la cubierta del edificio donde no existen obstáculos en los alrededores que puedan proyectar dichas sombras. Por lo tanto, considero estas pérdidas nulas.

2.4.4 Determinación del área de captación

Se ha hecho un estudio paramétrico de la influencia del área de captación en la demanda cubierta (f), para ello utilizamos la herramienta informática CHEQ4. Con ello conseguimos obtener una tabla demanda cubierta-área de captación, obteniéndose de hay una superficie que cumpla los requisitos mínimos del CTE H4.

Los datos de partida para el estudio paramétrico del área de captación del CHEQ4 se muestran en la tabla 2.9.

Localización	
Localidad	Santiponce (Sevilla)
Altura de referencia [m]	0
Configuración	
Sistema seleccionado	Instalación de consumidor único con interacumulador
Demanda	
Edificio	Residencia
Número de personas	60
Campo de captadores	
Captador seleccionado	SOLARIA 2.4 AL AL (Fagor): <ul style="list-style-type: none"> • Área (m²): 2,17 • η: 0,722 • a_1 (W/m²K): 3,39 • a_2 (W/m²K): 0,014 • Q (l/m²h): 45 • K_{50}: 0.86
Orientación [°]	-5
Inclinación [°]	45
Pérdidas por sombreadamiento [%]	0
Porcentaje de anticongelante primario [%]	20
Longitud del circuito primario [m]	50
Diámetro de la tubería primario [mm]	20
Espesor del aislante primario [mm]	25
Tipo de aislante primario	Poliestireno
Tipo de sistema de apoyo	Caldera convencional gas natural
Otros parámetros	
Longitud del circuito de distribución [m]	260
Diámetro de la tubería distribución [mm]	1,2
Espesor del aislante distribución [mm]	25
Tipo de aislante distribución	Poliestireno
Temperatura de distribución [°C]	60

Tabla 2.9 Datos de partida CHEQ 4.

Los valores que fijo son la relación volumen/área de captación (75 l/m²), inclinación (45°) y número de paneles en serie (2), para los que iremos variando el número de captadores para una demanda del 0% al 100% de forma que se pueda observar la evolución. Se obtiene la tabla 2.10

Representando la tabla 2.10 en una gráfica en el que los ejes sean demanda cubierta y superficie de captación se obtiene la figura 2.2.

Nº de captadores	Nº en serie	Superficie(m ²)	Volumen acumulación(l)	Aporte solar (kWh)	Demanda cubierta (%)
2	2	4,34	325,5	2238	4,7
4	2	8,68	651	5197	10,9
8	2	17,36	1302	11264	23,6
12	2	26,04	1953	17128	36,0
16	2	34,72	2604	22407	47,0
18	2	39,06	2929,5	24827	52,1
20	2	43,4	3255	27089	56,9
22	2	47,74	3580,5	29186	61,3
24	2	52,08	3906	31130	65,3
26	2	56,42	4231,5	32936	69,1
28	2	60,76	4557	34565	72,6
30	2	65,1	4882,5	36043	75,7
32	2	69,44	5208	37429	78,6
34	2	73,78	5533,5	38968	81,8
36	2	78,12	5859	40074	84,1
38	2	82,46	6184,5	41306	86,7
40	2	86,8	6510	42558	89,3
42	2	91,14	6835,5	43868	92,1
44	2	95,48	7161	44849	94,1
46	2	99,82	7486,5	45455	95,4
48	2	104,16	7812	46043	96,6
50	2	108,5	8137,5	46521	97,7
52	2	112,84	8463	46883	98,4
54	2	117,18	8788,5	47142	99,0
56	2	121,52	9114	47274	99,2

Tabla 2.10 Paramétrica Demanda cubierta- Superficie.

La norma obliga a cubrir más del 60 % de la demanda anual por lo que sería suficiente con una superficie de 47,74 m² pero al disponer de más superficie en la cubierta y de modo que se use menos el sistema auxiliar se coge una superficie de **65,1 m²** que cubre una demanda de 76 %.

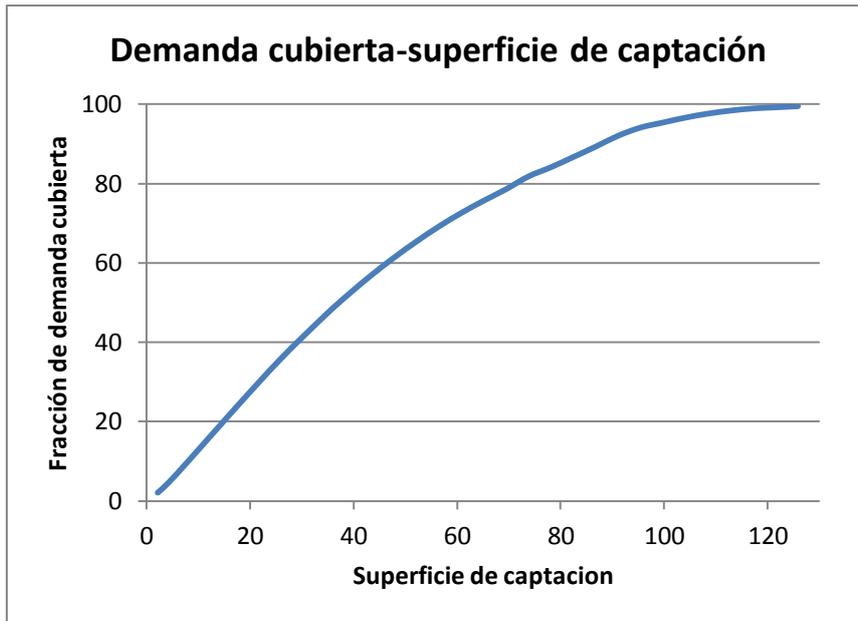


Figura 2.2 Demanda cubierta- Superficie.

A continuación en la imagen 2.3 y 2.4 se muestran los datos obtenidos del CHEQ 4 para los datos de la superficie de captación elegida y los datos antes dichos.

Fracción Solar (%)	Demanda neta (kWh)	Demanda bruta (kWh)	Aporte solar (kWh)	Cons. auxiliar (kWh)	Reducción CO2 (kg)
76	46.367	47.640	36.043	12.408	7.780

Figura 2.3 Tabla de resultados de CHEQ4.

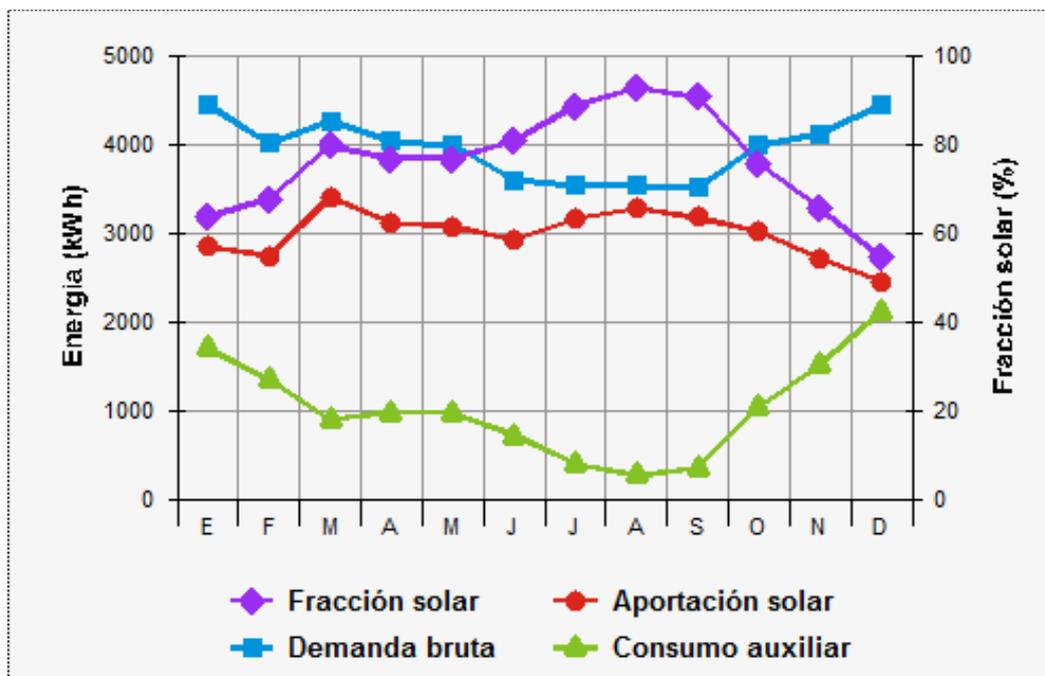


Figura 2.4 Gráfica de resultados de CHEQ4.

2.4.5 Conexión serie/paralelo de los captadores

Una vez tenemos el número de captadores seleccionado, lo siguiente es ver cuál va a ser la conexión entre ellos, ya que esto afecta al rendimiento de la instalación y a la fracción de demanda cubierta. Para ello, y con ayuda del CHEQ4, vamos a hacer un estudio paramétrico del número de captadores en serie.

En este caso, los valores que permanecen fijos son la relación volumen de acumulación/área de captación (75 l/m^2), inclinación (45°), número de paneles (30) y los datos de partida del CHEQ4 del apartado 2.4.4, para los que iremos variando el número de paneles en serie.

Obteniéndose la tabla 2.11.

Captadores en serie	Demanda cubierta (%)
1	84,1
2	75,7
3	66,8
5	50,7

Tabla 2.11 Paramétrica Demanda cubierta-captadores en serie.

Representando esta tabla en una gráfica en el que los ejes sean demanda cubierta y número de captadores en serie se obtiene la figura 2.5.

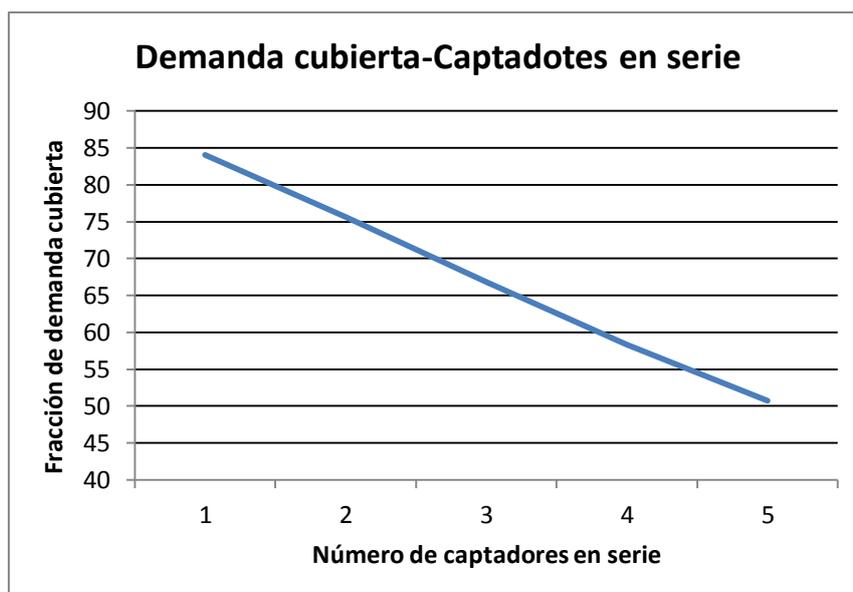


Figura 2.5 Demanda cubierta- Número de captadores en serie

A la vista de la gráfica se observa que a medida que aumenta el número de captadores en serie disminuye la fracción de demanda cubierta por la instalación. A vista de esto de esto y para disminuir el caudal del primario, se elige **dos captadores en serie**.

Los captadores se distribuyen de forma que no se produzcan sombras en ellos, en la cubierta de este edificio hay una leve construcción con la que hay que tener cuidado a la hora de colocar los captadores. A continuación en la imagen 2.7 se muestra la distribución de los captadores en la cubierta del edificio. Estos se han colocado en la zona central del edificio de forma que la pérdida de carga en el circuito primario sea menor, ya que las tuberías tienen que bajar hasta la planta baja por los huecos de las instalaciones

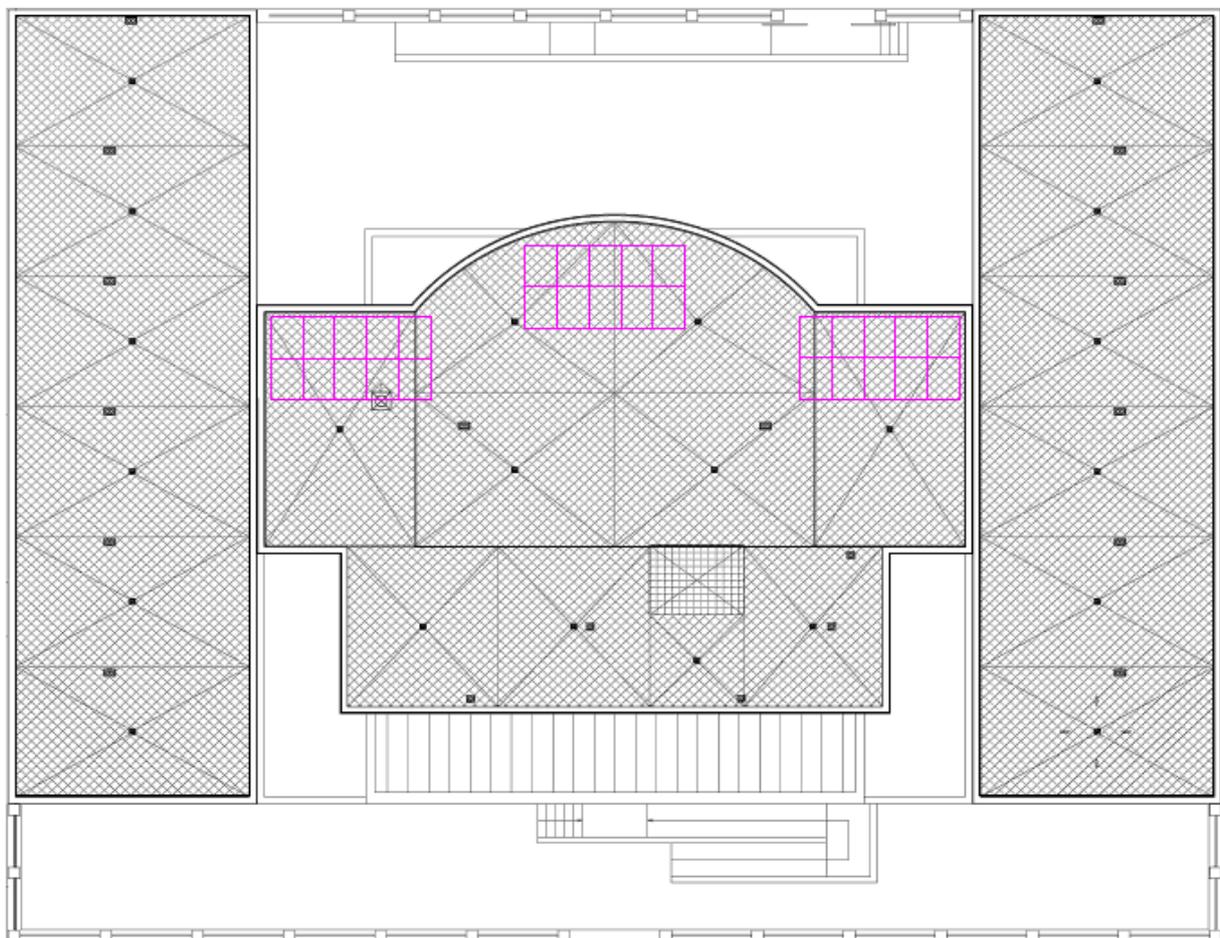


Figura 2.6 Cubierta con captadores.

2.4.6 Resumen superficie de captación.

En este apartado se resumen todos los cálculos realizados en el apartado 2.4, respecto a la superficie de captación de la instalación, de forma que se visualice la selección de los parámetros:

- Acimut: 5° hacia el Este.
- Inclinación de la superficie: 45°.
- Pérdidas por inclinación y orientación: 1,2 %.
- Número de captadores: 30.
- Superficie de captación total: 65,1 m².
- Captadores en serie: 2.
- V/A: 75 l/ m² (Se coge este valor aleatoriamente, después se calcula)

Con estos parámetros y los datos de partida de la tabla 2.9 se obtiene del CHEQ4 los resultados del apartado 2.4.4, ya que en este apartado se eligieron dos captadores en serie aleatoriamente, se muestran en las figuras 2.3 y 2.4.

2.5 CÁLCULO DEL VOLUMEN DE ACUMULACIÓN

En este apartado se calcula el volumen del interacumulador. El CTE H4 obliga a tener una relación volumen de acumulación-superficie de captación (V/A) comprendida entre $50 < V/A < 180$.

Para el cálculo del volumen de acumulador se a realizar un estudio paramétrico, para ello utilizaremos los datos de partida del CHEQ4 del apartado 2.4.4, además de la superficie de captación seleccionada en dicho apartado, el número de captadores en serie elegido en el apartado 2.4.5 y una inclinación de 45°. Estos valores los dejaremos fijos e iremos variando V/A desde 50 hasta 180.

Por otra parte, el sistema de acumulación solar se debe dimensionar en función de la energía que aporta a lo largo del día, y no solo en función de la potencia del generador (captadores solares), por tanto se debe prever una acumulación acorde con la demanda al no ser esta simultánea con la generación.

Obteniéndose la tabla 2.12.

Representando esta tabla en una gráfica en el que los ejes sean demanda cubierta y volumen de acumulación se obtiene la figura 2.7.

A la vista de los resultados, se observa que el volumen de acumulación no influye tanto como el número de captadores en serie o la superficie de captación. Por lo que se selecciona un volumen de 4000 l, que da un número índice de 61,44 l/m².

Se muestran los resultados del CHEQ4 en las figuras 2.8 y 2.9.

Nº de captadores	Superficie (m2)	V/A	Volumen acumulación (l)	Demanda cubierta (%)
30	65,1	50	3255	71,9
30	65,1	60	3906	73,3
30	65,1	70	4557	74,9
30	65,1	80	5208	76,4
30	65,1	90	5859	78,0
30	65,1	100	6510	79,7
30	65,1	110	7161	81,3
30	65,1	120	7812	82,9
30	65,1	130	8463	84,4
30	65,1	140	9114	85,7
30	65,1	150	9765	87,0
30	65,1	160	10416	88,3
30	65,1	170	11067	89,7
30	65,1	180	11718	91,0

Tabla 2.12 Paramétrica Demanda cubierta-volumen acumulación.

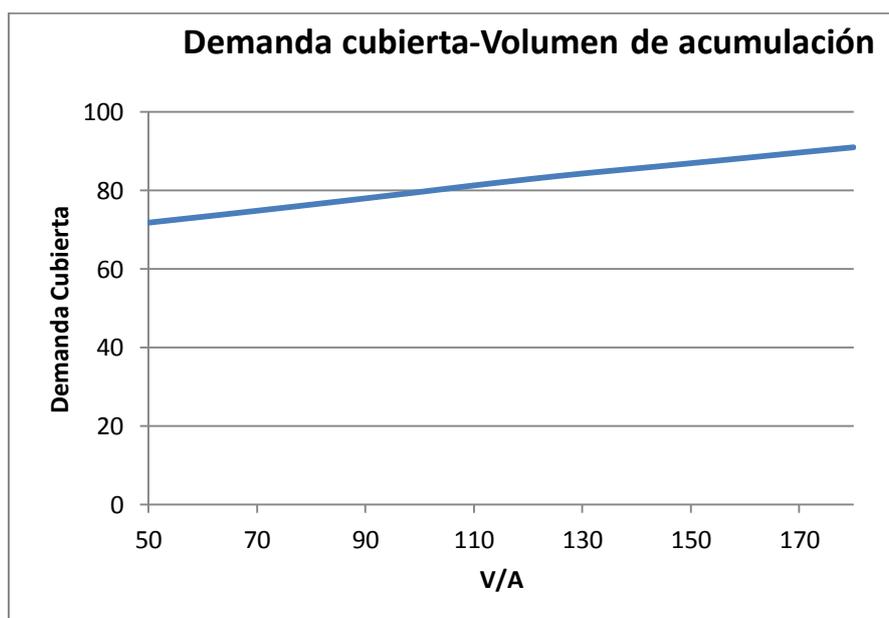


Figura 2.7 Demanda cubierta- Volumen de acumulación

Fracción Solar (%)	Demanda neta (kWh)	Demanda bruta (kWh)	Aporte solar (kWh)	Cons. auxiliar (kWh)	Reducción CO2 (kg)
74	46.367	47.640	35.048	13.473	7.565

Figura 2.8 Tabla de resultados de CHEQ4.

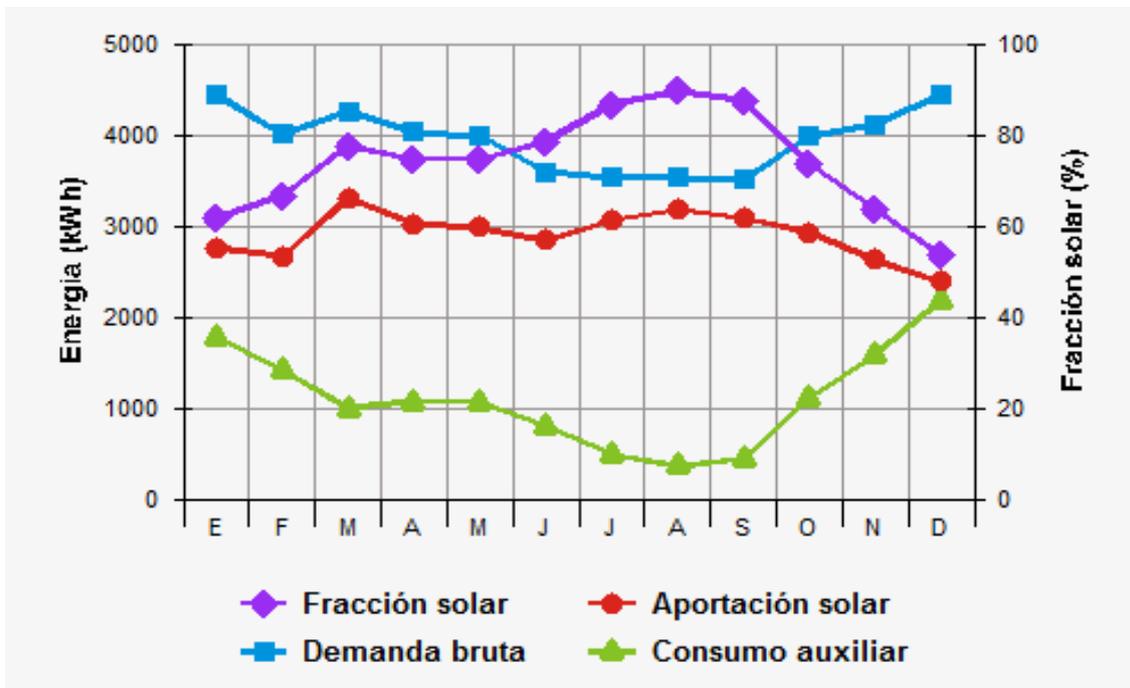


Figura 2.9 Gráfica de resultados de CHEQ4.

2.6 CÁLCULO DE LA RED DE TUBERÍAS

El circuito hidráulico se realizará en cobre, cumpliendo la ISO/TR 10217 y la UNE-EN 806-1, material que se ha elegido por tener unas altas prestaciones en cuanto a resistencia a corrosión, maleabilidad, ductilidad e inocuidad, además de ser económicamente muy competitivo.

En el diseño de la red de tuberías se ha tratado de limitar al máximo las pérdidas térmicas, buscando los trazados de menor longitud y limitar en todo lo posible las pérdidas de carga evitando codos o accesorios innecesarios, del mismo modo, los captadores se han colocado en la parte central del edificio de forma que se utilice la mínima tubería posible.

La conexión se realiza de manera que el circuito quede equilibrado hidráulicamente con retorno invertido. Los captadores se disponen de cuatro manguitos de conexión que se conectan entre sí, como se puede observar en la figura 2.10.

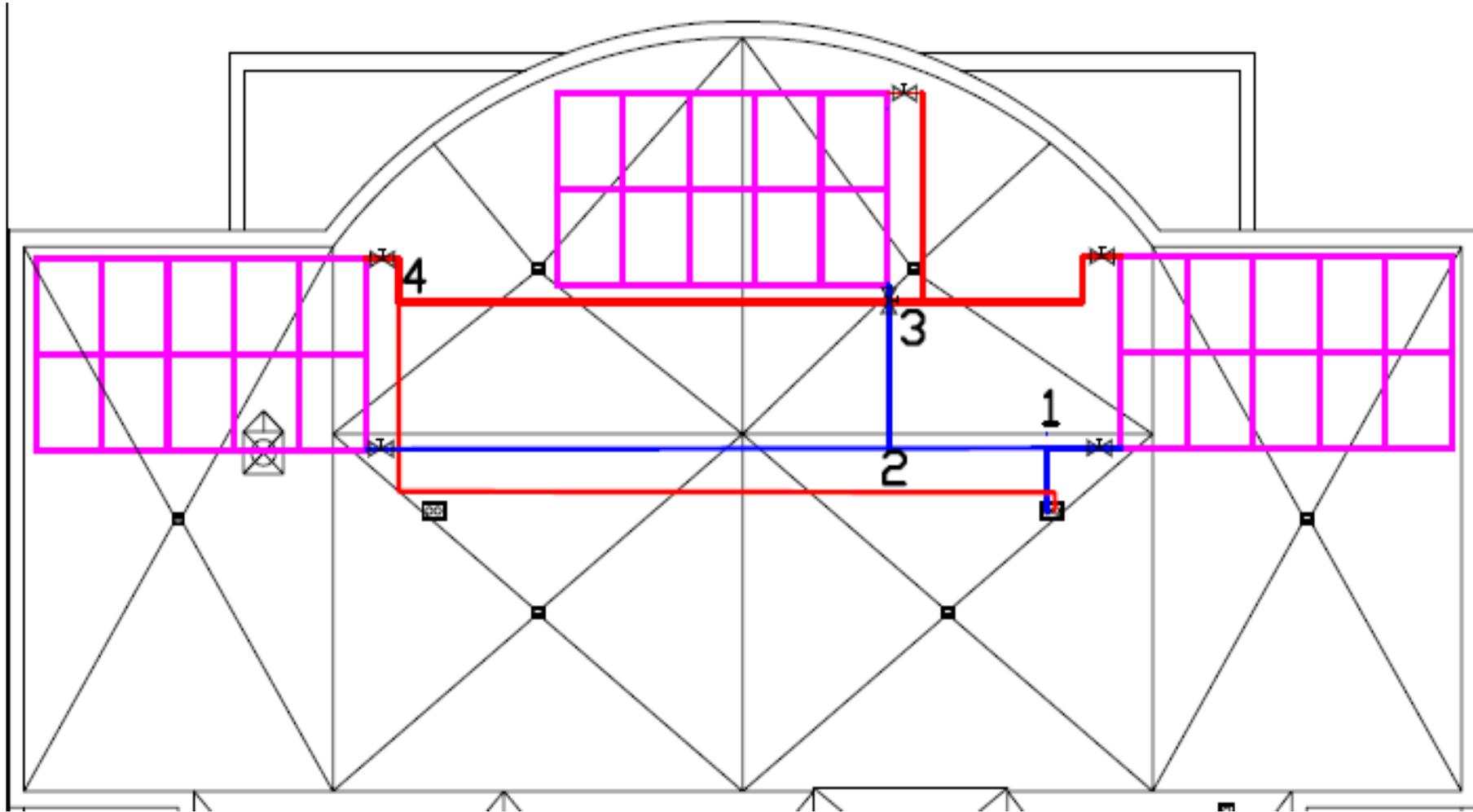


Figura 2.10 Posición captadores, tuberías y nodos.

Los valores de diseño del circuito primario que se han considerado son:

- Velocidad en las tuberías < 1,2 m/s.
- Caudal aproximado de 22 l/h por m².
- Pérdida de carga admisible en las tuberías por metro lineal < 400 Pa/m de superficie captadora.

Por lo que comprobaremos estos valores para los diámetros de los cuales tenemos la longitud equivalente, eligiendo el primero que este dentro de las consideraciones elegidas. La comparación se observa en la tabla 2.13 y tabla 2.14

Pérdida de carga de presión por diámetro (Pa/m)								
Diámetro(")	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	2,00	2,50	3,00
Diámetro(mm)	12,70	19,05	25,40	31,75	38,10	50,80	63,50	76,20
1.465 (l/h)	9557,76	1378,22	350,81	121,72	51,34	13,19	4,61	1,96
976,67 (l/h)	4669,59	678,27	173,48	60,42	25,56	6,60	2,32	0,98
488,33 (l/h)	1392,70	204,86	52,86	18,54	7,87	1,66	0,45	0,21

Tabla 2.13 Comparación de pérdidas de carga para cada caudal según los diferentes diámetros.

Velocidad por diámetro (m/s)								
Diámetro(")	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	2,00	2,50	3,00
Diámetro(mm)	12,70	19,05	25,40	31,75	38,10	50,80	63,50	76,20
1.465 (l/h)	3,21	1,43	0,80	0,51	0,36	0,20	0,13	0,09
976,67 (l/h)	2,14	0,95	0,54	0,34	0,24	0,13	0,09	0,06
488,33 (l/h)	1,07	0,48	0,27	0,17	0,12	0,07	0,04	0,03

Tabla 2.14 Comparación de velocidades para cada caudal según los diferentes diámetros.

A partir de los datos de la tabla, cogemos el valor que esta sombreado en amarillo, siendo el inmediatamente inferior a los criterios seleccionados.

El dimensionamiento de la red de tuberías del circuito primario se realizará tanto para el retorno como para la impulsión teniéndose en cuenta para los cálculos de los diámetros de las conducciones las pérdidas de carga en todos los accesorios que componen el circuito.

Para la perdida de carga de las tuberías del circuito primario se ha realizado con una hoja de cálculo que facilita notablemente los cálculos. Dicha hoja Excel calcula la pérdida de carga por metro de tubería lineal en función del material de la tubería, la temperatura del fluido, el diámetro de la tubería y el caudal.

Para el cálculo de la longitud equivalente de la pérdida de carga de los accesorios perteneciente al circuito tales como codos, curvas, válvulas, etc, he utilizado la tabla

2.15, la cual es para tuberías soldadas de cobre, la cual he utilizado como he dicho anteriormente.

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

Tabla 2.15 Longitud equivalente de accesorios en tuberías de cobre.

Con todo lo anteriormente dicho he elaborado la tabla 2.16, en la cual vienen calculadas las pérdidas de presión de cada tramo, distancia entre nodos. Dichos nodos están definidos en la figura 2.10.

Tramos	L(m)	V(l/h)	D(mm)	Vel (m/s)	Dp (Pa/m)	L_eq (m)	Dp_t (Pa)	Dp_a (Pa)	Dp_eq (Pa)	Dp_total (Pa)
Bomba-1	34,0	1465,0	25,4	0,8	350,8	4,9	11938,2	1722,5	0,0	13660,7
1-3	5,7	488,3	19,1	0,5	204,9	2,4	1177,8	499,9	1648,1	3325,7
1-2	2,3	976,7	25,4	0,5	173,5	1,2	396,8	201,2	0,0	598,0
2-3	6,1	488,3	19,1	0,5	204,9	2,2	1254,4	440,4	1648,1	3342,9
2-4	9,9	488,3	19,1	0,5	204,9	2,0	2018,6	399,5	1648,1	4066,2
3-4	8,4	976,7	25,4	0,5	173,5	1,2	1456,2	201,2	0,0	1657,4
4-Bomba	42,0	1465,0	25,4	0,8	350,8	3,0	14724,7	1066,5	0,0	15791,2

Tabla 2.16 Pérdida de carga de cada tramo.

Siendo:

- L: Longitud lineal del tramo, en metros.
- V: Caudal de fluido que pasa por ese tramo, en litros/horas.

- D: Diámetro interior de la tubería, una columna en milímetros.
- Vel.: Velocidad del fluido, en metros/segundos.
- Dp: Pérdida de carga en las tuberías por metro lineal, en Pascales/metros.
- L_eq: Longitud equivalente de la pérdidas de carga de accesorios, en metros.
- Dp_t: Pérdida de carga en las tuberías, en Pascales.
- Dp_a: Pérdida de carga en accesorios, en Pascales.
- Dp_eq: Pérdida de carga en equipos, en este caso en los captadores, en Pascales.
- Dp_total: Pérdida de carga total en el tramo, en Pascales.

Para la pérdida de carga en los captadores, se utiliza una expresión dada por el fabricante en el catálogo del captador, dicha ecuación depende del caudal(l/min) que pase por él:

$$\Delta p_{eq} = 1,85 \cdot q^2 + 7,32 \cdot q = 1648,1 \text{ Pa}$$

Con esto podemos formar los tres circuitos, uno para cada grupo de diez captadores, tal como se observa en la figura 2.10. De forma que la pérdida de carga de cada circuito será la suma de los tramos que forman parte de él. En la tabla 2.17 se puede ver la pérdida en cada circuito, así como la diferencia con el circuito de menos pérdida, el cual es el circuito dos, como el porcentaje que significa dicha diferencia. Si este porcentaje fuera mayor que el 5% habría que equilibrar, cosa que no ocurre en nuestro caso, ya que ambos son inferiores. Estas diferencias son tan pequeñas debido a que se ha utilizado el método de retorno invertido.

Circuitos	Pérdida de presión (Pa)	Diferencia con la pérdida máxima (Pa)	(%)
1	34435,00	615,18	1,79
2	35050,19	0,00	0,00
3	34116,06	934,13	2,74

Tabla 2.17 Caminos del circuito primario.

La pérdida de carga que tendrá que vencer el grupo de bombeo del circuito primario será la del camino más desfavorable, es decir, la del camino con mayor pérdida de carga, en este caso se trata del camino 2, que se refiere al grupo de captadores del centro. Para ello se calculan las pérdidas de carga de todos los caminos desde la descarga de la bomba hasta cada una de las unidades terminales, en este caso las baterías de captadores, y su retorno hasta la aspiración de la bomba sumando las pérdidas de carga de los tramos que conforman cada circuito.

2.7 CÁLCULO DE LOS EQUIPOS DE INTERCAMBIO

Se ha seleccionado interacumuladores, intercambiadores incorporados al acumulador (serpentín), puesto que los intercambiadores de placas externos tienen mayores pérdidas y se necesita añadir una segunda bomba de circulación aumentando el coste de la instalación.

Para saber si la selección del modelo que hemos escogido es correcta o suficiente para nuestra instalación tendremos que evaluar una serie de aspectos que son:

- Caudales de diseño
- Superficie de intercambio
- Potencia de intercambio
- Temperatura de los circuitos primario y secundario

El CTE fija la superficie mínima de diseño del intercambiador S en metros cuadrados, la cual está en función de la superficie de captación (A), de forma que se cumpla la siguiente ecuación:

$$S \geq 0.15 * A \text{ m}^2$$

Por consiguiente para un área de captadores de $47,74 \text{ m}^2$, la superficie mínima de intercambio a tener en cuenta será de:

$$S \geq 7.161 \text{ m}^2$$

Para la evaluación del intercambiador se seguirá el procedimiento desarrollado a continuación. La potencia térmica cedida por el fluido del circuito primario es igual a la potencia ganada por el agua que va a distribución. Determinaremos la potencia cedida por el circuito primario se puede estimar como:

$$P_{interacumulador} = C_{p;fluido} \cdot \dot{V}_{fluido} \cdot \rho_{fluido} \cdot \Delta T$$

Siendo:

- $P_{interacumulador}$: Potencia intercambiada en el interacumulador, en kw.
- $C_{p;fluido}$: Calor específico del fluido, en kJ/(kg °C).
- \dot{V}_{fluido} : Caudal del fluido, en m^3/s .
- ρ_{fluido} : Densidad del fluido, en kg/m^3 .
- ΔT : Salto de temperatura que experimenta el fluido en el interacumulador, en °C.

Lo primero necesitamos saber las propiedades del fluido de trabajo, mezcla de agua y glicol. Para ello nos ayudaremos de las gráficas que vienen en las figuras 2.12 y 2.13, en

las cuales se representa dichas propiedades en función del porcentaje de glicol en el fluido de trabajo.

Nuestro caso, la solución está compuesta por un 20 % de composición en masa de glicol.

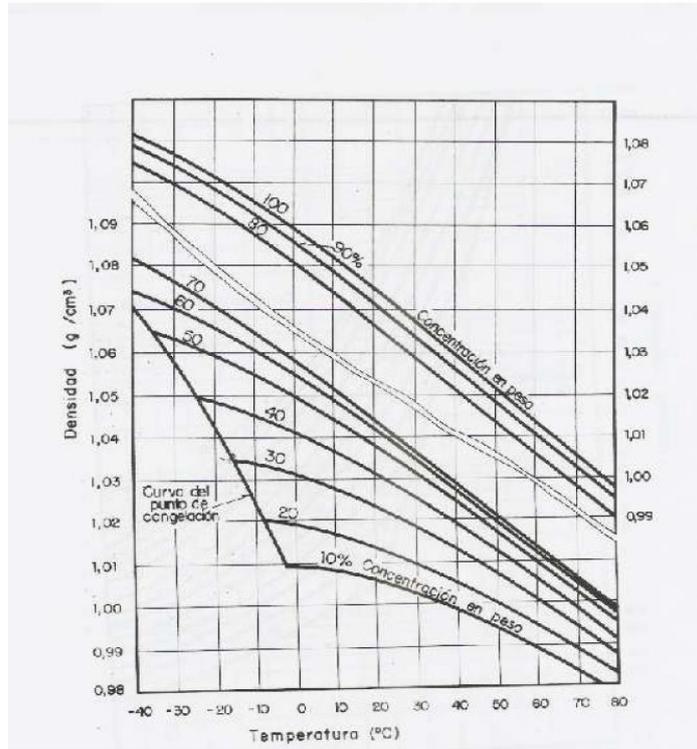


Figura 2.11 Densidad de mezcla de agua y glicol para distintas temperaturas

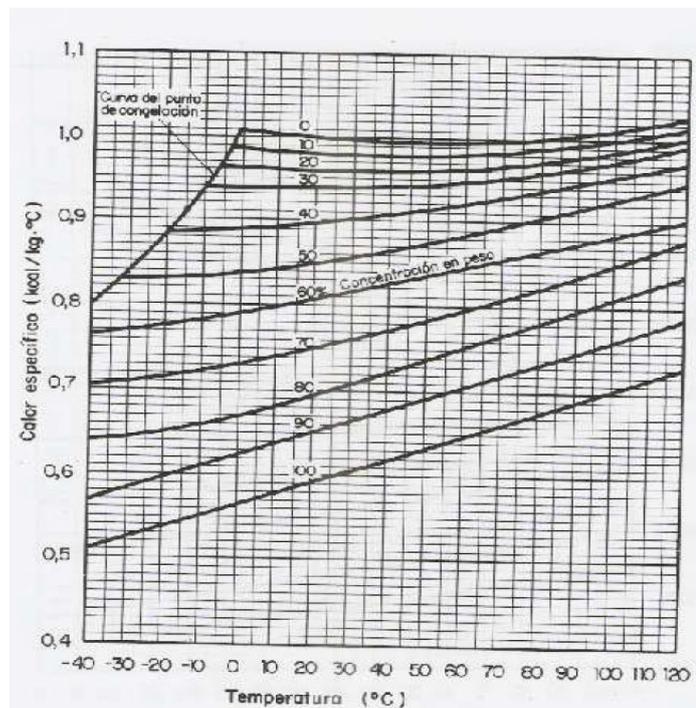


Figura 2.12 Calor específico de mezcla de agua y glicol para distintas temperaturas

Por lo que las propiedades en nuestro caso son:

$$C_{p,fluido} = 0,97 \frac{kcal}{kg \text{ } ^\circ C} = 4,06 \frac{kJ}{kg \text{ } ^\circ C}$$

$$\rho_{fluido} = 0,99 \frac{g}{cm^3} = 0,99 \frac{kg}{l}$$

Partiendo del esquema de la figura 2.13 se tomarán como hipótesis de diseño que en el primario:

$$\Delta T1 = (T11 - T12) = 30 \text{ } ^\circ C \text{ (lo más recomendable)}$$

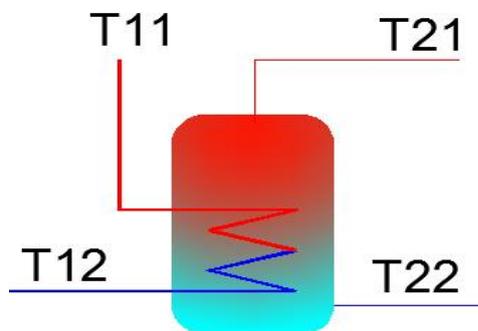


Figura 2.13 Esquema de flujos de entradas y salidas en el interacumulador.

Por tanto se obtiene la siguiente potencia:

$$P_{interacumulador} = 4.06 \frac{kJ}{kg \text{ } ^\circ C} \cdot 1.465 \frac{l}{h} \cdot \frac{1h}{3600seg} \cdot 0,99 \frac{kg}{l} \cdot 30^\circ C$$

$$P_{interacumulador} = 49.07kw$$

Considerando que el caudal de distribución es el 80% el caudal del primario y que no hay pérdidas de calor en el intercambiador se obtiene una T22 de 46°C.

Con estos datos ya podemos elegir el interacumulador. Se utilizará un interacumulador del fabricante *Salvador Escoda S.L.* y el modelo es, dentro de los depósitos de gran capacidad vitrificados, la serie *IMVV 4000 SSB*.

Se puede observar que el interacumulador seleccionado tiene una superficie de intercambio de 8.4 m^2 . La cual es mayor que la requerida, calculada antes:

$$S = 8.4 \geq 7.161 \text{ m}^2$$

Por lo tanto es válido.

Se muestra una imagen del depósito en la figura 2.14 y las características en la tabla 2.18.

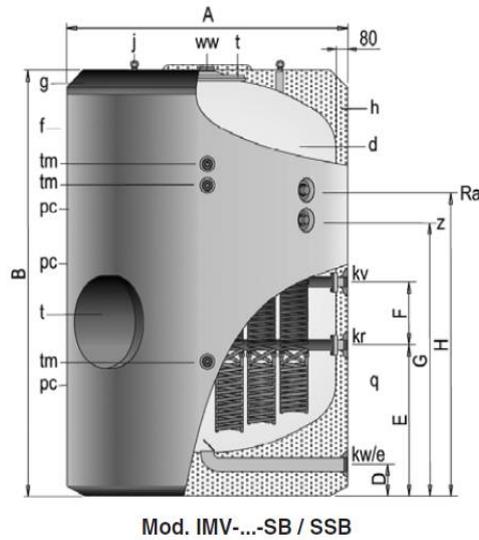


Figura 2.14 Imagen esquemática del interacumulador solar seleccionado.

MODELO SB / SSB - DATOS TÉCNICOS		4000
Capacidad de ACS	l.	4000
Temp. máx. en continuo depósito de ACS	°C	90
Presión. máx. depósito de ACS	bar	8
Temp. máx. circuito de calentamiento	°C	120
Presión. máx. circuito de calentamiento	bar	25
Número de serpentines -SB/-SSB	und	8/10
Superficie de intercambio -SB/-SSB	m ²	6.7/8.4
Peso en vacío (aprox.) -SB/-SSB	Kg.	1040/1055
kW/e: Entrada de agua fría/desagüe	"GAS/M	3
ww: Salida de ACS	"GAS/M	3
z: recirculación	"GAS/M	1-1/2
kV: Avance c. primario	"GAS/M	2
kr: Retorno c. primario	"GAS/M	2
Ra: Conexión lateral	"GAS/M	2
tm: conexión vaina sensores	"GAS/M	3/4 (1/2)
Diámetro exterior: A	mm	1910
Longitud total: B	mm	2310
Cota D	mm	200
Cota E	mm	960
Cota F	mm	400
Cota G	mm	1355
Cota H	mm	1525

Tabla 2.18 Características del interacumulador solar seleccionado.

El cálculo de la caída de presión se ha realizado como si el equipo de intercambio fuera una tubería de 2". Al tener la superficie de intercambio y el diámetro sacamos la

longitud, la cual es 52.7 m. Con estos datos y el caudal que pasa por el interacumulador, el cual es el del primario (1465 l/h), ya podemos calcular la pérdida de presión de forma análoga que en el apartado de red de tuberías. Produciéndose una pérdida en el equipo de intercambio de 694.6 Pa.

2.8 DIMENSIONADO DE LA BOMBA DE CIRCULACIÓN

Para el dimensionado de la bomba de circulación del circuito primario se deben seguir las pautas del código técnico, que es lo primero que tendremos en cuenta, estas son las siguientes:

- 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.
- 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.
- En instalaciones de climatización de piscinas la disposición de los elementos será la siguiente: el filtro ha de colocarse siempre entre la bomba y los captadores, y el sentido de la corriente ha de ser bomba-filtro-captadores; para evitar que la resistencia de este provoque una sobrepresión perjudicial para los captadores, prestando especial atención a su mantenimiento. La impulsión del agua caliente deberá hacerse por la parte inferior de la piscina, quedando la impulsión de agua filtrada en superficie.

En el presente proyecto la superficie de captación es de 65,1 m² por lo que se tendrá que instalar dos bombas idénticas en paralelo dejando una de reserva. Dichas bombas se colocaran a la salida del interacumulador, ya que es la zona más fría del circuito primario.

Los datos necesarios para la selección de la bomba son el caudal y la pérdida de carga que tiene que vencer. El caudal es el que pasa por el circuito primario, es decir, es de 1465 l/h. La pérdida de carga es la suma de la mayor pérdida en el circuito más las pérdidas en el intercambiador.

$$\begin{aligned}\Delta P_{\text{Diseño bomba}} &= \Delta P_{\text{Circuito primario más desfavorable}} + \Delta P_{\text{Intercambiador}} \\ &= 35050,19 + 694,6 = 35744,83 \text{ Pa} = 3,645 \text{ mca}\end{aligned}$$

Las bombas se colocaran en la sala de máquinas que está situada en la planta más baja, por lo que deberá elevar el agua hasta la cubierta. Para nuestro caso, al ser un circuito cerrado, no hay que tener en cuenta la altura que sube el agua, ya que por un lado el agua sube y pierde energía pero por otro baja y gana energía, quedando equilibrado.

Para seleccionar la bomba nos ayudamos de un programa seleccionador que tiene el fabricante *Wilo* en su página web. Dicho programa posiciona nuestro punto de trabajo en las gráficas, seleccionando antes la aplicación de uso de la bomba.

Para este caso he seleccionado la bomba *Stratos PICO-Z 25/1-6*, una bomba para recirculación de ACS, de alta eficiencia de rotor húmedo.



Figura 2.15 Bomba seleccionada.

A continuación en la figura 2.16 se adjunta la gráfica altura manométrica-caudal y potencia-caudal para que se pueda observar el posicionamiento del punto de trabajo de la bomba.

De dicha figura se saca que la presión de equilibrado de la bomba es de unos 1.02 mca, equivalentes a 10,002 kPa, y que la potencia consumida es de 32W.

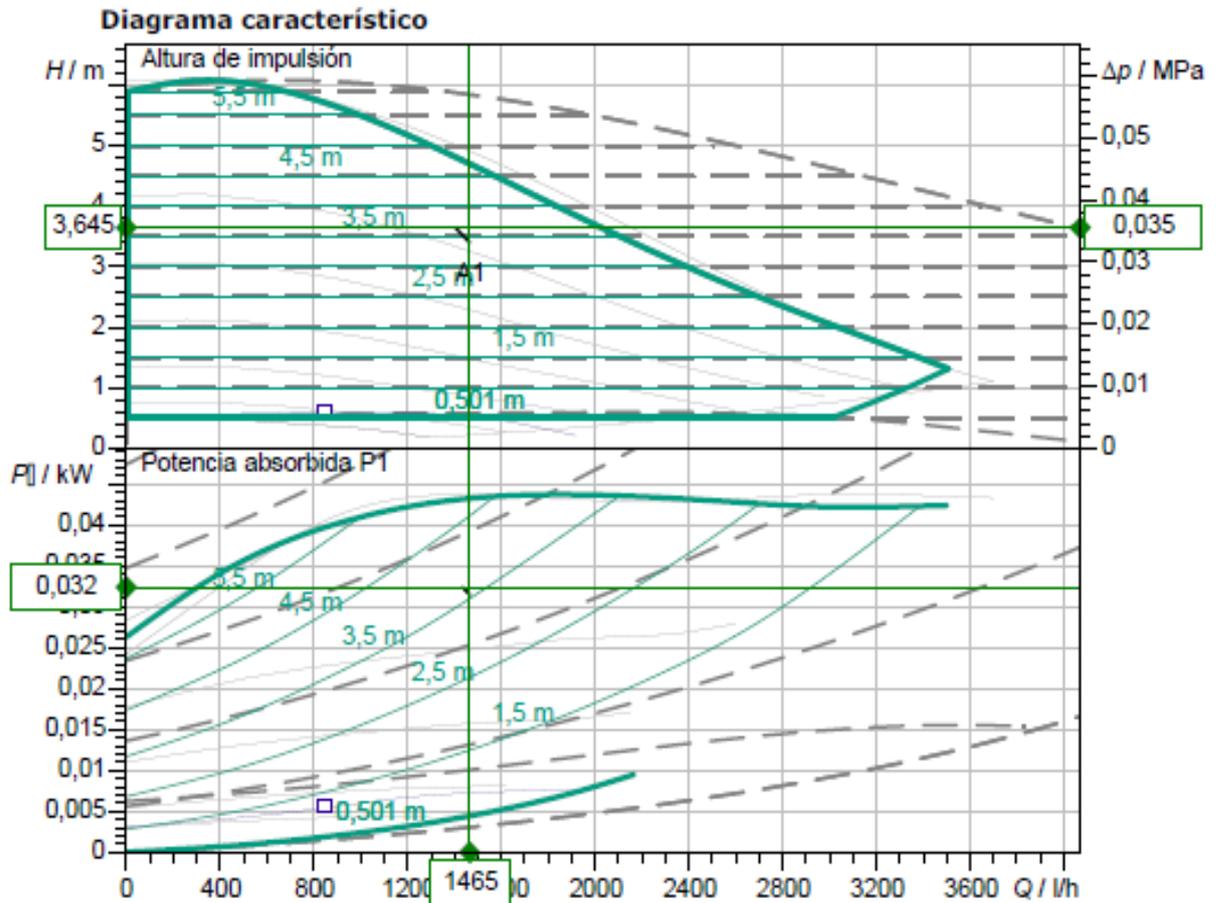


Figura 2.16 Curvas características de la bomba seleccionada.

Si queremos determinar el rendimiento de la bomba, lo podemos calcular con la siguiente expresión:

$$\eta = \frac{\dot{Q} \cdot \Delta H}{P_{Bomba}}$$

Siendo:

- P_{Bomba} : Potencia consumida por la bomba en W.
- η : Rendimiento de la bomba.
- \dot{Q} : Caudal del fluido en m³/s.
- ΔH : Altura manométrica de la bomba en Pa.

Calculando, se obtiene un rendimiento de 44,57%, es normal ya que el rendimiento de las bombas en ACS es muy bajo.

2.9 CÁLCULO DEL EQUIPO AUXILIAR

El sistema solar no proporciona el 100% de la demanda en el edificio, por lo que necesitaremos un equipo auxiliar que proporcione el resto de demanda. Esta instalación solar cubre alrededor de un 74% de la demanda. Pero el equipo auxiliar no se dimensionará para el 26% restante, sino que se dispone de un equipo de energía convencional auxiliar que se utiliza para cubrir la demanda que la energía solar no pueda satisfacer directamente, garantizando la continuidad del suministro de agua caliente en casos de escasa radiación solar o demanda superior a la prevista.

No se permite la conexión de un sistema de generación auxiliar en el acumulador solar, ya que esto puede suponer una disminución de las posibilidades de la instalación solar para proporcionar las prestaciones energéticas que se pretenden obtener con este tipo de instalaciones.

El agua que sale del interacumulador solar se lleva al interacumulador convencional, del cual sale el agua caliente sanitaria que se lleva a distribución. Este interacumulador convencional tiene un serpentín por el que pasa el agua calentada por el sistema auxiliar en el caso de que sea necesario, debido a que la temperatura de preparación del agua no sea la adecuada.

El sistema de aporte de energía, dispondrá de un termostato de control sobre la temperatura de preparación que en condiciones normales de funcionamiento permitirá cumplir con la legislación vigente en cada momento referente a la prevención y control de legionelosis.

No se permite la conexión de un sistema de generación auxiliar en el acumulador solar. Para los equipos de instalaciones solares que vengan preparados de fábrica para albergar un sistema auxiliar eléctrico, se deberá anular esta posibilidad de forma permanente, mediante sellado irreversible u otro medio, como ya se comentó en el apartado 2.7.

El sistema convencional auxiliar se diseñara para cubrir el servicio como si no se dispusiera del sistema solar. Sólo entrará en funcionamiento cuando sea estrictamente necesario y de forma que se aproveche lo máximo posible la energía extraída del campo de captación.

2.9.1 Interacumulador auxiliar

Lo primero que vamos a dimensionar es el volumen del interacumulador auxiliar, para ello necesitamos calcular el caudal instantáneo de distribución. Para ellos se aplicará la fórmula indicada en el apartado 5 de la norma UNE 149201, donde Q_c es el caudal total instalado.

En dicha norma no viene el caso de una residencia, de modo que cogemos el edificio que más se ajuste, siendo este un hospital. De modo que utilizaremos las formulas de la figura 2.17.

EDIFICIOS DE HOSPITALES:

Para $Q_t > 20 \text{ l/s}$ $\Rightarrow Q_c = 0,25 \times (Q_t)^{0,65} + 1,25 \text{ (l/s)}$

Para $Q_t \leq 20 \text{ l/s}$, dependiendo de los caudales instantáneos mínimos:

Si todo $Q_{\min} < 0,5 \text{ l/s}$ $\Rightarrow Q_c = 0,698 \times (Q_t)^{0,5} - 0,12 \text{ (l/s)}$

Si algún $Q_{\min} \geq 0,5 \text{ l/s}$ $\Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} Q_t \leq 1 \text{ l/s} \Rightarrow Q_c = Q_t \text{ No simultaneidad} \\ Q_t > 1 \text{ l/s} \Rightarrow Q_c = (Q_t)^{0,366} \text{ (l/s)} \end{array} \right\}$

Figura 2.17 Cálculo del caudal simultáneo UNE: 149201.

Para el cálculo del caudal total instalado recurrimos a la tabla de la tabla 2.19 suministrada por el CTE, en la sección HS4:

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

Tabla 2.19 Caudal instantáneo mínimo para cada tipo de aparato.

El caudal instantáneo mínimo se calcula como la suma de los caudales mínimos de ACS de cada aparato que hay en el edificio. Para ello, en la tabla 2.20 se muestra un recuento pudiendo obtener el valor total.

Aparato	Planta 0	Planta 1	Planta 2
Lavabo	12	14	15
Ducha	8	12	13
Bañera de 1,40 m o más	0	0	0
Bañera de menos de 1,40 m	0	0	0
Bidé	0	0	0
Inodoro con cisterna	8	16	17
Urinario con cisterna	2	0	0
Fregadero no domestico	1	0	0
Lavavajillas industrial	1	0	0
Lavadora industrial	1	0	0
Vertedero	2	0	0

Tabla 2.20 Número de aparatos por planta.

Multiplicando cada caudal instantáneo mínimo para ACS de la tabla 2.19 por el número de aparatos existentes en cada planta de la tabla 2.20 se obtiene la tabla 2.21, en la cual se obtiene el caudal por planta en dm^3/s .

Aparato	Planta 0	Planta 1	Planta 2
Lavabo	0,78	0,91	0,975
Ducha	0,8	1,2	1,3
Bañera de 1,40 m o más	0	0	0
Bañera de menos de 1,40 m	0	0	0
Bidé	0	0	0
Inodoro con cisterna	0	0	0
Urinario con cisterna	0	0	0
Fregadero no domestico	0,2	0	0
Lavavajillas industrial	0,2	0	0
Lavadora industrial	0,4	0	0
Vertedero	0	0	0
Total	2,38	2,11	2,275

Tabla 2.21 Caudal instantáneo mínimo por planta.

$$Total\ del\ edificio = \dot{Q}_t = 6,765 \frac{\text{dm}^3}{\text{s}}$$

Introduciendo el dato recién calculado en la fórmula correcta de la imagen 2.19, de la siguiente forma:

$$\dot{Q}_c = 0,698 \cdot (\dot{Q}_t)^{0,5} - 0,12 = 1,7 \frac{dm^3}{s}$$

Una vez tenemos el caudal simultáneo (\dot{Q}_c), pasamos a calcular el volumen de acumulación auxiliar, para el cual nos apoyamos en el apartado 4.5.2.1 del documento HS4 del código técnico:

El volumen del depósito se calculará en función del tiempo previsto de utilización, aplicando la siguiente expresión:

$$V = \dot{Q}_c \cdot t \cdot 60 = 2040 \text{ l}$$

Siendo:

- V es el volumen del depósito en litros.
- Q es el caudal máximo simultáneo en dm^3 /s .
- t es el tiempo estimado (de 15 a 20) en min, para estar de lado de la seguridad cogemos 20 min.

Por tanto, seleccionaremos un interacumulador de 2000 litros. Elegiremos un interacumulador del mismo fabricante que el solar, *Salvador Escoda S.L.*, solo que en este caso será la serie. En la tabla 2.22 se muestran sus características.

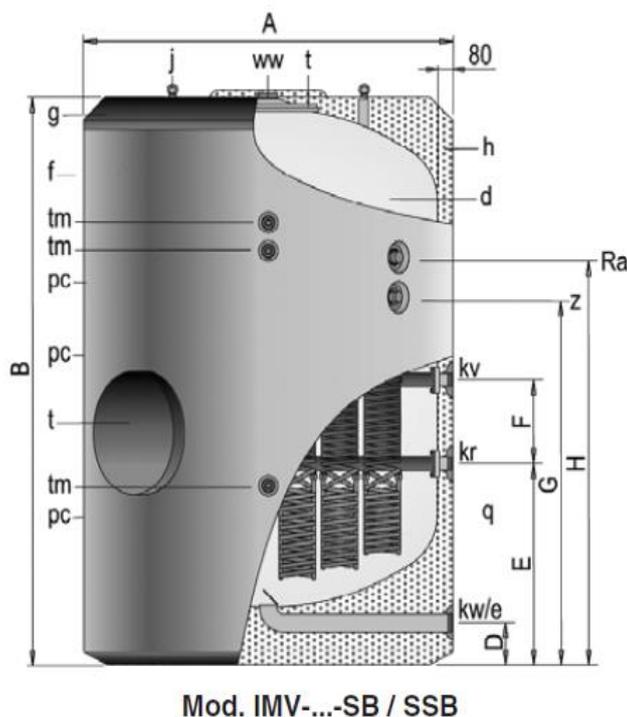


Figura 2.18 Imagen esquemática del interacumulador auxiliar seleccionado.

MODELO SB / SSB - DATOS TÉCNICOS		2000
Capacidad de ACS	l.	2000
Temp. máx. en continuo depósito de ACS	°C	90
Presión. máx. depósito de ACS	bar	8
Temp. máx. circuito de calentamiento	°C	120
Presión. máx. circuito de calentamiento	bar	25
Número de serpentines -SB/-SSB	und	4/6
Superficie de intercambio -SB/-SSB	m ²	3.4/5.0
Peso en vacío (aprox.) -SB/-SSB	Kg.	460/475
kW/e: Entrada de agua fría/desagüe	"GAS/M	2
ww: Salida de ACS	"GAS/M	2
z: recirculación	"GAS/M	1-1/2
kV: Avance c. primario	"GAS/M	2
kr: Retorno c. primario	"GAS/M	2
Ra: Conexión lateral	"GAS/M	2
tm: conexión vaina sensores	"GAS/M	3/4 (1/2)
Diámetro exterior: A	mm	1360
Longitud total: B	mm	2280
Cota D	mm	175
Cota E	mm	825
Cota F	mm	400
Cota G	mm	1470
Cota H	mm	1660

Tabla 2.22 Características del interacumulador auxiliar seleccionado.

2.9.2 Caldera auxiliar

Una vez elegido el volumen de acumulación del sistema auxiliar pasaremos a dimensionar la caldera convencional. El primer paso para poder seleccionar la caldera es conocer su potencia nominal útil, la cual se detalla a través de la siguiente expresión:

$$P_{\text{útil}} = C_e \cdot V_{\text{acumulacion auxiliar}} \cdot \frac{T_{\text{ACS}} - T_{\text{AF}}}{t_{\text{preparación}}}$$

Siendo:

- $P_{\text{útil}}$: Potencia útil de la caldera en kW
- C_e : Calor específico del agua kJ/(kg·°C)
- $V_{\text{acumulacion auxiliar}}$: Volumen de acumulación convencional en litros
- T_{ACS} : Temperatura de preparación del ACS en °C
- T_{AF} : Temperatura de agua fría de la red en °C
- $t_{\text{preparación}}$: Tiempo de preparación (1 hora aproximadamente)

Este cálculo deber particularizarse para los meses de Enero y Diciembre, en los cuales se producen el mayor salto de temperaturas entre el agua de la red y el agua de A.C.S. y cuando el porcentaje de demanda cubierta por la ACS es menor, por lo que elegimos $T_{ACS} = 40^{\circ}C$ y $T_{AF} = 10^{\circ}C$. De esta forma se obtiene una potencia útil de 69,78 kw, dato necesario para la elección de la caldera convencional.

La potencia de la caldera será mayor que la potencia útil obtenida, debido a las pérdidas de calor en caldera, acumulador y circuito que se estiman en un 25 % aproximadamente, así como a las desviaciones de los consumos de algún periodo punta respecto a los promedios previstos, que aconsejan aumentar la potencia en un 15% adicional. Por lo tanto la potencia a instalar será:

$$P_{instalada} = 1,4 \cdot P_{\text{útil}} = 97,692 \text{ kw}$$

Este es el dato que necesitamos para seleccionar la caldera convencional. Seleccionamos una caldera del fabricante *Baxiroca*, en concreto el modelo CPA-100BTH de 100 kw, una caldera de baja temperatura y alimentada por gas. A continuación en la imagen 2.19 se muestra una foto de la caldera seleccionada.



Figura 2.19 Caldera BAXI CPA-100BTH.

En concreto nos quedamos con el modelo de 100 kw, cuyas características técnicas están resaltadas por el rectángulo rojo en la imagen 2.23.

Modelo	Potencia útil		% Rendimiento (1)		Sobrepresión cámara combustión mm.c.a.	Pérdida presión circuito agua $\Delta t=15^{\circ}\text{C}$ mm.c.a.	Peso aprox. kg	Capac. agua litros
	kcal/h	kW	100%	30%				
CPA 55-BTH	47.300	55	94,0	94,8	3	50	285	130
CPA 70-BTH	60.200	70	94,1	94,7	5	50	320	150
CPA 100-BTH	86.000	100	94,3	95,2	6	53	385	170
CPA 130-BTH	111.800	130	94,5	95,5	9	82	425	180
CPA 170-BTH	146.200	170	94,8	95,7	13	115	465	195
CPA 220-BTH	189.200	220	94,9	95,9	16	110	588	270
CPA 270-BTH	232.200	270	95,0	96,0	21	153	645	300
CPA 320-BTH	275.200	320	95,3	96,4	27	217	695	315
CPA 380-BTH	326.800	380	95,4	96,5	31	174	835	450
CPA 460-BTH	395.600	460	95,5	96,5	39	220	940	500
CPA 540-BTH	464.400	540	95,5	96,6	42	163	1.180	690
CPA 640-BTH	550.400	640	95,5	96,6	50	227	1.295	725
CPA 750-BTH	645.000	750	95,6	96,5	58	208	1.460	965
CPA 900-BTH	774.000	900	95,5	96,7	52	297	1.610	1.005
CPA 1.100-BTH	946.000	1.100	95,6	96,7	59	380	1.790	1.105
CPA 1.300-BTH	1.118.000	1.300	95,5	96,8	62	312	2.235	1.650
CPA 1.500-BTH	1.290.000	1.500	95,5	96,7	76	401	2.466	1.740
CPA 1.750-BTH	1.505.000	1.750	95,4	96,6	94	520	2.650	1.905

Tabla 2.23 Características técnicas modelo CPA-BTH.

2.9.2 Bomba auxiliar

Seguiremos las mismas pautas que en el dimensionamiento de la bomba del circuito primario, en el punto 2.8. Pero ahora haremos los cálculos para el circuito auxiliar.

Se instalarán dos bombas idénticas en paralelo dejando una de reserva. Dichas bombas se colocaran a la salida del interacumulador o a la entrada de la caldera, ya que es la zona más fría del circuito auxiliar.

Los datos necesarios para la selección de la bomba son el caudal y la pérdida de carga que tiene que vencer.

El caudal es el que pasa por la bomba, por lo que, haciendo el cálculo para un salto de temperaturas de 30°C se obtiene un caudal de 800 l/h.

La pérdida de carga es la suma de la pérdida en las tuberías, más la pérdidas en el interacumulador mas las de la caldera. Para las tuberías se diseña con el mismo criterio que en el caso del circuito principal, obteniéndose tuberías de 1'' (25,4 mm) de diámetro.

$$\begin{aligned} \Delta P_{\text{Diseño bomba}} &= \Delta P_{\text{tuberías}} + \Delta P_{\text{Intercambiador}} + \Delta P_{\text{caldera}} \\ &= 1678,5 + 147,6 + 1,568 = 1827,668 \text{ Pa} = 0,19 \text{ mca} \end{aligned}$$

De forma análoga a el proceso de selección de la bomba del primario en el punto 2.8, de nuevo con ayuda del software de selección de bombas de WILO, se ha seleccionado la bomba Star-Z 20/1 PN 10.



Figura 2.20 Bomba STAR-Z 20/1 PN 10.

Cuyas curvas características se adjuntan en la figura 2.21.

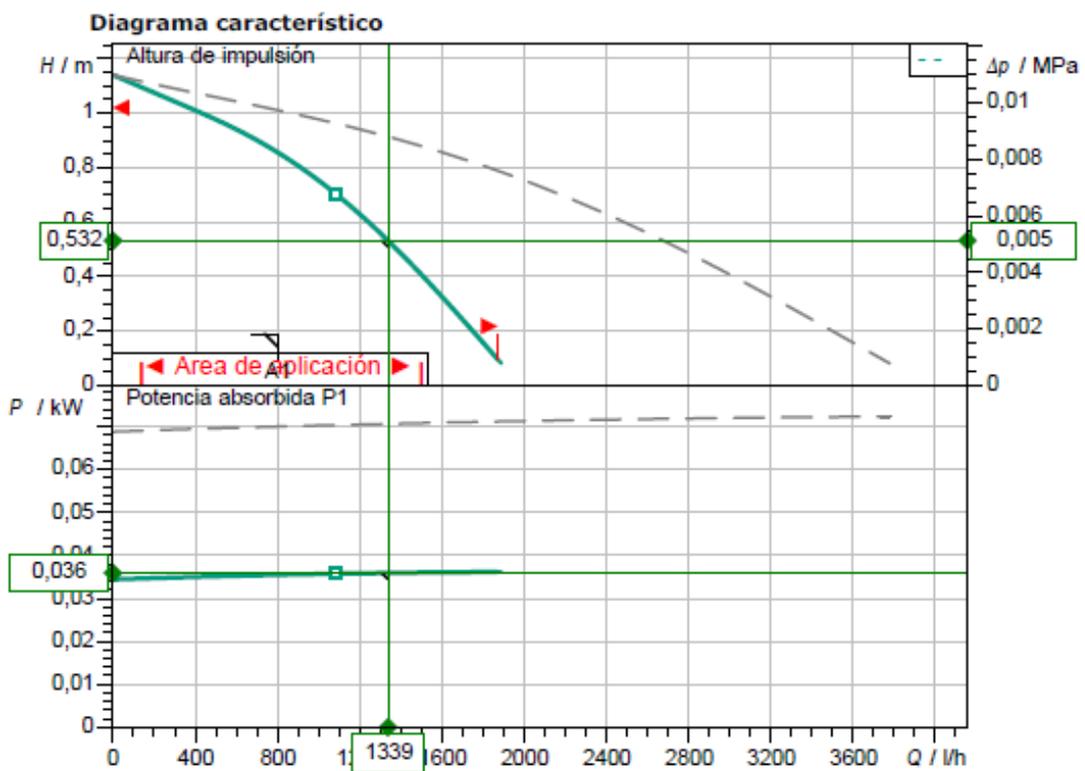


Figura 2.21 Curvas características bomba STAR-Z 20/1 PN 10.

2.10 SELECCIÓN DE ACCESORIOS

Un vaso de expansión es un elemento utilizado en circuitos hidráulicos para absorber el aumento de volumen que se produce al expandirse (cuando se calienta) el fluido que contiene el circuito.

Cuando el agua del circuito se calienta, se expande, aumentando de volumen y por tanto aumentando también su presión. El vaso de expansión se instala para evitar que el aumento de presión dañe las tuberías u otros componentes del sistema.

Al expandirse, el agua hace presión contra la membrana, comprimiendo el aire que contiene; de esta forma, es el aire el que absorbe ese aumento de presión y en el circuito siempre se mantiene una presión de funcionamiento estable. En la figura 2.22 se puede ver un esquema de un vaso de expansión.

Para el dimensionamiento de dicho elemento nos apoyaremos en la norma UNE 100155:2004, como así nos recomienda el RITE en el apartado IT 1.3.4.2.4. En dicha norma volumen mínimo de un vaso de expansión se calcula según la expresión:

$$V_{\text{vaso expansión}} = V_T \cdot c_{e(\text{corregido})} \cdot c_p$$



Figura 2.22 Esquema vaso de expansión.

Siendo:

- $V_{\text{vaso expansión}}$: Volumen mínimo de un vaso de expansión.
- V_T : Volumen total encerrado en los elementos del circuito primario.
- $c_{e(\text{corregido})}$: Coeficiente de expansión del fluido.
- c_p : Coeficiente de expansión del fluido.

Pasamos a calcular cada uno de los términos:

V_T es el volumen total encerrado en los elementos del circuito primario. En este caso tuberías, captadores y el serpentín del interacumulador.

$$V_T = V_{tuberías} + V_{captadores} + V_{serpentín}$$

Calculando el volumen del total de las tuberías como el sumatorio de los diferentes tramos con el mismo diámetro:

$$V_{tuberías} = \sum L_{tuberías,i} \cdot \pi \cdot R_{tuberías,i}^2 = 50,09 \text{ l}$$

Calculando el volumen de los captadores multiplicando el número de captadores por la capacidad de fluido del captador seleccionado.

$$V_{captadores} = V_{en \text{ un captador}} \cdot N_{captadores}^o = 30 \cdot 1,26 = 37,8 \text{ l}$$

Calculando el volumen en el serpentín de forma análoga al de las tuberías:

$$V_{serpentín} = L_{serpentín} \cdot \pi \cdot R_{serpentín}^2 = 106,68 \text{ l}$$

Por tanto el volumen total es de 194,57 litros.

c_e representa el coeficiente de expansión del fluido. La norma UNE 100155 proporciona una fórmula empírica para su obtención a la que habrá que aplicarle un factor corrector por ser una mezcla con refrigerante. Para temperaturas comprendidas entre 30°C y 120°C se aplica la ecuación. Para nuestro caso considero la temperatura máxima de 60°C.

$$c_e = (3,24 \cdot t^2 + 102,13 \cdot t - 2708,3) \cdot 10^{-6} = 0,015$$

El factor corrector para una mezcla agua-glicol se calcula siguiendo los pasos a continuación:

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

$$a = -0,013 \cdot (G^2 - 143,8 \cdot G + 1918,2)$$

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

Siendo G el porcentaje de glicol en el fluido de trabajo, 20% para nuestro caso. Con esto se obtiene un $f_c=1,305$ y por tanto un $c_e=0,0198$

c_p representa al coeficiente de presión. En el caso de un vaso de expansión cerrado con diafragma, se aplica a la siguiente expresión:

$$c_p = \frac{P_{Max}}{P_{Max} - P_{min}}$$

P_{Max} : presión máxima de funcionamiento. Ésta será ligeramente menor que la presión de tarado de la válvula de seguridad, que tiene un valor entre 6 y 10 bar, tomando 8 bar:

$$P_{Max} = 0,9 \cdot P_{vs} + 1 = 8.2 \text{ bar}$$

P_{min} : se corresponde con la presión estática resultante de la diferencia entre el punto más elevado de la instalación y la situación del vaso de expansión, para este caso la diferencia es de 10,9 metros que equivalen a 1,07 bar, más 1 bar de la presión atmosférica. En cualquier caso debe tomarse una presión mínima con un margen de seguridad de 0,5 bar para temperaturas superiores a 90°C.

$$P_{min} = 1,07 + 1 + 0,5 = 2,57 \text{ bar}$$

Con lo que se obtiene un $c_p=1,46$.

Tras realizar todos los pasos anteriores llegamos a un volumen del vaso de expansión de 5,62 litros.

La norma UNE 100155 establece que este volumen ha de ser como mínimo un 6% del volumen total de agua de la instalación el cual equivale a 11,67 litros por lo que no se cumple esta condición, por tanto cogeremos este dato para la selección del vaso de expansión.

Se escoge un vaso de expansión del fabricante *Thermowave* en concreto el modelo *TWB 12LX* de una capacidad de 12 litros. En la tabla 2.24 se muestra algunas de sus características, siendo el elegido el que está en el recuadro rojo.



Figura 2.23 Serie TWB de vasos de expansión

ESPECIFICACIONES de la Serie Modelos ThermoWave™

Model #'s		Volumen nominal		Volumen de embalaje (caja)		Peso de embalaje (caja)		Dimensiones					
Modelo anterior	Modelo nuevo	Litros	gal	m ³	ft ³	kilos	lbs	A		B		C	
								cm	pulgadas	cm	pulgadas	cm	pulgadas
Modelos en línea													
TW2	TWB-2LX	2	0.5	0.055 (12 pcs/ box)	1.94 (12 pcs/ box)	13.38 (12 pcs/ box)	29.5 (12 pcs/ box)	20.6	8.1	12.6	5.0		
TW4	TWB-4LX	4	1.1	0.0075	0.26	1.60	3.53	25.80	10.16	16.20	6.40		
TW8	TWB-8LX	8	2.1	0.014	0.49	2.20	4.85	31.00	12.20	33.60	13.23		
TW12	TWB-12LX	12	3.2	0.023	0.81	2.90	6.39	36.20	14.25	23.00	9.06		
TW18	TWB-18LX	18	4.8	0.029	1.02	3.84	8.47	36.40	14.33	27.90	11.20		
TW24	TWB-24LX	24	6	0.042	1.48	4.90	10.80	44.40	17.48	29.00	11.42		
TW35	TWB-35LX	35	9.2	0.058	2.05	6.70	14.77	47.80	18.90	31.80	12.52		

Tabla 2.24 Especificaciones serie TWB de vasos de expansión

También se ha dimensionado el vaso de expansión del sistema auxiliar, de forma análoga que el del circuito primario.

$$V_{T,aux} = V_{tuberias,aux} + V_{caldera,aux} + V_{serpentín,aux} = 4,05 + 70 + 63,5 = 137,55 \text{ litros}$$

Aplicando los mismo coeficientes que en el del circuito primario, $c_e=0,0198$ y $c_p=1,46$, se obtiene un volumen del vaso de expansión de 3,98 litros, por lo que se seleccionara uno de 4 litros.

Se selecciona uno del mismo fabricante que el del circuito primario, *Thermowave*, pero en este caso el modelo de 4 litros, *TWB-4LX*.

2.11 CÁLCULO ESPESOR DE AISLAMIENTO

Los aparatos, equipos y conducciones estarán aislados térmicamente. De esta forma se evitarán pérdidas de energía y los fluidos caloportadores llegarán a las unidades terminales con una temperatura próxima a la de producción. Además se cumplirán las condiciones de seguridad para evitar contactos accidentales con superficies calientes.

Para el cálculo del aislamiento nos basamos en el cumplimiento del RITE, en concreto en la instrucción técnica 1.2.4.2.1. La cual describe las situaciones en las que deber llevar aislamiento los equipos, aparatos y depósitos de las instalaciones térmicas. Para nuestro caso, al estar el fluido a más de 40°C y estar instalado en locales no calefactados.

En las tablas 1.2.4.2.1 y 1.2.4.2.2 del RITE, tabla 2.25 y 2.26 del presente proyecto, se muestran los espesores de aislamiento mínimo de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el interior o el exterior. Para un material aislante de conductividad térmica de 0,040 W/(m·K), los espesores de aislante para las tuberías y accesorios de la instalación son los siguientes:

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

Tabla 2.25 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
$D \leq 35$	35	35	40
$35 < D \leq 60$	40	40	50
$60 < D \leq 90$	40	40	50
$90 < D \leq 140$	40	50	60
$140 < D$	45	50	60

Tabla 2.26 Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el exterior de edificios

Para nuestro caso de las tuberías solo se aislarán las tuberías por la que circule fluido caliente, que son aquellas que van desde los captadores hasta el interacumulador solar, y la columna de temperaturas comprendidas entre 60°C y 100°C.

La instalación tiene tuberías de 19,1 y 25,4 mm, ambas menores que 35 mm, por lo que cogemos un aislamiento de 25 mm para interior y 35 mm para exterior. En la tabla 2.27 se puede ver la longitud de tuberías interiores y exteriores según su diámetro.

Longitud	25 mm (interior)	35 mm (exterior)
25,4	60,7	26,0
19,1	0,0	21,7

Tabla 2.27 Longitud de tuberías interiores y exteriores según su diámetro.

Se ha seleccionado el fabricante Rockwool y en concreto el modelo Rockwool 133. Se trata de un aislamiento de lana mineral que tiene una conductividad térmica de $0,040 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, y que está disponible en los espesores de las tablas 2.25 y 2.26. En la figura 2.25 se observa una foto de dicho aislamiento.



Figura 2.25 Aislante Rockwool 133.

Para el caso de los interacumuladores, tanto solar como auxiliar, el aislamiento ya viene incluido. Disponen de una capa de 80 mm de espesor de espuma poliuretano rígido por lo que cumplen con creces la normativa, ya que dice que el espesor mínimo del aislamiento deben ser igual que al de una tubería de más de 140 mm de diámetro, a lo que corresponde 40 mm de espesor del aislamiento.

Respecto al vaso de expansión, necesitaría un aislamiento de 40 mm de espesor. El modelo elegido en nuestra instalación está homologado y son diseñados de acuerdo a la normativa actual.

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 una residencia de ancianos en la localidad de Santiponce, situada en la provincia de 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-DB-SI).
- 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 utilizaran 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 respetaran cualesquiera otras normativas o reglamentos mencionados en el presente pliego.

3.3 Condiciones de materiales y equipos

3.3.1 Tuberías y accesorios

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.

- Accesorios:

➤ **Compensadores de dilatación.**

Se utilizarán en los circuitos de agua caliente.

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

La situación será siempre entre dos puntos fijos garantizados como tales, capaces de soportar los esfuerzos de dilatación y de presión que se originan. Los extremos del compensador serán de acero al carbono preparados para soldar a la tubería con un chaflán de 37º o 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:**

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

➤ **Lubricante de roscas.**

General: no endurecedor, no venenoso. Acoplamientos dieléctricos o latiguillos. Se incluirán acoplamientos dieléctricos o latiguillos en las uniones entre cobre y acero o fundición, tanto en la conducción de impulsión, como en el retorno

➤ **Derivaciones:**

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

➤ **Codos en bombas:**

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

➤ **Sombretetes:**

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

➤ **Guías:**

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

➤ **Termómetros:**

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

➤ **Manómetros:**

Los manómetros serán con válvula de aguja de aislamiento en acero inoxidable e inmersos en glicerina. Los rangos de los manómetros serán tales que la aguja, durante el funcionamiento normal, este en el medio del dial. La precisión será de al menos el 1%. Puntos de toma de presión: Se incluirán los puntos de toma con válvula necesarios y/o indicados en planos o especificaciones.

➤ **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 instalarán nuevos empalmes, purgadores, válvulas según se considere necesario y sin costes extra. Si se deben realizar trabajos que requieran rotura, y reposición de acabados, el contratista se hará cargo de los gastos generados. Se preferirán por norma general los purgadores manuales,

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

➤ 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.

➤ 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

3.3.2 Válvulas

- **Generalidades**

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

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

Siguiendo los siguientes criterios:

- Para aislamiento: válvulas de esfera.
- Para equilibrado de circuitos: válvulas de asiento.
- Para vaciado: válvulas de esfera o de macho.
- Para llenado: válvulas de esfera.
- Para purga de aire: válvulas de esfera o de macho.
- Para seguridad: válvula de resorte.

- Para retención: válvulas de disco, de capeta o de muelle (disco partido).

Las válvulas de seguridad, por su importante función, deberían ser capaces de derivar la potencia máxima del captador o grupo de captadores, incluso en forma de vapor, de manera que en ningún caso sobrepase la máxima presión de trabajo del captador o del sistema. Los purgadores automáticos resistirán las presiones y temperaturas máximas alcanzables en el circuito correspondiente. Los del circuito primario se recomienda que resistan, al menos, temperaturas de 150°C.

- **Materiales**

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

- Válvulas de esfera:

Cuerpo de fundición de hierro o acero. Esfera y eje de acero duro cromado o acero inoxidable. Asientos, estopada y juntas de teflón. Podrán ser de latón estampado para diámetros inferiores a 1 1/2 con esfera de latón duro cromado.

- Válvulas de asiento:

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

- Válvulas de seguridad de resorte:

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

- Válvulas de retención de capeta:

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

- Válvulas de retención de muelle:

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

➤ Purgadores automáticos de aire:

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

3.3.3 Aislamiento

El material usado como aislamiento debería cumplir con la norma UNE 100171. El material aislante situado a la intemperie debería protegerse adecuadamente frente a los agentes atmosféricos de forma que se evite su deterioro. Como protección del material aislante se podrá utilizar una cubierta o revestimiento de escayola protegido con pinturas asfálticas, poliésteres reforzados con fibra de vidrio o chapa de aluminio.

En el caso de que el aislamiento este basado en espuma elastómera se pueda usar pinturas plásticas impermeables cuya exposición prolongada al sol no afecte a sus propiedades fundamentales.

3.4 Vasos de expansión

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

- Fabricante
- Marca
- Modelo

Se recomienda que los vasos de expansión utilizados en los circuitos primarios tengan una temperatura máxima de funcionamiento superior a 100 °C pero, en cualquier caso, se 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 60oC, 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.

3.5 Bombas

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

- Fabricante
- Marca
- Modelo
- Características eléctricas

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

- Cuerpo en fundición o bronce. Partidos, o no, según planos. Se incluirán conexiones para cebado, venteo, drenaje y manómetros en impulsión y descarga.
- Rodete de fundición/polysulfone o bronce.
- Eje en acero inoxidable AISI 316.
- Tubo de estanqueidad en acero inoxidable.
- Cojinetes a bolas de carbono, a prueba de polvo y humedad.

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

3.6 Captadores

3.6.1 Generalidades

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

- Nombre del fabricante.

- Tipo.
- Número de serie.
- Año de fabricación.
- Superficie total del captador.
- Dimensiones del captador.

- Presión máxima de trabajo.
- Temperatura de estancamiento a 1000 W/m² y 30oC.
- Volumen del fluido de transferencia de calor.
- Peso del captador vacío.
- Lugar de fabricación.

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

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

La instalación de sistemas integrados en cubierta se debería realizar mediante procedimiento acreditado por el fabricante y de forma que se garanticen las características funcionales y de durabilidad del conjunto. Los datos para la caracterización térmica, hidráulica y mecánica del captador Solar deberían proceder de los resultados del ensayo realizado conforme a la norma UNE 12975. A estos efectos, es importante señalar que la función de rendimiento del captador siempre está relacionada con una superficie útil y un caudal de ensayo.

3.6.2 Modelo de captador

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

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

- No implique modificaciones en el caudal que circula por dicho captador fuera del rango de 5% respecto del caudal original de diseño unitario.

- No suponga una disminución del rendimiento térmico del sistema de captación en las condiciones habituales de operación.
- Estéticamente sean similares.

3.6.3 Estructura soporte y sujeción del captador

La estructura soporte cumplirá los requisitos establecidos en el CTE-SE. Todos los materiales de la estructura soporte se deberían proteger contra la acción de los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la acción combinada del aire y el agua.

Las estructuras de acero deberían protegerse mediante galvanizado por inmersión en caliente, pinturas orgánicas de zinc o tratamientos anticorrosivos equivalentes. La realización de taladros en la estructura se debería llevar a cabo antes de proceder al galvanizado o protección de la estructura. La tornillería y piezas auxiliares deberían estar protegidas por galvanizado o cincado, o bien serán de acero inoxidable.

3.7 Sistema eléctrico y de control

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

Se construirá un cuadro eléctrico específico para la instalación solar. El sistema de control consistirá en un controlador digital programable e incorporará una adquisición de datos de la instalación en tiempo real, tele gestionable a distancia a través de un modem 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 asegurara que en ningún caso las bombas estén en marcha con diferencias de temperaturas menores de 2 o 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 2 °C.
- El sistema de control incluirá señalizaciones luminosas de alimentación del sistema de funcionamiento de las bombas.

3.8 Aparatos de medida

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

A) Medida de temperatura

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

La diferencia de temperatura del fluido de trabajo se realizaran 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.

B) Medida de caudal

Los contadores de caudal de agua estarán constituidos por un cuerpo resistente a la acción del agua conteniendo la cámara de medida, un elemento con movimiento proporcional al caudal de agua que fluye y un mecanismo de relojería para transmitir este movimiento a las esferas de lectura por medio de un acoplamiento magnético. La esfera de lectura, herméticamente sellada, será de alta resolución. Cuando exista un sistema de regulación exterior, este estará precintado y protegido contra intervenciones fraudulentas. Se suministrarán los siguientes datos, que deberán ser facilitados por el fabricante:

- Calibre del contador.
- Temperatura máxima del fluido.

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

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

C) 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 multiplicara la diferencia de ambas temperatura por el caudal instantáneo de agua y su peso específico. La integración en el tiempo de estas cantidades proporcionara la cantidad de energía.

3.9 Acumuladores

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

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

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

El acumulador 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.
- Numero de fabricación.
- Volumen neto de almacenamiento en litros.
- Presión máxima de servicio.

Los depósitos vendrán equipados de fábrica con las bocas necesarias soldadas antes de efectuar el tratamiento de protección interior. Al objeto de este pliego de condiciones podrán utilizarse depósitos de las siguientes características y tratamientos:

- Depósitos de acero galvanizado en caliente de cualquier tamaño, con espesores de galvanizado no inferiores a los especificados en la Norma UNE 37.501.
- Depósitos de acero con tratamiento epoxi dicó.
- Depósitos de acero inoxidable de cualquier tamaño.
- Depósitos de cobre de cualquier tamaño.
- Acumuladores no metálicos que, además de soportar las condiciones extremas del circuito, resistan la acción combinada de presión y temperatura más desfavorable y este autorizada su utilización por la Administración Competente.

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

3.10 Intercambiadores de calor

Los intercambiadores de calor serán de acero inoxidable AISI 316 L. El Intercambiador seleccionado resistirá la presión máxima de la instalación. Los Materiales soportaran temperaturas de 110 o y serán compatibles con el fluido de Trabajo.

3.10.1 Intercambiadores externos

El intercambiador 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.
- Número de placas.
- Temperatura máxima.
- Presión nominal.
- Potencia nominal.

- Caudal nominal en primario y secundario.
- Salto de temperatura nominal en primario y secundario.

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

3.4 Provisión del material

Los componentes instalados deberán ser de marcas acreditadas y en su caso homologados, para que 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 ángulo 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 correcta, 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 deberían quedar expresamente aprobados su montaje antes de quedar ocultos. Adicionalmente, se inspeccionarían 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 llevarán 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 comprobaba visualmente que no hayan tenido lugar deformaciones apreciables en ningún elemento o tramo de tubería y que el sistema de expansión haya funcionado correctamente.

3.6.3 Pruebas finales

Las pruebas finales permitirán garantizar que la instalación reúne las condiciones de calidad, fiabilidad y seguridad exigidas en proyecto. Son aceptables, las pruebas finales que se realicen siguiendo las instrucciones indicadas en la norma UNE-EN 12599. Las pruebas de libre dilatación y las pruebas finales de la instalación solar se realizarán en un día soleado y sin demanda. En la instalación solar se llevará a cabo una prueba de seguridad en condiciones de estancamiento del circuito primario, a realizar con este lleno y la bomba de circulación parada, cuando el nivel de radiación sobre la apertura del captador sea superior al 80% del valor de irradiación que defina como máxima el proyectista, durante al menos una hora.

3.6.4 Ajustes y equilibrado

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

- **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 va lores 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.

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.

3.7.3 Mantenimiento correctivo

Las actividades de mantenimiento correctivo no pueden estar sometidas a un plan, dado el carácter impredecible de estas acciones. Como su propio nombre indica, las acciones de mantenimiento correctivo se realizaran 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.

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>

Tabla 3.1 Plan de mantenimiento. 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

Tabla 3.2 Plan de mantenimiento. 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

Tabla 3.3 Plan de mantenimiento. Sistema de intercambio.

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

Tabla 3.4 Plan de mantenimiento. Sistema de captación II.

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

Tabla 3.5 Plan de mantenimiento. Sistema de eléctrico y de control.

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

Tabla 3.6 Plan de mantenimiento. Sistema auxiliar.

4. MEDICIONES Y PRESUPUESTO

4.1 SISTEMA DE CAPTACIÓN SOLAR

Nº de partida	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario (€)	Total (€)
1.1	Los captadores solares FAGOR, modelo SOLARIA-2.4 AL AL o similar. -Cubierta transparente: vidrio templado de 3,20 mm de espesor. Coeficiente de transferencia 0,91. - Carcasa: aluminio anodizado AL-6063 T5 (espesor = 1,50 mm). - Absorbedor: aletas de cobre (0,5 mm) soldadas por ultrasonidos a parrilla de cobre. -Dimensiones:2200x1090x90 mm -Superficie absorbedor: 2,14 m2 - Presión máxima de trabajo: 10 bar -Rendimiento óptico : 77,2% - Tratamiento selectivo.	30	Ud	782	23460
1.2	Juego de acoplamiento 2 captadores 3/4": 1 Conexión salida (3/4") colector con vaina para sonda y purgador manual incorporado -2 tapones (3/4") -1 Codo de conexión (3/4") entrada colector -2 Enlace unión intercolector 3/4" -4 Clip de fijación para conexión de salida, tapones y codo de conexión de entrada.	30	Ud	105	3150
1.3	Estructura Terraza Plana 5 x 2.4 a 45°: - Estructura Terraza Plana 2 x 2.4 a 45°. - Estructura Terraza Plana 3 x 2.4 a 45°. - Unión estructuras Terraza Plana. -Pletina 2.4 a 45°	3	Ud	640	1920
1.4	Purgador FAGOR o similar.	3	Ud	65	195
1.5	Válvula de corte 3/4"Fabricante SEI, manual de bola de acero inoxidable o similar.	6	Ud	19,01	114,06
1.6	Válvula de Seguridad 3/4" 8 bar para agua glicolada max 50% o similar.	3	Ud	15,6	46,8
1.7	Líquido caloportador SOLAR FLUID-100 20% de glicol.	50	l	4,92	246
Total sistema de captación				29131,86	

Tabla 2.1 Presupuesto sistema captación.

4.2 SISTEMA DE ACUMULACIÓN

Nº de partida	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario (€)	Total (€)
2.1	Acumulador vitrificado IDROGAS IMVV 4000 SBB o similar: -Capacidad de ACS: 4000 litros -Peso en vacío 1055. -Diámetro exterior 1910 mm. -Longitud total: 2310 mm. - Superficie de intercambio: 8,4 m2.	1	Ud	10037	10037
Total sistema de acumulación e intercambio				10037	

Tabla 2.2 Presupuesto sistema acumulación.

4.3 SISTEMA HIDRÁULICO

Nº de partida	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario (€)	Total (€)
3.1	Bomba WILO stratos picos-Z 25/1-6 o similar: Punto de trabajo: Altura manométrica: 3.65 m. Caudal del circuito: 1465 l/h. Consumo: 0,3 kW.	1	Ud	782	782
3.2	Tubería de cobre de 1" con 1 mm de espesor.	90	m	10,58	952,2
3.3	Tubería de cobre de 3/4" con 1 mm de espesor.	25	m	7,79	194,75
3.4	Codo de cobre de 1".	12	Ud	4,06	48,72
3.5	Codo de cobre de 3/4".	5	Ud	3,3	16,5
3.6	Bifurcación T de cobre de 1"-1"-3/4".	2	Ud	6,15	12,3
3.7	Bifurcación T de cobre de 1"-3/4"-3/4".	2	Ud	7,38	14,76
3.8	Válvula de corte 1" Fabricante SEI, de bola de acero inoxidable o similar.	3	Ud	28,87	86,61
3.9	Válvula de corte 1+1/2" Fabricante SEI, de bola de acero inoxidable o similar.	8	Ud	56,58	452,64
3.10	Válvula de corte 2" Fabricante SEI, de bola de acero inoxidable o similar.	5	Ud	96,79	483,95

3.11	Válvula de retención 1+1/2" Fabricante SEI, de acero inoxidable o similar.	4	Ud	13,61	54,44
3.12	Válvula de retención 2" Fabricante SEI, de acero inoxidable o similar.	1	Ud	22,08	22,08
3.13	Reducción 2"-1".	2	Ud	13,1	26,2
3.14	Reducción 2"-1+1/2".	3	Ud	9,62	28,86
3.15	Reducción 1"-3/4".	2	Ud	3,5	7
3.16	Reducción 1+1/2"-1".	4	Ud	3,2	12,8
3.17	Aislamiento tubería 25 cm espesor ROCKWOOL 133 o similar.	50	m ²	7,79	389,5
3.18	Aislamiento tubería 35 cm espesor ROCKWOOL 133 o similar.	30	m ²	10,77	323,1
3.19	Vaso de expansión de 12l del fabricante Thermowave modelo TWB 12LX.	1	Ud	54,62	54,62
Total sistema hidráulico				3963,03	

Tabla 2.3 Presupuesto sistema hidráulico.

4.4 SISTEMA AUXILIAR

Nº de partida	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario (€)	Total (€)
4.1	Acumulador vitrificado IDROGAS, IMVV-2000 SBB o similar: -Capacidad de ACS: 2000 litros Peso en vacío 475. -Diámetro exterior 1360 mm. -Longitud total: 2280 mm. - Superficie de intercambio: 5 m ² .	1	Ud	6267	6267
4.2	Bomba WILO Star-Z 20/1 PN 10 o similar: Punto de trabajo: Altura manométrica: 0,19 m. Caudal del circuito: 800 l/h. Consumo: 0,4 kW.	1	Ud	407	407

4.3	Caldera del fabricante BAXI modelo CPA 100-BTH o similar: -Potencia 100 kw. -Combustible: gas natural. -Cuadro digital	1	Ud	5.676,00	5676
4.4	Tubería de cobre de 1" con 1 mm de espesor.	8	m	10,58	84,64
4.5	Codo de cobre de 1".	4	Ud	4,06	16,24
4.6	Válvula de corte 1" Fabricante SEI, de bola de acero inoxidable o similar.	8	Ud	28,87	230,96
4.7	Válvula de retención 1" Fabricante SEI, de acero inoxidable o similar.	2	Ud	5,75	11,5
4.8	Reducción 2"-1".	2	Ud	13,1	26,2
4.9	Aislamiento tubería 25 cm espesor ROCKWOOL 133 o similar.	7	m ²	7,79	54,53
4.10	Purgador FAGOR o similar.	1	Ud	65	65
4.11	Vaso de expansión de 4l del fabricante Thermowave modelo TWB 4LX o similar.	1	Ud	47,9	47,9
Total sistema auxiliar				12886,97	

Tabla 2.4 Presupuesto sistema auxiliar.

4.5 SISTEMA DE CONTROL Y REGULACIÓN

Nº de partida	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario (€)	Total (€)
5.1	Centralita FAGOR TR 0704 o similar: -regulación por diferencia de temperaturas	1	Ud	830	830
5.2	Termómetro de inmersión con vaina, con escala 0-120°C.	3	Ud	7,80	23,4
5.3	Caudalímetro.	1	Ud	10,58	10,58
5.4	Manómetro de esfera 10 atm.	3	Ud	5,78	17,34
Total sistema de control y regulación				881,32	

Tabla 2.5 Presupuesto sistema control y regulación.

4.6 PRESUPUESTO INSTALACIÓN COMPLETA

Total sistema de captación	29131,86 €
Total sistema de acumulación e intercambio	10037 €
Total sistema hidráulico	3963,03 €
Total sistema auxiliar	12886,97 €
Total sistema de control y regulación	881,32 €
Total instalación completa(sin IVA)	56900,18 €
IVA (21%)	11949,0378€

Tabla 2.6 Presupuesto instalación completa.

Presupuesto completo de la instalación solar: 68849,22 €

RATIO (€ sistema solar/ m² de captación): 1057,60 €/ m²

SESENTA Y OCHO MIL, OCHOCIENTOS CUARENTA Y NUEVE EUROS CON VENTIDOS CENTIMOS.

En la figura 4.1 que se adjunta a continuación se descompone el presupuesto total, de modo que se muestra la fracción del coste de cada sistema con respecto al presupuesto total.

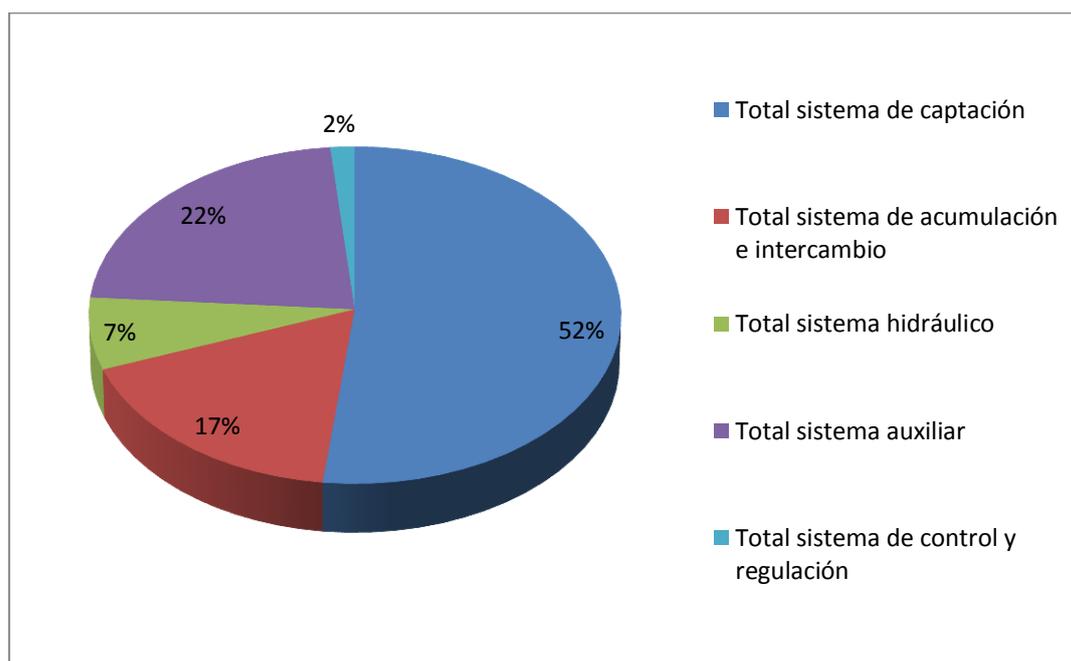
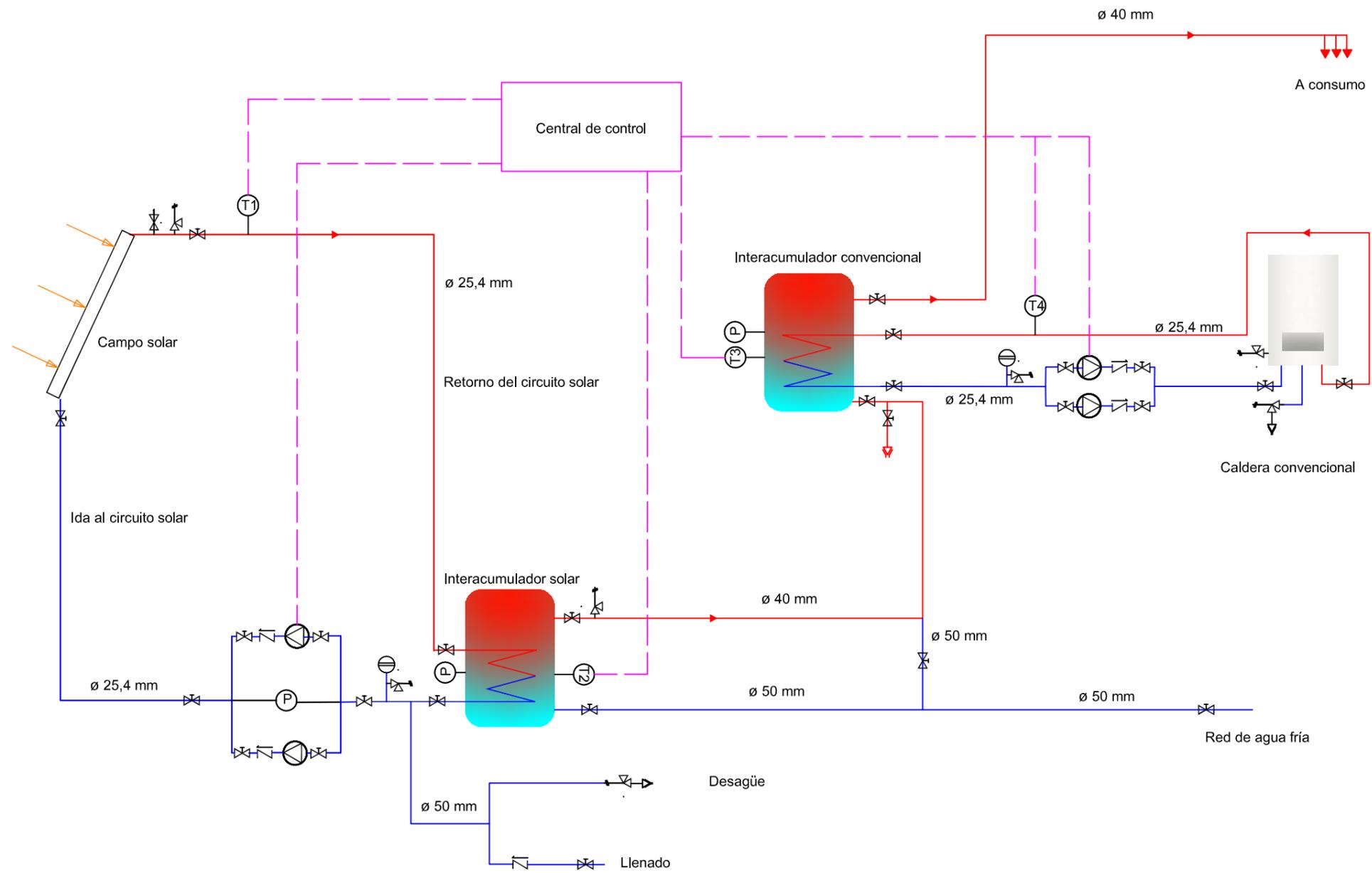


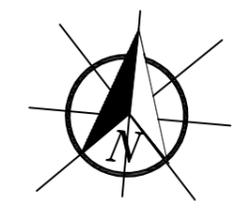
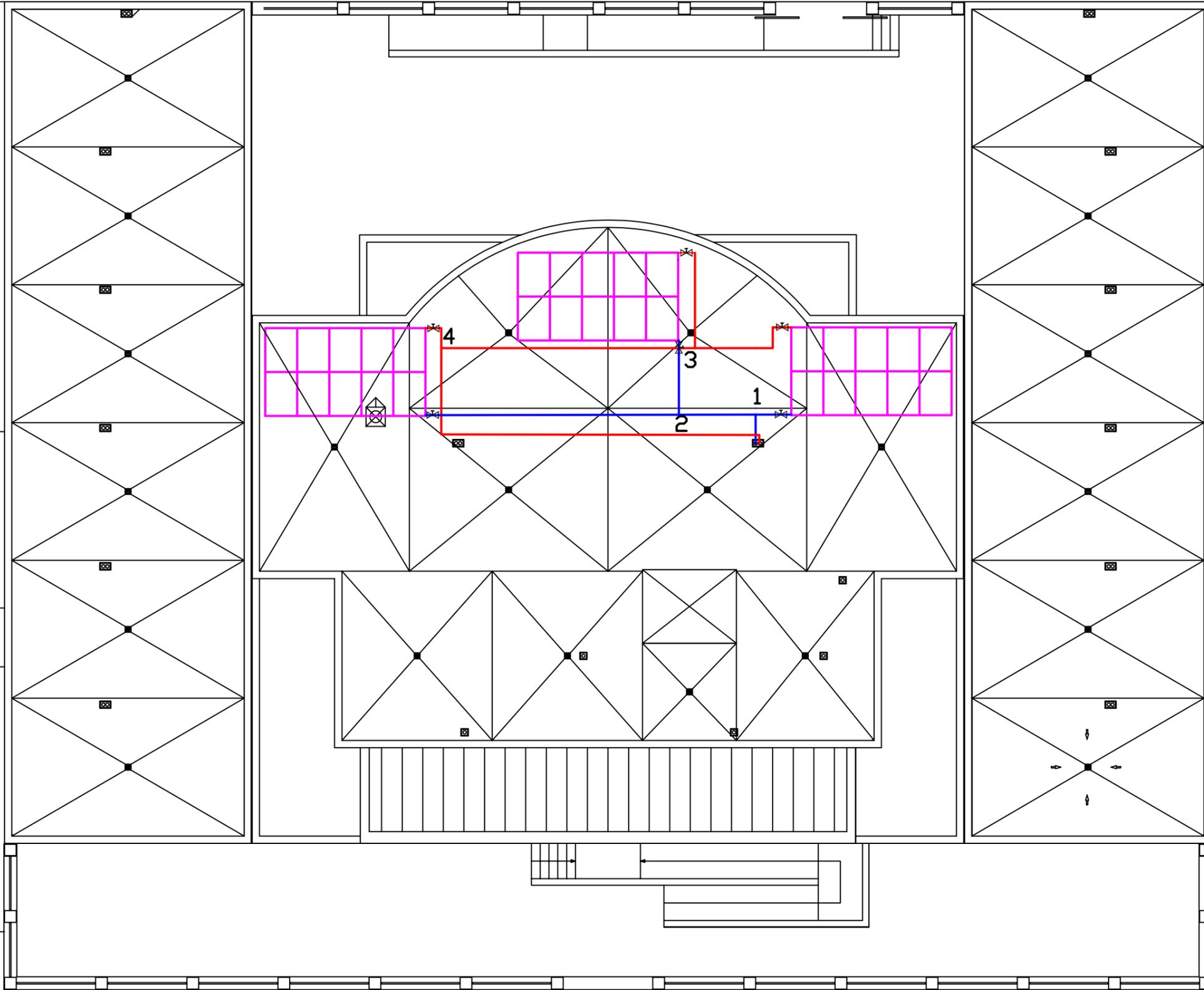
Figura 4.1 Descomposición del presupuesto total.

5. PLANOS



-  Válvula de corte
-  Bomba
-  Válvula de retención
-  Purgador de aire
-  Válvula de seguridad
-  Vaso de expansión
-  Termómetro
-  Manómetro
-  Fluido frío
-  Fluido caliente
-  Sistema de control

 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ENERGÉTICA		
INSTALACION DE ENERGIA SOLAR PARA LA PRODUCCIÓN DE ACS EN UNA RESIDENCIA DE ANCIANOS		ESQUEMA DE PRINCIPIO
GRADO EN INGENIERÍA DE LAS TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES		JULIO 2015
BENJUMEA TRIGUEROS, FRANCISCO JAVIER		ESCALA: S/C
		Nº PLANO: 2



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ENERGÉTICA

INSTALACION DE ENERGIA SOLAR PARA LA PRODUCCIÓN DE ACS EN UNA RESIDENCIA DE ANCIANOS

CUBIERTA CON CAPTADORES

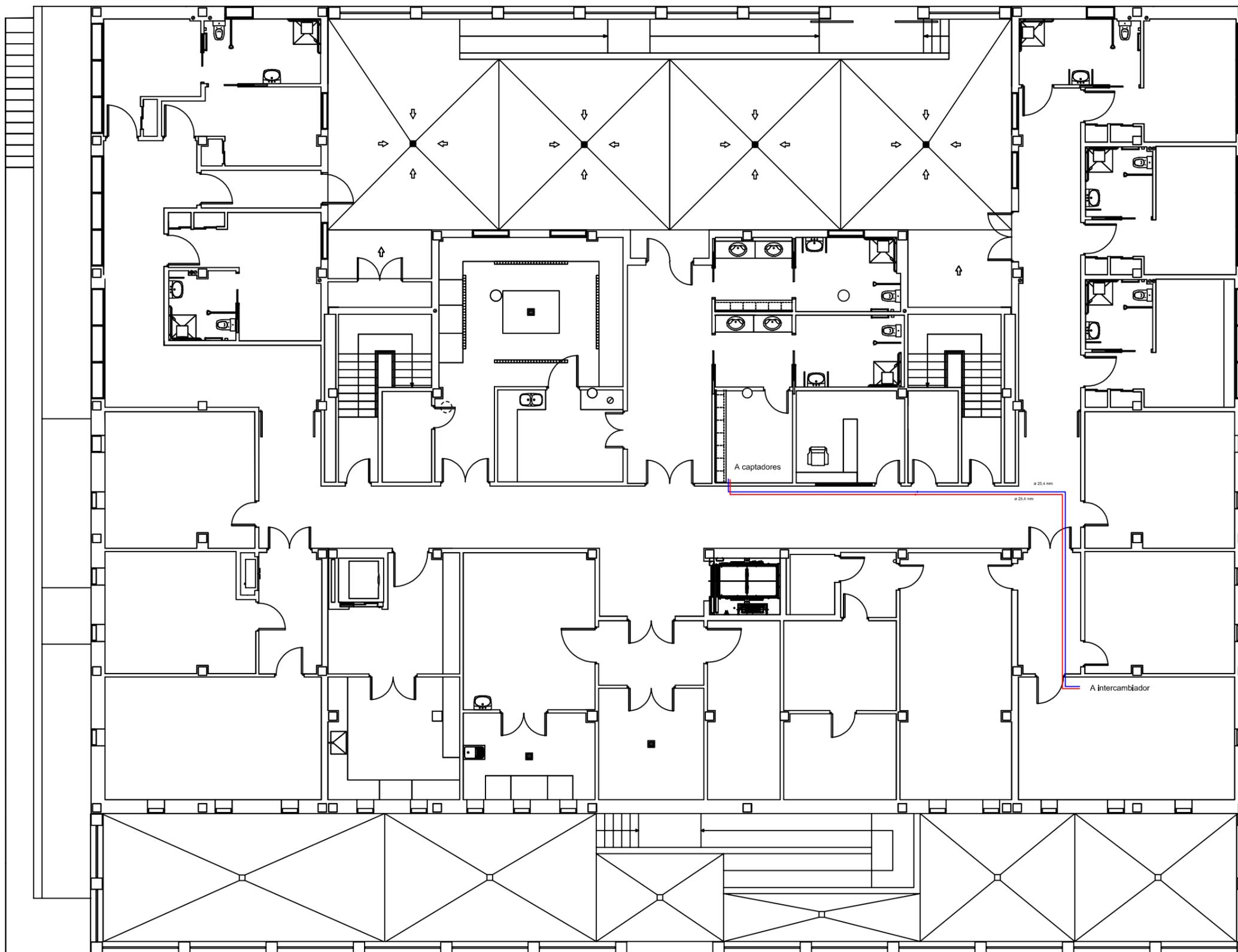
GRADO EN INGENIERÍA DE LAS TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

JULIO 2015

BENJUMEA TRIGUEROS, FRANCISCO JAVIER

ESCALA:
1/150

Nº PLANO:
3



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ENERGÉTICA

INSTALACION DE ENERGIA SOLAR PARA LA PRODUCCIÓN DE ACS EN UNA RESIDENCIA DE ANCIANOS

TUBERÍAS PRIMARIO PLANTA BAJA

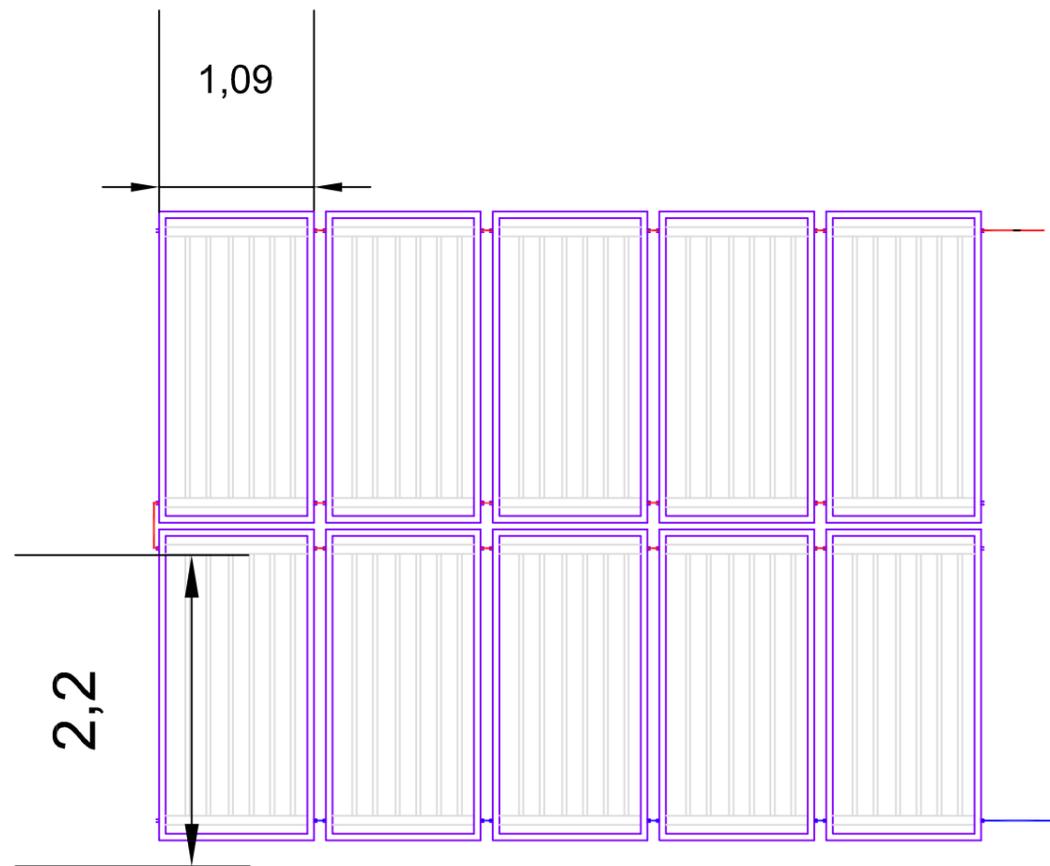
GRADO EN INGENIERÍA DE LAS TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

JULIO 2015

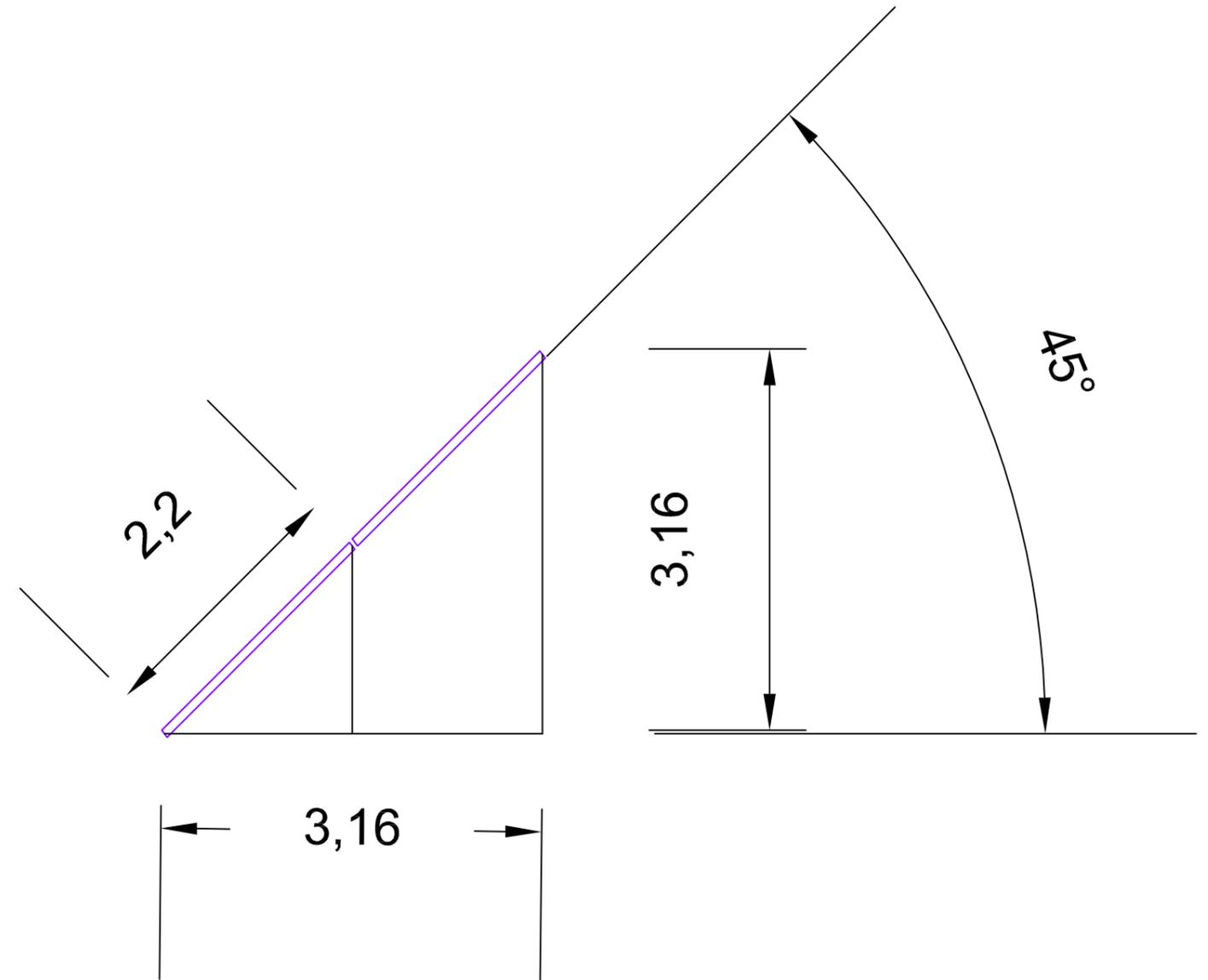
BENJUMEA TRIGUEROS, FRANCISCO JAVIER

ESCALA: 1/150

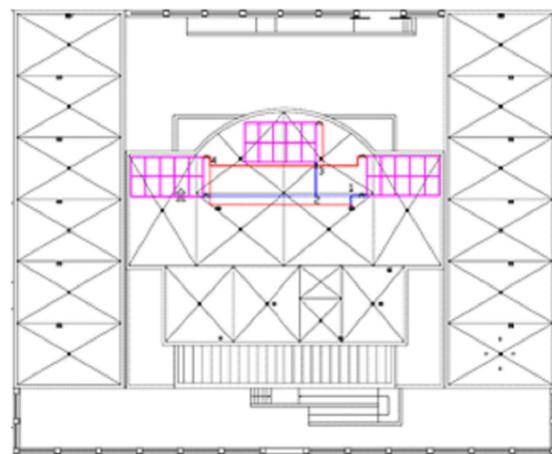
Nº PLANO: 4



Conexionado de grupo de 10 captadores



Alzado lateral captadores



Situación de los captadores



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ENERGÉTICA

INSTALACION DE ENERGIA SOLAR PARA LA PRODUCCIÓN DE ACS EN UNA RESIDENCIA DE ANCIANOS

DETALLES DE CAPTADORES

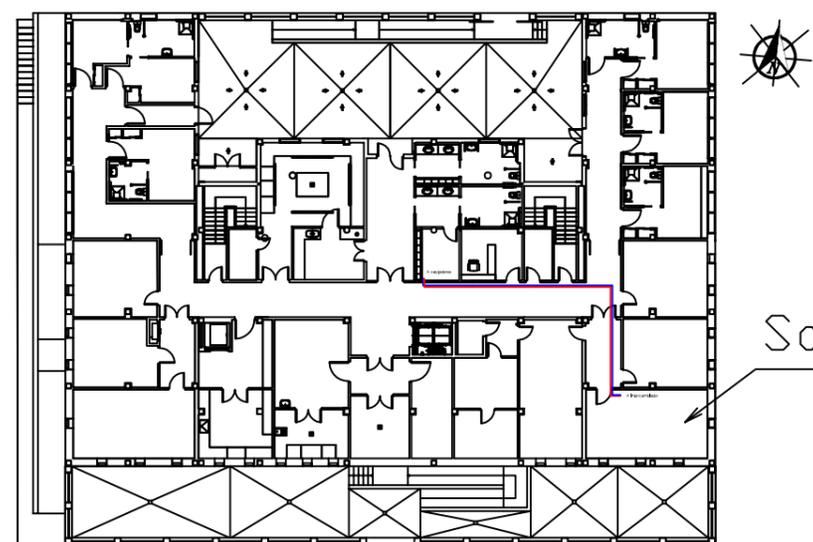
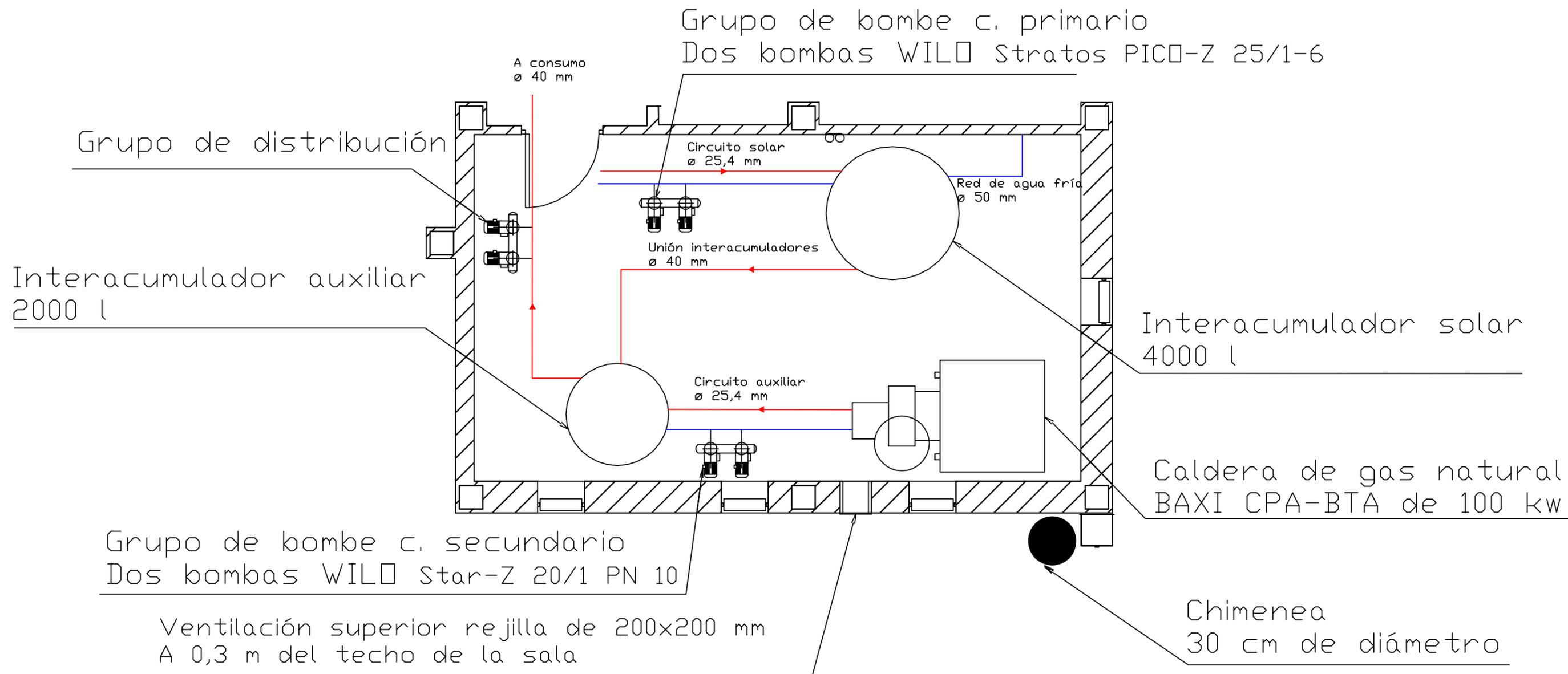
GRADO EN INGENIERÍA DE LAS TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

JULIO 2015

BENJUMEA TRIGUEROS, FRANCISCO JAVIER

ESCALA:
1/50

Nº PLANO:
5



Distribución planta baja

Sala de máquinas

 <p>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ENERGÉTICA</p>		
INSTALACION DE ENERGIA SOLAR PARA LA PRODUCCIÓN DE ACS EN UNA RESIDENCIA DE ANCIANOS	SALA DE MÁQUINAS	
GRADO EN INGENIERÍA DE LAS TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES	JULIO 2015	
BENJUMEA TRIGUEROS, FRANCISCO JAVIER	ESCALA: 1:50	Nº PLANO: 6