

Proyecto Fin de Carrera
Ingeniería Industrial

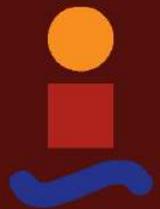
**Instalación de calefacción y producción de agua
caliente sanitaria por energía solar en una
superficie comercial.**

Autor: Aquilino Junquera Hernández.

Tutor: José Julio Guerra Macho.

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

Sevilla, 2015



Proyecto Fin de Carrera
Ingeniería Industrial

Instalación de calefacción y producción de agua caliente sanitaria por energía solar en una superficie comercial.

Autor:

Aquilino Junquera Hernández

Tutor:

José Julio Guerra Macho

Catedrático de la Universidad de Sevilla

Departamento de Ingeniería Energética

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2015

Proyecto Fin de Carrera: Instalación de calefacción y producción de agua caliente sanitaria por energía solar en una superficie comercial.

Autor: Aquilino Junquera Hernández

Tutor: José Julio Guerra Macho

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

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2015

El Secretario del Tribunal



ÍNDICE

Índice de figuras	7
Índice de tablas	9
1. MEMORIA DESCRIPTIVA	12
1.1 Objeto del proyecto.	13
1.2 Descripción del edificio.	13
1.3 Descripción de las instalaciones. Tecnología solar.	14
1.3.1 Sistema de captación.	24
1.3.1.1 Estructura soporte de captadores.	25
1.3.2 Sistema de acumulación.	25
1.3.3 Sistema de intercambio.	26
1.3.4 Sistema hidráulico.	26
1.3.4.1 Tuberías.	26
1.3.4.2 Bombas de circulación.	27
1.3.4.3 Fluido caloportador.	28
1.3.4.4 Vaso de expansión.	29
1.3.4.5 Purgadores.	29
1.3.4.6 Sistema de llenado.	29
1.3.4.8 Válvulas.	29
1.3.5 Sistema de energía auxiliar.	30
1.3.6 Sistema de control.	30
1.3.7 Protección contra sobrecalentamientos.	31
1.4 Normativa y bibliografía.	32
1.4.1 Normativa de aplicación.	32
1.4.2 Normativa de consulta.	33
1.4.3 Bibliografía.	34
1.4.3.1 Consulta.	34
1.4.3.2 Referencias.	35



2. MEMORIA DE CÁLCULO	37
2.1 Datos previos.	38
2.1.1 Datos del emplazamiento.	38
2.1.2 características instalación convencional.	38
2.1.3 Datos climáticos.	40
2.1.3.1 Zona climática.	40
2.1.3.2 Temperatura ambiente diaria media mensual.	40
2.1.3.3 Temperatura media del agua fría.	41
2.1.3.4 Irradiación global diaria media mensual sobre superficie horizontal.	42
2.1.3.5 Irradiación global diaria media mensual sobre superficie inclinada.	42
2.2 Necesidades de calefacción.	47
2.2.1 Calculo de la ocupación.	47
2.2.2 Ventilación.	48
2.2.3 Composición de cerramientos y separaciones.	48
2.2.4 Cerramientos semitransparentes.	51
2.2.5 Demanda de calefacción.	52
2.3 Necesidades de agua caliente sanitaria.	55
2.3.1 Calculo de la ocupación.	55
2.3.2 Demanda de ACS.	56
2.3.4 Contribución solar mínima.	57
2.3.5 Necesidades energéticas de ACS.	58
2.4 Necesidades energéticas del edificio.	60
2.5 Método de cálculo.	62
2.6 Estudio de la cobertura anual. Método F-Chart.	69
2.6.1 Influencia del área de captación solar.	69
2.6.2 Influencia del numero de captadores colocados en serie.	77
2.6.3 Influencia del volumen de acumulación.	81
2.7 Dimensionado de la instalación.	86
2.7.1 Sistema de captación de energía solar.	86
2.7.1.1 Superficie de captación.	88
2.7.1.2 Orientación e inclinación de los captadores.	88
2.7.1.3 Distancia entre filas y determinación de sombras.	92
2.7.1.4 Conexionado de captadores.	95
2.7.2 Sistema de acumulación.	95



2.7.2.1 Ubicación de los depósitos acumuladores.	98
2.7.2.2 Tratamiento antilegionela de la instalación.	98
2.7.3 Sistema de intercambio.	99
2.7.4 Fluido de trabajo.	101
2.7.5 Sistema hidráulico.	104
2.7.5.1 Diseño del circuito hidráulico.	105
2.7.5.2 Circuito primario.	109
2.7.5.3 Circuito secundario de ACS.	114
2.7.5.4 Circuito secundario de calefacción.	116
2.7.5.5 Circuito de distribución de ACS.	117
2.7.5.6 Circuito de distribución de calefacción.	117
2.7.5.7 Aislamiento.	118
2.7.6 Sistema de energía convencional auxiliar.	120
2.7.7 Sistema de regulación y control.	123
2.7.8 Sistemas varios.	126
2.7.8.1 Purga de aire y drenaje.	126
2.7.8.2 Sistema de llenado.	127
2.7.8.3 Protección frente a sobrecalentamiento.	127
2.7.8.4 Protección frente a heladas.	131
2.7.8.5 Estructura soporte.	131
3. PLIEGO DE CONDICIONES	133
3.1 Pliego de condiciones facultativas.	134
3.1.1 Derechos y obligaciones de las distintas partes.	134
3.1.1.1 Proyectista.	134
3.1.1.2 Director facultativo.	134
3.1.1.3 Constructor.	135
3.1.1.4 Coordinador de seguridad y salud.	136
3.1.1.5 Proveedores.	137
3.1.2 Disposiciones generales.	137
3.2 Pliego de condiciones económicas.	140
3.2.1 Precios y revisión de precios.	141
3.2.1.1 Composición de los precios unitarios.	141
3.2.1.2 Revisión de precios.	142



3.2.2 Modos de pago.	142
3.2.2.1 Valoración y abono de los trabajos.	142
3.2.2.2 Abono de trabajos especiales no contratados.	142
3.2.2.3 Pago de arbitrios.	142
3.2.3 Garantías, fianzas y avales.	142
3.2.4 Penalizaciones.	144
3.2.4.1 Penalizaciones por rendimiento de los servicios exteriores.	144
3.2.4.2 Penalizaciones por baja calidad.	145
3.2.4.3 Desperfectos en las propiedades colindantes.	145
3.2.4.4 Replanteos.	145
3.3 Pliego de condiciones legales.	145
3.3.1 Responsabilidades y seguridad laboral.	145
3.3.1.1 Capacidad para contratar.	146
3.4 Pliego de condiciones técnicas.	148
3.4.1 Condiciones generales.	148
3.4.1.1 Objeto y campo de aplicación.	148
3.4.1.2 Disposiciones preliminares.	148
3.4.1.3 Requisitos generales.	149
3.4.2 Clasificación de la instalación.	151
3.4.3 Criterios generales de diseño.	151
3.4.3.1 Dimensionado y cálculo.	151
3.4.3.2 Diseño del sistema de captación.	153
3.4.3.3 Diseño del sistema de acumulación solar.	156
3.4.3.4 Diseño del sistema de intercambio.	159
3.4.3.5 Diseño del circuito hidráulico.	159
3.4.3.6 Diseño del sistema de energía auxiliar.	165
3.4.3.7 Diseño del sistema de control.	166
3.4.4 Suministro y almacenamiento.	167
3.4.4.1 Captadores.	167
3.4.4.2 Fluido caloportador.	167
3.4.4.3 Acumuladores.	168
3.4.4.4 Bomba de circulación.	168
3.4.4.5 Válvulas.	169
3.4.5 Condiciones de materiales y equipos.	169
3.4.5.1 Generalidades.	169



3.4.5.2 Selección de materiales.	170
3.4.5.3 Procedencia.	171
3.4.5.4 Reconocimiento de los materiales.	171
3.4.5.5 Gastos ocasionados por pruebas y ensayos.	172
3.4.6 Condiciones de montaje.	172
3.4.6.1 Montaje de estructura soporte y captadores.	172
3.4.6.2 Montaje del acumulador.	172
3.4.6.3 Montaje del intercambiador.	173
3.4.6.4 Montaje de la bomba.	173
3.4.6.5 Montaje de las tuberías y accesorios.	173
3.4.6.6 Montaje del aislamiento.	174
3.4.7 Programa de mantenimiento.	174
3.4.7.1 Plan de vigilancia.	174
3.4.7.2 Plan de mantenimiento preventivo.	176
3.4.7.3 Plan de mantenimiento correctivo.	179
3.4.8 Criterios de integración paisajística.	179
3.4.9 Ejecución de los trabajos.	180
3.4.9.1 Riesgos.	180
3.4.9.2 Medidas de protección y prevención.	181
3.4.10 Pruebas a realizar.	182
3.4.10.1 Pruebas a realizar por el instalador.	182
3.4.10.2 Pruebas de estanqueidad del circuito primario.	183
3.4.11 Documentación necesaria.	183
3.4.11.1 Fichero de clasificación.	183
3.4.11.2 Documentación de los componentes.	184
3.4.11.3 Documentos con referencia a la puesta en servicio.	184
3.4.11.4 Documentos de montaje e instalación.	185
3.4.11.5 Documentos para el funcionamiento.	186
4. PRESUPUESTO	187
5. PLANOS	196
5.1 Situación y emplazamiento.	
5.2 Implantación en parcela.	



5.3 Detalle puertas nave de ventas.

5.4 Instalación en cubierta.

5.5 Instalación ACS y calefacción. Tuberías.

Conexión de captadores.

5.7 Esquema de principio.

ANEXO: HOJAS TECNICAS

197



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Elementos de un captador plano.	15
Figura 2. Intercambiador de placas.	16
Figura 3. Depósito acumulador.	18
Figura 4. Bomba de agua.	19
Figura 5. Vaso de expansión cerrado.	20
Figura 6. Tuberías de ACS con aislamiento.	21
Figura 7. Válvula de corte.	22
Figura 8. Purgador automático de boya.	23
Figura 9. Climatizadora Roof-Top.	38
Figura 10. Zonas climáticas de la Península Ibérica [1].	40
Figura 11. Temperatura media ambiente (°C) – Mes.	41
Figura 12. Temperatura del agua fría de red (°C) – Mes.	41
Figura 13. Irradiación media mensual superficie horizontal (MJ/m^2) – Mes.	42
Figura 14. Irradiación global inclinada (MJ/m^2) – Mes.	46
Figura 15.1. LIDER-CALENER.	52
Figura 15.2. LIDER-CALENER.	53
Figuras 16, 17 y 18. Simulación en LIDER-CALENER.	53
Figura 19. Demanda de calefacción (kWh/m^2) – Mes.	54
Figura 20. Demanda de calefacción (MJ) – Mes.	54
Figura 21. Demanda energética de ACS (MJ) – Mes.	59
Figura 22. Necesidades energéticas del edificio (MJ).	60
Figura 23. Necesidades energéticas del edificio (W).	61
Figura 24. Graficas de corrección por caudal.	64
Figura 25. Corrección por intercambiador.	64
Figura 26. Factor de corrección por tamaño del intercambiador de calor de carga.	67
Figura 27. Curvas F-Chart.	68
Figura 28. Cobertura solar anual – Área de captación (m^2).	76
Figura 29. Cobertura solar anual – Numero de captadores en serie (N).	80
Figura 30. Cobertura solar anual – Volumen de acumulación (l/m^2).	84
Figura 31. Captador SONNENKRAFT modelo SKR500.	87
Figura 32. Ángulos de inclinación y de acimut. [4]	88



Figura 33. Orientación de la parcela objeto del proyecto.	89
Figura 34.1. Porcentaje de energía respecto al máximo como consecuencia de las pérdidas por orientación e inclinación. [4]	90
Figura 34.2. Porcentaje de energía respecto al máximo como consecuencia de las pérdidas por orientación e inclinación. [4]	91
Figura 35. Separación mínima entre filas de captadores.	92
Figura 36. Detalle conexionado de captadores.	95
Figura 37. Temperatura de protección de FLUIDOSOL. [14]	102
Figura 38. Capacidad calorífica del FLUIDOSOL. [14]	103
Figura 39. Viscosidad cinemática de FLUIDOSOL. [14]	104
Figura 40. Curva característica bomba del circuito primario. [15]	110
Figura 41. Curva característica bomba del circuito secundario de ACS. [15]	116
Figura 42. Curva característica bomba del circuito de distribución de calefacción. [15]	118
Figura 43. Caldera con regulación termostática modulable. [8]	123
Figura 44. Funcionamiento normal del sistema.	129
Figura 45. Funcionamiento para baja demanda energética.	129
Figura 46. Enfriamiento de seguridad por paro de la bomba.	130
Figuras 47 y 48. Disipadores de calor para sistemas de energía térmica.	130
Figura 49. Distancias entre puntos de anclaje.	132

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Temperatura ambiente diaria media mensual (°C). [2]	40
Tabla 2. Temperatura media del agua fría (°C). [2]	41
Tabla 3. Irradiación global diaria media mensual sobre superficie horizontal (MJ/m^2). [2]	42
Tabla 4. Día para cálculo de radiación solar diaria media mensual extraterrestre.	44
Tabla 5. Irradiación global diaria media mensual sobre superficie inclinada.	46
Tabla 6. Materiales de cerramientos y particiones.	49
Tabla 7. Composición cerramientos y separaciones.	50
Tabla 8. Vidrios.	51
Tabla 9. Marcos.	51
Tabla 10.1. Huecos.	51
Tabla 10.2. Huecos.	51
Tabla 11. Demanda de referencia a 60 °C. [4]	56
Tabla 12. Radiación solar global media diaria anual. [5]	57
Tabla 13. Radiación solar global media diaria anual por zonas. [4]	57
Tabla 14. Contribución solar mínima anual para ACS en %. [4]	58
Tabla 15. Demanda térmica mensual de ACS.	59
Tabla 16. Necesidades energéticas del edificio (MJ).	60
Tabla 17. Necesidades energéticas del edificio (W).	61
Tabla 18. Calculo de las variables adimensionales X e Y.	72
Tabla 19. Corrección por almacenamiento.	73
Tabla 20. Corrección por demanda de ACS.	74
Tabla 21. Corrección por tamaño del intercambiador de calor de carga.	75
Tabla 22. Cobertura solar anual.	76
Tabla 23. Parámetros característicos.	77
Tabla 24. Corrección por caudal.	77
77	
Tabla 25. Corrección por agrupación.	77
Tabla 26. Corrección por intercambiador.	78
Tabla 27. Calculo de parámetros adimensionales X e Y.	78
Tabla 28. Corrección por acumulación.	78
Tabla 29. Corrección por demanda.	79
Tabla 30. Corrección por tamaño del intercambiador de calor de carga.	79



Tabla 31. Cobertura solar anual.	80
Tabla 32. Parámetros característicos.	81
Tabla 33. Corrección por caudal.	81
Tabla 34. Corrección por agrupación.	81
Tabla 35. Corrección por intercambiador.	82
Tabla 36. Calculo de parámetros adimensionales X e Y.	82
Tabla 37. Corrección por acumulación.	82
Tabla 38. Corrección por demanda.	83
Tabla 39. Corrección por tamaño del intercambiador de calor de carga.	83
Tabla 40. Cobertura solar anual.	84
Tabla 41. Características captador elegido.	87
Tabla 42. Perdidas límite por la disposición geométrica de captadores. [4]	89
Tabla 43. Coeficientes k en función de la latitud del lugar. [4]	93
Tabla 44. Características de los intercambiadores de calor elegidos.	100
Tabla 45. Características de las baterías de apoyo de agua caliente.	101
Tabla 46. Caudales de agua aprox. máximos admisibles para los diferentes diámetros de tubería de cobre. [6]	107
Tabla 47. Long. Equivalente de tubería para perdidas de carga singulares. [7]	108
Tabla 48. Perdidas de carga del circuito primario.	109
Tabla 49. Volumen de fluido en tuberías.	112
Tabla 50. Perdidas de carga del circuito secundario de ACS.	115
Tabla 51. Perdidas de carga del circuito secundario de calefacción.	116
Tabla 52. Perdidas de carga del circuito de distribución de calefacción.	117
Tabla 53. Espesor mínimo de aislamiento de tuberías y accesorios que transporten fluidos calientes que discurran por el interior de edificios. [7]	119
Tabla 54. Espesor mínimo de aislamiento de tuberías y accesorios que transporten fluidos calientes que discurran por el exterior de edificios. [7]	119
Tabla 55. Espesores mínimos de aislamiento de espuma de poliuretano.	120
Tabla 56. Caudal instantáneo mínimo para cada tipo de aparato. [4]	122
- PLIEGO DE CONDICIONES	
Tabla 10. Plan de vigilancia. Fuente: IDAE.	176
Tabla 3. Plan de mantenimiento para el sistema de captación. Fuente: IDAE.	177
Tabla 4. Plan de mantenimiento para el sistema de acumulación. Fuente: IDAE.	177
Tabla 5. Plan de mantenimiento para el sistema de intercambio. Fuente: IDAE.	177



Tabla 6 Plan de mantenimiento para el circuito hidráulico. Fuente: IDAE.	178
Tabla 7. Plan de mantenimiento para el sistema eléctrico y de control. Fuente: IDAE.	178
Tabla 8. Plan de mantenimiento para el sistema de energía auxiliar. Fuente: IDAE.	178



1. MEMORIA DESCRIPTIVA



1.1 OBJETO DEL PROYECTO

El objetivo del presente proyecto es el diseño y cálculo de una instalación solar térmica de baja temperatura para la producción de agua caliente sanitaria (ACS) para la zona de oficinas y apoyo de calefacción de las maquinas climatizadoras instaladas en la sala de ventas de una superficie comercial.

El estudio se realiza a partir de las necesidades energéticas del edificio, mediante el empleo del método de cálculo F-Chart. A partir de estos datos se dimensiona el sistema de captación, los volúmenes de acumulación, los intercambiadores del sistema, el sistema de control, el sistema hidráulico y el sistema de apoyo.

Finalmente se estima un presupuesto.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

El edificio objeto de este proyecto es una nave construida en la parcela GSC2 del Plan Parcial SUS-DMN-05 "HIGUERON SUR" de Sevilla. Se trata de una parcela de uso pormenorizado "Gran Superficie Minorista" de 23.654 m² de superficie y 9.308 m² de edificabilidad.

Es un establecimiento especializado en VENTA AL POR MENOR DE PRODUCTOS, ARTICULOS Y MATERIALES DESTINADOS AL BRICOLAJE Y LA CONSTRUCCION (BRICO DEPOT).

La edificación responde a una tipología tradicional de nave comercial en L de 119 m. de largo y 57.60 m. de ancho en su ala más larga y 50.20 m. de largo por 30.40 m. de ancho en su ala corta, siendo la altura completa del cajón de nave de 9m.

La actividad del edificio se desarrolla principalmente en planta baja, excepto en la zona de oficinas que se desarrolla en dos niveles, planta baja y primera.

La morfología del edificio se deriva directamente del programa que desarrolla. Así la pieza principal es la sala de ventas, de forma rectangular, a la que se le anexa por su lateral derecho una zona de almacén y reserva, también rectangular, que incluye el recinto que alojará el CGBT. El módulo administrativo y el acceso se anexan por la fachada principal y formando parte de ella. El conjunto se termina con dos espacios descubiertos y cerrados perimetralmente que sirven de sala de ventas exterior y zona logística para carga y descarga,



donde también encontraremos el recinto del centro de transformación, el depósito de superficie para PCI y el grupo de bombas contra incendio.

La superficie total construida incluidas las zonas descubiertas es de **8.268,78 m²** siendo el área la nave de ventas de **4985,2 m²**.

En el plano “1. Situación y emplazamiento” se detalla más concretamente la localización.

1.3 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES. TECNOLOGIA SOLAR

Una instalación solar térmica está constituida por un conjunto de componentes encargados de realizar las funciones de captar la radiación solar, transformarla directamente en energía térmica cediéndola a un fluido de trabajo y, por último almacenar dicha energía térmica de forma eficiente, bien en el mismo fluido de trabajo de los captadores o bien transferirla a otro, para poder utilizarla después en los puntos de consumo. Dicho sistema se complementa además con una producción de energía térmica por sistema convencional auxiliar que puede o no estar integrado dentro de la misma instalación.

En general, una instalación solar térmica estará formada por los siguientes sistemas:

SISTEMA DE CAPTACIÓN

Encargado de transformar la radiación solar incidente en energía térmica aumentando la temperatura del fluido de trabajo.

Su principal elemento son los captadores solares, cuyas partes principales son:

- Cubierta: elemento de material transparente a la radiación solar, suele usarse vidrio.
- Absorbedor: lámina metálica o varias aletas adheridas. Normalmente están fabricadas en cobre, debido a su alto coeficiente de transmisión de calor y presentan algún tratamiento superficial (pintura) que mejore sus prestaciones. El más extendido es el absorbedor tipo “parrilla”, es decir, el constituido por varias tuberías paralelas que se unen a los conductos de distribución.
- Aislamiento: se coloca en los laterales y en el fondo de la carcasa, para disminuir la transmisión de calor hacia el exterior. Suele estar constituido por lana de roca o fibra de vidrio.

- **Carcasa o Caja:** contenedor de los elementos del captador que suele ser de aluminio o acero galvanizado para soportar las condiciones exteriores [17].

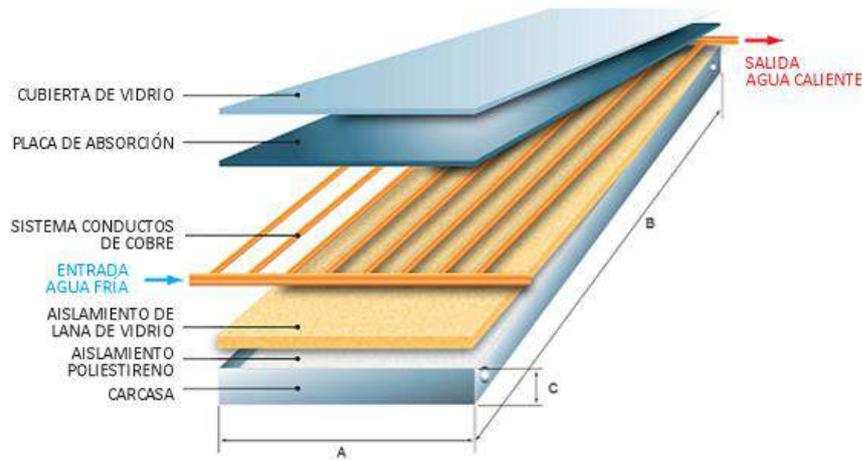


Figura 1. Elementos de un captador plano

SISTEMA DE INTERCAMBIO

Transfiere el calor entre el fluido de trabajo, que circula por el circuito primario, y el agua, que circula por el circuito secundario.

Su principal componente, el intercambiador de calor, se puede emplear para aislar e independizar el circuito primario, independizar el circuito de consumo y, en algunas configuraciones, realizar ambas funciones.

A diferencia de una instalación convencional en la que la temperatura de entrada está fijada, en una instalación solar esta temperatura varía continuamente y puede alcanzar valores muy altos (superiores a 150 °C en los captadores solares). Estos valores pueden tener reflejo en los circuitos secundario y/o terciario donde también se pueden alcanzar valores elevados. El empleo de un intercambiador que separe el circuito primario del agua de consumo limita las deposiciones calcáreas en el circuito primario, especialmente en el sistema de captación.

Adicionalmente, la utilización de un intercambiador disminuye los riesgos de corrosión en los circuitos cerrados ya que el contenido de oxígeno disuelto en agua está limitado. El oxígeno es uno de los principales responsables de la corrosión en el sistema de captación, si bien también se han de tomar precauciones en la selección de los materiales empleados en el correspondiente circuito.

La separación del circuito primario permite utilizar mezclas anticongelante-agua como fluido de trabajo en este, de esta forma, ya que hay varios elementos situados al exterior (captadores



solares, etc.) se puede evitar fácilmente que el fluido de trabajo se congele en el circuito primario aunque la instalación se encuentre en localidades donde se alcancen temperaturas ambientes bajas (inferiores a las de congelación del agua).

La independencia del circuito de consumo evita la contaminación de este debido al empleo de anticongelantes, utilización de acumuladores u otros materiales no aptos para agua potable, etc. que pueden emplearse en circuitos cerrados de calentamiento (primario, secundario y/o terciario).

Como regla general, los intercambiadores más empleados en este tipo de instalaciones son de los de placas, además a medida que aumenta el tamaño de la instalación y por consiguiente el de estos, aumenta su relación eficiencia/coste.

Al seleccionarlo se ha de prestar especial atención al rango de presiones y temperaturas de trabajo que se pueden alcanzar en los diversos circuitos donde se encuentren instalados. Especial cuidado, debido a que alcanza temperaturas más elevadas, se ha tomar en el circuito primario. Algunas de las circunstancias que pueden producirse en caso de superarse las temperaturas y/o presiones de trabajo son alteraciones de las juntas de conexión en intercambiadores de placas, abombamientos en intercambiadores de doble envolvente, etc.

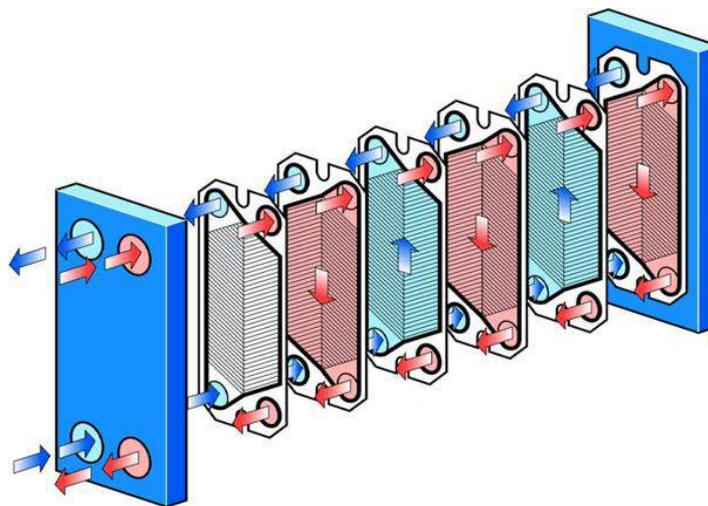


Figura 2. Intercambiador de placas



SISTEMA DE ACUMULACIÓN

Almacena la energía térmica en forma de agua caliente.

Cualquier instalación de este tipo requiere de un sistema de acumulación de energía, que permita acoplar en el tiempo la oferta de radiación solar y la demanda de agua caliente y/o calefacción.

La acumulación debe almacenar energía térmica con la mayor eficiencia posible; dentro del término eficiencia se engloban la calidad de la estratificación de temperaturas (distribución vertical de temperaturas alcanzada en un acumulador) y las pérdidas térmicas.

a) Estratificación por temperaturas.

Cuando un acumulador se encuentra estratificado la temperatura del agua es una función de su altura vertical decreciendo la temperatura de la parte superior a la inferior.

La calidad de la estratificación queda configurada por los procesos de:

- Calentamiento o carga térmica.
- Mezcla por circulación interna o durante la descarga térmica.
- Degradación por transferencia térmica.

La eficiencia de una instalación solar aumenta al hacerlo la estratificación de temperaturas alcanzada en el acumulador porque:

- Cuando existe consumo de agua caliente, al estar el agua más caliente en la parte superior, es esta la que va primero hacia el consumo consiguiéndose por tanto trasvasar el agua a mayor temperatura y retardar, en su caso, la activación del sistema de apoyo.
- El agua almacenada en la parte inferior se encuentra a menor temperatura por lo que el fluido de trabajo que va desde el intercambiador hacia los captadores también está a menor temperatura. En esta situación la temperatura de entrada a captadores es más baja y por tanto el rendimiento de estos aumenta.

Es por ello que para optimizar el comportamiento del sistema de acumulación se recomienda lo siguiente:



- Emplear acumuladores de configuración vertical.
- Incorporar dispositivos (deflectores, tubos difusores, etc.) en las tuberías de entrada al acumulador que reduzcan la velocidad de entrada del agua.
- Situar correctamente las tuberías de conexión.

b) Pérdidas térmicas.

Las temperaturas en una instalación solar térmica varían continuamente pudiendo llegar a alcanzarse valores elevados en los acumuladores (superiores a 100 °C); los materiales y protecciones de los acumuladores han de seleccionarse teniendo esto muy en cuenta.

Para disminuir las pérdidas térmicas ha de cubrirse toda la superficie exterior del acumulador, tuberías y bocas de conexión con material aislante adecuado que, en caso de que el acumulador este situado al exterior, ha de ser resistente también a la humedad y a la radiación solar, o se ha de colocar sobre el algún tipo de recubrimiento exterior resistente a estos dos factores. También se recomienda emplear acumuladores en los que el cociente entre la superficie exterior y el volumen sea bajo, en este sentido resulta más adecuado el empleo de un único acumulador frente a varios.



Figura 3. Depósito acumulador



SISTEMA HIDRÁULICO

Hace circular el fluido de trabajo por el circuito primario y el agua de consumo a través de los circuitos secundario y de consumo de la instalación. Sus principales componentes son los siguientes:

- Bombas de circulación.

Se emplean en instalaciones de circulación forzada para hacer circular el fluido contenido en el circuito primario y, caso de existir, también en el del secundario y/o terciario.

En una instalación solar se pueden alcanzar temperaturas muy elevadas por lo que, especialmente en el circuito primario, la bomba debe instalarse en la zona más fría (tubería de ida hacia los captadores solares en el circuito primario).

Por otra parte, debido a la aleatoriedad de la radiación solar las bombas pueden experimentar arranques y paradas frecuentes por lo que han de estar preparadas para responder adecuadamente frente a estas situaciones.

Al ser variable la radiación solar a lo largo del día, y por tanto la fuente energética usada en las instalaciones solares, puede resultar adecuado utilizar bombas de caudal variable siempre que estas se mantengan funcionando dentro de niveles aceptables de eficiencia.

Por otro lado, para optimizar el balance energético de la instalación, ha de minimizarse el consumo eléctrico de bombeo, por lo que se recomienda tomar medidas encaminadas a reducir la pérdida de carga (utilización de diámetros mayores de tuberías, etc.).



Figura 4. Bomba de agua



- Vasos de expansión.

En instalaciones solares normalmente se utilizan vasos de expansión cerrados, por lo que el fluido del circuito no se encuentra en comunicación directa con la atmosfera. En estas instalaciones se pueden dar temperaturas muy elevadas por lo que, además de instalarse en la parte más fría del circuito, se han de emplear vasos con membranas elásticas que trabajen adecuadamente frente a las temperaturas que se puedan alcanzar en el vaso y, en caso de emplear fluidos anticongelantes utilizar membranas especiales. Se recomienda instalar el vaso de expansión de forma que el fluido de la instalación este en la parte superior y el gas en la inferior consiguiéndose de esta forma disminuir la temperatura del fluido liquido en contacto con la membrana elástica debido a la estratificación de temperaturas que presenta este liquido; de esta forma la membrana estará en contacto con el liquido mas frio. Por este mismo motivo se recomienda que en la tubería de conexión (ramal o línea de expansión) entre el circuito y el vaso no se aisle térmicamente. En algunos casos, para evitar temperaturas elevadas en la membrana se intercala en el ramal de expansión un acumulador entre el circuito y el vaso de expansión.



Figura 5. Vaso de expansión cerrado

- Tuberías y aislamientos

Debido a las altas presiones y temperaturas que se pueden alcanzar en una instalación solar se recomienda utilizar tuberías y elementos de conexión metálicos en el circuito primario. Estas tuberías y accesorios de conexión han de ser compatibles con el resto de elementos que constituyan la instalación solar y con el tipo de fluido empleado, resistentes a la corrosión, presentar buena estabilidad térmica y mecánica, etc.



La singularidad más evidente de los materiales aislantes radica en que, debido a que en muchos casos se encuentran situados en tramos exteriores, han de comportarse adecuadamente frente a la radiación solar, humedad, corrosión y han de ser resistentes a las acciones de la fauna (pájaros, roedores, etc.). En este último caso es especialmente recomendable la utilización de elementos de protección (chapa de aluminio, etc.).



Figura 6. Tuberías de ACS con aislamiento

- Válvulas.

Habitualmente se utilizan las mismas válvulas empleadas en las instalaciones térmicas convencionales si bien debe prestarse especial atención a su comportamiento frente a las temperaturas y presiones máximas de trabajo y a su protección respecto al ambiente exterior (efecto de la radiación, humedad, etc.).

A continuación se describen algunas singularidades en el empleo de válvulas en las instalaciones solares:

- Válvulas de corte

En el campo de captadores se utilizan para poder independizar las agrupaciones de baterías que se hayan establecido, facilitando la realización de operaciones de mantenimiento.

- Válvulas de regulación

Son de especial aplicación para regular el caudal de circulación del fluido de los distintos ramales, circuitos, etc.



- Válvulas de retención

La aplicación singular en las instalaciones solares es para evitar los flujos inversos no deseados que se producen, cuando las configuraciones de los circuitos lo permiten, entre acumulador y captadores.

- Válvulas de seguridad

Además de en los acumuladores, deben utilizarse en las agrupaciones de captadores que se puedan independizar donde se alcanzan condiciones de estancamiento y, habitualmente, se produce vapor.

- Válvulas termostáticas

Se utilizan en la tubería de salida hacia el consumo cuando no se limita la temperatura del acumulador de las instalaciones solares y se quieren proteger los materiales y/o usuarios.



Figura 7. Válvula de corte

- Sistemas de purga de aire

Dadas las condiciones de diseño de los campos de captadores, habitualmente, los trazados hidráulicos se realizan con sifones invertidos que pueden retener bolsas de aire por lo que se hace necesario realizar la purga de aire de la instalación.

Las propias salidas de baterías suelen ser puntos altos de los circuitos que han de ser purgados. En estos casos, los sistemas de purga deben ser resistentes a las máximas temperaturas que se puedan alcanzar en los circuitos donde pueden llegar a estar expuestos a temperaturas superiores a 150 °C.

Hasta hace relativamente poco tiempo se han utilizado purgadores normales empleados en los sistemas de calefacción que han dado gran cantidad de problemas y resultados



negativos debido a su incapacidad de soportar los niveles de temperatura alcanzados en las instalaciones solares. Sin embargo, en la actualidad existen purgadores expresamente diseñados para las instalaciones solares que están dando mejores resultados.

Las líneas de purga han de colocarse de forma que no se pueda acumular fluido de trabajo en estas.



Figura 8. Purgador automático de boya

- Sistema de llenado

Los sistemas cerrados deben incorporar un sistema de llenado, manual o automático, que permita llenar el circuito y mantenerlo presurizado en caso de pérdidas. Debido a que algunos componentes (captadores solares, etc.) se encuentran situados al exterior, en muchas ocasiones el fluido utilizado en el circuito primario es una mezcla de agua con anticongelante por lo que si se producen fugas en este circuito deben ser repuestas con la misma concentración de anticongelante en la mezcla. En caso de utilizar agua con anticongelante se recomienda incorporar un sistema de llenado manual o un sistema automático conectado a un acumulador que contenga el fluido requerido.

Para evitar la formación de bolsas de aire durante la operación de llenado y facilitar la salida del aire al exterior se recomienda realizar el llenado por la parte inferior del circuito evitando los choques térmicos.



SISTEMA DE CONTROL

Encargado de asegurar el correcto funcionamiento de la instalación solar.

Su elemento principal suele ser una centralita o regulador, utilizada para controlar el proceso de calentamiento del sistema de acumulación y, en determinadas configuraciones, el proceso de descarga térmica del sistema de acumulación. Las estrategias de funcionamiento pueden ser muy diversas. En su modalidad normal disponen de varias entradas y salidas. Funciona en base a la diferencia de dos señales de entrada correspondientes a dos sensores de temperatura que transmiten estas señales al circuito electrónico correspondiente del regulador. La salida es un relé de contacto que actúa o desactiva el funcionamiento de una bomba de circulación, una válvula de 3 vías, etc.

SISTEMA DE ENERGÍA DE APOYO

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.

En los siguientes puntos se hará una descripción de las características principales de los sistemas citados concretos para nuestra instalación.

1.3.1 SISTEMA DE CAPTACIÓN

La orientación e inclinación de nuestros captadores será la siguiente:

Orientación:	SO (212°)
Inclinación:	45°

El campo de captadores se situará sobre la cubierta, según el plano de planta adjunto, y está formado por 36 captadores solares planos conectados en serie-paralelo (6 baterías en paralelo, cada una a su vez con 6 captadores conectados en serie). Estos cubrirán una superficie total de captación de 81.36 m².



Estarán conectados entre ellos mediante el sistema de retorno invertido, para alcanzar un flujo equilibrado y asegurar igual recorrido hidráulico en todas las baterías.

La entrada de fluido caloportador se efectuara por el extremo inferior del primer captador de la batería y la salida por el extremo superior del último.

El captador utilizado es de la marca SONNENKRAFT modelo SKR500.

1.3.1.1 Estructura soporte de captadores

Para colocar estos captadores sobre la cubierta necesitaremos una estructura soporte. Para ello hemos elegido una estructura de la marca SONNENKRAFT modelo BDA35-50R, fabricada y diseñada por el mismo fabricante que los captadores solares.

Esta estructura en concreto esta optimizada para la colocación de captadores sobre cubierta metálica con una inclinación de 30°-50°, como es nuestro caso.

1.3.2 SISTEMA DE ACUMULACIÓN

Los volúmenes de acumulación se han seleccionado cumpliendo con las especificaciones expuestas en el CTE HE-4 y el RITE ITE 10.1.3.2 tal como sigue:

$$50 < V/A < 180$$

$$0.8 * M \leq V \leq M$$

Siendo:

V: volumen de acumulación (l).

M: demanda media diaria de ACS a lo largo del año.

A: Superficie de captación (81.36 m²).

Se ha optado por independizar la acumulación de ACS de la parte destinada a calefacción. Para ello se han instalado 2 depósitos acumuladores de 500 y 5000 litros respectivamente, consiguiendo un volumen total de 5500 l.



Las características de los depósitos son las siguientes:

	Marca	Modelo	Diámetro (mm)	Altura (mm)	Vol. Acumulación (l)
Deposito ACS	Lapesa	Geiser inox GX-500-R	770	1690	500
Deposito calefacción	Idrogas	IMVV 5000 RB	2710	1910	5000

1.3.3 SISTEMA DE INTERCAMBIO

Se han instalado 2 intercambiadores de calor de placas idénticos, uno para ACS y otro para calefacción. Por ambos circulara el mismo caudal (flujo simétrico) para ambos circuitos (primario y secundario). Este flujo circulara a contracorriente, ya que esta disposición proporciona una mayor eficiencia.

Por cada una de las tuberías de entrada y salida del los mismos se instalara una válvula de cierre próxima al manguito correspondiente.

Estos son de la marca ALFA LAVAL modelo M3-FG de 30 placas.

En cuanto a las Roof-Top, incorporaremos a estas unas baterías de apoyo de agua caliente. Estas son un complemento opcional del circuito interior de las máquinas que ofrece y suministra el mismo fabricante de las propias máquinas. Incorporaremos una batería a cada máquina, las cuales alimentaremos con agua caliente procedente de nuestra instalación solar.

1.3.4 SISTEMA HIDRÁULICO

1.3.4.1 Tuberías

Todos los circuitos están formados por tuberías de cobre con aislamiento de espuma de poliuretano (conductividad de 0,028 W/m·K), capaz de resistir el calor, la presión y la oxidación. Los espesores de aislamiento (expresados en mm) de tuberías y accesorios situados en el interior o exterior, no serán inferiores a los valores especificados en RITE-IT 1.2.4.2.1.1.

Se ha elegido el cobre por sus buenas cualidades así como resistencia a la corrosión, maleabilidad y ductilidad.



1.3.4.2 Bombas de circulación

El caudal que circula por el circuito primario es proporcionado por una única bomba, pero debido a que la instalación cuenta con más de 50 m² de captación, se coloca otra idéntica en paralelo de reserva para que en caso de fallo o reparación de esta, el fluido pueda seguir circulando evitando así posibles averías en los captadores. Esta misma operación se repite en los circuitos secundarios de ACS y calefacción así como en el circuito de distribución de calefacción, luego contaremos con un total de 8 bombas.

Las bombas colocadas en el circuito primario son de la casa GRUNDFOS, modelo UPS 40-185 F, las cuales tienen el siguiente punto de funcionamiento:

Caudal (l/h)	Altura (m)
5070	14.00

En cuanto a los circuitos secundarios de ACS y calefacción, las bombas instaladas respectivamente son también marca GRUNDFOS modelo UPS 50-60/2F.

En este caso los puntos de funcionamiento son los siguientes:

	Caudal (l/h)	Altura (m)
Circuito secundario ACS	4780	4.5
Circuito secundario calefacción	4780	4.5

En el circuito de distribución de calefacción, las bombas instaladas también han sido de la marca GRUNDFOS, modelo TP 32-230/2 en este caso.

El punto de funcionamiento de estas es el siguiente:

Caudal (l/h)	Altura (m)
4640	19.6



1.3.4.3 Fluido caloportador

Para evitar riesgos de congelación en el circuito primario, el fluido caloportador incorporará anticongelantes.

Como anticongelante podrán utilizarse productos ya preparados o mezclados con agua. En ambos casos, deben cumplir con la reglamentación vigente. Además su punto de congelación debe ser inferior a la temperatura mínima histórica (-6°C), con un margen de seguridad mínimo de 5°C .

En cualquier caso, su calor específico no será inferior a $3 \text{ KJ/kg} \cdot \text{K}$.

Se deberán tomar las precauciones necesarias para prevenir posibles deterioros del fluido anticongelante cuando se alcancen temperaturas muy altas. Estas precauciones deberán de ser comprobadas de acuerdo con UNE-EN 12976-2.

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

Es conveniente disponer de un depósito auxiliar para reponer las posibles pérdidas de fluido caloportador en el circuito y no debe utilizarse para reposición un fluido cuyas características sean incompatibles con el existente en el circuito.

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

Para este caso, se ha elegido como fluido caloportador una mezcla comercial de agua y propilenglicol al 30 %, con lo que se garantiza la protección de los captadores contra rotura por congelación hasta una temperatura de unos -15°C , así como contra corrosiones e incrustaciones, ya que dicha mezcla no se degrada a altas temperaturas. En caso de fuga en el circuito primario, cuenta con una composición no tóxica y aditivos estabilizantes.

El anticongelante que usaremos es FLUIDOSOL, de la casa TERMICOL. Las principales características de este fluido caloportador son las siguientes:

- Densidad: 1005 Kg/m^3 a 45°C .
- Calor específico: $3920 \text{ J/Kg} \cdot \text{K}$ a 45°C .
- Viscosidad: 1.5 milipascales-segundo a 45°C .



1.3.4.4 Vaso de expansión

Los sistemas cerrados de agua o soluciones acuosas deben estar equipados con un dispositivo de expansión de tipo cerrado, siendo este el caso del circuito primario de captadores. La función del vaso de expansión será la de absorber las variaciones de volumen del fluido caloportador al variar su temperatura.

Este se ha diseñado siguiendo la norma UNE 100155: 2004 "Diseño y cálculo de vasos de expansión" y sus características son las siguientes:

Marca	Modelo	Volumen (l)
Salvador escoda	35 SMR-P	35

1.3.4.5 Purgadores

Se instalarán 6 purgadores de aire colocados a la salida de cada batería de captadores, en los puntos altos. Serán manuales, ya que no está previsto que se forme vapor en el circuito y cada uno contará con su botellín de desaireación que deberá ser como mínimo de 203.4 cm³.

Estos deberán soportar, al menos, la temperatura de estancamiento de los captadores y, en cualquier caso, hasta 150°C.

1.3.4.6 Sistema de llenado

Se incorporará un sistema de llenado automático que permita llenar el circuito primario y mantenerlo presurizado, aunque en cualquier caso, también será posible el relleno manual del mismo.

1.3.4.7 Válvulas

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

- Para aislamiento: válvulas de esfera.
- Para vaciado: válvulas de esfera o macho.
- Para llenado: válvulas de esfera.
- Para purga de aire: válvulas de esfera o macho.



- Para seguridad: válvulas de resorte.
- Para retención: válvulas de disco de doble compuerta o de clapeta.

1.3.5 SISTEMA DE ENERGIA AUXILIAR

Para asegurar la continuidad en el abastecimiento de la demanda térmica en cualquier circunstancia, la instalación de energía solar debe contar con un sistema de energía auxiliar.

Este sistema deberá tener suficiente potencia térmica para proporcionar la energía necesaria para la producción total de agua caliente sanitaria, en caso de ausencia de radiación solar. La energía auxiliar se aplicara en el circuito de consumo, nunca en el circuito primario de captadores.

En el caso de que el sistema de energía auxiliar no disponga de acumulación, es decir, sea una fuente de calor instantánea como en este caso, el equipo será capaz de regular su potencia de forma que se obtenga la temperatura de manera permanente, con independencia de cuál sea la temperatura del agua de entrada al citado equipo.

Por ello hemos instalado una caldera de la marca HERMANN modelo Micraplus 30, con una potencia útil para A.C.S. de 30 Kw y un caudal de 17 l/min, diseñada para soportar altas temperaturas a la entrada y dotada con regulación termostática modulante.

No se instalara sistema auxiliar alguno para el circuito de distribución de calefacción, ya que el objetivo de esta instalación es servir de apoyo a las roof-top colocadas en la cubierta de la sala de ventas cuando sea posible y además estas ya cuentan cada una con su propia bomba de calor.

1.3.6 SISTEMA DE CONTROL

El rango de temperatura ambiente admisible para el funcionamiento del sistema de control será, como mínimo, el siguiente: -10 °C a 50 °C.

Los sensores de temperatura soportaran los valores máximos previstos para la temperatura en el lugar en que se ubiquen. Deberán soportar, sin alteraciones superiores a 1 °C, una temperatura de hasta 100 °C.



La localización e instalación de los sensores de temperatura deberá asegurar un buen contacto térmico con la zona de medición. Para conseguirlo, en el caso de sensores de inmersión, se instalarán en contracorriente con el fluido.

Los sensores de temperatura deberán estar aislados contra la influencia de las condiciones ambientales que les rodean.

La ubicación de las sondas ha de realizarse de forma que estas midan exactamente las temperaturas que se desea controlar, instalándose sensores en el interior de vainas y evitándose las tuberías separadas de la salida de los captadores y las zonas de estancamiento en los depósitos.

Las sondas serán, preferentemente de inmersión. Se tendrá especial cuidado en asegurar una adecuada unión entre las sondas por contacto y la superficie metálica.

El sistema seleccionado ha sido una centralita de la marca RESOL modelo DELTASOL E, la cual cuenta con hasta 10 entradas de sonda y 7 salidas de relé.

1.3.7 PROTECCIÓN CONTRA SOBRECALENTAMIENTOS

Este sistema deberá estar diseñado de tal forma que, con altas radiaciones solares prolongadas sin consumo de agua caliente/calefacción, no se produzcan situaciones en las cuales el usuario tenga que realizar alguna acción especial para llevar el sistema a su estado normal de operación [17].

Por ello se han instalado un sistema de disipación de calor por gravedad de la casa ECOSOL, modelo SO 12043 de 2000 W.

Este sistema consiste en una batería de 3 disipadores conectados en serie entre ellos con una potencia de disipación total de 2000 W. Colocaremos 6 de estas baterías, una por cada batería de captadores, haciendo un total de potencia de disipación de 12000 W.



1.4 NORMATIVA Y BIBLIOGRAFÍA

1.4.1 NORMATIVA DE APLICACIÓN

- Código Técnico de la Edificación (CTE).
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas.
- Pliego de condiciones técnicas de las instalaciones de energía solar térmica, del IDEA.
- Reglamento de Recipientes a Presión (RAP).
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC.BT).
- Ley 31/1995 del 8 de Noviembre sobre la prevención de riesgos laborales (BOE nº 269 del 10 de Noviembre).
- Real Decreto 1627/97, de 24 de Octubre de 1997 por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Ley de Protección del Ambiente Atmosférico (LPAA).
- Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.
- Orden ITC/71/2007, de 22-01-2007, por la que se modifica el anexo de la Orden 28-07-1980 por la que se aprueban las normas e instrucciones técnicas complementarias para la homologación de paneles solares.
- Orden ITC/2761/2008, de 26 de septiembre, por la que se amplía el plazo establecido en la disposición transitoria segunda de la Orden ITC/71/2007, de 22 de enero, por la que se modifica el anexo de la Orden de 28 de julio de 1980 por la que se aprueban las normas e instrucciones técnicas complementarias para la homologación de paneles solares.
- Orden del 9 de abril de 1981, por la que se especifican las exigencias técnicas que deben cumplir los sistemas solares para agua caliente y climatización, a efectos de la concesión de subvenciones a los propietarios, en el desarrollo del artículo 13 de la ley 82/1980, del 30 de diciembre, sobre conservación de la energía (BOE 25 de Abril de 1981).
- Resolución del 5 de Noviembre de 2001, de la consejería de industria, comercio y turismo, por la que se aprueban las bases que han de regir la convocatoria pública de subvenciones para programas de ahorro energético y uso de energías renovables en el año 2002.



1.4.2 NORMATIVA DE CONSULTA

- UNE-EN 12976-1: *Sistemas solares térmicos y sus componentes. Sistemas solares prefabricados. Parte 1: Requisitos generales.*
- UNE-EN 12976-2: *Sistemas solares térmicos y sus componentes. Sistemas solares prefabricados. Parte 2: Métodos de ensayo.*
- UNE 100155: *Diseño y cálculo de sistemas de expansión.*
- UNE 94002: *Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria: cálculo de la demanda de energía térmica.*
- UNE 94003: *Datos climáticos para el dimensionado de las instalaciones solares térmicas.*
- UNE 100030: *Guía para la prevención y control de la proliferación y diseminación de legionela en instalaciones.*
- UNE-EN 12977-1: *Sistemas solares térmicos y sus componentes. Instalaciones a medida. Parte 1: Requisitos generales.*
- UNE-EN 12977-2: *Sistemas solares térmicos y sus componentes. Instalaciones a medida. Parte 2: Métodos de ensayo.*
- UNE-EN 12977-3: *Sistemas solares térmicos y sus componentes. Parte 3: Caracterización del funcionamiento de acumuladores para las instalaciones de calefacción solares.*
- UNE-EN 12975-1: *Sistemas solares térmicos y sus componentes. Captadores solares. Parte 1: Requisitos generales.*
- UNE-EN 12975-2: *Sistemas solares térmicos y sus componentes. Captadores solares. Parte 2: Métodos de ensayo.*
- UNE-ENV 1991-2-4: *EUROCÓDIGO 1: Bases de proyecto y acciones en estructuras. Parte 2-4: Acciones en estructuras. Acciones del viento.*



1.4.3 BIBLIOGRAFÍA

1.4.3.1 Consulta

- IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), “Instalaciones de Energía Solar Térmica. Pliego de condiciones Técnicas de instalaciones de baja temperatura”. (2009)
- CTE (Código técnico en la edificación), Documento Básico Ahorro de Energía, Sección HE 4, “Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria”. (2013)
- IDAE, “Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios” (RITE) y sus instrucciones técnicas complementarias. (2013)
- GAS NATURAL FENOSA, “Manual de cálculo y diseño de instalaciones de producción de agua caliente sanitaria en edificaciones de viviendas mediante energía solar y apoyo individual de gas natural”. (2004)
- *Solar engineering of thermal processes*. A. Duffie, Jhon & A. Beckman, William. 3a ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. 2006.
- *DTIE 7.03 Entrada de datos a los programas líder y calener VyP*. Documentos técnicos de instalaciones en la edificación. Madrid: Etecyr. 2008.
- *Manual práctico de certificación energética de edificios*. Zabalza, Ignacio. Díaz, Sergio & Aranda, Alfonso. 1 ed. Zaragoza: Prensas Universitarias de Zaragoza. 2008.
- *DTIE 8.03 Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria*. Documentos técnicos de instalaciones en la edificación. Madrid: Etecyr. 2007.
- *PFC “Proyecto de una instalación de energía solar para la producción de agua caliente sanitaria en un edificio de viviendas”*. Ana María Moreno Pacheco. Noviembre, 2013.
- *PFC “Proyecto de instalación solar para ACS, calefacción y piscina es un edificio de viviendas”*. Antonio Luis Relaño Peña. Mayo, 2010.
- AEMET (Agencia estatal de meteorología), “Atlas de Radiación Solar en España utilizando datos del SAF de Clima de EUMETSAT”.



1.4.3.2 Referencias

A continuación se citan todas las referencias usadas en el presente proyecto:

- [1] CTE (Código técnico en la edificación), Documento Básico Ahorro de Energía, Sección HE 1, “Limitación de la demanda energética”. (Septiembre 2013).
- [2] UNE 94003:2007 “Datos climáticos para el dimensionado de instalaciones solares térmicas”.
- [3] UNE 94002:2005 “Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria. Calculo de la demanda de energía térmica”.
- [4] CTE (Código técnico en la edificación), Documento Básico Ahorro de Energía, Sección HE 4, “Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria”. (Septiembre 2013).
- [5] “Atlas de Radiación Solar en España utilizando datos del SAF de Clima de EUMETSAT”, publicado en el año 2012 por la Agencia Estatal de Meteorología.
- [6] GAS NATURAL FENOSA, “Manual de cálculo y diseño de instalaciones de producción de agua caliente sanitaria en edificaciones de viviendas mediante energía solar y apoyo individual de gas natural”. (2004)
- [7] RITE (Reglamento de la Edificaciones Técnicas en Edificios). (2013).
- [8] Fototermic (Diseño, Instalación y Mantenimiento de Energía Solar, Biomasa y Eficiencia energética), “Integración de calderas individuales en las instalaciones de ACS con Energía Solar”. (2005)
- [9] Hermann, Catalogo – Tarifa Mayo 2013. Disponibles en: <http://www.calderas-hermann.es>
- [10] Salvador escoda S.A. Catalogo 2014. Disponible en: <http://www.salvadorescoda.com>
- [11] T-soluciona Catalogo distribución 2013. Disponible en: <http://t-soluciona.com/wp-content/uploads/CATALOGO.pdf>
- [12] Catalogo captador solar SONNENKRAFT SKR500. Disponible en: <http://www.sonnenkraft.es/>
- [13] <http://www.resol.de/index/produktdetail/kategorie/7/id/8/sprache/es>
- [14] <http://www.termicol.es/accesorios/productos>



[15] http://es.grundfos.com/bombas_grundfos.html

[16] <http://www.eco-sol.net/disipadores-por-gravedad-1>

[17] PFC *“Proyecto de instalación solar para ACS, calefacción y piscina es un edificio de viviendas”*. Antonio Luis Relaño Peña. Mayo, 2010.



2. MEMORIA DE CÁLCULO

2.1 DATOS PREVIOS

Antes de realizar todos los cálculos para definir y dimensionar la instalación, así como determinar el número de captadores necesarios para la misma, debemos conocer varios datos que quedan recogidos a continuación.

2.1.1 DATOS DEL EMPLAZAMIENTO

La edificación donde va colocada la instalación está situada en una amplia parcela donde no existen en los alrededores obstáculos que puedan proyectar sombras sobre los captadores, lo cual unido a las buenas características climatológicas del lugar, hacen que sea un lugar idóneo para este tipo de instalaciones.

En cuanto a la orientación, el eje Norte-Sur corresponde aproximadamente con la diagonal de la parcela, formando un ángulo de 122° con la línea que forma el límite sur de la parcela.

El edificio está ubicado en la provincia de Sevilla, con los siguientes datos geográficos:

Altura (h): 13 m.

Latitud: $37^\circ 23' 24''$

Longitud: $5^\circ 58' 48''$ Oeste

2.1.2 CARACTERÍSTICAS INSTALACIÓN CONVENCIONAL

En cuanto a la instalación convencional de calefacción, los equipos colocados en la sala de ventas son de expansión directa compactos, denominados **Roof Tops**. Son concretamente 3 y están ubicados en la cubierta, siendo los encargados de la climatización de esta zona.

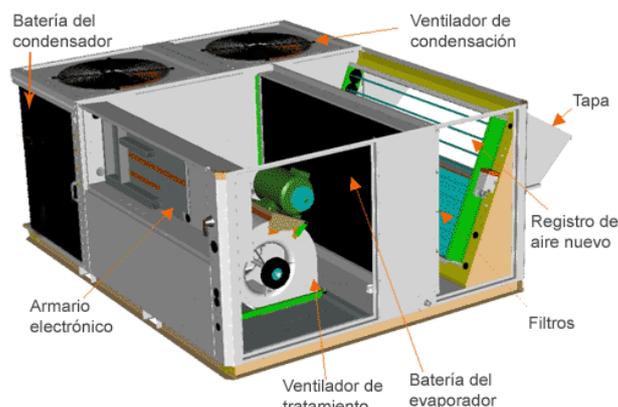


Figura 9. Climatizadora Roof-Top



Estos equipos incorporan la tecnología de enfriamiento gratuito denominada Free-cooling. Son de la marca CIATESA, una modelo SAPCE IPF 720 MRC11 y dos modelo SPACE IPF 540 MC11.

Uno de ellos (IPF 720 MRC11) incorpora recuperación de calor para dar cumplimiento a la normativa según la *IT 1.2.4.5.2 Recuperación de calor del aire de extracción*.

Los 3 están ubicados en bancadas metálicas y apoyadas mediante elementos antivibratorios diseñados especialmente para este tipo de equipos y sus pesos.

De ellos parten redes de conductos de impulsión y retorno, que discurren por cubierta y son rectangulares de fibra tipo Apta de 40mm de espesor, estando recubiertos en chapa para protección del aislamiento con el fin de evitar pérdidas energéticas y conseguir una mayor eficiencia, con lo que garantizan la *IT 1.2.4.2.2. Aislamiento térmico de redes de conductos*. Una vez en el interior de la nave los conductos pasan a ser circulares y están aislados interiormente mediante coquilla de Armaduct con el mismo fin, para cumplir nuevamente la *IT 1.2.4.2.2*, dado que el material cumple con los requisitos de conductividad térmica para no superar el 4% de pérdidas de calor.

La difusión se realiza mediante toberas de alta inducción de la marca Koolair modelo DF47-23 termo regulables, a fin de evitar estratificaciones en el local. Este elemento está interno en el difusor-tobera, de forma que cuando llega el aire a una temperatura de impulsión superior a 29 °C, mediante un pistón cae y modifica el ángulo de salida de aire consiguiendo el mismo efecto que una regulación manual o motorizada, pero sin necesidad de intervenir manual o eléctricamente.

La ventilación de la sala de ventas, se realiza por medio de la aportación de aire exterior del propio sistema de climatización Roof top, instalando para ello una sonda de calidad de aire que procederá a la regulación de la entrada de aire en función de la ocupación, incluyendo filtrado F5 + F7 para dar cumplimiento a IDA3/ODA3 (*IT 1.1.4.2.2* y *IT 1.1.4.2.4*). Se ha calculado según el método indirecto por persona, lo cual es 28.8 m³/h por cada persona, siguiendo la *IT 1.1.4.2.3. Caudal mínimo de aire exterior de ventilación*.



2.1.3 DATOS CLIMÁTICOS

2.1.3.1 Zona climática

De acuerdo con el DB-HE1, para una misma zona climática se definen unas solicitaciones exteriores comunes a efectos de cálculo de la demanda energética. Se identifican mediante una letra, correspondiente a la severidad climática de invierno, y un número, correspondiente a la severidad climática de verano.

La siguiente tabla permite obtener la zona climática de una localidad en función de su capital de provincia y su altitud respecto al nivel del mar (h). Para cada provincia, se tomará el clima correspondiente a la condición con la menor cota de comparación.

Pamplona/Iruña	D1	456		h < 100			h < 300	h < 600	h ≥ 600	
Pontevedra	C1	77			h < 350			h ≥ 350		
Salamanca	D2	770					h < 800		h ≥ 800	
San Sebastián/Donostia	D1	5						h < 400	h ≥ 400	
Santander	C1	1				h < 150		h < 650	h ≥ 650	
Segovia	D2	1013					h < 1000		h ≥ 1000	
Sevilla	B4	9		h < 200		h ≥ 200				
Soria	E1	984						h < 750	h < 800	h ≥ 800
Tarragona	B3	1		h < 50		h < 500		h ≥ 500		
Teruel	D2	995				h < 450	h < 500		h ≥ 1000	
Toledo	C4	445				h < 500		h ≥ 500		
Valencia/València	B3	8		h < 50		h < 500		h < 950	h ≥ 950	
Valladolid	D2	704						h < 800	h ≥ 800	
Vitoria/Gasteiz	D1	512						h < 500	h ≥ 500	

Figura 10. Zonas climáticas de la Península Ibérica [1]

La zona climática correspondiente a Sevilla es la **B4**, con una altura de referencia de 9 m sobre el nivel del mar. Como nuestro edificio está a una altura muy próxima a la de referencia, su zona climática no cambia.

2.1.3.2 Temperatura ambiente diaria media mensual

La siguiente tabla contiene la temperatura ambiente diaria media mensual (°C) de agua fría para Sevilla, donde se localiza nuestro proyecto.

	Altura de referencia	Temperatura ambiente diaria media mensual (°C)											
		Ene	feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Sevilla	12	10.7	11.9	14.0	16.0	19.6	23.4	26.8	26.8	24.4	19.5	14.3	11.1

Tabla 1. Temperatura ambiente diaria media mensual (°C). [2]

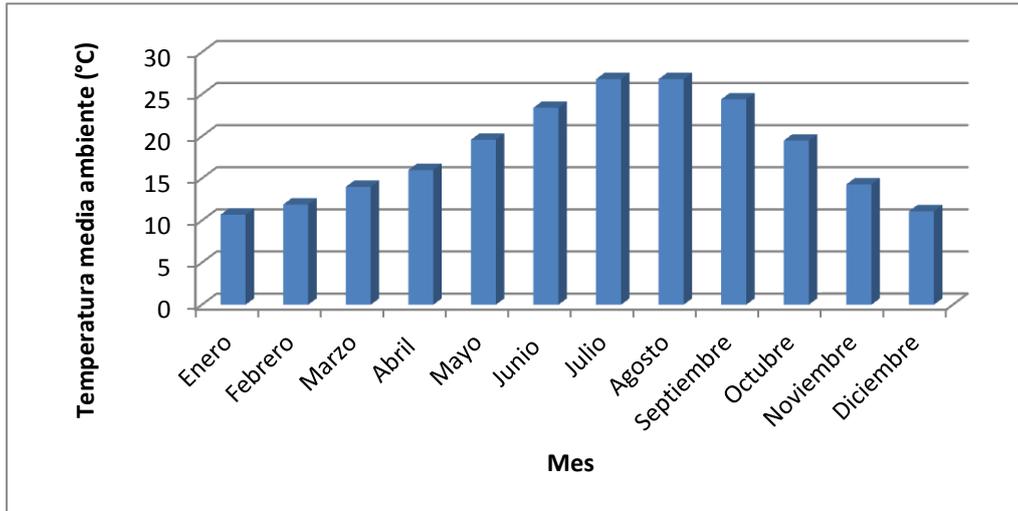


Figura 11. Temperatura media ambiente (°C) - Mes

2.1.3.3 Temperatura media del agua fría

La siguiente tabla contiene la temperatura diaria media mensual (°C) de agua fría para Sevilla, donde se localiza nuestro proyecto.

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. Temperatura media del agua fría (°C). [3]

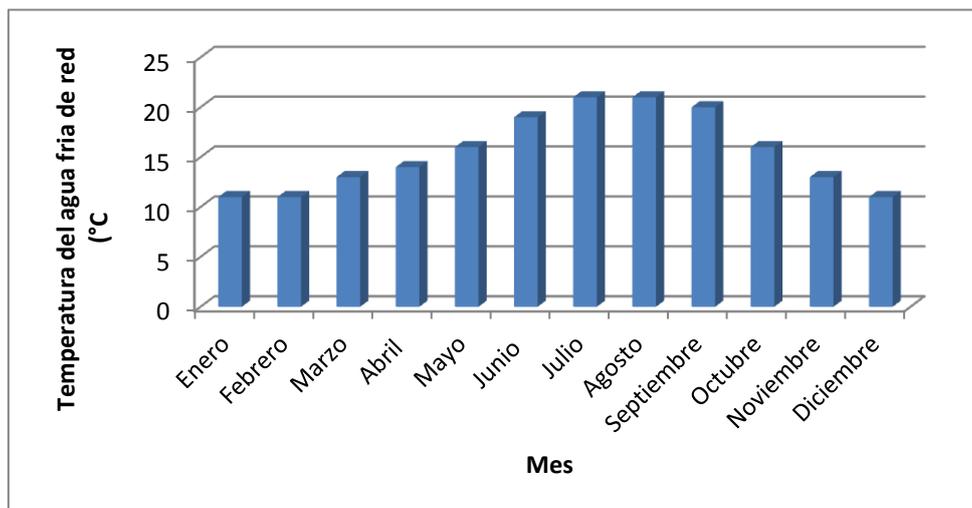


Figura 12. Temperatura del agua fría de red (°C) - Mes



2.1.3.4 Irradiación global diaria media mensual sobre superficie horizontal

La siguiente tabla contiene los valores de irradiación global diaria media mensual sobre superficie horizontal, expresada en MJ/m^2 .

	Ene	feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Sevilla	9.1	12.0	16.0	19.8	24.1	25.9	27.2	24.8	19.2	14.3	10.2	8.3

Tabla 3. Irradiación global diaria media mensual sobre superficie horizontal (MJ/m^2). [2]

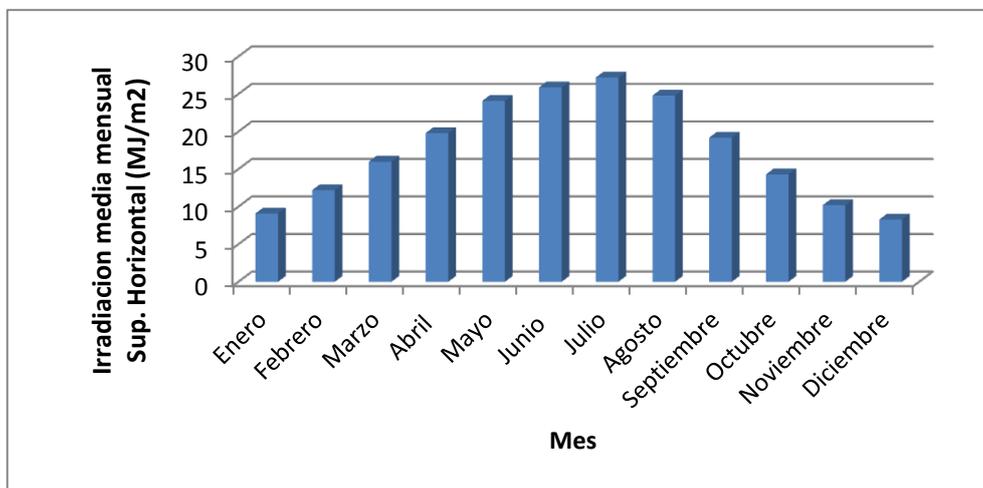
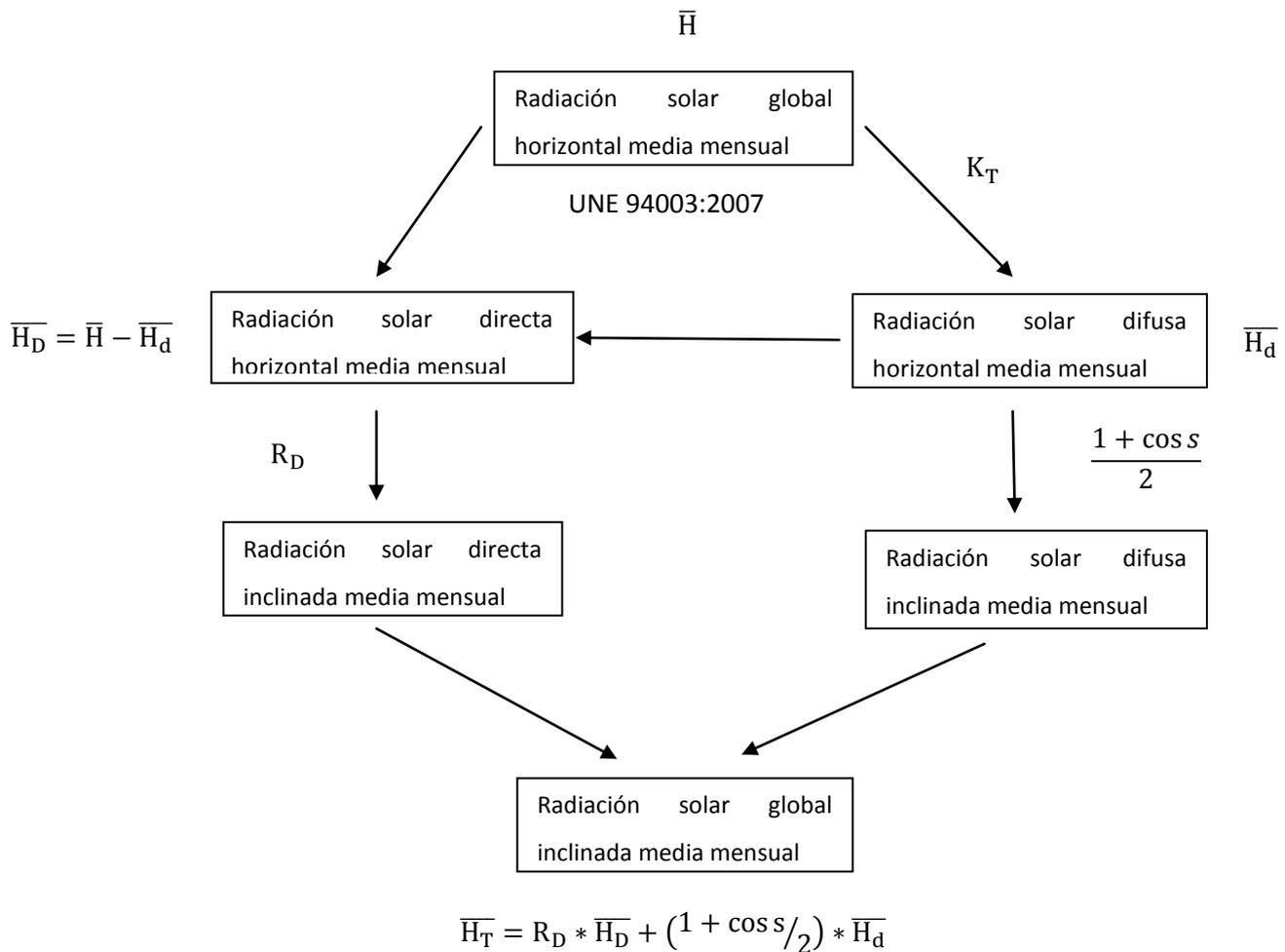


Figura 13. Irradiación media mensual superficie horizontal (MJ/m^2) - Mes

2.1.3.4 Irradiación global diaria media mensual sobre superficie inclinada

Estos datos anteriores de irradiación global media mensual sobre superficie horizontal no podemos utilizarlos tal que así, ya que nuestros captadores estarán inclinados a 45° , por lo que debemos corregirlos de acuerdo a nuestra inclinación.

El proceso es el siguiente:



Todos estos factores para pasar de un tipo de radiación a otra y los parámetros que los definen quedan definidos a continuación:

Inclinación de la superficie receptora (captadores). Angulo entre el plano

de la superficie y el plano horizontal: s

Constante solar: $G_{CS} = 1367 \text{ W/m}^2$

Día del año: n

Angulo horario de salida y puesta de sol: $w_s = \cos^{-1}(-\tan \delta \cdot \tan \phi)$

Declinación. Posición angular del sol en el mediodía solar con respecto al plano del ecuador:

$$\delta = 23.45 \cdot \sin\left(360 \cdot \frac{284 + n}{365}\right) \text{ (Ecuación de Cooper)}$$

Latitud. Distancia angular de la localidad en relación al ecuador: ϕ

Radiación solar extraterrestre en una superficie horizontal (J/m^2):



$$H_0 = \frac{24 \cdot 3600}{\pi} \cdot G_{CS} \cdot \left(1 + 0.033 \cdot \cos \frac{360 \cdot n}{365}\right) \cdot \left(\frac{\pi \cdot w_s}{180} \cdot \sin \delta \cdot \sin \phi + \cos \delta \cdot \cos \phi \cdot \sin w_s\right)$$

Para calcular esta radiación no lo hacemos día a día, sino que tomamos un solo día representativo de cada mes con su correspondiente declinación.

Mes	Día del año (n)	Declinación (°)
Enero	17	-20.9
Febrero	47	-13
Marzo	75	-2.4
Abril	105	9.4
Mayo	135	18.8
Junio	162	23.1
Julio	198	21.2
Agosto	228	13.5
Septiembre	258	2.2
Octubre	288	-9.6
Noviembre	318	-18.9
Diciembre	344	-23

Tabla 4. Día para cálculo de radiación solar diaria media mensual extraterrestre.

Paso 1: Descomponemos en primer lugar la radiación global diaria media mensual horizontal, en sus componentes directa y difusa.

$$\text{Indice de claridad mensual: } K_T = \frac{\bar{H}}{H_0}$$

$$\text{Para } w_s \leq 81.4^\circ \text{ (invierno) y } 0.3 \leq K_T \leq 0.8$$

$$\frac{\bar{H}d}{\bar{H}} = 1.391 - 3.560 \cdot K_T + 4.189 \cdot K_T^2 - 2.137 \cdot K_T^3$$



Para $w_s > 81.4^\circ$ (primavera, verano y otoño) y $0.3 \leq K_T \leq 0.8$

$$\frac{\overline{H_d}}{\overline{H}} = 1.311 - 3.022 \cdot K_T + 3.427 \cdot K_T^2 - 1.821 \cdot K_T^3$$

Con estos obtenemos la radiación global diaria media horizontal difusa ($\overline{H_d}$) y su componente directa la calculamos como $\overline{H_D} = \overline{H} - \overline{H_d}$.

Paso 2: Calcular la radiación global diaria media mensual sobre superficie inclinada.

Para superficies orientadas al sur $\pm 15^\circ$ como es nuestro caso, se puede definir:

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

$$\text{con } w'_s = \min \begin{cases} \cos^{-1}(-\tan \phi \cdot \tan \delta) \\ \cos^{-1}(-\tan(\phi - s) \cdot \tan \delta) \end{cases}$$

Y finalmente:

$$\overline{H_T} = \overline{R_D} \cdot \overline{H_D} + \left(\frac{1 + \cos s}{2} \right) \cdot \overline{H_d}$$

En la siguiente tabla quedan recogidos los resultados referentes a nuestra instalación

Radiación sobre superficie inclinada	
S (°)	45
Latitud (°)	37.39
G_{CS} (W/m ²)	1367



Mes	\bar{H} (J/m ²)	w_s	\bar{H}_o (J/m ²)	K_T	\bar{H}_d (J/m ²)	\bar{H}_D (J/m ²)	w_s'	R_D	\bar{H}_T (MJ/m ²)
Enero	9100000	73.03	16824609.54	0.541	3210669.28	5889330.72	73.03	2.18	15.58
Febrero	12200000	79.84	21981594.61	0.555	4150191.59	8049808.41	79.84	1.74	17.51
Marzo	16000000	88.16	28615981.8	0.559	5989964.59	10010035.41	88.16	1.32	18.36
Abril	19800000	97.27	35286953.25	0.561	7377317.57	12422682.43	88.73	0.10	18.70
Mayo	24100000	105.08	39874894.22	0.604	8057583.73	16042416.27	87.39	0.80	19.77
Junio	25900000	109.03	41685611.54	0.621	8276450.18	17623549.82	86.73	0.73	19.87
Julio	27200000	107.24	40710874.23	0.668	7578004.31	19621995.69	87.03	0.76	21.38
Agosto	24800000	100.57	37020093.49	0.670	6870428.00	17929572	88.16	0.91	22.15
Septiembre	19200000	91.68	30961523.83	0.620	6155421.55	13044578.45	89.71	1.18	20.68
Octubre	14300000	82.57	23908024.31	0.598	4859527.33	9440472.67	82.57	1.59	19.13
Noviembre	10200000	74.83	18018418.18	0.566	3370600.48	6829399.53	74.83	2.05	16.88
Diciembre	8300000	71.07	15405306.95	0.539	2944189.40	5355810.60	71.07	2.33	15.01

Tabla 5. Irradiación global diaria media mensual sobre superficie inclinada.

Los meses sombreados en verde corresponden a periodo de invierno (en cuanto a w_s se refiere).

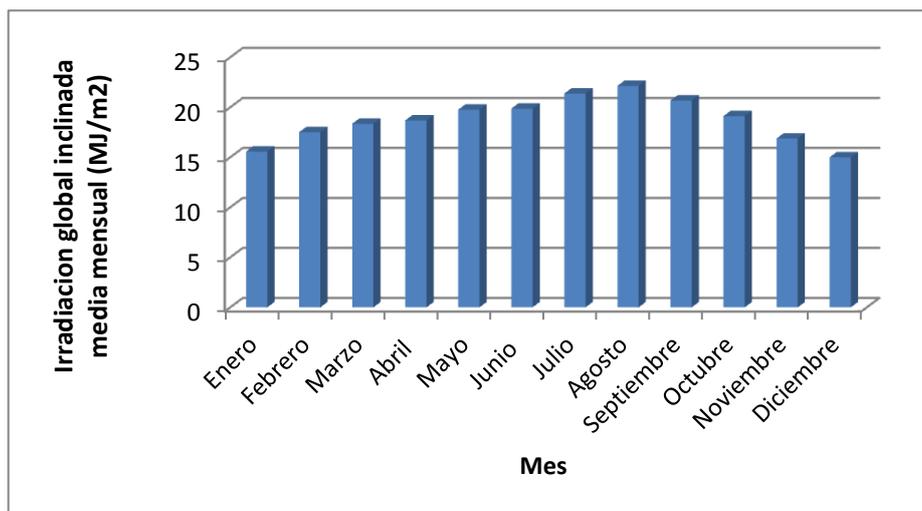


Figura 14. Irradiación global inclinada media mensual (MJ/m²) - Mes



2.2 NECESIDADES DE CALEFACCIÓN

En cuanto a la zona a calefactar, será únicamente la sala de ventas, que cuenta con unas dimensiones de 95.5m de largo y 52.2m de ancho (4985 m^2) y 7.46m de altura en su punto más elevado. Para la climatización de esta zona hay instalados 3 roof tops. El objetivo de la parte de la instalación dedicada a calefacción será servir de apoyo a estas 3 máquinas, para ello se instalarán unas baterías de agua caliente alimentadas por nuestra instalación de energía solar que permitirán, cuando haya suficiente radiación solar, aumentar la temperatura del aire de entrada a estas máquinas. Esto, aunque nos disminuirá levemente el rendimiento, supondrá un ahorro ya que el compresor nos consumirá menos energía eléctrica.

Para el cálculo de la demanda de calefacción haremos uso de la herramienta LIDER-CALENER. Esta herramienta incluye la unificación en una sola plataforma de los programas generales oficiales empleados hasta la fecha para la evaluación de la demanda energética y del consumo energético (LIDER y CALENER), así como la adaptación de estas aplicaciones a los cambios introducidos por el DB-HE del año 2013.

Esta herramienta informática permite además la verificación de las exigencias 2.2.1 de la sección HE0, 2.2.1.1 y punto 2 del apartado 2.2.2.1 de la sección HE1 del Documento Básico de Ahorro de Energía DB-HE.

Definimos el uso de la nave como de **alta intensidad – 12 h y acondicionado**.

La potencia instalada de iluminación de **15 W/m^2** .

2.2.1 CÁLCULO DE LA OCUPACIÓN

Para el cálculo de la ocupación de la nave se han tomado en cuenta las siguientes consideraciones:

Se han aplicado los valores de densidad de ocupación que se indican en la tabla 2.1 de la Sección SI-3 del DB-SI, siendo este en nuestro caso de 1 persona por cada 2 m^2 útiles (áreas de ventas en plantas de sótano, baja y entreplanta de establecimientos comerciales).

Como superficie útil, a efectos de cálculo de ocupación del edificio, se considera la superficie ÚTIL de la sala de ventas (zona destinada al público), menos el espacio ocupado por estanterías fijas, cajas registradoras y mostradores (siendo este de unos 1716 m^2) tal y como se indica en el DB-SI Anexo A.



Con la densidad definida anteriormente y la superficie útil, se obtiene la ocupación real de la nave. Sin embargo, la probabilidad de coincidencia de situaciones de aforo máximo y cargas máximas externas de climatización estará limitada a un máximo de 15 días al año. Por ello se estima un aforo total durante el funcionamiento normal de la actividad de **574 personas** en la sala de ventas incluido personal asistente, de cajas y público.

2.2.2 VENTILACIÓN

El nivel de ventilación, como en nuestro caso no es un edificio destinado a vivienda sino a uso terciario, lo calculamos siguiendo la metodología del documento básico HE2 (RITE).

Basándonos en la IT 1.1.4.2.3. *Caudal mínimo de aire exterior de ventilación* y empleando el método indirecto de caudal de aire exterior por persona, para IDA 3, obtenemos un caudal mínimo de 8 dm³/s, o lo que es lo mismo, 28.8 m³/h de aire por persona. Multiplicando este valor por las 574 personas que hemos estimado como aforo nos da 16531.2 m³/h de aire.

La nave cuenta con un área útil de 3269 m² y una altura media de unos 7.2 m, lo que hacen en total un volumen de 23536.8 m³.

$$16531.2 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} * \frac{1 \text{ renovacion}}{23536.8 \text{ m}^3} = \mathbf{0.70 \text{ ren/h}}$$

Este es el número mínimo de renovaciones/hora requerida para cumplir con la normativa, pero como me pareció un poco bajo para el tipo de uso que tiene nuestra nave, optamos por tomar un valor de **1.6 renovaciones/hora**.

2.2.3 COMPOSICIÓN DE CERRAMIENTOS Y SEPARACIONES

A continuación pasamos a describir los cerramientos y separaciones de dicha sala de ventas. En primer lugar haremos un listado de los materiales empleados, teniendo en cuenta que hay una serie de ellos que no están en la base de datos del software, por lo que los introducimos manualmente.



MATERIALES

Nombre	K (W/mK)	e (Kg/m ³)	Cp (J/KgK)	Z (m ² sPa/Kg)
M1_Espuma_polisocianura	0.022	35.00	1590.00	2
M2_Enfoscado_cemento_a_b_v	1.300	1900.00	1010.00	10
M3_Fabrica_de_bloque_hormig	0.885	1100.00	920.00	10
M4_Lana_mineral	0.036	40.00	840.00	1
M5_Placa_yeso_laminado	0.250	825.00	900.00	4
M6_Lamina_polipropileno	0.200	910.00	1800.00	1
M7_Solera_horm_armado	2.300	2500.00	1050.00	80
Acero	50.000	7800.00	450.00	1e+30
Cámara de aire vertical sin ventilar 1cm	R (m ² K/W) = 0.19			
Lana Mineral (0.04 W/m ² K)	0.040	40.00	1000.00	1

Tabla 6. Materiales de cerramientos y separaciones.

Cerramientos sala de ventas: Panel metálico tipo sándwich con aislamiento a base de polisocianurato (PIR) y con cara exterior de chapa grecada rojo (RAL 3000) e interior galvanizada.

Separación Sala de ventas-Almacén: Partición de una hoja de bloque de hormigón de 20x20x40 cm color gris, armado en trama vertical y horizontal en cuadrícula de 5x3 m.

Separación Sala de ventas-Vestíbulo de entrada al público: Partición de una hoja de bloque de hormigón de 20x20x40 cm color gris, armado en trama vertical y horizontal en cuadrícula de 5x3 m.

Separación Sala de ventas-Núcleo de oficinas y vestuario: Partición de una hoja de bloque de hormigón de 20x20x40 cm en color gris, armado en trama vertical y horizontal en cuadrícula 5x3 m y trasdosado autoportante de placas de cartón yeso.

Cerramiento Sala de ventas-Venta exterior: Cerramiento de bloques de hormigón de 20x20x40 cm en color gris, armado en trama vertical y horizontal en cuadrícula 5x3 m y trasdosado hacia zona de venta exterior con chapa grecada color rojo RAL 3000.

Cubierta: Cubierta de chapa metálica grecada galvanizada tipo Deck con aislamiento térmico a base de lana de roca e impermeabilización mediante sistema monocapa con membrana de



polipropileno tipo FPA, soldada por aire y color exterior blanco y pendiente entre el 2% y el 3%.

Suelo: Solera de 20 cm de espesor de hormigón armado HA-25 y acero B-500-S en mallazo 15x15x5, con acabado superficial mediante emulsión de resina monocomponente de muy alta dureza y posterior abrillantado. Cuenta con aislamiento perimetral térmico formado por panel rígido de poliestireno extruido de 40 mm de espesor.

Nombre	U (W/m ² K)	Materiales	Espesor (m)
Cerramiento_ventas	0.30	Acero	0.001
		M1_Espuma_polisocianura	0.070
		Acero	0.001
Separacion_vent-almac	1.96	M2_Enfoscado_cemento_a_b_v	0.015
		M3_Fabrica_de_bloque_hormig	0.200
		M2_Enfoscado_cemento_a_b_v	0.015
Separacion_vent-acceso	1.96	M2_Enfoscado_cemento_a_b_v	0.015
		M3_Fabrica_de_bloque_hormig	0.200
		M2_Enfoscado_cemento_a_b_v	0.015
Separacion_vent-ofic	0.49	M3_Fabrica_de_bloque_hormig	0.200
		Cámara de aire vertical sin ventilar 1cm	0.010
		M4_Lana_mineral	0.048
		M5_Placa_yeso_laminado	0.015
Separacion_vent-vent.exterior	0.49	M3_Fabrica_de_bloque_hormig	0.200
		Cámara de aire vertical sin ventilar 1cm	0.010
		M4_Lana_mineral	0.048
		M5_Placa_yeso_laminado	0.015
Cubierta	0.25	M6_Lamina_polipropileno	0.001
		Lana Mineral (0.04 W/m ² K)	0.150
		Acero	0.001
Suelo	0.23	M7_Solera_horm_armado	0.200

Tabla 7. Composición cerramientos y separaciones.



2.2.4 CERRAMIENTOS SEMITRANSSPARENTES

VIDRIOS

Nombre	U (W/m ² K)	Factor solar
V01_Acristalamiento_U_1_40_W	3.10	0.30
V02_Doble_acristalamiento	3.10	0.77

Tabla 8. Vidrios.

MARCOS

Nombre	U (W/m ² K)
R01_PVC_con_dos_huecos	2.20
R02_Metalico_en_posicion_vertical	4.00

Tabla 9. Marcos.

HUECOS

Nombre	H01_Lucernario
Acristalamiento	V01_Acristalamiento_U_1_40_W
Marco	R01_PVC_con_dos_huecos
% Marco	10.00
Permeabilidad m ³ /hm ² a 100 Pa	50.00
U (W/m ² K)	3.01
Factor Solar	0.27

Tabla 10.1. Huecos.

Nombre	Puerta_acristalada
Acristalamiento	V02_Doble_acristalamiento
Marco	R02_Metalico_en_posicion_vertical
% Marco	5.00
Permeabilidad m ³ /hm ² a 100 Pa	50.00
U (W/m ² K)	2.99
Factor Solar	0.70

Tabla 10.2 Huecos.



Aparte, existen otras numerosas puertas opacas. En este caso para introducirlas en el programa elegimos un vidrio cualquiera y un marco con la composición de la puerta (metálico, madera o PVC), seleccionamos el botón puerta y automáticamente se le asigna una permeabilidad de $60 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ a 100 Pa. Su tipología y situación quedan detalladas en el plano 3. Detalle puertas nave de ventas.

2.2.5 DEMANDA DE CALEFACCIÓN

Una vez introducidos todos los datos anteriores en LIDER-CALENER, con sus dimensiones y materiales, obtenemos lo siguiente:

Datos generales

Datos administrativos | Datos generales | Fuentes de energía | Opciones generales del edificio | Imágenes y otros datos

Datos del proyecto

Nombre del Proyecto: Proyecto Brico Depot

Uso del edificio: Comercial

Comunidad Autónoma: Andalucía

Provincia: Sevilla Código postal: 41010

Localidad: Sevilla

Tipo Vía (p.e. Calle, Barriada, etc): Calle

Nombre de la vía: Ganimedes

Número: 5 Bloque: - Escalera: - Piso: - Puerta: -

Normativa vigente (construcción/rehabilitación)

Referencia(s) Catastral(es): ninguno

Datos del autor

CIF/NIF: 48977939

Nombre y apellidos o Razón social, dirección: Aquilino Junquera Hernandez

Domicilio

Localidad

Provincia: Provincia

Código Postal: Código Postal

Teléfono: -

Correo Electrónico

Titulación habilitante según normativa vigente

Guardar mis datos de autor Rellenar mis datos de autor

Aceptar Cancelar

Figura 15.1. LIDER-CALENER.

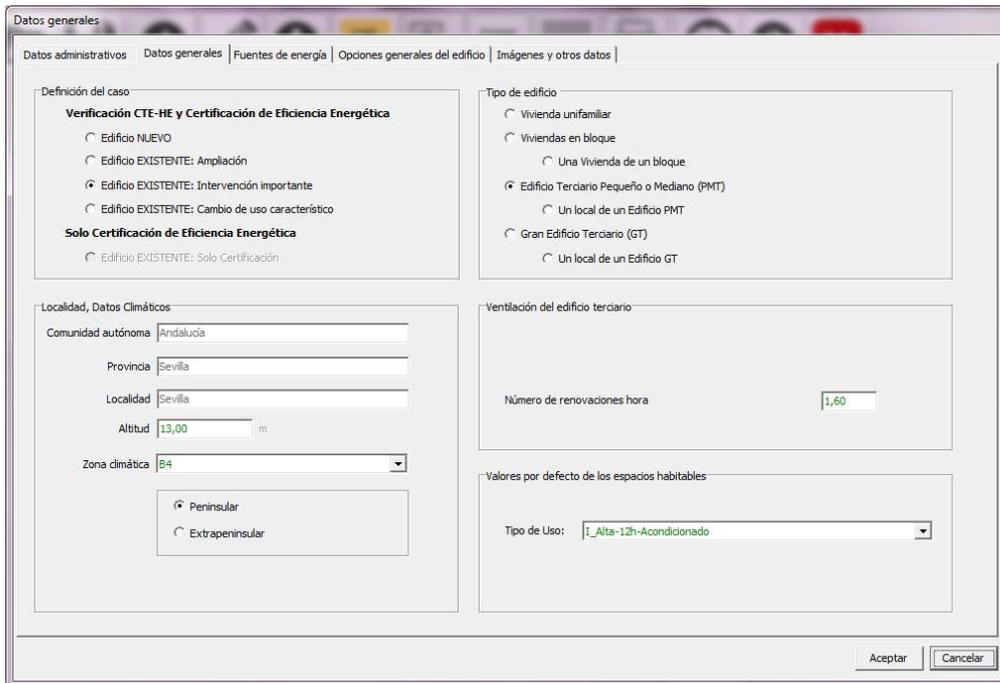
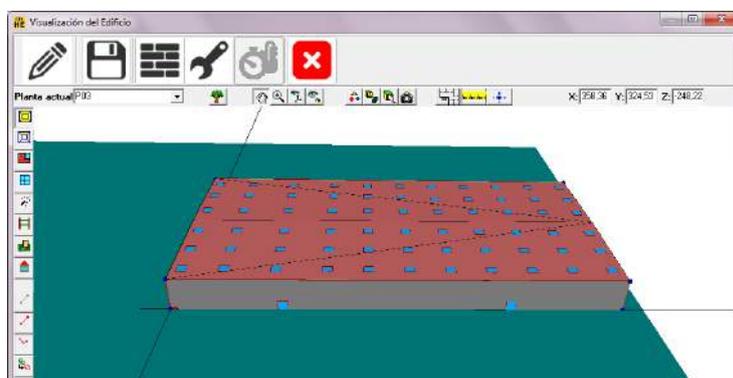
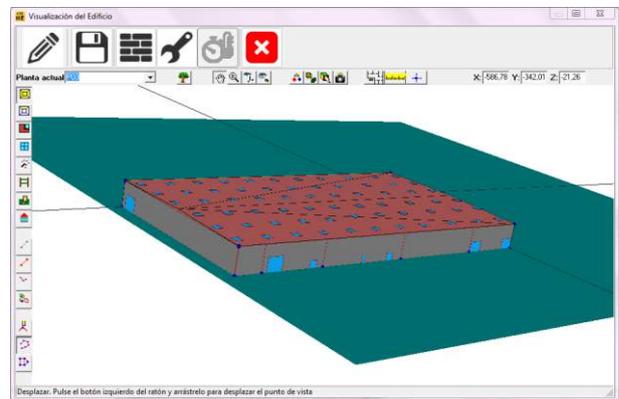
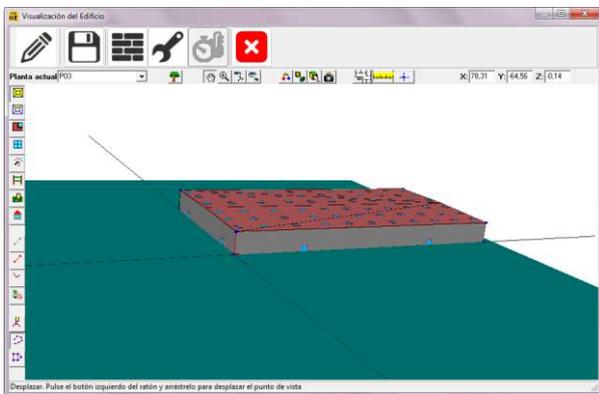


Figura 15.2. LIDER-CALENER.

La simulación de edificio queda tal que así:



Figuras 16, 17 y 18. Simulación en LIDER-CALENER.



Con esto obtenemos, entre otros muchos datos, las demandas mensuales de calefacción del edificio, que es lo que nos interesa.

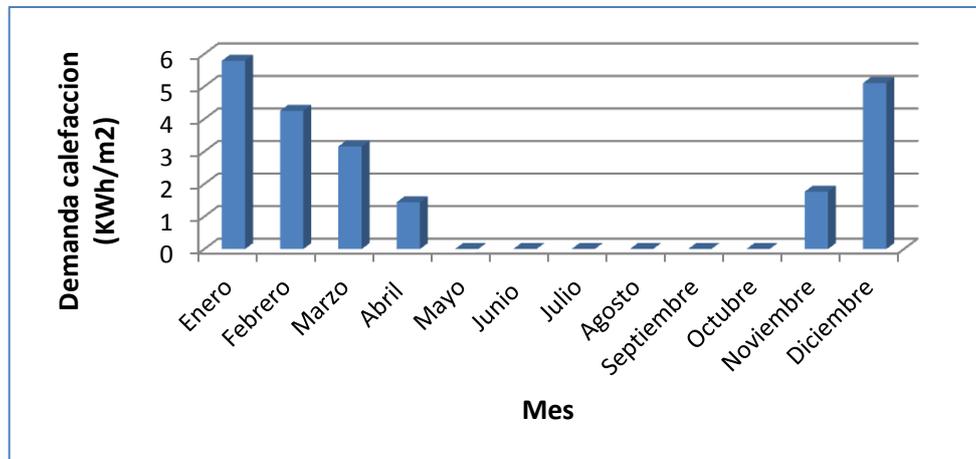


Figura 19. Demanda de calefacción (kWh/m²) – Mes.

Y pasándolo a Megajulios:

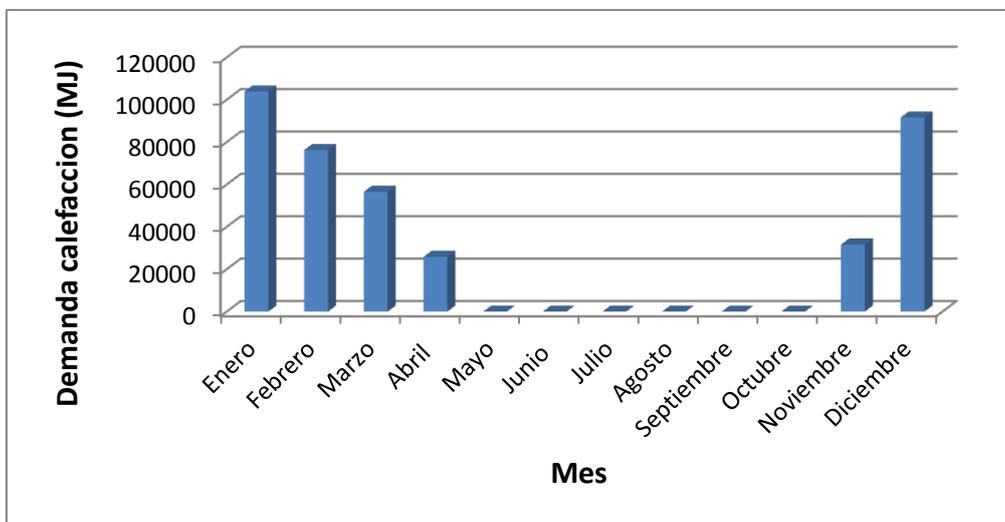


Figura 20. Demanda de calefacción (MJ) – Mes.

Como se observa en el gráfico anterior los meses de mayor demanda energética de calefacción son Diciembre y Enero, reduciéndose rápidamente hasta hacerse cero de Mayo a Octubre.



2.3 NECESIDADES DE AGUA CALIENTE SANITARIA

Las necesidades de agua caliente sanitaria son muy variables a lo largo del día y dependen de multitud de factores por lo que estimarlas en momentos concretos es complicado, por ello se recurre a estimarlas a nivel diario.

En nuestra edificación, esta necesidad de agua caliente proviene concretamente del **modulo de oficinas y vestíbulos**, que está situado anexo a la nave de ventas. Este cuenta con una **área de 244.99 m²** útiles divididos en planta baja y planta alta.

La **temperatura de referencia** se ha tomado de **60 °C**, según los requerimientos expresados en el CTE HE-4.

2.3.1 CÁLCULO DE LA OCUPACIÓN

El cálculo de la ocupación de esta zona se hará, al igual que en el caso anterior, aplicando los valores de densidad de ocupación que se indican en la tabla 2.1 de la Sección SI-3 del DB-SI.

En este caso es de 1 persona por cada 10 m² (Administrativo. Plantas o zonas de oficinas), lo que hacen un total de **25 personas**.



2.3.2 DEMANDA DE ACS

El valor de la demanda de ACS por persona y día lo obtenemos de la siguiente tabla.

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
Fabricas y talleres	21	Por persona
Oficinas	2	Por persona
Gimnasios	21	Por persona
Restaurantes	8	Por persona
Cafeterías	1	Por persona

Tabla 11. Demanda de referencia a 60 °C. [4]

Para nuestro caso tomamos como criterio el de **Fábricas y talleres**, siendo nuestra demanda de **21 litros/día * persona**

Con esto obtenemos un consumo total diario de ACS del edificio de:

$$25 \text{ personas} * 21 \text{ litros/día} * \text{persona} = 525 \text{ litros/día a } 60^{\circ} \text{ C}$$



2.3.4 CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA

En primer lugar, y siguiendo las indicaciones del apartado 4.2 *Zonas climáticas* del DB HE-4, buscamos Sevilla en los datos de Radiación Solar Global media diaria anual.

Medias ($KWh/m^2 \cdot día$)		
	Global	Directa
Pamplona	4.04	2.44
Pontevedra	4.08	2.52
Salamanca	4.72	3.17
San Sebastián	3.55	2.01
S. C. de Tenerife	5.40	3.38
Santander	3.66	2.07
Segovia	4.55	2.99
Sevilla	5.23	3.71
Soria	4.48	2.88
Tarragona	4.65	3.08
Teruel	4.73	3.13
Toledo	5.00	3.49

Tabla 12. Radiación Solar Global media diaria anual. [5]

Vemos que su valor es de **5.23 KWh/m²*día**

Con este dato ya podemos entrar en la siguiente tabla:

Zona		
Climática	MJ/m^2	kWh/m^2
I	$H < 13.7$	$H < 3.8$
II	$13.7 \leq H < 15.1$	$3.8 \leq H < 4.2$
III	$15.1 \leq H < 16.6$	$4.2 \leq H < 4.6$
IV	$16.6 \leq H < 18.0$	$4.6 \leq H < 5.0$
V	$H \geq 18.0$	$H \geq 5.0$

Tabla 13. Radiación Solar Global media diaria anual por zonas. [4]



Y ver que nuestra zona de estudio corresponde a **Zona climática V**, según DB HE-4

A continuación, con la siguiente tabla vemos que la contribución solar mínima para nuestro caso es del 60 %, solo para ACS.

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50 - 5000	30	30	40	50	60
5000 - 10000	30	40	50	60	70
> 10000	30	50	60	70	70

Tabla 14. Contribución solar mínima anual para ACS en %. [4]

2.3.5 NECESIDADES ENERGÉTICAS DE ACS

En nuestro caso se debe cubrir como mínimo el 60% de la demanda anual de agua caliente sanitaria en el edificio mediante el sistema solar, de forma que el resto deberá ser cubierto por el sistema de de apoyo auxiliar.

Las demandas térmicas determinan la cantidad de calor necesaria mensual para calentar el agua destinada al consumo doméstico, calculándose mediante la expresión:

$$LACS = MAC \cdot \rho \cdot CP \cdot (T_{ac} - T_{af}) \cdot N$$

Donde:

MAC : consumo de agua caliente (l/día).

ρ : densidad del agua (1kg/l).

CP : calor específico del agua (4186 J/kg·°C = 1 kcal/kg·°C).

Tac : temperatura del agua caliente (°C).

Taf : temperatura del agua fría de red (°C).

N : número de días del mes (días/mes).

Hemos considerado para el edificio de oficinas una ocupación del 100% para todo el año.

La siguiente tabla recoge los resultados de la demanda térmica mensual de ACS para cada uno de los meses del año:



Mes	M_{AC} (l/día)	C_p (J/kg · °C)	T_{ac} (°C)	T_{af} (°C)	N (días)	L_{ACS} (MJ)
Enero	525	4186	60	11	31	3338.23
Febrero	525	4186	60	11	28	3015.18
Marzo	525	4186	60	13	31	3201.98
Abril	525	4186	60	14	30	3032.76
Mayo	525	4186	60	16	31	2997.60
Junio	525	4186	60	19	30	2703.11
Julio	525	4186	60	21	31	2656.96
Agosto	525	4186	60	21	31	2656.96
Septiembre	525	4186	60	20	30	2637.18
Octubre	525	4186	60	16	31	2997.60
Noviembre	525	4186	60	13	30	3098.69
Diciembre	525	4186	60	11	31	3338.23

Tabla 15. Demanda térmica mensual de ACS.

También quedan recogidas en la siguiente grafica, para observar mejor su variación a lo largo del año:

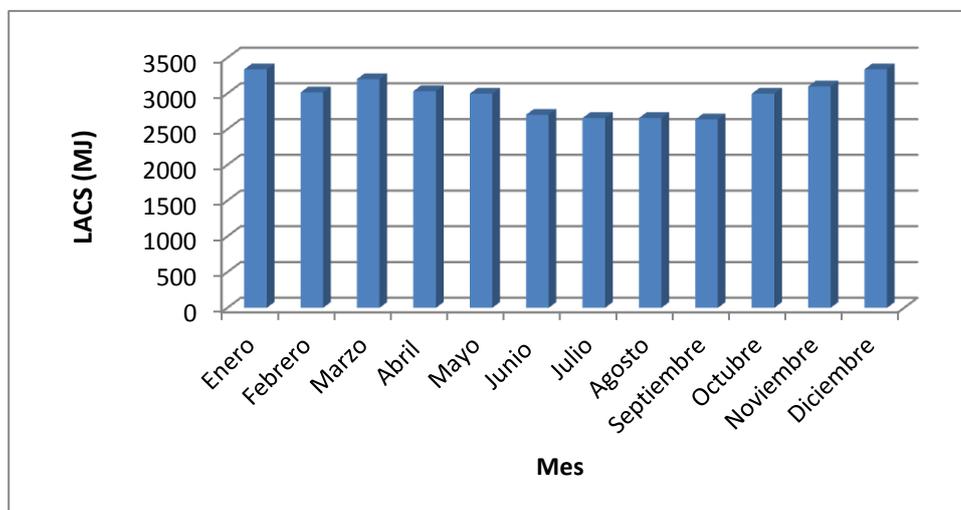


Figura 21. Demanda energética de ACS (MJ) – Mes.

Vemos que su valor es bastante constante, sin embargo puede apreciarse que la demanda es preferente en los meses de invierno.

Nuestro objetivo por lo tanto será cubrir la mayor demanda posible de ACS y parte de la demanda de calefacción.



2.4 NECESIDADES ENERGÉTICAS DE EDIFICIO

En la siguiente tabla quedan recogidas las necesidades energéticas totales de nuestro edificio (ACS + Calefacción).

Mes	L_{ACS} (MJ)	L_{CALEF} (MJ)	L_{TOTAL} (MJ)
Enero	3338.2	103930.0	107268.2
Febrero	3015.2	76270.6	79285.7
Marzo	3202.0	56595.7	59797.6
Abril	3032.8	25843.8	28876.5
Mayo	2997.6	0	2997.6
Junio	2703.1	0	2703.1
Julio	2657.0	0	2657.0
Agosto	2657.0	0	2657.0
Septiembre	2637.2	0	2637.2
Octubre	2997.6	0	2997.6
Noviembre	3098.7	31663.7	34762.3
Diciembre	3338.2	91607.1	94945.4
ANUAL	35674.5	385910.7	421585.2

Tabla 16. Necesidades energéticas del edificio (MJ).

La grafica acumulativa para los dos sistemas a lo largo del año queda:

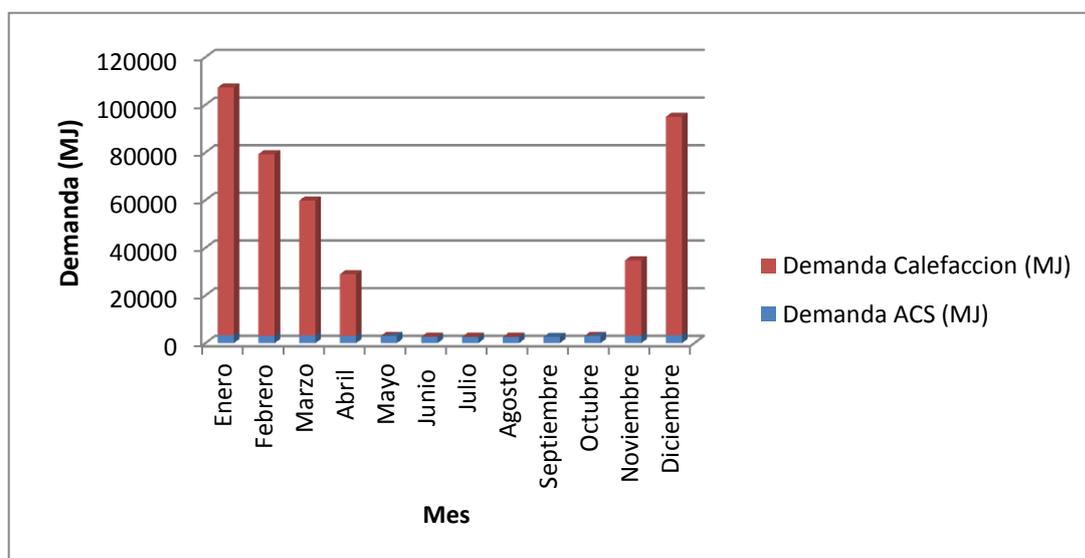


Figura 22. Necesidades energéticas del edificio (MJ).



Como podemos ver, se aprecia que la demanda de calefacción es mucho mayor que la de ACS.

Los meses donde existe mayor demanda energética siguen siendo Enero y Diciembre, y durante los meses de Mayo a Octubre solo contaremos con demanda de ACS.

Si expresamos ahora lo anterior en términos de potencia (W) obtenemos:

Mes	L_{ACS} (W)	L_{CALEF} (W)	L_{TOTAL} (W)
Enero	1246.4	38803.0	40049.4
Febrero	1246.4	31527.2	32773.5
Marzo	1195.5	21130.4	22325.9
Abril	1170.1	9970.6	11140.6
Mayo	1119.2	0	1119.2
Junio	1042.9	0	1042.9
Julio	992.0	0	992.0
Agosto	992.0	0	992.0
Septiembre	1017.4	0	1017.4
Octubre	1119.2	0	1119.2
Noviembre	1195.5	12215.9	13411.4
Diciembre	1246.4	34202.2	35448.5
ANUAL	13582.7	147849.3	161432.0

Tabla 17. Necesidades energéticas del edificio (W).

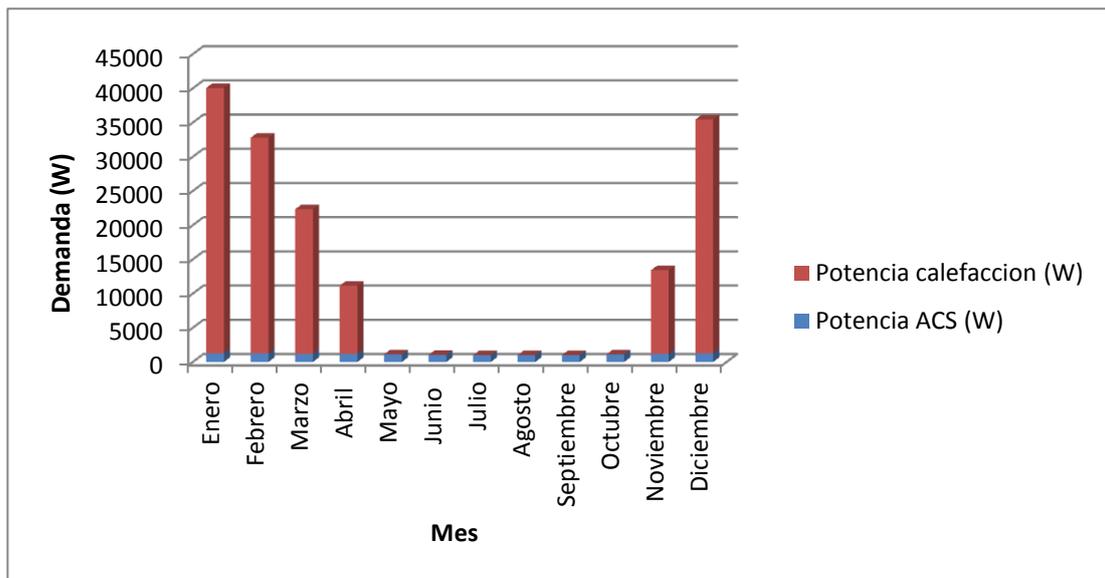


Figura 23. Necesidades energéticas del edificio (W).



Por lo dicho anteriormente, a la hora de diseñar el sistema de captación no tomaremos los valores máximos de demanda de los dos sistemas, sino que tomaremos un valor de diseño algo superior al valor máximo de ACS, de forma que podamos cubrir esta completamente y una parte importante de la demanda también de calefacción.

2.5 MÉTODO DE CÁLCULO

El método de cálculo utilizado será el de las curvas f (F-Chart), el cuál es el recomendado por el “CTE” (código técnico de la edificación) y el “Pliego de condiciones técnicas de instalaciones de baja temperatura” del IDAE.

Este permite realizar el cálculo de la cobertura de un sistema solar, es decir, su contribución a la aportación de calor total necesario para cubrir las cargas térmicas, y de su rendimiento medio en un largo periodo de tiempo, como es nuestro caso.

Para desarrollarlo se utilizan datos mensuales medios meteorológicos, y es perfectamente válido para determinar el rendimiento o factor de cobertura solar en instalaciones de calentamiento, en todo tipo de edificios, mediante captadores solares planos.

En principio, nuestro método se desarrolla para un sistema base de energía solar, sin intercambiador de calor en el circuito de captación y con una capacidad de acumulación de 75 l/m^2 de superficie de captación. Además supone como hipótesis que las pérdidas en base mensual son despreciables y considera sistemas de calefacción y producción de ACS, donde la carga de ACS es inferior al 20 % de la carga de calefacción.

Es por ello que si nuestra instalación tiene unos parámetros distintos a los anteriores, habrá que aplicar diferentes factores de corrección.

El rango de variación de estos parámetros de diseño usados en el método f-chart es el siguiente:

$$0.6 \leq (\tau\alpha)n \leq 0.9$$

$$5 \leq Fr' A \leq 120 \text{ m}^2$$

$$2.1 \leq UL \leq 8.3 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$83 \leq (UA)h \leq 667 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

Orientación captadores solares: Sur $\pm 15^\circ$



Inclinación captadores solares: Latitud $\pm 15^\circ$

Caudal de circulación en captadores: 0.01 a 0.02 l/s * m²

Efectividad intercambiador circuito primario: ≥ 0.7

Capacidad de almacenamiento (75 l/m²): 50 a 100 l/m²

La metodología a aplicar queda descrita a continuación:

1) En primer lugar, elegimos un captador solar: Fr ($\tau\alpha$)n, Fr UL. Estos parámetros no podemos emplearlos tal que así, sino que requieren de ciertas correcciones que detallamos a continuación:

Fr' ($\tau\alpha$) =Factor adimensional, este será el que utilicemos para continuar los cálculos, que viene dado por la siguiente expresión:

$$Fr'(\tau\alpha) = Fr(\tau\alpha)n * \left[\frac{(\tau\alpha)}{(\tau\alpha)n} \right]$$

Donde:

- **Fr ($\tau\alpha$)n** : Factor de eficiencia óptica del captador, es decir, ordenada en el origen de la curva característica del captador.
- $\frac{(\tau\alpha)}{(\tau\alpha)n}$: Modificador del ángulo de incidencia. En general se puede tomar como constante: 0.96 (superficie transparente sencilla) o 0.94 (superficie transparente doble).

Para cada uno de los meses del año, debemos aplicar ahora las siguientes correcciones, cuando corresponda.

2) Corrección por caudal. Elegimos el caudal que circulara por los captadores solares: G (Kg/s.m²). Si este es distinto que el caudal que ensayo del nuestro captador elegido (el que proporciona el fabricante), habrá que corregir de la siguiente forma:

$$\left. \begin{array}{l} G_{real}/G_{ensayo} \\ \\ G_{real} \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{GRAFICAS}} \text{CM} \left\{ \begin{array}{l} Fr''(\tau\alpha) = CM * Fr'(\tau\alpha) \\ \\ Fr'UL = CM * Fr UL \end{array} \right.$$

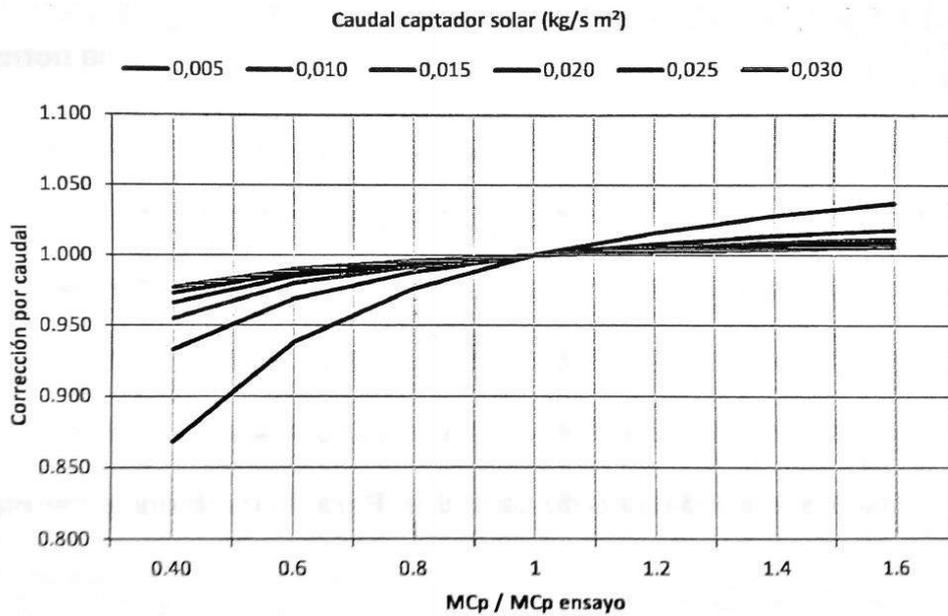


Figura 24. Gráficas de corrección por caudal.

3) Corrección por agrupación. A continuación, si hemos elegido una configuración de nuestros captadores en serie o en serie-paralelo (no aplica si hemos elegido configuración en paralelo), también tendremos que corregir de la siguiente manera:

N = Numero de captadores en serie.

C_p = calor específico del fluido ($J/kg \cdot ^\circ C$).

$$K = Fr'UL/G * C_p \implies Ca = 1 - (1 - K)^N / N * K \quad \left\{ \begin{array}{l} Fr'''(\tau\alpha) = Ca * Fr''(\tau\alpha) \\ Fr''UL = Ca * Fr'UL \end{array} \right.$$

4) Corrección por intercambiador. Si además tenemos un intercambiador de calor en el circuito primario, se corrigen de nuevo $Fr'''(\tau\alpha)$ y $Fr''UL$, en función de la efectividad del intercambiador y de las capacidades caloríficas de los fluidos empleados.

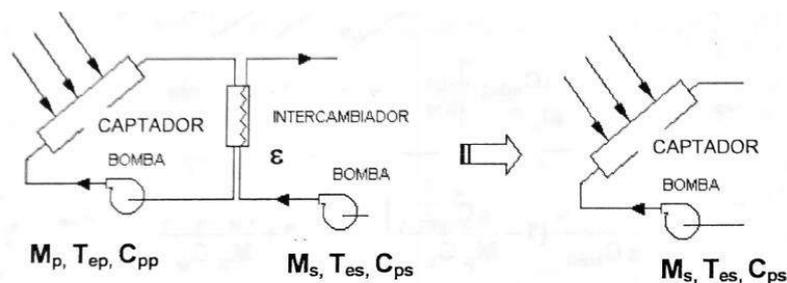


Figura 25. Corrección por intercambiador.



A = Área total de captación (m^2).

$M_p = N_p \cdot G \cdot A$, siendo N_p el número de captadores en paralelo, si es que hemos elegido una distribución en paralelo (kg/s). Es el caudal que circula por el circuito primario.

$M_p = G \cdot A / N$, si hemos elegido distribución en serie ($N = 1$), o serie-paralelo (kg/s).

C_{pp} = Calor específico del fluido que discurre por el circuito primario ($J/kg \cdot ^\circ C$).

$C_{min} = (M \cdot C_p)_{min}$, es decir, hallamos ($M_p \cdot C_{pp}$) y ($M_s \cdot C_{ps}$) y nos quedamos con el de menor valor.

ε = Efectividad del intercambiador.

$$C_i = \left(1 + \frac{Fr''' UL \cdot A}{M_p \cdot C_{pp}} * \left(\frac{M_p \cdot C_{pp}}{\varepsilon \cdot C_{min}} - 1 \right) \right)^{-1} \Rightarrow \begin{cases} Fr''''(\tau\alpha) = C_i * Fr'''(\tau\alpha) \\ Fr''''UL = C_i * Fr''UL \end{cases}$$

5) Tras esto ya estamos en disposición de calcular las dos variables adimensionales X e Y , de las cuales dependerá el rendimiento del sistema.

A = Área total de captación (m).

T_{ref} = Temperatura de referencia, igual a $100^\circ C$.

T_{am} = Temperatura ambiente diaria media mensual ($^\circ C$), la cuales tomaremos de la Norma UNE 94003:2007.

Δt = Numero total de segundos del mes.

L = Demanda total mensual, ACS + calefacción, expresada en J/mes y ya hallada anteriormente.

\bar{H} = Irradiación global diaria media mensual sobre la superficie de captación (J/m^2), obtenidas también de la Norma UNE 94003:2007

N = Numero de días del mes.



$$X = \frac{A * Fr'''UL * (Tref - Tam) * \Delta t}{L}$$

$$Y = \frac{A * Fr''''(\tau\alpha) * \bar{H} * N}{L}$$

6) Corrección por almacenamiento (volumen). El método básico se ha desarrollado para una capacidad de almacenamiento de 75 l/m^2 . Si nuestra capacidad de acumulación elegida es diferente a esta, habrá que corregir el grupo adimensional X mediante la siguiente ecuación.

V = Volumen de almacenamiento elegido en l/m^2 de superficie de captación.

$$X' = X * \left(\frac{V}{75}\right)^{-0.25} \quad \text{si } 37.5 < V < 300$$

7) Corrección por demanda de ACS. El método se ha desarrollado para instalaciones donde la carga de ACS es inferior al 20 % de la carga de calefacción. Si este porcentaje es superior volvemos a corregir el grupo adimensional X mediante la ecuación:

Tac: Temperatura a la que preparo el agua caliente, tomamos su valor como 60°C .

Taf: Temperatura media del agua fría ($^\circ \text{C}$), obtenida del apéndice B del DB HE-4 *Temperatura media del agua fría*.

Tam: Temperatura ambiente diaria media mensual ($^\circ \text{C}$), la cuales tomaremos de la Norma UNE 94003:2007.

$$X'' = X' * \frac{11.6 + 1.18 * Tac + 3.86 * Taf - 2.32 * Tam}{(100 - Tam)}$$



8) **Corrección por tamaño del “intercambiador de calor de carga”.** Por último, como el intercambiador de calor usado para calentar el aire y cubrir la demanda de calefacción es de pequeño tamaño, la temperatura del tanque de almacenamiento debe incrementarse para suministrar la misma cantidad de calor.

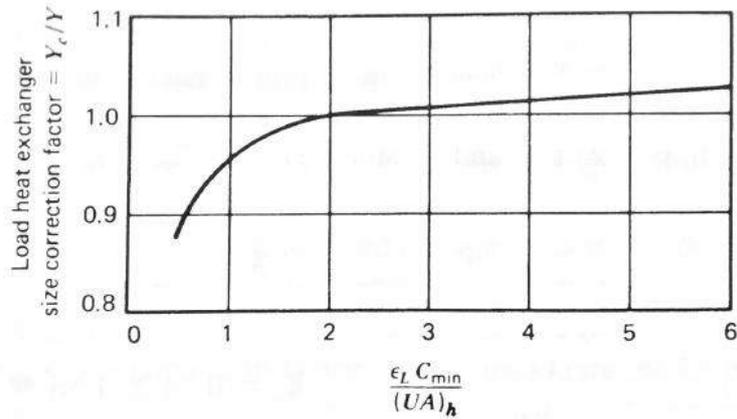


Figura 26. Factor de corrección por tamaño del intercambiador de calor de carga.

El sistema depende asintóticamente del valor de este parámetro, a partir de $\epsilon L C_{min}/(UA)h > 10$ se puede decir que se comportara prácticamente igual que en el caso en el que toma valor infinito. El método f-chart toma $\epsilon L C_{min}/(UA)h = 2$, pero valores normales de este parámetro oscilan normalmente entre 1 y 3, siendo más caro el intercambiador cuanto más nos aproximemos a esta última cifra.

En nuestro caso tomaremos $\epsilon L C_{min}/(UA)h = 2.5$, por ello debemos corregir el grupo Y con la siguiente ecuación:

ϵL : Efectividad del intercambiador aire-agua.

C_{min} : Es el producto del caudal por el correspondiente calor específico del fluido. Elegimos el de menor valor de los dos circuitos, que normalmente suele ser el correspondiente al circuito por donde circula el aire.

$(UA)h$: Coeficiente de pérdidas energéticas del edificio.

$$Y' = Y \cdot \left(0.39 + 0.65 \cdot e^{\left(\frac{-0.139 \cdot (UA)h}{\epsilon L \cdot C_{min}} \right)} \right) \quad \text{con} \quad 0.5 \leq \frac{\epsilon L \cdot C_{min}}{(UA)h} \leq 50$$



9) Una vez aplicadas todas las correcciones anteriores, ya estamos en condiciones de aplicar la ecuación que define el método f-chart para sistemas con colectores de líquido.

$$f = 1.029 \cdot Y - 0.065 \cdot X - 0.245 \cdot Y^2 + 0.0018 \cdot X^2 + 0.0215 \cdot Y^3$$

$$\text{con } 0 < Y < 3$$

$$0 < X < 18$$

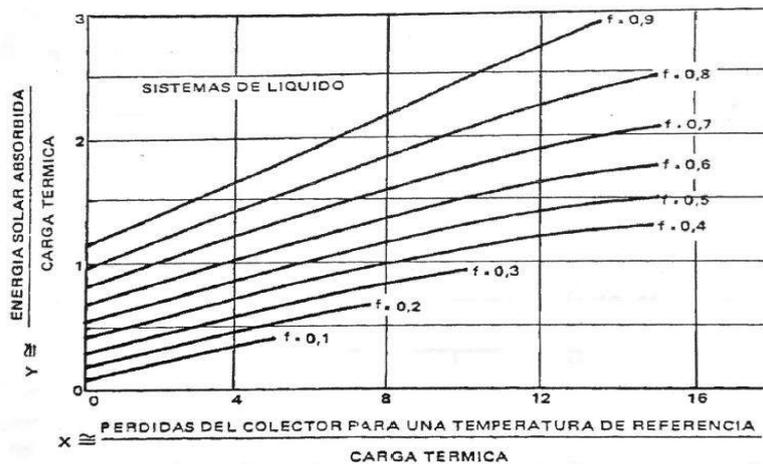


Figura 27. Curvas F-Chart.

Con esto último, habremos calculado la fracción de carga calorífica aportada por el sistema de energía solar.

De esta forma, la **energía útil** captada para cada mes tiene por valor

$$Q_u = f \cdot L$$

Donde:

- L = Demanda total mensual, ACS + calefacción. (J/mes)

Se aplicará todo a lo anterior a todos los meses del año. La relación entre la suma de las coberturas mensuales y la suma de las cargas caloríficas, o necesidades mensuales de calor, determinará la cobertura anual del sistema:

$$\text{Cobertura solar anual} = \sum_{n=1}^{n=12} Q_u / \sum_{n=1}^{n=12} L$$



2.6 ESTUDIO DE LA COBERTURA ANUAL. MÉTODO F-CHART

Con los datos calculados y siguiendo el proceso que se detalla en el método de cálculo expuesto anteriormente, se obtendrá la fracción de la carga calorífica mensual aportada por el sistema.

Se realiza el cálculo para la demanda de ACS + Calefacción.

Aplicaremos el método de la siguiente forma. En primer lugar supondremos $N = 1$, es decir, captadores colocados en paralelo y un volumen de acumulación de 75 l/m^2 . Con ello haremos un análisis de sensibilidad del factor de cobertura solar anual en función del área de captación y elegiremos un área adecuada para nuestra instalación.

A continuación repetiremos el proceso pero esta vez fijando los parámetros área de captación, con el valor calculado anteriormente y volumen de acumulación, que seguirá siendo 75 l/m^2 . Esta vez haremos un análisis de sensibilidad del factor de cobertura (f) en función de N (numero de captadores en serie), y elegiremos un valor adecuado de esta ultima para la instalación.

Por último, con nuestra área y nuestro numero de captadores en serie de los apartados anteriores, volveremos a analizar la sensibilidad del factor de cobertura solar pero ahora frente al volumen de acumulación. Observando la grafica elegiremos el volumen que consideremos más adecuado.

Con todo esto, área de captación, volumen de acumulación y número de captadores en serie, tendremos totalmente definida nuestra instalación.

2.6.1 INFLUENCIA DEL AREA DE CAPTACIÓN SOLAR

Fijamos los parámetros $N = 1$ y $V = 75 \text{ l/m}^2$

1) Los parámetros características de la recta de rendimiento de nuestro captador elegido son los siguientes:

$$Fr (\tau\alpha)n = 0.82$$

$$Fr UL = 3.821 \text{ W/m}^2 * K$$



Nuestro captador tiene una única superficie transparente, luego $\frac{(\tau\alpha)}{(\tau\alpha)_n} = 0.96$

$$Fr'(\tau\alpha) = Fr(\tau\alpha)_n * \left[\frac{(\tau\alpha)}{(\tau\alpha)_n} \right] = 0.82 * 0.96 = 0.7872$$

2) Corrección por caudal. El caudal de ensayo tomado para caracterizar este captador es de $35 \text{ l/m}^2 \cdot \text{h}$. El fluido que circulará por estos es mezcla de agua + propilenglicol al 30 % y sus propiedades son $C_p = 3.92 \text{ KJ/kg} \cdot \text{K}$ a 45°C y $\rho = 1005 \text{ kg/m}^3$. Valores típicos de caudal específico del fluido caloportador suelen estar entre 1.2 l/s y 2 l/s por cada 100 m^2 de captadores ($43.2 \text{ l/m}^2 \cdot \text{h}$ y $72 \text{ l/m}^2 \cdot \text{h}$). Nosotros elegiremos un caudal específico de $54 \text{ l/m}^2 \cdot \text{h}$.

- Caudal de ensayo:

$$35 \frac{\text{litros fluido caloportador}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ l}} * \frac{1005 \text{ kg}}{1 \text{ m}^3} * \frac{1 \text{ hora}}{3600 \text{ s}} = 0.00977 \frac{\text{kg}}{\text{s} \cdot \text{m}^2}$$

- Caudal elegido:

$$54 \frac{\text{litros fluido caloportador}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ l}} * \frac{1005 \text{ kg}}{1 \text{ m}^3} * \frac{1 \text{ hora}}{3600 \text{ s}} = 0.015075 \frac{\text{kg}}{\text{s} \cdot \text{m}^2}$$

$$G_{real}/G_{ensayo} = 1.543$$

$$G_{ensayo} = 0.00977 \frac{\text{kg}}{\text{s} \cdot \text{m}^2}$$

Entrando en la grafica mostrada antes tenemos $CM = 1.02 \Rightarrow \begin{cases} Fr''(\tau\alpha) = 0.802944 \\ Fr'_{UL} = 3.89742 \text{ W/m}^2 * \text{K} \end{cases}$

3) Corrección por agrupación. En esta ocasión, como hemos dicho al principio, nuestros captadores están colocados en paralelo y este factor corrector no afectara. No obstante seguimos adelante con el método.



C_p propilenglicol = 3920 J/kg · K

$$K = \frac{Fr''UL}{G \cdot Cp} = 0.066 \quad \Longrightarrow \quad Ca = \frac{[1-(1-K)]^N}{N \cdot K} = 1 \quad \Longrightarrow \quad \begin{cases} Fr'''(\tau\alpha) = 0.802944 \\ Fr''UL = 3.89742 \text{ W/m}^2 \cdot K \end{cases}$$

4) Corrección por intercambiador. Para nuestra instalación elegimos un intercambiador de efectividad 0.8 y simétrico ($M_p = M_s$).

De esta forma $M_p = G \cdot A/N$, que nos quedara como $M_p = G \cdot A$ ya que de momento $N = 1$.

$C_{min} = (M_p \cdot C_{pp})$, ya que el fluido de menor calor especifico es el propilenglicol que circula por el circuito primario.

Luego este factor de corrección nos queda independiente del área de captación:

$$Ci = \left(1 + \frac{Fr''UL \cdot A}{M_p \cdot C_{pp}} * \left(\frac{M_p \cdot C_{pp}}{\varepsilon \cdot C_{min}} - 1 \right) \right)^{-1} = \left(1 + \frac{Fr''UL}{G \cdot C_{pp}} * \left(\frac{1}{\varepsilon} - 1 \right) \right)^{-1} = 0,98377923$$

$$\begin{cases} Fr''''(\tau\alpha) = 0,78992 \\ Fr'''UL = 3,8342 \text{ W/m}^2 \cdot K \end{cases}$$

5) Para estos tres últimos apartados tomaremos, por ejemplo, un área de captación de 30 m².

A_c (m₂)	30
$Fr'''UL$	3.834
$Fr''''(\tau\alpha)$	0.790



Mes	T_a (°C)	N	Δt (s)	H_T (MJ/m ²)	L (MJ/mes)	X	Y
Enero	10.7	31	2678400	15.58	107268.22	0.256	0.107
Febrero	11.9	28	2419200	17.51	79285.73	0.309	0.147
Marzo	14	31	2678400	18.36	59797.63	0.443	0.226
Abril	16	30	2592000	18.70	28876.50	0.867	0.460
Mayo	19.6	31	2678400	19.77	2997.60	8.263	4.846
Junio	23.4	30	2592000	19.87	2703.11	8.449	5.227
Julio	26.8	31	2678400	21.38	2656.96	8.488	5.912
Agosto	26.8	31	2678400	22.15	2656.96	8.488	6.124
Septiembre	24.4	30	2592000	20.68	2637.18	8.547	5.574
Octubre	19.5	31	2678400	19.13	2997.60	8.274	4.687
Noviembre	14.3	30	2592000	16.88	34762.34	0.735	0.345
Diciembre	11.131	31	2678400	15.01	94945.36	0.288	0.116

Tabla 18. Cálculo de las variables adimensionales X e Y.

6) **Corrección por almacenamiento (volumen).** Este factor de momento tampoco afectará ya que de momento estamos suponiendo $V = 75 \text{ l/m}^2$.

V (l/m ²)	C_{acum}
75	1



Mes	T_a (°C)	N	Δt (s)	H_T (MJ/m ²)	L (MJ/mes)	X'	Y
Enero	10.7	31	2678400	15.58	107268.22	0.256	0.107
Febrero	11.9	28	2419200	17.51	79285.73	0.309	0.147
Marzo	14	31	2678400	18.36	59797.63	0.443	0.226
Abril	16	30	2592000	18.70	28876.50	0.867	0.460
Mayo	19.6	31	2678400	19.77	2997.60	8.263	4.846
Junio	23.4	30	2592000	19.87	2703.11	8.449	5.227
Julio	26.8	31	2678400	21.38	2656.96	8.488	5.912
Agosto	26.8	31	2678400	22.15	2656.96	8.488	6.124
Septiembre	24.4	30	2592000	20.68	2637.18	8.547	5.574
Octubre	19.5	31	2678400	19.13	2997.60	8.274	4.687
Noviembre	14.3	30	2592000	16.88	34762.34	0.735	0.345
Diciembre	11.131	31	2678400	15.01	94945.36	0.288	0.116

Tabla 19. Corrección almacenamiento.

7) **Corrección por demanda de ACS.** Recordamos que este factor solo corrige en los meses en los que la demanda se ACS > 20 % demanda de calefacción.

$$T_{ac} = T_{pacs} \text{ (°C)}$$

60



Mes	Demanda calefacción (MJ)	Demanda ACS (MJ)	X'	C_D	X''	Y
Enero	103929.99	3338.23	0.256	1	0.256	0.107
Febrero	76270.55	3015.18	0.309	1	0.309	0.147
Marzo	56595.65	3201.98	0.443	1	0.443	0.226
Abril	25843.75	3032.76	0.867	1	0.867	0.460
Mayo	0	2997.60	8.263	1.227	10.143	4.846
Junio	0	2703.11	8.449	1.324	11.190	5.227
Julio	0	2656.96	8.488	1.384	11.744	5.912
Agosto	0	2656.96	8.488	1.384	11.744	6.124
Septiembre	0	2637.18	8.547	1.362	11.644	5.574
Octubre	0	2997.60	8.274	1.229	10.167	4.687
Noviembre	31663.65	3098.69	0.735	1	0.735	0.345
Diciembre	91607.13	3338.23	0.288	1	0.288	0.116

Tabla 20. Corrección por demanda de ACS.

**8) Corrección por tamaño del intercambiador de calor de carga.**

$$(\varepsilon_L \cdot C_{min}) / (UA)_h$$

2.5

Mes	X''	Y	C _γ	X''	Y'
Enero	0.256	0.107	1.005	0.256	0.107
Febrero	0.309	0.147	1.005	0.309	0.147
Marzo	0.443	0.226	1.005	0.443	0.227
Abril	0.867	0.460	1.005	0.867	0.463
Mayo	10.143	4.846	1.005	10.143	4.870
Junio	11.190	5.227	1.005	11.190	5.252
Julio	11.744	5.912	1.005	11.744	5.941
Agosto	11.744	6.124	1.005	11.744	6.153
Septiembre	11.644	5.574	1.005	11.644	5.602
Octubre	10.167	4.687	1.005	10.167	4.710
Noviembre	0.735	0.345	1.005	0.735	0.347
Diciembre	0.288	0.116	1.005	0.288	0.117

Tabla 21. Corrección por tamaño del intercambiador de calor de carga.



9) Finalmente tenemos lo siguiente.

Mes	L (MJ/mes)	X''	Y'	f	$Q_{util} = f \cdot L$
Enero	107268.22	0.256	0.107	0.091	9760.69
Febrero	79285.73	0.309	0.147	0.1264	10019.63
Marzo	59797.63	0.443	0.226	0.1925	11508.57
Abril	28876.50	0.867	0.460	0.3706	10702.60
Mayo	2997.60	10.143	4.846	1	2997.60
Junio	2703.11	11.190	5.227	1	2703.11
Julio	2656.96	11.744	5.912	1	2656.96
Agosto	2656.96	11.744	6.124	1	2656.96
Septiembre	2637.18	11.644	5.574	1	2637.18
Octubre	2997.60	10.167	4.687	1	2997.60
Noviembre	34762.34	0.735	0.345	0.2816	9790.19
Diciembre	94945.36	0.288	0.116	0.0982	9319.27
Demanda Total anual		421585.18		Total (Qutil)	77750.36
				Cobertura solar anual	0,18

Tabla 22. Cobertura solar anual.

Nótese que hay ciertos puntos que tienen coordenadas fuera del rango del F-Chart (sombreados en verde).

Si repetimos este mismo proceso para varios valores del área de captación, obtenemos la grafica completa del factor de cobertura solar para nuestra instalación en función de esta área. A vista de este grafico, seleccionaremos para nuestro sistema un área aproximada de 80 m^2 .

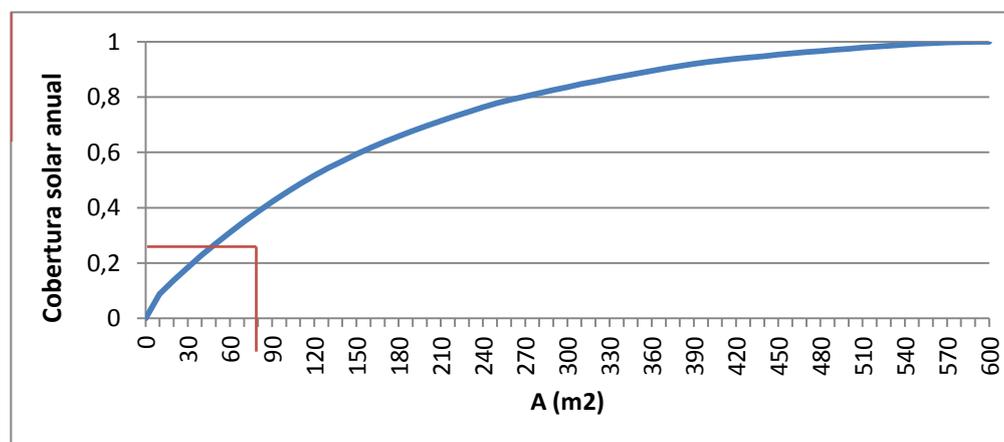


Figura 28. Cobertura solar anual – Área de captación (m^2).



Como nuestros captadores tienen un área de apertura de 2.26 m^2 , elegiremos una configuración de un total de 36 captadores, siendo finalmente nuestra **área de captación de 81.36 m^2** y nuestro **factor de cobertura solar total será en principio de 0,39**, o lo que es lo mismo:

Cobertura total anual de ACS + 33.49 % de cobertura anual de calefacción.

2.6.2 INFLUENCIA DEL NÚMERO DE CAPTADORES SOLOCADOS EN SERIE

A continuación, ya tomando el área escogida del apartado anterior y siguiendo con una acumulación de $V = 75 \text{ l/m}^2$, veremos cómo afecta el número de captadores colocados en serie al factor de cobertura solar anual.

Para ello repetimos el proceso de ir aplicando los distintos factores de corrección que hemos seguido anteriormente. Mostraremos los resultados, a modo de ejemplo, para $N = 6$.

$F_r UL (W/m^2 \cdot K)$	3.821
$F_r' (\tau\alpha)_m$	0.787
$C_{p\text{ agua}} (J/kg \cdot K)$	4186
$C_{p\text{ glicol}} (J/kg \cdot K)$	3920
$G_{\text{ensayo}} (kg/s \cdot m^2)$	0.0098
$A_C (m^2)$	2.26

Tabla 23. Parámetros característicos.

Grafica					
$G_{\text{real}} (kg/s \cdot m^2)$	$G_{\text{ensayo}} (kg/s \cdot m^2)$	$G_{\text{real}}/G_{\text{ensayo}}$	$C_M (\text{aprox})$	$F_r' UL$	$F_r''' (\tau\alpha)_m$
0.01508	0.0098	1.543	1.02	3.897	0.803

Tabla 24. Corrección por caudal.

N	$G_{\text{real}} (kg/s \cdot m^2)$	K	C_A	$F_r'' UL$	$F_r'''' (\tau\alpha)_m$
6	0.01508	0.0656	0.8489	3.309	0.682

Tabla 25. Corrección por agrupación



Suponemos un intercambiador de efectividad 0.8 y simétrico ($M_p = M_s$)

N	A_T (m^2)	$M_p = M_s$ (Kg/s)	ϵ	C_I	$F_r'''UL$	$F_r''''(\tau\alpha)_m$
6	81.36	0.204	0.8	0.923	3.052	0.629

Tabla 26. Corrección por intercambiador.

Mes	X	Y
Enero	0.554	0.230
Febrero	0.668	0.316
Marzo	0.957	0.487
Abril	1.872	0.994
Mayo	17.840	10.462
Junio	18.240	11.284
Julio	18.325	12.764
Agosto	18.325	13.221
Septiembre	18.452	12.035
Octubre	17.862	10.119
Noviembre	1.587	0.745
Diciembre	0.623	0.251

Tabla 27. Calculo de parámetros adimensionales X e Y.

V (l/m^2)	C_{acum}
75	1

Tabla 28. Corrección por acumulación.



$(T_{ac} = T_{pacs} = 60^{\circ}\text{C})$

Mes	C_D
Enero	1
Febrero	1
Marzo	1
Abril	1
Mayo	1.228
Junio	1.324
Julio	1.384
Agosto	1.384
Septiembre	1.362
Octubre	1.229
Noviembre	1
Diciembre	1

Tabla 29. Corrección por demanda.

Elegimos un $(\epsilon L \cdot C_{min}) / (UA)h = 2.5$

$(\epsilon L \cdot C_{min}) / (UA)h$	C_Y
2.5	1.005

Tabla 30. Corrección por tamaño del intercambiador de calor de carga.



Con esto todo esto finalmente obtenemos:

Mes	L (MJ/mes)	X''	Y'	f	$Q_{util} = f \cdot L$
Enero	107268.22	0.554	0.231	0.190	20370.74
Febrero	79285.73	0.668	0.318	0.261	20654.55
Marzo	59797.63	0.957	0.490	0.387	23133.92
Abril	28876.50	1.872	0.999	0.689	19902.59
Mayo	2997.60	21.8989	10.512	1	2997.60
Junio	2703.11	24.158	11.338	1	2703.11
Julio	2656.96	25.355	12.825	1	2656.96
Agosto	2656.96	25.355	13.285	1	2656.96
Septiembre	2637.18	25.138	12.093	1	2637.18
Octubre	2997.60	21.949	10.168	1	2997.60
Noviembre	34762.34	1.587	0.749	0.544	18902.16
Diciembre	94945.36	0.623	0.252	0.204	19388.48
Demanda Total anual		421585.18		Total (Qutil)	139001.83
				Cobertura solar anual	0,33

Tabla 31. Cobertura solar anual.

Nótese que hay ciertos puntos que tienen coordenadas fuera del rango del F-Chart (sombreados en verde).

Y repitiendo todo este proceso para varios valores de N:

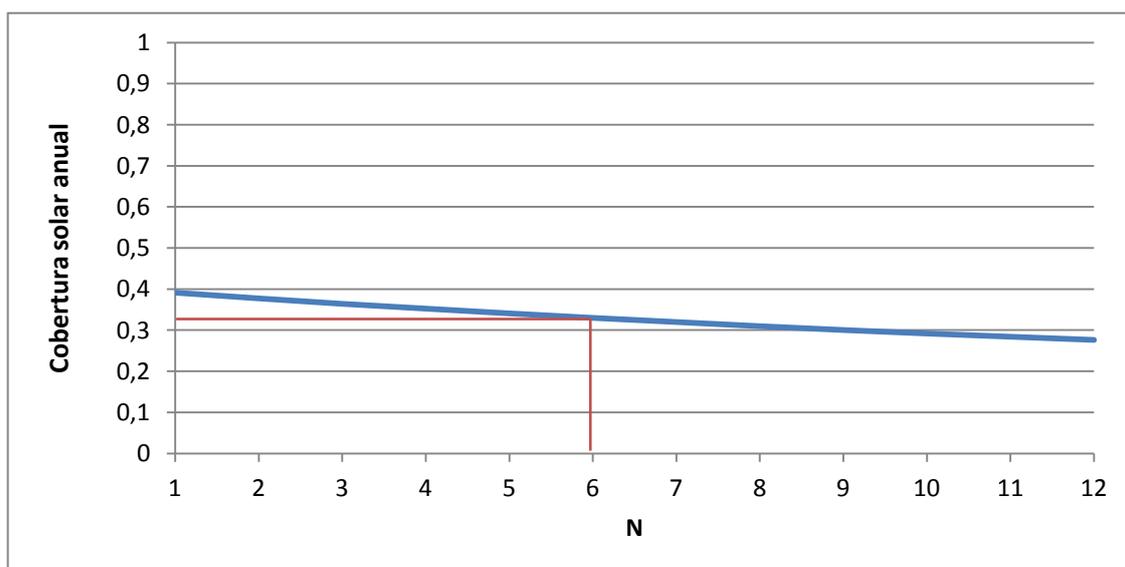


Figura 29. Cobertura solar anual – Numero de captadores en serie (N).



Observando la grafica, vemos que a medida que colocamos más captadores en serie, el factor de cobertura anual va disminuyendo ligeramente. **Seleccionamos una configuración con $N = 6$** , por ser este un valor intermedio y que hace que nuestra instalación de 36 paneles quede repartida de forma equitativa, en 6 baterías de 6 captadores cada una.

2.6.3 INFLUENCIA DEL VOLUMEN DE ACUMULACIÓN

Por último, ya que tenemos definido nuestra área de captación y el número de paneles que colocaremos en serie ($A = 81.36 \text{ m}^2$ y $N = 6$), pasamos a estudiar cómo afecta el volumen de acumulación al factor de cobertura solar.

Volvemos a repetir el proceso de nuevo y a modo de ejemplo se mostraran los resultados relativos a un volumen de acumulación de 65 l/m^2 .

$F_r UL \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K)}$	3.821
$F_r' (\tau\alpha)_m$	0.787
$C_{p \text{ agua}} \text{ (J/kg} \cdot \text{K)}$	4186
$C_{p \text{ glicol}} \text{ (J/kg} \cdot \text{K)}$	3920
$G_{\text{ensayo}} \text{ (kg/s} \cdot \text{m}^2)$	0.0098
$A_C \text{ (m}^2)$	2.26

Tabla 32. Parámetros característicos.

Gráfica					
$G_{\text{real}} \text{ (kg/s} \cdot \text{m}^2)$	$G_{\text{ensayo}} \text{ (kg/s} \cdot \text{m}^2)$	$G_{\text{real}}/G_{\text{ensayo}}$	$C_M \text{ (aprox)}$	$F_r' UL$	$F_r'' (\tau\alpha)_m$
0.01508	0.0098	1.543	1.02	3.897	0.803

Tabla 33. Corrección por caudal.

N	$G_{\text{real}} \text{ (kg/s} \cdot \text{m}^2)$	K	C_A	$F_r'' UL$	$F_r''' (\tau\alpha)_m$
6	0.01508	0.0660	0.849	3.309	0.682

Tabla 34. Corrección por agrupación.



Suponemos un intercambiador de efectividad 0.8 y simétrico ($M_p = M_S$)

N	A_T (m^2)	$M_p = M_S$ (Kg/s)	ϵ	C_I	$F_r'''UL$	$F_r''''(\tau\alpha)_m$
6	81.36	0.204	0.8	0.923	3.052	0.629

Tabla 35. Corrección por intercambiador.

Mes	X	Y
Enero	0.554	0.230
Febrero	0.668	0.316
Marzo	0.957	0.487
Abril	1.872	0.994
Mayo	17.840	10.462
Junio	18.240	11.284
Julio	18.325	12.764
Agosto	18.325	13.221
Septiembre	18.452	12.035
Octubre	17.862	10.119
Noviembre	1.587	0.745
Diciembre	0.623	0.251

Tabla 36. Cálculo de parámetros adimensionales X e Y.

V (l/m^2)	C_{acum}
50	1.107
55	1.081
60	1.057
65	1.036
70	1.017
75	1
80	0.984
85	0.969
90	0.955
95	0.943
100	0.931

Tabla 37. Corrección por acumulación.



$(T_{ac} = T_{pacs} = 60^{\circ}\text{C})$

Mes	C_D
Enero	1
Febrero	1
Marzo	1
Abril	1
Mayo	1.228
Junio	1.324
Julio	1.384
Agosto	1.384
Septiembre	1.362
Octubre	1.229
Noviembre	1
Diciembre	1

Tabla 38. Corrección por demanda.

Elegimos un $(\epsilon L \cdot C_{min}) / (UA)h = 2.5$

$(\epsilon L \cdot C_{min}) / (UA)h$	C_Y
2.5	1.005

Tabla 39. Corrección por tamaño del intercambiador de calor de carga.



Con esto todo esto finalmente obtenemos:

Mes	L (MJ/mes)	X''	Y	f	$Q_{util} = f \cdot L$
Enero	107268.22	0.574	0.231	0.189	20234.51
Febrero	79285.73	0.692	0.318	0.259	20533.96
Marzo	59797.63	0.991	0.489	0.385	23005.80
Abril	28876.50	1.941	0.999	0.685	19788.10
Mayo	2997.60	22.695	10.512	1	2997.60
Junio	2703.11	25.038	11.338	1	2703.11
Julio	2656.96	26.278	12.825	1	2656.96
Agosto	2656.96	26.278	13.285	1	2656.96
Septiembre	2637.18	26.054	12.093	1	2637.18
Octubre	2997.60	22.749	10.168	1	2997.60
Noviembre	34762.34	1.645	0.749	0.540	18783.25
Diciembre	94945.36	0.645	0.252	0.203	19253.41
Demanda Total anual		421585.18	Total (Qutil)		138248.42
Cobertura solar anual					0,33

Tabla 40. Cobertura solar anual.

Nótese que hay ciertos puntos que tienen coordenadas fuera del rango del F-Chart (sombreados en verde).

Y repitiendo este proceso para varios valores del volumen de acumulación:

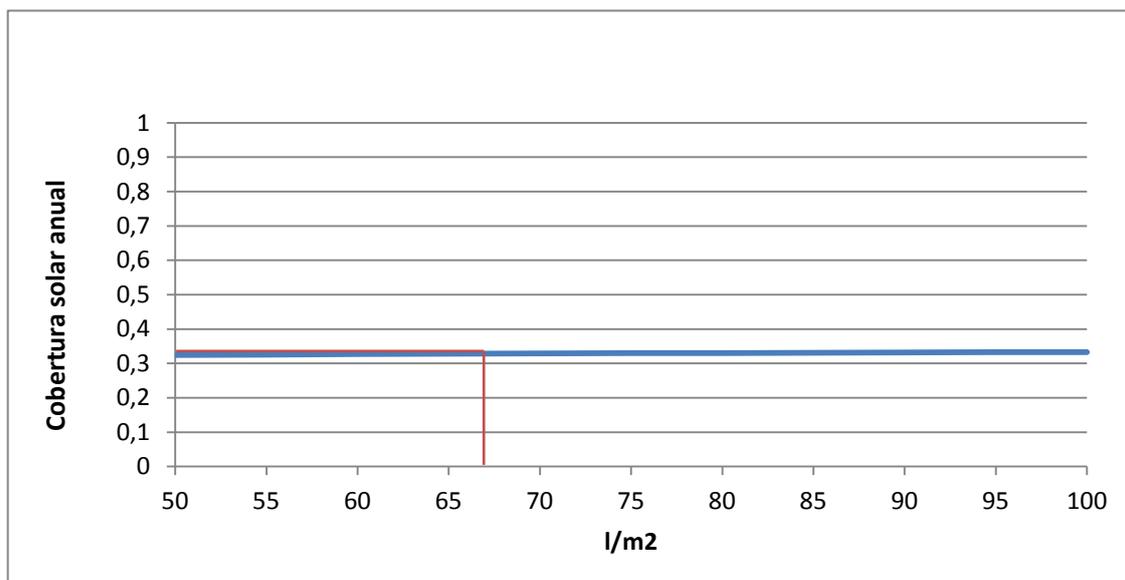


Figura 30. Cobertura solar anual – Volumen de acumulación (I/m^2).



Como vemos, este parámetro apenas afecta al nivel de cobertura anual. En este caso optaremos por un **volumen de acumulación total de 5500**, el cual corresponde a un valor de **67.60 l/m²** y a un **factor de cobertura global anual final de 0,33**.

En un apartado anterior se calculó la demanda media diaria de ACS para una temperatura de acumulación final de 60° resultando 525 l/dia.

Esto debe estar de acuerdo con las condiciones especificadas por el CTE HE-4 y el RITE ITE 10.1.3.2 tal como sigue:

$$50 < V/A < 180$$

$$0.8 * M \leq V \leq M$$

Siendo:

V: volumen de acumulación (l).

M: demanda media diaria de ACS a lo largo del año.

A: Superficie de captación (81.36 m²).

La primera es aplicable al volumen total de acumulación solar y la segunda condición es la que se les exige a instalaciones cuyo consumo sea constante a lo largo del año, como es nuestro caso de ACS.

Según estas:

$$50 < V/81.36 < 180$$

$$420 \leq V \leq 525$$

Luego tomando un periodo de acumulación de un día y ajustándonos a volúmenes de acumulación disponibles comercialmente, optaremos por un **acumulador para el ACS de 500 litros de capacidad**.

Se pretende independizar el sistema de acumulación de ACS del sistema de acumulación de calefacción, por ello se utilizarán dos acumuladores independientes. Aunque con esta solución aumentamos el coste de la instalación el rendimiento de la misma va a ser mayor. El sistema de calefacción debido a la mayor demanda energética del mismo debe tener un sistema de acumulación mayor al sistema de ACS, por ello y siguiendo las indicaciones del RITE y del Pliego



de condiciones Técnicas del IDAE el **volumen de acumulación del sistema de calefacción será un depósito de 5000 litros.**

Con esto tenemos un volumen de acumulación solar total de 5500 litros.

$$50 < V/A < 180 \longrightarrow \frac{V}{A} = \frac{5500}{81.36} = 67.60 \quad \text{CUMPLE}$$

2.7 DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN

2.7.1 SISTEMA DE CAPTACIÓN DE ENERGÍA SOLAR

Elegimos como sistema de captación solar a utilizar en nuestra instalación un captador plano modelo **SKR500**, de la casa **SONNENKRAFT**.

Este captador, gracias a su tratamiento ultraselectivo, aporta el máximo rendimiento energético incluso en las condiciones más exigentes (82 %, uno de los mayores del mercado). Su absorbedor es de tipo meandro, lo que permite la conexión de hasta diez captadores en paralelo, reduciendo los costes de instalación. Su lámina de aluminio está soldada por láser al serpentín de cobre, ofreciendo una estética impecable.



Las características técnicas de dicho captador son las siguientes:

Marca	SONNENKRAFT
Modelo	SKR500
Superficie total	2.57 m ²
Superficie de apertura	2.26 m ²
Superficie del absorbedor	2.30 m ²
Dimensiones totales	2079 x 1240 x 95 mm
Presión máxima de trabajo	10 bar
Capacidad de fluido	1.45 litros
Rendimiento en el origen	82 %
Coefficientes de pérdida	$a_1 = 3.821 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ $a_2 = 0.0108 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^2$
Caudal nominal	35 l/h · m ²
Perdida de carga del colector	5 mbar
Colectores en fila	Max 12 unidades
Conexiones	Cobre $\varnothing = 18\text{mm}$
Temperatura de estancamiento	174 °C
Peso	28 kg

Tabla 41. Características captador elegido.

Curva de rendimiento del captador: $\mu = 0.82 - 3.821 * (T_e - T_a) / I$



Figura 31. Captador SONNENKRAFT modelo SKR500.

2.7.1.1 Superficie de captación

Como hemos visto anteriormente, nuestra superficie total de captación estará formada por 6 baterías cada una con 6 captadores conectados en serie.

Área total de captación:

$$A_T = 36 \text{ captadores} * 2,26 \frac{m^2}{\text{captador}} = 81.36 m^2$$

2.7.1.2 Orientación e inclinación de los captadores

Determinaremos los límites de orientación e inclinación de los captadores de acuerdo a las pérdidas máximas admisibles.

Las pérdidas, en este caso, se calculan en función de los siguientes parámetros:

- **Angulo de inclinación (β):** definido como el ángulo que forma la superficie de los módulos con el plano horizontal. Su valor es 0° para módulos horizontales y 90° para verticales.
- **Angulo de acimut (α):** definido como el ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del captador y el meridiano del lugar. Valores típicos de este son 0° para superficies orientadas al sur, -90° para módulos orientados al este y $+90^\circ$ para módulos orientados al oeste.

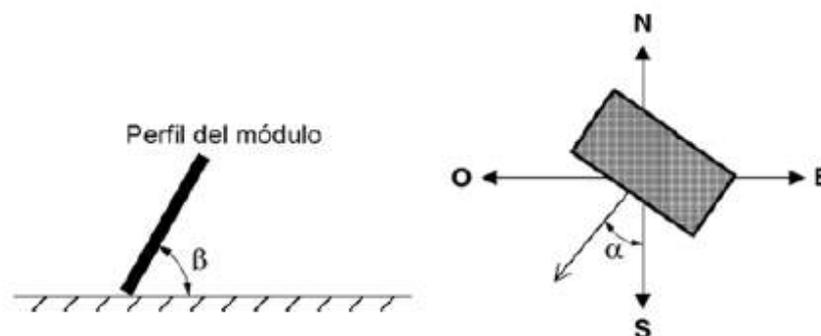


Figura 32. Ángulos de inclinación y de acimut. [4]

Las pérdidas máximas admisibles en nuestro caso según el CTE DB HE-4 son del 10% (caso general), al no tener problemas por proximidad de edificios que nos pudiesen proyectar sombra sobre nuestros captadores.

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

Tabla 42. Perdidas límite por la disposición geométrica de captadores. [4]

Teniendo en cuenta la orientación de nuestros paneles pasaremos a determinar el ángulo azimut. Anteriormente comentamos que el eje Norte-Sur corresponde aproximadamente con la diagonal de la parcela, formando un ángulo de 122° con la línea que forma el límite sur de la parcela. Nuestros captadores estarán colocados paralelamente a este límite sur por lo que su acimut será de $+32^\circ$.

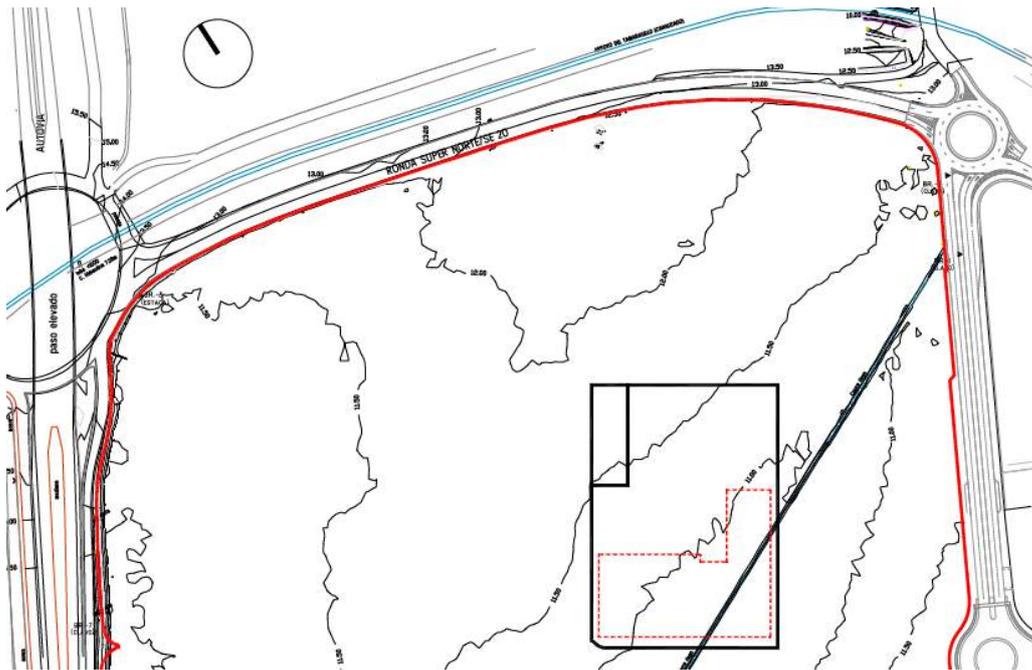


Figura 33. Orientación de la parcela objeto del proyecto.

Mediante el siguiente gráfico pasaremos a determinar los valores máximos y mínimos de inclinación de nuestros paneles, para el caso de latitud 41° . Los puntos de intersección del límite de pérdidas del 10%, borde de la región del 90% - 95%, máximo para nuestro caso y con la recta azimut, nos proporcionarán dichos valores.

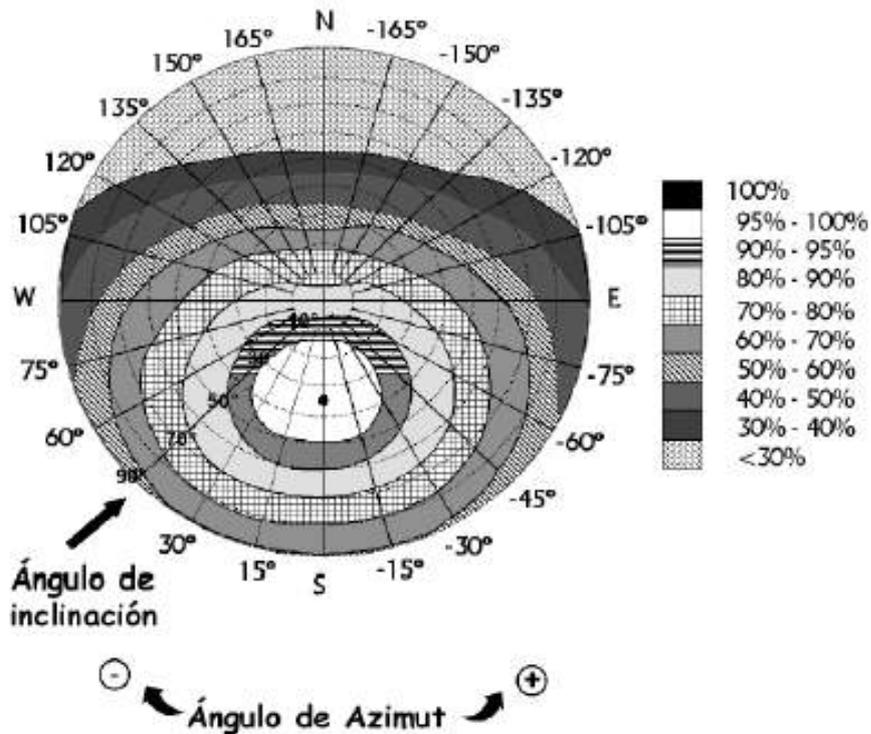


Figura 34.1. Porcentaje de energía respecto al máximo como consecuencia de las pérdidas por orientación e inclinación. [4]

Si no hay intersección entre ambas, las pérdidas son superiores a las permitidas y la instalación estará fuera de los límites. Si ambas curvas se cruzan, se obtienen los valores para latitud $\phi = 41^\circ$ y se corrigen de acuerdo con lo que se cita a continuación.

Se corregirán los límites de inclinación aceptables en función de la diferencia entre latitud del lugar en cuestión y la de 41° , de acuerdo a las siguientes fórmulas:

$$\text{Inclinación máxima} = \text{Inclinación máxima } (\phi = 41^\circ) - (41^\circ - \text{latitud lugar})$$

$$\text{Inclinación mínima} = \text{Inclinación mínima } (\phi = 41^\circ) - (41^\circ - \text{latitud lugar})$$

Esta última deberá ser como mínimo de 5° .

En casos límite y como instrumento de verificación, se utilizará la siguiente fórmula:

$$\text{Perdidas (\%)} = 100 * \left[1.2 * 10^{-4} * (\beta - \beta_{opt})^2 + 3.5 * 10^{-5} * \alpha^2 \right] \quad \text{para } 15^\circ < \beta < 90^\circ$$

$$\text{Perdidas (\%)} = 100 * \left[1.2 * 10^{-4} * (\beta - \beta_{opt})^2 \right] \quad \text{para } \beta \leq 15^\circ$$

Si aplicamos lo anterior a nuestro caso tenemos:

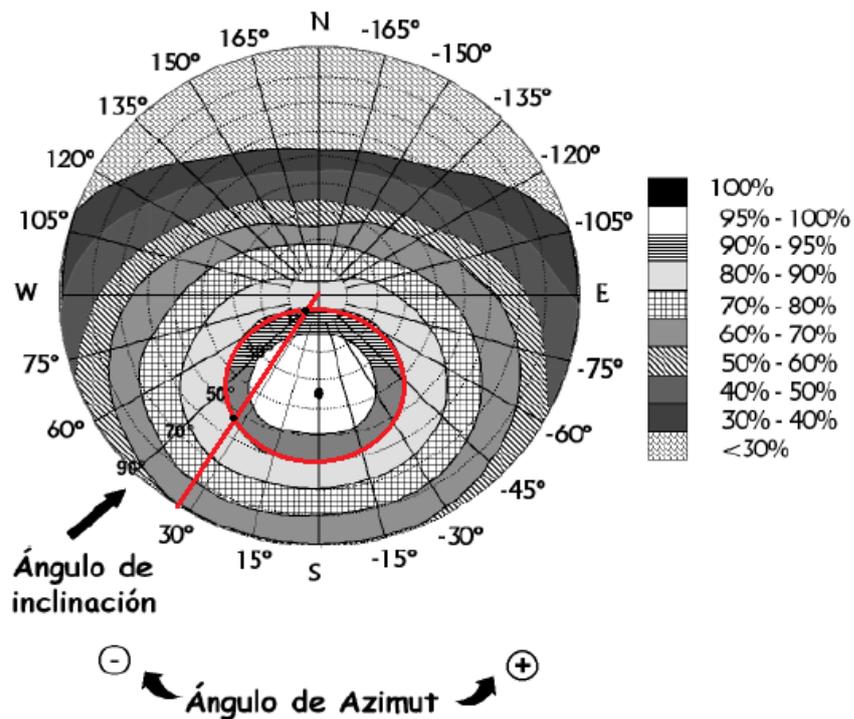


Figura 34. 2. Porcentaje de energía respecto al máximo como consecuencia de las pérdidas por orientación e inclinación. [4]

Para latitud de 41° :

- Inclinación máxima: 54° .
- Inclinación mínima: 9° .

Corregimos para la latitud del lugar:

$$\text{Inclinacion maxima} = 54^\circ - (41^\circ - 37.38^\circ) = 50.38^\circ$$

$$\text{Inclinacion minima} = 9^\circ - (41^\circ - 37.38^\circ) = 5.38^\circ$$



Por tanto, la inclinación que optemos debe estar entre estos dos valores para cumplir los requisitos de pérdidas por orientación e inclinación. El DB HE-4 en su apartado 2.2.3 aconseja los siguientes valores:

- Demanda constante anual: la latitud geográfica;
- Demanda preferente en invierno: la latitud geográfica + 10°;
- Demanda preferente en verano: la latitud geográfica - 10°.

Nosotros adoptaremos una inclinación de los módulos de 45°, ya que nuestra demanda es preferente en invierno y habiendo estudiado además diversos factores hemos considerado 45° como la solución más aconsejable para nuestra instalación.

Por último, y para garantizar que estas pérdidas son menores que el máximo permitido para el caso general, hacemos el siguiente cálculo:

$$\begin{aligned} \text{Perdidas (\%)} &= 100 * [1.2 * 10^{-4} * (\beta - \beta_{opt})^2 + 3.5 * 10^{-5} * \alpha^2] \\ &= 100 * [1.2 * 10^{-4} * (45 - 47.38)^2 + 3.5 * 10^{-5} * 32^2] = 3.65 \% \end{aligned}$$

Resumiendo, nuestros captadores adoptaran las siguientes orientaciones:

- Angulo de inclinación: $\beta = 45^\circ$.
- Angulo de acimut: $\alpha = 32^\circ$.

2.7.1.3 Distancia entre filas y determinación de sombras

Se tendrá en cuenta, por un lado, la separación entre filas de captadores y por otro, la separación con cualquier elemento de la cubierta del edificio que pueda proyectar sombra.

La separación entre filas de captadores debe superar la distancia mínima d , la cual se ilustra en la siguiente figura:

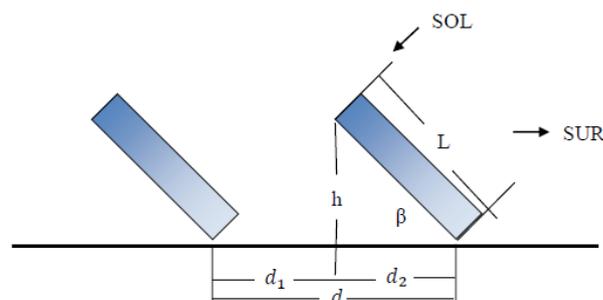


Figura 35. Separación mínima entre filas de captadores.



En nuestro caso, la cubierta donde van instalados los captadores tiene ya una pendiente del 2% (1.15°) sobre la horizontal, por lo que la estructura que se colocara sobre la cubierta los inclinara 43.85° más.

En instalaciones de utilización durante todo el año el día más desfavorable del año es el 21 de diciembre y la altura solar mínima al mediodía solar es:

$$H_{min} = 61^\circ - \text{latitud del lugar}$$

A partir de aquí podemos trabajar bien con dicha altura solar mínima o bien con el coeficiente k , que depende de la latitud geográfica. Este último podemos hallarlo de dos maneras:

Mediante la siguiente tabla:

Latitud	29	37	39	41	43	45
k	1.600	2.246	2.475	2.747	3.078	3.487

Tabla 43. Coeficientes k en función de la latitud del lugar. [4]

Por la formula:

$$k = \frac{1}{\tan(H_{min})}$$

La distancia mínima a considerar entre los captadores solares, medida desde el inicio de la fila anterior tal y como se indica en la figura es:

$$d_1 = k * h_{captador} = \frac{1}{\tan(H_{min})} * h_{captador}$$

$$h_{captador} = L * \sin \beta; \text{ siendo } L \text{ la longitud del captador (m)}$$

$$d_2 = L * \cos \beta$$

$$d = d_1 + d_2$$

Por otro lado, la primera fila de captadores deberá separarse suficientemente de la fachada sur del edificio, para así evitar la proyección de sombras del pretil que rodea la cubierta. La distancia mínima de separación que debe dejarse entre el final del pretil y el inicio de la primera fila de captadores puede calcularse como:

$$d_{captador-pretil} \geq h_{pretil} * k = h_{pretil} * \frac{1}{\tan(H_{min})}; \text{ siendo } h_{pretil} \text{ la altura del pretil (m)}$$



Además, esta distancia deberá cumplir con las especificaciones quedando por encima del mínimo establecido mediante la siguiente expresión:

$$d_{min} = h_{pretil} * 1.732$$

Si aplicamos esta metodología a nuestra instalación tenemos:

$$\beta = 45^\circ$$

L: longitud de nuestro captador, 2.079 m

$$h_{pretil} = 1.25 \text{ m}$$

$$H_{min} = 61^\circ - 37.38^\circ = 23.62^\circ$$

$$k = \frac{1}{\tan(23.62)} = 2.287$$

Luego:

$$h_{captador} = 2.079 * \sin 45 = 1.47 \text{ m}$$

$$d_1 = \frac{1}{\tan 23.62} * 1.47 = 3.36 \text{ m}$$

$$d_2 = 2.079 * \cos 45 = 1.47 \text{ m}$$

$$d = 3.36 + 1.47 = 4.83 \text{ m}$$

Hallamos ahora la separación que debe haber entre el pretil y la primera fila de captadores:

$$d_{captador-pretil} \geq 1.25 * \frac{1}{\tan 23.62} \geq 2.86 \text{ m}$$

$$d_{min} = h_{pretil} * 1.732 = 1.25 * 1.732 = 2.165 \text{ m}; \text{ luego cumple especificaciones}$$

De esta forma tenemos la distancia entre el final de una fila de captadores hasta el principio de la siguiente fila de captadores será de 3.36 m siendo a su vez, la distancia entre el principio de una fila de captadores y otra de 4.83 m. Además la distancia entre la primera fila de estos y el pretil deberá ser como mínimo de 2.86 m

Por otro lado, no se han considerado en esta instalación más elementos que produzcan sombra en los captadores ya que no hay ningún elemento exterior al edificio de altura superior.

2.7.1.4 Conexión de captadores

Los captadores, tal y como comentamos anteriormente, estarán dispuestos en serie-paralelo con baterías formadas por 6 captadores en serie, de forma que tendremos un total de 6 baterías. El sistema de captación se ha dividido en 2 ramas, facilitando de esta forma su conexión en forma de retorno invertido con el fin de conseguir un sistema hidráulico lo más equilibrado posible.

Se ha seleccionado este diseño por ser de fácil montaje, mantenimiento y reparación del mismo, ya que cada una de estas baterías ha de llevar válvulas de cierre de esfera en la entrada y salida de las mismas, con el fin de poder desconectarlas para labores de mantenimiento y reparación sin afectar al resto de la instalación.

Dentro de cada batería los captadores irán conectados en serie, de esta forma aunque el rendimiento de la instalación se vea levemente penalizado, nos permite obtener un aumento de la temperatura del agua producida.

Finalmente la conexión de los captadores responde al siguiente esquema:

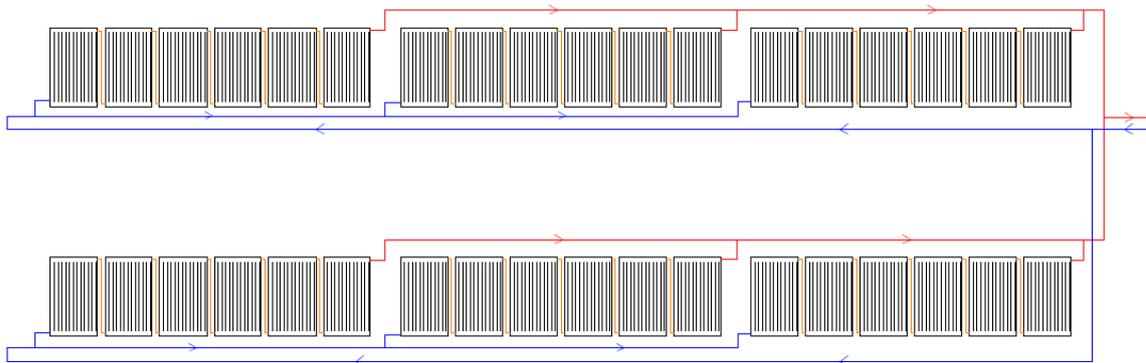


Figura 36. Detalle conexión de captadores.

2.7.2 SISTEMA DE ACUMULACIÓN

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

El sistema de acumulación facilita la limitación de la temperatura de funcionamiento manteniendo el rendimiento de los captadores a un nivel aceptable, por lo que resulta muy



importante que este se dimensione de forma adecuada. Una excesiva acumulación, aunque aumentaría ligeramente el rendimiento del sistema de captación, provocaría unas pérdidas caloríficas inaceptables y que fuera muy difícil alcanzar la temperatura de consumo. Por el contrario un sistema de acumulación subdimensionado podría presentar una temperatura de trabajo excesiva o un consumo mayor del sistema auxiliar [17].

La temperatura de acumulación en instalaciones de preparación de agua caliente sanitaria será de 60°C según lo indicado en lo UNE 100.030 a fin de evitar problemas de legionelosis, siendo la temperatura de distribución apta para el consumo humano entorno a 45°C.

Con objeto de aprovechar al máximo la energía y evitar la pérdida de la estratificación por temperatura del acumulador, la situación de las tomas para las diferentes conexiones estarán situadas en los siguientes puntos, siguiendo lo aconsejado en el apartado 3.3.2 del *“Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura”* de IDAE:

- La conexión de entrada de agua caliente procedente del intercambiador o de los captadores al acumulador se realizará, preferentemente, a una altura comprendida entre el 50 % y el 75 % de la altura total del mismo.
- La extracción de agua del acumulador hacia el intercambiador o los captadores se realizará por la parte inferior de éste.
- La extracción de agua caliente para el consumo se llevara a cabo por la parte superior del depósito.

Los materiales más utilizados para los depósitos son:

- **Acero:** debe ser protegido frente a corrosión bien mediante pintura, galvanizado, vitrificado, etc.
- **Acero Inoxidable:** no tiene problema de corrosión aunque su precio es sensiblemente mayor.
- **Aluminio:** no es aconsejable debido a los problemas de corrosión que puede presentar.

Teniendo en cuenta el uso permanente de la instalación, es recomendable seleccionar un depósito aproximadamente igual a la carga de consumo, ya que, mayores volúmenes de



acumulación no proporcionan aumentos significativos en el rendimiento y volúmenes menores alcanzan temperaturas en verano superiores a la deseada [17].

La instalación consta de dos sistemas de acumulación claramente diferenciados, el de ACS y el sistema de acumulación para el sistema de calefacción, por lo que se tratarán por separado.

El sistema de acumulación de ACS está constituido por un depósito de 500 l y el de calefacción estará constituido por un depósito de 5000 l, consiguiendo un volumen total de 5500 litros, fraccionado en 2 depósitos.

Los acumuladores elegidos son los siguientes:

- **Para ACS:** acumulador de la marca **LAPESA**, modelo **Geiser inox GX-500-R**.
 - Depósito de acero inoxidable al cromo-níquel-molibdeno, especialmente resistente a la corrosión.
 - Fácil mantenimiento, con accesos al interior a través de bocas lateral y superior para inspección y limpieza.
 - Fácil instalación, con un sistema desmontable del aislamiento en dos laterales opuestos del depósito.
 - Aislamiento térmico rígido en PU inyectado en molde de gran espesor para minimizar las pérdidas caloríficas.

- **Para calefacción:** acumulador de la casa **IDROGAS**, modelo **IMVV 5000 RB**.
 - Destinado a gran producción de agua caliente, tanto en horas punta como en demanda continua.
 - Alta protección anticorrosiva, revestimiento epóxico de calidad alimenticia.
 - Aislamiento térmico de espuma rígida de poliuretano inyectado de 100 mm de espesor, libre de CFCs, obtenemos unas pérdidas mínimas.
 - Boca de hombre para inspección y limpieza.



2.7.2.1 Ubicación de los depósitos acumuladores

Ambos depósitos irán colocados en zona interior. El depósito para ACS ira colocado en un cuarto ubicado en la planta baja de las oficinas, junto a la zona de descanso, de forma que esté situado cerca de los puntos de consumo para que se produzca la menor pérdida de energía posible.

En cuanto al depósito para calefacción, ira ubicado en la zona de logística y depósitos, en un cuarto anexo al que contiene el depósito de PCI.

En los planos al final de este proyecto queda detallada la situación de ambos más concretamente.

2.7.2.2 Tratamiento antilegionela de la instalación

En cuanto al tratamiento antilegionela para los acumuladores existen dos opciones, siendo la segunda la que ofrece un mejor resultado y más económico.

- Calentamiento de todo el volumen de acumulación mediante el grupo térmico auxiliar. Esta solución no es recomendable desde el punto de vista de la eficiencia energética.
- Consiste en aislar periódicamente los depósitos solares del circuito de alimentación del agua de red y una vez aislados los depósitos solares, los captadores se encargan de que se alcance la temperatura de tratamiento. Para homogeneizar los depósitos y evitar zonas frías, es preciso contar con una bomba que mezcle el contenido de los depósitos durante el tratamiento antilegionela.

El sistema de calentamiento debe ser capaz de elevar la temperatura del agua hasta 70 °C o mas para su desinfección y la temperatura de distribución no debe ser nunca menor de 50 °C tal y como indica en el Real Decreto 865/2003.

Además, la instalación ha de cumplir todos los requisitos que establece la UNE 100030 IN, correspondiente a la prevención y control de la proliferación y diseminación de la legionela [17].



2.7.3 SISTEMA DE INTERCAMBIO

Estos intercambiadores serán los encargados de traspasar la energía calorífica que captan los captadores solares al sistema de acumulación. Para nuestro caso hemos optado por un intercambiador de placas externo, que será el encargado de realizar el intercambio energético entre el circuito primario y el secundario.

Estos deben de garantizar que en ningún caso se mezcle el fluido caloportador con el agua de acumulación.

Los intercambiadores tienen el inconveniente de que suponen una ligera pérdida de rendimiento del sistema. Debido a la diferencia entre los líquidos de los circuitos primario y secundario, los captadores deben funcionar a una temperatura superior a la del fluido secundario. Esto eleva el coste de la instalación y además deberá someterse a este elemento a la normativa correspondiente.

Los dos parámetros que definen a un intercambiador son el rendimiento y la efectividad del mismo. El rendimiento puede definirse como el cociente entre la energía que entra en el intercambiador y la que transferimos al circuito secundario, esta pérdida nunca debe ser superior al 5%. La efectividad se define como la relación entre la energía calorífica intercambiada en la unidad de tiempo y la máxima que teóricamente podría intercambiarse. Si el diseño es correcto la efectividad del intercambiador no debería ser inferior a 0,7. Cuanto menor sea esta efectividad, mayor deberá ser la temperatura de entrada en los captadores, haciendo disminuir el rendimiento de éstos y por lo tanto de la instalación [17].

Tal y como se comenta en el Pliego de Condiciones, la potencia mínima de diseño del intercambiador independiente, P_{min} , es función de la superficie de captación, tal y como se expresa en la siguiente condición:

$$P_{min} \geq 500 * S_c$$

Siendo:

P_{min} : potencia mínima del intercambiador (W).

S_c : superficie de captación (m^2), que en nuestro caso es de $81.36 m^2$.

$$P_{min} \geq 500 * 81.36 = 40680 W = 34978,5 kcal/h$$



El caudal máximo que circulará por el circuito primario del intercambiador será de:

$$Q_{max} = 81.36 \text{ m}^2 * 54 \frac{\text{l}}{\text{h} \cdot \text{m}^2} = 4393.44 \frac{\text{l}}{\text{h}}$$

Los intercambiadores elegidos, tanto para ACS como para calefacción serán de la **marca ALFA LAVAL** modelo **M3-FG de 30 placas**.

Las principales características de este son las siguientes:

Modelo	M3-FG/30H
Nº Placas	30
Caudal 1 (l/h)	5500
DP 1 (m.c.a.)	3.2
Caudal 2 (l/h)	5200
DP 2 (m.c.a.)	3.2
Potencia (kW)	60

Tabla 44. Características de los intercambiadores de calor elegidos.

Este intercambiador está optimizado para este tipo de instalaciones y cumple con las condiciones especificadas.

En cuanto a las Roof-Top, incorporaremos a estas unas baterías de apoyo de agua caliente. Estas son un complemento opcional del circuito interior que ofrece y suministra el mismo fabricante de las propias máquinas. Incorporaremos una batería a cada máquina, las cuales alimentaremos con agua caliente procedente de nuestra instalación solar.



Las propiedades de estas baterías son las siguientes:

Modelo	IPF 540 MC11	IPF 720 MRC11
Caudal de aire nominal (m^3/h)	20400	30000
Perdida de carga (m.c.a.)	2.5	3.4
Potencia calorífica max (kW)	60.5	88.6
Caudal de agua max (m^3/h)	8.1	11.1
Peso (kg)	66.9	82.3

Tabla 45. Características de las baterías de apoyo de agua caliente.

De esta forma cuando haya radiación suficiente y se demande calefacción por parte de la nave de ventas, estas baterías serán capaces de incrementar la temperatura de entrada de aire nuevo a las máquinas, de forma que el compresor consumirá menos energía eléctrica.

2.7.4 FLUIDO DE TRABAJO

Los captadores solares están conectados con el resto de la instalación a través del circuito primario, por el que circula el fluido caloportador, el cual ha sido elegido en base a las siguientes especificaciones.

La ciudad de Sevilla tiene una temperatura mínima histórica de -6°C según los datos recogidos en el Anexo X del Pliego de condiciones de IDEA, por lo que es imprescindible la utilización de un fluido anticongelante para la protección contra posibles heladas.

El fluido de trabajo que usaremos para nuestra instalación solar será una mezcla de agua con propilenglicol que garantice una protección frente a heladas de al menos hasta -11°C (cinco grados menor que la mínima histórica) según la proporción de anticongelante que contenga la mezcla.



El anticongelante que usaremos es FLUIDOSOL, de la casa TERMICOL. La proporción de este se ha obtenido mediante el siguiente grafico de utilización:

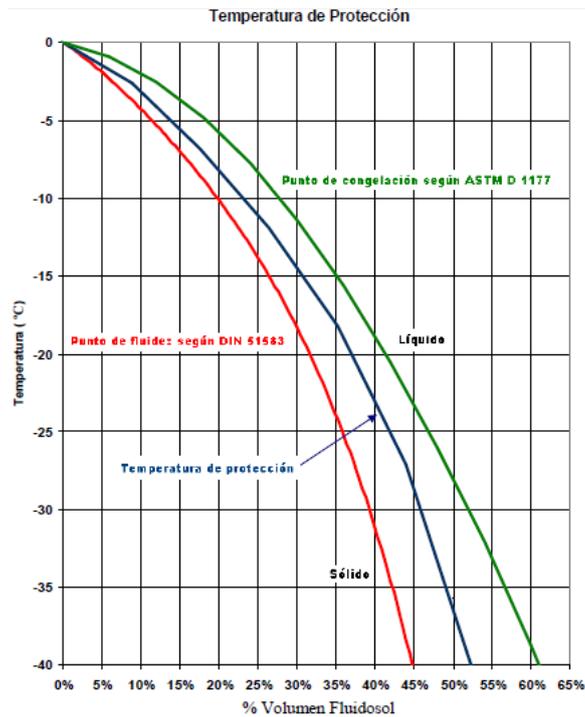


Figura 37. Temperatura de protección del FLUIDOSOL. [14]

El punto de congelación según la norma ASTM D 1177 indica la temperatura a la que aparece el primer cristal.

La normativa DIN 51583 marca el punto a partir del cual el producto deja de fluir. En este punto el producto está totalmente congelado y hay aumento de volumen, con lo que corre riesgo la integridad del circuito.

Entre ambos puntos existe una mezcla de cristales de hielo y fluido sin congelar que fluye sin aumentar el volumen ni causar daños en la instalación (línea azul) [14].

La proporción de anticongelante (FLUIDOSOL) será del 30 % del peso total del fluido caloportador en todo el circuito primario, siendo el resto agua. Esto nos garantiza que no se producirán daños por congelación en la instalación hasta una temperatura de unos -15°C.



El calor específico de la mezcla es de $3920 \text{ J/Kg} \cdot \text{K}$ a 45°C y se obtiene del siguiente grafico:

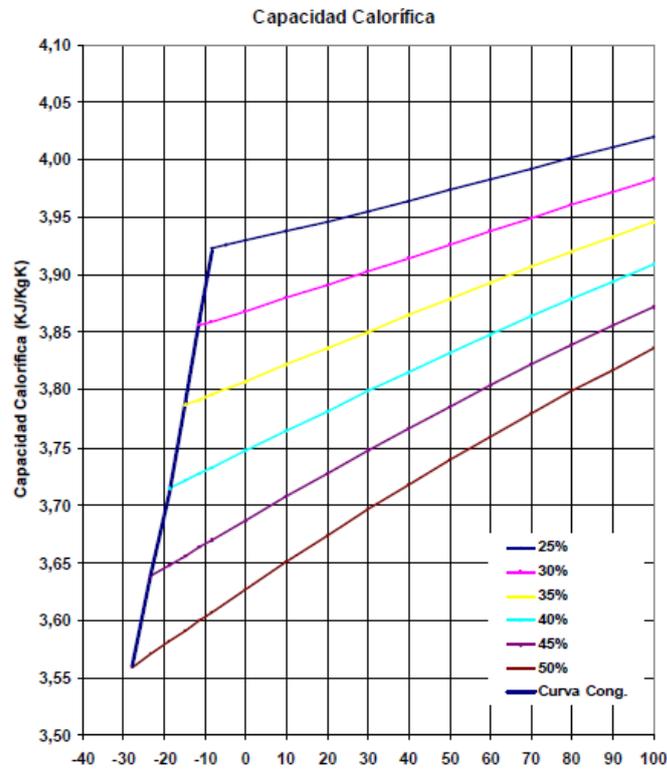


Figura 38. Capacidad calorífica del FLUIDOSOL. [14]

Para el rango de temperaturas al que trabajaremos, el calor específico de este en ningún momento es inferior a $0.7 \text{ kcal/Kg} \cdot ^\circ\text{C}$ ($2930 \text{ J/Kg} \cdot ^\circ\text{C}$), tal y como se exige en las especificaciones técnicas [14].

El valor de la viscosidad es de 1.5 milipascales-segundo a 45°C , el cual se ha obtenido del siguiente grafico:

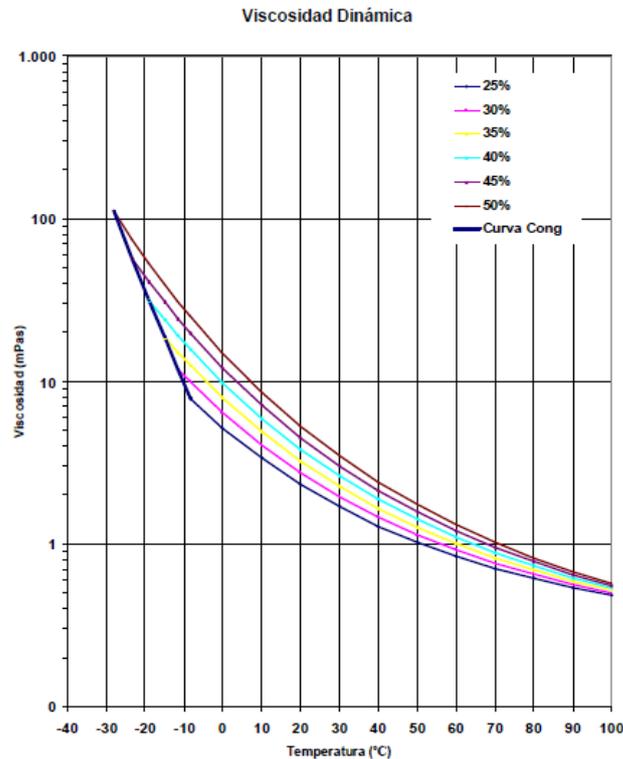


Figura 39. Viscosidad dinámica del FLUIDOSOL. [14]

Hemos de tener en cuenta que para un caso hipotético en que el fluido este a una temperatura inferior a 45°C, la viscosidad aumentara. Esto habría que tenerlo en cuenta a la hora del cálculo de la pérdida de carga en las tuberías, por ejemplo una viscosidad de 4 milipascales-segundo que corresponde a una temperatura del fluido de 10°C [14].

2.7.5 SISTEMA HIDRÁULICO

El circuito hidráulico para nuestra instalación será de cobre, material que hemos elegido por poseer unas altas prestaciones en cuanto a resistencia a la corrosión, maleabilidad, ductilidad e inocuidad, además de tener un precio muy competitivo.

Para los puntos de unión con materiales distintos se instalaran manguitos electrolíticos para evitar el par galvánico y latiguillos de 200 mm de longitud, para evitar la corrosión. Además los tramos horizontales contarán siempre con una pendiente mínima del 1 % en sentido de la circulación, para favorecer a esta [17].

Las soldaduras entre uniones de tuberías de cobre se realizarán por capilaridad con aleación de plata.



Los niveles sonoros en las tuberías que discurran por zonas interiores del edificio deberán ser inferiores a los máximos indicados en la ITE 02.2.3.

En el diseño del circuito hidráulico se ha tratado de limitar al máximo las pérdidas térmicas, intentando buscar los trazados de menor longitud y limitar también en todo lo posible las pérdidas de carga evitando codos o accesorios innecesarios.

Para el diseño del circuito primario hemos considerado los siguientes valores:

- Velocidad del fluido por tuberías < 1.3 m/s.
- Caudal aproximado de 54 l/h · m² de captación
- Pérdida de carga admisible máxima de 40 mm. c. a. por metro lineal de tubería.

Podemos dividir nuestra instalación en los siguientes circuitos:

- **Circuito primario:** circuito del sistema de captación solar, por el que circula el fluido caloportador. Es un circuito cerrado y el fluido recorre toda la instalación impulsado por las bombas de circulación.
- **Circuito secundario de ACS:** circuito de consumo, por el que circula el agua procedente de la red para el consumo de ACS. Para su diseño solo nos ocuparemos de la parte que queda ubicada dentro de nuestra instalación.
- **Circuito secundario de calefacción:** por este es por donde circula el agua en circuito cerrado que servirá de apoyo a nuestras roof top para calefacción.

Prestaremos especial atención a que los aislamientos no dejen tramos de tubería o accesorios visibles, quedando únicamente expuestos aquellos componentes necesarios para el buen funcionamiento y operación de la instalación [17].

2.7.5.1 Diseño de circuito hidráulico

El dimensionado de toda la red se ha hecho teniendo en cuenta, para los cálculos de los diámetros, las pérdidas de carga de todos los elementos accesorios que componen el circuito.

Para el dimensionado se ha realizado, al igual que para otras partes de la instalación, una hoja de cálculo que facilita notablemente los cálculos. La metodología y formulas usadas quedan descritas a continuación.



Para determinar la velocidad de un fluido que circula por una tubería, conocidos su diámetro y su caudal, utilizaremos la siguiente expresión:

$$v = 0.354 \cdot \frac{Q}{D^2}$$

Siendo:

v: velocidad a la que circula el fluido (m/s).

Q: caudal que circula por la tubería (l/h).

D: diámetro interior de la tubería (mm).

Por otro lado, para dimensionar las tuberías también es necesario considerar las pérdidas de presión por rozamiento o pérdidas de carga lineales, las cuales dependen del diámetro de la tubería, de la rugosidad, de las características del fluido que lo recorre y de su velocidad.

En este caso, optaremos por la expresión obtenida a partir de la fórmula de Flamant, que sirve para el caso de tuberías de cobre de paredes lisas por las que circula agua sin aditivos:

$$P_{unitaria} = 378 \cdot \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}}$$

Donde:

Punitaria: pérdidas de carga por metro lineal de tubería (mm.c.a./m).

Q: caudal que circula por la tubería (l/h).

D: diámetro interior de la tubería (mm).

Como en nuestro caso el fluido caloportador es una mezcla agua y anticongelante a base de glicol, se debe tener en cuenta la mayor viscosidad de la mezcla, por lo que el resultado de aplicar la fórmula anterior se ha de multiplicar por el factor 1.3, quedando:

$$P_{unitaria} = 1.3 \cdot 378 \cdot \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}}$$

A continuación, y a modo orientativo, se adjunta una tabla de caudales de agua aproximados admisibles para los diferentes diámetros de tubería de cobre, suponiendo una pérdida de carga máxima de 40 mm.c.a/m.



Diámetro nominal (mm)	Espesor de pared (mm)	Diámetro interior (mm)	Caudal (l/h)
18	1.0	16	Hasta 500
22	1.0	20	Hasta 950
28	1.0	26	Hasta 1900
35	1.0	33	Hasta 3600
42	1.0	40	Hasta 6200
54	1.2	51.6	Hasta 12000

Tabla 46. Caudales de agua aprox. máximos admisibles para los diferentes diámetros de tubería de cobre. [6]

Una vez tengamos definidos los diámetros y las pérdidas de carga unitaria, para obtener las pérdidas de carga totales multiplicaremos por la longitud total de las tuberías, incluyendo en estas las longitudes equivalente debidas a los diferentes elementos singulares. Algunos de los más usados son:

- Ensanchamiento brusco o gradual.
- Estrechamiento brusco o gradual.
- Entrados o salidas de tuberías.
- Codos, elementos en "T" y otros accesorios.
- Válvulas.

Para estudiar las pérdidas debidas a estos elementos vamos a utilizar el método de Longitud Equivalente, basándonos en la tabla que aportamos a continuación. Este método consiste en sustituir el accesorio por una longitud equivalente de tubería que origine la misma pérdida por rozamiento.



Las longitudes equivalentes utilizadas han sido:

		Diámetro nominal de la tubería (mm)					
Accesorios		18	22	28	35	42	54
Curva de 45°		0.34	0.43	0.47	0.56	0.7	0.85
Codo de 90°		0.33	0.45	0.6	0.84	0.96	1.27
Curva de 90°		0.5	0.63	0.76	1.01	1.32	1.71
T		0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
T		2.5	3	3.6	4.1	4.6	5
T		1.68	1.8	1.92	2.4	3	3.6
Valvula antirretorno clapeta		0.5	0.77	1.05	1.61	2.1	2.66
Valvula esferica		0.21	0.27	0.3	0.46	0.54	0.7

Tabla 47. Long. Equivalente de tubería para pérdidas de carga singulares. [6]



2.7.5.2 Circuito primario

En la siguiente tabla quedan desglosadas las longitudes equivalentes de todos los tramos de tubería correspondientes al circuito primario (circuito solar).

Tramo	Caudal (l/h)	Diámetro nominal (mm)	Diámetro interior (mm)	V (m/s)	Long. Equivalente perdidas localizadas (m)	Longitud total (m)	Perdida de carga unitaria (mmca/m)	Perdida de carga total (mmca)
Salida de captadores								
1	4393.4	42	40	1.0	8.3	99.01	28.62	2833.9
Retorno de captadores								
2	4393.4	42	40	1.0	6.38	95.19	28.62	2724.5
3	4393.4	42	40	1.0	11.98	20.23	28.62	579.1
Circuito captadores								
4	2197.2	35	33	0.7	2.94	33.74	21.22	715.9
5	2197.2	35	33	0.7	3.38	39.24	21.22	832.6
6 y 7	732.4	22	20	0.6	0.53	0.82	33.49	27.6
8 y 9	1464.8	28	26	0.8	0.3	9.77	32.39	316.5
10 y 11	732.4	22	20	0.6	0.72	1.24	33.59	41.5
12 y 13	732.4	22	20	0.6	0.45	9.70	33.49	324.6
14 y 15	732.4	22	20	0.6	0.72	1.24	33.49	41.5
16 y 17	732.4	22	20	0.6	2.54	12.74	33.49	426.6
18 y 19	732.4	22	20	0.6	0.72	1.66	33.49	55.4
20 y 21	1464.8	28	26	0.8	0.3	9.44	32.39	305.4
22 y 23	732.4	22	20	0.6	0.72	1.66	33.49	55.4
24	2197.2	35	33	0.7	3	10.17	21.22	215.9

Tabla 48. Perdidas de carga del circuito primario.

Luego tenemos que las pérdidas totales serán:

- Perdidas en la red de tuberías: 9496.94 mm.c.a.
- Perdidas de carga en los captadores: 300 mm.c.a.
- Perdidas de carga en los intercambiadores: 3200 mm.c.a.

Perdida de carga total en el circuito primario: 12996.94 mm.c.a

BOMBA DE CIRCULACIÓN

La elección de la bomba que moverá el fluido caloportador correspondiente al circuito primario se determina basándonos en los siguientes factores:

- La pérdida de carga en la instalación
- El caudal que circula por la misma

De esta forma, y fijándonos en la curva característica de la bomba que proporciona el fabricante, buscaremos que esta contenga aproximadamente el punto de funcionamiento definido por una altura manométrica igual a la pérdida de carga de la instalación y un caudal mínimo de 4393.4 l/h.

Además, de acuerdo a lo establecido en el CTE, como nuestra instalación posee una superficie de captación superior a los 50 m², debemos instalar 2 bombas funcionando en paralelo, dejando una de reserva en caso de falla y se debe prever el funcionamiento alternativo de las mismas ya sea de forma manual o automática [17].

La pareja de bombas escogidas en este caso son de la casa **GRUNDFOS**, modelo **UPS 40-185 F**, cuya curva característica y punto de funcionamiento quedan reflejados a continuación:

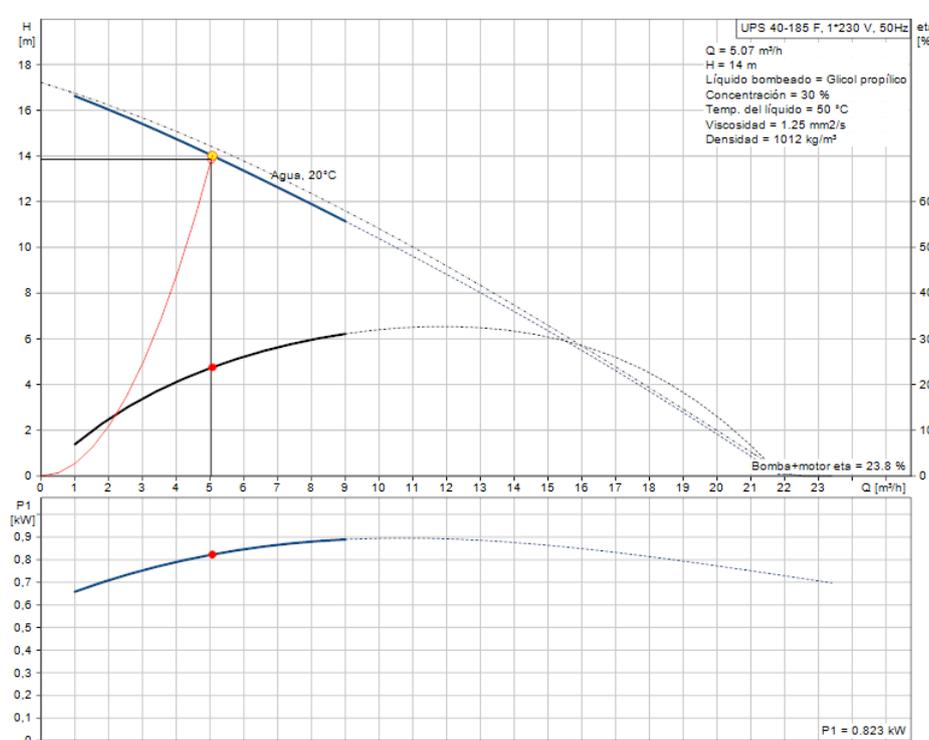


Figura 40. Curva característica bomba del circuito primario. [15]



FLUIDO CALOPORTADOR

Antes de pasar al cálculo del vaso de expansión es necesario saber el volumen total de fluido caloportador que circula por este circuito primario. Para ello hay que tener en cuenta, además del fluido que circula por las tuberías, el volumen de fluido en captadores e intercambiadores.

$$V_{\text{fluido primario}} = V_{\text{tuberías}} + V_{\text{captadores}} + V_{\text{intercambiadores}}$$

VOLUMEN DE FLUIDO EN CAPTADORES

Este dato lo proporciona el fabricante y para nuestro panel en concreto es de 1.45 litros. Dado que nuestra instalación cuenta con 36 paneles, el volumen de fluido total contenido en estos será de:

$$V_{\text{captadores}} = 1.45 \frac{\text{l}}{\text{captador}} * 36 \text{ captadores} = 52.2 \text{ l.}$$

VOLUMEN DE FLUIDO EN INTERCAMBIADORES

La capacidad de fluido de nuestros intercambiadores alfa laval modelo M3-FG de 30 placas en el circuito primario es de 1.27 l (dato proporcionado por el fabricante).

Luego:

$$V_{\text{intercambiadores}} = 2 * 1.27 = 2.54 \text{ l}$$

VOLUMEN DE FLUIDO EN TUBERÍAS

Para calcular el volumen de fluido contenido en cada tramo de tubería usamos la siguiente ecuación:

$$V_{\text{tubería}} = L \cdot \frac{\pi \cdot D_i^2}{4}$$

Siendo:

L: longitud del tramo de tubería (m).

D_i : diámetro interior de la tubería (m).



Como el circuito primario estaba formado por multitud de tramos de distintas longitudes y diámetros nos ayudaremos de una tabla de Excel para calcular sus respectivos volúmenes.

Tramo	Diámetro nominal (mm)	Diámetro interior (mm)	Longitud total (m)	Sección (m^2)	Capacidad (m^3)	Capacidad (l)
1	42	40	99.01	0.0013	0.124	124.4
2	42	40	95.19	0.0013	0.120	119.6
3	42	40	20.23	0.0013	0.025	25.4
4	35	33	33.74	0.0009	0.029	28.9
5	35	33	39.24	0.0009	0.034	33.6
6 y 7	22	20	0.82	0.0003	0.0002	0.3
8 y 9	28	26	9.77	0.0005	0.005	5.2
10 y 11	22	20	1.24	0.0003	0.0004	0.4
12 y 13	22	20	9.70	0.0003	0.003	3.0
14 y 15	22	20	1.24	0.0003	0.0004	0.4
16 y 17	22	20	12.74	0.0003	0.004	4.0
18 y 19	22	20	1.66	0.0003	0.0005	0.5
20 y 21	28	26	9.44	0.0005	0.005	5.0
22 y 23	22	20	1.66	0.0003	0.0005	0.5
24	35	33	10.17	0.0009	0.009	8.7
Total						359.9

Tabla 49. Volumen de fluido en tuberías.

Luego:

$$V_{tuberías} = 359.89 \text{ l}$$

Por lo tanto, el volumen total de fluido será la suma de los anteriores volúmenes resultando:

$$V_{fluido\ primario} = 52.2 + 2.54 + 359.89 = 414.63 \text{ l}$$

VASO DE EXPANSIÓN

Para el dimensionado del vaso de expansión recurrimos a la norma UNE 100155: 2004, según la cual este se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$V_{vaso} = V \cdot C_e \cdot C_p$$



Donde:

V: cantidad de fluido caloportador en el circuito primario (l).

C_e : coeficiente de expansión.

C_p : coeficiente de presión.

A su vez, el coeficiente de expansión C_e puede calcularse con la siguiente expresión, válida para temperaturas de 30 °C a 120 °C:

$$C_e = (3.24 \cdot T^2 + 102.13 \cdot T - 2708.3) \cdot 10^{-6}$$

Para el cálculo de este hemos considerado una temperatura máxima de 90 °C ya que el vaso ira instalado en la zona fría del circuito primario, es decir, en el tramo de retorno a captadores justo antes de la bomba de circulación.

Así tenemos:

$$C_e = (3.24 \cdot 90^2 + 102.13 \cdot 90 - 2708.3) \cdot 10^{-6} = 0.0327$$

Además, como en este caso nuestro fluido caloportador es una solución de propilenglicol en agua, el coeficiente de expansión C_e debe multiplicarse por el siguiente factor de corrección:

$$f_c = a \cdot (1.8 \cdot T + 32)^b$$

Donde

$$a = -0.0134 \cdot (G^2 - 143.8 \cdot G + 1918.2)$$

$$b = 3.5 \cdot 10^{-4} \cdot (G^2 - 94.57 \cdot G + 500)$$

G: porcentaje en volumen de propilenglicol en agua

Resultando

$$a = 20.044 \quad b = -0.503 \quad f_c = 1.4165$$



Finalmente nuestro coeficiente de expansión será:

$$C_e = 1.4165 * 0.0327 = 0.0463$$

Por último, el coeficiente de presión C_p se calcula a través de la siguiente expresión:

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

Siendo:

P_M : presión máxima del vaso, 4 bar.

P_m : presión mínima del vaso, 1.5 bar.

Y resultando:

$$C_p = \frac{4}{4 - 1.5} = 1.6$$

Por lo tanto, finalmente el volumen del vaso de expansión es el siguiente:

$$V_{vaso} = 414.63 * 0.0463 * 1.6 = 30.72 \text{ l}$$

El volumen de vaso que más se ajusta a nuestras necesidades es el de 35 litros, por lo se ha elegido un vaso de expansión de la marca **SALVADOR ESCODA**, modelo **35 SMR-P** con membrana intercambiable.

2.7.5.3 Circuito secundario de ACS

A continuación pasamos al cálculo de tuberías del circuito secundario, concretamente a la parte de ACS. Las formulas y la sistemática empleada será la misma que la utilizada en el circuito primario, si bien ahora hay que tener en cuenta que el fluido que circula en este caso es agua.



Con la ayuda de una tabla de Excel obtenemos lo siguiente:

Tramo	Caudal (l/h)	Diámetro nominal (mm)	Diámetro interior (mm)	V (m/s)	Long. Equivalente perdidas localizadas (m)	Longitud total (m)	Perdida de carga unitaria (mmca/m)	Perdida de carga total (mmca)
25	4393.4	42	40	1.0	1.58	2.58	22.02	56.81
26	4393.4	42	40	1.0	3.14	3.74	22.02	82.35
27	4393.4	42	40	1.0	1.58	1.88	22.02	41.39

Tabla 50. Perdidas de carga del circuito secundario de ACS.

Luego las pérdidas totales en este circuito serán:

- Perdidas en la red de tuberías: 180.55 mm.c.a.
- Perdidas de carga en los intercambiadores: 3200 mm.c.a.

Perdida de carga total en el circuito secundario ACS: 3380.55 mm.c.a

BOMBA DE CIRCULACIÓN

La elección de las bombas en este caso, al igual que en el circuito primario, se hará en función del caudal de circulación y las pérdidas de carga (4393.44 l/h y 3380.55 mm.c.a para este caso). Buscando que en su curva característica esta contenga aproximadamente el punto de funcionamiento definido en el párrafo anterior, elegimos en ese caso la bomba de la casa **GRUNDFOS** modelo **UPS 50-60/2F**. También se colocaran dos bombas aquí para garantizar el funcionamiento de la instalación en caso de fallo.

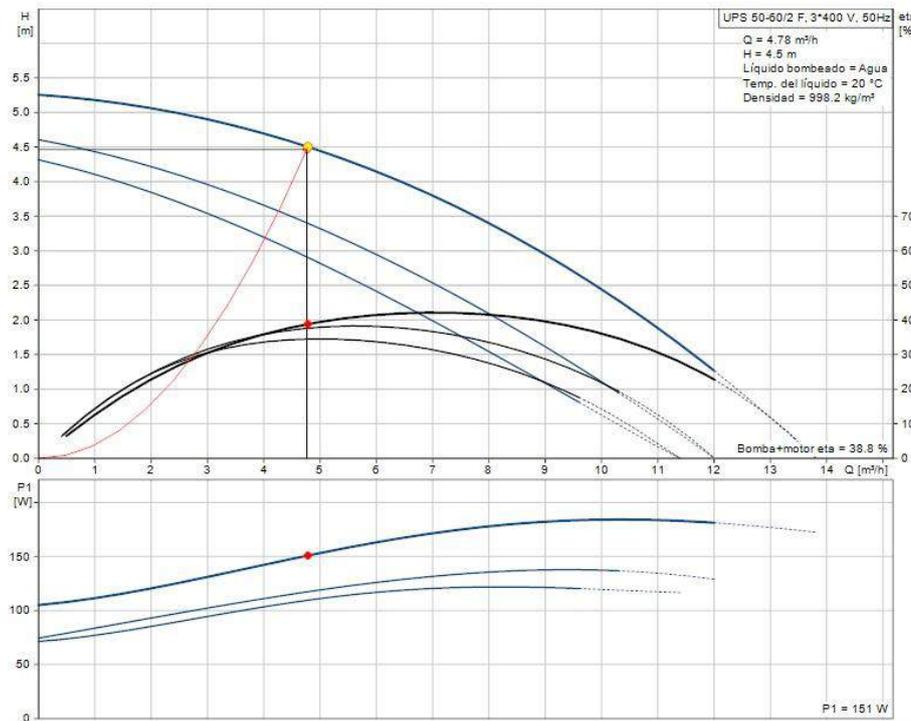


Figura 41. Curva característica bomba del circuito secundario de ACS. [15]

2.7.5.4 Circuito secundario de calefacción

Los diámetros seleccionados, velocidad y pérdidas de carga para el circuito secundario de calefacción son los que se muestran en la siguiente tabla. Se tendrá en cuenta todo lo aplicado en el apartado anterior.

Tramo	Caudal (l/h)	Diámetro nominal (mm)	Diámetro interior (mm)	V (m/s)	Long. Equivalente pérdidas localizadas (m)	Longitud total (m)	Perdida de carga unitaria (mmca/m)	Perdida de carga total (mmca)
28	4393.4	42	40	1.0	1.58	3.15	22.02	69.37
29	4393.4	42	40	1.0	3.14	3.74	22.02	82.35
30	4393.4	42	40	1.0	1.58	2.42	22.02	53.28

Tabla 51. Pérdidas de carga del circuito secundario de calefacción.

Siendo las pérdidas totales en este circuito:

- Pérdidas en la red de tuberías: 205.004 mm.c.a.
- Pérdidas de carga en los intercambiadores: 3200 mm.c.a.

**Perdida de carga total en el circuito secundario de calefacción: 3405.004 mm.c.a****BOMBA DE CIRCULACIÓN**

Al igual que en los casos anteriores, buscamos una bomba cuyo punto de funcionamiento se situé en este caso lo más próximo posible una pérdida de carga de 3405.004 mm.c.a con un caudal de 4393.44 l/h.

La bomba seleccionada es la misma que para el circuito secundario de ACS, es decir una **UPS 50-60/2F** de la casa **GRUNDFOS**, ya que sus respectivos puntos de funcionamiento prácticamente coinciden. Se colocaran también 2 bombas en paralelo por lo comentado anteriormente.

2.7.5.5 Circuito de distribución de ACS

El circuito de distribución de agua caliente sanitaria en la zona de oficinas ya se encontraba instalado previamente y por tanto no entraremos en su cálculo, centrándonos únicamente en las partes que atañen directamente a nuestro proyecto.

2.7.5.5 Circuito de distribución de calefacción

Por último mostramos cada uno de los tramos con sus respectivos diámetros, velocidades y pérdidas de cargas correspondientes al circuito de distribución de calefacción.

Tramo	Caudal (l/h)	Diámetro nominal (mm)	Diámetro interior (mm)	V (m/s)	Long. Equivalente perdidas localizadas (m)	Longitud total (m)	Perdida de carga unitaria (mmca/m)	Perdida de carga total (mmca)
31	4394.4	42	40	1.0	7.68	22.54	22.02	496.29
32	1300	28	26	0.7	3.04	32.67	20.22	660.57
33	1300	28	26	0.7	1.52	56.34	20.22	1139.16
34	1794.4	28	26	0.9	3.04	83.37	35.54	2963.04
35	1794.4	28	26	0.9	1.52	80.26	35.54	2852.50
36	1300	28	26	0.7	3.04	57.93	20.22	1171.31
37	1300	28	26	0.7	3.04	33.42	20.22	675.73
38	4394.4	42	40	1.0	7.68	16.61	22.02	365.72

Tabla 52. Perdidas de carga del circuito de distribución de calefacción.



Siendo las pérdidas totales en este circuito:

- Pérdidas en la red de tuberías: 10324.33 mm.c.a.
- Pérdidas de carga en las baterías de calor: 8400 mm.c.a.

Pérdida de carga total en el circuito de distribución de calefacción: 18724.33 mm.c.a

BOMBA DE CIRCULACIÓN

En cuanto a las bombas de circulación de este circuito, las bombas elegidas son de nuevo de la marca **GRUNDFOS**, en este caso modelo **TP 32-230/2**, y se colocaran 2 en paralelo por lo mismo comentado anteriormente. El punto de funcionamiento de ambas será el que sigue:

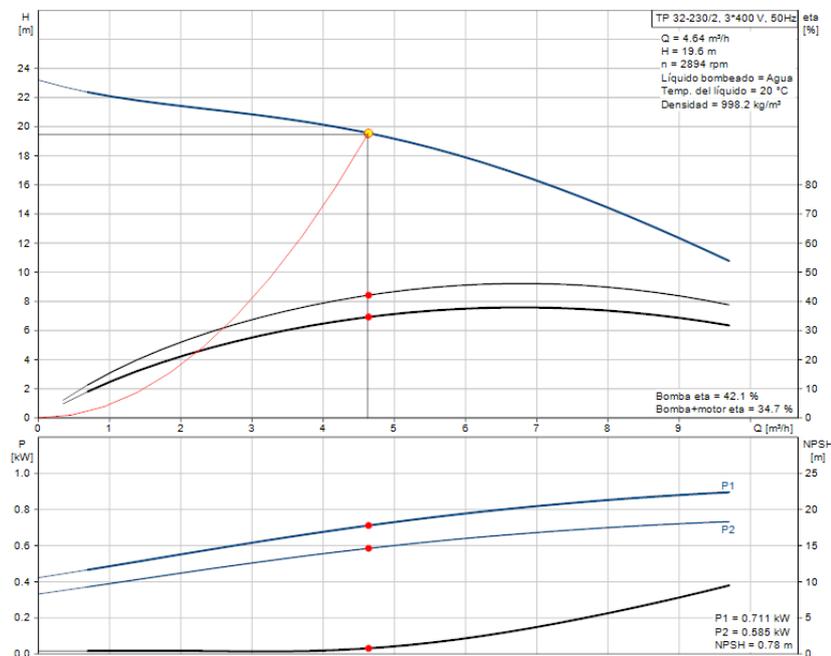


Figura 42. Curva característica bomba del circuito secundario de calefacción. [15]

2.7.5.7 Aislamiento

En cuanto al aislamiento que deben llevar las tuberías de una instalación térmica, el RITE nos ofrece un procedimiento simplificado para hallar los espesores mínimos expresados en mm, en función del diámetro exterior de la tubería sin aislar y de la temperatura del fluido en la red y para un material con conductividad térmica de referencia a 10 °C de 0.040 W/ (m.K).

Estos son los indicados en la siguiente tabla:



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

Tabla 53. Espesor mínimo de aislamiento de tuberías y accesorios que transporten fluidos calientes que discurran por el interior de edificios. [7]

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

Tabla 54. Espesor mínimo de aislamiento de tuberías y accesorios que transporten fluidos calientes que discurran por el exterior de edificios. [7]

Sin embargo, el aislante que hemos elegido para este proyecto es la espuma de poliuretano, que cuenta con una conductividad térmica de 0.028 W/ (m.K). Como este posee una conductividad térmica distinta de 0.040 W/ (m.K), el RITE considera válida para la determinación del espesor de aislamiento mínimo la siguiente ecuación:

$$d = \frac{D}{2} \cdot \left[e^{\left(\frac{\lambda}{\lambda_{ref}} \cdot \ln \frac{D+2 \cdot d_{ref}}{D} \right)} - 1 \right]$$

Siendo:

d: espesor mínimo del material empleado (mm).

D: diámetros nominal de la tubería (mm).

λ_{ref} : conductividad térmica de referencia (W/m·K).

λ : conductividad térmica del material utilizado (W/m·K).

d_{ref} : espesor mínimo de referencia (mm).

Aplicando lo anterior obtenemos la siguiente tabla:



Diámetro nominal (mm)	Tubería interior		Tubería exterior	
	Espesor mínimo referencia (Tabla 51)	Espesor mínimo espuma poliuretano	Espesor mínimo referencia (Tabla 52)	Espesor mínimo espuma poliuretano
18	25	13.82	35	18.33
22	25	14.22	35	18.95
28	25	14.68	35	19.65
35	25	15.07	35	20.26
42	30	18.08	40	23.29

Tabla 55. Espesores mínimos de aislamiento de espuma de poliuretano.

Tras los resultados obtenidos, y visto que nuestra instalación no tiene ningún tramo de tubería de diámetro superior 42 mm, hemos optado por un **espesor de aislamiento** para todas nuestras tuberías **de 25 mm**, cumpliendo este los requisitos para las tuberías y accesorios de toda la instalación.

2.7.6 SISTEMA DE ENERGÍA CONVENCIONAL AUXILIAR

Para asegurar la continuidad en el abastecimiento de la demanda térmica, las instalaciones de energía solar deben contar con un sistema de energía convencional auxiliar. Debemos tener en cuenta que la temperatura de salida del agua podrá variar entre la temperatura de red, casos en que se un periodo prolongado de condiciones meteorológicas que no permitan la aportación de energía solar, y la máxima temperatura máxima de acumulación.

El sistema de apoyo debe ser capaz de mantener el nivel de confort del servicio de agua caliente sanitaria en estas condiciones de temperatura de entrada variable y, a la vez, debe permitir aprovechar los beneficios económicos y medioambientales de la utilización de energía solar.

Este sistema debe cumplir con lo siguiente:

- Los componentes del sistema convencional auxiliar han de soportar la entrada de agua caliente a la temperatura de suministro del sistema de captación solar, que puede alcanzar el valor fijado como temperatura de consigna (o incluso superior en algunos casos).
- Este dispondrá siempre 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 la legionelosis.

- El sistema convencional auxiliar ha de dar prioridad al aprovechamiento de la energía solar al consumo de gas

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

Las potencias recomendadas para generación de ACS dependiendo de la demanda y el tipo de uso de esta son bastante variables, lógicamente con una mayor potencia se puede satisfacer un número mayor de consumos instantáneos sin penalizar el nivel de confort del usuario.

En los catálogos comerciales se suele indicar la capacidad de calentamiento de agua de una caldera o calentador, en l/min, suponiendo un salto térmico de 25°C entre la entrada de agua fría de la red y la salida de agua caliente a consumo.

A continuación, tal y como aparece en el CTE en su DB-HS, presentamos una tabla con los caudales instantáneos mínimos para cada tipo de aparato que puede requerir de ACS.



Tipo de aparato	Caudal instantáneo mínimo de agua fría (l/s)	Caudal instantáneo mínimo de ACS (l/s)
Lavamanos	0.05	0.03
Lavabo	0.10	0.065
Ducha	0.20	0.10
Bañera de 1.40 m o mas	0.30	0.20
Bañera de menos de 1.40	0.20	0.15
Bidé	0.10	0.065
Inodoro con cisterna	0.10	-
Inodoro con fluxor	1.25	-
Urinarios con grifo	0.15	-
Urinarios con cisterna	0.04	-
Fregadero domestico	0.20	0.10
Fregadero no domestico	0.30	0.20
Lavavajillas domestico	0.15	0.10
Lavavajillas industrial	0.25	0.20
Lavadero	0.20	0.10
Lavadora domestica	0.20	0.15
Lavadora industrial	0.60	0.40
Grifo aislado	0.15	0.10
Grifo garaje	0.20	-
Vertedero	0.20	-

Tabla 56. Caudal instantáneo mínimo para cada tipo de aparato. [4]

En nuestro caso concreto, los elementos con los que contamos en la zona de oficinas que consumen agua caliente son:

- 2 Lavabos
- 2 Duchas
- Fregadero
- Lavavajillas

Luego nuestro consumo de agua caliente, suponiendo que todos estos aparatos estuvieran funcionando a la vez, seria la suma de los caudales instantáneos mínimos de cada aparato, que en este caso es de **0.46 l/s**, o lo que es lo mismo, **27.6 l/min**. Como esto descrito anteriormente es prácticamente imposible que ocurra, elegimos una caldera de gas natural de



30 Kw de potencia la cual según el fabricante tiene una capacidad de producción de ACS ($\Delta T = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$) de 17 l/min.

Esta potencia entra dentro del rango comúnmente usado para pequeñas instalaciones como esta y consideramos que el caudal que es capaz de aportar es más que suficiente.

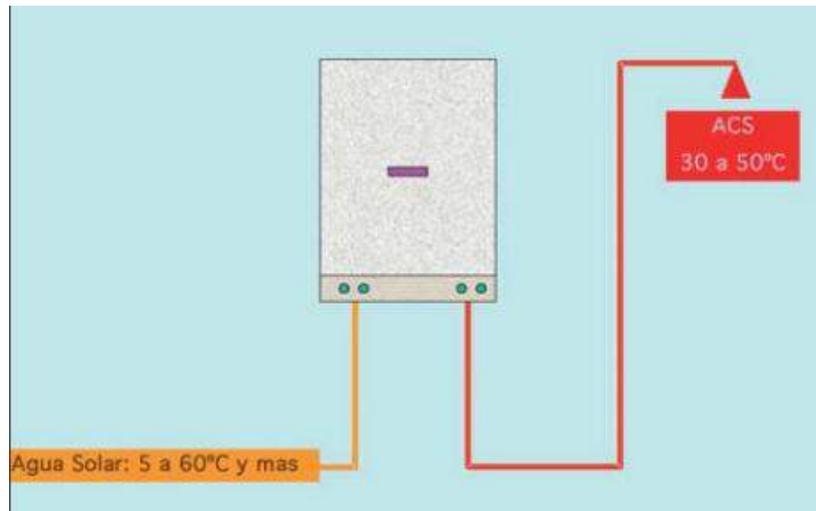


Figura 43. Caldera con regulación termostática modulante. [8]

La caldera elegida es de la marca HERMANN y modelo Micraplus 30, con una potencia útil para A.C.S. de 30 Kw, diseñada para soportar altas temperaturas a la entrada y dotada con regulación termostática modulante.

2.7.7 SISTEMA DE REGULACIÓN Y CONTROL

El objetivo primordial del sistema de regulación y control es optimizar el funcionamiento de la instalación y evitar que surjan condiciones de operación extremas que puedan provocar averías. Principalmente actuara sobre el funcionamiento de los siguientes elementos:

- Bombas de circulación
- Activación del sistema antiheladas.
- Control de temperatura máxima en el acumulador

También habrá un sistema eléctrico que dará servicio a todos los elementos del sistema que lo necesitan. Éstos dispondrán de una línea de alimentación debidamente dimensionada y protegida, con sus correspondientes protecciones magnetotérmicas y diferenciales que se situarán en el cuadro eléctrico [17].



El sistema de control quedara programado y estará ajustado para que las bombas estén detenidas cuando la diferencia de temperatura sea menor de 2 °C y no estén paradas cuando la diferencia sea mayor de 7 °C. La diferencia de temperaturas entre los puntos de arranque y de parada de del termostato diferencial no será menor que 2 °C.

Las sondas de temperatura para el control diferencial se colocaran en la parte superior de los captadores de forma que representen la máxima temperatura de captación. El sensor de temperatura de la acumulación se colocara preferentemente en la parte inferior en una zona no influenciada por la circulación del circuito secundario.

El sistema de control asegurará que en ningún punto la temperatura del fluido de trabajo descienda por debajo de una temperatura de tres grados superior a la de congelación del fluido.

Alternativamente al control diferencial, se podrán usar sistemas de control accionados en función de la radiación solar.

Las instalaciones con varias aplicaciones deberán ir dotadas con un sistema individual para seleccionar la puesta en marcha de cada una de ellas, complementado con otro que regule la aportación de energía a la misma. Esto se puede realizar por control de temperatura o caudal actuando sobre una válvula de reparto, de tres vías todo o nada, bombas de circulación, o por combinación de varios mecanismos [17].

Los elementos principales que forman este sistema son:

- **Sensores:** encargados de medir las variables a controlar en nuestra instalación, principalmente temperaturas. Estas sondas irán colocadas tal como sigue:
 - En la salida de los captadores.
 - En las salidas de las bombas del circuito primario.
 - En el depósito de acumulación de ACS.
 - En el depósito de acumulación de calefacción.
 - En la entrada del agua de red.
 - En la salida del acumulador de ACS.
 - En la salida del acumulador de Calefacción.



- **Reguladores:** dispositivo que genera una señal de control a partir del valor de la variable a controlar y su valor de consigna. Estos serán termostatos o reguladores proporcionales.
- **Actuadores:** es el encargado de recibir la señal de control y actuar sobre la variable de operación, regulando por lo general el flujo de materia o energía. Pueden ser relés, contactores, válvulas de control, etc.

A este sistema de control irán asociadas unas entradas, para cada una de ellas el sistema deberá depurarlas y estar programado para responder a estas con sus respectivas salidas a sus relés correspondientes.

El sistema deberá impedir que las bombas del circuito primario estén en funcionamiento cuando la irradiación sea tan baja como para no poder calentar los captadores, es decir, por la noche y días en los que los valores de radiación sean muy bajos (días muy nublados, con intensa lluvia, etc.), esto se realizará con el control diferencial mencionado en el apartado anterior.

El sistema actuara sobre las siguientes salidas:

- Bombas del circuito primario.
- Válvula todo o nada de alternancia de los sistemas.
- Bombas del circuito secundario de ACS y calefacción así como las del circuito de distribución de calefacción.

Para el funcionamiento de este se han nombrado las siguientes entradas y salidas:

- **E1:** Temperatura de salida de captadores.
- **E2:** Temperatura de salida de las bombas del circuito primario.
- **E3:** Temperatura del acumulador de ACS.
- **E4:** Temperatura del acumulador de calefacción.
- **E5:** Temperatura del agua de red.
- **E6:** Temperatura de salida de ACS.
- **E7:** Temperatura de salida de calefacción.
- **S1:** bomba del circuito primario.
- **S2:** válvula de 3 vías todo o nada de alternancia de sistemas.
- **S3:** bomba circuito secundario de ACS.
- **S4:** bomba circuito secundario de calefacción.
- **S5:** bomba de circuito de distribución de calefacción.



El sistema de control se realizará por control centralizado de la siguiente manera:

- **Control de funcionamiento del circuito primario y secundario:** En primer lugar se compara la temperatura E1 con E3 (se dará prioridad al circuito de ACS), de forma que si esta diferencia es mayor de 7°C y además la temperatura del consigna del depósito de ACS es menor de 45°C ($E3 < 45^{\circ}\text{C}$), se activan las señales S1 y S3, se desactivará S4 y además se abre la válvula de 3 vías todo o nada de entrada a este circuito (S2). Acto seguido y cuando haya demanda de calefacción por parte de la nave, comparamos E1 con E4 y en caso de que esta diferencia también sea mayor de 7°C y la temperatura de consigna del depósito de calefacción este por debajo de 30 °C ($E4 < 30^{\circ}\text{C}$) activamos S1, S4, y S5, activando por ultimo la válvula todo o nada (S2) para que ahora el fluido caloportador vaya hacia este circuito. Cada uno de los sistemas estará funcionando hasta que la temperatura de su respectivo acumulador haya alcanzado 60°C o la diferencia entre el fondo de dicho acumulador y E1 sea menor de 2°C, momento en el que se detendrán las bombas.
- **Sistema de protección y seguridad:** el sistema de control dispone además de protección antiheladas (cuando la sonda E1 alcanza los 3°C la bomba del circuito primario se pone en funcionamiento durante 5 minutos) y protección del campo de captadores (cuando la sonda E1 alcanza 90°C se activa la bomba en este caso hasta que la temperatura de los captadores se reduce en 10°C). Estos sistemas, aunque redundantes, se han colocado por mayor fiabilidad de la instalación. Ya que el sistema en sí ya cuenta con protección frente a heladas (el propio fluido caloportador) y con sistema de protección frente a sobrecalentamientos (disipadores), ambos explicados en sus correspondientes apartados.

Cumpliendo con todo lo anterior, seleccionamos una centralita de la marca **RESOL** modelo **DELTASOL E**, la cual cuenta con hasta 10 entradas de sonda y 7 salidas de relé, encajando con nuestro sistema perfectamente.

2.7.8 SISTEMAS VARIOS

2.7.8.1 Purga de aire y drenaje

Con el fin de evitar la formación de posibles bolsas de aire que puedan dificultar la circulación del fluido o provocar corrosión, se instalaran 6 purgadores de aire colocados a la salida de cada batería de captadores, en los puntos altos.



El volumen útil total de desaireación será de 15 cm^3 por m^2 de captación, lo que en nuestro caso equivale a un volumen útil de al menos 1220.4 cm^3 , o lo que es lo mismo, 6 purgadores cada uno con su botellín de desaireación que será como mínimo de 203.4 cm^3 .

Los purgadores irán instalados en el sistema de protección contra sobrecalentamientos, que viene descrito posteriormente, y serán manuales.

En cuanto al drenaje, el circuito primario irá provisto de una válvula de seguridad tarada a una presión que garantice que en cualquier punto del circuito no se superará la presión máxima de trabajo de cada uno de los componentes. La descarga de esta se llevara mediante escape conducido a desagüe. Junto a la válvula de seguridad se instalará un manómetro que permita verificar la presión del circuito.

2.7.8.2 Sistema de llenado

Se incorporará un sistema de llenado manual que permita llenar el circuito y mantenerlo presurizado. La eventual reposición del fluido caloportador se llevara a cabo mediante la inclusión de un depósito de recarga u otro dispositivo, de forma que nunca se utilice directamente un fluido para el circuito primario cuyas características incumplan la concentración de anticongelante necesaria.

Nunca deberá rellenarse el circuito primario únicamente con agua de la red, ya que esto podría dar lugar a la aparición de incrustaciones, deposiciones o fallas del circuito. Además, habría riesgo de que se produjeran heladas [17].

Se deberán evitar los aportes incontrolados de agua de reposición a los circuitos cerrados ya que la posible entrada de aire puede provocar corrosión debido al oxígeno contenido en este.

2.7.8.3 Protección frente a sobrecalentamiento

Si en algún momento el fluido caloportador de nuestro sistema llegara a alcanzar su temperatura de ebullición, correríamos el riesgo de que aparecieran incrustaciones o incluso llegara a vaciarse total o parcialmente el circuito solar, con los problemas que ello conllevaría.

Esta protección puede llevarse a cabo de diferentes formas:

1. Usar un fluido caloportador de alto punto de ebullición, con el inconveniente del alto coste del mismo
2. Realizar un circuito capaz de resistir la presión máxima previsible.



3. Limitar la presión, lo cual a su vez podemos hacerlo mediante dos métodos. Colocando una válvula de descarga que irá en la parte superior del circuito o una segunda forma, que siga la misma filosofía que la anterior, pero esta vez colocando la válvula en la zona inferior del circuito, de forma que se evacua el líquido a un recipiente que será recuperado por una bomba de llenado (vaciado parcial automático).
4. Evitando de alguna forma que los captadores reciban la totalidad del flujo durante las horas en que exista mayor radiación en los meses de verano, que suelen ser los más críticos, tapando parte del campo de captación.
5. Colocando un disipador de calor que sea capaz de evacuar este excedente de calor cuando sea necesario.

Además, y como hemos podido ver en apartados anteriores, en los meses centrales de año (de mayo a octubre), nuestra demanda de calefacción es prácticamente nula. Esto quiere decir que en estos meses tendremos que evacuar todo este calor sobrante de alguna forma o nuestra instalación podría verse dañada. En nuestro caso hemos optado por la colocación de disipadores de calor.

Descripción del funcionamiento

Hemos considerado una temperatura de 90 °C como la condición límite de funcionamiento de los captadores planos que componen nuestra instalación. Cada disipador cuenta con los siguientes componentes:

- Válvula de 4 vías termostática con separador ciclónico de aire y tubo de bypass.
- Intercambiador de calor de cobre aleteado en baterías de 6 tubos.
- Válvula de retención.

I. Funcionamiento normal

Con temperaturas inferiores a 90 °C, el fluido caloportador circula únicamente por el campo de captadores. La vía de la válvula termostática se mantiene cerrada impidiendo la circulación a través del disipador y el fluido caliente va directamente a la instalación.

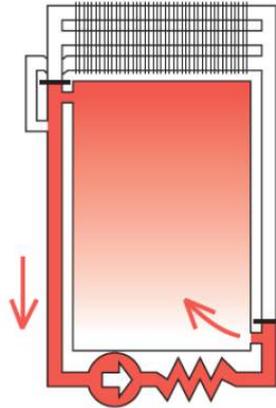


Figura 44. Funcionamiento normal del sistema.

II. Enfriamiento parcial (baja demanda energética)

En épocas de gran aportación de energía solar y baja demanda de calor, situación típica de los meses de verano y cuando la temperatura de los colectores alcanza $90\text{ }^{\circ}\text{C}$, se abre la vía hacia el disipador y comienza a circular parte del fluido por el intercambiador para su enfriamiento. A partir de este momento será la válvula la que de mayor o menor paso hacia el intercambiador, en función de la temperatura de salida (a mayor temperatura mayor sección de salida hacia el intercambiador y menor de paso a la instalación, e inversamente)

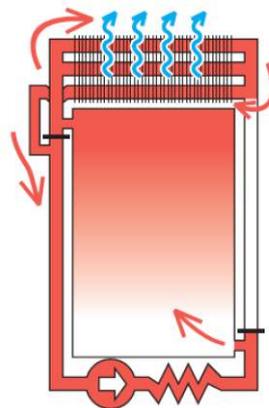


Figura 45. Funcionamiento para baja demanda energética.

III. Enfriamiento de seguridad total por paro de la bomba

Cuando por algún motivo deja de funcionar la bomba (avería, corte del suministro eléctrico, etc.) y cesa la circulación forzada, se establece otra por gravedad a través del tubo by-pass de forma que se lleva la temperatura más alta de los colectores al elemento termostático de la válvula. Ahora tiene lugar una circulación termosifonica en sentido contrario a caso anterior II y el intercambiador disipa todo el calor generado por encima del nivel de temperatura de 90 °C.

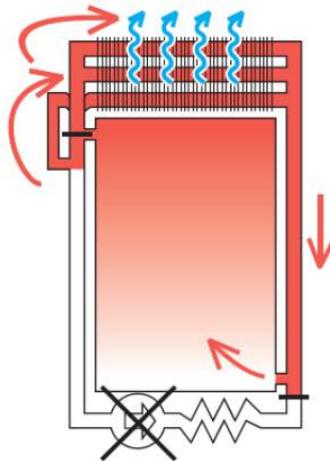


Figura 46. Enfriamiento de seguridad por paro de la bomba.



Figuras 47 y 48. Disipadores de calor para sistemas de energía térmica.

Hemos elegido un sistema de disipación de calor por gravedad de la casa **ECOSOL, modelo SO 12043 de 2000 W.** [16]

Este sistema consiste en una batería de 3 disipadores conectados en serie entre ellos con una potencia de disipación total de 2000 W. Colocaremos 6 de estas baterías, una por cada batería de captadores.



Este sistema de disipación se ha elegido por ser el más eficaz y autónomo de los sistemas de prevención de sobrecalentamientos ya que no necesita energía eléctrica para su funcionamiento, además también protege a la instalación frente a saltos térmicos y sobrepresiones que pudieran causar la avería de la instalación.

2.7.8.4 Protección frente a heladas

El sistema de protección frente a heladas lo realiza el fluido de trabajo que es una mezcla de propilenglicol más agua (como se muestra en el apartado relativo al mismo) que resulta suficiente dado que nos encontrarnos en una zona en que el riesgo de heladas es pequeño y la temperatura mínima histórica no es muy baja. Por ello no se hace necesario ningún sistema de prevención auxiliar frente a heladas.

2.7.8.5 Estructura soporte

La estructura que soporte nuestros captadores deberá resistir con estos ya instalados las sobrecargas de viento y nieve, así como otras exigencias, de acuerdo con lo indicado en el CTE en sus Documentos Básicos "DB-SE Seguridad Estructural" y "DB-SE-AE Acciones en la Edificación. Estas exigencias son las siguientes:

- El diseño y construcción de la estructura y el sistema de fijación de los captadores permitirá las necesarias dilataciones térmicas sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los captadores o el circuito hidráulico.
- La estructura se protegerá superficialmente contra la acción de los agentes ambientales. Las estructuras de acero podrán protegerse mediante galvanizado por inmersión, pinturas orgánicas de zinc o tratamientos anticorrosivos equivalentes.
- El diseño de la estructura tendrá en cuenta el ángulo de inclinación especificado para el captador, su orientación y la facilidad de montaje, desmontaje y acceso de los captadores.
- La estructura se diseñará y construirá de forma que los apoyos de sujeción del captador sean suficientes en número y tengan el área de apoyo y posición relativa adecuada de forma que no se produzcan flexiones del captador superior a las permitidas por el fabricante.
- El conjunto de la estructura se diseñará para que su peso por m² de superficie proyectada en el plano horizontal no supere 100 Kg./m².
- El anclaje de la estructura se dimensionará de forma que resista las cargas indicadas de acuerdo con lo indicado en la normativa vigente.



- La realización de taladros en la estructura se llevará a cabo antes de proceder al galvanizado o protección de la estructura.
- Los topes de sujeción de los captadores y la propia estructura no arrojarán sombra sobre los captadores de filas traseras.

La estructura soporte elegida para la colocación de los captadores es de la marca **SONNENKRAFT modelo BDA35-50R**. Esta fabricada y diseñada por el mismo fabricante que los captadores solares.

Esta estructura en concreto esta optimizada para la colocación de captadores sobre cubierta metálica con una inclinación de 30° - 50° , como es nuestro caso.

Está formada por perfiles laminados en L de acero galvanizado capaces de soportar las acciones climatológicas exteriores y resistentes a la corrosión del medio ambiente.

Esta quedara montada y anclada sobre la cubierta con los elementos que proporciona el fabricante y con una inclinación de 43.85° .

Por último, las medidas entre anclajes vendrán determinadas en función de este ángulo, quedando definidas en la siguiente figura:

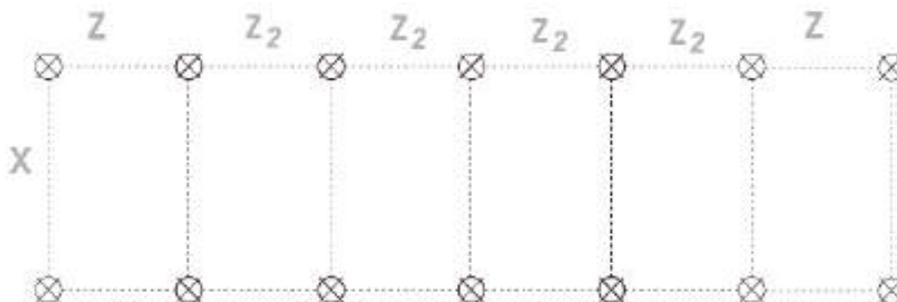


Figura 49. Distancias entre puntos de anclaje.

Donde:

$$Z = 1080 \text{ mm}$$

$$Z_2 = 1308 \text{ mm}$$

$$X = 1480 \text{ mm}$$



3. PLIEGO DE CONDICIONES



3.1 PLIEGO DE CONDICIONES FACULTATIVAS

3.1.1 DERECHOS Y OBLIGACIONES DE LAS DISTINTAS PARTES

3.1.1.1 Proyectista

Artículo 1: Es obligación de los proyectistas:

- 1) Estar en posesión de la titulación académica y profesional habilitante de ingeniero técnico o superior, según corresponda, y cumplir las condiciones exigibles para el ejercicio de la profesión. En caso de personas jurídicas, designar al técnico redactor del proyecto que tenga la titulación profesional habilitante.
- 2) Redactar el proyecto con sujeción a la normativa vigente y a lo que se haya establecido en el contrato y entregarlo, con los visados que en su caso fueran preceptivos.
- 3) Acordar, de ser necesario, la contratación de colaboraciones parciales.

3.1.1.2 Director facultativo

Artículo 2: Corresponde a un ingeniero industrial la dirección del montaje, que formando parte de la dirección facultativa, asume la función técnica de dirigir la ejecución material y de controlar cualitativa y cuantitativamente la construcción y la calidad de lo montado. Siendo sus funciones específicas:

- 1) Estar en posesión de la titulación académica y profesional habilitante y cumplir las condiciones exigibles para el ejercicio de la profesión. En caso de personas jurídicas, designar al técnico director de la ejecución que tenga la titulación profesional habilitante.
- 2) Redactar el documento de estudio y análisis del proyecto para elaborar los programas de organización y de desarrollo del proyecto.
- 3) Planificar, a la vista del proyecto de detalle, del contrato y de la normativa técnica de aplicación, el control de calidad y económico de la ejecución.
- 4) Redactar, cuando se le requiera, el estudio de los sistemas adecuados a los riesgos del trabajo en la realización del montaje y aprobar el estudio de seguridad y salud para la aplicación del mismo.
- 5) En caso de ser necesario, efectuar los replanteos necesarios preparando el acta correspondiente, suscribiéndola en unión del ingeniero y del constructor.



- 6) Comprobar las instalaciones provisionales, medios auxiliares y medidas de seguridad y salud en el trabajo, controlando su correcta ejecución.
- 7) Realizar o disponer las pruebas y ensayos de materiales, instalaciones y demás unidades de obra según las frecuencias de muestreo programadas en el plan de control, así como efectuar las demás comprobaciones que resulten necesarias para asegurar la calidad constructiva de acuerdo con el proyecto y la normativa técnica aplicable. De los resultados informará puntualmente al constructor, impartándole, en su caso, las órdenes oportunas; de no resolverse la contingencia adoptará las medidas que corresponda, dando cuenta al ingeniero.
- 8) Verificar la recepción de los productos para el montaje, ordenando la realización de ensayos y pruebas precisas.
- 9) Dirigir la ejecución material, comprobando los replanteos, los materiales, la correcta ejecución y disposición de los elementos constructivos y de las instalaciones, de acuerdo con el proyecto.
- 10) Consignar en el libro de órdenes y asistencias las instrucciones precisas.
- 11) Suscribir el acta de replanteo o de comienzo de ejecución y el certificado final, así como elaborar y suscribir las certificaciones parciales y la liquidación final de las unidades ejecutadas.
- 12) Colaborar con los restantes agentes en la elaboración de la documentación del montaje ejecutado, aportando los resultados del control realizado.

3.1.1.3 Constructor

Artículo 3: *Es obligación del constructor:*

- 1) Ejecutar el montaje del sistema con sujeción al proyecto, a la legislación y a las instrucciones de los proyectistas, con tal de conseguir la calidad exigida en el proyecto.
- 2) Tener la titulación o capacidad profesional que habilita por el cumplimiento de las condiciones exigibles para actuar como constructor.
- 3) Designar a un responsable que asumirá la representación técnica de constructor y que por su titulación o experiencia deberá tener la capacidad adecuada de acuerdo con las características y la complejidad del montaje de las piezas.
- 4) Asignar al montaje los medios humanos y materiales que su importancia requiera.



- 5) Elaborar el plan de seguridad y salud en el trabajo en aplicación del estudio correspondiente, y disponer, en todo caso, la ejecución de las medidas preventivas, velando por su cumplimiento.
- 6) Atender a las indicaciones y cumplir las instrucciones del coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución del montaje, y en su caso de la dirección facultativa.
- 7) Formalizar las subcontrataciones de posibles partes o instalaciones dentro de los límites establecidos en el contrato.
- 8) Ordenar y dirigir la ejecución material cumpliendo el proyecto y las normas técnicas.
- 9) Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales que se utilicen, rechazando, por iniciativa propia o por prescripción de las personas facultadas, los suministros que no cuenten con garantías o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación.
- 10) Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros.
- 11) Facilitar el acceso a laboratorios y entidades de control de calidad contratado y debidamente homologado para la realización de sus funciones.
- 12) Subscribir las garantías por daños materiales ocasionados por vicios y defectos del montaje previsto.
- 13) Comprobar que el edificio reúne las condiciones necesarias para soportar la instalación, indicándolo expresamente en la documentación.
- 14) Comprobar la calidad de los materiales y agua utilizados, cuidando que se ajusten a lo especificado en estas normas, y el evitar el uso de materiales incompatibles entre sí.
- 15) Será responsable de la vigilancia de sus materiales durante el almacenaje y el montaje, hasta la recepción provisional.

3.1.1.4 Coordinador de seguridad y salud

Artículo 4: El coordinador en materia de seguridad y salud deberá cumplir las siguientes funciones:

- 1) Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y de seguridad.



- 2) Coordinar las actividades de del montaje para garantizar que todas las personas implicadas apliquen de manera coherente y responsable los principios de la acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- 3) Aprobar el plan de seguridad y salud elaborado por el constructor y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo.
- 4) Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
- 5) Adoptar las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a la zona de trabajo. La dirección facultativa asumirá esta función cuando no fuera necesaria la designación de coordinador.

3.1.1.5 Proveedores

Artículo 5: *Es obligación de los proveedores:*

- 1) Tener la titulación o capacidad profesional que habilita por el cumplimiento de las condiciones exigibles para actuar como proveedor.
- 2) Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales que suministren.
- 3) Proporcionar las garantías o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación.
- 4) Realizar los ensayos y pruebas pertinentes a todos y cada uno de los materiales, moldes, piezas y herramientas proporcionadas.
- 5) Ajustarse a los plazos de entrega estipulados, asumiendo todos los gastos en caso contrario.
- 6) Garantizar la sujeción de los resultados a los planos proporcionados por el proyectista, asegurando así mismo las tolerancias de calidad exigidas.

3.1.2 DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 6: *Documentos que sirven de base al contrato*

Salvo que se acuerde en caso contrario al redactar el contrato ó contratos definitivos para la ejecución del proyecto, servirán de base a ellos el pliego de condiciones facultativas, el presupuesto y los planos.



Artículo 7: Forma de comunicar órdenes al constructor

Para que sean válidas, el ingeniero deberá comunicar por escrito al constructor todas las órdenes que directa o indirectamente puedan tener relación con la valoración que haya de hacerse para el montaje de la instalación. Igualmente podrá exigir el constructor que le sea comunicada por escrito cualquier orden o instrucción que el ingeniero o sus agentes le diesen, sin perjuicio de cumplimentar aquello que revistiese carácter urgente.

Artículo 8: Procedencia de los materiales

El constructor, salvo indicación en caso contrario contenida en este pliego o en el presupuesto, tiene libertad de tomar los materiales de todas clases en los puntos que le parezca más convenientes, siempre que reúnan las condiciones requeridas, estén perfectamente preparados para el objeto a que se apliquen y sean empleados conforme a las reglas.

Artículo 9: Examen y pruebas de los materiales

1) No se procederá al empleo de los materiales sin que antes sean examinados y aceptados en los términos y forma que prescriba el Ingeniero, salvo lo que se dispone en caso contrario para casos determinados en el presente pliego.

2) Las pruebas y ensayos prescritos en éste se llevarán a cabo por el Ingeniero o agente en quien al efecto delegue. En el caso en que al realizarlos no se hallase el constructor conforme con los procedimientos seguidos, se someterá la cuestión al Laboratorio Central de ensayo de materiales, siendo obligatorios para ambas partes los resultados que en él se obtengan y las conclusiones que formule.

3) Todos los gastos de pruebas y ensayos sobre los materiales serán a cuenta del proveedor y se hallan comprendidos en los precios del estudio de viabilidad económica del documento memoria. Todo ensayo que no resulte satisfactorio o que no ofrezca las suficientes garantías se podrá comenzar de nuevo a cargo del mismo.

Artículo 10: Materiales defectuosos

Cuando los materiales no fueren de la calidad prescrita, o no tuvieren la preparación exigida o, cuando a falta de prescripciones formales de aquél se reconociera o demostrara que no eran adecuados para su objeto, el proveedor deberá reemplazarlos a su costa por otros que satisfagan las condiciones o llenen el objeto a que se destinen.



Artículo 11: Invariabilidad de los precios

El proveedor no podrá, bajo ningún pretexto de error u omisión, reclamar aumento de los precios fijados, en el cuadro correspondiente del presupuesto. Tampoco se le admitirá reclamación de ninguna especie fundada en indicaciones que se hagan en la Memoria del mismo, pues este documento no se considerará como base del contrato. Las equivocaciones materiales que el presupuesto pueda contener, se corregirán en cualquier época en que se observen.

Artículo 12: Modificaciones en el pliego de condiciones

Las prescripciones de este pliego, en lo que afecte a las relaciones y obligaciones mutuas, podrán ser objeto de modificaciones en puntos determinados al celebrarse los contratos de ejecución, siempre que con ello no sufran alteración alguna las prescripciones y reglas de carácter técnico que en él se contienen, en todo lo que afecte a la naturaleza y condiciones de los materiales y su mano de obra y a las que deben llenarse al realizar la ejecución.

Artículo 13: Experiencia y condiciones del personal

Todos los trabajos y la inmediata dirección de ellos se encomendarán a personal que posea la suficiente experiencia y cualificación para realizarlos cumplidamente, con arreglo a las condiciones de este pliego. Se prescindirá del personal que prácticamente no tenga la competencia precisa, así como de todo el que, por cualquier motivo, resulte inconveniente o peligroso en los trabajos.

Artículo 14: Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los documentos del proyecto

El constructor podrá requerir del ingeniero, las instrucciones o aclaraciones que se precisen para la correcta interpretación y ejecución de lo proyectado.

Cuando se trate de aclarar, interpretar o modificar preceptos de los pliegos de condiciones o indicaciones de los planos o croquis, las órdenes e instrucciones correspondientes se comunicarán precisamente por escrito al constructor, estando éste obligado a su vez a devolver los originales o las copias suscribiendo con su firma el enterado, que figurará al pie de todas las órdenes, avisos o instrucciones que reciba del ingeniero.

Cualquier reclamación que en contra de las disposiciones tomadas por éstos que crea oportuno hacer el constructor, habrá de dirigirla, dentro precisamente del plazo de 3 días, a



quién la hubiere dictado, el cual dará al constructor el correspondiente recibo, si éste lo solicitase.

Artículo 15: Reclamaciones contra las órdenes de la dirección facultativa

Las reclamaciones que el constructor quiera hacer contra las órdenes o instrucciones dimanadas de la dirección facultativa, sólo podrá presentarlas, a través del ingeniero, ante la propiedad, si son de orden económico y de acuerdo con las condiciones estipuladas en los pliegos de condiciones correspondientes.

Contra disposiciones de orden técnico del ingeniero, no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el constructor salvar su responsabilidad, si lo estima oportuno, mediante exposición razonada dirigida al ingeniero, el cual podrá limitar su contestación al acuse de recibo, que en todo caso será obligatorio para este tipo de reclamaciones.

Artículo 16: Faltas del personal

El ingeniero, en supuestos de desobediencia a sus instrucciones, manifiesta incompetencia o negligencia grave que comprometan o perturben la marcha de los trabajos, podrá requerir al constructor para que aparte de la obra a los dependientes u operarios causantes de la perturbación.

Artículo 17: Orden de los trabajos

En general, la determinación del orden de los trabajos es facultad del constructor, exceptuando aquellos casos en que por circunstancias de orden técnico, la dirección facultativa estime conveniente su variación.

Artículo 18: Condiciones generales de ejecución de los trabajos

Todos los trabajos se ejecutarán con estricta sujeción al proyecto, a las modificaciones del mismo que previamente hayan estado aprobadas y a las órdenes e instrucciones que bajo su responsabilidad y por escrito entregue el ingeniero al constructor, dentro de las limitaciones presupuestarias.

3.2 PLIEGO DE CONDICIONES ECONÓMICAS

La finalidad es regular las relaciones económicas entre el contratista, los proveedores, los subcontratados y los clientes.



Todos los que intervienen en el proceso de construcción y proyección tienen derecho a percibir puntualmente las cantidades devengadas por su correcta actuación, con arreglo a las condiciones contractualmente establecidas.

El constructor y, en su caso, los técnicos pueden exigirse recíprocamente las garantías adecuadas al cumplimiento puntual de sus obligaciones de pago.

3.2.1 PRECIOS Y REVISIÓN DE PRECIOS

3.2.1.1 Composición de los precios unitarios

El cálculo de los precios de las distintas partes es el resultado de sumar los costes directos, los indirectos, los gastos generales y el beneficio industrial.

3.2.1.1.1 Costes directos

- La mano de obra, con sus pluses, cargas y seguros sociales, que interviene directamente en el proceso de fabricación
- Los materiales, a los precios resultantes, que queden integrados en el proceso de que se trate o que sean necesarios para su ejecución.
- Los equipos y sistemas técnicos de seguridad y salud para la prevención y protección de accidentes y enfermedades profesionales.
- Los gastos de personal, combustible, energía, etc., que tengan lugar por el accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obra.
- Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria, instalaciones, sistemas y equipos anteriormente citados.

3.2.1.1.2 Costes indirectos

Los gastos de almacenes, talleres de fabricación y preparación de moldes, laboratorios, seguros, etc., los del personal técnico, proyectistas y los imprevistos. Todos estos gastos, se cifrarán en un porcentaje de los costes directos.

3.2.1.1.3 Precio de ejecución material

Se denominará precio de ejecución material al resultado obtenido por la suma de los anteriores conceptos.



3.2.1.2 Revisión de precios

Cada 6 meses se comprobarán las variaciones de precios de los diversos materiales y servicios y se ajustarán ya sea a la alza como a la baja. Éste sólo se efectuará si se produce una variación superior al 2%.

3.2.2 MODOS DE PAGO

3.2.2.1 Valoración y abono de los trabajos

Los proveedores y las empresas encargadas del transporte recibirán por adelantado el 25% del abono total, el cual estará concertado previamente en el pliego de condiciones o acordado entre proveedor y constructor. El valor del abono sólo se podrá ver modificado por penalizaciones causadas por incumplimientos en el plazo de entrega o por deficiencia de calidad del servicio otorgado.

Los empleados encargados del montaje, empaquetado y administración del producto recibirán la cifra estipulada mediante pago por vía bancaria y en un solo cobro realizado la última semana de cada mes.

3.2.2.2 Abono de trabajos especiales no contratados

Cuando fuese preciso efectuar otra clase de trabajos de cualquier índole especial u ordinaria, que por no estar contratados no sean de cuenta del constructor, y si no se contratasen con tercera persona, no tendrá el constructor la obligación de realizarlos y de satisfacer los gastos que estos ocasionen. En el caso que se haga cargo de estos gastos adicionales se le deberán ser restituidos en un plazo de 3 meses desde el momento que se produzca dicho pago.

3.2.2.3 Pago de arbitrios

El pago de impuestos y arbitrios en general, municipales o de otro origen correrá a cargo del constructor, siempre que en las condiciones particulares del proyecto no se estipule lo contrario.

3.2.3 GARANTÍAS, FIANZAS Y AVALES

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



Sin perjuicio de cualquier posible reclamación a terceros, la instalación será reparada de acuerdo con estas condiciones generales si ha sufrido una avería a causa de un defecto de montaje o de cualquiera de los componentes, siempre que haya sido manipulada correctamente de acuerdo con lo establecido en el manual de instrucciones.

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

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

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

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

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

Si en un plazo razonable, el constructor incumple las obligaciones derivadas de la garantía, el comprador de la instalación podrá, previa notificación escrita, fijar una fecha final para que dicho constructor cumpla con las mismas. Si el constructor no cumple con sus obligaciones en dicho plazo último, el comprador de la instalación podrá, por cuenta y riesgo del constructor, realizar por sí mismo o contratar a un tercero para realizar las oportunas reparaciones, sin perjuicio de la ejecución del aval prestado y de la reclamación por daños y perjuicios en que hubiere incurrido el constructor.

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



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

El constructor atenderá el aviso en un plazo de:

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

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

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

Devolución de fianzas

La fianza retenida será devuelta a los proveedores o subcontratas en un plazo que no excederá de 30 días una vez firmada el acta de recepción de mercancías.

3.2.4 PENALIZACIONES

3.2.4.1 Penalizaciones por rendimiento de los servicios exteriores

Si se advirtiese que los rendimientos del trabajo, fuesen notoriamente inferiores a los rendimientos normales generalmente admitidos para unidades de montaje iguales o similares, se notificará por escrito al constructor, con el fin de que éste haga las gestiones precisas para aumentar la producción en la cuantía señalada por el ingeniero director.

Si hecha esta notificación al proveedor, en los 2 meses sucesivos, los rendimientos no llegasen a los normales, el constructor se reserva el derecho de rebajar el importe a percibir en un 15% del importe total.



Si un servicio se demorara un periodo de un mes desde la fecha concertada entre constructor y proveedor, este el último deberá hacerse cargo del 50% del importe de esa partida. Si el retardo sobrepasa un mes se añadiría una rebaja del 2% por cada semana de retraso.

3.2.4.2 Penalizaciones por baja calidad

Si se advirtiese que los materiales, servicios o productos adquiridos no cumplen con los requisitos de calidad estipulados el constructor queda exento del pago de la actividad realizada o de los elementos obtenidos. En el caso concreto de adquisición de piezas, si se detecta más de un 2% de piezas defectuosas el proveedor será sancionado con una multa de 3.000 euros, que serán abonados en un plazo máximo de 6 meses.

3.2.4.3 Desperfectos en las propiedades colindantes

Si el constructor causara algún defecto en las propiedades colindantes, tendrá que restaurarlas a su cuenta, dejándolas en el estado que las encontró al dar comienzo las obras de la instalación solar.

3.2.4.4 Replanteos

Todas las operaciones y medios auxiliares que se necesite para los replanteos serán de cuenta del contratista, no teniendo por este concepto derecho a indemnización de ninguna clase. El contratista será responsable de los errores que resulten de los replanteos con relación a los planos acotados que el director de la obra facilite a su debido tiempo.

3.3 PLIEGO DE CONDICIONES LEGALES

3.3.1 RESPONSABILIDADES Y SEGURIDAD LABORAL

Todas las empresas subcontratadas deberán nombrar y certificar a una persona responsable de la seguridad que la actividad relacionada con la realización y construcción de este proyecto. Dicha persona se encargará de revisión y divulgación de las normativas de seguridad relacionadas con el proyecto y de su cumplimiento.

Además, toda persona que trabaje para éste queda sujeto a:



- 1) La responsabilidad civil será exigible en forma personal e individualizada, tanto por actos u omisiones propios, como por actos u omisiones de personas por las que se deba responder.
- 2) No obstante, cuando pudiera individualizarse la causa de los daños materiales o quedase debidamente probada la concurrencia de culpas sin que pudiera precisarse el grado de intervención de cada agente en el daño producido, la responsabilidad se exigirá solidariamente.
- 3) Cuando el proyecto haya sido contratado conjuntamente con más de un proyectista, los mismos responderán solidariamente.
- 4) Los proyectistas que contraten los cálculos, estudios, dictámenes o informes de otros profesionales, serán directamente responsables de los daños que puedan derivarse de su insuficiencia, incorrección o inexactitud, sin perjuicio de la repetición que pudieran ejercer contra sus autores.
- 5) Cuando el director facultativo subcontrate con otras personas físicas o jurídicas la ejecución de determinadas partes o instalaciones, será directamente responsable de los daños materiales por vicios o defectos de su ejecución, sin perjuicio de la repetición a que hubiere lugar.
- 6) Quien acepte la dirección cuyo proyecto no haya elaborado él mismo, asumirá las responsabilidades derivadas de las omisiones, deficiencias o imperfecciones del proyecto, sin perjuicio de la repetición que pudiere corresponderle frente al proyectista.

3.3.1.1 Capacidad para contratar

- 1) Podrán contratar las personas naturales o jurídicas, españolas o extranjeras que, teniendo plena capacidad de obrar, no se hallen privadas por parte del Estado ni tengan faltas pendientes con la justicia.
- 2) Las empresas deberán ser personas físicas o jurídicas cuya finalidad o actividad tenga relación directa con el objeto del contrato, según resulte de sus respectivos estatutos o reglas fundacionales y dispongan de una organización con elementos personales y materiales suficientes para la debida ejecución del contrato.
- 3) Las empresas no españolas de Estados miembros de la Unión Europea deberán acreditar su capacidad de obrar mediante certificación de inscripción.
- 4) Las restantes empresas extranjeras deberán acreditar su capacidad de obrar mediante informe expedido por la Misión Diplomática Permanente u Oficina Consular de España



del lugar del domicilio de la empresa, en la que se haga constar, previa acreditación por la empresa, que figuran inscritas en el Registro local profesional o comercial.

Además de los requisitos reseñados, los licitadores deberán acreditar su solvencia económica, financiera y técnica a través de los medios que se reseñan a continuación:

Económica y financiera:

- 1) Cuentas anuales presentadas en el Registro Mercantil o en el Registro oficial que corresponda. Los empresarios no obligados a presentar las cuentas en Registros oficiales podrán aportar, como medio alternativo de acreditación, los libros de contabilidad debidamente legalizados.
- 2) Declaración sobre el volumen global de negocios y, en su caso, sobre el volumen de negocios en el ámbito de actividades correspondiente al objeto del contrato, referido como máximo a los tres últimos ejercicios disponibles en función de la fecha de creación o de inicio de las actividades del empresario, en la medida en que se disponga de las referencias de dicho volumen de negocios.
- 3) Si, por una razón justificada, el empresario no está en condiciones de presentar las referencias solicitadas, se le autorizará a acreditar su solvencia económica y financiera por medio de cualquier otro documento que se considere apropiado por el órgano de contratación.
- 4) Los empresarios que sean personas naturales deberán aportar, asimismo, copia o fotocopia legalizada de la Declaración del Impuesto sobre la Renta de las Personas Físicas de los dos últimos ejercicios presentados.

Técnica (por uno de los siguientes medios):

- 1) Relación de los principales suministros efectuados durante los tres últimos años, indicando su importe, fechas y destinatario público o privado de los mismos. Los suministros efectuados se acreditarán mediante certificados expedidos o visados por el órgano competente, cuando el destinatario sea una entidad del sector público o cuando el destinatario sea un comprador privado, mediante un certificado expedido por éste o, a falta de este certificado, mediante una declaración del empresario.
- 2) Indicación del personal técnico o unidades técnicas, integradas o no en la empresa, de los que se disponga para la ejecución del contrato, especialmente los encargados del control de calidad.



- 3) Descripción de las instalaciones técnicas, de las medidas empleadas para garantizar la calidad y de los medios de estudio e investigación de la empresa.
- 4) Control efectuado por la entidad del sector público contratante o, en su nombre, por un organismo oficial competente del Estado en el cual el empresario está establecido, siempre que medie acuerdo de dicho organismo, cuando los productos a suministrar sean complejos o cuando, excepcionalmente, deban responder a un fin particular. Este control versará sobre la capacidad de producción del empresario y, si fuera necesario, sobre los medios de estudio e investigación con que cuenta, así como sobre las medidas empleadas para controlar la calidad.
- 5) Muestras, descripciones y fotografías de los productos a suministrar, cuya autenticidad pueda certificarse a petición de la entidad del sector público contratante.
- 6) Certificados expedidos por los institutos o servicios oficiales encargados del control de calidad, de competencia reconocida, que acrediten la conformidad de productos perfectamente detallada mediante referencias a determinadas.

3.4 PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

3.4.1 CONDICIONES GENERALES

3.4.1.1 Objeto y campo de aplicación

El objeto de este documento es fijar las condiciones técnicas mínimas que debe cumplir la instalación solar térmica para la producción de agua caliente sanitaria descrita en la Memoria de este proyecto, especificando los requisitos de durabilidad, fiabilidad y seguridad, el tipo de materiales utilizados, etc.

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

Para cualquier especificación no incluida en este pliego se deberá de tener en cuenta la normativa correspondiente.

3.4.1.2 Disposiciones preliminares

A la instalación recogida bajo este documento le son de aplicación el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE), y sus Instrucciones Técnicas (IT), junto con la serie de



normas UNE sobre energía solar térmica listadas en el Anexo I, así como lo dispuesto en el Código Técnico de la Edificación (CTE) sobre energía solar térmica.

3.4.1.3 Requisitos generales

3.4.1.3.1 Fluido de trabajo

Como fluido de trabajo en el circuito primario se utilizará una mezcla de agua y anticongelante (propilenglicol).

No puede ser tóxico, irritar la piel, los ojos o las mucosas, o contaminar el agua. Debe de ser totalmente biodegradable y compatible con todos los materiales de la instalación.

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

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

Como requisitos de mantenimiento, deberá seguir la normativa de obligado cumplimiento:

- RITE 2007 Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio por el que se aprueba el nuevo Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (IT)
- UNE-EN 12977-3:2002 Sistemas solares térmicos y sus componentes. Instalaciones a medida. Parte 3: Caracterización del funcionamiento de acumuladores para las instalaciones de calefacción solares.

3.4.1.3.2 Protección contra heladas

Se fijará una temperatura mínima permitida en el sistema de -28 °C. Todas las partes del sistema que estén expuestas al exterior deberán ser capaces de soportar la temperatura especificada sin daños permanentes en el sistema.

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



El método de protección anti-heladas utilizado en esta instalación será el uso de mezclas anticongelantes.

El anticongelante podrá utilizarse, solo o mezclado con agua, cumpliendo la reglamentación vigente y siendo su punto de congelación inferior a 0 °C. En todo caso, su calor específico no será inferior a 3 kJ/ (kg·K), equivalentes a 0,7 kcal/ (kg·°C), medido a una temperatura 5 °C menor que la mínima histórica registrada.

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

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

El sistema de llenado no permite las pérdidas de concentración producidas por fugas del circuito y resueltas con reposición de agua de red.

3.4.1.3.3 Sobrecalentamientos

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

Se deben limpiar los circuitos periódicamente.

3.4.1.3.4 Resistencia a presión

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

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

3.4.1.3.5 Prevención de flujo inverso

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



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

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

3.4.1.3.6 Prevención de la legionelosis

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

3.4.2 CLASIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN

Según la clasificación que aparece en el “Pliego de condiciones técnicas de las instalaciones de baja temperatura” del IDAE, la instalación descrita en este proyecto posee las siguientes características:

- Principio de circulación: circulación forzada.
- Sistema de transferencia de calor: Instalaciones con intercambiador de calor independiente.
- Sistema de expansión: Sistema cerrado.
- Sistema de aporte de energía auxiliar: Sistema de energía auxiliar en línea distribuido.
- Aplicación: Instalación para calentamiento de agua sanitaria y calefacción.

3.4.3 CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO

3.4.3.1 Dimensionado y cálculo

3.4.3.1.1 Datos de partida

Los datos de partida necesarios para el dimensionado y cálculo de la instalación están constituidos por dos grupos de parámetros que definen las condiciones de uso y climáticas.



Condiciones de uso

Las condiciones de uso vienen dadas por la demanda energética asociada a la instalación según los diferentes tipos de consumo. En este caso en particular, la demanda energética se determina en función del consumo de agua caliente y de las necesidades energéticas de calefacción.

Condiciones climáticas

Las condiciones climáticas vienen dadas por la radiación global total en el campo de captación, la temperatura ambiente diaria y la temperatura del agua de la red.

En la memoria de cálculo se han utilizado datos de radiación publicados por entidades de reconocido prestigio y los datos de temperatura publicados por el Instituto Nacional de Meteorología.

3.4.3.1.2 Dimensionamiento básico

A los efectos de este PCT (Pliego de condiciones técnicas), el dimensionado básico de las instalaciones o sistemas a medida se refiere a la selección de la superficie de captadores solares y al volumen de acumulación solar, para la aplicación a la que está destinada la instalación.

El rendimiento de la instalación se refiere sólo a la parte solar de la misma.

Se debe tener en cuenta que el sistema solar se ha diseñado y calculado en función de la energía que aporta a lo largo del día y no en función de la potencia del generador (captadores solares), por tanto la acumulación se prevé acorde con la demanda y el aporte, al no ser ésta simultánea con la generación.

Para esta aplicación el área total de los captadores debe tener un valor tal que se cumpla las condiciones:

$$50 < V/A < 180$$

$$0.8 * M \leq V \leq M$$



Donde A será la superficie total de los captadores, expresada en m^2 , M es la demanda media diaria de ACS a lo largo del año y V es el volumen del depósito de acumulación solar, expresado en litros, cuyo valor recomendado es aproximadamente la carga de consumo diaria.

3.4.3.2 Diseño del sistema de captación

3.4.3.2.1 Generalidades

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

Los captadores que integran la instalación son del mismo modelo, tanto por criterios energéticos como por criterios constructivos.

Los captadores solares serán planos.

Han de tener un aspecto uniforme y sin defectos.

Se escogen los captadores a montar, entre los diferentes tipos existentes en el mercado, que mejor se adaptan a las características y condiciones de trabajo de la instalación, siguiendo siempre las especificaciones y recomendaciones dadas por el fabricante.

Están diseñados y contruidos de manera que sus características en uso normal sean seguras y sin riesgo para el usuario del entorno.

Todos los materiales serán incombustibles y deben resistir la temperatura máxima de estancamiento. Así mismo, han de ser resistentes al choque térmico y a la exposición de la radiación UV. Los materiales que no resistan la radiación UV han de estar debidamente protegidos contra las radiaciones incidentes y reflectantes.

Los materiales han de ser resistentes a las tensiones ambientales, como por ejemplo la lluvia, nieve, granizadas, heladas, viento, otras humedades y polución del aire.

Los materiales en contacto con el fluido caloportador han de ser resistentes a las acciones del mismo.

En la máxima temperatura de trabajo, los materiales no pueden fundirse, no pueden emitir vapores que puedan condensarse sobre otras superficies ni poder sufrir corrosiones.

No deben de aparecer tensiones mecánicas cuando se llegue a la máxima temperatura de trabajo.



Los pasos y conductos a través de la carcasa han de ser contruidos de forma que no pueda haber pérdidas de fluido causadas por la dilatación térmica del mismo.

Las conexiones de los captadores han de ser capaces de soportar las tensiones que se produzcan durante el montaje y el funcionamiento.

Los captadores han de cumplir los ensayos requeridos en las normas UNE-EN 12975-1 y UNE-EN 12975-2. Concretamente, durante estos ensayos no se pueden producir ninguna de los siguientes fallos:

- No se pueden producir fugas en el absorbedor ni deformaciones que establezcan contacto de éste con la cubierta.
- Rotura o deformaciones permanentes de la cubierta de las fijaciones de la cubierta.
- Rotura o deformaciones permanentes de los puntos de fijación de la carcasa del captador.
- Acumulación de humedad dentro del captador.

Los captadores deberán de llevar en un lugar visible una placa en la cual contenga, como mínimo, los siguientes datos:

- Nombre del fabricante.
- Tipo.
- Número de serie.
- Año de fabricación.
- Superficie total del captador.
- Presión máxima de trabajo.
- Temperatura de estanqueidad a 1000 W/m^2 y 30°C .
- Presión máxima de trabajo.
- Volumen del líquido de trabajo.
- Peso del captador vacío.

3.4.3.2.2 Orientación, inclinación, sombras e integración arquitectónica

La orientación e inclinación del sistema de captación y las posibles sombras sobre el mismo serán tales que las pérdidas respecto al óptimo, sean inferiores a los límites de la tabla 1. Se considerarán tres casos: general, superposición de captadores e integración arquitectónica según se define más adelante. En todos los casos se han de cumplir tres condiciones: pérdidas



por orientación e inclinación, pérdidas por sombreado y pérdidas totales inferiores a los límites estipulados respecto a los valores óptimos.

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

Tabla 42. Pérdidas límite por la disposición geométrica de captadores. [4]

Se considera la dirección Sur como orientación óptima y la mejor inclinación, β_{opt} , dependiendo del período de utilización, uno de los valores siguientes:

- Consumo constante anual: la latitud geográfica
- Consumo preferente en invierno: la latitud geográfica + 10°
- Consumo preferente en verano: la latitud geográfica - 10°

Se considera que existe integración arquitectónica cuando los captadores cumplen una doble función energética y arquitectónica y además sustituyen elementos constructivos convencionales.

Se considera que existe superposición arquitectónica cuando la colocación de los captadores se realiza paralela a la envolvente del edificio, no aceptándose en este concepto la disposición horizontal del absorbedor, con el fin de favorecer la autolimpieza de los captadores.

En el presente proyecto, se considera el caso General.

3.4.3.2.3 Conexionado

Los captadores se dispondrán en filas constituidas por el mismo número de elementos, conectadas entre sí en paralelo. Se instalarán válvulas de cierre en la entrada y salida de las distintas baterías de captadores y entre las bombas, de manera que puedan utilizarse para aislamiento de estos componentes en labores de mantenimiento, sustitución, etc.

Se dispondrá de un sistema para asegurar igual recorrido hidráulico en todas las baterías de captadores. Controlando el flujo mediante mecanismos adecuados, como válvulas de equilibrado.



3.4.3.2.4 Estructura soporte

Si el sistema posee una estructura soporte que es montada normalmente en el exterior, el fabricante deberá especificar los valores máximos de s_k (carga de nieve) y v_m (velocidad media de viento) de acuerdo con las normas UNE-EN 1991-2-3 y UNE-EN 1991-2-4.

El sistema sólo podrá ser instalado en localizaciones donde los valores de s_k y v_m determinados de acuerdo con las normas UNE-EN 1991-2-3 y UNE-EN 1991-2-4 sean menores que los valores máximos especificados por el fabricante.

El diseño y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de captadores, permitirá las necesarias dilataciones térmicas, sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los captadores o al circuito hidráulico.

Los puntos de sujeción del captador serán suficientes en número, teniendo el área de apoyo y posición relativa adecuada, de forma que no se produzcan flexiones en el captador superiores a las permitidas por el fabricante.

Los topes de sujeción de los captadores y la propia estructura no arrojarán sombra sobre estos últimos.

3.4.3.2.5 Normativa de mantenimiento

Normativa de obligado cumplimiento:

- RITE 2007 Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio por el que se aprueba el nuevo Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITE)
- UNE-EN 12975-1:2001 Sistemas solares térmicos y sus componentes. Captadores solares. Parte 1: Requisitos generales.
- UNE-EN 12975-2:2002 Sistemas solares térmicos y sus componentes. Captadores solares. Parte 2: Método de diseño.

3.4.3.3 Diseño del sistema de acumulación solar

3.4.3.3.1 Generalidades

Depósito de acero inoxidable o de acero pero con una protección interior contra la corrosión mediante tratamientos vitrificados y protección catódica.

Los acumuladores para ACS cumplirán los requisitos de UNE-EN 12897.



El acumulador será de configuración vertical y se ubicará en zona interior.

Puesto que el acumulador está directamente conectado con la red de distribución de agua caliente sanitaria, se ubicará un termómetro en un sitio claramente visible por el usuario. El sistema será capaz de elevar la temperatura del acumulador a 60°C y hasta 70°C con objeto de prevenir la legionelosis, tal como dispone el RD 865/2003, de 4 de julio.

Se ha previsto un conexionado puntual entre el sistema auxiliar y el solar de forma que se pueda calentar este último con el auxiliar, para poder cumplir con las medidas de prevención de legionela.

Dado que el acumulador del sistema de calefacción tiene un volumen mayor de 2 m³ deberá llevar válvulas de corte adecuados para cortar flujos al exterior del depósito no intencionados en caso de daños del sistema.

Ha de estar formado por:

- Cubeta de agua caliente sanitaria.
- Purgador.
- Termostato.
- Entrada de agua de red.
- Entrada de fluido caloportador para calentar el agua.
- Salida de fluido caloportador.
- Intercambiador de doble pared.
- Recirculación.
- Termómetro.
- Válvula de seguridad.

Estará cubierto de una capa aislante y de la envolvente exterior. La envolvente debe disponer de un agujero de drenaje de medidas apropiadas, según la capacidad del acumulador.

Cada acumulador debe ser suministrado de fábrica con las tuberías de acoplamiento, debidamente soldadas antes del tratamiento de protección para las siguientes funciones:

- Entrada y salida de fluido caloportador.
- Entrada y salida agua sanitaria.
- Registro para inspección del interior.
- Agujero roscado para termómetro y termostato.



- Agujero para vaciado.

En la entrada del agua debe de haber una válvula de retención y en el circuito debe de figurar una válvula de seguridad incorporada, debe de ser suministrada juntamente con el aparato.

Para el desmontaje de elementos para el mantenimiento preventivo no se debe ser necesario desplazarlo y la operación debe poder realizarse con herramientas ordinarias.

Las partes en contacto con el agua sanitaria serán de materiales que no puedan contaminarla.

Ha de ser capaz de resistir la presión del agua que se produce en el uso normal.

Dispondrá de dispositivos de protección contra la sobrepresión si esta supera en 1 bar la presión nominal.

3.4.3.3.2 Situación de las conexiones

Con objeto de aprovechar al máximo la energía captada y evitar la pérdida de la estratificación por temperatura en los depósitos, la situación de las tomas para las diferentes conexiones serán las establecidas en los puntos siguientes:

- 1) La conexión de entrada de agua caliente procedente del intercambiador o de los captadores al acumulador se realizará, preferentemente, a una altura comprendida entre el 50 % y el 75 % de la altura total del mismo.
- 2) La conexión de salida de agua fría del acumulador hacia el intercambiador o los captadores se realizará por la parte inferior de éste.
- 3) La alimentación de agua de retorno de consumo al depósito se realizará por la parte inferior. La extracción de agua caliente del depósito se realizará por la parte superior.

Las conexiones de entrada y salida se situarán de forma que se eviten caminos preferentes de circulación del fluido.

3.4.3.3.3 Sistema auxiliar en el acumulador solar

No se permite la conexión de un sistema 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.



3.4.3.3.4 Normativa de mantenimiento

Normativa de cumplimiento obligado.

- RAP 1979 Real Decreto 1244/1979, de 4 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de Aparatos Presión.

3.4.3.4 Diseño del sistema de intercambio

La potencia mínima de diseño del intercambiador independiente, P , en vatios, en función del área de captadores A , en metros cuadrados, cumplirá la condición:

$$P \geq 500 \cdot A$$

El intercambiador independiente será de placas de acero inoxidable y deberá soportar las temperaturas y presiones máximas de trabajo de la instalación.

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

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

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

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

3.4.3.5 Diseño del circuito hidráulico

3.4.3.5.1 Generalidades

El circuito hidráulico será de por sí equilibrado, no necesitando controlar el flujo por válvulas de equilibrado.

El circuito hidráulico del sistema de consumo deberá cumplir los requisitos especificados en la norma UNE-EN 806-1, y los materiales de este circuito deberán cumplir lo especificado en ISO/TR 10217.



3.4.3.5.2 Tuberías

Consideraciones:

- En el proyecto se deberá especificar:
 - Tipo de material.
 - Diámetro nominal.
 - Presión de trabajo.
- El circuito debe evitar recorridos difíciles así como favorecer el desplazamiento del aire atrapado hacia los puntos altos.
- Se instalarán lo más próximo posible a paramentos (distancia mínima aproximada 5 cm) con el espacio suficiente para manipular aislamiento y accesorios.
- Se instalarán por debajo de instalaciones eléctricas, comunicaciones, etc.
- Con objeto de evitar pérdidas térmicas, la longitud de tuberías del sistema será corta como sea posible, evitando al máximo los codos y pérdidas de carga en general.
- El diseño y los materiales serán tales que no exista posibilidad de formación de obturaciones o depósitos de cal en sus circuitos que influyan drásticamente en el rendimiento del sistema.

Dimensionado:

- El diámetro de las tuberías se seleccionará de forma que la velocidad de circulación del fluido sea inferior a 2 m/s cuando la tubería discurra por locales habitados y a 3 m/s cuando el trazado sea al exterior o por locales no habitados.
- El dimensionado de las tuberías se realizará de forma que la pérdida de carga unitaria en tuberías nunca sea superior a 40 mm de columna de agua por metro lineal.

3.4.3.5.3 Bombas

Se utilizará una bomba de impulsión del fluido caloportador.

La caída de presión se debería mantener aceptablemente baja en todo el circuito.

La bomba estará conectada a la red que dará servicio, y el motor en la línea de alimentación eléctrica.



La bomba se montará en la zona más fría del circuito, teniendo en cuenta que no se produzca ningún tipo de cavitación y siempre con el eje de rotación en posición horizontal.

Como la superficie de captación es superior a 50 m², se montarán dos bombas idénticas en paralelo, dejando una de reserva, tanto en el circuito primario como en el secundario, de manera que se establecerá el funcionamiento alternativo de las mismas.

Las tuberías conectadas a las bombas se soportarán en las inmediaciones de éstas, de forma que no provoquen esfuerzos recíprocos de torsión o flexión.

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

Las reducciones de diámetro se realizarán con piezas cónicas, con una conicidad $\leq 30^\circ$. Las reducciones horizontales se realizarán excéntricas y debe quedar rasada por la generatriz superior para evitar la formación de bolsas de aire.

El eje impulsor quedará en posición horizontal. El eje bomba-tubería no debe tener limitaciones en su posición. La posición ha de ser la indicada por el fabricante.

Se debe comprobar si la tensión del motor corresponde a la disponible y si gira en el sentido conveniente.

La Normativa de obligado cumplimiento para el mantenimiento de la bomba de circulación será:

- RITE 2007 Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio por el que se aprueba el nuevo Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITE)
- REBT 2002 Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento.

3.4.3.5.4 Vasos de expansión

Se utilizará un vaso de expansión como depósito que contrarresta las variaciones de volumen y presión que se producen en el circuito.

El vaso de expansión se conectarán en la aspiración de la bomba.

El vaso deberá ser capaz de absorber el volumen de toda la instalación más un 10%.



Debe estar sujeto a la norma de aparatos a presión.

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

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

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

Los cálculos darán como resultado final el volumen total del vaso y la presión nominal PN, que son los datos que definen sus características de funcionamiento.

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

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

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

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

3.4.3.5.5 Válvulas

Se utilizarán válvulas para controlar y regular el paso de un fluido.

La elección de las válvulas se realiza, tal y como se ha especificado en la Memoria, en función del trabajo a realizar:



- Para aislamiento: válvulas de esfera.
- Para equilibrado de circuitos: válvulas de asiento.
- Para vaciado: válvulas de esfera o de macho.
- Para llenado: válvulas de esfera.
- Para purga de aire: válvulas de esfera o de macho.
- Para seguridad: válvulas de resorte.
- Para retención: válvulas de disco de doble compuerta, o de clapeta o especiales para sistemas de termosifón

Han de poder trabajar en las condiciones extremas:

- Temperatura: desde -30°C (excluyendo la congelación) hasta 180°C .
- Presión nominal: 10 bares.
- Fluido utilizable: agua y soluciones de glicol.

Los materiales empleados en su fabricación deben ser adecuados para estar en contacto con agua potable, no experimentando ninguna alteración al trabajar en las condiciones de servicio.

Todos los materiales que intervienen en la instalación serán compatibles entre ellos, por este motivo, el montaje y las conexiones de los equipos serán realizados con los materiales y accesorios suministrados por el fabricante o expresamente aprobados por éste.

La posición del obturador ha de ser en posición de cerrado o completamente abierto, no se debe hacer trabajar a las válvulas en posiciones intermedias por períodos prolongados.

Las partes de las válvulas que se hayan de manipular serán accesibles, por este motivo, la distancia entre la válvula y los elementos que la envuelven será suficiente para permitir el desmontaje y mantenimiento.

Los ejes de la válvula de la tubería estarán alineados.

El peso de las tuberías no debe descansar sobre las válvulas.

La brida debe realizar una presión uniforme sobre el elemento a estancar. Las uniones deben de ser estancas.

El sentido de circulación del fluido dentro de la válvula ha de coincidir con la marca gravada en el cuerpo de la válvula.



Ejecución de la obra:

- Replanteo de la unidad de obra.
- Limpieza del interior de los tubos.
- Conexión a la red.
- Prueba de funcionamiento.
- Prueba de estancamiento.
- Retirada de la obra de los restos de envoltorio, restos de tubos, etc.

El montaje se ha de realizar según las instrucciones de la documentación técnica del fabricante. Se ha de seguir la secuencia propuesta por el fabricante.

Durante la instalación sujetar la válvula por los extremos de conexión, nunca por la parte central o el cuello de la misma, para evitar deformaciones en los componentes internos.

Todos los elementos se han de inspeccionar antes de su colocación en la red.

Se ha de comprobar que las características técnicas de la válvula corresponden con las especificaciones del proyecto.

La instalación de la válvula no ha de alterar las características de los elementos.

Las conexiones a la red de servicio se hará una vez esté cortado suministro de red.

Las pruebas sobre la válvula una vez instalada, se ha de realizar por personal especializado.

Una vez instalada la válvula, se procederá a la retirada de la obra de los materiales sobrantes como envoltorios, restos de tubos, etc.

La Normativa de obligado cumplimiento para el mantenimiento de la bomba de circulación será:

- Para la fabricación de estos dispositivos han de ser acorde con lo dispuesto en el Anexo IX del Real Decreto 140/2003 de 7 Febrero, relativo a la calidad de las aguas destinadas para consumo humano.
- Los fabricantes deberán haber realizado los ensayos para verificar y cumplimentar los requisitos de la norma UNE 19804, sobre:

-Características dimensionales.

-Características de estanqueidad.



- Características de comportamiento mecánico bajo presión.
- Características hidráulicas.
- Características de resistencia mecánica.
- Características de resistencia a la incrustación de elementos de cierre.
- Características de duración mecánica de las válvulas.
- Características de duración mecánica del dispositivo anti retorno.
- Características acústicas.

3.4.3.5.6 Purga de aire

En los puntos altos de la salida de baterías de captadores y en todos aquellos puntos de la instalación donde pueda quedar aire acumulado, se colocarán sistemas de purga constituidos por purgadores automáticos.

3.4.3.5.7 Drenaje

Los conductos de drenaje de las baterías de captadores se han diseñado en lo posible de forma que no puedan congelarse.

3.4.3.6 Diseño del sistema de energía auxiliar

Para asegurar la continuidad en el abastecimiento de la demanda térmica, esta instalación de energía solar dispondrá de un sistema de energía auxiliar.

Puesto que por razones de eficiencia energética, entre otras, se desaconseja la utilización de energía eléctrica obtenida por efecto Joule como fuente auxiliar y queda prohibido el uso de sistemas de energía auxiliar en el circuito primario de captadores, el diseño del sistema de energía auxiliar solamente entrará en funcionamiento cuando sea estrictamente necesario, aprovechando lo máximo posible la energía extraída del campo de captación solar.

El sistema de aporte de energía auxiliar dispondrá de un termostato de control sobre la temperatura de preparación que en condiciones normales de funcionamiento permitirá cumplir con el RD 865/2003.



3.4.3.7 Diseño del sistema de control

El diseño del sistema de control asegurará el correcto funcionamiento de las instalaciones, procurando obtener un buen aprovechamiento de la energía solar captada y asegurando un uso adecuado de la energía auxiliar. El sistema de regulación y control comprende los siguientes sistemas:

- Control de funcionamiento del circuito primario y secundario (si existe).
- Sistemas de protección y seguridad de las instalaciones contra sobrecalentamientos, heladas, etc.

El sistema de control asegurará que en ningún caso se alcancen temperaturas superiores a las máximas soportadas por los materiales, componentes y tratamientos de los circuitos.

El sistema de control se realizará por control diferencial de temperaturas, mediante un dispositivo electrónico que compare la temperatura de captadores con la temperatura de acumulación o retorno, como por ejemplo ocurre en la acumulación distribuida. El sistema de control actuará y estará ajustado de manera que las bombas no estén en marcha cuando la diferencia de temperaturas sea menor de 2°C y no estén paradas cuando la diferencia sea mayor de 7 °C. La diferencia de temperaturas entre los puntos de arranque y de parada de termostato diferencial no será menor de 2°C. De esta forma el funcionamiento de la parte solar de una instalación se optimiza. Para optimizar el aprovechamiento solar de la instalación y, cuando exista intercambiador exterior, se podrán instalar también dos controles diferenciales.

El sistema de control asegurará que en ningún punto la temperatura del fluido de trabajo descienda por debajo de una temperatura tres grados superior a la de congelación del fluido.

Las sondas de temperatura para el control diferencial se han colocado en la parte superior de los captadores, de forma que representen la máxima temperatura del circuito de captación.

El sensor de temperatura de la acumulación se colocará en la parte inferior, en una zona no influenciada por la circulación del circuito secundario o por el calentamiento del intercambiador si éste fuera incorporado.



3.4.4 SUMINISTRO Y ALMACENAMIENTO

3.4.4.1 Captadores

Los captadores serán suministrados en jaulas de madera adecuadas para su traslado o elevación mediante carretillas elevadoras.

Embalados, con todas las protecciones necesarias para su correcto transporte y posterior almacenamiento. Deberán de llevar las conexiones hidráulicas debidamente tapadas.

Las jaulas se almacenarán depositándolas sobre suelo plano y a cubierto. En caso de almacenaje exterior, se cubrirán las jaulas para protegerlas del agua de lluvia, impactos, las humedades y de los rayos de sol.

El fabricante ha de proporcionar un manual de instrucciones de instalación que ha de contener como mínimo la siguiente información:

- Dimensiones y peso del captador, instrucciones sobre el transporte y la manipulación.
- Descripción del procedimiento de montaje.
- Recomendaciones sobre la protección contra rayos.
- Instrucciones sobre el líquido caloportador y sobre la conexión con el circuito de ACS.
- Recomendaciones sobre el fluido caloportador que se puede hacer servir, así como las precauciones que se han de tomar durante el llenado, operación y puesta en servicio.
- Presión máxima de trabajo, caída de presión y máximo y mínimo ángulo de inclinación.

En el caso de que los captadores, una vez desembalados y previamente a su montaje sobre los perfiles de apoyo, deban ser dejados de forma interina a la intemperie, se colocarán con un ángulo mínimo de inclinación de 20º y máximo de 80º, con la cubierta de cristal orientada hacia arriba. Se evitará la posición horizontal y vertical.

Hasta que los captadores no estén llenos de fluido caloportador es conveniente cubrirlos, a fin de evitar excesivas dilataciones.

3.4.4.2 Fluido caloportador

Debe de ser suministrado en garrafas o bidones. En la parte de atrás deben figurar los siguientes datos:

- Identificación del fabricante.
- Nombre comercial del producto.



- Identificación del producto.
- Peso neto o volumen del producto.
- Fecha de caducidad.
- Modo de empleo.
- Límites de temperatura.
- Toxicidad e inflamabilidad.

Se ha de almacenar en:

- Lugar ventilado.
- No expuesto al sol.
- Dentro de su envase original y cerrado.
- No debe tener contacto con el suelo.

3.4.4.3 Acumuladores

Empaquetados sobre euro palés.

Cada aparato debe llevar en un lugar visible, una vez instalado, una placa que indique de manera indeleble:

- Identificación del constructor, modelo o tipo.
- Símbolo del grado de aislante.
- Presión nominal en bares.
- Capacidad.

Además debe de facilitarse el esquema de instalación donde se indique claramente:

- Grifo de cierre.
- Purgador de control de estanqueidad.
- Válvula de seguridad.
- Deberán de almacenarse en lugar seguro sin peligro de impactos.

3.4.4.4 Bomba de circulación

Embalada con todas las protecciones necesarias para su correcto transporte y posterior almacenamiento.

Se almacenará depositándola sobre suelo plano y a cubierto. En caso de almacenaje exterior, se cubrirá para protegerlas del agua de lluvia, impactos, las humedades y de los rayos de sol.



El fabricante ha de proporcionar un manual de instrucciones de instalación que ha de contener como mínimo la siguiente información:

- Dimensiones, instrucciones sobre el transporte y la manipulación.
- Descripción del procedimiento de montaje.
- Recomendaciones.

En la bomba deben figurar los siguientes datos:

- Identificación del fabricante.
- Nombre comercial del producto.
- Identificación del producto.
- Caudal y pérdida de carga de trabajo.
- Sentido de circulación.

3.4.4.5 Válvulas

Embalada individualmente en bolsas de plástico, con todas las protecciones necesarias para su correcto transporte y posterior almacenamiento.

Se almacenará depositándola sobre suelo plano y a cubierto. En caso de almacenaje exterior, se cubrirá para protegerlas del agua de lluvia, impactos, las humedades y de los rayos de sol.

El fabricante ha de proporcionar un manual de instrucciones de instalación que ha de contener como mínimo la siguiente información:

- Dimensiones, instrucciones sobre el transporte y la manipulación.
- Descripción del procedimiento de montaje.
- Recomendaciones.

3.4.5 CONDICIONES DE MATERIALES Y EQUIPOS

3.4.5.1 Generalidades

Los distintos materiales a colocar serán nuevos y de primera calidad, de manera que la Dirección Facultativa podrá solicitar los certificados de idoneidad y características que estime oportunos, así como rechazar aquellos que a su juicio no resulten ajustados al presente proyecto.



En este sentido, el adjudicatario presentará los certificados que especifiquen las características de aquellos materiales que la Dirección Facultativa estime conveniente.

Las tolerancias y condiciones de recepción de los distintos materiales serán los que determine la normativa específica de aplicación.

3.4.5.2 Selección de materiales

Todos los materiales serán de buena calidad y de reconocida casa comercial. Tendrán las dimensiones que indiquen los documentos del proyecto y fije la dirección facultativa.

En las tuberías del circuito primario podrán utilizarse como materiales el hierro negro, el cobre y el acero inoxidable, con uniones roscadas, soldadas o embridadas y protección exterior con pintura anticorrosiva. También se admite material plástico acreditado apto para esta aplicación.

Mientras que en las tuberías del circuito secundario podrán utilizarse cobre y acero inoxidable. Además, también se podrán utilizar materiales plásticos que soporten la temperatura máxima del circuito y cumplan con las normas UNE que le sean de aplicación y esté autorizada su utilización por las Compañías de suministro de agua potable. En ningún caso se pueden utilizar tuberías de acero negro.

En sistemas directos sólo podrá utilizarse cobre o acero inoxidable en el circuito primario.

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

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

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

Cuando se utilice cobre en tuberías y accesorios la velocidad del fluido será inferior a 3 m/s en sistemas cerrados y 1,5 m/s en sistemas abiertos.

Cuando se utilice acero en tuberías o accesorios la velocidad del fluido será inferior a 3 m/s en sistemas cerrados y el pH del fluido de trabajo estará comprendido entre 5 y 12.



Cuando se utilice acero galvanizado en contacto con el fluido de trabajo se evitará que la temperatura del fluido sobrepase 65 °C en periodos prolongados.

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

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

Para la protección del material aislante situado en intemperie se podrá utilizar una cubierta o revestimiento de escayola protegido con pinturas asfálticas, poliésteres reforzados con fibra de vidrio o chapa de aluminio. En el caso de depósitos o cambiadores de calor situados en intemperie, podrán utilizarse forros de telas plásticas.

La elección de los materiales de la instalación estudiada están especificados en el apartado Memoria siguiendo las bases de este documento.

3.4.5.3 Procedencia

Se tendrá libertad a la hora de proveerse de los materiales y aparatos de todas clases en los puntos que le parezca conveniente, excepto en los casos en que el pliego particular de condiciones técnicas preceptúe una procedencia determinada.

Se utilizarán proveedores de serie, de manera que los proyectistas diseñarán las piezas y los proveedores solamente las fabricarán.

3.4.5.4 Reconocimiento de los materiales

Los materiales serán reconocidos en obra antes de su empleo por la dirección facultativa, sin cuya aprobación no podrán ser empleados en la obra.

El contratista proporcionará a la dirección facultativa muestra de los materiales para su aprobación.

Los ensayos y análisis que la dirección facultativa crea necesarios, se realizarán en laboratorios autorizados para ello.

Los accesorios, codos, latiguillos, racores, etc. serán de buena calidad y estarán igualmente exentos de defectos, tanto en su fabricación como en la calidad de los materiales empleados.



3.4.5.5 Gastos ocasionados por pruebas y ensayos

Todos los gastos originados por las pruebas y ensayos de materiales serán de cuenta de los proveedores.

Todo ensayo que no haya resultado satisfactorio o que no ofrezca las suficientes garantías podrá comenzarse de nuevo a cargo de los mismos.

3.4.6 CONDICIONES DE MONTAJE

3.4.6.1 Montaje de estructura soporte y captadores

Al estar los captadores instalados en el tejado del edificio, deberá asegurarse la estanqueidad en los puntos de anclaje.

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

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

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

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

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

3.4.6.2 Montaje del acumulador

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

La estructura soporte y su fijación para depósitos de más de 1000 l situados en cubiertas o pisos deberá ser diseñada por un profesional competente.



3.4.6.3 Montaje del intercambiador

Se tendrá en cuenta la accesibilidad del intercambiador, para operaciones de sustitución o reparación.

3.4.6.4 Montaje de la bomba

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

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

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

La conexión de las tuberías a las bombas no podrá provocar esfuerzos recíprocos.

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

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

3.4.6.5 Montaje de las tuberías y accesorios

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

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

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

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



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

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

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

- 5 cm para cables bajo tubo con tensión inferior a 1000 V.
- 30 cm para cables sin protección con tensión inferior a 1000 V.
- 50 cm para cables con tensión superior a 1000 V. Las tuberías no se instalarán nunca encima de equipos eléctricos, como cuadros o motores. No se permitirá la instalación de tuberías en huecos y salas de máquinas de ascensores, centros de transformación, chimeneas y conductos de climatización o ventilación.

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

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

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

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

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

3.4.6.6 Montaje del aislamiento

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

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



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

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

3.4.7 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

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

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:

- a) Vigilancia
- b) Mantenimiento preventivo
- c) Mantenimiento correctivo

3.4.7.1 Plan de vigilancia

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



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

Tabla 10. Plan de vigilancia. Fuente: IDAE.

IV: Inspección visual.

3.4.7.2 Plan de mantenimiento preventivo

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

El mantenimiento preventivo implicará, como mínimo, una revisión cada seis meses, puesto que la instalación tiene una superficie de captación superior a 20 m².

En las tablas 3, 4, 5, 6, 7 y 8 se definen las operaciones de mantenimiento preventivo que deben realizarse, la periodicidad mínima establecida (en meses) y descripciones en relación con las prevenciones a observar.



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

Tabla 3. Plan de mantenimiento para el sistema de captación. Fuente: IDAE.

IV: Inspección visual.

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

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

Tabla 4. Plan de mantenimiento para el sistema de acumulación. Fuente: IDAE.

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 5. Plan de mantenimiento para el sistema de intercambio. Fuente: IDAE.

CF: Control de funcionamiento.



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 de 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 – Actuación (abrir y cerrar) para evitar agarrotamiento.
Válvula de seguridad	12	CF – Actuación.

Tabla 6 Plan de mantenimiento para el circuito hidráulico. Fuente: IDAE.

CF: Control de funcionamiento.

IV: Inspección visual.

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Cuadro eléctrico	12	Comprobar que este bien cerrado para que no entre polvo.
Cuadro diferencial	12	CF – Actuación.
Termostato	12	CF – Actuación.
Verificación del sistema de medida	12	CF – Actuación.

Tabla 7. Plan de mantenimiento para el sistema eléctrico y de control. Fuente: IDAE.

CF: Control de funcionamiento.

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Sistema auxiliar	12	CF – Actuación.
Sondas de temperatura	12	CF – Actuación.

Tabla 8. Plan de mantenimiento para el sistema de energía auxiliar. Fuente: IDAE.

CF: Control de funcionamiento.



Dado que el sistema de energía auxiliar no forma parte del sistema de energía solar propiamente dicho, sólo será necesario realizar actuaciones sobre las conexiones del primero a este último, así como la verificación del funcionamiento combinado de ambos sistemas. Se deja un mantenimiento más exhaustivo para la empresa instaladora del sistema auxiliar.

3.4.7.3 Plan de mantenimiento correctivo

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

Incluye la visita a la instalación durante los 3 primeros años, cada vez que el usuario así lo requiera por avería grave de la instalación, así como el análisis y elaboración del presupuesto de los trabajos y reposiciones necesarias para el correcto funcionamiento de la misma.

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

3.4.8 CRITERIOS DE INTEGRACIÓN PAISAJÍSTICA

Debido la importancia que tiene la instalación de captación solar en las cubiertas de los edificios respecto al impacto paisajístico y visual, hace falta tener en cuenta que es necesario pensar en el proyecto arquitectónico ya en origen, con la necesidad de incorporar los sistemas de captación de energía solar térmica.

Esto puede simplificar la integración arquitectónica de estos sistemas, y en general puede ayudar mucho en todas las fases de ampliación del sistema de captación y distribución de la energía solar, en las fases de proyecto, ejecución de la instalación y posterior mantenimiento. A tal efecto es interesante considerar los siguientes elementos:

- La colocación de los captadores solares se realizará en el lugar donde la cuenca visual sea más reducida, dentro de las limitaciones de orientación y sombras.
- Las aristas exteriores e intermedias del conjunto de captadores solares instalados deberán ser paralelas y perpendiculares a las líneas de pendiente de cubierta y a las aristas de las carenas y voladizo.
- La forma de los captadores solares más habitual es la rectangular y por lo tanto hará falta estudiar la idoneidad de la colocación (vertical y horizontal), siempre que no afecte su comportamiento energético.



- En caso de disponer de poca superficie de cubierta disponible, hará falta la utilización de captadores solares más eficientes que reducen sensiblemente la superficie de captación. No obstante, las limitaciones de superficie disponible pueden dar como resultado una instalación solar que no llegue al 50% de cobertura solar o incluso su exención; en este sentido, es necesario que el técnico redactor justifique de manera clara estos hechos.

Las dos tipologías más habituales de cubiertas en el municipio de Rubí son las cubiertas planas o inclinadas y para cada caso se apuntan las recomendaciones siguientes:

- Cubiertas planas: Es necesario que el plano de fachada remonte por encima la cota superior de la planta cubierta para integrar los captadores y limitar su cuenca visual. Es necesario recordar que en el mercado actual hay captadores solares planos para funcionamiento horizontal y que su utilización permite reducir el impacto visual.
- Cubiertas inclinadas: Los captadores solares se han de instalar integrados o sobrepuestos en la cubierta con la misma inclinación que ésta.

3.4.9 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

En este apartado se pretenden describir las disposiciones mínimas de seguridad y salud de acuerdo con lo que prevé el RD16727/1997.

En este proyecto se prevén trabajos con máquinas y herramientas para el montaje de la instalación.

3.4.9.1 Riesgos

3.4.9.1.1 Riesgos debidos a herramientas o maquinaria

- Golpes y/o cortes.
- Caída de objetos y personas.
- Enganchadas.

3.4.9.1.2 Riesgos debidos a electricidad

- Quemadas físicas y químicas.
- Contactos eléctricos directos o indirectos.
- Incendio.
- Exposición a fuentes luminosas.



3.4.9.1.3 Riesgos debidos a anclajes, tornillos, etc.

- Golpes y/o cortes.
- Caída de objetos o personas.
- Pisadas sobre objetos punzantes.

3.4.9.1.4 Riesgos en el montaje de la instalación

- Golpes.
- Enganchadas y sobreesfuerzos.

3.4.9.2 Medidas de protección y prevención

3.4.9.2.1 Condiciones de trabajo

Las personas deberán tener autorización y formación. Así mismo, deberán seguir las normas internas de seguridad y cuidar la conservación del equipo de trabajo.

3.4.9.2.2 Medidas de prevención

- Golpes y/o cortes: bolsa para llevar herramientas, calzado adecuado, guantes y casco homologado.
- Caída de personas: calzado adecuado y, si la ocasión lo requiere, cinturón de seguridad.
- Caída de objetos: bolsa para llevar herramientas, calzado adecuado, guantes y casco.
- Enganchadas: casco homologado, guantes y, calzado y ropa adecuada.
- Quemadas físicas y químicas: gafas de seguridad, guantes, casco homologado y, calzado y ropa adecuada.
- Contactos eléctricos directos o indirectos: gafas de seguridad, guantes, casco homologado y calzado adecuado.
- Incendio: equipo de extinción.
- Exposición a fuentes luminosas: gafas de seguridad y pantalla facial.
- Pisadas sobre objetos punzantes: bolsa para llevar herramientas y calzado adecuado.
- Sobreesfuerzos: cinturón de protección lumbar.

3.4.9.2.3 Actos que se deben evitar

- Trabajar sin autorización o formación.
- Trabajar en condiciones peligrosas para uno mismo o para otros.



- Anular los dispositivos de seguridad.
- Utilización incorrecta de herramientas o maquinaria.
- No utilizar equipos de protección.
- Distracciones.

3.4.10 PRUEBAS A REALIZAR

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

3.4.10.1 Pruebas a realizar por el instalador

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

- Llenado, funcionamiento y puesta en marcha del sistema.
- Se probarán hidrostáticamente los equipos y el circuito de energía auxiliar.
- Se comprobará que las válvulas de seguridad funcionan y que las tuberías de descarga de las mismas no están obturadas y están en conexión con la atmósfera. La prueba se realizará incrementando hasta un valor de 1,1 veces el de tarado y comprobando que se produce la apertura de la válvula.
- Se comprobará la correcta actuación de las válvulas de corte, llenado, vaciado y purga de la instalación.
- Se comprobará que alimentando (eléctricamente) las bombas del circuito, éstas entran en funcionamiento y el incremento de presión indicado por los manómetros se corresponde en la curva con el caudal del diseño del circuito.
- Se comprobará la actuación del sistema de control y el comportamiento global de la instalación realizando una prueba de funcionamiento diario, consistente en verificar, que, en un día claro, las bombas arrancan por la mañana, en un tiempo prudencial, y paran al atardecer, detectándose en el depósito saltos de temperatura significativos.

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



3.4.10.2 Pruebas de estanqueidad del circuito primario

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

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

3.4.11 DOCUMENTACIÓN NECESARIA

La documentación del sistema descrita a continuación deberá ser completa y entendible.

3.4.11.1 Fichero de clasificación

Deberá incluir:

- Todas las configuraciones propuestas del sistema incluyendo los esquemas hidráulicos y de control y las especificaciones que permitan al usuario entender el modo de funcionamiento del sistema.



- Lista de componentes a incluir dentro de las configuraciones del sistema, con referencias completas de dimensión y tipo. La identificación de los componentes de la lista deberá ser clara y sin ambigüedades.
- Una lista de combinaciones propuestas de opciones dimensionales en cada una de las configuraciones del sistema.
- Diagramas o tablas estableciendo el rendimiento del sistema bajo condiciones de referencia para cada combinación propuesta de opciones dimensionales en cada configuración del sistema. Las condiciones de referencia deberían estar completamente especificadas incluyendo supuestos hechos en cargas térmicas y datos climatológicos. Las cargas térmicas supuestas deberán estar en el rango comprendido entre 0,5 y 1,5 veces la carga de diseño especificada por el fabricante.

3.4.11.2 Documentación de los componentes

Todos los componentes del sistema deberán ir provistos con un conjunto de instrucciones de montaje y funcionamiento entendibles, así como recomendaciones de servicio. Esta documentación deberá incluir todas las instrucciones necesarias para el montaje, instalación, operación y mantenimiento.

Los documentos deberán ser guardados en un lugar visible (preferentemente cerca del acumulador), protegidos del calor, agua y polvo.

3.4.11.3 Documentos con referencia a la puesta en servicio

La documentación debería incluir:

- 1) Todos los supuestos hechos en la carga (ofreciendo conjunto de valores en el intervalo $\pm 30\%$ sobre la carga media seleccionada).
- 2) Referencia completa de los datos climáticos usados.
- 3) Registro completo del método usado para el dimensionado del área de captadores, sistema de almacenamiento e intercambiador de calor, incluyendo todas los supuestos (fracción solar deseada) y referencia completa a cualquier programa de simulación usado.
- 4) Registro completo de los procedimientos usados para el dimensionado hidráulico del circuito de captadores y sus componentes.
- 5) Registro completo de procedimientos usados para la predicción del rendimiento térmico del sistema, incluyendo referencia completa al programa de simulación usado.



3.4.11.4 Documentos de montaje e instalación

Los documentos deberán cumplir los siguientes puntos:

- a) Datos técnicos que se refieran a:
 - 1) Diagramas del sistema.
 - 2) Localización y diámetros nominales de todas las conexiones externas.
 - 3) Un resumen con todos los componentes que se suministran (como captador solar, depósito de acumulación, estructura soporte, circuito hidráulico, provisiones de energía auxiliar, sistema de control/regulación y accesorios), con información de cada componente del modelo, potencia eléctrica, dimensiones, peso, marca y montaje.
 - 4) Máxima presión de operación de todos los circuitos de fluido del sistema, tales como el circuito de captadores, el circuito de consumo y el circuito de calentamiento auxiliar.
 - 5) Límites de trabajo: temperaturas y presiones admisibles, etc. a través del sistema.
 - 6) Tipo de protección contra la corrosión.
 - 7) Tipo de fluido de transferencia de calor.
- b) Método de conexión de tuberías.
- c) Tipos y tamaños de los dispositivos de seguridad y su drenaje. Las instrucciones de montaje deberán indicar que cualquier válvula de tarado de presión que se instale por la cual pueda salir vapor en condiciones de operación normal o estancamiento, habrá de ser montada de tal forma que no se produzcan lesiones, agravios o daños causados por el escape de vapor. Cuando el sistema esté equipado para drenar una cantidad de agua como protección contra sobrecalentamiento, el drenaje de agua caliente debe estar construido de tal forma que el agua drenada no cause ningún daño al sistema ni a otros materiales del edificio.
- d) Revisión, llenado y arranque del sistema.
- e) Una lista de comprobación para el instalador para verificar el correcto funcionamiento del sistema.
- f) La mínima temperatura hasta la cual el sistema puede soportar heladas.

La descripción del montaje e instalación del sistema deberá dar lugar a una instalación correcta de acuerdo con los dibujos del sistema.



3.4.11.5 Documentos para el funcionamiento

La documentación deberá cumplir con los apartados a) y c) del apartado 3.4.11.5. Los documentos deberán incluir también:

- a) Esquemas hidráulicos y eléctricos del sistema.
- b) Descripción del sistema de seguridad con referencia a la localización y ajustes de los componentes de seguridad. NOTA: Se debería dar una guía para la comprobación del sistema antes de ponerlo en funcionamiento de nuevo después de haber descargado una o más válvulas de seguridad.
- c) Acción a tomar en caso de fallo del sistema o peligro, como está especificado según normativa de seguridad.
- d) Descripción del concepto y sistema de control incluyendo la localización de los componentes del control (sensores). Éstos deberían estar incluidos en el esquema hidráulico del sistema.
- e) Instrucciones de mantenimiento, incluyendo arranque y parada del sistema.
- f) Comprobación de función y rendimiento.



4. PRESUPUESTO

**CAPÍTULO 1: SISTEMA DE CAPTACIÓN**

CANT.	Ud	CONCEPTO	PRECIO UNIDAD €	PRECIO TOTAL €
Captador sola marca SONNENKRAFT modelo SRK500				
36	Ud.	Captador solar homologado con recubrimiento selectivo de titanio, circuito absorbedor de aluminio en forma de meandro, junta EPDM, tratamiento antirreflexivo y cubierta de vidrio solar templado 3.2 mm, con una superficie útil de captación de 2.26 m ² . Carcasa de aluminio anodizado con aislamiento de lana de roca. Totalmente instalado, conexionado y comprobado en obra.	933.60	33609.60
Estructura metálica marca SONNENKRAFT modelo BDA35-50R				
6	Ud.	Estructura metálica para montaje de batería de 6 captadores sobre cubierta metálica con inclinación entre 35° y 50°, con piezas de acero inoxidable y kit de fijación. Totalmente instaladas, conexionadas y comprobadas en obra.	929.00	5574.00
Purgador manual de aire marca CALEFFI SOLAR				
6	Ud.	Purgador manual de aire de de la marca CALEFFI SOLAR serie 251, hecho en latón y con un volumen de botellín de 225 cm ³ , para montaje roscado y juego de accesorios. Totalmente instalado y montado, incluido pequeño material auxiliar.	87.12	522.72
Fluido anticongelante (propilenglicol) marca FLUIDOSOL				
415	L	Fluido anticongelante, propilenglicol, no tóxico para instalaciones de energía solar con eficaces inhibidores de la corrosión y el envejecimiento. La mezcla que llevará el circuito será de un 30 % en peso de propilenglicol en la mezcla, para soportar temperaturas de hasta - 15°C. Mezclado, vertido y comprobado en el circuito primario.	4.50	1867.50

**CAPÍTULO 2: SISTEMA DE ACUMULACIÓN**

CANT.	Ud	CONCEPTO	PRECIO UNIDAD €	PRECIO TOTAL €
Acumulador marca IDROGAS Mod. IMVV 5000 RB				
1	Ud.	Acumulador solar para el servicio de a.c.s, marca IDROGAS Mod. 5000 RB. Fabricados en ACERO CON REVESTIMIENTO EPÓXICO de calidad alimentaria serie IMVV. Destinados a funciones de producción y acumulación de ACS para instalaciones de gran consumo individuales, centralizadas o industriales. Sus características constructivas, temperaturas de trabajo y capacidad de intercambio, los hacen especialmente indicados para las instalaciones de ENERGÍA SOLAR TÉRMICA. Instalado, conexionado y comprobado en obra.	6816.00	6816.00
Acumulador marca LAPESA Mod. Geiser inox GX-500-R				
1	Ud.	Acumulador solar para el servicio de a.c.s, marca LAPESA Mod. Geiser inox GX-500-R. Fabricados en acero. Destinados a funciones de almacenamiento de ACS para instalaciones de pequeño consumo individuales. Aislado térmicamente con espuma rígida de poliuretano inyectada en molde, libre de CFC. Instalado, conexionado y comprobado en obra.	2038.00	2038.00

CAPÍTULO 3: SISTEMA DE INTERCAMBIO

CANT.	Ud	CONCEPTO	PRECIO UNIDAD €	PRECIO TOTAL €
Intercambiador marca ALFA LAVAL Mod. M3FG de 30 placas				
2	Ud.	Intercambiador marca ALFA LAVAL Mod. M3FG de 30 placas. Caudal del 1º de 5500 l/h y del 2º 5200 l/h. Potencia de intercambio de 60 kW. Funcionamiento en contracorriente y de placas desmontables. Totalmente instalado, conexionado y probado en obra.	1715.00	3430.00
Batería de apoyo de agua caliente para Roof-Top marca CIATESA modelo IPF 540 MC11				
2	Ud.	Batería de apoyo de agua caliente para las Roof-Top IPF 540 MC11, capaz de funcionar con un caudal max. de agua caliente de 8.1 m ³ /h, un caudal nominal de aire de 20400 m ³ /h, con una pérdida de carga de 2.5 m.c.a y un peso de 66.9 kg. Totalmente instalada, conexionada y probada in situ.	2192.62	4385.24

**Batería de apoyo de agua caliente para Roof-Top marca CIATESA modelo IPF 720 MRC11**

1	Ud.	Bateria de apoyo de agua caliente para las Roof-Top IPF 720 MRC11, capaz de funcionar con un caudal max. de agua caliente de 11.1 m^3/h , un caudal nominal de aire de 30000 m^3/h , con una pérdida de carga de 3.4 m.c.a y un peso de 82.3 kg. Totalmente instalada, conexiónada y probada in situ.	3072.95	3072.95
----------	------------	---	----------------	----------------

CAPÍTULO 4: SISTEMA DE APOYO

CANT.	Ud	CONCEPTO	PRECIO UNIDAD €	PRECIO TOTAL €
		Caldera modulante de gas marca HERMANN modelo Micraplus 30		
1	Ud.	Caldera mural de gas modulante de la marca HERMANN, modelo Micraplus 30, con una potencia calorífica máxima de 30 KW y un caudal de 17 l/s ($\Delta t=25$). Totalmente instalada, conexiónada y comprobada en obra.	1137.00	1137.00
		Contador de ACS marca COHISA modelo CD ONE TRP		
2	Ud.	Contador de agua caliente sanitaria de la marca COHISA y modelo CD ONE TRP. Caudal de hasta 5 m^3/h , calibre de 3/4" y longitud de 130 mm. Totalmente instalado. Incluida mano de obra, pequeño material y montaje.	63.34	126.68

CAPÍTULO 5: SISTEMA HIDRÁULICO

CANT.	Ud	CONCEPTO	PRECIO UNIDAD €	PRECIO TOTAL €
		Tubería de cobre sanitario de 42 mm		
271.2	ml	Tubería de cobre sanitario de 42 mm de diámetro exterior y 40 mm de interior para soldar, codos, tés, manguitos, válvulas, etc.... Totalmente instalada conexiónada y comprobada en obra.	17.50	4746.00
		Tubería de cobre sanitario de 35 mm		
83.2	ml	Tubería de cobre sanitario de 35 mm de diámetro exterior y 32 mm de interior para soldar, codos, tés, manguitos, válvulas, etc.... Totalmente instalada conexiónada y comprobada en obra.	15.17	1262.14



Tubería de cobre sanitario de 28 mm			
363.2	ml	Tubería de cobre sanitario de 28 mm de diámetro exterior y 26 mm de interior para soldar, codos, té, manguitos, válvulas, etc.... Totalmente instalada conexionada y comprobada en obra.	12.77 4638.06

Tubería de cobre sanitario de 22 mm			
27.4	ml	Tubería de cobre sanitario de 22 mm de diámetro exterior y 20 mm de interior para soldar, codos, té, manguitos, válvulas, etc.... Totalmente instalada conexionada y comprobada en obra.	12.45 341.13

Válvula de esfera 22 mm			
12	Ud.	Válvula de esfera de 22 mm con cuerpo fabricado en latón, cromada y diamantada, anillos de teflón para estanqueidad de la esfera, anillo tórico y arandela de teflón para estanqueidad del eje. Temperatura máxima de utilización 140°C y presión máx. de 10 bar. Totalmente instalada, conexionada y comprobada en obra.	8.41 100.92

Válvula de esfera 28 mm			
8	Ud.	Válvula de esfera de 28 mm con cuerpo fabricado en latón, cromada y diamantada, anillos de teflón para estanqueidad de la esfera, anillo tórico y arandela de teflón para estanqueidad del eje. Temperatura máxima de utilización 140°C y presión máx. de 10 bar. Totalmente instalada, conexionada y comprobada en obra.	11.29 90.32

Válvula de esfera 35 mm			
4	Ud.	Válvula de esfera de 35 mm con cuerpo fabricado en latón, cromada y diamantada, anillos de teflón para estanqueidad de la esfera, anillo tórico y arandela de teflón para estanqueidad del eje. Temperatura máxima de utilización 140°C y presión máx. de 10 bar. Totalmente instalada, conexionada y comprobada en obra.	15.02 60.08

Válvula de esfera 42 mm			
43	Ud.	Válvula de esfera de 42 mm con cuerpo fabricado en latón, cromada y diamantada, anillos de teflón para estanqueidad de la esfera, anillo tórico y arandela de teflón para estanqueidad del eje. Temperatura máxima de utilización 140°C y presión máx. de 10 bar. Totalmente instalada, conexionada y comprobada en obra.	18.05 776.15



Válvula de retención				
9	Ud.	Válvula de retención de clapeta oscilante para eliminar la posibilidad de flujos inversos en la instalación. Temperatura máxima de utilización 140°C y presión máx. de 10 bar. Totalmente instalada, conexionada y comprobada en obra.	10.12	91.08

Válvula de seguridad				
9	Ud.	Válvula de seguridad de resorte con cuerpo de latón, cromada y diamantada. Apta para instalaciones de ACS. Temperatura máxima de utilización 140°C y tarada a una presión de 6 bar. Totalmente instalada, conexionada y comprobada en obra.	17.46	157.14

Válvula mezcladora 35mm				
1	Ud.	Válvula termostática o mezcladora para tubería de 35 mm apta para instalaciones de ACS, con escala regulable de temperatura (35-50°C), bloqueo automático en caso de falta de agua fría. Totalmente instalada, conexionada y comprobada en obra.	85.74	85.74

Manómetro de aguja				
3	Ud.	Manómetro de aguja con escala de 0 a 15 bar. Totalmente instalado, conexionado y comprobado en obra.	9.42	28.26

Vaso de expansión marca SALVADOR ESCODA 35 SMR-P				
1	Ud.	Vaso de expansión SALVADOR ESCODA 35 SMR-P, de 35 litros de membrana intercambiable, temperatura máxima de utilización de 130°C, precarga de 2,5 bar y presión máxima de 10 bar, aptos para el uso hasta el 50% de anticongelante. Totalmente instalado, conexionado y comprobado en obra.	107.93	107.93

Bomba marca GRUNDFOS modelo UPS 40-185 F				
2	Ud.	Bomba de la casa GRUNDFOS modelo UPS 40-185 F. Altura 17 mca con cuerpo de fundición, impulsor compuesto (PES/PP), con presión máxima de trabajo de 10 bar y temperatura máxima de fluido de 110°C. Eje y cojinetes radiales de cerámica, cojinete axial de carbono, camisa de rotor y placa soporte de acero inoxidable. Totalmente instalada, conexionada y comprobada en obra.	981.33	1962.66



Bomba marca GRUNDFOS modelo UPS 50-60/2F				
4	Ud.	Bomba de la casa GRUNDFOS modelo UPS 50-60/2F. Altura 5.25 mca con cuerpo de fundición, impulsor compuesto (PES/PP), con presión máxima de trabajo de 10 bar y temperatura máxima de fluido de 110°C. Eje y cojinetes radiales de cerámica, cojinete axial de carbono, camisa de rotor y placa soporte de acero inoxidable. Totalmente instalada, conexionada y comprobada en obra.	1097.00	4388.00
Bomba marca GRUNDFOS modelo TP 32-230/2				
2	Ud.	Bomba de la casa GRUNDFOS modelo TP 32-230/2. Altura 23 mca con cuerpo de fundición, impulsor compuesto (PES/PP), con presión máxima de trabajo de 10 bar y temperatura máxima de fluido de 110°C. Eje y cojinetes radiales de cerámica, cojinete axial de carbono, camisa de rotor y placa soporte de acero inoxidable. Totalmente instalada, conexionada y comprobada en obra.	1808.58	3617.16
Coquilla de espuma de poliuretano para tubería de cobre de DN 22 mm				
27.4	ml	Metro lineal de coquilla de espuma rígida de poliuretano. Espesor de 25 mm. Totalmente montada. Incluida mano de obra.	3.47	95.08
Coquilla de espuma de poliuretano para tubería de cobre de DN 28 mm				
363.2	ml	Metro lineal de coquilla de espuma rígida de poliuretano. Espesor de 25 mm. Totalmente montada. Incluida mano de obra.	3.89	1529.55
Coquilla de espuma de poliuretano para tubería de cobre de DN 35 mm				
83.2	ml	Metro lineal de coquilla de espuma rígida de poliuretano. Espesor de 25 mm. Totalmente montada. Incluida mano de obra.	4.20	349.44
Coquilla de espuma de poliuretano para tubería de cobre de DN 42 mm				
271.2	ml	Metro lineal de coquilla de espuma rígida de poliuretano. Espesor de 25 mm. Totalmente montada. Incluida mano de obra.	4.80	1301.76

**CAPÍTULO 6: SISTEMA DE REGULACIÓN Y CONTROL**

CANT.	Ud	CONCEPTO	PRECIO UNIDAD €	PRECIO TOTAL €
Sistema de regulación marca RESOL modelo DELTASOL E				
1	Ud.	Sistema de regulación por diferencia de temperatura marca RESOL controlada por microprocesador con medición integrada de rendimiento energético para instalaciones solares térmicas. Cuenta con hasta 10 entradas de sonda y 7 salidas de relé. Totalmente instalada, conexionada y comprobada en obra.	620.00	620.00
Válvula de conmutación de 3 vías todo o nada				
1	Ud.	Válvula de 3 vías de 3/4", servopilotada. Temperatura de servicio hasta 110°C y presión máxima de 10 bar. Tiempo de apertura y cierre de 15 seg. Totalmente instalada, conexionada y comprobada en obra.	191.02	764.08
Disipador marca ESCOSOL modelo 12043				
6	Ud.	Disipador de calor ESCOSOL, modelo 12043, para periodos de baja demanda y gran producción, compuesto por válvula termostática y batería de disipación de 2000 W. Totalmente instalado, conexionado y comprobado en obra.	254.00	1524.00

**TOTAL POR CAPÍTULOS**

CAPÍTULO	TOTAL €
Costes Directos	
Capítulo 1: Sistema de captación.	41573.82 €
Capítulo 2: Sistema de acumulación.	8854.00 €
Capítulo 3: Sistema de intercambio.	10888.19 €
Capítulo 4: Sistema de apoyo.	1263.68 €
Capítulo 5: Sistema hidráulico.	25728.60 €
Capítulo 6: Sistema de regulación y control.	2908.08 €
Total costes directos	91216.37 €
Costes indirectos	
18 % de los Costes directos	16418.95 €
Total costes directos	16418.95 €
TOTAL PRECIO DE EJECUCIÓN MATERIAL	107635.32 €

El total del presupuesto de ejecución material de la instalación asciende a un total de **CIENTO SIETE MIL SEISCIENTOS TREINTA Y CINCO CON TREINTA Y DOS EUROS.**

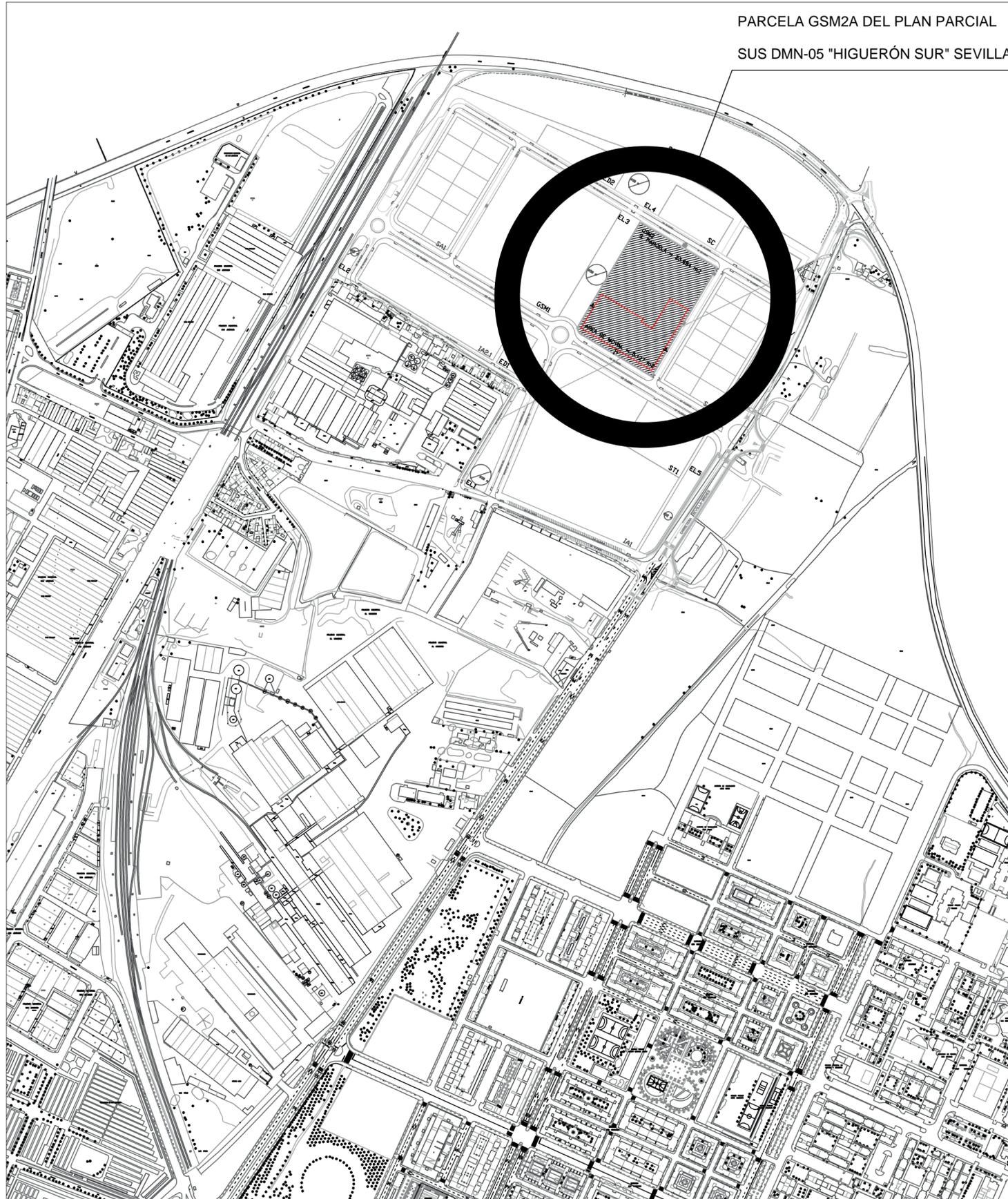
SEVILLA, MARZO DE 2015.

AQUILINO JUNQUERA HERNÁNDEZ

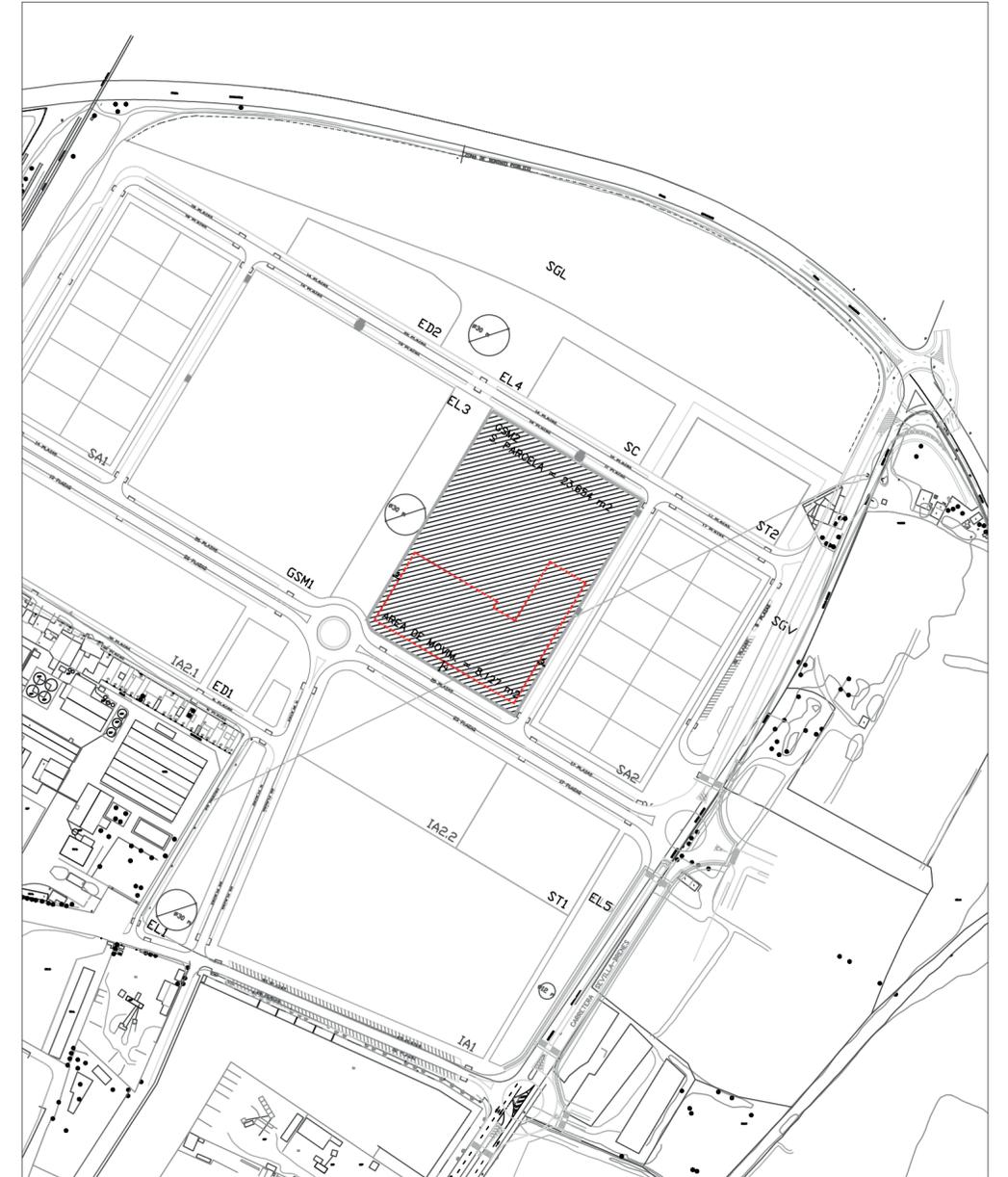


5. PLANOS

PARCELA GSM2A DEL PLAN PARCIAL
SUS DMN-05 "HIGUERÓN SUR" SEVILLA

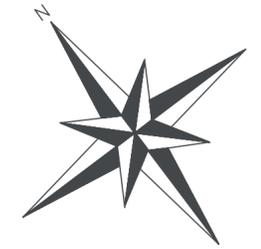
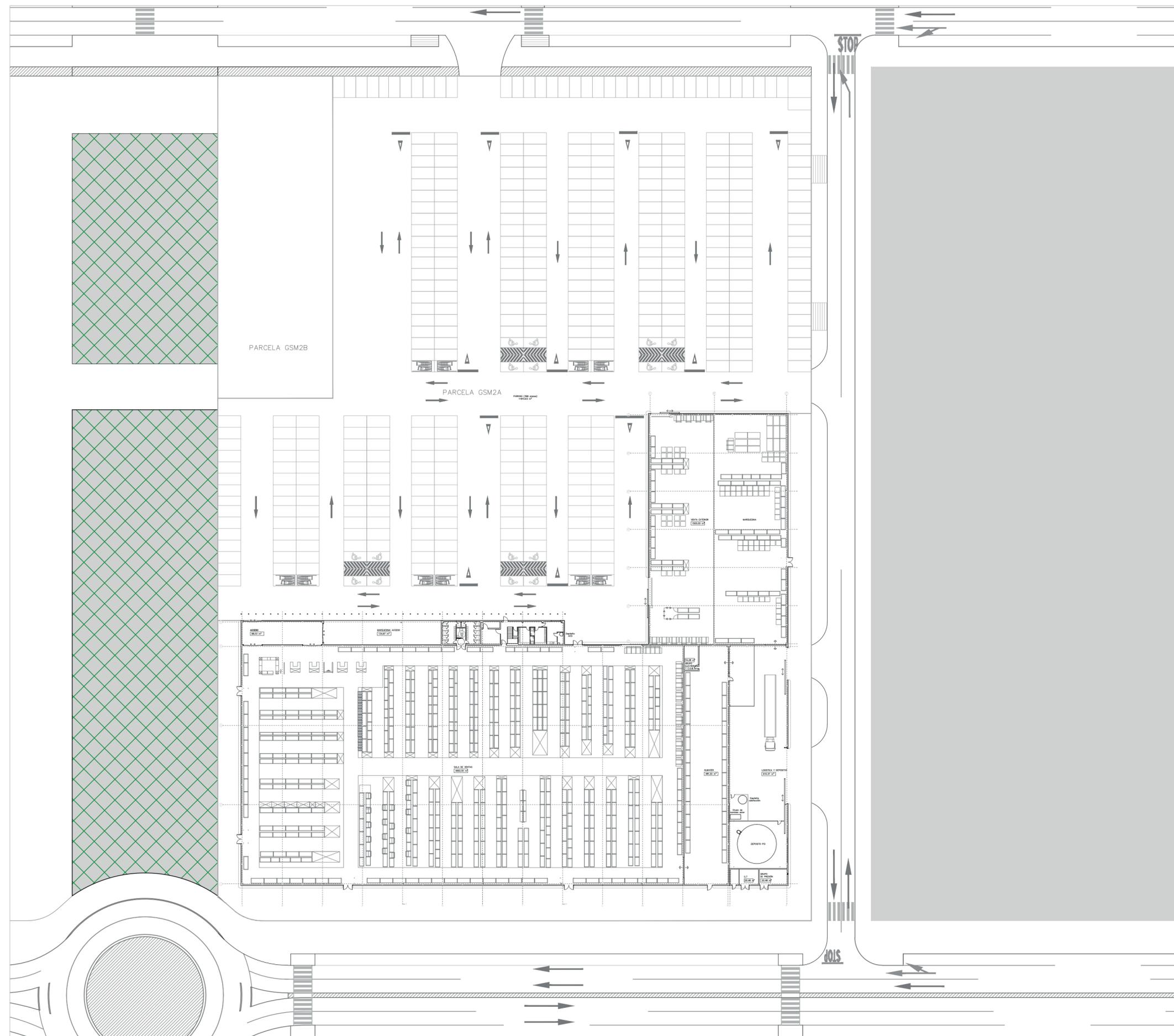


SITUACIÓN. ESCALA 1/5000

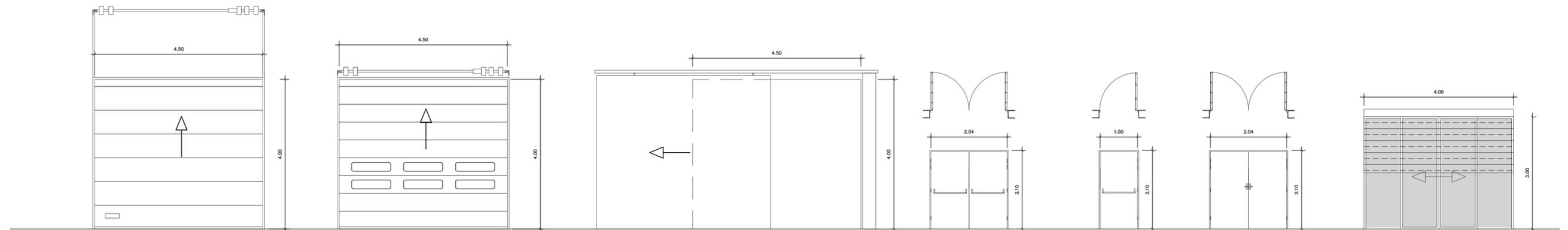
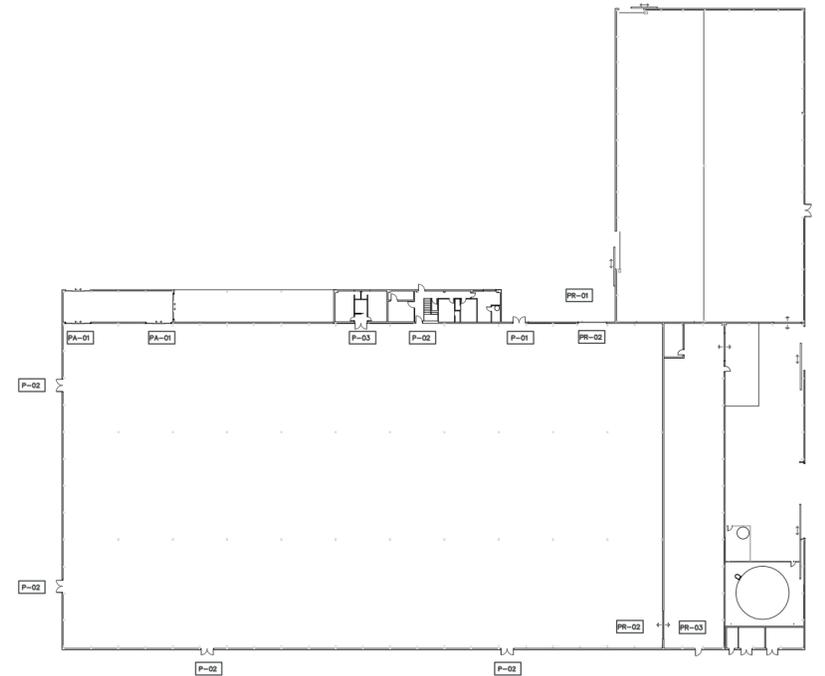


EMPLAZAMIENTO. ESCALA 1/2500

 <p>DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ENERGÉTICA. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA. UNIVERSIDAD DE SEVILLA.</p>	
<p>INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN Y PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA POR ENERGÍA SOLAR EN UNA SUPERFICIE COMERCIAL.</p>	
<p>PLANO N°:</p> <p>1</p>	<p>SITUACIÓN Y EMLAZAMIENTO</p>
<p>AUTOR DEL PROYECTO:</p> <p>AQUILINO JUNQUERA HERNANDEZ</p>	<p>ESCALA: S/P</p> <p>FECHA: 23/03/2015</p>



	DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ENERGÉTICA. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIA. UNIVERSIDAD DE SEVILLA.	
	INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN Y PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA POR ENERGÍA SOLAR EN UNA SUPERFICIE COMERCIAL.	
PLANO N°: <div style="font-size: 2em; text-align: center;">2</div>	IMPLANTACIÓN EN PARCELA	ESCALA: 1/600
AUTOR DEL PROYECTO: AQUILINO JUNQUERA HERNANDEZ	FECHA: 23/03/2015	



TIPO	
UNIDADES	
ACABADOS	
OBSERVACIONES	
CARPINTERIA	
VIDRIO	
PERSIANA	

PR-01	
1	
LACADO PULV RAL 3000	
SECCIONAL MOTORIZADA	
PANEL LACADO CON Aislamiento Térmico	
NO	
NO	

PR-02	
2	
PULV RAL 3000	
PUERTA RÁPIDA PLEGABLE MOTORIZADA	
LONA SIMPREGA DE POLIÉSTER REFORZADA	
NO	
NO	

PR-03	
1	
PINTURA GRIS RAL 7004	
CORREDERA CORTAFUEGO E180	
METALICA CORTAFUEGO CORREDERA	
NO	
NO	

P-01	
5 Ud.	
PINTURA GRIS RAL 7004	
PUERTA METALICA DE 2 HORAS	
PUERTA METALICA ED-40-C5	
NO	
NO	

P-02	
1 Ud.	
PINTURA GRIS RAL 7004	
PUERTA DE LINA HOGA - PISO LIBRE 1.00 m	
PUERTA METALICA BILINDADA	
NO	
NO	

P-03	
1 Ud.	
PINTURA GRIS RAL 7004	
PUERTA METALICA DE 2 HORAS	
PUERTA METALICA CORTAFUEGO E180	
NO	
NO	

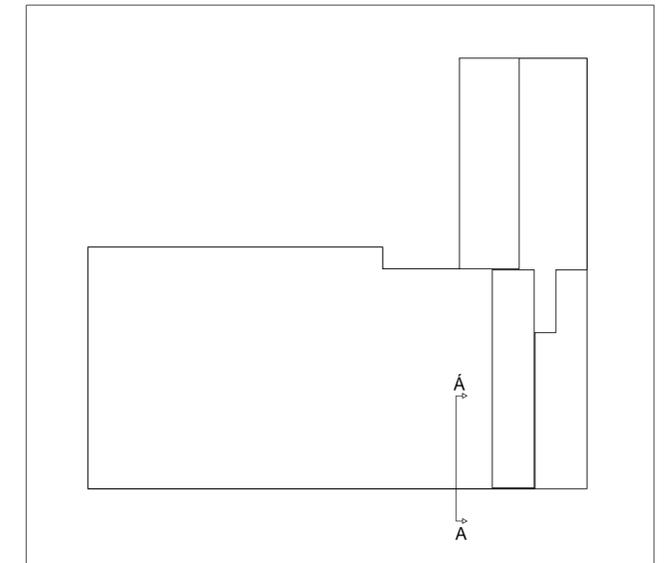
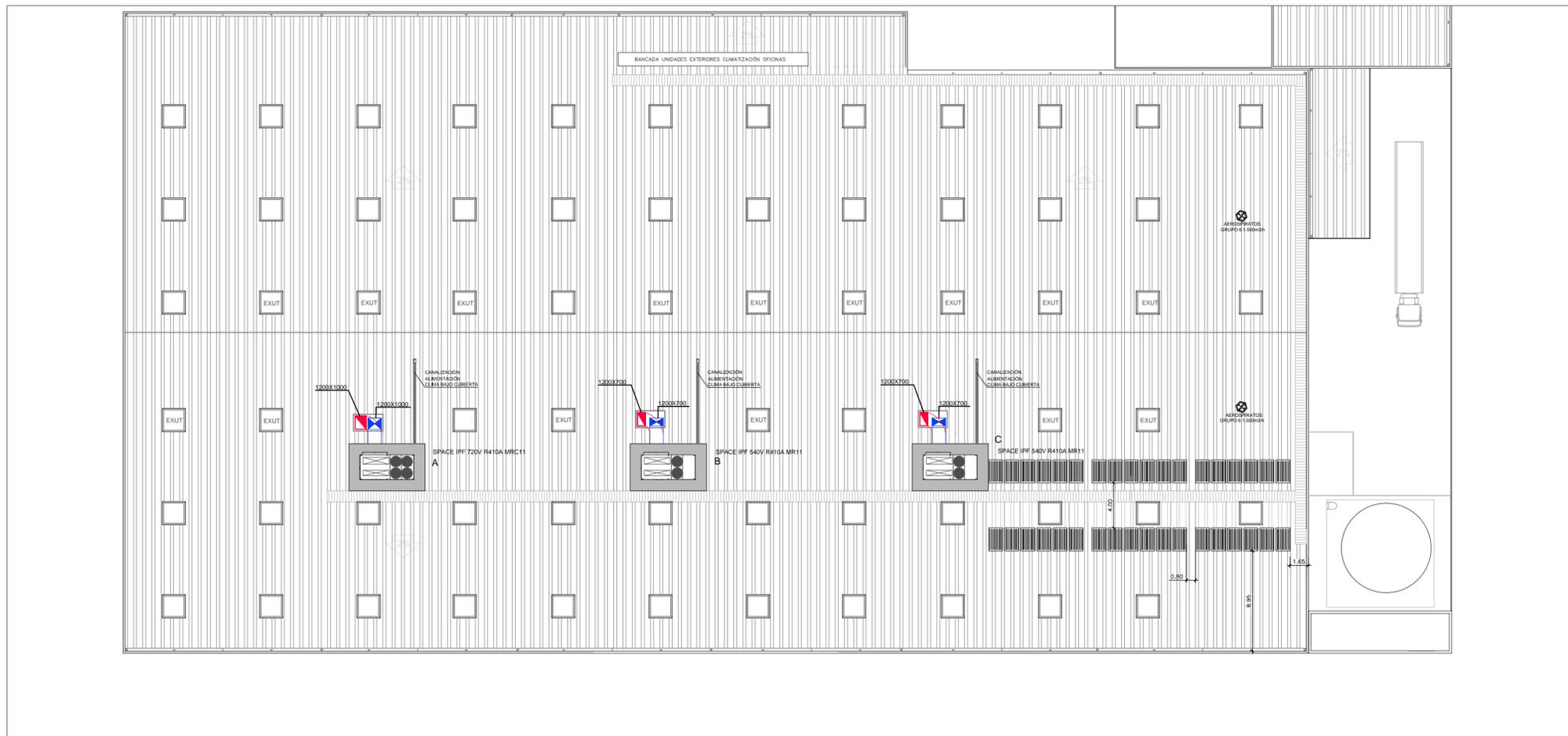
PA-01	
2	
ALUMINIO LACADO COLOR BLANCO RAL 9010	
AUTOMATICA CORREDERA DE DOS HOJAS Y DOS FLUJOS LATERALES	
PERFIL ALUMINIO	
SI/NO	
SI	



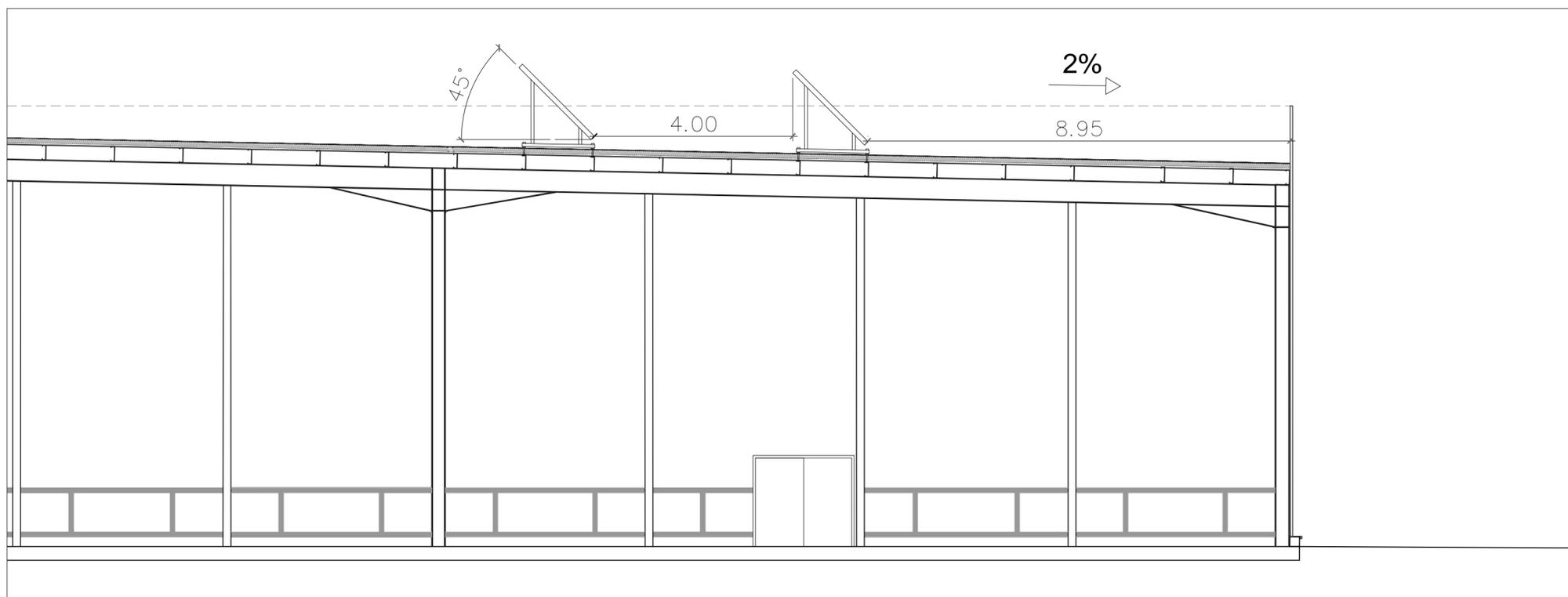
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ENERGÉTICA.
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIA.
UNIVERSIDAD DE SEVILLA.

INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN Y PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA POR ENERGÍA SOLAR EN UNA SUPERFICIE COMERCIAL.

PLANO N°: <div style="font-size: 24px; text-align: center;">3</div>	DETALLE PUERTAS NAVE DE VENTAS	ESCALA: 1/80
AUTOR DEL PROYECTO: AQUILINO JUNQUERA HERNANDEZ	FECHA: 23/3/2015	



VISTA CUBIERTA. ESCALA 1/350



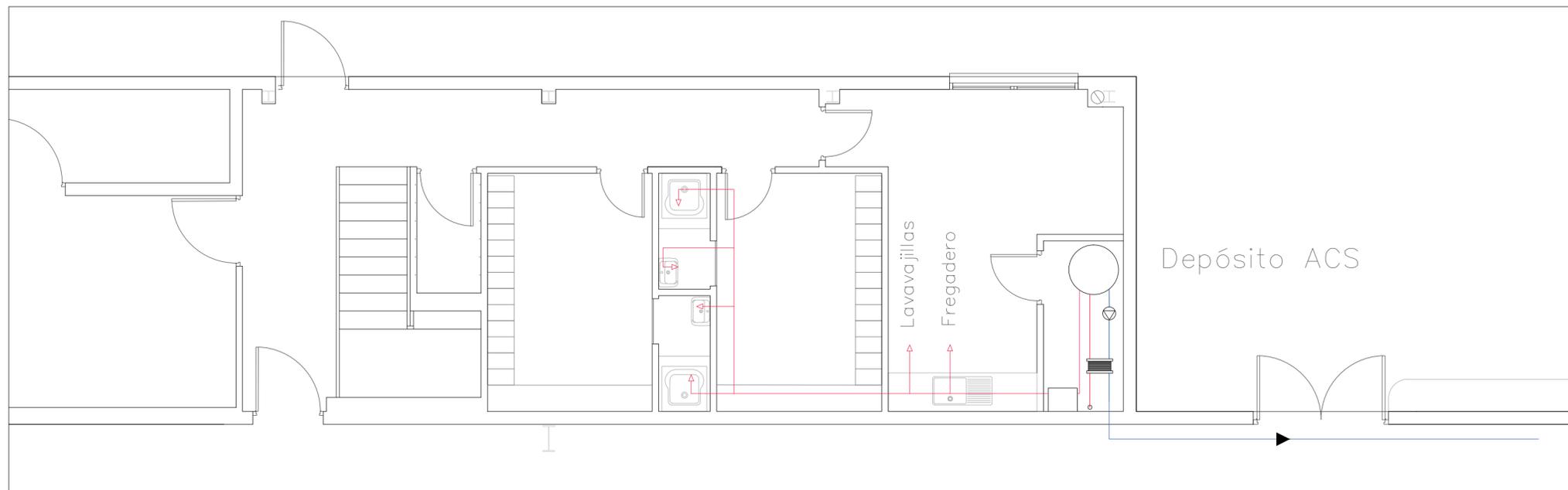
SECCIÓN A-A. ESCALA 1/80

SIMBOLOGÍA CLIMATIZACIÓN	
	CONDUCTO DE EXTRACCIÓN
	CONDUCTO DE IMPULSION

	DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ENERGÉTICA. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA. UNIVERSIDAD DE SEVILLA.	
	INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN Y PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA POR ENERGÍA SOLAR EN UNA SUPERFICIE COMERCIAL.	
PLANO N°: 4	INSTALACIÓN EN CUBIERTA	
AUTOR DEL PROYECTO: AQUILINO JUNQUERA HERNANDEZ	ESCALA: S/P	FECHA: 23/3/2015

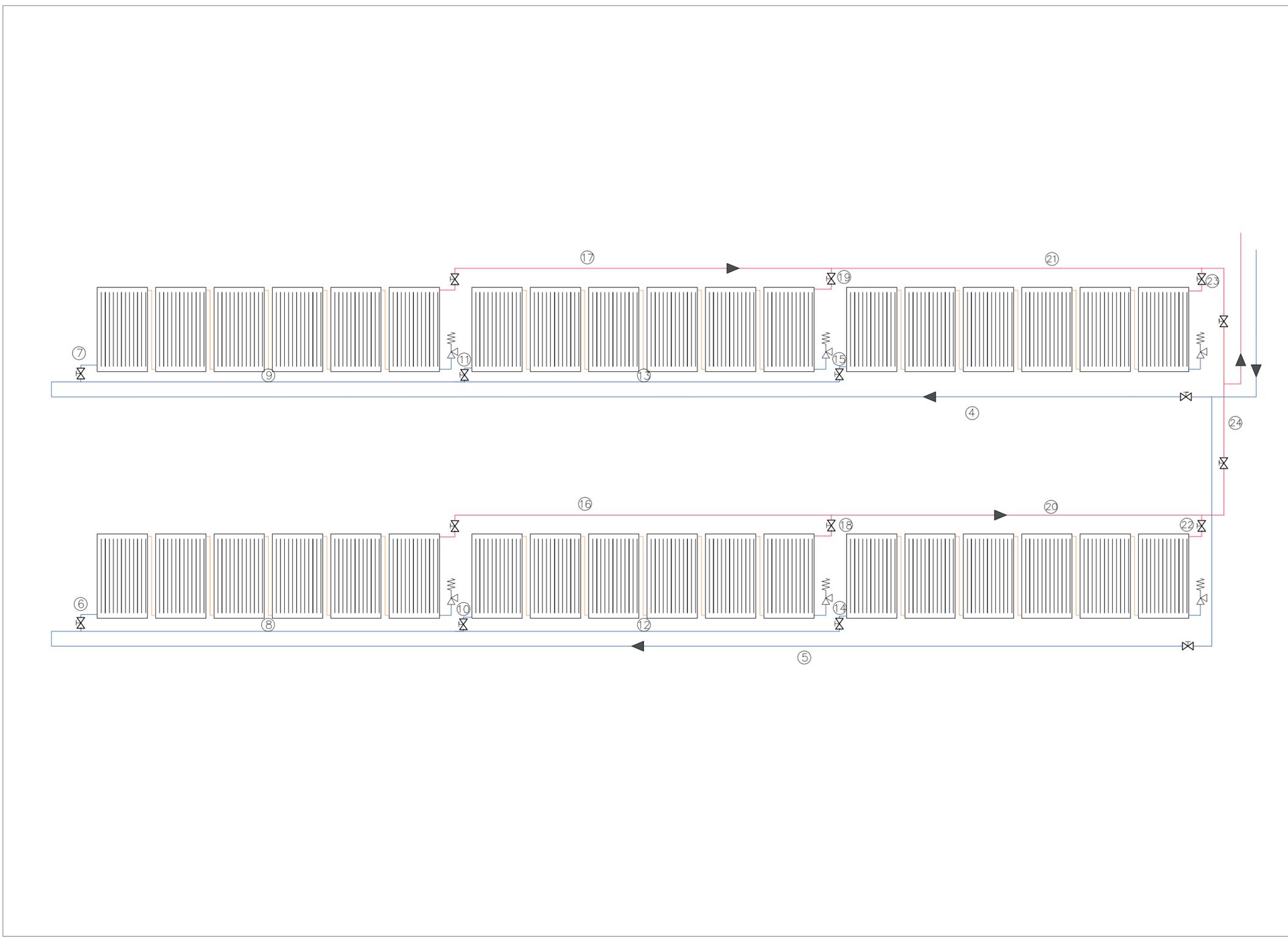


DETALLE TUBERÍAS CALEFACCIÓN Y CUBIERTA. ESCALA 1/250



DETALLE TUBERÍAS ACS. ESCALA 1/250

	DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ENERGÉTICA. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA. UNIVERSIDAD DE SEVILLA.	
	INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN Y PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA POR ENERGÍA SOLAR EN UNA SUPERFICIE COMERCIAL.	
PLANO N°: 5	INSTALACIÓN ACS Y CALEFACCIÓN. TUBERÍAS	ESCALA: S/P
AUTOR DEL PROYECTO: AQUILINO JUNQUERA HERNANDEZ	FECHA: 23/3/2015	



LEYENDA

TRAMO	DIÁMETRO NOMINAL	DIÁMETRO INTERIOR
4	35	33
5	35	33
6 y 7	22	20
8 y 9	28	26
10 y 11	22	20
12 y 13	22	20
14 y 15	22	20
16 y 17	22	20
18 y 19	22	20
20 y 21	28	26
22 y 23	22	20
24	35	33

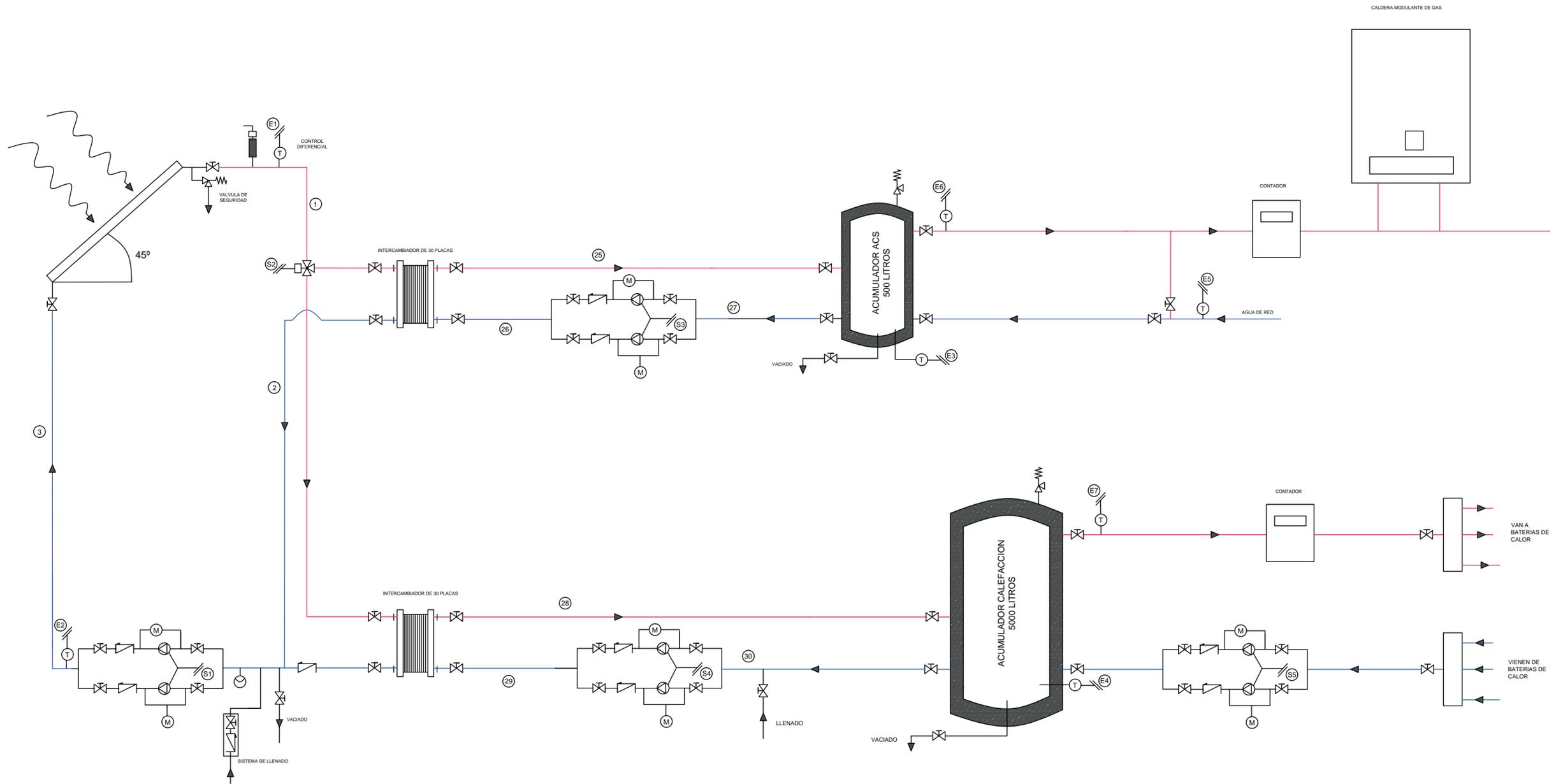
SIMBOLOGÍA

	Válvula de esfera
	Válvula de seguridad


 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ENERGÉTICA.
 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA.
 UNIVERSIDAD DE SEVILLA.

INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN Y PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA POR ENERGÍA SOLAR EN UNA SUPERFICIE COMERCIAL.

PLANO N°: 6	CONEXIONADO DE CAPTADORES	ESCALA: 1/75
AUTOR DEL PROYECTO: AQUILINO JUNQUERA HERNANDEZ	FECHA: 23/03/2015	



LEYENDA

	VÁLVULA DE ESFERA		MANÓMETRO
	VÁLVULA DE RETENCIÓN		VASO DE EXPANSIÓN
	VÁLVULA DE SEGURIDAD		NÚMERO TRAMO DE TUBERÍA
	BOMBA DE CIRCULACIÓN		SONDA DE TEMPERATURA
	DISIPADOR		ENTRADA SISTEMA REGULACIÓN
	PURGADOR		SALIDA SISTEMA REGULACIÓN
	VÁLVULA DE 3 VÍAS		

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ENERGÉTICA.
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA.
UNIVERSIDAD DE SEVILLA.

INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN Y PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA POR ENERGÍA SOLAR EN UNA SUPERFICIE COMERCIAL.

PLANO N°:

7

ESQUEMA DE PRINCIPIO

AUTOR DEL PROYECTO:
AQUILINO JUNQUERA HERNANDEZ

ESCALA: S/E

FECHA: 23/3/2015



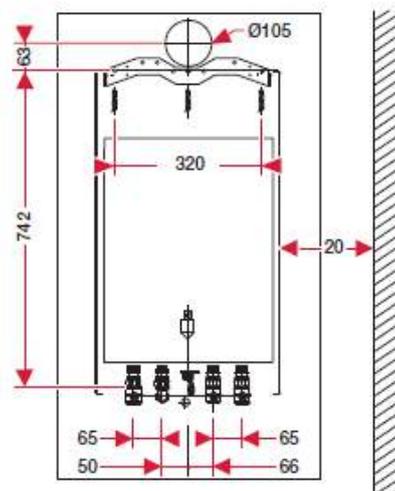
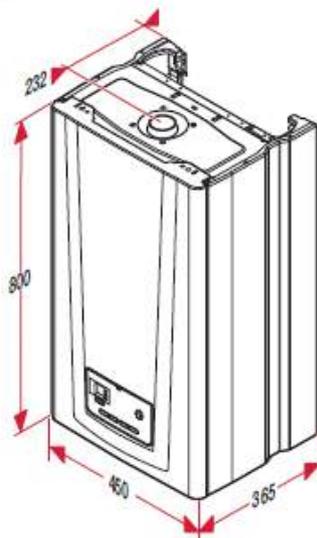
6.HOJAS TÉCNICAS



CALDERA MURAL HERMANN MICRAPLUS 30 [9].



Dimensiones (mm)

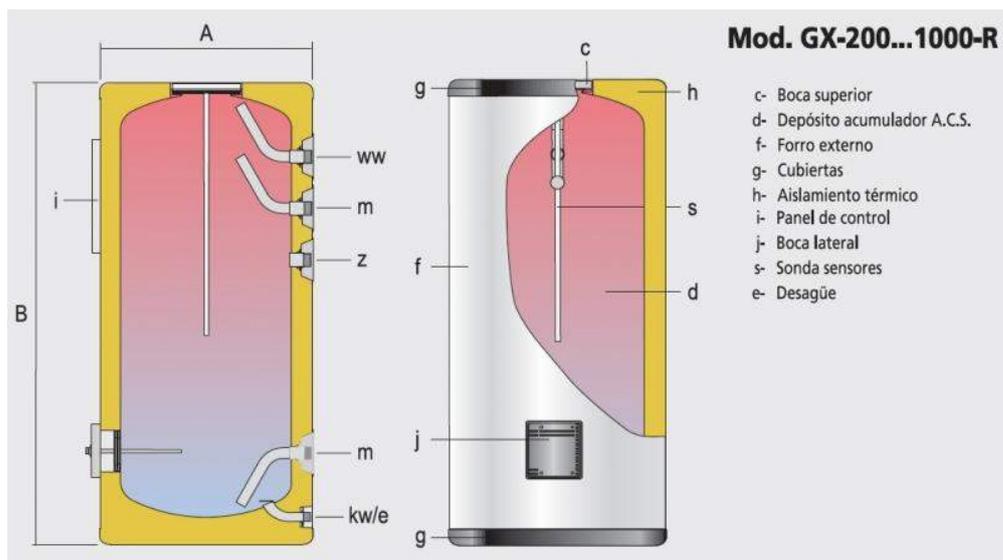




Modelo		MICRAPIUS 30
Referencia	Gas N	0010014013
Nº certificación CE		1312BV5391
Categoría de gas (homologado)		II2H3+
Calefacción		
Potencia útil (80/ 60 °C)	kW	10,4 - 29,6
Rendimientos/ PCI (80/ 60 °C)	%	93
Temperatura ida	°C	38 - 80
Presión máxima	bar	3
Capacidad de vaso de expansión	L	8
Agua Caliente Sanitaria		
Potencia útil	kW	10,4 - 29,6
Temperatura de salida ACS	°C	38 - 60
Caudal específicos/ EN13203 ($\Delta T_{25}^{\circ C}$)	L/ min	17
Caudal de agua mínimo	L/ min	1,5
Presión máxima	bar	10
Evacuación de humos		
Longitud máxima horizontal C12 60/ 100	m	3,5
Longitud máxima horizontal C12 80/ 125	m	7
Longitud máxima vertical C32 60/ 100	m	4
Longitud máxima vertical C32 80/ 125	m	8
Longitud máxima horizontal a colectivo C42 60/ 100	m	3,5
Longitud máxima doble flujo C82/ C52 80/ 80	m	2 x 15
Circuito Eléctrico		
Alimentación	V/ Ph/ Hz	230/ 1/ 50
Consumo máximo	W	152
Intensidad	A	0,7
Protección eléctrica		IPX4D
Dimensiones y Peso		
Dimensiones (alto/ ancho/ fondo)	mm	800/ 450/ 365
Peso de montaje	kg	36

DEPOSITOS DE ACUMULACIÓN [10].

- LAPESA GEISER INOX GX-500-R

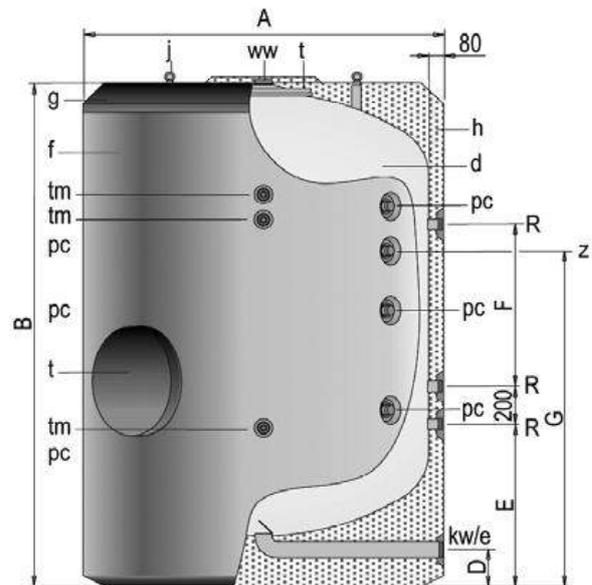


Características / Conexiones / Dimensiones		GX-200-R	GX-300-R	GX-500-R	GX-750-R
Capacidad de ACS	litros	200	300	500	750
Peso en vacío (aprox.)	Kg.	50	64	102	147
ww: Salida de ACS	"GAS/M	1-1/4	1-1/4	1-1/4	1-1/2
z: Recirculación	"GAS/M	1-1/4	1-1/4	1-1/4	1-1/2
kw/e: Entrada de agua fría/desagüe	"GAS/M	1	1	1	1-1/4
m: Conexión lateral	"GAS/M	1-1/4	1-1/4	1-1/4	1-1/2
Cota A: Diámetro exterior	mm.	620	620	770	950
Cota B: Longitud total	mm.	1205	1685	1690	1840

* Modelos RB, con boca de hombre lateral DN 400
 Modelos R, con boca de inspección lateral DN 90



- IDROGAS IMVV 5000 RB



- | | |
|----|------------------------------|
| t- | Boca de hombre DN400 |
| d- | Depósito acumulación ACS |
| f- | Forro externo (opcional) |
| g- | Cubierta superior (opcional) |
| h- | Aislamiento térmico |
| j- | Cáncamos para transporte |

MODELO RB - DATOS TÉCNICOS		Ref. tamaño acumulador						
		1500RB	2000RB	2500RB	3000RB	3500RB	4000RB	5000RB
Capacidad de ACS	l.	1500	2000	2500	3000	3500	4000	5000
Temp. máx. en continuo depósito de A.C.S.	°C	90	90	90	90	90	90	90
Presión máx. depósito de A.C.S.	bar	8	8	8	8	8	8	8
Peso en vacío (aprox.)	Kg.	390	450	630	690	755	880	1040
KW/e: Entrada de agua fría/desagüe	"GAS/M	2	2	3	3	3	3	3
ww: Salida de ACS	"GAS/M	2	2	3	3	3	3	3
z: recirculación	"GAS/M	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2
R: conexión resistencia	"GAS/M	2	2	2	2	2	2	2
tm: conexión sensores laterales	"GAS/M	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4
Diámetro exterior: A	mm	1360	1360	1660	1660	1660	1910	1910
Longitud total: B	mm	1830	2280	2015	2305	2580	2310	2710
Cota D	mm	175	175	200	200	200	200	200
Cota E	mm	680	680	805	805	805	875	875
Cota F	mm	330	780	300	590	875	465	870
Cota G	mm	1110	1555	1250	1540	1755	1450	1805

INTERCAMBIADOR ALFA LAVAL M3-FG/30HB [11].


M3-FG

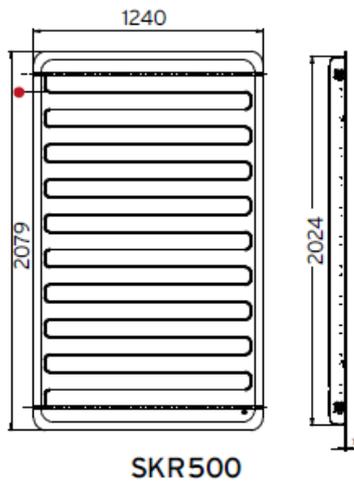
30% Prop. Glicol 55->45 / agua 35->45							
Potencia (kW)	Modelo	n° placas	Caudal 1 (m ³ /h)	DP 1 (m.c.a.)	Caudal 2 (m ³ /h)	DP 2 (m.c.a.)	Conex.
10	M3-FG/8H	8	0,9	1,2	0,9	1,8	1"1/4
15	M3-FG/10H	10	1,7	0,4	1,3	2,3	1"1/5
20	M3-FG/12H	12	1,8	2,1	1,7	2,6	1"1/6
30	M3-FG/16H	16	2,7	2,7	2,6	3	1"1/7
40	M3-FG/20H	20	3,6	3	3,5	3,3	1"1/8
50	M3-FG/25H	25	4,5	3,3	4,3	2,9	1"1/9
60	M3-FG/30H	30	5,5	3,2	5,2	3,2	1"1/10
70	M3-FG/34H	34	6,4	3,4	6,1	3,4	1"1/11
80	M3-FG/40H	40	7,3	3,4	6,9	3,3	1"1/12
90	M3-FG/46H	46	8,2	3,4	7,8	3,2	1"1/13
100	M3-FG/52H	52	9,1	3,4	8,7	3,2	1"1/14
110	M3-FG/55H	55	10	3,8	9,6	3,4	1"1/15
120	M6-FM/16L	16	10,9	2,8	10,4	3	2"
130	M6-FM/17L	17	11,8	3,2	11,3	2,7	2"
140	M6-FM/18L	18	12,7	3	12,2	3,1	2"
150	M6-FM/19L	19	13,6	3,4	13	2,9	2"



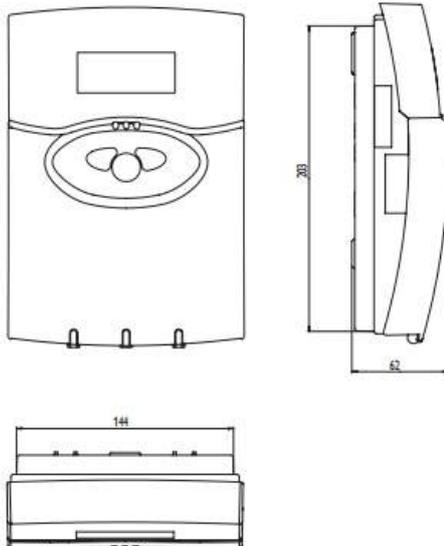
CAPTADOR SOLAR SONNENKRAFT SKR500 [12].



Dimensiones



Nombre		SKR500	SKR500L
Tipo de captador		Solar plano	
Tipo de montaje		Sobre tejado	
Superficie bruta	m ²	2.57	
Superficie de apertura	m ²	2.26	
Superficie de absorbedor	m ²	2.30	
Altura	mm	2079	1240
Ancho	mm	1240	2079
Profundidad	mm	95	
Peso en vacío	kg	38	38.5
Capacidad del captador	l	1.45	1.72
Presión máx. de trabajo	bar	10	
Temperatura de estanqueidad	° C	174	
Caudal recomendado	l/m ² h	10 - 35	
Conexión en serie		Máx. 12 uds. en paralelo	Máx. 10 uds. en paralelo
Inclinación mín. del captador	°	15	
Inclinación máx. del captador	°	75	
Conexiones		18 m cobre	
Absorbedor		Absorbedor de aluminio de superficie completa; recubrimiento al vacío altamente selectivo	
Configuración		Meandro	
Absorción (α) / Emisión (ε)		0.95 / 0.05	
Carcasa		Bandeja de aluminio embutida, resistente al ambiente marino	
Aislamiento		50 mm lana mineral	
Acrilado del captador		Vidrio solar de seguridad y bajo contenido de hierro de 3,2 mm	
Rendimiento óptico (apertura/absorción) η_{0a} / η_{0A}		0.820 / 0.806	0.794 / 0.781
Factor de pérdidas a_{1a} / a_{1A}	W / (m ² K)	3.821 / 3.758	3.514 / 3.456
Factor de pérdidas a_{2a} / a_{2A}	W / (m ² K ²)	0.0108 / 0.0106	0.0147 / 0.0145
Modificador del ángulo de incidencia $K_g(50^\circ)$		0.96	
Nº reg. Solar Keymark		011-7S1277F	011-7S1284F

REGULADOR DE SISTEMA DELTASOL E [13].

Entradas: 10 sondas Pt1000, CS10,V40

Salidas: 6 relés semiconductores, 3 de los cuales para el control de velocidad, 1 relé sin potencial y 3 salidas PWM (se pueden convertir en señales de 0-10V)

Frecuencia PWM: 512 Hz

Tensión PWM: 10,5 V

Potencia de salida:

1 (1) A 240 V~ (relé semiconductor)

4 (1) A 24 V~/240 V~ (relé sin potencial)

Potencia total de salida: 4 A 240 V~

Alimentación: 100 ... 240 V~ (50 ... 60 Hz)

Tipo de conexión: Y

Consumo en modo de espera: < 1,6 W

Funcionamiento: tipo 1.B.C.Y

Ratio de sobretensión transitoria: 2,5 kV

Interfaz de datos: VBus® de RESOL

Transmisión de corriente VBus®: 35 mA

Funciones: apoyo a la calefacción, intercambio térmico, calentamiento termostático auxiliar, caldera de biomasa, balance térmico, refrigeración de captadores, captador de tubos de vacío, antihielo, limitación mínima de temperatura control de velocidad y control de funcionamiento

Carcasa: de plástico, PC-ABS y PMMA

Montaje: sobre pared o en cuadro de conexiones

Visualización/Pantalla: pantalla LC luminosa de 4 líneas, con menú en varios idiomas

Manejo: con las tres teclas frontales

Tipo de protección: IP 20/IEC 60529

Categoría de protección: II

Temperatura ambiente: 0 ... 40 °C

Índice de contaminación: 2

Dimensiones: 227 x 156 x 62 mm

**DISIPADOR ECOSOL SO 12043 [16].**

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS						
DATOS		CÓDIGOS				
		SO 12041	SO 12042	SO 12043	SO 12044	SO 12045
Largo máximo	mm	520	740	1.090	1.630	2.050
Ancho	mm	230	230	230	230	230
Alto	mm	35	35	35	35	35
Material	tubos/aletas	Cobre/aluminio	Cobre/aluminio	Cobre/aluminio	Cobre/aluminio	Cobre/aluminio
Peso aproximado	kg	2,48	3,86	5,90	8,65	11,00
Presión máxima	bar	10	10	10	10	10
Temperatura fluido	K	105	105	105	105	105
Temperatura exterior	K	40	40	40	40	40
Salto térmico	K	65	65	65	65	65
Superficie	m ²	1,96	3,25	5,16	7,74	10,32
Coefficiente k	W/m ² , K	5,96	5,96	5,96	5,96	5,96
Potencia	W	758	1.260	2.000	3.000	4.000