

Trabajo de Fin de Grado

Grado en Ingeniería de las Tecnologías Industriales

Diseño de una instalación de energía solar térmica  
para producción de ACS en bloques de viviendas  
de protección oficial

Autor: Miriam de Prado Jiménez

Tutor: José Julio Guerra Macho

Alfredo Iranzo Paricio

Departamento de Ingeniería Energética

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2020



Trabajo de Fin de Grado  
Grado en Ingeniería de las Tecnologías Industriales

# **Diseño de una instalación de energía solar térmica para producción de ACS en bloques de viviendas de protección oficial**

Autor:

Miriam de Prado Jiménez

Tutor.

José Julio Guerra Macho  
Catedrático de Universidad

Alfredo Iranzo Paricio

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



Trabajo de Fin de Grado: Diseño de una instalación de energía solar térmica para  
producción de ACS en bloques de viviendas de protección oficial

Autor: Miriam de Prado Jiménez

Tutor: José Julio Guerra Macho  
Alfredo Iranzo Paricio

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

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, enero 2020

El Secretario del Tribunal

# Agradecimientos

---

A mi familia,  
A mis profesores,  
A Yiya,



## Resumen

---

Este proyecto trata del diseño de una instalación de energía solar a baja temperatura para agua caliente sanitaria en unos edificios de viviendas en Sevilla. El proyecto consta de una memoria descriptiva en la que se explicará cómo son los edificios y la instalación además de detallar la normativa por la que se rige el proyecto, también hay una memoria de cálculo que describe el método utilizado para el dimensionado de la instalación y los cálculos de demanda, superficie etc. Para finalizar habrá un apartado de pliegos de condiciones, unas mediciones y presupuesto así como el estudio de seguridad y salud propio para llevar a cabo la instalación y se adjuntarán los planos pertinentes.

## Abstract

---

This project deals with the design of a low temperature solar energy installation for domestic hot water in four residential buildings in Seville. The project consists of a descriptive report which will explain how the building and the installation are in addition to detailing the regulations governing the project, there is also a calculation memory that describes the method used for the dimensioning of the installation and the calculations of demand, surface, etc. To conclude there will be a section of specifications, measurements and budget and the relevant plans will be attached.



# Índice de contenido

---

Agradecimientos .....	5
Resumen.....	7
Abstract.....	8
<b>1 MEMORIA DESCRIPTIVA .....</b>	<b>17</b>
1.1. Antecedentes y objeto .....	18
1.2. Normativa aplicable .....	19
1.3. Introducción .....	21
1.4. Método de cálculo.....	22
1.5. Situación y emplazamiento.....	27
1.6. Descripción de los edificios.....	27
1.7. Descripción de la instalación .....	28
1.8. Elementos principales de la instalación .....	30
1.8.1. Captadores solares.....	30
1.8.2. Intercambiador exterior .....	31
1.8.3. Acumulador solar .....	31
1.8.4. Circuito hidráulico .....	32
1.8.5. Sistema de regulación .....	34
1.8.6. Sistema de llenado .....	34
1.8.7. Sistema de energía auxiliar.....	34
1.9. Características de los equipos.....	35
1.9.1. Captador solar .....	35
1.9.2. Estructura soporte .....	36
1.9.3. Intercambiador exterior .....	36
1.9.4. Interacumulador .....	37
1.9.5. Acumulador .....	37
1.9.6. Bombas de circulación .....	38
1.9.7. Sistema de control .....	39
1.10. Bibliografía.....	40

<b>2. MEMORIA DE CÁLCULO .....</b>	<b>41</b>
2.1. Introducción .....	42
2.2. Datos de partida .....	42
2.2.1. Parámetros geográficos .....	42
2.2.2. Parámetros climáticos .....	42
2.3. Cálculo de la demanda .....	43
2.3.1 Cálculo del consumo de agua.....	43
2.3.2. Demanda energética .....	44
2.4. Cálculo de la superficie de captación .....	45
2.5. Cálculo del volumen de acumulación .....	48
2.6. Distancia mínima entre captadores y petril de la cubierta.....	50
2.7. Cálculo de las pérdidas por ubicación en cubierta.....	50
2.7.1 Cálculo d las pérdidas por orientación e inclinación.....	50
2.7.2. Cálculo de las pérdidas por sombra .....	52
2.8. Dimensionado red tuberías .....	53
2.8.1. Fluido caloportador .....	54
2.8.2. Diseño red de tuberías.....	55
2.10. Dimensionado del vaso de expansión .....	62
2.11. Cálculo del espesor de aislamiento .....	65
2.11.1. Aislamiento en tuberías .....	65
2.12. Diseño del sistema eléctrico y de control.....	65
2.13. Materiales y protecciones.....	66
 <b>3. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS Y ADMINISTRATIVAS .....</b>	 <b>68</b>
3.1. Objeto .....	69
3.2. Normativa aplicable .....	69
3.3. Condiciones de materiales y equipos .....	69
3.3.1. Tuberías y accesorios .....	69
3.3.2. Válvulas .....	72
3.3.3. Aislamiento .....	73
3.3.4. Vasos de expansión.....	74
3.3.5. Bombas.....	74
3.3.6. Captadores .....	75
3.3.7. Sistema eléctrico y de control .....	76

3.3.8. Aparatos de medida.....	77
3.3.9. Acumuladores .....	78
3.3.10. Intercambiadores de calor .....	79
3.4. Provisión de los materiales .....	80
3.5. Condiciones de montaje.....	80
3.6. Prueba, puesta en marcha y recepción .....	80
3.6.1. General .....	80
3.6.2. Pruebas parciales .....	80
3.6.3. Pruebas finales .....	81
3.6.4. Ajuste y equilibrado .....	81
3.6.5. Recepción .....	82
3.7. Mantenimiento .....	83
3.7.1. Vigilancia .....	83
3.7.2. Mantenimiento preventivo .....	83
3.7.3. Mantenimiento correctivo.....	84
4. EES .....	85
4.1. Introducción .....	86
4.2. Derechos y obligaciones.....	86
4.2.1. Derecho de la protección frente a los riesgos laborales.....	86
4.2.2. Principios de la acción preventiva .....	86
4.2.3. Evaluación de riesgos.....	87
4.2.4. Evaluación de los riesgos .....	87
4.2.5. Información, consulta y participación de los trabajadores .....	87
4.2.6. Formación de los trabajadores .....	88
4.2.7. Medidas de emergencia.....	88
4.2.8. Riesgo grave e inminente .....	88
4.2.9. Vigilancia d la salud.....	88
4.2.10. Documentación .....	88
4.2.11. Coordinación de actividades empresariales .....	89
4.2.12. Protección de trabajadores especialmente sensibles a determinados riesgos ...	89
4.2.13. Protección de la maternidad .....	89
4.2.14. Protección de los menores .....	89

4.2.15. Relaciones de trabajos temporales, de duración determinada y en empresas de trabajo temporal .....	89
4.2.16. Obligaciones de los trabajadores en materia de prevención de riesgos .....	90
4.3. Servicios de prevención .....	90
4.3.1. Protección y prevención de riesgos laborales.....	90
4.3.2. Servicios de prevención .....	90
4.4. Consulta y participación de los trabajadores .....	91
4.4.1. Consulta de trabajadores.....	91
4.4.2. Derechos de participación y representación .....	91
4.4.3. Delegados de prevención .....	91
4.4.4. Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud .....	92
4.5. Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los quipos de trabajo .....	93
4.5.1. Introducción .....	93
4.5.2. Obligación general del empresario .....	93
4.6. Trabajos propios de la obra .....	96
4.6.1. Riesgos asociados.....	96
4.6.2. Medidas preventivas.....	97
4.7. Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.....	98
4.7.1. Introducción .....	98
4.7.2. Disposiciones específicas de seguridad y salud durante las obras.....	99
4.8. Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.....	99
4.8.1. Introducción .....	99
4.8.2. Obligaciones generales del empresario .....	99
4.9. Prevención asistencial en caso de accidente laboral .....	100
4.9.1. Primeros auxilios.....	100
4.9.2. Medicina preventiva .....	101
4.9.3. Evacuación de accidentados .....	101
4.9.4. instrucciones generales para cualquier empleado en caso d emergencia.....	101
4.10. Presupuesto de seguridad y salud .....	102
5. MEDICIONES Y PRESUPUESTO .....	103
6. PLANOS .....	111



# Índice de Tablas

---

Tabla 1 Radiación solar media mensual en ciudades españolas	43
Tabla 2 Demanda mínima de ACS por persona según CTE	43
Tabla 3 Temperatura de agua de red en Andalucía	44
Tabla 4 Demanda energética mensual	45
Tabla 5 Fracción de demanda cubierta mínima según zona	45
Tabla 6 Datos de partida de CHEQ4	46
Tabla 7 Fracción solar en función del número de captadores	46
Tabla 8 Variación de la fracción de demanda cubierta en función del número de captadores en serie	48
Tabla 9 Variación de la fracción de demanda cubierta en función del volumen de acumulación	48
Tabla 10 Pérdidas de presión en cada tramo de tubería del bloque 1	56
Tabla 11 Pérdidas de presión en cada tramo de tubería de los bloques 2 y 3	57
Tabla 12 Pérdidas de presión en cada tramo de tubería del bloque 4	59
Tabla 13 Pérdidas de carga en accesorios bloque 1	60
Tabla 14 Pérdidas de carga en accesorios bloque 2 y 3	60
Tabla 15 Pérdidas de carga en accesorios bloque 4	61
Tabla 16 Intercambiadores de ACS	61
Tabla 17 Espesor en tuberías interiores	66
Tabla 18 Espesor en tuberías exteriores	66

# Índice de Figuras

---

Figura 1 Esquema de una instalación con intercambiador interior	22
Figura 2 Esquema de una instalación con intercambiador exterior	22
Figura 3 Tabla de radiación según localización de CHEQ4	23
Figura 4 Configuración de los equipos de CHEQ4	24
Figura 5 Elección de la demanda de agua CHEQ4	25
Figura 6 Pestaña solar/apoyo en CHEQ4	25
Figura 7 Selección de la superficie de intercambio de CHEQ4	26
Figura 8 Pestaña de resultados CHEQ4	26
Figura 9 Bloques de edificios	27
Figura 10 Esquema de una instalación de energía solar térmica	28
Figura 11 Esquema de principios bloque 1	29
Figura 12 Elementos de un captador solar plano	31
Figura 13 Esquema básico de funcionamiento de un captador solar plano	32
Figura 14 Bomba de circulación	33
Figura 15 Vaso de expansión	33
Figura 16 Ficha técnica del captador	35
Figura 17 Caída de presión en captador	36
Figura 18 Intercambiador	37
Figura 19 Interacumulador	37
Figura 20 Acumulador	38
Figura 21 Ficha técnica de la bomba	38
Figura 22 Bomba StratosZ20/1-4	39
Figura 23 Ficha técnica sistema de control	39
Figura 24 Zonas climáticas de España	42
Figura 25 Conexión captadores en paralelo	47
Figura 26 Conexión captadores en serie	48
Figura 27 Aviso de excedente de ACS en CHEQ4	49
Figura 28 Ventana de resultados de CHEQ4	50
Figura 29 Distancia entre captadores	50
Figura 30 Pérdidas límite	52

Figura 31 Porcentaje de energía respecto al máximo por orientación	52
Figura 32 Diagrama de la trayectoria del sol	54
Figura 33 Referencia de parámetros	54
Figura 34 Fluido caloportador	55
Figura 35 Diseño instalación ACS	56
Figura 36 Tramos tubería bloque 1	57
Figura 37 Tramos tubería bloque 2	58
Figura 38 Tramos tubería bloque 3	58
Figura 39 Tramos tubería bloque 4	59



# **1 MEMORIA DESCRIPTIVA**

### **1.1. Antecedentes y objeto**

El objeto del proyecto es el recálculo y optimización de la instalación de energía solar en cuatro bloques de viviendas en Sevilla capital, para el abastecimiento de agua caliente sanitaria. Para ello, es necesario el diseño de una red de tubería, instrumentos y equipos complementarios para el correcto funcionamiento de la instalación completa.

El sector de la edificación en España, y en general en Europa, supone en la actualidad un importante consumo de energía procedente de energías fósiles y también una significativa fuente de emisiones de CO<sub>2</sub> ya que representan cerca del 40 % del consumo final de energía.

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

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

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

La definición de edificio con consumo energético casi nulo es la siguiente: edificio con un nivel de eficiencia energética muy alto donde la cantidad casi nula o muy baja de energía requerida debería estar cubierta, en muy amplia medida, por energía procedente de fuentes renovables, incluida la energía procedente de fuentes renovables producida in situ o en el entorno. En 2016, la comisión europea publicó unas recomendaciones que, principalmente, proponen unos valores límite de demanda energética y de consumo de energía primaria no renovable para dos tipologías edificatorias: oficinas y viviendas unifamiliares, que dependerán de la zona climática y que nos permiten ver el orden de magnitud que la aportación de energías renovables podría llegar a suponer en los edificios cuyo consumo de energía es casi nulo.

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

demandas de calefacción y refrigeración de un edificio.

Es por ello, que la incorporación de energía solar térmica en la edificación tendrá un papel cada vez más importante a desempeñar en este nuevo escenario edificatorio. Su efecto se plasmará de manera determinante en la calificación energética del edificio mejorándola notablemente ya que es la única tecnología renovable cuya producción no tiene asociado ningún consumo de energía primaria ni emisiones de CO<sub>2</sub>. Además, el uso de la energía solar térmica mejora la calidad del aire ambiente en las ciudades, asunto que está cobrando una importancia cada vez mayor.

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

## **1.2. Normativa aplicable**

La normativa aplicable durante el diseño y desarrollo de la instalación se comentará a continuación.

### Código Técnico de la Edificación (CTE)- HE4

- Contribución solar mínima.

La ciudad de Sevilla se sitúa en la zona climática V, por lo cual se establece una contribución solar mínima del 70%, cumpliéndose esta norma con el número y distribución de captadores que se ha diseñado.

- Contribución solar máxima.

La instalación estará limitada por el cumplimiento de las condiciones de que en ningún mes del año se produzca una energía superior al 110% de la demanda, y que no se supere el 100% durante tres meses seguidos. Estas condiciones se cumplen en este diseño.

- Relación volumen de acumulación/área de captación.

CTE impone una restricción en la relación volumen de acumulación/ área de captación y es que se mantenga dentro de un rango ( $50 < V/A < 180$ ). Donde el volumen se representa en litros y el área en metros cuadrados.

### Norma UNE

- UNE-EN 12975-1:2006. “Sistemas solares térmicos y componentes. Captadores solares”
- UNE 94002. “Cálculo de la demanda térmica”

La demanda energética de ACS se obtiene según esta norma, tomándose como datos

iniciales para los cálculos el consumo unitario de ACS y la temperatura del agua fría de la red de distribución, en este caso, para la provincia de Sevilla

- UNE 94003. Datos climáticos para el dimensionado de instalaciones solares térmicos.

Con esta normativa se tienen los datos climáticos para dimensionar la instalación. Nos da los valores de la irradiación global horizontal y temperatura ambiente en la provincia donde se encuentre la instalación

- UNE 100155. Climatización. Diseño y cálculo de sistemas de expansión.

Esta normativa hace referencia al dimensionado del vaso de expansión, y consiste en un método de cálculo.

#### Reglamento de instalaciones térmicas en la edificación (RITE).

- Preparación de agua caliente para usos sanitarios (IT.1.1.4.3.1).

Impone las condiciones de funcionamiento para prevenir la legionelosis en la producción de ACS, ya que en las instalaciones con acumulación y recirculación es donde mayor riesgo hay. Este riesgo se evita mediante lo siguiente:

En la preparación de ACS se cumplirá con la legislación higiénico-sanitaria para prevención y control de Legionella.

Del mismo modo, los componentes de la instalación térmica también deberán cumplir con dicha legislación, de tal modo que los equipos deben estar diseñados para resistir el choque térmico y la acción corrosiva del agua.

Además, no está permitido preparar ACS como resultado de mezclar directamente agua fría con condensado o vapor procedente de la caldera.

- Aislamiento térmico (IT.1.2.4.2.1).

Todas las tuberías, accesorios y equipos que componen la instalación deberán estar correctamente aislados térmicamente. Así se evitarán consumos energéticos superfluos y la temperatura a la que el fluido caloportador llegará a las unidades terminales será más próxima a la de salida de producción.

Los espesores de aislamiento vienen calculados en el presente informe en el apartado 2.10, cumpliendo las restricciones que impone el RITE.

Para evitar la congelación del agua en la red de exteriores cuando la temperatura sea menor a la de fusión de la misma, se utiliza una mezcla formada por agua y un 20% de glicol en peso.

- Aprovechamiento de energías renovables y residuales (IT 1.2.4.6)

Contribución de calor renovable o residual para la producción térmica del edificio (IT 1.2.4.6.1)

Esta sección está relacionada con los objetivos de ahorro de energía primaria y emisiones de CO<sub>2</sub> establecidos en el Código Técnico de la Edificación.

- Medición (IT.1.3.4.4.5).

La instalación cuenta con instrumentación de medida para poder supervisar todas las magnitudes que intervienen en el funcionamiento de ésta: presión y temperatura. Estos instrumentos son fundamentalmente termómetros, termostatos y manómetros. Deben estar situados en lugares visibles y de fácil acceso para su lectura y mantenimiento.

El equipo mínimo es el siguiente:

- Un manómetro en el vaso de expansión situado en el circuito primario
  - Un manómetro en la aspiración y otro en la descarga de las bombas, para una lectura diferencial de la presión.
  - Termómetros y manómetros a la entrada y salida del interacumulador.
- Sistema de distribución de agua (IT.2.3.3).

Los distintos ramales del circuito primario están conectados de forma que quede equilibrado hidráulicamente y con retorno invertido.

Las tuberías deben ser de fácil acceso para su inspección y mantenimiento, sobre todo los tramos con accesorios.

- Control automático (IT.2.3.4).

Hace referencia al equipamiento mínimo de control del que deben disponer la instalación. También dice que cuando la instalación disponga de un sistema de control, mando y gestión o telegestión basado en la tecnología de la información, su mantenimiento y la actualización de las versiones de los programas deberá ser realizado por personal cualificado o por el mismo suministrador de los programas.

#### Reglamento de Recipientes a Presión (RAP)

#### Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC.BT).

### **1.3. Introducción**

La energía solar es una fuente de energía renovable que se obtiene del sol y con la que se pueden generar calor y electricidad. Existen varias maneras de recoger y aprovechar la energía radiante del sol para generar energía que dan lugar a los distintos tipos de energía solar: la fotovoltaica (que transforma los rayos en electricidad mediante el uso de captadores solares), la fototérmica (que aprovecha el calor a través de los captadores solares) y termoeléctrica (transforma el calor en energía eléctrica de forma indirecta).

De los distintos tipos de transformación de la energía radiante del sol que existen, la energía solar térmica es la que se emplea en este proyecto. La energía solar térmica basa su funcionamiento en la captación de la energía radiante mediante un campo de captadores, esa energía radiante se transforma en energía térmica que se aprovecha para calentar el

fluido que circula por el circuito primario. Una vez calentado el fluido en el sistema de captación, se transfiere la energía solar captada al acumulador a través de un intercambiador de calor exterior (Figura 1) o directamente a un interacumulador (Figura 2).

Si la demanda de ACS es superior a la energía acumulada, entra en funcionamiento el sistema auxiliar que se conecta en serie entre la acumulación y el consumo. El sistema auxiliar puede ser una caldera convencional en paso o trabajando contra un acumulador auxiliar o un termo eléctrico.

Finalmente, el agua caliente del acumulador auxiliar se distribuye mediante una red de tuberías por todos los puntos de consumo, retornando al acumulador solar.

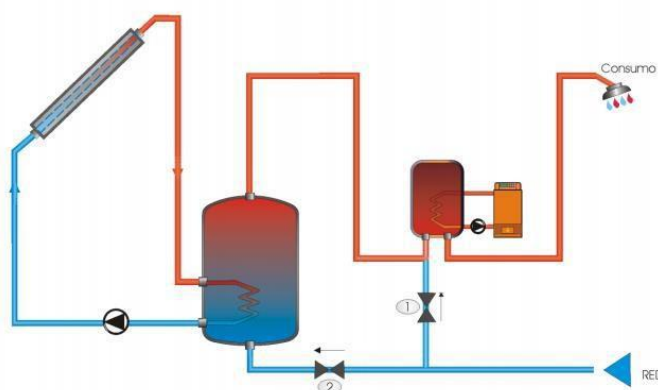


Figura 1. Esquema de una instalación con intercambiador interior

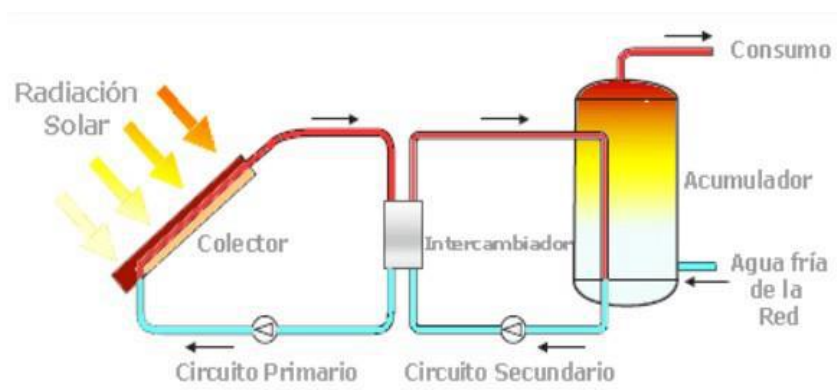


Figura 2. Esquema de una instalación con intercambiador exterior

#### 1.4. Método de cálculo

Para el cálculo de una instalación de energía solar a baja temperatura hay principalmente dos métodos, el f-Chart y el CHEQ4. Se ha optado en este caso por el segundo ya que permite el aprendizaje de una herramienta nueva. CHEQ4 es una herramienta de ayuda que permite validar el cumplimiento de la contribución solar mínima exigida en la sección HE4 del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo actualizada por la Orden FOM/1635/2013 de 10 de septiembre, siempre que las características de la instalación se encuentren incluidas en su rango de aplicación.

Su correcta aplicación es suficiente para acreditar el cumplimiento, desde el punto de vista energético, de los requisitos establecidos en la sección HE4, si bien la no validación del cumplimiento de la contribución solar mínima mediante procedimiento no invalida la posibilidad de demostrar su cumplimiento por otros medios.

Dicho método de cálculo es una alternativa al método de cálculo del f-Chart: partiendo de modelos detallados, obtenidos del programa TRANSOL, se realizan un gran número de simulaciones para correlacionar los resultados obtenidos finalmente, en función de las variables principales del sistema bajo estudio. A diferencia del F-Chart, las condiciones de contorno, es decir, de radiación, temperatura, ambiente, temperatura del agua de red, demanda entre otros, se fijan de acuerdo a la normativa española vigente. También se diferencia del f-Chart que, en este caso, no se fija la configuración del sistema, si no que en el CHEQ4 se han elegido entre ocho configuraciones diferentes, incluyendo para viviendas unifamiliares, bloques de pisos y sistemas para climatización de piscinas cubiertas. Se han elegidos estas configuraciones porque son las que cubren si no la totalidad de los sistemas instalados en España, la mayor parte.

La mayor diferencia con el método f-Chart es que considera las pérdidas de energía en las redes de distribución y que tiene la opción de elegir entre ocho instalaciones tipos previamente definidas. Es un método de cálculo que sin embargo no está validado como el método f-Chart con instalaciones reales.

Para obtener los resultados requeridos, previamente hay que introducir una serie de datos que el programa utilizará para resolver el programa. Para empezar, hay que introducir la localización del edificio, ya que dependiendo en la zona que esté, el programa toma de su base de datos unos datos de radiación solar u otros (*Figura 3*).

CHEQ4

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

Provincia: Sevilla Municipio: Sevilla Zona climática: Zona V Latitud: 37° 22'

Mapa provincia

Altura municipio seleccionado (m): 12

Altura de la instalación (m): 12

	Rad(MJ/m2)	T.Red (°C)	T.Amb (°C)
Enero	9,1	11,0	10,7
Febrero	12,2	11,0	11,9
Marzo	16,0	13,0	14,0
Abril	19,8	14,0	16,0
Mayo	24,1	16,0	19,6
Junio	25,9	19,0	23,4
Julio	27,2	21,0	26,8
Agosto	24,8	21,0	26,8
Septiembre	19,2	20,0	24,4
Octubre	14,3	16,0	19,5
Noviembre	10,2	13,0	14,3
Diciembre	8,3	11,0	11,1
Promedio	17,6	15,5	18,2

Localización

Configuración

Demanda

Solar/Apoyo

Otros parámetros

Resultados

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

Figura 3. Tabla de radiación según localización de CHEQ4



En función de la localización del edificio CHEQ4 devuelve unos resultados de la radiación, temperatura ambiente y temperatura del agua de red para cada mes del año.

A continuación, se pedirá la configuración que tiene la instalación. CHEQ4 da ocho opciones que cubren prácticamente todas las posibilidades que hay en instalaciones de este tipo (Figura 4). Existen dos grandes bloques: consumo múltiple asociado a bloques de viviendas y consumo único para otros tipos de edificios.



Figura 4. Configuraciones de los equipos CHEQ4

El siguiente paso es el cálculo de la demanda, para ello CHEQ4 necesita saber el número de personas y de qué tipo es el edificio para calcular la demanda de ACS que tiene el establecimiento. (Figura 5). El programa te permite definir otro consumo del edificio no vinculado directamente al nivel de ocupación.

Una vez conocida la demanda, se definen los parámetros básicos de la instalación. En una primera pantalla (Figura 6) se define el sistema de captación y el sistema auxiliar, y en una segunda pantalla (Figura 7), el sistema de acumulación y el de distribución.

Con esto CHEQ4 facilita una serie de resultados y verifica que se cumplen los mínimos exigidos por el CTE. En la figura 7, se muestra la ventana correspondiente al sistema de acumulación y de distribución. Como criterio de diseño se ha elegido una relación volumen de acumulación/área de captación igual a  $75 \text{ l/m}^2$ .

El programa otorga la posibilidad de generar el certificado del cumplimiento de dichos requerimientos.

En la figura 9, se expone tanto una tabla, como una gráfica de resultados. La tabla de resultados muestra la fracción solar cubierta, demanda de energía neta, demanda de



energía bruta, el aporte de energía solar de la instalación, el consumo energético del sistema auxiliar y, por último, la reducción de dióxido de carbono que se produce al sustituir la energía primaria de origen convencional por energía renovable.

CHEQ4

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

CONSUMO ÚNICO

Aplicación:

Número de...:

Demanda calculada (l/día a 60 °C):

CONSUMO MÚLTIPLE

	Viviendas	Dormitorios	Personas	Litros/día
Tipo A	<input type="text" value="8"/>	<input type="text" value="4"/>	48,0	1.056,0
Tipo B	<input type="text" value="8"/>	<input type="text" value="3"/>	32,0	704,0
Tipo C	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="2"/>	3,0	66,0
Tipo D	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	0,0	0,0

Demanda calculada (l/día a 60 °C): 1.826

CONSUMO TOTAL

Otras demandas (l/día a 60°C):

Demanda total (l/día a 60°C): 1.826

CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA EXIGIDA

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

Figura 5. Elección de la demanda de agua CHEQ4

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

CAPTADORES

Empresa:

Marca/Modelo:

AVISO: Verificar la existencia y vigencia de la certificación del captador seleccionado.

Datos de ensayo

Área (m <sup>2</sup> )	1,9
n0 (-)	0,8
a1 (W/m <sup>2</sup> K)	3,93
a2 (W/m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> )	0,026
Qtest (l/hm <sup>2</sup> )	72
k50	0,82
Inta	Inta
Laboratorio	NPS-15112

CAMPO DE CAPTADORES

Núm. captadores:  Captadores en serie:

Orientación (°):  Inclinação (°):

CIRCUITO PRIMARIO / SECUNDARIO

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

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

SISTEMA DE APOYO

Tipo de sistema:

Tipo de combustible:

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

Figura 6. Pestaña de solar/apoyo en CHEQ4

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

**VOLUMEN DE ACUMULACIÓN**  
 Volumen total (l)

**VOLUMEN ACUMULACIÓN SUBESTACIONES**  
 Volumen total (l)   
 Esp. aislante (mm)   
 Aislante

**DISTRIBUCIÓN**  
 Longitud equivalente   
 Diám. tubería (mm)   
 Esp. aislante (mm)   
 Aislante

**DISTRIBUCIÓN SUBESTACIONES**  
 Long. total (m)   
 Diám. tubería (mm)   
 Esp. aislante (mm)   
 Aislante

**PISCINA CUBIERTA**  
 Altura (m)   
 Apertura diaria (h)   
 Superficie lámina (m<sup>2</sup>)   
 Humedad relativa (%)   
 Temp. ambiente (°C)   
 Temp. piscina (°C)   
 Renov. volumen día (%)   
 Ocupación (pers/m<sup>2</sup>)

**Localización**  
**Configuración**  
**Demanda**  
**Solar/Apoyo**  
**Otros parámetros**  
**Resultados**

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

Figura 7..Selección de la superficie de intercambio CHEQ4

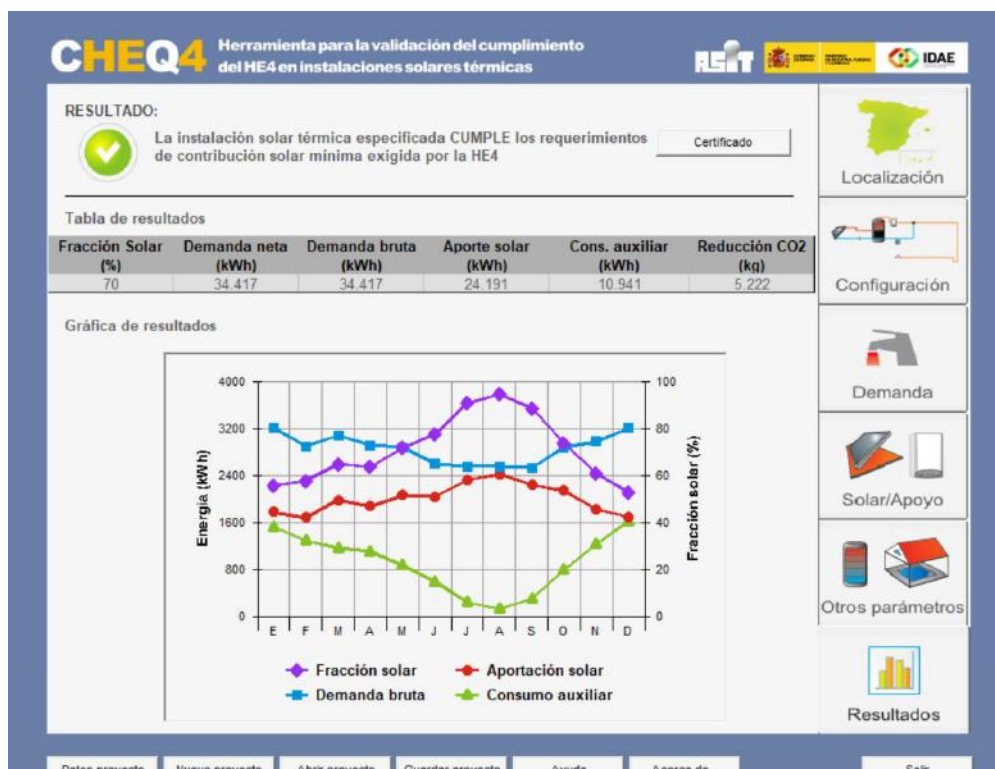


Figura 8. Pestaña resultados CHEQ4

Se observa que la fracción solar cubierta es del 70 %, cumpliendo así el mínimo exigido por la sección HE4 del CTE.

### **1.5. Situación y emplazamiento**

La instalación de energía solar térmica a optimizar; objeto del presente documento, se encuentra en Sevilla capital, más concretamente en el barrio conocido como Sevilla Este.

La ciudad tiene una altitud de 12 metros sobre el nivel del mar y goza de un clima templado-cálido; gracias a su localización geográfica, latitud y entorno, con una temperatura media anual de 19,2 grados centígrados y los veranos muy cálidos o tórridos, secos en general y de gran extensión en el tiempo. Sevilla goza de gran cantidad de días soleados al año. Se estima que el promedio de horas de sol anuales puede alcanzar las 3000 horas.

Debido al buen tiempo de primavera y otoño y a las temperaturas templadas de dichas fechas, además, de su posición céntrica y bien comunicada, la ciudad de Sevilla se ha convertido en los últimos años en uno de los principales destinos turísticos para muchos turistas y personas meteoro-sensibles. Todo aparte de los grandes recursos turísticos, que no sólo la capital sino toda la provincia, pueden ofrecer.

El término municipal de Sevilla se extiende por una superficie de 140,8 kilómetros cuadrados, siendo la capital de provincia más poblada de Andalucía pero no la más extensa.



*Figura 9. Bloques de edificios VPO*

### **1.6. Descripción de los edificios.**

Los edificios cuentan cada uno de ellos con cinco plantas de viviendas, otra de zonas comunes y otra de local comercial y tan sólo el bloque 1 cuenta además, con una planta de garaje (Figura 9).

Encima de la última planta de cada bloque está la cubierta, en la que se ubica la instalación solar de la que es objeto este proyecto. Al tratarse de edificios de viviendas de protección oficial (VPO) situados en una de las localidades con mayor radiación de la península, queda más que justificada la instalación propuesta. En estas cubiertas se ubican las instalaciones solares, en las que estarán el grupo de captadores solares y los acumuladores.

### 1.7. Descripción de la instalación

El sistema elegido para el calentamiento de agua caliente sanitaria mediante energía solar térmica consistirá en un sistema de captación para calentar un depósito acumulador centralizado mediante un intercambiador exterior (*Figura 10*). De este acumulador partirá un circuito de agua caliente que servirá a un calentador instantáneo para satisfacer el 100% de la demanda en caso de insuficiente abastecimiento de la instalación solar.

- Configuración elegida: Centralizada por bloques.
- Circuito primario: Sistema de circulación forzada con intercambiador de calor.
- Sistema de energía auxiliar: Calentador instantáneo a gas.

#### Instalación Solar Térmica de Baja Temperatura

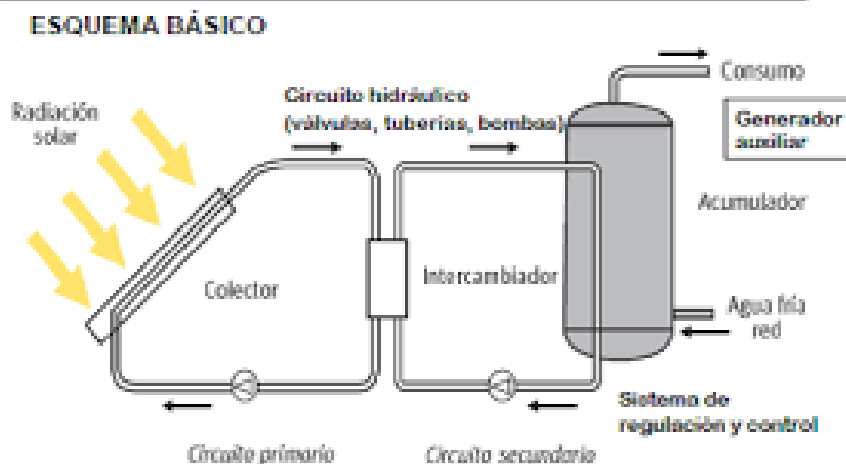


Figura 10. Esquema de una instalación de energía solar térmica

Para una mejor comprensión de la instalación, se adjunta el esquema de principios de la instalación del primer bloque a modo de ejemplo en la *Figura 11*.

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

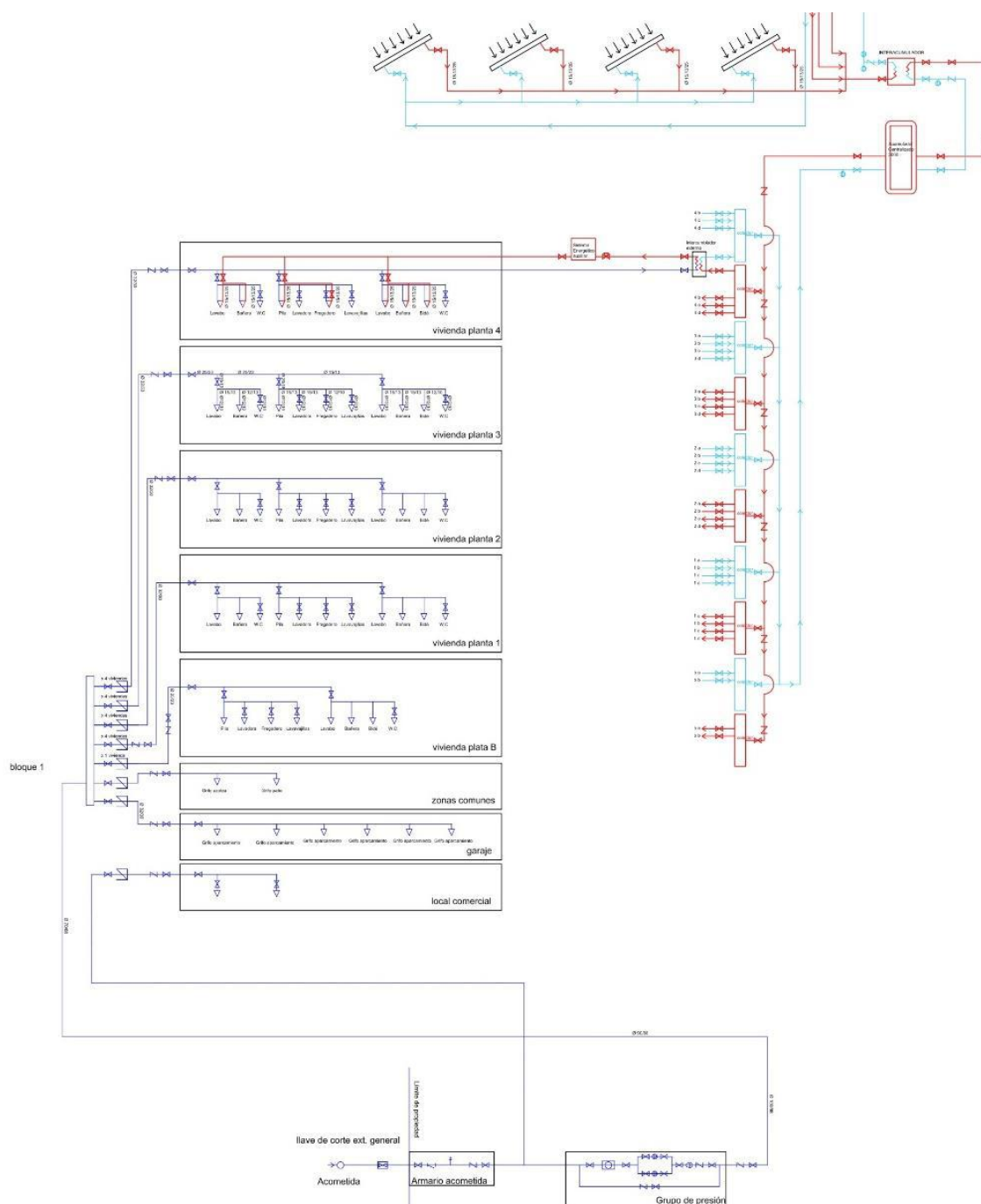


Figura 11. Esquema de principios Bloque 1

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

El sistema constará de dos circuitos: El circuito primario, formado por el conjunto del campo de captadores, depósito acumulador, vaso de expansión, bomba de circulación y red de tuberías. El circuito secundario o de consumo, donde el agua caliente procedente del depósito de acumulación abastece los puntos de consumo del edificio.

La instalación consta de 35 captadores solares ubicados en la cubierta del primer bloque, 40 en el segundo y tercer bloque y otros 35 en el cuarto bloque. Todos ellos orientados hacia el sur ( $0^\circ$ ) y con una inclinación de  $45^\circ$ . En cuanto a la conexión, se encuentra en paralelo y agrupados en baterías de 3 y 4 captadores.

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

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

Por otro lado, el sistema de control asegura la protección frente a heladas, ya si que la temperatura es inferior a la temperatura de congelación del fluido aumentada en tres grados centígrados, las bombas arrancan.

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

## **1.8. Elementos principales de la instalación**

A continuación, se indicarán los diferentes elementos principales que componen la instalación. De cada uno de ellos se detallarán las características más importantes y que servirán para realizar los cálculos necesarios para el diseño de la instalación.

### **1.8.1. Captadores solares**

Un captador solar plano es un intercambiador de calor que transforma energía radiante (Radiación Solar) en energía térmica que aumenta la temperatura de un fluido de trabajo contenido en el interior del captador. Un captador solar plano es un captador sin concentración, sin sistema de seguimiento y que capta tanto la radiación directa como difusa. Los elementos de un captador plano se representan en la *Figura 12*.

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

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



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

En un captador solar plano la radiación solar incidente en la cubierta es parcialmente reflejada, parcialmente absorbida y la mayor parte transmitida a la superficie absorbente. La radiación que incide en la superficie absorbente es parcialmente reflejada y el resto es absorbido en la superficie. La reflexión en esta superficie se supone difusa. La radiación absorbida se transmite por conducción a la zona de los tubos por donde circula el fluido de trabajo. Desde la zona de los tubos se transfiere por conducción a través de la placa absorbente, de la unión placa-tubo y de la tubería, al fluido de trabajo por convección.

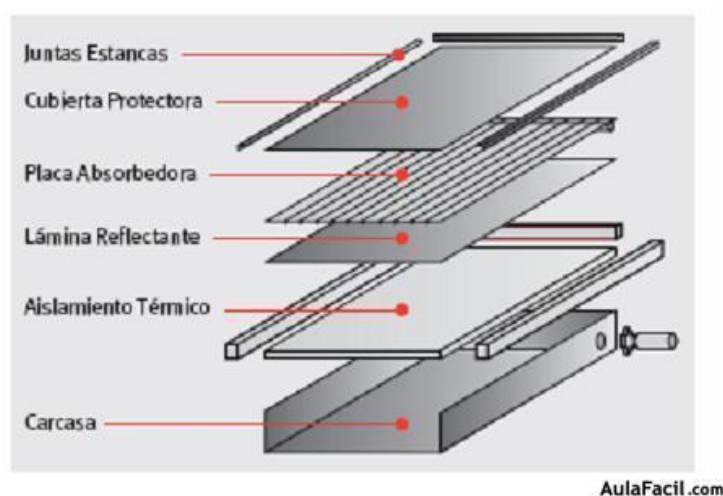


Figura 12. Elementos de un captador solar plano

En la cara activa del captador se transfiere calor desde la superficie absorbente al exterior por convección y radiación entre la placa absorbente y la cubierta, por conducción a través de la cubierta y por convección y radiación desde la cubierta al ambiente (*Figura 13*).

De la misma manera, se transfiere calor al exterior por conducción a través del material aislante posterior y lateral y por convección y radiación desde la carcasa.

### 1.8.2. Intercambiador exterior

El intercambiador de calor en una instalación solar se coloca cuando se quiere transferir el calor de un fluido a otro, sin que estos se mezclen independizando de esta manera los dos circuitos. Cuando este existe, se encarga de transferir la energía absorbida por los captadores al agua sanitaria del acumulador.

El intercambiador puede ir fuera del depósito acumulador en cuyo caso es necesario una bomba para mover el fluido, o en el interior del acumulador.

### 1.8.3. Acumulador solar

La necesidad de energía no siempre coincide en el tiempo con la captación que se obtiene del sol, por lo que es necesario disponer de un sistema de acumulación que haga

frente a la demanda en momentos de poca o nula radiación solar. Por ello es necesario tener un sistema de acumulación. El objetivo del acumulador es por tanto almacenar la energía captada a la temperatura deseada para poder utilizarla en un momento determinado de demanda.

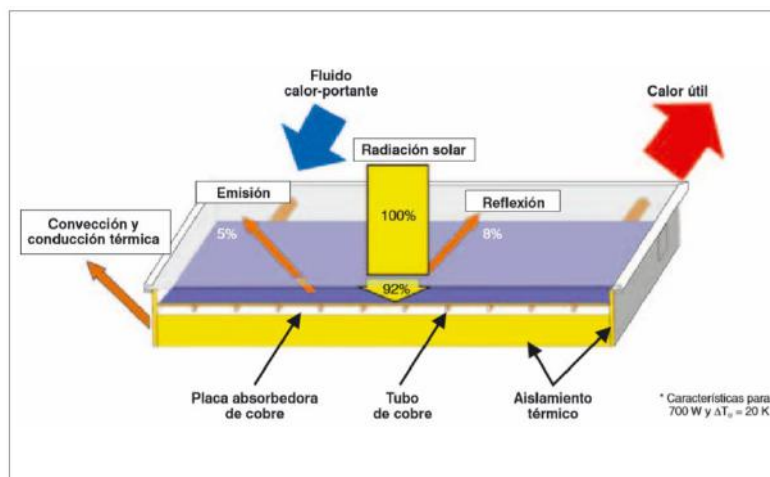


Figura 13. Esquema básico de funcionamiento de un captador solar plano

Normalmente se emplean depósitos cilíndricos verticales, para favorecer la estratificación térmica en su interior como consecuencia de la disminución de densidad del agua caliente, lo que hace que esta se encuentre en la parte superior del acumulador y, el agua fría, en la parte inferior. Esto hace que se pueda extraer más fácilmente el agua más fría de la parte baja del depósito para llevarla al circuito de captación y devolverla al depósito por la parte superior, donde el agua está más caliente.

#### 1.8.4. Circuito hidráulico

El sistema hidráulico de la instalación comprende varios circuitos:

- Circuito primario: captador – intercambiador
- Circuito secundario: intercambiador – acumulador.
- Circuito de consumo: acumulador – sistema de apoyo auxiliar a puntos de consumo.

La velocidad de circulación del fluido será inferior a 2 m/s. Las pérdidas de carga por metro de tubería han de ser en todos los tramos menores que 40 mmca/m.

El grupo de bombeo de la instalación en cuestión consta de bombas (*Figura 14*) en paralelo, una de ellas de reserva, de manera que, si se produce una avería en una de funcionamiento, no se detenga el bombeo de fluido caloportador hacia captadores.

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





*Figuración 14. Bomba de circulación*



*Figura 15. Vaso de expansión*

### Tuberías

Con objeto de evitar pérdidas térmicas, la longitud de tuberías del sistema deberá ser tan corta como sea posible, evitando al máximo los codos y pérdidas de carga en general. Los trazados horizontales de tubería tendrán siempre una pendiente mínima del 1% en el sentido de la circulación. Las tuberías y accesorios se aislarán y protegerán con materiales adecuados para ello. Los materiales más habituales para las tuberías de instalaciones de este tipo son el acero inoxidable, el cobre y el acero galvanizado, aunque en ocasiones, se recurre a termoplásticos como el PVC.

### Purga de aire

En el punto alto de la salida del captador y en todos aquellos puntos de la instalación donde pueda quedar aire acumulado, se colocarán sistemas de purga constituidos por botellines de desaireación y purgador manual o automático. El volumen útil del botellín será al menos de 15 cm<sup>3</sup> por cada m<sup>2</sup> de batería.

### 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 las válvulas de seguridad se realizará mediante escape conducido a desagüe.

#### Valvulería

Para evitar la circulación inversa se colocarán válvulas antirretornos en el circuito primario, así como en la entrada de agua fría del acumulador solar. Se montarán válvulas de corte para facilitar la sustitución o reparación de componentes sin necesidad de realizar el vaciado completo de la instalación. En este sentido, se procurará aislar hidráulicamente los sistemas de captación, e intercambio y acumulación.

#### **1.8.5. Sistema de regulación**

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

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

El funcionamiento consiste en:

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

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

#### **1.8.6. Sistema de llenado**

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

#### **1.8.7. Sistema de energía auxiliar**

Para asegurar la continuidad en el abastecimiento de la demanda térmica, las instalaciones de energía solar deben disponer de un sistema de energía auxiliar. El sistema de energía auxiliar se diseñará de forma que sólo entre en funcionamiento cuando sea estrictamente necesario y que se aproveche lo máximo posible la energía extraída del campo de captación solar.

Dependiendo de la forma de generación de energía térmica, el sistema de energía auxiliar puede ser una caldera convencional de combustible fósil, una caldera de biomasa, un termo eléctrico...

En este caso el sistema elegido para proporcionar energía auxiliar es un calentador instantáneo a gas.

## 1.9. Características de los equipos

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

### 1.9.1. Captador solar

El captador utilizado será el modelo Termicol T 20 US (*Figura 16*) o equivalente, el cual tiene una superficie total de captación de  $1,9 \text{ m}^2$ . Las especificaciones del ITE 10.1.3.2 del RITE respecto a los valores límite que debe tener el cociente entre la superficie de captación y el consumo estimado se cumplen. La pérdida de carga en captadores en función del caudal se representa en la *Figura 17*.

El número de captadores por bloque es el siguiente:

- Bloque 1: 33→35
- Bloque 2: 38→40
- Bloque 3: 38→40
- Bloque 4: 35

		T20US
Dimensiones (mm.)		2.130*970*83
Área total ( $\text{m}^2$ )		2,02
Área apertura ( $\text{m}^2$ )		1,90
Peso en vacío (kg)		35
Capacidad de fluido (litros)		1,02
Presión Máxima Trabajo (atm)		6
$h_0$		0,801
$a_1$ ( $\text{W/m}^2\text{K}$ )		3,93
$a_2$ ( $\text{W/m}^2\text{K}^2$ )		0,026
Cubierta		Vidrio templado 3,2 mm.
Absorbedor	General	Parrilla de con canales de $\phi 8$ y colector de $\phi 18$ de cobre y aletas de aluminio
	Nº canales	8
	Tratamiento	Ultraselectivo
Carcasa		Aluminio
Aislamiento		Lana de roca semirígida de 40 mm.
Conexión entre captadores		Mediante racor de compresión de 3 piezas

*Figura 16. Ficha técnica del captador*

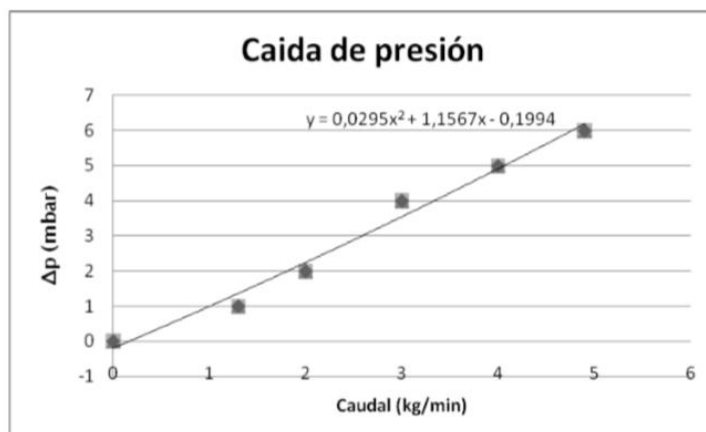


Figura 17. Caída de presión en el captador

### 1.9.2. Estructura soporte

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

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

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

Según sea la forma de la cubierta, Termicol suministra estructuras en terraza plana e inclinada. Las estructuras estándar en terraza plana, nuestro caso, tienen una inclinación con respecto a la horizontal de 45°.

### 1.9.3. Intercambiador exterior

- Tipo: Intercambiador de placas exterior
- Marca: Alfa Laval
- Modelo: M3/30H
- Bastidor: FG
- Potencia: 60kW
- Altura: 480mm
- Ancho: 180mm
- Caudal máximo: 14,4 m<sup>3</sup>/h
- Conexiones: Rosca 1 ¼"
- Presión máxima de trabajo: 16 bar



Figura 18. Intercambiador de placas exterior

#### 1.9.4. Interacumulador

- Marca: LAPESA
- Modelo: MXV3500
- Capacidad: 3500 litros
- Peso en vacío: 565kg
- Diámetro: 1660mm
- Altura: 2350mm



Figura 19. Interacumulador

#### 1.9.5. Acumulador

El acumulador escogido para cada uno de los bloques es:

- Marca: Inerox
- Modelo: IS 4000 ACU
- Volumen: 4000l
- Peso: 770kg
- Altura: 2650mm
- Diámetro: 1660mm
- Entrada de ACS: 2 ½" Macho
- Salida ACS consumo: 2 ½" Macho



Figura 20. Acumulador

### 1.9.6. Bombas de circulación

#### 1.9.6.1. Bombas circuito primario y secundario

- Empresa: WILO
- Modelo: Stratos- Z40/1-8
- Consumo: 120W

#### Ficha técnica: Stratos-Z 40/1-8

##### Datos hidráulicos

Presión máxima de trabajo $P_N$	10 bar
Altura máxima de impulsión $H$	8.00 m
Caudal máximo $Q$	17 m <sup>3</sup> /h
Temperatura mínima del fluido $T$	-10 °C
Temperatura máxima del fluido $T$	110 °C
Temperatura mínima del fluido $T$	0
Temperatura máxima del fluido $T$	0
Temperatura ambiente mínima $T$	-10 °C
Temperatura ambiente máxima $T$	40 °C
Dureza total máx. admisible en sistemas de recirculación de ACS	3,57 mmol/l (20 °dH)

##### Datos del motor

Índice de eficiencia energética (IEE)	0.20
Alimentación eléctrica	1-230 V, 50/60 Hz
Potencia nominal del motor $P_2$	0.20 kW
Intensidad nominal $I_n$	1.37 A
Velocidad mínima $n_{min}$	1400 rpm
Velocidad máxima $n_{max}$	4800 rpm
Consumo de potencia (mín.) $P_{1 min}$	12.0 W
Entrada de corriente $P_1$ máx. $P_{1 max}$	300.0 W
Emisión de interferencias	EN 61800-3:2004+A1:2012 entorno residencial (C1)
Resistencia a interferencias	EN 61800-3:2004+A1:2012 entorno industrial (C2)
Regulación de la velocidad	Convertidor de frecuencia
Clase de aislamiento	F
Protección class motor	IPX4D
Protección de motor	integrado

##### Materiales

Carcasa de la bomba	CC499K
Rodete	PPS-GF40
Eje	1.4122, X39CrMo17-1
Material del cojinete	Carbon graphite, al Carbon

##### Dimensiones de instalación

Conexión de tubería del lado de aspiración RPS	DN 40
Conexión de tubería del lado de impulsión RPD	DN 40
Longitud entre roscas $L_0$	220 mm

##### Información de pedidos

Marca	Wilo
Denominación del producto	Stratos-Z 40/1-8
Referencia	2090472
Peso neto aproximado m	11 kg

Figura 21. Ficha técnica de la bomba

#### 1.9.6.2. Bomba circuito consumo

- Empresa: WILO
- Modelo: Stratos- Z20/1-4
- Alimentación eléctrica: 230V; 50Hz

•



Figura 22. Bomba Stratos- Z20/1-4

### 1.9.7. Sistema de control

LTDC-V3



- 6 Entradas para sensores PT1000 de temperatura
- 2 Entradas VFS/RPS Directsensor para medir caudal
- 2 Salidas relé 230VAC (on/off)
- 2 Salida PWM (control velocidad bombas alta eficiencia)
- 42 Variantes hidráulicas

Figura 23. Ficha técnica sistema de control

### **1.10. Bibliografía**

1-AENOR “Datos climáticos para el dimensionado de instalaciones solares térmicas”. (UNE 94003:2007)

2-AENOR “Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria. Cálculo de la demanda de energía térmica”. (UNE 94002:2005)

3-Apuntes de la asignatura “Energía solar” del grupo de termotecnia, Departamento de Ingeniería Energética, de la Escuela de Ingeniería de Sevilla.

4-Código Técnico de la Edificación, sección HE4 (CTE-HE4). “Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria”. 2013

5-“Diseño de una instalación de energía solar para producción de agua caliente en un hotel” (2016). Autor Jesús Pinillos Boralla, Universidad de Sevilla.

6-IDEA (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía). “Reglamento de instalaciones térmicas en edificios”. 2013

7-Reglamento de Instalaciones Térmicas en la Edificación (RITE).

### **Referencias web:**

9-<http://www.aenor.es>

10-<http://www.idae.es>

11-<https://twenergy.com>

12-<http://www.suelosolar.com>

13-<http://ocw.upm.es>



## **2. MEMORIA DE CÁLCULO**

## 2.1. Introducción

En esta memoria de cálculo se desarrollarán los cálculos que se han realizado para diseñar una instalación solar térmica para la producción de agua caliente sanitaria en cuatro bloques de viviendas de protección oficial en Sevilla. A lo largo de la memoria se justificarán las decisiones tomadas con diferentes cálculos. También se expondrán los datos de partida de los que se dispone, ya sea información suministrada por el fabricante de los equipos, temperaturas tomadas según la zona climática o información recogida en el programa que se utilizará en este apartado CHEQ4

## 2.2. Datos de partida

### 2.2.1. Parámetros geográficos

Como ya se explicó en el apartado de *Memoria Descriptiva*, los bloques de edificios se encuentran ubicados en Sevilla, cuya longitud y latitud son  $05^{\circ}58'23.41''$  y  $N37^{\circ}22'58.19''$  respectivamente y a una altura sobre el nivel del mar de 7 metros.

### 2.2.2. Parámetros climáticos

Para ver cómo influyen los parámetros climáticos en el diseño de la instalación, hay que ver en qué zona climática está ubicado el edificio en cuestión. Según la norma UNE 94003:2007 en España se pueden encontrar cinco zonas climáticas tal y como se puede ver en la Figura 10.

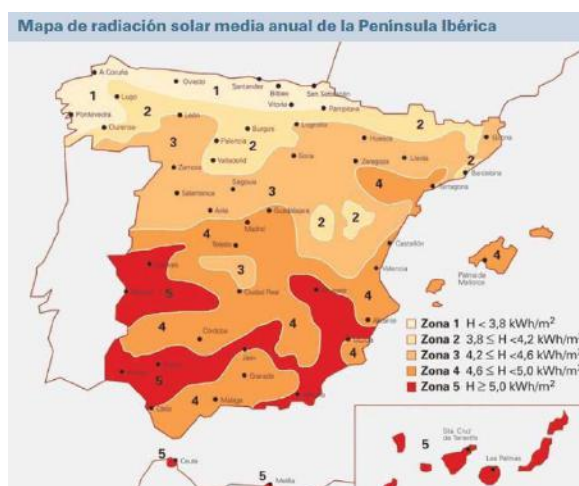


Figura 24. Zonas climáticas de España

Tal y como puede verse en este mapa, Sevilla está situada en la zona climática V, en caso de duda se puede comprobar la zona climática con la herramienta CHEQ4 tal y como se ilustró al comienzo de la Memoria descriptiva en la Figura 3.

# Diseño de una instalación de energía solar térmica para producción de ACS en bloques de viviendas de protección oficial

Siguiendo la norma UNE 94003:2007 se pueden obtener los datos de la radiación solar media mensual de casa una de las ciudades de España.

	LAT	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
ÁLAVA	43	1,28	1,92	3,11	3,61	4,11	4,61	5,03	4,81	3,97	2,64	1,53	1,14	3,15
ALBACETE	39	1,86	2,92	4,17	5,33	5,89	6,97	7,42	6,44	5,22	3,44	2,33	1,78	4,48
ALICANTE	38	2,36	3,33	4,53	5,25	6,42	6,89	7,17	6,25	5,08	3,86	2,72	2,11	4,66
ALMERÍA	36,9	2,47	3,39	4,56	5,44	6,42	6,83	7,03	6,25	5,14	3,86	2,78	2,22	4,70
ASTURIAS	43	1,47	2,14	2,94	3,39	4,17	4,22	4,87	4,11	3,44	2,72	1,64	1,28	3,02
ÁVILA	40,7	1,67	2,53	3,75	4,92	5,39	6,19	7,31	7,03	5,22	3,11	1,92	1,44	4,21
BADAJOS	39	1,81	2,78	3,78	5,19	6,06	6,83	7,19	6,61	4,97	3,42	2,28	1,72	4,39
BALEARES	39,6	2,00	2,97	4,00	4,50	5,83	6,31	6,72	5,72	4,56	3,36	2,36	1,81	4,18
BARCELONA	41,4	1,81	2,64	3,58	4,47	5,17	5,94	6,90	5,03	4,06	3,00	2,00	1,61	3,75
BURGOS	42,3	1,42	2,19	3,44	4,44	5,19	5,97	6,39	5,75	4,64	2,81	1,81	1,25	3,78
CÁCERES	39,5	1,89	2,78	4,08	5,44	6,14	6,97	7,81	7,06	5,47	3,53	2,47	1,28	4,58
CÁDIZ	36,5	2,25	3,19	4,36	5,14	6,17	6,61	7,19	6,39	5,03	3,94	2,78	2,06	4,59
CANTABRIA	43,5	1,39	2,06	3,06	3,61	4,47	4,72	5,11	4,31	3,61	2,64	1,61	1,25	3,15
CASTELLÓN	40	2,22	3,39	4,31	4,83	5,72	5,94	6,64	5,42	4,61	3,64	2,59	2,03	4,26
CEUTA	35,9	2,47	3,64	5,17	5,83	5,75	7,42	7,44	6,75	5,31	3,94	3,06	2,39	5,01
CIUDAD REAL	39	1,94	2,81	4,17	5,19	5,94	6,58	7,03	6,44	5,22	3,47	2,42	1,81	4,42
CÓRDOBA	37,9	2,00	2,81	4,19	5,14	6,06	7,19	7,82	6,97	5,53	3,50	2,39	1,92	4,63
LA CORUÑA	43,4	1,50	2,22	3,17	3,44	4,28	4,50	4,83	4,25	3,86	3,03	1,78	1,42	3,19
CUENCA	40,1	1,64	2,44	3,58	4,83	5,19	6,11	7,11	6,19	4,86	3,11	2,00	1,53	4,05
GERONA	42	1,97	2,92	3,94	4,42	5,19	5,98	6,19	5,14	4,14	3,25	2,17	1,83	3,97
GRANADA	37,2	2,17	3,00	4,22	5,14	6,08	6,89	7,42	6,28	5,22	3,58	2,67	1,97	4,55
GUADALAJARA	40,6	1,81	2,56	3,89	4,87	5,39	6,31	6,94	6,44	4,94	3,25	2,17	1,56	4,19
GUIPÚZCOA	43,3	1,53	2,14	3,14	3,25	4,06	4,50	4,47	3,78	3,53	2,86	1,72	1,39	3,03
HUELVA	37,3	2,11	3,14	4,44	5,42	6,69	7,11	7,97	7,11	5,89	4,03	2,56	2,08	4,88
HUESCA	42,1	1,69	2,67	3,97	5,19	5,64	6,14	6,42	5,81	4,69	3,14	2,00	1,42	4,06
JAÉN	37,8	1,86	2,81	4,00	5,00	5,64	6,78	7,42	6,69	5,33	3,31	2,25	1,81	4,41
LEÓN	42,6	1,61	2,42	3,83	4,78	5,42	6,14	6,72	5,81	4,78	2,86	1,94	1,33	3,97
LÉRIDA	41,7	1,67	2,75	5,00	5,22	5,81	6,28	6,61	5,92	4,67	3,36	2,00	1,33	4,22
LUGO	43	1,42	2,11	3,25	4,22	4,75	5,42	5,61	5,11	4,17	2,75	1,72	1,25	3,48
MADRID	40,4	1,96	2,94	3,78	5,22	5,81	6,53	7,22	6,42	4,69	3,17	2,08	1,64	4,28
MÁLAGA	36,7	2,31	3,33	4,31	5,14	6,44	6,81	7,36	6,44	5,28	3,78	2,58	2,22	4,67
MELILLA	35,3	2,61	3,50	4,78	5,64	6,39	6,89	6,89	6,28	5,08	3,94	3,03	2,42	4,79
MURCIA	38	2,81	4,11	4,61	5,67	6,72	7,11	7,69	6,53	5,44	3,86	2,72	2,25	4,96
NAVARRA	42,8	1,39	2,06	3,42	4,03	4,75	5,25	5,69	5,06	4,50	2,83	1,67	1,25	3,49
ORENSE	42,3	1,31	2,03	3,14	3,89	4,50	4,89	5,08	4,61	3,97	2,61	1,56	1,19	3,23
PALENCIA	42	1,47	2,50	3,67	4,86	5,47	6,06	6,69	6,00	4,75	3,03	1,83	1,28	3,97
LAS PALMAS	28,2	3,11	3,94	4,94	5,44	6,03	6,25	6,75	6,08	5,50	4,19	3,42	2,97	4,89
PONTEVEDRA	42,4	1,53	2,28	3,61	4,36	4,86	5,67	6,11	5,25	4,19	3,14	1,89	1,53	3,70
LA RIOJA	42,5	1,56	2,44	3,81	4,61	5,33	5,94	6,47	5,78	4,50	2,97	1,89	1,33	3,89
SALAMANCA	41	1,69	2,64	3,75	4,75	5,47	6,33	6,83	6,28	4,86	3,14	2,06	1,44	4,10
SEVILLA	37,4	2,03	3,03	4,00	5,33	6,22	6,75	6,92	6,39	4,97	3,42	2,44	1,92	4,45
SORIA	41,8	1,64	2,42	3,56	4,75	5,47	6,06	6,89	6,19	4,86	3,08	2,11	1,56	4,03
TARRAGONA	41,1	2,03	2,97	4,14	4,89	5,61	6,25	6,61	5,69	4,56	3,42	2,44	1,75	4,20
TERUEL	40,4	1,69	2,44	3,58	4,64	5,11	5,72	6,06	5,75	4,69	3,06	1,97	1,47	3,85
TOLEDO	39,9	1,72	2,64	3,89	5,36	5,83	6,78	7,56	6,81	5,03	3,31	2,11	1,56	4,38
VALENCIA	39,5	2,11	2,94	4,14	5,03	5,72	6,33	6,81	5,75	4,64	3,33	2,42	1,83	4,24
VALLADOLID	41,7	1,53	2,44	3,86	4,78	5,53	6,28	6,97	6,39	5,08	3,11	1,92	1,17	4,09
VIZCAYA	43,3	1,39	1,97	3,00	3,53	4,31	4,64	4,97	4,36	3,64	2,58	1,67	1,28	3,11
ZAMORA	41,5	1,50	2,47	3,67	4,81	5,17	6,00	6,53	6,11	4,78	3,08	1,86	1,28	4,02
ZARAGOZA	41,7	1,75	2,72	4,22	5,08	6,08	6,72	6,97	6,50	5,08	3,36	2,06	1,58	4,34

Tabla 1. Radiación solar media mensual de las ciudades españolas (kWh/m2/día)

## 2.3. Cálculo de la demanda

### 2.3.1 Cálculo del consumo de agua

La sección HE-4 del CTE proporciona el consumo de ACS por persona en función del tipo de edificio que se esté tratando. Dicha tabla puede observarse en la Tabla 1:

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

Tabla 2 Demanda mínima de ACS por persona según el CTE

En el caso de unos bloques de viviendas la demanda de agua caliente sanitaria mínima es de 28l/(día\*persona).

Localidad	Altura (m)	Temperatura media mensual agua de red (°C)											
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept	Octubre	Nov	Dic
Almería	16	12	12	13	14	16	18	20	21	19	17	14	12
Cádiz	4	12	12	13	14	16	18	19	20	19	17	14	12
Córdoba	123	10	11	12	14	16	19	21	21	19	16	12	10
Granada	685	8	9	10	12	14	17	20	19	17	14	11	8
Huelva	56	12	12	13	14	16	18	20	20	19	17	14	12
Jaén	574	9	10	11	13	16	19	21	21	19	15	12	9
Málaga	8	12	12	13	14	16	18	20	20	19	16	14	12
Sevilla	12	11	11	13	14	16	19	21	21	20	16	13	11

*Tabla 3. Temperatura del agua de red en Andalucía*

- Bloque 1: 8 viviendas de 4 habitaciones → 48 usuarios  
           8  viviendas de 3 habitaciones → 32 usuarios  
           1  vivienda de 2 habitaciones → 3 usuarios

Total: 83 usuarios → 1826 l/día a 60°C;

- Bloque 2: 17 viviendas de 4 habitaciones → 68 usuarios  
           1  vivienda de 2 habitaciones → 3 usuarios

Total: 71 usuarios → 1562 l/día a 60°C;

- Bloque 3: 17 viviendas de 4 habitaciones → 68 usuarios  
           1  vivienda de 2 habitaciones → 3 usuarios

Total: 71 usuarios → 1562 l/día a 60°C;

- Bloque 4: 9 viviendas de 4 habitaciones → 54 usuarios  
           8  viviendas de 3 habitaciones → 32 usuarios  
           1  vivienda de 2 habitaciones → 3 usuarios

Total: 89 usuarios → 1958 l/día a 60°C

### 2.3.2. Demanda energética

La demanda energética mensual es la cantidad de energía necesaria para calentar el agua de la instalación hasta una cierta temperatura, en este caso 60°C, a lo largo de un mes. Para el cálculo de la demanda energética se utiliza la expresión.

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

- $L_{ACS}$ : Demanda energética mensual (J/mes);
- $Q_{ACS}$ : Consumo unitario diario medio de agua caliente sanitaria (l/día);
- $\rho_{agua}$ : Densidad del agua (kg/l);
- $C_p$ : Calor específico del agua (4190 J/kg K);
- $T_{ac}$ : Temperatura de referencia de agua caliente (según CTE, 60°C)
- $T_{af}$ : Temperatura del agua de red según norma UNE 94002:2005;
- $\Delta t$ : Número de días del mes correspondiente

Una vez obtenidos los datos necesarios para calcular la demanda energética, se calcula esta mediante la expresión anterior para cada mes del año obteniendo la Tabla 4.

Mes	$\Delta t$ ( días)	$L_{ACS}$ ( MJ/ mes)
Enero	31	55957,65
Febrero	28	50542,39
Marzo	31	53673,67
Abril	30	50837,10
Mayo	31	50247,69
Junio	30	45311,33
Julio	31	44537,72
Agosto	31	44537,72
Septiembre	30	44206,18
Octubre	31	50247,69
Noviembre	30	51942,26
Diciembre	31	55957,65

*Tabla 4. Demanda energética mensual*

## 2.4. Cálculo de la superficie de captación

Una vez que se tiene la demanda energética mensual, es necesario saber que fracción de esa demanda ha de cubrir la instalación de agua caliente sanitaria. La fracción de la demanda cubierta anual se calcula mediante la expresión:

$$f = \frac{Q_{solar}}{Q_{consumido}}$$

La potencia térmica absorbida por el campo de captadores ( $Q_{solar}$ ), estará en función de la disposición del campo de captadores, del número de captadores, del número de captadores en serie, y del rendimiento del captador. Por tanto, para saber el área del campo de captadores, es necesario saber la fracción mínima de la demanda cubierta. El CTE en su sección HE4 proporciona una tabla (*Tabla 11*) que da la fracción de la demanda cubierta mínima en función de la zona climática y la demanda de ACS.

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

*Tabla 5. Fracción de demanda cubierta mínima según zona*

Al estar los edificios ubicados en la zona climática V y tener una demanda total entre 5000 y 10000l/día, la demanda cubierta mínima debe ser de al menos un 70%.

Para el dimensionado de la instalación se ha utilizado la herramienta informática CHEQ4. Como se explicó en la *Memoria Descriptiva*, CHEQ4 requiere de una serie de datos de partida para dimensionar la instalación, estos datos están recogidos en la *Tabla 6*.

Localización	
Localidad	Sevilla
Altura de la localidad	12 m
Configuración	
Sistema seleccionado	Acumulación centralizada y apoyo distribuido
Demanda	
Edificio	Bloque de viviendas
Número de personas	83/71/71/89
Solar/ apoyo	
Captador seleccionado	Termicol T 20 US
Orientación	0 °
Inclinación	45°
Porcentaje de anticongelante	12,5 %
Diámetro de la tubería del primario	34 mm
Espesor del aislante en el primario	40 mm
Tipo de aislante en el primario	Lana de roca semirígida de 40 mm
Otros parámetros	
Diámetro de la tubería de distribución	40 mm
Espesor del aislante de distribución	30 mm
Temperatura de distribución	60 °C

*Tabla 6. Datos de partida para CHEQ4*

Con estos datos, CHEQ4 es capaz de calcular la demanda neta, demanda bruta, fracción solar además de otros parámetros en función del área del campo de captadores. Para ver la influencia que tiene el número de captadores en estos parámetros, se ha realizado una tabla del bloque 1 (*Tabla 7*).

Número de captadores	Área de captación ( m <sup>2</sup> )	Fracción solar (%)
32	66,66	68
33	68,68	70
34	70,70	72

*Tabla 7. Fracción solar en función del número de captadores*

Por la zona climática en la que se encuentra el edificio y el caudal de agua que se maneja, hay que tener como mínimo un 70% de fracción solar. Esto elimina la posibilidad de poner menos de 33 captadores. El volumen del acumulador será por tanto, de 3500 l, ya que el CTE obliga a mantener una relación entre el volumen de acumulación y el área de captadores dentro de un rango entre 50 y 180.

Estas opciones se han planteado suponiendo que el número de captadores en serie es uno. Dependiendo de cómo sea la configuración de los captadores se pueden diferenciar dos tipos de agrupaciones, agrupación en serie o agrupación en paralelo.

En la agrupación en paralelo todos los captadores trabajan en las mismas condiciones. La temperatura de entrada del fluido, el salto de temperatura en el captador y el rendimiento son iguales en todos los captadores. La pérdida de carga del campo es la de un captador y el caudal de la bomba es el de un captador por el número de captadores.

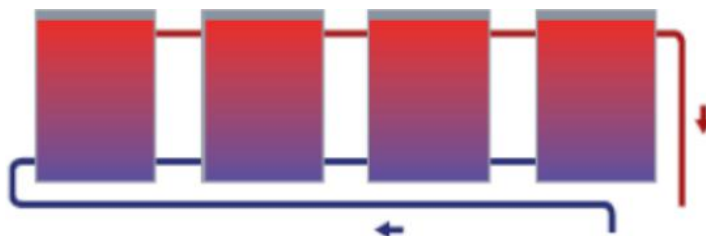


Figura 25. Conexión de captadores en paralelo

La agrupación en serie aumenta la temperatura de salida del campo de captadores. La temperatura de entrada del fluido en un captador es la de salida del anterior, su rendimiento disminuye y el rendimiento global del campo de captadores es menor que el rendimiento de una agrupación en paralelo. La pérdida de carga del campo es la de un captador por el número de captadores en serie (mayor que en la agrupación en paralelo) y el caudal de la bomba del circuito primario es el caudal de un captador (menor que en la agrupación en paralelo).

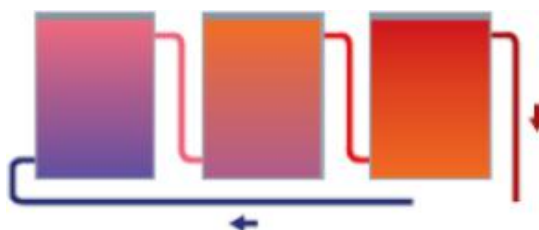


Figura 26. Conexión de captadores en serie

Por tanto, para determinar que configuración es la mejor, se va a realizar un estudio de la dependencia de la fracción de demanda cubierta en función del número de captadores en serie. Este estudio está plasmado en la *Tabla 8*. Hay que puntualizar que el número de captadores elegido para este estudio es el ya elegido anteriormente para el diseño, es decir, 35 captadores.



Número de captadores en serie	Fracción de demanda cubierta (%)
3	59
2	64
1	72

Tabla 8. Variación de la fracción de demanda cubierta en función del número de captadores en serie

Al ver la variación que sufre la fracción de la demanda cubierta al cambiar el número de captadores en serie, se pueden descartar las opciones de 2 y 3 captadores en serie respectivamente ya que no cumplen la mínima fracción de demanda cubierta. Entre las opciones de poner uno o dos en serie se escoge la primera ya que es más segura.

## 2.5. Cálculo del volumen de acumulación

Para realizar el diseño del campo de captadores ha determinado un volumen de acumulación de entre 4500 y 5000 litros ya que es una medida razonable para el tamaño de la instalación. Teniendo en cuenta una relación aproximada de 75l/m<sup>2</sup>. No obstante, una vez que se ha obtenido el dimensionado del campo de captadores, se procede a realizar un estudio sobre la influencia que tiene el volumen de acumulación en la fracción de demanda cubierta.

Como se comentó anteriormente el CTE impone una restricción en la relación volumen de acumulación/ área de captación y es que se mantenga dentro de un rango ( $50 < V/A < 180$ ). El área de captación ya quedó determinada en el anterior apartado, siendo de 68,68 m<sup>2</sup> en el caso del bloque 1. Por tanto, se podrá variar el volumen de acumulación entre 3434 y 12362 litros. En la Tabla 9 puede verse el estudio realizado.

Volumen de acumulación (l)	Fracción de demanda cubierta (%)
3500	72
4000	70
5000	70
5500	69
6000	68

Tabla 9. Variación de la fracción de demanda cubierta en función del volumen de acumulación

Se puede apreciar que no hay una variación muy grande en cuanto a la fracción de la demanda cubierta al variar el volumen de acumulación. No obstante, cabe destacar que a partir de 5000 l, no se cumple con la fracción mínima. Podría ocurrir que el programa (CHEQ4) avise al usuario de que a partir de un volumen de acumulación se produce un excedente ya que se supera durante al menos tres meses seguidos el 100% de la demanda cubierta. Por tanto, habría que tomar alguna de las medidas que el propio programa propone para paliar este problema.



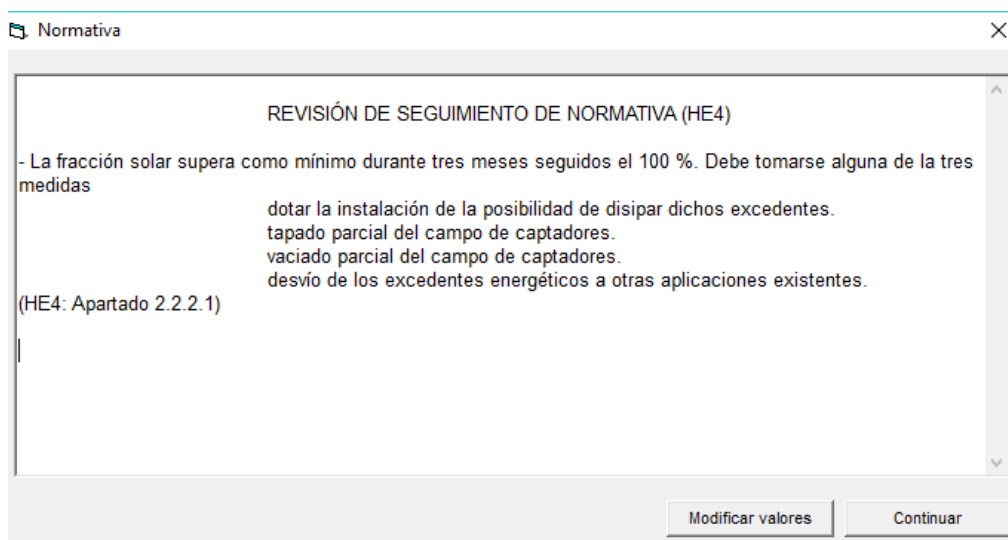


Figura 27. Aviso de excedente de ACS en CHEQ4

Para evitar tener que tomar alguna de estas alternativas que encarecerían innecesariamente la instalación es recomendable quedarse con alguno de los valores que no da este problema. Se decide escoger un acumulador de 3500l ya que cumple con creces la fracción mínima requerida y es un valor estándar del fabricante.

Una vez diseñados tanto el campo de captadores como el volumen de acumulación, además de haber elegido el tipo de configuración y otros parámetros, se puede mostrar la gráfica de resultados que proporciona CHEQ4 en el que se muestra la fracción solar, la demanda bruta, la aportación solar y el consumo auxiliar para cada mes.

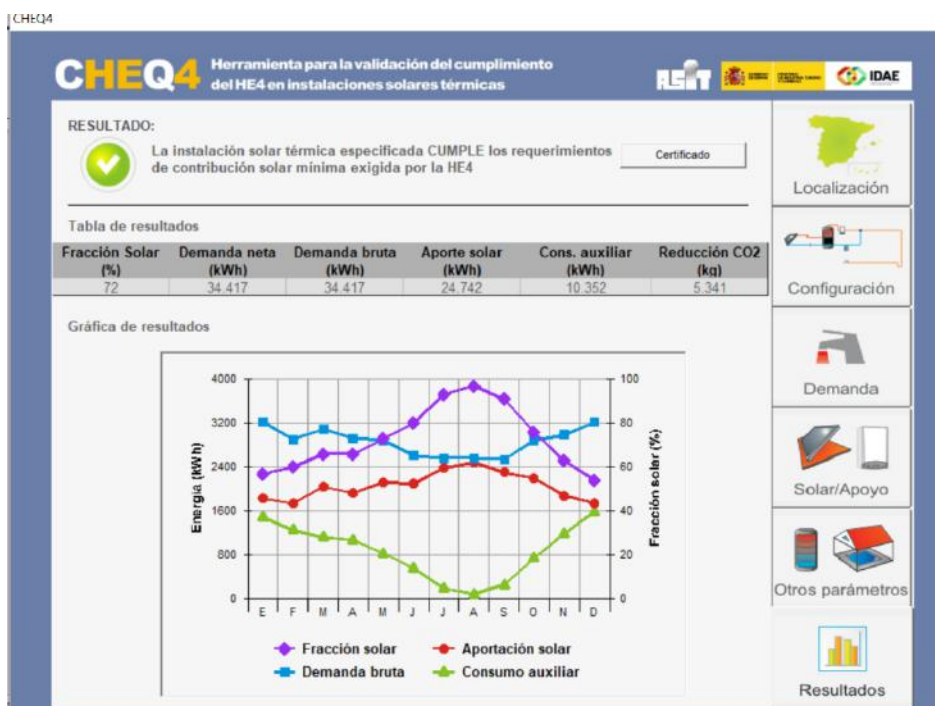


Figura 28. Ventana de resultados CHEQ4

## 2.6. Distancia mínima entre captadores y petril de la cubierta

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

En él se definen los siguientes términos:

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

$$D = h * k$$

Definiendo así, el coeficiente adimensional denominado k:

$$K = 1 / (\tan(61 - \text{latitud}))$$

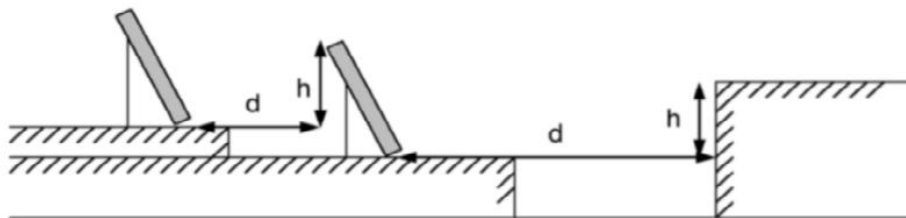


Figura 29. Distancia entre captadores

La latitud de los captadores es 37,22°, y la altura de los captadores se obtiene del manual de montaje de dicho captador, teniendo así una altura de 2,13 metros. Sustituyendo los valores anteriores, se obtiene que la distancia mínima entre fila de captadores debe ser 4,83 metros.

Como criterio de diseño, se ha optado por trabajar desde el lado de la seguridad vitando al máximo las pérdidas por sombras, siendo la distancia entre captadores sobre el plano de 5 metros.

## 2.7. Cálculo de las pérdidas por ubicación en cubierta

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

### 2.7.1 Cálculo de las pérdidas por orientación e inclinación.

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

El procedimiento para realizar dichos cálculos está recogido en el DBT CTE HE4, 2008.

Por tanto, se procede de la siguiente manera:

$\alpha$ : ángulo acimut, mide la desviación de la orientación de los captadores con respecto al sur.

$\beta$ : ángulo de inclinación, el que forma la superficie del captador con el plano horizontal.

Como se ha citado anteriormente, los valores del ángulo acimut y de inclinación son  $0^\circ$  y  $45^\circ$  respectivamente.

Cálculo de las pérdidas máximas permisibles debido a la orientación e inclinación, que se recogen en la *Figura 30* extraída del DB CTE HE4, 2008.

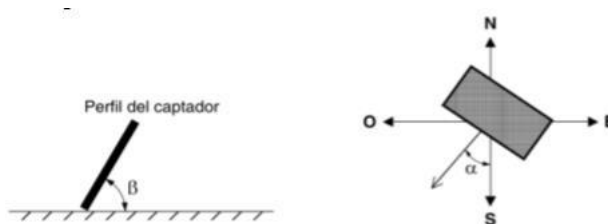


Figura 33. Ángulos de inclinación y orientación del captador.

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

Figura 30. Pérdidas límite

Una vez determinado el ángulo de acimut del captador, se procede a calcular los valores máximos y mínimos de la inclinación en función de las pérdidas máximas permisibles para una latitud de casi  $40^\circ$ . Para ello, se usa la *Figura 31* obtenida del DB CTE HE4, 2008.

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

Los puntos de intersección del límite de pérdidas con la recta de acimut nos proporcionan los valores de inclinación máxima y mínima. Dichos valores no tienen que ser corregidos porque la latitud de la instalación coincide con la de referencia.

Se obtiene que:

- El ángulo de máximo de inclinación es  $60^\circ$
- El ángulo mínimo de inclinación es  $5^\circ$

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

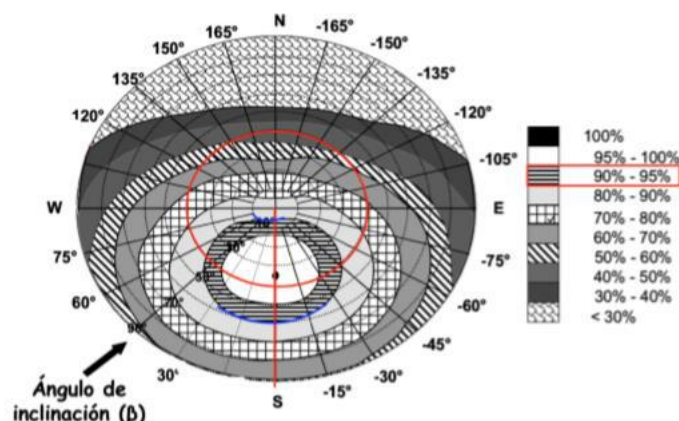


Figura 31. Porcentaje de energía respecto al máximo por orientación e inclinación

Cálculo de las pérdidas por orientación e inclinación:

$$Pérdidas (\%) = 100 * (1,2 * 10^{-4} * (\beta - \beta_{\text{óptimo}})^2 + 3,5 * 10^{-5} * \alpha^2) \quad \text{para } 15^\circ < \beta < 90^\circ$$

Siendo:

$$\beta = 45$$

$$\beta_{\text{óptimo}} = 40,4$$

Se obtiene que:

$$Pérdidas (\%) = 0,25$$

### 2.7.2. Cálculo de las pérdidas por sombra

Para realizar el cálculo de las pérdidas d radiación solar producidas por las sombras circundantes se ha seguido el procedimiento explicado en el DB CTE HE4, 2008.

Se procede:

En primer lugar, es necesario conocer la orientación de los obstáculos. Los posibles obstáculos que presentan filas de captadores son las filas de captadores que están delante y el petril del muro, dichos obstáculos presentan orientación sur.

El procedimiento consiste en la representación del perfil de obstáculos en la Figura 32, en el que se muestra la banda de trayectorias de Sol a lo largo de todo el año. Dicha banda se encuentra dividida en porciones en función de las horas solares.

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

Las pérdidas por sombras de las treinta baterías de captadores son nulas, ya que el perfil de obstáculos dibujado sobre el diagrama de trayectorias del sol s una línea vertical, lo

que significa que tiene un factor de llenado de 0. Es lógico que sean nulas, ya que poseen la orientación óptima y suficiente separación.

Para el cálculo de las pérdidas en que caso que no fueran nulas, utilizaríamos la expresión:

$$\text{Pérdidas (\%)} = 0,5 * (A2 + B2) + 0,25 * (C2 + D2)$$

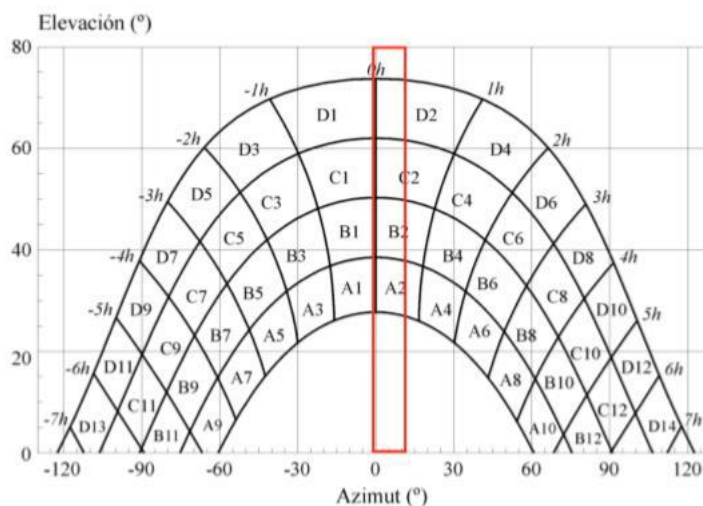


Figura 32. Diagrama de la trayectoria del sol

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

Figura 33. Referencia de parámetros

## 2.8. Dimensionado red tuberías

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

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

- Con respecto a la velocidad, tanto el RITE como el IDAE establecen restricciones, debido al criterio de diseño que se ha elegido, se tomará la

condición del RITE por ser más restrictiva.

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

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

### 2.8.1. Fluido caloportador

Tal y como especifica el DB HE4 del CTE, 2008, es necesario proteger la instalación frente a posibles heladas. Para ello se trabaja con un fluido caloportador que sea mezcla de agua y glicol. El porcentaje de glicol necesario se calcula en función de la temperatura mínima histórica de la localidad, en el caso de Sevilla es de -5°C. De la *Figura 34* obtenemos el porcentaje de glicol.



*Figura 34. Fluido caloportador*

Se observa que el fluido del circuito primario es una mezcla del 87,5% de agua y del 12,5% de glicol, el fluido seleccionado es el Fluidosol proporcionado por Termicol.

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

Densidad del fluido del circuito primario:

$$\rho_{\text{fluido}} = 1011,2125 \text{ kg/m}^3$$

Para dicho cálculo se han usado los siguientes datos:

$$\text{Densidad del agua } \rho_{\text{agua}} = 997,1 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Densidad del glicol } \rho_{\text{glicol}} = 1110 \text{ kg/m}^3$$

Cálculo del volumen de fluido caloportador necesario:

$$V_{\text{fluido caloportador}} = \% \text{ Glicol} * V_{\text{total}}$$

Siendo:

$$\%Glicol = 12,5$$

El volumen total está calculado en el apartado del Dimensionado del vaso de expansión. El volumen de fluido caloportador, en cada bloque será de 50l.

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

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

### 2.8.2. Diseño red de tuberías

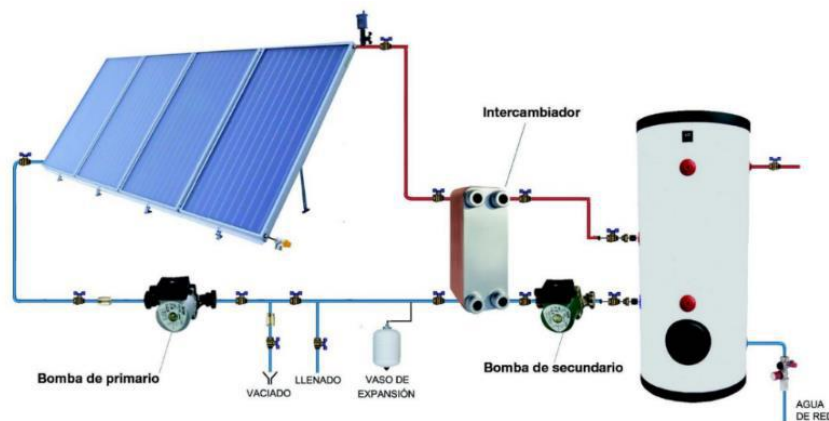


Figura 35. Diseño instalación ACS

Para el cálculo del caudal del fluido que circula por el circuito primario se utiliza la expresión:

$$M_B = (G * N_c * A) / N$$

Donde:

- $M_B$ : Caudal en el circuito de captación (kg/s).
- $G$ : Caudal específico en el captador solar ( $0,0202 \text{ kg} / (\text{s} * \text{m}^2)$ ).
- $N_c$ : Número de captadores (35).
- $N$ : Número de captadores en serie. (1)
- $A$ : Área de un captador solar ( $1,9 \text{ m}^2$ ).

Los datos anteriormente escritos, son los correspondientes al bloque 1. Operando se obtiene:

$$M_B = 1,343 \text{ kg/s}$$

El diseño de la red de tuberías se ha realizado tratando de minimizar la longitud de las tuberías, así como los codos, para disminuir las pérdidas térmicas. También, se ha usado



la técnica conocida como retorno invertido, para conseguir un flujo equilibrado sin la necesidad de instalar a priori válvulas de equilibrado.

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

En segundo lugar, se procede a la elección de los diámetros de tubería de acuerdo con los requisitos mencionados anteriormente.

Una vez obtenidos los caudales de cada uno de los bloques y el diámetro de cada uno de los tramos de las tuberías, se procede a calcular la pérdida de carga total en el circuito primario.

$$\Delta P_{total} = \Delta P_{tuberías} + \Delta P_{accesorios} + \Delta P_{equipos}$$

### 2.8.2.1. Cálculo de la pérdida de presión en tuberías.

$$\Delta P_{tuberías} = \Delta P_{tuberías} (Pa/m) * L_{tramo} (m)$$

En las Tablas 10 a 12 y Figuras 36 a 39, se resume el cálculo de las pérdidas en cada tramo de tubería de cada bloque en kPa.

BLOQUE 1	Caudal(l/h)	D"	$\Delta P_{tub}$
T1	4514	1,50	0,10
T2	2257	0,75	15,40
T3	564,25	0,50	11,50
T4	564,25	0,50	8,60
T5	564,25	0,50	5,80
T6	564,25	0,50	5,00
T7	564,25	0,50	11,00
T8	564,25	0,50	4,40
T9	564,25	0,50	1,60
T10	564,25	0,50	4,10
T11	752,33	0,50	19,40
T12	752,33	0,50	14,70
T13	752,33	0,50	9,90
T14	752,33	0,50	14,20
T15	752,33	0,50	11,70
T16	752,33	0,50	7,20
T17	2257	0,75	33,20

Tabla 10 Pérdidas de presión en cada tramo de tubería bloque 1



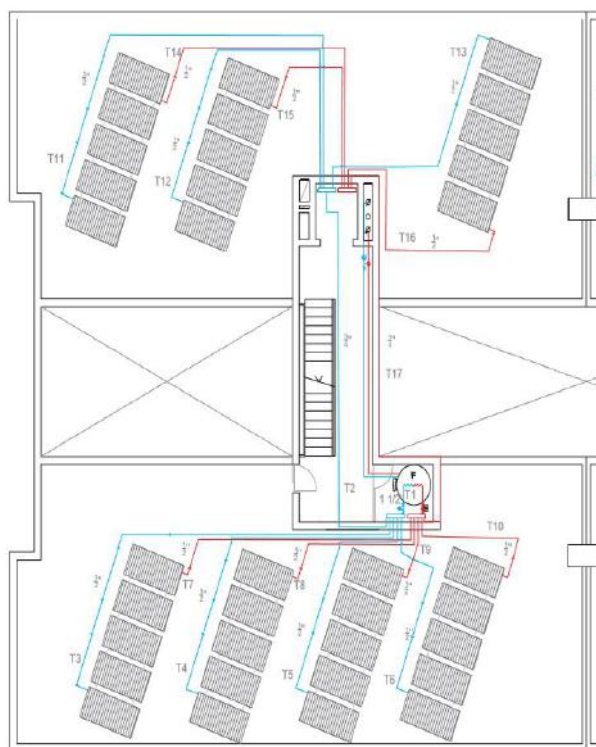


Figura 36. Tramos tubería bloque 1

BLOQUE 2/3	Caudal(l/h)	D"	$\Delta P_{\text{tub}}$
T1	5198	1,50	0,20
T2	2599	0,75	19,80
T3	649,75	0,50	14,70
T4	649,75	0,50	11,00
T5	649,75	0,50	7,50
T6	649,75	0,50	6,40
T7	649,75	0,50	14,00
T8	649,75	0,50	5,70
T9	649,75	0,50	2,00
T10	649,75	0,50	5,20
T11	649,75	0,50	15,00
T12	649,75	0,50	11,40
T13	649,75	0,50	7,70
T14	649,75	0,50	11,00
T15	649,75	0,50	9,10
T16	649,75	0,50	5,60
T17	649,75	0,50	3,70
T18	649,75	0,50	10,30
T19	2599	0,75	21,70

Tabla 11. Pérdidas de presión en cada tramo de tubería bloque 2 y 3

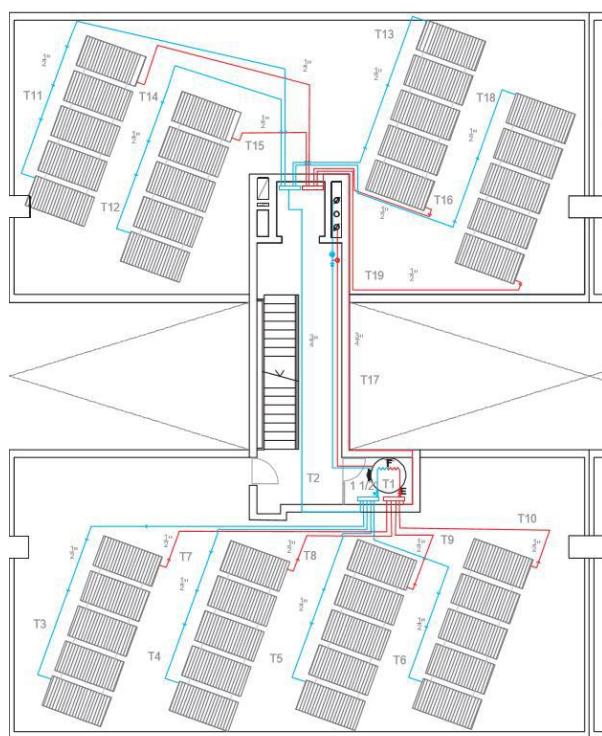


Figura 37. Tramos tuberías bloque 2

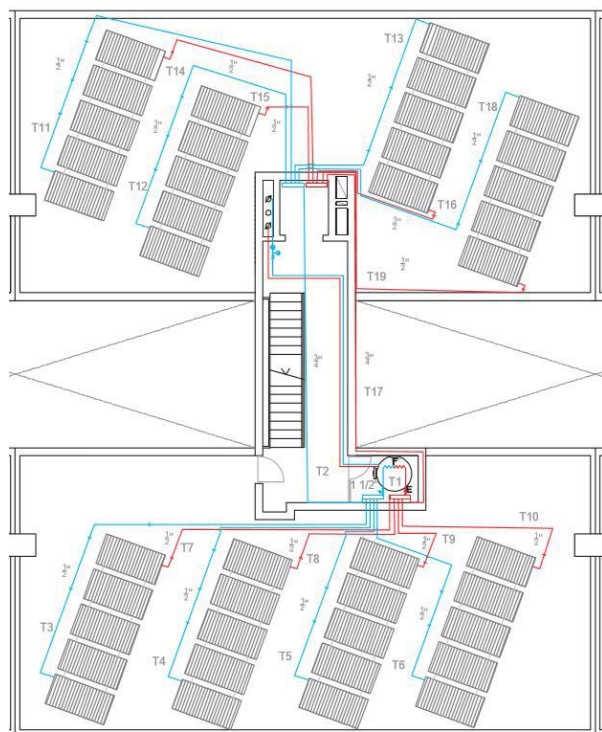


Figura 38. Tramos tuberías bloque 3

BLOQUE 4	Caudal(l/h)	D"	$\Delta P_{\text{tub}}$
T1	4788	1,50	0,20
T2	2394	0,75	19,80
T3	598,5	0,50	14,70
T4	598,5	0,50	11,00
T5	598,5	0,50	7,50
T6	598,5	0,50	6,40
T7	598,5	0,50	14,00
T8	598,5	0,50	5,70
T9	598,5	0,50	2,00
T10	598,5	0,50	5,20
T11	798	0,50	15,00
T12	798	0,50	11,40
T13	798	0,50	7,70
T14	798	0,50	11,00
T15	798	0,50	9,10
T16	798	0,50	5,60
T17	2394	0,50	3,70

Tabla 12. Pérdidas de presión en cada tramo de tubería bloque 4

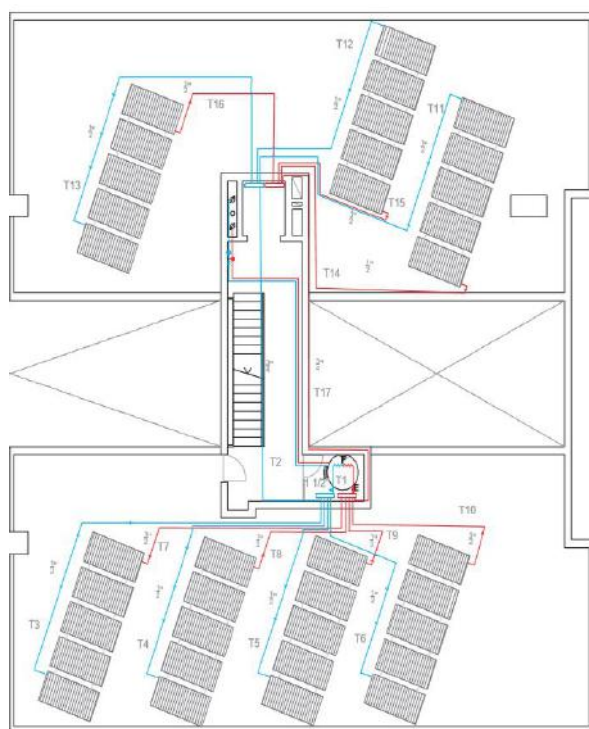


Figura 39. Tramos tuberías bloque 4

### 2.8.2.2. Cálculo de las pérdidas de presión en los accesorios.

$$\Delta P_{\text{accesorios}} = \Delta P_{\text{accesorios}} (\text{Pa/m}) * L_{\text{tramo}} (\text{m})$$

En las tablas 13 a 15 se muestra el listado de accesorios y su correspondiente pérdida de presión por tramos en kPa.

BLOQUE 1	D"	CODO 90º	Talineada	Tderivada	V.corte	L_eq	ΔP_acc
T1	1,50	0	0	0	2	6,40	2,40
T2	0,75	4	0	0	0	1,16	3,50
T3	0,50	2+1	0	0	0	0,51	0,90
T4	0,50	2+1	0	0	0	0,51	0,90
T5	0,50	2+1	0	0	0	0,51	0,90
T6	0,50	2+1	0	0	0	0,51	0,90
T7	0,50	2+1	0	0	0	0,51	0,90
T8	0,50	2+1	0	0	0	0,51	0,90
T9	0,50	2+1	0	0	0	0,51	0,90
T10	0,50	2+1	0	0	0	0,51	0,90
T11	0,50	2+1	0	0	0	0,51	1,50
T12	0,50	2+1	0	0	0	0,51	1,50
T13	0,50	2+1	0	0	0	0,51	1,50
T14	0,50	2+1	0	0	0	0,51	1,50
T15	0,50	2+1	0	0	0	0,51	1,50
T16	0,50	2+1	0	0	0	0,51	1,50
T17	0,75	6	0	0	0	1,74	36,80

Tabla 13. Pérdidas de carga en accesorios bloques 1

BLOQUE 2/3	D"	CODO 90º	Talineada	Tderivada	V.corte	L_eq	ΔP_acc
T1	1,5	0	0	0	2	6,40	3,10
T2	0,75	4	0	0	0	1,16	4,50
T3	0,5	2+1	0	0	0	0,51	1,20
T4	0,5	2+1	0	0	0	0,51	1,20
T5	0,5	2+1	0	0	0	0,51	1,20
T6	0,5	2+1	0	0	0	0,51	1,20
T7	0,5	2+1	0	0	0	0,51	1,20
T8	0,5	2+1	0	0	0	0,51	1,20
T9	0,5	2+1	0	0	0	0,51	1,20
T10	0,5	2+1	0	0	0	0,51	1,20
T11	0,5	2+1	0	0	0	0,51	1,20
T12	0,5	2+1	0	0	0	0,51	1,20
T13	0,5	2+1	0	0	0	0,51	1,20
T14	0,5	4+1	0	0	0	0,85	1,20
T15	0,5	2+1	0	0	0	0,51	1,20
T16	0,5	2+1	0	0	0	0,51	1,20
T17	0,5	4+1	0	0	0	0,85	2,00
T18	0,5	4+1	0	0	0	0,85	2,00
T19	0,75	6	0	0	0	1,74	6,80

Tabla 14. Pérdidas en accesorios bloques 2 y 3

### 2.8.2.3. Pérdidas de carga en los equipos.

#### a) Captadores

Como la conexión es en paralelo, la pérdida de presión en un captador es la total. Se utiliza la expresión de la caída de presión en el captador y la gráfica de la pérdida de carga suministrada por el fabricante (*Figura 17*).

$$\Delta P_{\text{captador}}(\text{mbar}) = 0,0295 * Q_{\text{capt}}^2 + 1,1567 * Q_{\text{capt}} - 0,1994 = 2,625 \text{ mbar} \quad (Q_{\text{capt}} = 2,306 \text{ kg/min})$$

BLOQUE 4	D"	CODO 90º	Talineada	Tderivada	V.corte	L <sub>eq</sub>	ΔP <sub>acc</sub>
T1	1,50	0	0	0	2	6,40	2,70
T2	0,75	4	0	0	0	1,16	3,90
T3	0,50	2+1	0	0	0	0,51	1,00
T4	0,50	2+1	0	0	0	0,51	1,00
T5	0,50	2+1	0	0	0	0,51	1,00
T6	0,50	2+1	0	0	0	0,51	1,00
T7	0,50	2+1	0	0	0	0,51	1,00
T8	0,50	2+1	0	0	0	0,51	1,00
T9	0,50	2+1	0	0	0	0,51	1,00
T10	0,50	2+1	0	0	0	0,51	1,00
T11	0,50	2+1	0	0	0	0,51	1,70
T12	0,50	2+1	0	0	0	0,51	1,70
T13	0,50	2+1	0	0	0	0,51	1,70
T14	0,50	2+1	0	0	0	0,51	1,70
T15	0,50	2+1	0	0	0	0,51	1,70
T16	0,50	2+1	0	0	0	0,51	1,70
T17	0,75	6	0	0	0	1,74	5,80

Tabla 15. Pérdidas en accesorios bloque 4

## b) Intercambiador

Para ver la pérdida de presión que hay en el intercambiador el fabricante ofrece en su catálogo una tabla que especifica la pérdida de carga que tiene cada intercambiador en función del modelo. Dicha tabla se adjunta a continuación en la *Tabla 16*.

### Intercambiador Desmontable

Producción de ACS a 45°C con solar							
30% Prop. Glicol 55->45 / agua 35->45							
Potencia (kW)	Modelo	Nº placas	Caudal 1 (m³/h)	DP 1 (m.c.a.)	Caudal 2 (m³/h)	DP 2 (m.c.a.)	PVP 2015
10	M3-FG/8H	8	0,9	1,2	0,9	1,8	1.338 €
15	M3-FG/10H	10	1,7	0,4	1,3	2,3	1.367 €
20	M3-FG/12H	12	1,8	2,1	1,7	2,6	1.399 €
30	M3-FG/16H	16	2,7	2,7	2,6	3	1.461 €
40	M3-FG/20H	20	3,6	3	3,5	3,3	1.524 €
50	M3-FG/25H	25	4,5	3,3	4,3	2,9	1.603 €
60	M3-FG/30H	30	5,5	3,2	5,2	3,2	1.715 €
70	M3-FG/34H	34	6,4	3,4	6,1	3,4	1.778 €
80	M3-FG/40H	40	7,3	3,4	6,9	3,3	1.872 €
90	M3-FG/46H	46	8,2	3,4	7,8	3,2	1.967 €
100	M3-FG/52H	52	9,1	3,4	8,7	3,2	2.061 €
110	M3-FG/55H	55	10	3,8	9,6	3,4	2.108 €
120	M6-FM/16L	16	10,9	2,8	10,4	3	2.421 €
130	M6-FM/17L	17	11,8	3,2	11,3	2,7	2.462 €
140	M6-FM/18L	18	12,7	3	12,2	3,1	2.502 €
150	M6-FM/19L	19	13,6	3,4	13	2,9	2.543 €

Tabla 16. Intercambiadores de ACS

El modelo utilizado en el circuito primario es el Alfa Laval M3FG25. Por tanto, la pérdida de presión que hay en el intercambiador es de 3,3 m.c.a, es decir, 32361,054 Pa.

En el bloque 2 y 3, el intercambiador del circuito primario será el Alfa Laval M3FG30

En el bloque 4 el intercambiador escogido será el mismo que en el bloque 2 y 3.

## 2.9. Dimensionado de la bomba de circulación

Para dimensionar la bomba de circulación del circuito primario hay ver primero que restricciones hace le CTE a cerca del dimensionado de bombas. Las medidas que sigue el CTE son:

- Siempre que sea posible, las bombas en línea se montarán en las zonas más frías del circuito, teniendo en cuenta que no se produzca ningún tipo de cavitación y siempre con el eje de rotación en posición horizontal.
- En instalaciones superiores a 50 m<sup>2</sup> se montarán dos bombas idénticas en paralelo, dejando una de reserva, tanto en el circuito primario como en el secundario. En este caso se preverá el funcionamiento alternativo de las mismas, de forma manual o automática.
- Si el circuito de captadores está dotado con una bomba de circulación, la caída de presión se debería mantener aceptablemente baja en todo el circuito.

En el segundo punto, el CTE recomienda instalar dos bombas en caso de que la superficie de captadores sea superior a 50 m<sup>2</sup>, esta instalación, como se ha comentado anteriormente, tiene una superficie de captadores en el bloque 1 de 68,68 m<sup>2</sup>, por tanto, habrá que instalar dos bombas en todos los bloques ya que en el resto la superficie de captadores es la ésta o mayor.

Para elegir las bombas, las principales variables que hay que evaluar es la presión que debe vencer la bomba y el caudal que ésta mueve.

- Bomba circuito primario
  - Caudal: Caudal del circuito primario 4514 l/h
  - Máxima diferencia de presión: La presión que debe vencer la bomba es la suma de la pérdida de carga en la red de tuberías del circuito más desfavorable más la pérdida de presión que sufre en el intercambiador de placas.  
La pérdida de carga por intercambiador es de 32,36 kPa y por tuberías 21,9 kPa.
- Bomba circuito secundario
  - Caudal: 4514 l/h
  - Máxima diferencia de presión: La pérdida de carga por intercambiador es de 32,36kPa y por tuberías de 1,1kPa.
- Bomba circuito de consumo
  - Caudal: 4514l/h
  - Máxima diferencia de presión: La pérdida de carga por intercambiador es de 11,77 kPa y por tuberías de 1,1kPa.

Elegimos en este caso, bloque 1, la bomba WILO Stratos- Z40/1-8 para el circuito primario y para el secundario. Para el terciario WILO-Stratos PICO-Z 20/ 1-4.

Para el resto de bloques, las bombas de cada circuito serán las mismas.

## **2.10. Dimensionado del vaso de expansión**

Un vaso de expansión es un elemento de seguridad que permite absorber la presión sobrante provocada por el aumento de temperatura. El mecanismo mediante el cual lo hace es muy sencillo, básicamente este elemento tiene una membrana que separa la cámara de aire de la del fluido. Al expandirse el fluido, la membrana sube haciendo que

esta presión se la lleve el aire comprimiéndolo.

Para el diseño del vaso de expansión se seguirán una serie de pautas propuestas por la norma UNE 100155: Diseño y cálculo de sistemas de expansión.

Hay que calcular dos vasos de expansión para cada bloque, uno para el circuito primario y otro para el secundario. Para empezar, hay que calcular el volumen total del fluido caloportador del circuito correspondiente, este volumen es igual al volumen que hay en las tuberías más el que hay en cada uno de los equipos por los que circule más un coeficiente de seguridad de un 10%. Todo esto puede verse en la expresión (4).

$$V_{T1} = (V_{captadores} + V_{tuberías} + V_{interacumulador}) * 1,1$$

$$V_{T2} = (V_{acumulador} + V_{tuberías} + V_{intercascalador}) * 1,1$$

En primer lugar, se explicará cómo se han elegido los dos vasos de expansión correspondientes al primer bloque:

- Volumen captadores

Para el cálculo de la capacidad del fluido de los 35 captadores se acude a la ficha técnica del captador seleccionado de la que se extrae que la capacidad de un captador es 1,02 litros.

$$V_{captadores} = 1,02 \text{ (l/captador)} * 35 \text{ captadores} = 35,7 \text{ l}$$

- Volumen interacumulador: 1000l
- Volumen acumulador: 4000l
- Volumen tuberías circuito primario

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

$$V_{tramo1} = ((\pi * D(m)^2 * L(m)) / 4) * 1000$$

- Volumen tuberías tramo circuito secundario

$$V_{tramo2} = ((\pi * D(m)^2 * L(m)) / 4) * 1000$$

Posteriormente se calcula el coeficiente de expansión:

$$C_{exp} = (-1,75 + 0,064 * T + 0,0036 * T^2) * 10^{-3} = 0,015$$

Donde T es la temperatura del fluido en el vaso de expansión que se estima en 60 °C.

Al no ser el fluido solo agua, sino una mezcla de agua y glicol (12,5%), se debe corregir el coeficiente de expansión con un factor de corrección.

$$f_c = a * (1,8 * T + 32)^b$$

$$a = -0,0134 * (G^2 - 143,8 * G + 1918,2) = -3,711$$

$$b = 3,5 * 10^{-4} * (G^2 - 94,57 * G + 500) = -0,184$$



Con G siendo el porcentaje de glicol en el fluido de trabajo.

Por tanto, el  $C_{\text{ecorregido}}$  es  $C_e * f_c = 0,015 * 1,73 = -0,22$

Ahora se calcula el coeficiente de presión a través de la expresión

$$C_p = P_M / (P_M - P_m)$$

Donde  $P_M$  es la presión máxima de funcionamiento del circuito

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

$$P_M = 0,9 * P_{VS} + I = 8,2 \text{ bares}$$

- $P_m$  = presión mínima del circuito

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

$$P_m = 3 \text{ bar}$$

Por último, se obtiene el volumen del vaso de expansión del circuito primario que es:

$$V_1 = V_{T1} * C_{\text{ecorregido}} * C_p = 362,9751$$

Y el del vaso de expansión secundario que es:

$$V_2 = V_{T2} * C_{\text{ecorregido}} * C_p = 1397,1931$$

Por tanto, viendo el valor del volumen que debe tener el vaso de expansión del circuito primario, se ha elegido un vaso de expansión de Termicol de 400 litros con la referencia 706SOL400. Y con respecto al circuito secundario se han elegido dos vasos de expansión también de Termicol de 700l con referencia 706SOL700.

Para el segundo y tercer bloque:

- Circuito primario:
  - Volumen vaso necesario: 367,411l
  - Vaso elegido: 706SOL400 de 400 l
- Circuito secundario:
  - Volumen vaso necesario: 1400l
  - Vaso elegido: 2 vasos 706VCR800 de 700 l

Para el cuarto bloque:

- Circuito primario:
  - Volumen vaso necesario: 365,450l
  - Vaso elegido: 706SOL400 de 400 l



- Circuito secundario:
  - Volumen vaso necesario: 1400l
  - Vaso elegido: 2 vasos 706VCR800 de 700 l

## **2.11. Cálculo del espesor de aislamiento**

En el RITE, en concreto en la instrucción técnica 1.2.4.2.1, se establece que en instalaciones en las que haya una red de agua o de algún fluido en las que haya transferencia de calor todas las tuberías, equipos y depósitos deben disponer del aislamiento térmico correspondiente para evitar consumos de energía superfluos y que las pérdidas en los fluidos sean lo más bajas posibles.

Los espesores del aislamiento vienen fijados por el RITE, el cual impone que los componentes de la instalación que tengan fluidos a una temperatura mayor a 40°C deberán disponer de aislamiento térmico.

Los componentes de la instalación que vienen de fábrica ya salen de la misma con el aislante necesario, por lo que no es necesario determinar el espesor del aislamiento en estos equipos.

### **2.11.1. Aislamiento en tuberías**

En las tuberías a la intemperie, el aislamiento deberá llevar una protección externa que asegure su durabilidad frente a las condiciones climatológicas.

Además, se establece el grosor mínimo del aislamiento de la tubería en función del diámetro de la misma y de la temperatura máxima del fluido que circule por ésta, según se muestra en las tablas contiguas.

En las Tablas 17 y 18 puede verse los espesores de aislamiento mínimo de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes.

Haciendo uso de estas tablas, se ha elegido un espesor de 25 mm para las tuberías interiores y un espesor de 40mm.

## **2.12. Diseño del sistema eléctrico y 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
- Sistemas de protección y seguridad contra sobrecalentamientos, heladas, etc.

El sistema de control asegurará que en ningún caso se alcancen temperaturas superiores a las máximas soportadas por los materiales y componentes del circuito.

De la misma manera, asegurará que en ningún punto la temperatura del fluido de trabajo descienda por debajo de una temperatura tres grados superiores a la de congelación del fluido.

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

*Tabla 17. Espesor en tuberías interiores*

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

*Tabla 18. Espesores en tuberías exteriores*

Con independencia de que realice otras funciones, el sistema de control se realizará por control diferencial de temperaturas, mediante un dispositivo electrónico que ha de tener como mínimo:

- Tres sondas de temperatura. Una colocada en la parte superior del captador, otra en la parte inferior del interacumulador auxiliar y otra en la zona inferior del depósito de acumulación.
- Control diferencial: Sí (El sistema de control actuará y estará ajustado de manera que las bombas no estén en marcha 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 arranque y de parada del termostato diferencial no será mayor que 2°C.)
- Limitación de temperatura máxima: Sí (60°C)
- Actuación temperatura máxima: Sí
- Limitación temperatura mínima: Sí (35°C)
- Actuación temperatura mínima: Sí

### **2.13. Materiales y protecciones**

Las características principales que han de cumplir los materiales, así como sus protecciones, en las instalaciones de A.C.S. son:

- En las tuberías del circuito primario se utilizará como material el cobre.
- 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 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.
- 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.

### **3. PLIEGO DE CONDICIONES** **TÉCNICAS Y** **ADMINISTRATIVAS**

### **3.1. Objeto**

El presente pliego de condiciones técnicas fija los criterios generales del proyecto de instalación de captadores solares planos para la producción de agua caliente sanitaria en cuatro bloques de viviendas en Sevilla.

### **3.2. Normativa aplicable**

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

- Pliego de Especificaciones Técnicas para Instalaciones de Energía Solar Térmica a Baja Temperatura.
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITE). Real Decreto 1027/2007 de 20 de Julio.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) y sus instrucciones Complementarias MI.BT, incluidas las hojas de interpretación.
- Código Técnico de la Edificación - Acciones en la Edificación (CTE-DB-AE).
- Código Técnico de la Edificación – Protección frente al ruido (CTE-DB-HR)
- Código Técnico de la Edificación – Seguridad en caso de incendio (CTE-DB-SI).
- Norma UNE-EN 12975-1:2006. “Sistemas solares térmicos y componentes. Captadores solares.”

Igualmente, se cumplirá la normativa de carácter regional y local (Ordenanzas, etc.).

Aparte de la normativa de carácter obligatorio antes mencionada, se utilizarán otras Normas como las UNE de la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), Normas NTE del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo o de las Compañías suministradores de energía eléctrica, etc. En ocasiones, a falta de normativa española, podrán utilizarse de organismos internacionales, como CER, ISO, etc. En cualquier caso, se seguirá la edición más reciente de toda la normativa mencionada, con las últimas modificaciones oficialmente aprobadas.

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

### **3.3. Condiciones de materiales y equipos**

#### **3.3.1. Tuberías y accesorios**

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

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

Las tuberías de cobre serán tubos estirados en frío y sus uniones serán realizadas por accesorios a presión que soporten las condiciones extremas o, mediante soldadura por capilaridad de acuerdo a la norma UNE EN 1057. Se realizará soldadura fuerte cuando la temperatura del circuito pueda superar en algún momento los 125°C. En todos los casos es aconsejable prever la protección catódica del acero según norma UNE 100050.

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

- **Accesorios**

- a) Compensadores de dilatación**

Se utilizarán en los circuitos de agua caliente. Los compensadores de dilatación han de ser instalados allí donde indique el plano y en su defecto, donde se requiera según la experiencia del instalador, adaptándose a las recomendaciones del Reglamento e Instrucciones Técnicas correspondientes. La situación será siempre entre dos puntos fijos garantizados como tales, capaces de soportar los esfuerzos de dilatación y de presión que se originan.

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

- b) Juntas**

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

- c) Lubricante de roscas**

General: no endurecedor, no venenoso.

- d) Acoplamientos dieléctricos o latiguillos**

Se incluirán acoplamientos dieléctricos o latiguillos en las uniones entre cobre y acero o fundición, tanto en la conducción de impulsión, como en el retorno.

- e) Derivaciones**

Para las derivaciones se pueden usar empalmes soldados. Todas las aberturas realizadas

a las tuberías se harán con precisión para lograr intersecciones perfectamente acabadas.

**f) Codos en bombas**

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

**g) Sombreretes**

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

**h) Guías**

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

**i) Termómetros**

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

**j) Manómetros**

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

**k) Válvulas de seguridad**

Se incluirán todas las válvulas de seguridad indicadas, o necesarias (de tarado adecuado) para un funcionamiento completamente seguro y correcto de los sistemas. Durante el periodo de pruebas de la instalación se procederá al timbrado de las mismas. Las válvulas de seguridad de alivio serán de paso angular y carga por resorte. Serán adecuadas para condiciones de trabajo de 0 a 120 °C y hasta 25 kg/cm<sup>2</sup>. Los materiales de fabricación serán bronce RG-5 para el cuerpo, vástago, tornillo de fijación, tuerca deflectora y la tobera, latón para el cabezal y obturador, acero cadmiado para el resorte Y PTFE para la junta.

**l) Purgadores de aire**

Cuando sea necesario, y con el fin de disponer de una instalación silenciosa y evitar la formación de cámaras de aire se dispondrá la tubería con pendiente ascendente hacia la dirección de flujo.

Las derivaciones se harán de tal modo que se eviten retenciones de aire y se permita el paso libre del mismo. Se incluirán purgadores de aire, manuales o automáticos, en todos los puntos altos, particularmente en los puntos más elevados de los montantes

principales, así como en todos los puntos necesarios, teniéndose especial cuidado en los retornos (ascensos, codos ascendentes).

En el caso de que, una vez que las redes estén en funcionamiento, se den anomalías por presencia de aire en la instalación, se instalaran nuevos empalmes, purgadores, válvulas según se considere necesario y sin costes extra. Si se deben realizar trabajos que requieran rotura, y reposición de acabados, el contratista se hará cargo de los gastos generados. Se preferirán por norma general los purgadores manuales, salvo en puntos ocultos o de difícil acceso, que hagan recomendable la instalación de purgadores automáticos.

#### **m) Vaciados**

Los vaciados, purgadores, válvulas de seguridad, reboses, se dirigirán al sumidero o desagüe más cercano. En cualquier caso, se adoptarán las medidas oportunas para evitar que una descarga accidental produzca daños o desperfectos. Se suministrarán las válvulas de vaciado necesarias para el vaciado completo de todas las tuberías y equipos.

#### **n) Conexiones a equipos**

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

### **3.3.2. Válvulas**

#### **3.3.2.1. Generalidades**

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

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

Siguiendo los siguientes criterios:

- Para aislamiento: válvulas de esfera.
- Para equilibrado de circuitos: válvulas de asiento.
- Para vaciado: válvulas de esfera o de macho.
- Para llenado: válvulas de esfera.
- Para purga de aire: válvulas de esfera o de macho.
- Para seguridad: válvula de resorte.
- Para retención: válvulas de disco, de capeta o de muelle (disco partido).

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



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

### **3.3.2.2. Materiales**

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

#### **a) Válvulas de esfera**

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

#### **b) Válvulas de seguridad de resorte**

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

#### **c) Válvulas de retención de capeta**

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

#### **d) Válvulas de retención de muelle**

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

#### **e) Purgadores automáticos de aire**

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

### **3.3.3. Aislamiento**

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

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

Como protección del material aislante se podrá utilizar una cubierta o revestimiento de

escayola protegido con pinturas asfálticas, poliésteres reforzados con fibra de vidrio o chapa de aluminio.

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

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

#### **3.3.4. Vasos de expansión**

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

- Fabricante
- Marca
- Modelo

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

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

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

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

#### **3.3.5. Bombas**

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

- Fabricante
- Marca

- Modelo
- Características eléctricas

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

- Cuerpo en fundición o bronce. Partidos, o no, según planos. Se incluirán conexiones para cebado, venteo, drenaje y manómetros en impulsión y descarga.
- Rodete de fundición/polysulfone o bronce.
- Eje en acero inoxidable AISI 316.
- Tubo de estanqueidad en acero inoxidable.
- Cojinetes a bolas de carbono, a prueba de polvo y humedad.
- Cierres Mecánicos: todas las bombas deberán de estar provistas con cierres mecánicos y separadores de sedimentos.
- Juntas torcas de EPDM.
- Acoplamientos flexibles del tipo todo acero con protector de acoplamiento. Se incluirá espaciador en el acoplamiento para facilitar el mantenimiento del grupo.
- Rotor húmedo o seco, según documentos de proyecto.
- Motor de 2 o 4 polos, 2900 o 1450 rpm, 220V/1~ o 220/380V/ 3~, 50 Hz, IP.44 clase F.
- Presión de aspiración 2 maca. para 82°C.
- Caudal, altura manométrica, potencia del motor, numero de velocidades y presión Sonora según lo establecido en el presupuesto o especificaciones técnicas.
- En circuitos de agua caliente para usos sanitarios, los materiales de la bomba serán resistentes a la corrosión.
- Los materiales de la bomba del circuito primario serán compatibles con las mezclas anticongelantes y en general con el fluido de trabajo utilizado.

### **3.3.6. Captadores**

#### **3.3.6.1. Generalidades**

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

- Nombre del fabricante.
- Tipo.
- Número de serie.
- Año de fabricación.
- Superficie total del captador.
- Dimensiones del captador.
- Presión máxima de trabajo.
- Temperatura de estancamiento a 1000 W/m<sup>2</sup> y 30°C.
- Volumen del fluido de transferencia de calor.
- Peso del captador vacío.
- Lugar de fabricación.

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

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

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

#### **3.3.6.2. Modelo de captador**

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

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

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

#### **3.3.6.3. Estructura soporte y sujeción del captador**

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

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

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

#### **3.3.7. Sistema eléctrico y de control**

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

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

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

- Activar la bomba de circulación en función del salto de temperatura entre la salida de la batería de captadores y la parte baja del acumulador.
- La ubicación de las sondas ha de realizarse de forma que detecten exactamente las temperaturas que se desean, instalándose los sensores en el interior de vainas y evitándose las tuberías separadas de la salida de los captadores.
- La precisión de los sistemas de control y la regulación de los puntos de consigna asegurará que en ningún caso las bombas estén en marcha con diferencias de temperaturas menores de 3°C ni paradas con diferencias superiores a 7°C.
- La diferencia de temperatura entre el punto de arranque y parada del termostato diferencial no será inferior a 3°C.
- El sistema de control incluirá señalizaciones luminosas de alimentación del sistema de funcionamiento de las bombas.

### **3.3.8. Aparatos de medida**

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

#### **a) Medida de temperatura**

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

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

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

#### **b) Medida de caudal**

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

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

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

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

#### **c) Medida de energía térmica.**

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

- Contador de agua, descrito anteriormente.
- Dos sondas de temperatura.
- Microprocesador electrónico, montado en la parte superior del contador o separado. La posición del contador y de las sondas define la energía térmica que se medirá.

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

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

#### **3.3.9. Acumuladores**

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

- Volumen cubicado real.
- Principales dimensiones.
- Presión de máximo trabajo.
- Situación y diámetro de las bocas de conexión.
- Situación y especificación de los puntos de sujeción o apoyos.

- Máxima temperatura de utilización.
- Tratamiento y protección.
- Material y espesor de aislamiento y características de su protección.

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

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

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

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

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

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

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

#### **3.3.10. Intercambiadores de calor**

Los intercambiadores de calor serán de acero inoxidable AISI 316 L. El intercambiador seleccionado resistirá la presión máxima de la instalación. Los materiales soportarán temperaturas de 110°C y serán compatibles con el fluido de trabajo.

Para el caso de intercambiador incorporado al acumulador, la relación entre la superficie de intercambio y la superficie total de captación no será inferior a 0,15.

Si en instalaciones a medida sólo se usa un intercambiador entre el circuito de captadores y el acumulador, la transferencia de calor del intercambiador de calor por unidad de área de captador no deberá ser menor que 40 W/m<sup>2</sup>·K.

El diseño del intercambiador permitirá su limpieza utilizando productos líquidos.

### **3.4. Provisión de los materiales**

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

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

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

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

### **3.5. Condiciones de montaje**

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

### **3.6. Prueba, puesta en marcha y recepción**

#### **3.6.1. General**

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

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

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

#### **3.6.2. Pruebas parciales**

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

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



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

#### **3.6.2.1.Pruebas de equipos**

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

#### **3.6.2.2.Pruebas de estanqueidad de redes hidráulicas**

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

#### **3.6.2.3.Pruebas de libre dilatación**

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

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

#### **3.6.3. Pruebas finales**

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

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

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

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

#### **3.6.4. Ajuste y equilibrado**

La instalación solar debería ser ajustada a los valores de proyecto dentro de los

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

#### **3.6.4.1.Sistemas de distribución de agua**

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

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

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

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

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

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

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

#### **3.6.4.2.Control automático**

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

### **3.6.5. Recepción**

#### **3.6.5.1.Recepción provisional**

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

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

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

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

### **3.6.5.2.Recepción definitiva**

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

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

## **3.7. Mantenimiento**

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

- Vigilancia.
- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento correctivo.

### **3.7.1. Vigilancia**

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

Es un plan de observación simple de los parámetros funcionales principales, para verificar el correcto funcionamiento de la instalación. Puede ser llevado a cabo por el usuario.

### **3.7.2. Mantenimiento preventivo**

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

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

El mantenimiento preventivo implicará, como mínimo, una revisión anual de la instalación para instalaciones con área de apertura de captación inferior a 20 m<sup>2</sup> y una revisión cada seis meses para instalaciones superiores a 20 m<sup>2</sup>.

### **3.7.3. Mantenimiento correctivo**

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

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

## **4. EES**

#### **4.1. Introducción**

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales tiene por objeto la determinación del cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

Como ley establece un marco legal a partir del cual las **normas reglamentarias** irán fijando y concretando los aspectos más técnicos de las medidas preventivas.

Estas normas complementarias quedan resumidas a continuación:

- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

#### **4.2. Derechos y obligaciones**

##### **4.2.1. Derecho de la protección frente a los riesgos laborales**

Los trabajadores tienen derecho a una protección eficaz en materia de seguridad y salud en el trabajo.

A este efecto, el empresario realizará la prevención de los riesgos laborales mediante la adopción de cuantas medidas sean necesarias para la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores, con las especialidades que se recogen en los artículos siguientes en materia de evaluación de riesgos, información, consulta, participación y formación de los trabajadores, actuación en casos de emergencia y de riesgo grave e inminente y vigilancia de la salud.

##### **4.2.2. Principios de la acción preventiva**

El empresario aplicará las medidas preventivas pertinentes, con arreglo a los siguientes principios generales:

- Evitar los riesgos.
- Evaluar los riesgos que no se pueden evitar.
- Combatir los riesgos en su origen.
- Adaptar el trabajo a la persona, en particular en lo que respecta a la concepción de los puestos de trabajo, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales en el trabajo.
- Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual.
- Dar las debidas instrucciones a los trabajadores.

- Adoptar las medidas necesarias a fin de garantizar que sólo los trabajadores que hayan recibido información suficiente y adecuada puedan acceder a las zonas de riesgo grave y específico.
- Prever las distracciones o imprudencias no temerarias que pudiera cometer el trabajador.

#### **4.2.3. Evaluación de riesgos**

La acción preventiva en la empresa se planificará por el empresario a partir de una evaluación inicial de los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores, que se realizará, con carácter general, teniendo en cuenta la naturaleza de la actividad, y en relación con aquellos que estén expuestos a riesgos especiales. Igual evaluación deberá hacerse con ocasión de la elección de los equipos de trabajo, de las sustancias o preparados químicos y del acondicionamiento de los lugares de trabajo.

De alguna manera se podrían clasificar las causas de los riesgos en las categorías siguientes:

- Insuficiente calificación profesional del personal dirigente, jefes de equipo y obreros.
- Empleo de maquinaria y equipos en trabajos que no corresponden a la finalidad para la que fueron concebidos o a sus posibilidades.
- Negligencia en el manejo y conservación de las máquinas e instalaciones. Control deficiente en la explotación.
- Insuficiente instrucción del personal en materia de seguridad.

Las actividades de prevención deberán ser modificadas cuando se aprecie por el empresario, como consecuencia de los controles periódicos previstos en el apartado anterior, su inadecuación a los fines de protección requeridos.

#### **4.2.4. Evaluación de los riesgos**

Cuando la utilización de un equipo de trabajo pueda presentar un riesgo específico para la seguridad y la salud de los trabajadores, el empresario adoptará las medidas necesarias con el fin de que:

- La utilización del equipo de trabajo quede reservada a los encargados de dicha utilización.
- Los trabajos de reparación, transformación, mantenimiento o conservación sean realizados por los trabajadores específicamente capacitados para ello.

El empresario deberá proporcionar a sus trabajadores equipos de protección individual adecuados para el desempeño de sus funciones y velar por el uso efectivo de los mismos.

#### **4.2.5. Información, consulta y participación de los trabajadores**

El empresario adoptará las medidas adecuadas para que los trabajadores reciban todas las informaciones necesarias en relación con:

- Los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo.
- Las medidas y actividades de protección y prevención aplicables a los riesgos.

Los trabajadores tendrán derecho a efectuar propuestas al empresario, así como a los órganos competentes en esta materia, dirigidas a la mejora de los niveles de la protección de la seguridad y la salud en los lugares de trabajo, en materia de señalización en dichos lugares, en cuanto a la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en las obras de construcción y en cuanto a utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

#### **4.2.6. Formación de los trabajadores**

El empresario deberá garantizar que cada trabajador reciba una formación teórica y práctica, suficiente y adecuada, en materia preventiva.

#### **4.2.7. Medidas de emergencia**

El empresario, teniendo en cuenta el tamaño y la actividad de la empresa, así como la posible presencia de personas ajenas a la misma, deberá analizar las posibles situaciones de emergencia y adoptar las medidas necesarias en materia de primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de los trabajadores, designando para ello al personal encargado de poner en práctica estas medidas y comprobando periódicamente, en su caso, su correcto funcionamiento.

#### **4.2.8. Riesgo grave e inminente**

Cuando los trabajadores estén expuestos a un riesgo grave e inminente con ocasión de su trabajo, el empresario estará obligado a:

- Informar lo antes posible a todos los trabajadores afectados acerca de la existencia de dicho riesgo y de las medidas adoptadas en materia de protección.
- Dar las instrucciones necesarias para que, en caso de peligro grave, inminente e inevitable, los trabajadores puedan interrumpir su actividad y además estar en condiciones, habida cuenta de sus conocimientos y de los medios técnicos puestos a su disposición, de adoptar las medidas necesarias para evitar las consecuencias de dicho peligro.

#### **4.2.9. Vigilancia de la salud**

El empresario garantizará a los trabajadores a su servicio la vigilancia periódica de su estado de salud en función de los riesgos inherentes al trabajo, optando por la realización de aquellos reconocimientos o pruebas que causen las menores molestias al trabajador y que sean proporcionales al riesgo.

#### **4.2.10. Documentación**

El empresario deberá elaborar y conservar a disposición de la autoridad laboral la siguiente documentación:



- Evaluación de los riesgos para la seguridad y salud en el trabajo, y planificación de la acción preventiva.
- Medidas de protección y prevención a adoptar.
- Resultado de los controles periódicos de las condiciones de trabajo.
- Práctica de los controles del estado de salud de los trabajadores.
- Relación de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales que hayan causado al trabajador una incapacidad laboral superior a un día de trabajo.

#### **4.2.11. Coordinación de actividades empresariales**

Cuando en un mismo centro de trabajo desarrollen actividades con trabajadores de dos o más empresas, éstas deberán cooperar en la aplicación de la normativa sobre prevención de riesgos laborales.

#### **4.2.12. Protección de trabajadores especialmente sensibles a determinados riesgos**

El empresario garantizará, evaluando los riesgos y adoptando las medidas preventivas necesarias, la protección de los trabajadores que, por sus propias características personales o estado biológico conocido, incluidos aquellos que tengan reconocida la situación de discapacidad física, psíquica o sensorial, sean específicamente sensibles a los riesgos derivados del trabajo.

#### **4.2.13. Protección de la maternidad**

La evaluación de los riesgos deberá comprender la determinación de la naturaleza, el grado y la duración de la exposición de las trabajadoras en situación de embarazo o parto reciente, a agentes, procedimientos o condiciones de trabajo que puedan influir negativamente en la salud de las trabajadoras o del feto, adoptando, en su caso, las medidas necesarias para evitar la exposición a dicho riesgo.

#### **4.2.14. Protección de los menores**

Antes de la incorporación al trabajo de jóvenes menores de dieciocho años, y previamente a cualquier modificación importante de sus condiciones de trabajo, el empresario deberá efectuar una evaluación de los puestos de trabajo a desempeñar por los mismos, a fin de determinar la naturaleza, el grado y la duración de su exposición, teniendo especialmente en cuenta los riesgos derivados de su falta de experiencia, de su inmadurez para evaluar los riesgos existentes o potenciales y de su desarrollo todavía incompleto.

#### **4.2.15. Relaciones de trabajos temporales, de duración determinada y en empresas de trabajo temporal**

Los trabajadores con relaciones de trabajo temporales o de duración determinada, así como los contratados por empresas de trabajo temporal, deberán disfrutar del mismo nivel de protección en materia de seguridad y salud que los restantes trabajadores de la empresa en la que prestan sus servicios.

#### **4.2.16. Obligaciones de los trabajadores en materia de prevención de riesgos**

Corresponde a cada trabajador velar, según sus posibilidades y mediante el cumplimiento de las medidas de prevención que en cada caso sean adoptadas, por su propia seguridad y salud en el trabajo y por la de aquellas otras personas a las que pueda afectar su actividad profesional, a causa de sus actos y omisiones en el trabajo, de conformidad con su formación y las instrucciones del empresario.

Los trabajadores, con arreglo a su formación y siguiendo las instrucciones del empresario, deberán en particular:

- Usar adecuadamente, de acuerdo con su naturaleza y los riesgos previsibles, las máquinas, aparatos, herramientas, sustancias peligrosas, equipos de transporte y, en general, cualesquiera otros medios con los que desarrollen su actividad.
- Utilizar correctamente los medios y equipos de protección facilitados por el empresario.
- No poner fuera de funcionamiento y utilizar correctamente los dispositivos de seguridad existentes.
- Informar de inmediato un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.
- Contribuir al cumplimiento de las obligaciones establecidas por la autoridad competente.

#### **4.3. Servicios de prevención**

##### **4.3.1. Protección y prevención de riesgos laborales**

En cumplimiento del deber de prevención de riesgos profesionales, el empresario designará uno o varios trabajadores para ocuparse de dicha actividad, constituirá un servicio de prevención o concertará dicho servicio con una entidad especializada ajena a la empresa.

Los trabajadores designados deberán tener la capacidad necesaria, disponer del tiempo y de los medios precisos y ser suficientes en número, teniendo en cuenta el tamaño de la empresa, así como los riesgos a que están expuestos los trabajadores.

En las empresas de menos de seis trabajadores, el empresario podrá asumir personalmente las funciones señaladas anteriormente, siempre que desarrolle de forma habitual su actividad en el centro de trabajo y tenga capacidad necesaria.

El empresario que no hubiere concertado el Servicio de Prevención con una entidad especializada ajena a la empresa deberá someter su sistema de prevención al control de una auditoría o evaluación externa.

##### **4.3.2. Servicios de prevención**

Si la designación de uno o varios trabajadores fuera insuficiente para la realización de las actividades de prevención, en función del tamaño de la empresa, de los riesgos a que están expuestos los trabajadores o de la peligrosidad de las actividades desarrolladas, el

empresario deberá recurrir a uno o varios servicios de prevención propios o ajenos a la empresa, que colaborarán cuando sea necesario.

Se entenderá como servicio de prevención el conjunto de medios humanos y materiales necesarios para realizar las actividades preventivas a fin de garantizar la adecuada protección de la seguridad y la salud de los trabajadores, asesorando y asistiendo para ello al empresario, a los trabajadores y a sus representantes y a los órganos de representación especializados.

#### **4.4. Consulta y participación de los trabajadores**

##### **4.4.1. Consulta de trabajadores**

El empresario deberá consultar a los trabajadores, con la debida antelación, la adopción de las decisiones relativas a:

- La planificación y la organización del trabajo en la empresa y la introducción de nuevas tecnologías, en todo lo relacionado con las consecuencias que éstas pudieran tener para la seguridad y la salud de los trabajadores.
- La organización y desarrollo de las actividades de protección de la salud y prevención de los riesgos profesionales en la empresa, incluida la designación de los trabajadores encargados de dichas actividades o el recurso a un servicio de prevención externo.
- La designación de los trabajadores encargados de las medidas de emergencia.

El proyecto y la organización de la formación en materia preventiva.

##### **4.4.2. Derechos de participación y representación**

Los trabajadores tienen derecho a participar en la empresa en las cuestiones relacionadas con la prevención de riesgos en el trabajo.

En las empresas o centros de trabajo que cuenten con seis o más trabajadores, la participación de éstos se canalizará a través de sus representantes y de la representación especializada.

##### **4.4.3. Delegados de prevención**

Los Delegados de Prevención son los representantes de los trabajadores con funciones específicas en materia de prevención de riesgos en el trabajo. Serán designados por y entre los representantes del personal, con arreglo a la siguiente escala:

- De 50 a 100 trabajadores: 2 Delegados de Prevención.
- De 101 a 500 trabajadores: 3 Delegados de Prevención.
- De 501 a 1000 trabajadores: 4 Delegados de Prevención.
- De 1001 a 2000 trabajadores: 5 Delegados de Prevención.
- De 2001 a 3000 trabajadores: 6 Delegados de Prevención.
- De 3001 a 4000 trabajadores: 7 Delegados de Prevención.
- De 4001 en adelante: 8 Delegados de Prevención.

En las empresas de hasta treinta trabajadores el Delegado de Prevención será el Delegado de Personal. En las empresas de treinta y uno a cuarenta y nueve trabajadores habrá un Delegado de Prevención que será elegido por y entre los Delegados de Personal.

#### **4.4.4. Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud**

##### **4.4.4.1. Introducción**

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las normas reglamentarias las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran las destinadas a garantizar que en los lugares de trabajo exista una adecuada señalización de seguridad y salud, siempre que los riesgos no puedan evitarse o limitarse suficientemente a través de medios técnicos de protección colectiva.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto 485/1997 de 14 de Abril de 1.997 establece las disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y de salud en el trabajo, entendiendo como tales aquellas señalizaciones que referidas a un objeto, actividad o situación determinada, proporcionen una indicación o una obligación relativa a la seguridad o la salud en el trabajo mediante una señal en forma de panel, un color, una señal luminosa o acústica, una comunicación verbal o una señal gestual.

##### **4.4.4.2. Obligación general del empresario**

La elección del tipo de señal y del número y emplazamiento de las señales o dispositivos de señalización a utilizar en cada caso se realizará de forma que la señalización resulte lo más eficaz posible, teniendo en cuenta:

- Las características de la señal.
- Los riesgos, elementos o circunstancias que hayan de señalizarse.
- La extensión de la zona a cubrir.
- El número de trabajadores afectados.

Para la señalización de desniveles, obstáculos u otros elementos que originen riesgo de caída de personas, choques o golpes, así como para la señalización de riesgo eléctrico, presencia de materias inflamables, tóxicas, corrosivas o riesgo biológico, podrá optarse por una señal de advertencia de forma triangular, con un pictograma característico de color negro sobre fondo amarillo y bordes negros.

Los equipos de protección contra incendios deberán ser de color rojo.

La señalización para la localización e identificación de las vías de evacuación y de los equipos de salvamento o socorro (botiquín portátil) se realizará mediante una señal de

forma cuadrada o rectangular, con un pictograma característico de color blanco sobre fondo verde.

La señalización dirigida a alertar a los trabajadores o a terceros de la aparición de una situación de peligro y de la consiguiente y urgente necesidad de actuar de una forma determinada o de evacuar la zona de peligro, se realizará mediante una señal luminosa, una señal acústica o una comunicación verbal.

Los medios y dispositivos de señalización deberán ser limpiados, mantenidos y verificados regularmente.

#### **4.5. Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los quipos de trabajo**

##### **4.5.1. Introducción**

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las normas reglamentarias las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran las destinadas a garantizar que de la presencia o utilización de los equipos de trabajo puestos a disposición de los trabajadores en la empresa no se deriven riesgos para la seguridad o salud de los mismos.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto 1215/1997 de 18 de Julio de 1.997 establece las disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, entendiendo como tales cualquier máquina, aparato, instrumento o instalación utilizado en el trabajo.

##### **4.5.2. Obligación general del empresario**

El empresario adoptará las medidas necesarias para que los equipos de trabajo que se pongan a disposición de los trabajadores sean adecuados al trabajo que deba realizarse y convenientemente adaptados al mismo, de forma que garanticen la seguridad y la salud de los trabajadores al utilizar dichos equipos.

Deberá utilizar únicamente equipos que satisfagan cualquier disposición legal o reglamentaria que les sea de aplicación. Para la elección de los equipos de trabajo el empresario deberá tener en cuenta los siguientes factores:

- Las condiciones y características específicas del trabajo a desarrollar.
- Los riesgos existentes para la seguridad y salud de los trabajadores en el lugar de trabajo.
- En su caso, las adaptaciones necesarias para su utilización por trabajadores discapacitados.

Adoptará las medidas necesarias para que, mediante un mantenimiento adecuado, los equipos de trabajo se conserven durante todo el tiempo de utilización en unas condiciones adecuadas. Todas las operaciones de mantenimiento, ajuste, desbloqueo, revisión o reparación de los equipos de trabajo se realizará tras haber parado o desconectado el equipo. Estas operaciones deberán ser encomendadas al personal especialmente capacitado para ello.

El empresario deberá garantizar que los trabajadores reciban una formación e información adecuadas a los riesgos derivados de los equipos de trabajo. La información, suministrada preferentemente por escrito, deberá contener, como mínimo, las indicaciones relativas a:

- Las condiciones y forma correcta de utilización de los equipos de trabajo, teniendo en cuenta las instrucciones del fabricante, así como las situaciones o formas de utilización anormales y peligrosas que puedan preverse.
- Las conclusiones que, en su caso, se puedan obtener de la experiencia adquirida en la utilización de los equipos de trabajo.

#### **4.5.2.1. Disposiciones mínimas generales aplicables a los quipos de trabajo**

Los órganos de accionamiento de un equipo de trabajo que tengan alguna incidencia en la seguridad deberán ser claramente visibles e identificables y no deberán acarrear riesgos como consecuencia de una manipulación involuntaria.

Cada equipo de trabajo deberá estar provisto de un órgano de accionamiento que permita su parada total en condiciones de seguridad.

Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo de caída de objetos o de proyecciones deberá estar provisto de dispositivos de protección adecuados a dichos riesgos.

Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo por emanación de gases, vapores o líquidos o por emisión de polvo deberá estar provisto de dispositivos adecuados de captación o extracción cerca de la fuente emisora correspondiente.

Si fuera necesario para la seguridad o la salud de los trabajadores, los equipos de trabajo y sus elementos deberán estabilizarse por fijación o por otros medios. Cuando los elementos móviles de un equipo de trabajo puedan entrañar riesgo de accidente por contacto mecánico, deberán ir equipados con resguardos o dispositivos que impidan el acceso a las zonas peligrosas.

Las zonas y puntos de trabajo o mantenimiento de un equipo de trabajo deberán estar adecuadamente iluminadas en función de las tareas que deban realizarse.

Las partes de un equipo de trabajo que alcancen temperaturas elevadas o muy bajas deberán estar protegidas cuando corresponda contra los riesgos de contacto o la proximidad de los trabajadores.

Todo equipo de trabajo deberá ser adecuado para proteger a los trabajadores expuestos contra el riesgo de contacto directo o indirecto de la electricidad y los que entrañen

riesgo por ruido, vibraciones o radiaciones deberá disponer de las protecciones o dispositivos adecuados para limitar, en la medida de lo posible, la generación y propagación de estos agentes físicos.

Las herramientas manuales deberán estar construidas con materiales resistentes y la unión entre sus elementos deberá ser firme, de manera que se eviten las roturas o proyecciones de los mismos.

La utilización de todos estos equipos no podrá realizarse en contradicción con las instrucciones facilitadas por el fabricante, comprobándose antes del iniciar la tarea que todas sus protecciones y condiciones de uso son las adecuadas.

Deberán tomarse las medidas necesarias para evitar el atrapamiento del cabello, ropas de trabajo u otros objetos del trabajador, evitando, en cualquier caso, someter a los equipos a sobrecargas, sobrepresiones, velocidades o tensiones excesivas.

#### **4.5.2.2. Disposiciones mínimas adicionales en los equipos de trabajo móviles**

Los equipos con trabajadores transportados deberán evitar el contacto de éstos con ruedas y orugas y el aprisionamiento por las mismas. Para ello dispondrán de una estructura de protección que impida que el equipo de trabajo incline más de un cuarto de vuelta o una estructura que garantice un espacio suficiente alrededor de los trabajadores transportados cuando el equipo pueda inclinarse más de un cuarto de vuelta. No se requerirán estas estructuras de protección cuando el equipo de trabajo se encuentre estabilizado durante su empleo.

Las carretillas elevadoras deberán estar acondicionadas mediante la instalación de una cabina para el conductor, una estructura que impida que la carretilla vuelque, una estructura que garantice que, en caso de vuelco, quede espacio suficiente para el trabajador entre el suelo y determinadas partes de dicha carretilla y una estructura que mantenga al trabajador sobre el asiento de conducción en buenas condiciones.

Los equipos de trabajo automotores deberán contar con dispositivos de frenado y parada, con dispositivos para garantizar una visibilidad adecuada y con una señalización acústica de advertencia. En cualquier caso, su conducción estará reservada a los trabajadores que hayan recibido una información específica.

#### **4.5.2.3. Disposiciones mínimas adicionales aplicables a la maquinaria-herramienta**

Las máquinas-herramienta estarán protegidas eléctricamente mediante doble aislamiento y sus motores eléctricos estarán protegidos por la carcasa.

Las que tengan capacidad de corte tendrán el disco protegido mediante una carcasa antiproyecciones.

Las que se utilicen en ambientes inflamables o explosivos estarán protegidas mediante carcasas antideflagrantes. Se prohíbe la utilización de máquinas accionadas mediante combustibles líquidos en lugares cerrados o de ventilación insuficiente.

Se prohíbe trabajar sobre lugares encharcados, para evitar los riesgos de caídas y los eléctricos.



Para todas las tareas se dispondrá una iluminación adecuada, en torno a 100 lux.

En prevención de los riesgos por inhalación de polvo, se utilizarán en vía húmeda las herramientas que lo produzcan.

Para la utilización de los taladros portátiles y rozadoras eléctricas se elegirán siempre las brocas y discos adecuados al material a taladrar, se evitará realizar taladros en una sola maniobra y taladros o rozaduras inclinadas a pulso y se tratará no recalentar las brocas y discos.

En las tareas de soldadura por arco eléctrico se utilizará yelmo del soldar o pantalla de mano, no se mirará directamente al arco voltaico, no se tocarán las piezas recientemente soldadas, se soldará en un lugar ventilado, se verificará la inexistencia de personas en el entorno vertical de puesto de trabajo, no se dejará directamente la pinza en el suelo o sobre la perfilería. Se escogerá el electrodo adecuada para el cordón a ejecutar y se suspenderán los trabajos de soldadura con vientos superiores a 60 km/h y a la intemperie con régimen de lluvias.

En la soldadura oxiacetilénica (oxicorte) no se mezclarán botellas de gases distintos, éstas se transportarán sobre bateas enjauladas en posición vertical y atadas, no se ubicarán al sol ni en posición inclinada y los mecheros estarán dotados de válvulas antirretroceso de la llama. Si se desprenden pinturas se trabajará con mascarilla protectora y se hará al aire libre o en un local ventilado.

#### **4.6. Trabajos propios de la obra**

##### **4.6.1. Riesgos asociados**

Todos los equipos o herramientas que deben su funcionamiento a la refrigeración suelen presentar los siguientes riesgos específicos generados por su uso o su instalación:

###### **4.6.1.1. Caídas de personas a distinto nivel**

Por la utilización inadecuada de andamios y/o escaleras manuales para la realización de trabajos en altura. Por encontrarse muchos de los compresores de los equipos de aire en los perímetros de las cubiertas, estando éstas sin protección de ningún tipo.

###### **4.6.1.2. Caídas de personas al mismo nivel**

Por suelos irregulares o en mal estado, obstáculos en zonas de pasos o acceso (alargaderas, cajas, etc.), falta de orden, suelos sucios o resbaladizos (mojados y no señalizados) o por herramientas y materiales de construcción que se encuentren tirados por el suelo. Falta de orden y limpieza.

###### **4.6.1.3. Caída de objeto por desplome o derrumbamiento**

Caída de elementos por pérdida de estabilidad de la estructura a la que pertenece. Por mala colocación de equipos de trabajo y herramientas en estanterías o zonas de acopios de materiales.



#### **4.6.1.4. Caída de objetos en manipulación**

Caída de objetos o materiales durante la ejecución de trabajos o en operaciones de transporte y elevación por medios manuales o mecánicos. Por ejemplo al manipular o transportar equipos de aire acondicionado o componentes sueltos para su reposición.

#### **4.6.1.5. Golpes contra objetos inmóviles**

Falta de espacio para circular entre máquinas. Pasillos y puertas obstaculizadas, pasillos estrechos o muy ocupados; separación reducida entre equipos de trabajo; puertas y tabiques acristalados, translúcidos o transparentes sin señalizar. Espacios confinados en falsos techos.

#### **4.6.1.6. Proyección de partículas**

Restos de partículas procedentes de los procesos de corte de tuberías de cobre o taladros para la realización de un determinado trabajo o simplemente por restos de polvo con la limpieza de los filtros o rejillas.

### **4.6.2. Medidas preventivas**

#### **4.6.2.1. Caídas de personas a distinto nivel**

Si para colocar una tubería, un equipo, etc., necesita utilizar escaleras de mano, comprobará antes que están en perfecto estado, no se subirá nunca en los últimos peldaños, tendrá una mano libre para sujetarse, y no intentará nunca alcanzar objetos alejados de la escalera, sino que deberá bajarse, desplazarla y volver a subirse. El ascenso y descenso se realizará siempre de frente. Es preferible utilizar calzados con suelas que no resbalen. Antes de acceder a una cubierta comprobar la protección de los perímetros de la misma. Si utiliza andamios debe estar homologado y utilizar un procedimiento de trabajo seguro.

#### **4.6.2.2. Caídas de personas al mismo nivel**

Mantener el orden y limpieza. Determine los lugares de disposición de materiales, fuera de zonas de paso y señalizados convenientemente. Comunicar la reparación de desperfectos en el suelo y señalice mientras ésta se lleva a cabo. Durante los recorridos en los desplazamientos, mantener la atención evitando distracciones y prisas. Señalizar los desniveles. Mantener los cables fuera de zonas de paso y si no es posible, usar regletas, canaletas, etc. Disponer de buena iluminación de los lugares de trabajo. Usar calzado antideslizante.

#### **4.6.2.3. Caída de objeto por desplome o derrumbamiento**

Mantener las zonas de circulación y las salidas convenientemente señalizadas y libres de obstáculos para facilitar el paso simultáneo de las personas y los equipos de transporte de cargas y prevenir los golpes contra objetos y las caídas, manteniendo la necesaria distancia de seguridad. Mantener en todo momento el orden y la limpieza en la instalación, colocando los objetos almacenados de forma estable.

Cuando sea necesario, las zonas de los lugares de trabajo en las que exista riesgo de caída, de caída de objetos o de contacto o exposición a elementos agresivos, deberán estar claramente señalizadas.

En las instalaciones existentes se llevará a cabo un adecuado programa de mantenimiento preventivo de la misma, de forma que, a través del desarrollo de las oportunas inspecciones periódicas, sea posible el análisis y comunicación de las anomalías detectadas.

#### **4.6.2.4. Caída de objetos en manipulación**

Se recomienda se realicen las manipulaciones de objetos extremando la precaución, es decir, efectuando buenos agarres. Aplicar las técnicas de manipulación de cargas y en caso de que sean objetos pesados valerse de medios auxiliares (carros, carretillas, etc.) y/o pedir ayuda a un compañero para realizar la manipulación de éste. Se deberá usar calzados de protección con puntera reforzada y guantes de protección.

#### **4.6.2.5. Golpes contra objetos inmóviles**

Mantener la atención en los desplazamientos, evitando distracciones y prisas que puedan provocar un accidente. En el transporte manual de materiales, evitar la obstaculización de la visibilidad del recorrido con la carga. Mantener en todo momento la atención al trabajo que se está realizando.

#### **4.6.2.6. Proyección de partículas**

Utilice los equipos de protección individual que sean necesarios para cada operación: guantes, gafas, mandiles, calzados de seguridad con puntera reforzada, etc.

En los trabajos sobre piezas de pequeño tamaño y no fijas, deberá procederse a garantizar su sujeción para evitar los riesgos derivados de un desplazamiento inesperado.

Las herramientas generadoras de polvo se utilizarán en vía húmeda o en zonas bien ventiladas para evitar su inhalación y la generación de atmósferas nocivas.

### **4.7. Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción**

#### **4.7.1. Introducción**

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las **normas reglamentarias** las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran necesariamente las destinadas a garantizar la seguridad y la salud en las obras de construcción.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre de 1.997 establece las **disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción**, entendiendo como tales cualquier obra, pública o privada, en la que se efectúen trabajos de construcción o ingeniería civil.

#### **4.7.2. Disposiciones específicas de seguridad y salud durante las obras**

Cuando en la ejecución de la obra intervenga más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos o diversos trabajadores autónomos, el promotor designará un coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, que será un técnico competente integrado en la dirección facultativa.

Cuando no sea necesaria la designación de coordinador, las funciones de éste serán asumidas por la dirección facultativa.

En aplicación del estudio básico de seguridad y salud, cada contratista elaborará un plan de seguridad y salud en el trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el estudio desarrollado en el proyecto, en función de su propio sistema de ejecución de la obra.

Antes del comienzo de los trabajos, el promotor deberá efectuar un aviso a la autoridad laboral competente.

#### **4.8. Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.**

##### **4.8.1. Introducción**

La ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

Así son las **normas de desarrollo reglamentario** las que deben fijar las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre ellas se encuentran las destinadas a garantizar la utilización por los trabajadores en el trabajo de equipos de protección individual que los protejan adecuadamente de aquellos riesgos para su salud o su seguridad que no puedan evitarse o limitarse suficientemente mediante la utilización de medios de protección colectiva o la adopción de medidas de organización en el trabajo.

##### **4.8.2. Obligaciones generales del empresario**

Hará obligatorio el uso de equipos de protección individual que a continuación se desarrollan.

###### **4.8.2.1. Protecciones de la cabeza**

- Cascos de seguridad, no metálicos, clase N, con el fin de proteger a los trabajadores de los posibles choques e impactos.

- Protectores auditivos acoplables a los cascos de protección.

#### **4.8.2.2. Protecciones de manos y brazos**

- Guantes de soldador.
- Muñequeras.
- Mango aislante de protección en las herramientas.

#### **4.8.2.3. Protecciones pies y piernas**

- Calzado provisto de suela y puntera de seguridad contra las agresiones mecánicas.
- Botas de protección impermeable.
- Polainas de soldador.
- Rodilleras.

#### **4.8.2.4. Protectores de cuerpo**

- Chalecos, chaquetas y mandiles de cuero para protección de las agresiones mecánicas.
- Traje impermeable de trabajo.
- Fajas y cinturones anti vibraciones.
- Linterna individual de situación.

### **4.9. Prevención asistencial en caso de accidente laboral**

El empresario, teniendo en cuenta el tamaño y la actividad de la empresa, así como la posible presencia de personas ajenas a la misma, deberá analizar las posibles situaciones de emergencia y adoptar las medidas necesarias en materia de primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de los trabajadores, designando para ello al personal encargado de poner en práctica estas medidas y comprobando periódicamente, en su caso, su correcto funcionamiento.

#### **4.9.1. Primeros auxilios**

Será necesario disponer de un local con botiquín de primeros auxilios, en el que se den las primeras atenciones sanitarias a los posibles accidentados. El botiquín contendrá como mínimo:

- Un frasco conteniendo agua oxigenada.
- Un frasco conteniendo alcohol de 96 grados.
- Un frasco conteniendo tintura de yodo.
- Un frasco conteniendo mercurio cromo.
- Un frasco conteniendo amoníaco.
- Una caja de gasa estéril.
- Una caja de algodón hidrófilo estéril.
- Un rollo de esparadrapo.
- Un torniquete.
- Una bolsa para agua o hielo.

- Una bolsa conteniendo guantes esterilizados.
- Un termómetro clínico.
- Una caja de apósitos autoadhesivos.
- Una caja de analgésicos.
- Un tubo de pomada para quemaduras.

#### **4.9.2. Medicina preventiva**

Con el fin de lograr evitar en lo posible las enfermedades profesionales en esta obra, así como los accidentes derivados de trastornos físicos, psíquicos, alcoholismo y resto de las toxicomanías peligrosas, en cumplimiento de la legislación laboral vigente, se realizarán los reconocimientos médicos previos a la contratación de los trabajadores de la obra, y los preceptivos de ser realizados al año de su contratación.

#### **4.9.3. Evacuación de accidentados**

En caso de accidente deben acudir a la mutua de accidentes de trabajo concertada para sus trabajadores, de acuerdo con la normativa aplicable.

Si el accidente ocurre fuera del horario de apertura del Centro Asistencial, acudir al Hospital Universitario Virgen del Rocío - 41013 Sevilla - Tfno. 955 01 20 00

#### **4.9.4. instrucciones generales para cualquier empleado en caso d emergencia**

ALERTA:

Si descubre un incendio, o cualquier otra anomalía, comuníquelo al Centro de Control mediante el pulsador de alarma.

ALARMA:

1. Mantenga la calma. Sepa con antelación cual es la Salida de Emergencia asignada a su zona de trabajo, están señalizadas en la zona y en planos.
2. Prepárese para evacuar y realice la “parada segura” en su puesto de trabajo:

Finalice urgentemente su última operación, guarde los bienes materiales o documentales y apague los aparatos eléctricos y electrónicos.

EVACUACIÓN:

1. Una vez dada la alarma, todo el personal seguirá las instrucciones del Jefe del Equipo de Primera intervención de su zona, J.E.P.I. (los cuales podrán identificar, al igual que todos los miembros de los equipos, por las dos bandas reflectantes de color amarillo colocadas a ambos lados del casco de seguridad).  
Se han instalado por toda la Fábrica planos de “usted está aquí”. Cuando oiga la sirena de evacuación general o el J.E.P.I. de su zona dé la orden, evacue por la salida asignada y diríjase al punto de encuentro más cercano, donde permanecerá hasta que el Jefe de Emergencia ordene la Evacuación o Finalice la emergencia.
2. Nadie abandonará el punto de encuentro sin una orden expresa.

3. Si la orden de evacuación le sorprende en un área de trabajo distinta a la suya habitual, bajo ningún concepto intentará regresar a ella, se pondrá a las órdenes del J.E.P.I. de la zona donde se encuentre.
4. No evacue con objetos pesados o voluminosos ni retroceda a buscar objetos voluminosos.
5. Al recibir la orden todo el personal de encaminará al exterior de forma ordenada y sin correr.
6. El J.E.P.I. comunicará al C.C. el final de la evacuación.
7. No vuelva a su puesto de trabajo hasta que se comunique el Fin de Emergencia.

#### **4.10. Presupuesto de seguridad y salud**

El presupuesto de las medidas de seguridad para la “Instalación de energía solar térmica para producción de ACS en bloques de viviendas de protección oficial asciende a 4000€ aproximadamente.

## **5. MEDICIONES Y PRESUPUESTO**

Diseño de una instalación de energía solar térmica para producción de ACS en  
bloques de viviendas de protección oficial

MEDICIONES GENERALES						
1.-	Instalación de energía solar térmica para producción de ACS en Bloque 1				78.322,92 €	
1.1.-	SISTEMA DE CAPTACIÓN	TOTAL				35.626,70 €
		<u>Cantidad</u>	<u>Unidad</u>	<u>Precio unit.</u>	<u>Precio total</u>	
1.1.1.-	Captador solar Termicol T20US o similar	35	ud	341,62 €	11.956,70 €	
	Superficie útil: 1,9 m2					
	Dimensiones: 2013x970x100 mm					
	Peso del captador: 38kg					
	Coefficiente de pérdida: 3,61					
	Rendimiento óptico: 0,803					
	Caudal ensayo: 72l/m2					
	Pérdida de carga: $0,0295x^2 + 1,1567x - 0,1994$ (x: caudal en kg/min)					
	k50: 0,82					
1.1.2.-	Estructura soporte Termicol o similar	35	ud	546,00 €	19.110,00 €	
1.1.3.-	Accesorios de conexión para batería de captadores Termicol o similar	35	ud	120,00 €	4.200,00 €	
	Contiene:					
	Llaves de corte					
	Purgador automático					
	Válvula de seguridad					
1.1.4.-	Anticongelante concentrado Termicol 707CGF0025 o similar	2	ud	180,00 €	360,00 €	
1.2.-	SISTEMA DE ACUMULACIÓN	TOTAL				28.665,00 €
		<u>Cantidad</u>	<u>Unidad</u>	<u>Precio unit.</u>	<u>Precio total</u>	
1.2.1.-	Acumulador Inerox IS 4000 ACU o similar	1	ud	12.219,00 €	12.219,00 €	
	Capacidad de ACS: 4000l					
	Presión máxima de ACS: 8bar					
	Temperatura máxima de trabajo: 95°C					
1.2.2.-	Interacumulador LAPESA MXV3500 o similar	1	ud	14.838,00 €	14.838 €	
	Capacidad de ACS: 3500l					
	Presión máxima de ACS: 8bar					
	Temperatura máxima de trabajo: 90°C					
1.2.3.-	Intercambiador M3FG25 o similar	1	ud	1.608,00 €	1.608 €	
	Caudal: 4,5m3/h					
	Presión máxima de trabajo: 16bar					
1.3.-	SISTEMA DE CONTROL	TOTAL				473,00 €
		<u>Cantidad</u>	<u>Unidad</u>	<u>Precio unit.</u>	<u>Precio total</u>	
1.3.1.-	Centralita Termicol LTDC V3 o similar	1	ud	473,00 €	473,00 €	



Diseño de una instalación de energía solar térmica para producción de ACS en  
bloques de viviendas de protección oficial

1.4.-	SISTEMA HIDRÁULICO	TOTAL.:			13.558,22 €
		<u>Cantidad</u>	<u>Unidad</u>	<u>Precio unit.</u>	<u>Precio total</u>
1.4.1.-	Vaso de expansión Termicol V=400l o similar	1	ud	850,00 €	850,00 €
1.4.2.-	Vaso de expansión Termicol V=800l o similar	2	ud	2.548,00 €	5.096,00 €
1.4.3.-	Set de conexión de estación solar de bombeo o	1	ud	47,00 €	47,00 €
1.4.4.-	Bomba WILO-STRATOS Z40/1-8 o similar	2	ud	2.525,00 €	5.050,00 €
	Presión máxima de trabajo: 10bar				
	Altura máxima de impulsión: 8m				
	Caudal máximo: 17m3/h				
	Potencia nominal: 200W				
1.4.5.-	Bomba WILO-STRATOS Z20/1-4 o similar	1	ud	1.740,00 €	1.740,00 €
	Presión máxima de trabajo: 10bar				
	Altura máxima de impulsión: 8m				
	Caudal máximo: 17m3/h				
	Potencia nominal: 200W				
1.4.6.-	Tubería de cobre 1/2" SALVADOR ESCODA o similar	56	m	2,70 €	151,20 €
1.4.7.-	Tubería de cobre 3/4" SALVADOR ESCODA o similar	12	m	4,32 €	51,84 €
1.4.8.-	Tubería de cobre 1 1/2" SALVADOR ESCODA o similar	0,5	m	7,13 €	3,57 €
1.4.9.-	Codo a 90° H-H de cobre 1/2" SALVADOR ESCODA o similar	42	ud	2,10 €	88,20 €
1.4.10.-	Codo a 90° H-H de cobre 3/4" SALVADOR ESCODA o similar	10	ud	3,62 €	36,20 €
1.4.11.-	Aislamiento de 40mm para tubería 1/2" SALVADOR ESCODA o similar	56	m	1,80 €	100,80 €
1.4.12.-	Aislamiento de 40mm para tubería 3/4" SALVADOR ESCODA o similar	12	m	2,13 €	25,56 €
1.4.13.-	Aislamiento de 40 mm para tubería 1 1/2" SALVADOR ESCODA o similar	0,5	m	7,10 €	3,55 €
1.4.14.-	Válvula de corte 1 1/2" SALVADOR ESCODA o similar	12	ud	15,60 €	187,20 €
1.4.15.-	Válvula de antiretorno 1 1/2" o similar	2	ud	40,30 €	80,60 €
1.4.16.-	Manómetro SALVADOR ESCODA o similar	2	ud	5,75 €	11,50 €
1.4.17.-	Termómetro SALVADOR ESCODA o similar	2	ud	17,50 €	35,00 €

Diseño de una instalación de energía solar térmica para producción de ACS en  
bloques de viviendas de protección oficial

MEDICIONES GENERALES						
1.-	Instalación de energía solar térmica para producción de ACS en Bloques 2 y 3				83.801,02 €	
1.1-	SISTEMA DE CAPTACIÓN	TOTAL				40.664,80 €
		<u>Cantidad</u>	<u>Unidad</u>	<u>Precio unit.</u>	<u>Precio total</u>	
1.1.1.-	Captador solar Termicol T20US o similar	40	ud	341,62 €	13.664,80 €	
	Superficie útil: 1,9 m2					
	Dimensiones: 2013x970x100 mm					
	Peso del captador: 38kg					
	Coefficiente de pérdida: 3,61					
	Rendimiento óptico: 0,803					
	Caudal ensayo: 72l/m2					
	Pérdida de carga: $0,0295x^2 + 1,1567x - 0,1994$ (x: caudal en kg/min)					
	k50: 0,82					
1.1.2.-	Estructura soporte Termicol o similar	40	ud	546,00 €	21.840,00 €	
1.1.3.-	Accesorios de conexión para batería de captadores Termicol o similar	40	ud	120,00 €	4.800,00 €	
	Contiene:					
	Llaves de corte					
	Purgador automático					
	Válvula de seguridad					
1.1.4.-	Anticongelante concentrado Termicol 707CGF0025 o similar	2	ud	180,00 €	360,00 €	
1.2-	SISTEMA DE ACUMULACIÓN	TOTAL				28.772,00 €
		<u>Cantidad</u>	<u>Unidad</u>	<u>Precio unit.</u>	<u>Precio total</u>	
1.2.1.-	Acumulador Inerox IS 4000 ACU o similar	1	ud	12.219,00 €	12.219,00 €	
	Capacidad de ACS: 4000l					
	Presión máxima de ACS: 8bar					
	Temperatura máxima de trabajo: 95°C					
1.2.2.-	Interacumulador LAPESA MXV3500 o similar	1	ud	14.838,00 €	14.838 €	
	Capacidad de ACS: 3500l					
	Presión máxima de ACS: 8bar					
	Temperatura máxima de trabajo: 90°C					
1.2.3.-	Intercambiador M3FG30 o similar	1	ud	1.715,00 €	1.715 €	
	Caudal: 4,5m3/h					
	Presión máxima de trabajo: 16bar					
1.3-	SISTEMA DE CONTROL	TOTAL				473,00 €
		<u>Cantidad</u>	<u>Unidad</u>	<u>Precio unit.</u>	<u>Precio total</u>	
1.3.1.-	Centralita Termicol LTDC V3 o similar	1	ud	473,00 €	473,00 €	

Diseño de una instalación de energía solar térmica para producción de ACS en  
bloques de viviendas de protección oficial

1.4.-	SISTEMA HIDRÁULICO	TOTAL.:			13.891,22 €
		<u>Cantidad</u>	<u>Unidad</u>	<u>Precio unit.</u>	<u>Precio total</u>
1.4.1.-	Vaso de expansión Termicol V=400l o similar	1	ud	850,00 €	850,00 €
1.4.2.-	Vaso de expansión Termicol V=800l o similar	2	ud	2.548,00 €	5.096,00 €
1.4.3.-	Set de conexión de estación solar de bombeo o	1	ud	47,00 €	47,00 €
1.4.4.-	Bomba WILO-STRATOS Z40/1-8 o similar	2	ud	2.525,00 €	5.050,00 €
	Presión máxima de trabajo: 10bar				
	Altura máxima de impulsión: 8m				
	Caudal máximo: 17m3/h				
	Potencia nominal: 200W				
1.4.5.-	Bomba WILO-STRATOS Z20/1-4 o similar	1	ud	1.740,00 €	1.740,00 €
	Presión máxima de trabajo: 10bar				
	Altura máxima de impulsión: 8m				
	Caudal máximo: 17m3/h				
	Potencia nominal: 200W				
1.4.6.-	Tubería de cobre 1/2" SALVADOR ESCODA o similar	130	m	2,70 €	351,00 €
1.4.7.-	Tubería de cobre 3/4" SALVADOR ESCODA o similar	12	m	4,32 €	51,84 €
1.4.8.-	Tubería de cobre 1 1/2" SALVADOR ESCODA o similar	0,5	m	7,13 €	3,57 €
1.4.9.-	Codo a 90° H-H de cobre 1/2" SALVADOR ESCODA o similar	42	ud	2,10 €	88,20 €
1.4.10.-	Codo a 90° H-H de cobre 3/4" SALVADOR ESCODA o similar	10	ud	3,62 €	36,20 €
1.4.11.-	Aislamiento de 40mm para tubería 1/2" SALVADOR ESCODA o similar	130	m	1,80 €	234,00 €
1.4.12.-	Aislamiento de 40mm para tubería 3/4" SALVADOR ESCODA o similar	12	m	2,13 €	25,56 €
1.4.13.-	Aislamiento de 40 mm para tubería 1 1/2" SALVADOR ESCODA o similar	0,5	m	7,10 €	3,55 €
1.4.14.-	Válvula de corte 1 1/2" SALVADOR ESCODA o similar	12	ud	15,60 €	187,20 €
1.4.15.-	Válvula de antiretorno 1 1/2" o similar	2	ud	40,30 €	80,60 €
1.4.16.-	Manómetro SALVADOR ESCODA o similar	2	ud	5,75 €	11,50 €
1.4.17.-	Termómetro SALVADOR ESCODA o similar	2	ud	17,50 €	35,00 €

Diseño de una instalación de energía solar térmica para producción de ACS en  
bloques de viviendas de protección oficial

MEDICIONES GENERALES						
1.-	Instalación de energía solar térmica para producción de ACS en Bloque 4				78.429,92 €	
1.1.-	SISTEMA DE CAPTACIÓN	TOTAL			35.626,70 €	
		<u>Cantidad</u>	<u>Unidad</u>	<u>Precio unit.</u>	<u>Precio total</u>	
1.1.1.-	Captador solar Termicol T20US o similar	35	ud	341,62 €	11.956,70 €	
	Superficie útil: 1,9 m2					
	Dimensiones: 2013x970x100 mm					
	Peso del captador: 38kg					
	Coefficiente de pérdida: 3,61					
	Rendimiento óptico: 0,803					
	Caudal ensayo: 72l/m2					
	Pérdida de carga: $0,0295x^2 + 1,1567x - 0,1994$					
	(x: caudal en kg/min)					
	k50: 0,82					
1.1.2.-	Estructura soporte Termicol o similar	35	ud	546,00 €	19.110,00 €	
1.1.3.-	Accesorios de conexión para batería de captadores Termicol o similar	35	ud	120,00 €	4.200,00 €	
	Contiene:					
	Llaves de corte					
	Purgador automático					
	Válvula de seguridad					
1.1.4.-	Anticongelante concentrado Termicol 707CGF0025 o similar	2	ud	180,00 €	360,00 €	
1.2.-	SISTEMA DE ACUMULACIÓN	TOTAL			28.772,00 €	
		<u>Cantidad</u>	<u>Unidad</u>	<u>Precio unit.</u>	<u>Precio total</u>	
1.2.1.-	Acumulador Inerox IS 4000 ACU o similar	1	ud	12.219,00 €	12.219,00 €	
	Capacidad de ACS: 4000l					
	Presión máxima de ACS: 8bar					
	Temperatura máxima de trabajo: 95°C					
1.2.2.-	Interacumulador LAPESA MXV3500 o similar	1	ud	14.838,00 €	14.838 €	
	Capacidad de ACS: 3500l					
	Presión máxima de ACS: 8bar					
	Temperatura máxima de trabajo: 90°C					
1.2.3.-	Intercambiador M3FG30 o similar	1	ud	1.715,00 €	1.715 €	
	Caudal: 4,5m3/h					
	Presión máxima de trabajo: 16bar					
1.3.-	SISTEMA DE CONTROL	TOTAL			473,00 €	
		<u>Cantidad</u>	<u>Unidad</u>	<u>Precio unit.</u>	<u>Precio total</u>	
1.3.1.-	Centralita Termicol LTDC V3 o similar	1	ud	473,00 €	473,00 €	

Diseño de una instalación de energía solar térmica para producción de ACS en  
bloques de viviendas de protección oficial

1.4-	SISTEMA HIDRÁULICO	TOTAL.:			13.558,22 €
		<u>Cantidad</u>	<u>Unidad</u>	<u>Precio unit.</u>	<u>Precio total</u>
1.4.1.-	Vaso de expansión Termicol V=400l o similar	1	ud	850,00 €	850,00 €
1.4.2.-	Vaso de expansión Termicol V=800l o similar	2	ud	2.548,00 €	5.096,00 €
1.4.3.-	Set de conexión de estación solar de bombeo o	1	ud	47,00 €	47,00 €
1.4.4.-	Bomba WILO-STRATOS Z40/1-8 o similar Presión máxima de trabajo: 10bar Altura máxima de impulsión: 8m Caudal máximo: 17m3/h Potencia nominal: 200W	2	ud	2.525,00 €	5.050,00 €
1.4.5.-	Bomba WILO-STRATOS Z20/1-4 o similar Presión máxima de trabajo: 10bar Altura máxima de impulsión: 8m Caudal máximo: 17m3/h Potencia nominal: 200W	1	ud	1.740,00 €	1.740,00 €
1.4.6.-	Tubería de cobre 1/2" SALVADOR ESCODA o similar	56	m	2,70 €	151,20 €
1.4.7.-	Tubería de cobre 3/4" SALVADOR ESCODA o similar	12	m	4,32 €	51,84 €
1.4.8.-	Tubería de cobre 1 1/2" SALVADOR ESCODA o similar	0,5	m	7,13 €	3,57 €
1.4.9.-	Codo a 90° H-H de cobre 1/2" SALVADOR ESCODA o similar	42	ud	2,10 €	88,20 €
1.4.10.-	Codo a 90° H-H de cobre 3/4" SALVADOR ESCODA o similar	10	ud	3,62 €	36,20 €
1.4.11.-	Aislamiento de 40mm para tubería 1/2" SALVADOR ESCODA o similar	56	m	1,80 €	100,80 €
1.4.12.-	Aislamiento de 40mm para tubería 3/4" SALVADOR ESCODA o similar	12	m	2,13 €	25,56 €
1.4.13.-	Aislamiento de 40 mm para tubería 1 1/2" SALVADOR ESCODA o similar	0,5	m	7,10 €	3,55 €
1.4.14.-	Válvula de corte 1 1/2" SALVADOR ESCODA o similar	12	ud	15,60 €	187,20 €
1.4.15.-	Válvula de antiretorno 1 1/2" o similar	2	ud	40,30 €	80,60 €
1.4.16.-	Manómetro SALVADOR ESCODA o similar	2	ud	5,75 €	11,50 €
1.4.17.-	Termómetro SALVADOR ESCODA o similar	2	ud	17,50 €	35,00 €

## Diseño de una instalación de energía solar térmica para producción de ACS en bloques de viviendas de protección oficial

---

El presupuesto total de los 4 bloques es de 324.350,88 € con el desglose siguiente

TIPO DE SISTEMA	BLOQUE 1	BLOQUE 2	BLOQUE 3	BLOQUE 4	TOTAL
SISTEMA DE CAPTACION	35.627,70 €	40.664,80 €	40.664,80 €	35.626,70 €	152.584,00 €
SISTEMA DE ACUMULACION	28.660,00 €	28.772,00 €	28.772,00 €	28.772,00 €	114.976,00 €
SISTEMA DE CRONTROL	473,00 €	473,00 €	473,00 €	473,00 €	1.892,00 €
SISTEMA HIDRÁULICO	13.558,22 €	13.891,22 €	13.891,22 €	13.558,22 €	54.898,88 €
TODO	78.318,92 €	83.801,02 €	83.801,02 €	78.429,92 €	<b>324.350,88 €</b>

## **6. PLANOS**



**PLANO DE SITUACION**  
BLOQUES DE EDIFICIOS VPO

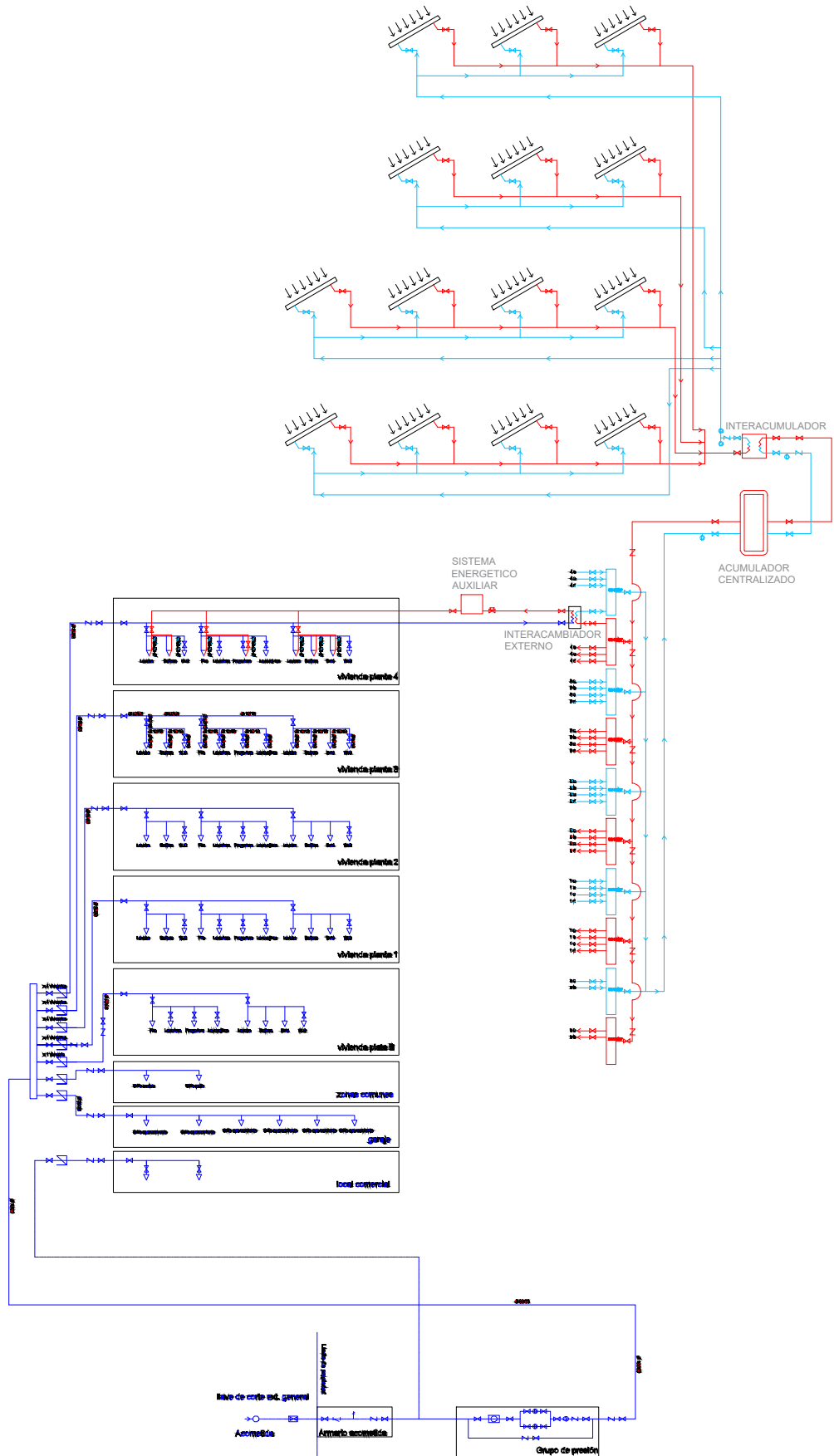
cotas en m  
ESCALA  
S/E

ALUMNO: MIRIAM DE PRADO JIMÉNEZ  
FECHA: 12/ 2019

TRABAJO FIN DE GRADO  
PLANO DE SITUACIÓN

PLANO  
1/5





# ESQUEMA DE PRINCIPIO BLOQUE 1 BLOQUES DE EDIFICIOS VPO SEVILLA

ALUMNO: MIRIAM DE PRADO JIMÉNEZ

FECHA: 12/2019

TRABAJO FIN DE GRADO

ESQUEMA DE PRINCIPIO\_BLOQUE 1

cotas en m

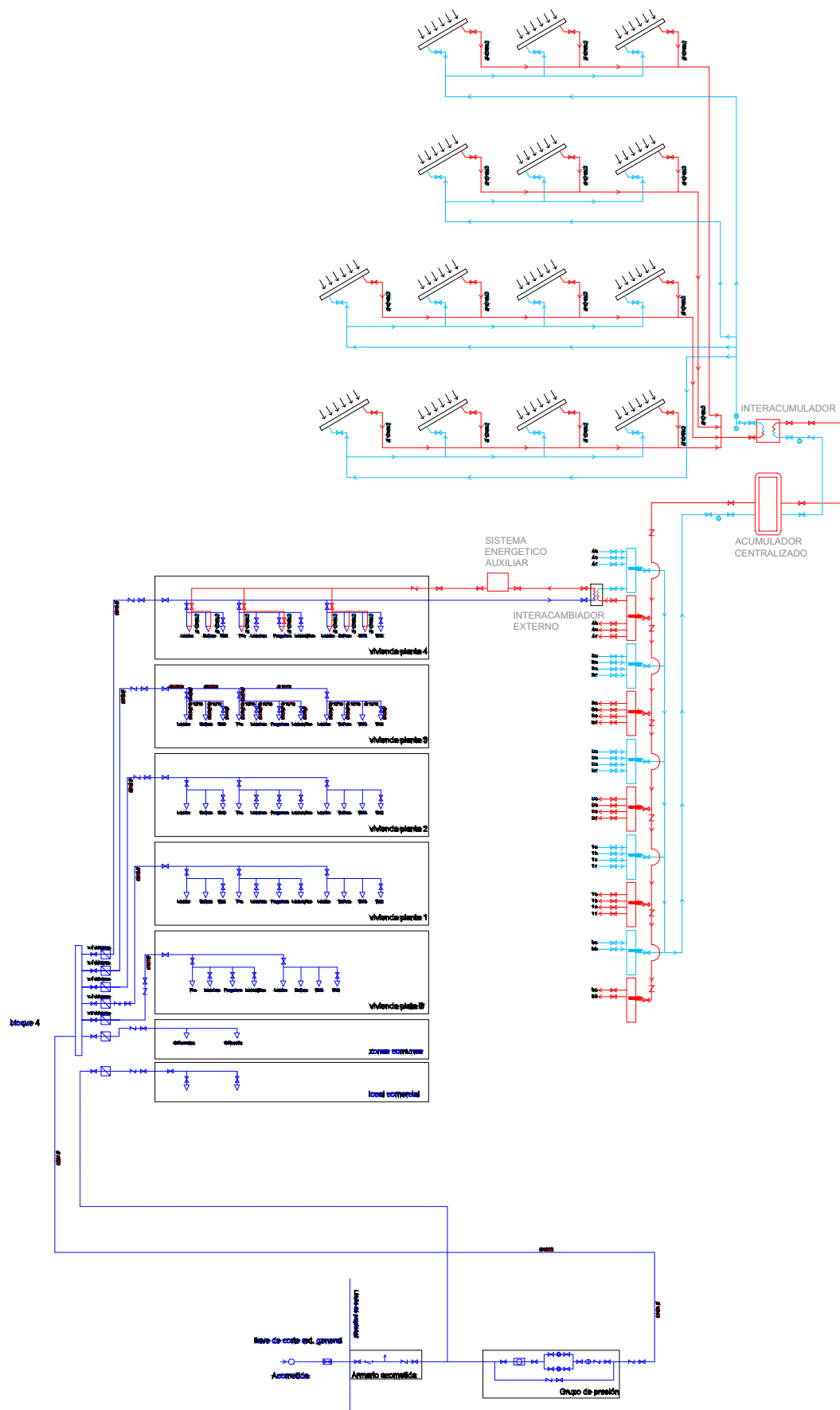
ESCALA

S/E

PLANO

3/5





## ESQUEMA DE PRINCIPIO BLOQUE 4

### BLOQUES DE EDIFICIOS VPO

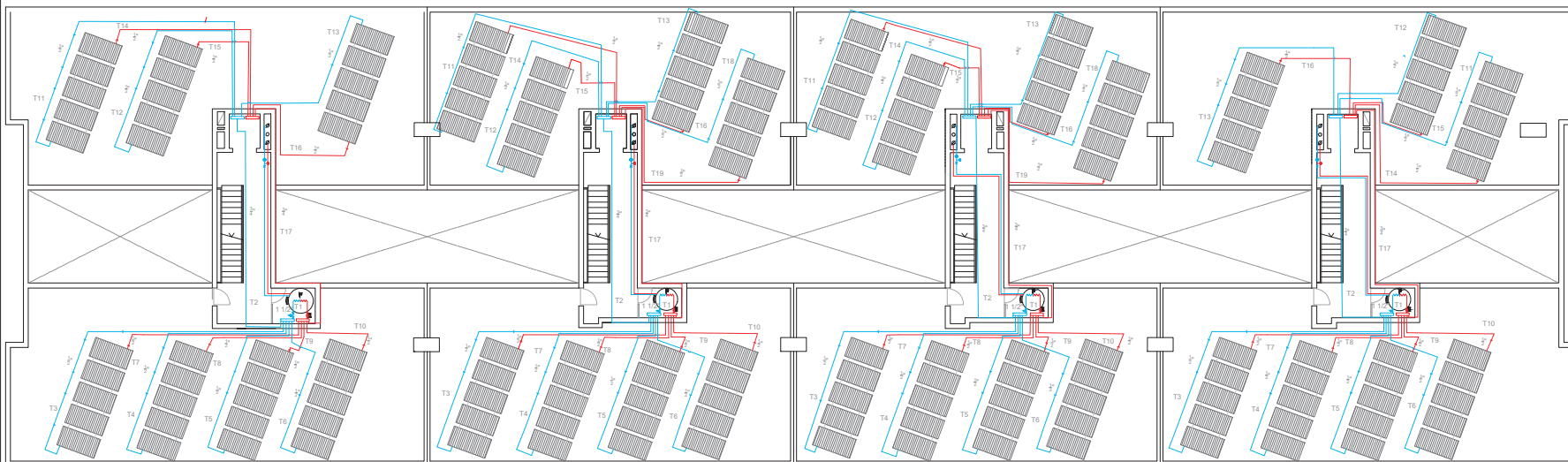
ALUMNO: MIRIAM DE PRADO JIMÉNEZ

FECHA: 12 / 2019

TRABAJO FIN DE GRADO  
ESQUEMA DE PRINCIPIO\_BLOQUE 4

cotas en m  
ESCALA  
S/E

PLANO  
5/5



Planta General

