

Trabajo Fin de Grado  
Grado en Ingeniería de las Tecnologías Industriales

# DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN DE ENERGÍA SOLAR PARA PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA EN UN POLIDEPORTIVO

Autor:

Carlos Argudo Navea

Tutor:

José Julio Guerra Macho

Catedrático

Departamento de Ingeniería Energética. Grupo de Termotecnia

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2015

# RESUMEN

---

En el siguiente proyecto se ha realizado el estudio de la instalación de un sistema de energía solar para obtener agua caliente sanitaria en el edificio de vestuarios del Complejo Polideportivo Municipal de la localidad de Rute (Córdoba). Para ello se ha realizado un estudio previo de la localización y el clima de la zona apoyándose en datos históricos de la localidad. Posteriormente se han seleccionado la configuración y los equipos necesarios cumpliendo estrictamente la normativa del Código Técnico de la Edificación. Se ha estudiado su emplazamiento en la cubierta del edificio y se ha realizado el diseño del esquema de principios y la red de tuberías del sistema. Por último se ha definido el pliego de condiciones técnicas y se han realizado las mediciones y el presupuesto del coste de la instalación.

# ÍNDICE

---

RESUMEN .....	5
ÍNDICE .....	6
ÍNDICE DE FIGURAS .....	8
ÍNDICE DE TABLAS .....	10
MEMORIA DESCRIPTIVA .....	12
1.- OBJETO DEL PROYECTO .....	13
2.- ANTECEDENTES .....	13
3.- MÉTODO DE CÁLCULO: CHEQ4 .....	13
4.- DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO .....	14
5.- DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN .....	16
6.- CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS .....	19
7.- NORMATIVA .....	25
8.- BIBLIOGRAFÍA .....	26
MEMORIA DE CÁLCULO .....	27
1.- INTRODUCCIÓN .....	28
2.- DATOS DE PARTIDA .....	28
3.- SISTEMA DE CAPTACIÓN .....	34
5.- CORRECCIÓN DE LA FRACCIÓN DE DEMANDA SOLAR ANUAL Y MENSUAL .....	44
6.- EQUIPOS DE INTERCAMBIO .....	45
7.- RED DE TUBERÍAS Y EQUILIBRADO DEL CIRCUITO .....	46
8.- BOMBA DE CIRCULACIÓN .....	51
9.- VASO DE EXPANSIÓN .....	53
10.- AISLAMIENTO .....	55

11.- SISTEMA DE CONTROL Y REGULACIÓN .....	57
ANEXOS DE CÁLCULO .....	59
ANEXO I.- Método de cálculo CHEQ4 .....	60
ANEXO II.- Certificado CHEQ4 .....	64
ANEXO III.- Catálogos de equipos .....	66
PLIEGO DE CONDICIONES .....	71
MEDICIONES Y PRESUPUESTOS .....	93
PRESUPUESTO TOTAL.....	102
PLANOS .....	103

# ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 1.- Vista aérea del edificio de vestuarios y la pista de fútbol .....	15
Figura 2.- Esquema unifilar de la instalación de ACS .....	18
Figura 3.-Ventajas del captador escogido.....	19
Figura 4.- Composición del captador .....	19
Figura 5.- Descripción del interacumulador .....	20
Figura 6.- Composición interacumulador .....	21
Figura 7.- Composición del grupo hidráulico.....	22
Figura 8.- Detalle de la bomba del grupo hidráulico .....	23
Figura 9.- Sistema de control.....	24
Figura 10.- Ubicación geográfica del complejo polideportivo de Rute.....	28
Figura 11.- Demanda energética media mensual .....	31
Figura 12.- Mapa de zonas climáticas en España según CTE.....	35
Figura 13.- Gráfica f-A usando la relación $V/A = 65 \text{ l/m}^2$ .....	37
Figura 14.- Gráfica f-A usando la relación $V/A = 70 \text{ l/m}^2$ .....	37
Figura 15.- Gráfica f-A con todos los captadores en paralelo y relación $V/A$ distintas .	38
Figura 16.- Resultados mensuales calculados con CHEQ4 .....	39
Figura 17.- Vista superior de la azotea del edificio de vestuarios.....	40
Figura 18.- Diagrama de pérdidas por orientación e inclinación .....	42
Figura 19.- Esquema del interacumulador FERROLI INOXUNIT/ES 750-PB .....	44
Figura 20.- Tabla de características de distintos interacumuladores FERROLI .....	45
Figura 21.- Esquema básico de numeración de los tramos.....	48
Figura 22.- Pérdida de carga en los captadores en función del caudal para FERROLI ECOTOP .....	50
Figura 23.- Bomba del grupo hidráulico HIDRO 30 facilitada por FERROLI.....	52

Figura 24.- Curvas características de la bomba WILO ST25/7-3 .....	53
Figura 25.- Esquema de instalación del sistema SEGURSOL .....	58

# ÍNDICE DE TABLAS

---

Tabla 1.- Características técnicas del captador .....	20
Tabla 2.- Características técnicas del interacumulador.....	22
Tabla 3.- Características técnicas del grupo hidráulico .....	23
Tabla 4.- Características técnicas del sistema de control.....	25
Tabla 5.- Irradiación global diaria media mensual sobre superficie horizontal (MJ/m <sup>2</sup> ·día).....	28
Tabla 6.- Temperatura ambiente diaria media mensual en Córdoba (°C) .....	29
Tabla 7.- Temperatura ambiente diaria media mensual en Rute (°C) .....	29
Tabla 8.- Temperatura media diaria mensual del agua de red en Córdoba (°C) .....	29
Tabla 9.- Temperatura diaria media mensual del agua de red en Rute (°C) .....	30
Tabla 10.- Criterio de demanda acuerdo al CTE.....	30
Tabla 11.- Demanda energética media.....	31
Tabla 14.- Radiación solar extraterrestre sobre horizontal (MJ/m <sup>2</sup> ·día) .....	33
Tabla 15.- Índice de claridad medio de cada mes (adimensional) .....	33
Tabla 16.- Valores medios de radiación solar sobre superficie horizontal e inclinada (MJ/m <sup>2</sup> ·día).....	34
Tabla 17.- Contribución solar mínima para ACS en % .....	35
Tabla 18.- Parámetros introducidos para las distintas simulaciones en CHEQ4 .....	36
Tabla 19.- Tabla de resultados de los ensayos realizados en CHEQ4 .....	37
Tabla 20.- Resultados anuales calculados con CHEQ4 .....	38
Tabla 21.- Porcentaje de pérdidas permitidas por el CTE .....	40
Tabla 22.- Resultados del cálculo de pérdidas por orientación e inclinación .....	43
Tabla 23.- Selección de diámetros para tubería de cobre .....	46
Tabla 24.- Diámetros de tubería normalizados .....	46

Tabla 25.- Longitudes equivalentes adimensionales representativas para válvulas y accesorios.....	47
Tabla 26.- Recorridos posibles y pérdida de carga .....	48
Tabla 27.- Diámetro de tubería y pérdida de carga por tramos .....	49
Tabla 28.- Composición de los grupos hidráulicos FERROLI y características técnicas .....	52
Tabla 29.- Volumen de los tramos del circuito primario .....	54
Tabla 30.- Características técnicas de distintos vasos de expansión IBAIONDO .....	55
Tabla 31.- Espesores mínimos de aislamiento para fluidos calientes en interior y exterior .....	56



---

# MEMORIA DESCRIPTIVA

---

INSTALACIÓN DE ENERGÍA  
SOLAR PARA ACS

---

COMPLEJO POLIDEPORTIVO DE  
RUTE (CÓRDOBA)

---

## **1.- OBJETO DEL PROYECTO**

El objeto del presente proyecto es el diseño de la instalación de energía solar para producir agua caliente sanitaria en el edificio destinado a vestuarios en el complejo polideportivo municipal de Rute (Córdoba).

Las soluciones técnicas adoptadas por el proyecto garantizan que el edificio cumple con los requisitos y exigencias básicas del Reglamento de Instalaciones Térmicas en la Edificación (RITE) y el Código Técnico de la Edificación (CTE).

## **2.- ANTECEDENTES**

Sobre los terrenos que ocupan este proyecto se encuentra ejecutada una primera fase denominada “Complejo Deportivo. Piscina municipal en Rute” fechado en el bienio 2010-2011.

Esta fase incluía:

- Edificio: movimientos de tierras, cimentación, puesta a tierra, contenciones, estructura, cubiertas, instalación e saneamiento de pluviales, red de distribución y parte de la hoja exterior de los vestuarios.
- Vasos de piscina: movimientos de tierras, subbases, drenajes, cimentación, muros y losa de playa de los vasos chapoteo y recreo.
- Instalaciones exteriores enterradas: red de saneamiento general hasta acometida a la red general municipal, conducciones enterradas de las redes de impulsión, retorno, desagüe y limpiafondos de los vasos de chapoteo y recreo.

## **3.- MÉTODO DE CÁLCULO: CHEQ4**

La Asociación de la Industria Solar Térmica (ASIT), fruto del convenio suscrito con el Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDEA), ha desarrollado el programa informático CHEQ4 de acceso gratuito que facilita a todos los agentes participantes en el sector de la energía solar térmica de baja temperatura la aplicación, cumplimiento y evaluación de la sección HE4 incluida en el Código Técnico de la Edificación (CTE). Se hará uso de esta herramienta para verificar los cálculos que se desarrollarán en este proyecto.

CHEQ4 genera un informe justificativo de los resultados obtenidos de forma rápida y sencilla. El informe favorable generado por la aplicación será suficiente para acreditar el cumplimiento, desde el punto de vista energético, de los requisitos establecidos en la sección HE4.

ASIT e IDAE se encargan de actualizar continuamente el programa, incluyendo en la base de datos todos los captadores solares térmicos certificados por el Ministerio de

Industria, Energía y Turismo, que cuenta actualmente con más de 500 modelos pertenecientes a más de 50 empresas diferentes. CHEQ4 además incluye ahora más de 50 sistemas solares prefabricados distintos.

CHEQ4 se basa en la metodología de cálculo METASOL desarrollada por Aiguasol y presentada en el ISES Solar World Congress 2011.

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

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

Estos modelos permitirán realizar el cálculo simplificado y rápido de las prestaciones de la instalación y definirán globalmente:

- Las pérdidas térmicas de las instalaciones
- La demanda bruta de energía: demanda energética anual teniendo en cuenta las pérdidas en acumulación y en distribución.
- La demanda neta de energía: demanda energética anual sin tener en cuenta las pérdidas en acumulación y en distribución.
- El aporte solar térmico y la contribución solar

A diferencia del caso F-Chart, las condiciones de contorno (radiación, temperatura ambiente, temperatura del agua de red, demanda, etc.) se fijan de acuerdo a la normativa española.

## **4.- DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO**

Los terrenos donde se sitúa el recinto de la piscina están caracterizados por situarse en el antiguo campo de fútbol del municipio, en un complejo donde además existen una pista polideportiva, otra piscina municipal y diversas dependencias situadas en la edificación de acceso.

Situados en el extremo Sur-Oeste de la población, su acceso se realiza por varias vías como son C/ Miguel Induráin o C/ Libertad. Se encuentra en su acceso una plaza pública en ensanche con capacidad para soportar plazas de aparcamiento.

La parcela se encuentra a una distancia aproximada de 500 metros del centro histórico del municipio.

Se encuentran delimitados al Norte por un parque público, al Este por viario público, al Sur por camino rural y al Oeste por finca de cultivos de olivar. En la **figura 1** puede visualizarse la situación del edificio de vestuarios y la pista de fútbol pertenecientes al complejo polideportivo.



**Figura 1.- Vista aérea del edificio de vestuarios y la pista de fútbol**

El edificio de vestuarios en particular, posee una superficie total habitable de 597,22 m<sup>2</sup>. Consta de tres plantas en las que se distribuyen las distintas instalaciones desarrolladas a continuación:

- Nivel -2.70 metros: almacén, vasos de compensación, sala de dosificación y sala de depuración.
- Nivel -0.75 metros: almacén de útiles de piscina, escaleras y almacén GLP.
- Nivel +1.65 metros: sala de combustión y producción de ACS, vestuarios masculinos y femeninos, botiquín, sala técnica y de control.

Los captadores se colocarán en la cubierta, de 140,4 metros cuadrados, con espacio suficiente para la colocación de estos, evitándose así las pérdidas por sombra de cualquier otra parte del edificio.

La sala de combustión y producción de ACS consta de 13,30 metros cuadrados, espacio suficiente para la instalación del interacumulador, grupo hidráulico, depósito de expansión, caldera, intercambiador de placas y sistema de regulación.

El consumo de agua caliente sanitaria está dedicado exclusivamente a las duchas de los vestuarios del edificio, situados en la primera planta (nivel +1,65 metros). Tanto el sistema de distribución y de apoyo convencional de agua caliente sanitaria como bombas y tuberías se consideran existentes en la instalación.

## 5.- DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

Para la realización de este proyecto se ha decidido implantar una instalación de tipo centralizado con interacumulador. Esta se puede descomponer en cinco sistemas:

- Sistema de captación
- Sistema de acumulación
- Sistema hidráulico
- Sistema auxiliar de energía
- Sistema de control y regulación

El esquema detallado de la instalación puede visualizarse con más detalle en la **figura 2**.

### 5.1.- SISTEMA DE CAPTACIÓN

Su función es calentar el fluido caloportador mediante la captación de la radiación solar. Es el componente principal de cualquier instalación solar térmica de baja temperatura.

La instalación de este proyecto contará con 5 captadores solares orientados al sur y con una inclinación de 45°. Al haberse escogido un modelo que cuenta con 2,21 m<sup>2</sup> de área de captación, se tendrá una superficie total de captación de 11,05 m<sup>2</sup>.

El ancho de la azotea donde irán colocados los captadores no es suficiente para albergar los cinco captadores seguidos. Por lo tanto se dispondrán en una fila de cuatro y el restante se colocará sólo en la siguiente fila, guardando la distancia mínima para evitar pérdidas por sombra. Todos los captadores se colocarán en paralelo.

### 5.2.- SISTEMA DE ACUMULACIÓN

Su función es almacenar la energía solar disponible en períodos de baja demanda para poder suministrarla posteriormente. De esta forma independiza el circuito de captación solar del circuito de consumo. Es necesario por el desfase existente entre la radiación solar que se capta y el consumo.

Para este proyecto se ha escogido un interacumulador de 750 litros, son doble serpentín de 2,74 m<sup>2</sup> de área de intercambio.

### **5.3.- SISTEMA HIDRÁULICO**

Su función es conectar entre sí los principales componentes de la instalación solar. Comprende el conjunto de tuberías, bomba de circulación, válvulas y accesorios que intervendrán en el transporte del fluido caloportador desde el sistema de captación (azotea) al sistema de acumulación (sala de combustión y producción de ACS).

Para este proyecto se ha escogido una unidad de circulación para el circuito primario con capacidad de regulación del caudal en tránsito en función del número de colectores. Este grupo hidráulico consta de una bomba que moverá un caudal de 998 l/h y vencerá sin problemas la pérdida de carga calculada en el circuito primario, siendo esta de 5 m.c.a.

Para el circuito primario se usará tubería de cobre de 20 mm de diámetro interior preaislada con espuma de poliuretano resistente a altas temperaturas, revestida con plástico duro para tendido empotrado o en intemperie.

Como el circuito primario es de circulación forzada y el edificio se encuentra en Rute (donde las temperaturas muy raramente son bajo cero) se ha optado por escoger agua como fluido caloportador. Además, el grupo hidráulico escogido cuenta con una función antihielo para evitar las posibles heladas y siendo esta la elección más barata.

Se coloca también un vaso de expansión cerrado de 8 litros de capacidad para controlar la dilatación del fluido caloportador.

El sistema de distribución a las duchas de vestuarios se considera existente en la instalación.

### **5.4.- SISTEMA AUXILIAR DE ENERGÍA**

Su función es apoyar o sustituir cuando sea necesario la instalación solar. Ésta no se diseña para cubrir la totalidad de la demanda por lo que para asegurar el abastecimiento de la demanda térmica se debe disponer de un sistema auxiliar de energía.

Se compone de una caldera de condensación a gas de 35 kW de potencia y un intercambiador de placas, éste último con el fin de evitar la transferencia directa de calor del sistema primario con el sistema de apoyo o secundario. La caldera vierte su producción al intercambiador de placas para satisfacer las demandas del sistema secundario formado por circuito de ida y retorno con bomba de recirculación.

### **5.5.- SISTEMA DE CONTROL Y REGULACIÓN**

Su función es mantener la instalación con una presión de trabajo constante y con la temperatura de los captadores solares dentro de los límites de seguridad independientemente de las condiciones de trabajo, facilitando el mantenimiento de

dichas instalaciones. Para ello hará uso de sondas de temperatura y manómetros en varias zonas del circuito primario que enviarán los datos a la unidad de control.

Para este proyecto se ha escogido un equipo de llenado/vaciado de instalaciones de energía solar con control electrónico que actuará llenando los captadores cuando hay menos presión de la configurada inicialmente y vaciándolos cuando la temperatura de los captadores sobrepasa una temperatura límite prefijada.

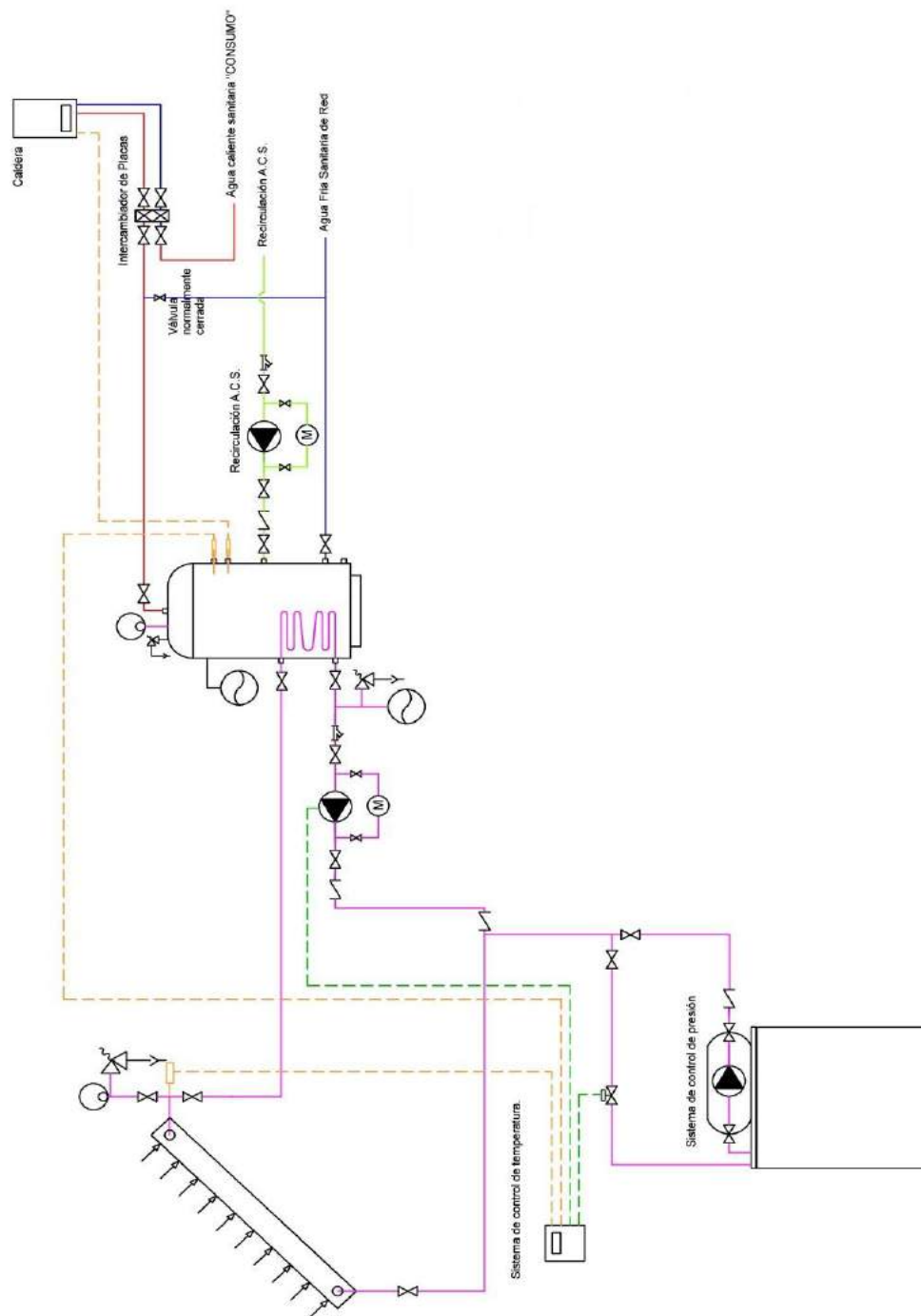


Figura 2.- Esquema unifilar de la instalación de ACS



## 6.- CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS

### 6.1.- CAPTADORES

Se eligen cinco captadores **FERROLI ECOTOP VF 2.3**, dispuestos en dos filas (una de cuatro captadores y la siguiente con el captador restante).



**Producción A.C.S., calentamiento de piscinas, calefacción baja temperatura, fancoils y refrigeración por absorción**

Captadores solares fabricados bajo las siguientes normas:

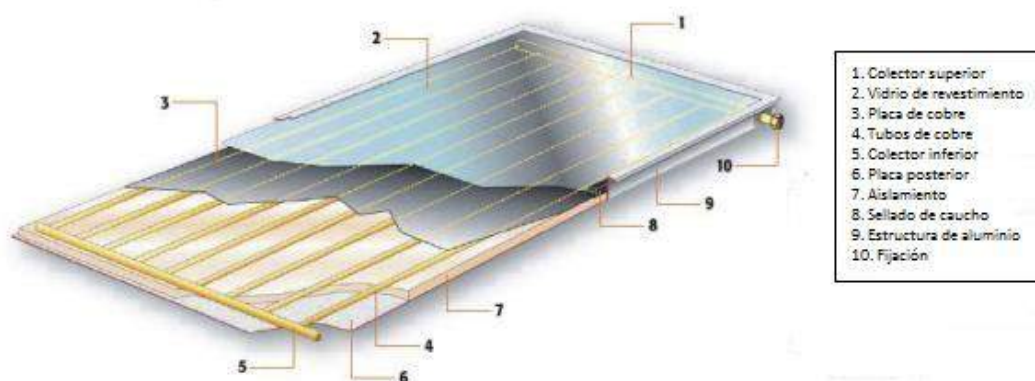
- Pruebas de certificación según EN-12975-2.
- Contraseña de Certificación por la Dirección General de Política Energética y Minas.

#### **VENTAJAS del captador ECOTOP:**

- Es un captador con dos modelos, uno con disposición vertical (ECOTOP VF) y otro, con disposición horizontal (ECOTOP HF).
  - Se pueden conectar hasta 8 captadores por batería, modelos con disposición vertical y hasta 4 captadores por batería, modelos con disposición horizontal.
  - La cubierta es de vidrio templado de bajo contenido en hierro (inferior al 0,005%), de 4 mm de espesor.
  - La carcasa exterior es de aluminio.
  - La superficie de absorción es de cobre con recubrimiento selectivo.
  - La placa colectora es de tubos de cobre.
  - El absorbedor tiene soldaduras realizadas por ultrasonidos.
  - El aislamiento es de lana de roca de 40 mm de espesor.
  - El captador tiene garantía contra defectos de fabricación de 8 años.
- La tapa posterior es de aluminio de 0,4 mm de espesor.
  - Las conexiones de entrada y salida son de 3/4" (4 conexiones).

**Figura 3.-Ventajas del captador escogido**

En la **figura 4** se muestran señaladas las partes que componen este modelo.



**Figura 4.- Composición del captador**

Sus características más significativas se muestran en la **tabla 1**.



Sup. Total	2.32 m2
Sup. Apertura	2,23 m2
Sup. Absorbedor	2,21 m2
Altura	2000 mm
Ancho	1160 mm
Fondo	80 mm
Número de conexiones	4
Diámetro conexiones	3/4"
Peso en vacío	43 kg
Contenido de agua	1,9 litros
Caudal de trabajo recomendado por colector	100-250 l/h
Presión máxima de trabajo	10 bar
Temperatura de estancamiento	177 °C
Espesor de aislamiento en lana de roca	40 mm
Grado de absorción	95%
Emisividad	5%
Máximo número de colectores en paralelo	8

**Tabla 1.- Características técnicas del captador**

## 6.2.- INTERACUMULADOR

Se elige el interacumulador **FERROLI INOXUNIT/ES 750-PB**, con un volumen de acumulación de 750 litros y doble serpentín, para producción de agua caliente sanitaria con energía solar. En la **figura 5** se recoge una breve descripción facilitada por el fabricante.



- Fabricados en Acero Inoxidable AISI 316.
- Modelo para producción de A.C.S. con serpentín espiral inox. AISI 316.
- Temperatura máxima de trabajo 90°C.
  - Modelos para producción de A.C.S. (gama INOXUNIT/ES).
  - Modelos de 500 litros y superiores suministrados con cáncamo de elevación.
  - Coloración correspondiente a modelos hasta 500 litros de volumen.
  - A partir de 750 litros (incluido) la coloración es completamente blanca.
  - Presión máxima de trabajo en circuito de A.C.S. de 6 bar.
  - El tipo de aislamiento es de poliuretano inyectado.
  - Con conexiones hembra.

### Elementos opcionales:

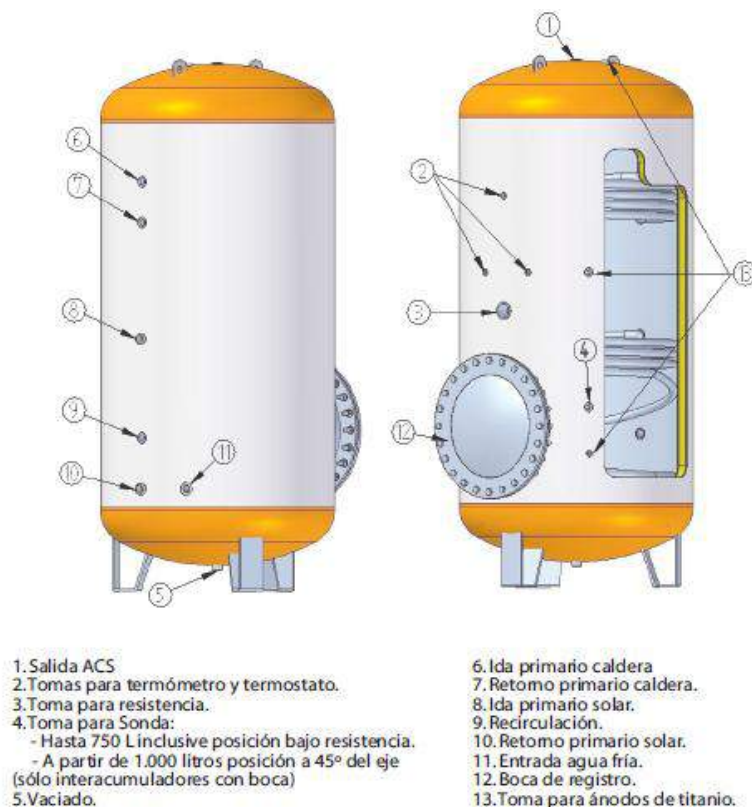
- Conjunto protección catódica.
- Modelos para trabajar a 8 ó 10 bar (consultar precios y plazos de entrega).
- Resistencias eléctricas.

**Figura 5.- Descripción del interacumulador**

Está diseñado para trabajar con agua caliente a una presión de trabajo máxima de 6 bar y a una temperatura máxima de 90°C.

Están fabricados de acero inoxidable AISI 316 y aislado con poliuretano inyectado de 50 milímetros de espesor tal y como exige el Reglamento de Instalaciones Térmicas en la Edificación.

En la **figura 6** se pueden visualizar con más detalle las distintas partes y elementos de este modelo.



**Figura 6.- Composición intercambiador**

En la **tabla 2** expuesta a continuación, se muestra la potencia intercambiada, producción puntual y pérdida de carga primario estimadas cuando se encuentra trabajando con energía solar, además de algunas características físicas del modelo no variables, como son el espesor de aislamiento, la superficie de intercambio, el volumen del serpentín o el peso.

Modelo	INOXUNIT/ES 750-PB
Peso	148 kg
Espesor de aislamiento	50 mm
$\lambda$	2,5623 W/°C
Sup. Intercambio	2,74 m <sup>2</sup>
Volumen serpentín (l)	12,11 l
Potencia intercambiada	11,6 kW
Producción puntual	1357 l/h
Pérdida de carga primario	1,18 mca

**Tabla 2.- Características técnicas del interacumulador**

### 6.3.- GRUPO HIDRÁULICO

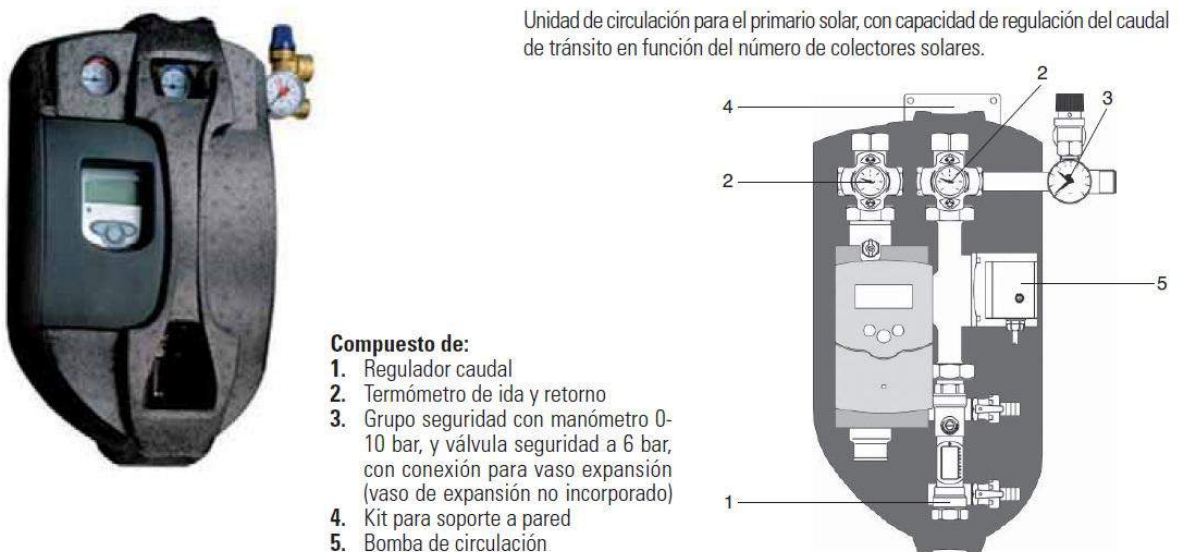
Se elige para este proyecto el grupo hidráulico **FERROLI HIDRO 30**, que consta de regulador de caudal adaptándose a las necesidades de cada momento, centralita, varios termómetros y manómetros y una bomba de circulación que vence sin problemas la pérdida de carga de la instalación.

Se trata de un sistema de caudal regulable para circuitos solares de circulación forzada. El regulador de flujo ajusta el caudal del circuito según las necesidades de la instalación.

Asimismo, el regulador permite: llenar, vaciar y lavar la instalación, así como desmontar la bomba de circulación sin tener que vaciar la instalación. Además, el ‘flotador G’ del regulador actúa como válvula de retén.

El grupo de seguridad compacto está compuesto por una válvula de seguridad, un manómetro y una toma para tubo flexible de conexión al vaso de expansión.

En la **figura 7** se pueden visualizar con más detalle los elementos que lo componen.



**Figura 7.- Composición del grupo hidráulico**

Debido a poca información en el catálogo acerca de la bomba del grupo escogido, se le solicita al fabricante FERROLI más detalle acerca de la potencia y la marca y modelo de bomba. Se trata de una **WILO ST25/7-3**, mostrada en la **figura 8**.

En la **tabla 3** se muestran las características técnicas de este modelo.



**Figura 8.- Detalle de la bomba del grupo hidráulico**

Modelo	HIDRO 30
Velocidades bomba	3
Potencia nominal de trabajo	59/81/110 W
Regulador caudal	10-30 litros/min
Número de colectores recomendado	Hasta 20
Presión máxima de trabajo	8 bar
Temperatura máxima de trabajo	120 °C
Manómetro	0-10 bar
Control Tª ida	Sí
Control Tª retorno	Sí
Válvula seguridad	6 bar / DN25
Válvula antirretorno	DN25
Toma llenado	Sí
Toma vaciado	Sí
Conexión vaso expansión	Sí (incluido)
Conexiones	DN25-1"
Dimensiones	500x260x90 mm

**Tabla 3.- Características técnicas del grupo hidráulico**

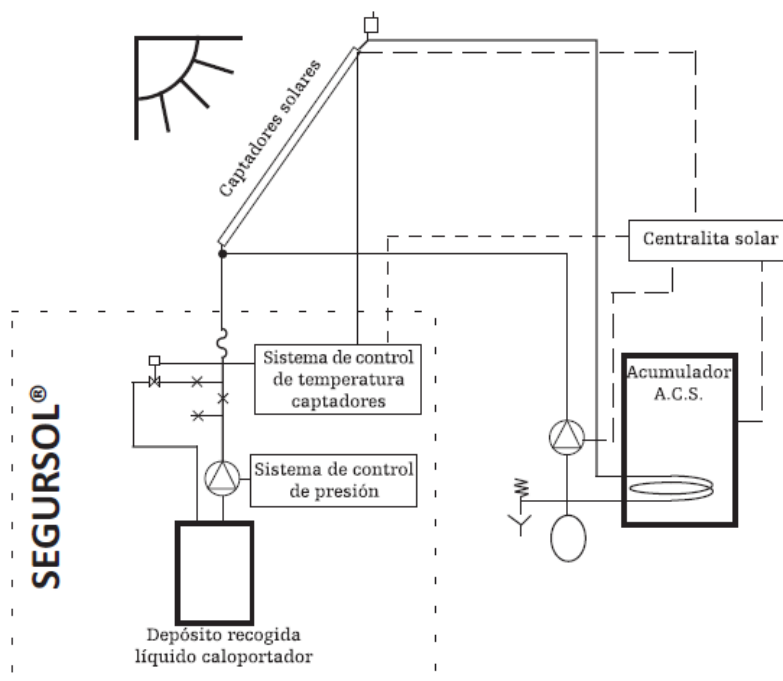
## 6.5.- SISTEMA DE CONTROL

Se elige el sistema de control y seguridad **FERROLI SEGURSOL 50 litros**. Es un equipo de llenado/vaciado de instalaciones de energía solar que permite mantener la instalación con una presión de trabajo constante y con la temperatura de los captadores solares dentro de los límites de seguridad independientemente de las condiciones de trabajo, facilitando también el mantenimiento de dichas instalaciones.

Actúa llenando los captadores cuando hay menos presión de la configurada inicialmente y vaciándolos cuando la temperatura de los captadores sobrepasa una temperatura límite prefijada. Esto se consigue mediante un sistema de control de temperatura que constantemente mide la temperatura de estos, y en caso de superar el límite se encarga de vaciarlos accionando un dispositivo, deteniendo las bomba de circulación y el sistema de llenado.

Una vez que el sistema de control de temperatura detecta que los captadores están por debajo de la temperatura máxima configurada se desactiva el dispositivo de vaciado y se activa el sistema de llenado para alcanzar la presión configurada. El sistema de llenado del depósito donde se almacenará el fluido durante ese tiempo (incluido en este equipo), está formado por un sistema de control de presión y de una bomba de acero inoxidable.

En la **figura 9** se puede visualizar el esquema de cómo quedaría incluido en la instalación.



**Figura 9.- Sistema de control**

En la **tabla 4** expuesta a continuación se muestran las características técnicas del modelo.



## DATOS TÉCNICOS SEGURSOL® ELECTRÓNICO

- Tensión de alimentación: 220/230 V.
- Frecuencia de línea: 50 Hz
- Presión máxima de trabajo: 3,4 bares.
- Máxima corriente de fase del equipo: 2,7 A
- Tensión equipo: 230V
- Emplazamiento de trabajo: Cualquiera debidamente protegido.
- Máx. temperatura del líquido: 60°C
- Máx. temperatura de ejercicio: 50°C
- Min. temperatura de ejercicio: -5°C
- Rango de regulación presión: de 3 a 3.4 bares
- Acoplamiento hidráulico salida fluido: 3/4" hembra (conexión flexible)
- Grado de protección: IP 55
- Protección: marcha en seco, amperimétrica.
- Bomba con cuerpo de acero inoxidable.

Tabla 4.- Características técnicas del sistema de control

## 7.- NORMATIVA

Cumplimiento del CTE: HE 4

### 7.1 Cumplimiento de la contribución solar mínima

- Contribución solar mínima exigida: 60%
- Contribución solar de esta instalación: 60 % ←

### 7.2 Cumplimiento de las pérdidas límites

- Pérdida límite por orientación e inclinación: 10%
- Pérdida calculada por orientación e inclinación: 0,768 % ←
- Pérdida límite por sombras: 15%
- Pérdida calculada por sombras: 0% ←
- Pérdida límite total: 15%
- Pérdida calculada total: 0,768% ←

### 7.3 Cumplimiento de exceso de contribución solar

- Ningún mes supera una contribución del 110 %. ←
- No se supera el 100 % de la contribución en más de 3 meses seguidos para esta instalación ←

### 7.4 Cumplimiento de la potencia mínima de intercambio

- Relación entre superficie útil de intercambio y superficie total de captación mínima mayor o igual a 0,15.
- Relación entre superficie útil de intercambio y superficie total de captación igual a 0,248 en esta instalación ←

## 7.5 Cumplimiento de la superficie total de captación

- El área total de captadores tendrá un valor tal que se cumpla la condición:  
 $50 < V/A < 180$
- En esta instalación:  $V/A = 68 \text{ l/m}^2$  ←

## 8.- BIBLIOGRAFÍA

1. Temario de la asignatura ENERGÍA SOLAR: Energía Solar a Baja Temperatura (Escuela Técnica Superior de Ingeniería)
2. Código Técnico de la Edificación: HE4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria. (<http://www.codigotécnico.org/web/>)
3. Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE)
4. Datos del proyecto ‘Finalización del complejo deportivo y piscina municipal’ en Rute (Córdoba)
5. Aenor: “ Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria. Cálculo de la demanda de energía térmica” (UNE 94002:2005)
6. Aenor: “ Datos climáticos para el dimensionado de instalaciones solares térmicas” (UNE 94003:2007)
7. Aenor : “ Abastecimiento de agua- Dimensionado de Instalaciones de agua para consumo humano dentro de los edificios” (UNE 149201:2005)
8. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía ([www.idae.es](http://www.idae.es))
9. Fundación Estudios Calidad Edificación Asturias ([www.fecea.org](http://www.fecea.org))
10. Información relativa a CHEQ4 ([cheq4.idae.es](http://cheq4.idae.es))
11. Documentación técnica y comercial de FERROLI
12. Documentación técnica y comercial de WILO
13. Documentación técnica y comercial de GRUNDFOS
14. Guía ASIT de la energía solar térmica
15. Información relativa a la metodología METASOL ([aiguasol.coop](http://aiguasol.coop))
16. Guías prácticas de energías renovables: Energía Solar Térmica (Agencia Valenciana de la Energía)

---

# MEMORIA DE CÁLCULO

---

INSTALACIÓN DE ENERGÍA  
SOLAR PARA ACS

---

COMPLEJO POLIDEPORTIVO DE  
RUTE (CÓRDOBA)

---



## 1.- INTRODUCCIÓN

El objeto la memoria de cálculo dentro del proyecto es el de exponer ante los organismos competentes que la instalación diseñada reúne las condiciones y garantías mínimas exigidas por la reglamentación vigente, con el fin de justificar las soluciones adoptadas, las alternativas estudiadas y la solución escogida, así como servir de base a la hora de proceder a la ejecución de dicho proyecto.

## 2.- DATOS DE PARTIDA

### 2.1.- UBICACIÓN

El complejo polideportivo objeto de este proyecto se encuentra ubicado en el extremo Sur-Oeste de la localidad de Rute en la provincia de Córdoba. La fachada principal del edificio de vestuarios en el que se implementará la instalación está orientada al Noroeste.



Figura 10.- Ubicación geográfica del complejo polideportivo de Rute

### 2.2.- DATOS CLIMÁTICOS

Datos obtenidos de la norma UNE 94003:2007 para la provincia de Córdoba.

#### IRRADIACIÓN GLOBAL DIARIA MEDIA MENSUAL SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
8,8	11,6	15,1	18,2	23,1	25,5	27,2	24,9	18,7	13,5	10,1	8

Tabla 5.- Irradiación global diaria media mensual sobre superficie horizontal (MJ/m<sup>2</sup>·día)

## TEMPERATURA AMBIENTE DIARIA MEDIA MENSUAL

Se toma como altura de referencia para Córdoba 123 metros.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
9,5	10,9	13,1	15,2	19,2	23,1	26,9	26,7	23,7	18,4	12,9	9,7

Tabla 6.- Temperatura ambiente diaria media mensual en Córdoba (°C)

Se aplica la corrección para localidades que no sean capitales de provincia mediante la siguiente expresión:

$$T_{RUTE} = T_{CÓRDOBA} - B \cdot \Delta Z$$

Siendo:

- $\Delta Z$  la diferencia de altura en metros entre la localidad y la altura de referencia de la capital de provincia de dicha localidad.
- $B$  una constante que toma los siguientes valores: 0.010 para los meses de octubre a marzo y 0.005 para los meses de abril a septiembre.

La localidad de Rute se encuentra a una altura de 635 metros sobre el nivel del mar, por tanto  $\Delta Z = 512$ . Se obtiene así la temperatura ambiente diaria media mensual para Rute.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
4,38	5,78	7,98	12,64	16,64	20,54	24,34	24,14	21,14	13,28	7,78	4,58

Tabla 7.- Temperatura ambiente diaria media mensual en Rute (°C)

## 2.3.- DEMANDA

Datos obtenidos de la norma UNE 94002:2005 para la provincia de Córdoba.

## TEMPERATURA DIARIA MEDIA MENSUAL DE AGUA FRÍA (°C)

Se toma como altura de referencia para Córdoba 123 metros.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
10	11	12	14	16	19	21	21	19	16	12	10

Tabla 8.- Temperatura media diaria mensual del agua de red en Córdoba (°C)

Se aplica la corrección para localidades que no sean capitales de provincia mediante la siguiente expresión:

$$T_{RUTE} = T_{CÓRDOBA} - B \cdot \Delta Z$$

Tomando ahora  $B$  los siguientes valores: 0.0066 para los meses de octubre a marzo y 0.0033 para los meses de abril a septiembre.

Se obtiene así la temperatura diaria media mensual de agua fría para Rute, mostrada en la **tabla 9**.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
6,6	7,6	8,6	12,3	14,3	17,3	19,3	19,3	17,3	12,6	8,6	6,6

**Tabla 9.- Temperatura diaria media mensual del agua de red en Rute (°C)**

## CÁLCULO DEL CONSUMO

El consumo unitario diario medio diario de agua caliente sanitaria asociado a una temperatura de referencia de 60° se debe elegir de acuerdo al CTE (HE4).

Criterio de Demanda (CTE)	litros ACS/unidad día a 60 °C
Vestuarios/duchas colectivas	21 por persona

**Tabla 10.- Criterio de demanda acuerdo al CTE**

Se estima que una media de 28 personas harán uso de las instalaciones diariamente, por lo que el consumo medio será de:

$$Q_{ACS} = 28 \cdot 21 = 588 \frac{l}{dia}$$

## DEMANDA ENERGÉTICA

La demanda de energía térmica se define como:

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

Siendo:

$\rho$ : Densidad del agua en  $\frac{kg}{l}$

$C_p$ : Calor específico del agua en  $\frac{kJ}{kg \cdot K}$

$T_{ref}$ : Temperatura de referencia del agua caliente

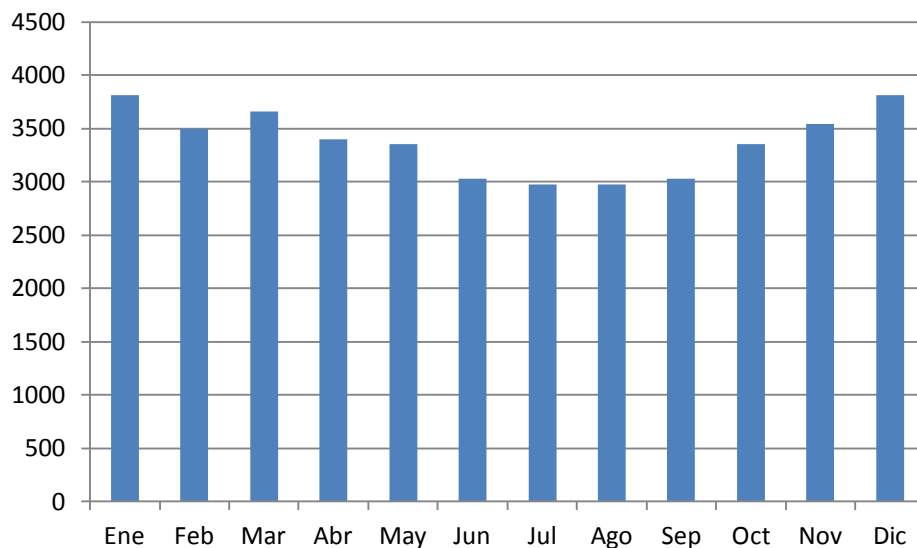
$T_{AF}$ : Temperatura diaria media mensual de agua fría en Rute.

En la **tabla 11** se muestran los resultados medios de demanda energética por día de cada mes y la demanda energética media mensual, sumando un total de 40462,25 kJ anuales.

A continuación en la **figura 11** se pueden visualizar gráficamente los resultados de demanda mensual citados.

Mes	T agua fría (°C)	Demanda (kJ/día)	Demanda (kJ/mes)
Enero	6,62	123,10	3816,03
Febrero	7,62	120,64	3498,44
Marzo	8,62	118,17	3663,39
Abril	12,31	113,25	3397,50
Mayo	14,31	108,33	3358,11
Junio	17,31	100,94	3028,21
Julio	19,31	96,02	2976,50
Agosto	19,31	96,02	2976,50
Septiembre	17,31	100,94	3028,21
Octubre	12,62	108,33	3358,11
Noviembre	8,62	118,17	3545,22
Diciembre	6,62	123,10	3816,03
TOTAL (kJ)			40462,25

**Tabla 11.- Demanda energética media**



**Figura 11.- Demanda energética media mensual**

## 2.4.- RADIACIÓN SOLAR INCIDENTE SOBRE SUPERFICIE INCLINADA

Para obtener los valores promedio de la radiación solar incidente sobre superficie inclinada se hará uso de los valores diarios medios mensuales.

Antes de poder calcular estos valores es necesario conocer los siguientes parámetros:

- Ángulo de declinación ( $\delta$ )
- Ángulo horario de salida del sol ( $ws$ )
- Radiación solar extraterrestre sobre superficie horizontal ( $H_o$ )
- Radiación solar global diaria media mensual sobre superficie horizontal ( $H$ )
- Índice de claridad ( $Kt$ )

## ÁNGULO DE DECLINACIÓN

Se calcula mediante la ecuación de Cooper:

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

Siendo

$n$ : el día del año tomado como referencia y que se recoge en la **tabla 9**

En la **tabla 12** también se muestran los ángulos de declinación calculados.

Mes	Día del Año	Declinación (º)
Enero	17	-20,92
Febrero	45	-13,62
Marzo	74	-2,82
Abril	105	9,41
Mayo	135	18,79
Junio	161	23,01
Julio	199	21,01
Agosto	230	12,79
Septiembre	261	1,01
Octubre	292	-11,05
Noviembre	322	-19,82
Diciembre	347	-23,24

Tabla 12.- Ángulo de declinación de cada mes

## ÁNGULO HORARIO DE SALIDA DEL SOL

Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\cos(ws) = -\tan(\delta) \cdot \tan(\phi)$$

Se obtiene como resultado el mostrado en la **tabla 13**.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
73,26	79,48	87,87	97,18	104,86	108,67	106,82	99,85	90,76	81,54	74,24	71,12

Tabla 13.- Ángulo horario de salida del sol

## RADIACIÓN SOLAR EXTRATERRESTRE Y DIARIA MEDIA MENSUAL

La radiación solar extraterrestre sobre superficie horizontal se muestra en la **tabla 14** (referida a los días del año de referencia recogidos en la **tabla 12**).

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
16,8	22,3	28,8	35,4	39,8	41,7	40,9	37,5	31,7	25	18,7	15,5

**Tabla 14.- Radiación solar extraterrestre sobre horizontal (MJ/m<sup>2</sup>·día)**

La radiación solar global diaria mensual se mostró anteriormente en la **tabla 5**.

## ÍNDICE DE CLARIDAD

Es la relación entre la radiación global horizontal y la radiación solar extraterrestre anteriormente expuestas:

$$K_{t\text{ medio}} = \frac{H}{H_0}$$

Se obtiene como resultado:

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0,524	0,520	0,524	0,514	0,580	0,612	0,665	0,664	0,590	0,540	0,540	0,516

**Tabla 15.- Índice de claridad medio de cada mes (adimensional)**

## CÁLCULO DE LA RADIACIÓN SOLAR INCIDENTE PROMEDIO

- PASO 1: Descomposición de la radiación global diaria media mensual horizontal en sus componentes directa ( $\bar{H}_D$ ) y difusa ( $\bar{H}_d$ )

Para  $\omega_s \leq 81.4^\circ$  (invierno):

$$\frac{\bar{H}_d}{\bar{H}} = 1.391 - 3.56 K_t + 4.189 K_t^2 - 2.137 K_t^3$$

Para  $\omega_s > 81.4^\circ$  (primavera, verano y otoño):

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

La radiación directa  $\bar{H}_D$  será la diferencia entre la global y la difusa.

- PASO 2: Calcular la radiación global diaria media mensual sobre superficie inclinada

Para ello se hace uso del siguiente conjunto de expresiones:

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

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

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

Siendo:

$w_s$ : Ángulo horario de salida y puesta del sol

$s$ : Inclinación de la superficie ( $45^\circ$ )

$\rho_s$ : Reflectividad del suelo (supuesta 0,1 para este proyecto)

$\phi$ : Latitud ( $37^\circ$ )

$\delta$ : Declinación

En la **tabla 16** se muestran los valores calculados de la radiación global diaria media mensual sobre superficie horizontal junto con sus componentes directa y difusa, y la radiación global diaria media mensual sobre superficie inclinada.

$\bar{H}_D$	$\bar{H}_d$	$\bar{H}$	$\bar{H}_T$ inclinada
5,56	3,24	8,80	15,59
7,29	4,31	11,60	16,90
8,96	6,14	15,10	17,38
10,74	7,46	18,20	17,29
13,72	9,38	23,10	19,32
14,90	10,60	25,50	20,21
17,53	9,67	27,20	21,96
16,73	8,17	24,90	22,70
13,44	5,26	18,70	21,02
9,69	3,81	13,50	19,53
6,53	3,57	10,10	17,53
4,99	3,01	8,00	15,13

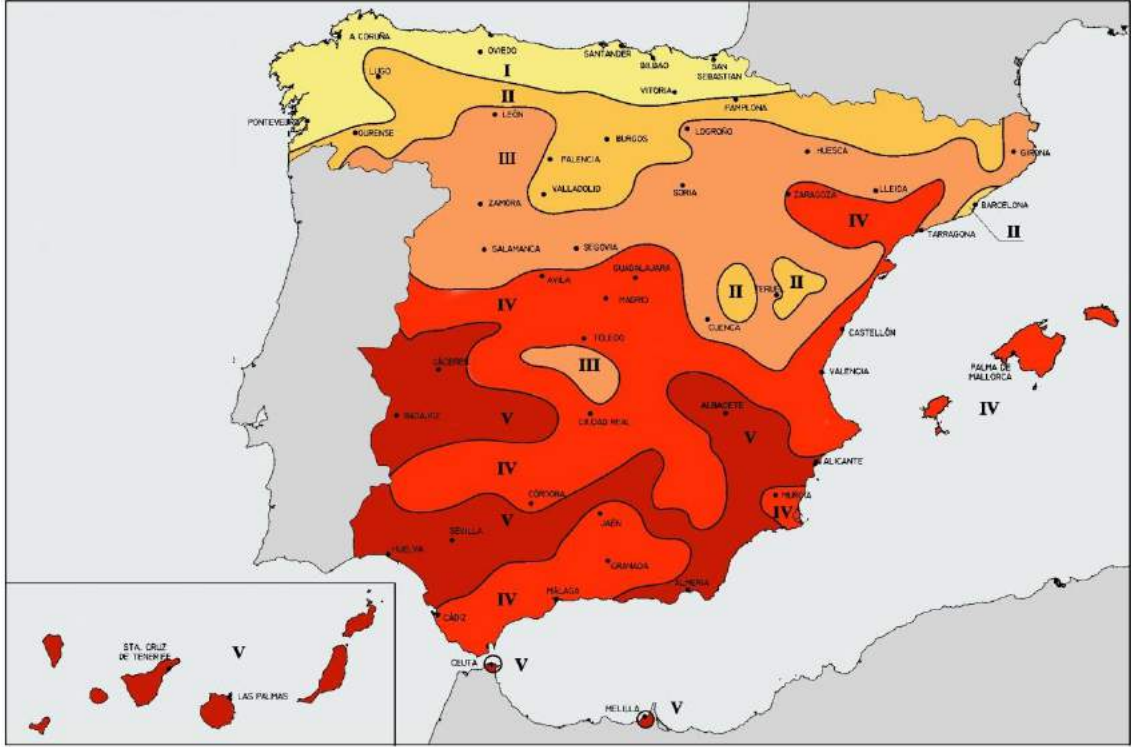
Tabla 16.- Valores medios de radiación solar sobre superficie horizontal e inclinada ( $\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{día}$ )

### 3.- SISTEMA DE CAPTACIÓN

Antes de estimar y elegir la superficie de captación es necesario conocer la contribución solar mínima exigida por el CTE HE4. Esta se define como la fracción entre los valores anuales de la energía solar aportada exigida y la demanda energética anual para ACS, obtenidos a partir de los valores mensuales. El CTE establece dicho valor en función de

la zona climática y los diferentes niveles de demanda de ACS una temperatura de referencia de 60 °C.

En la **figura 12** se puede observar que la localidad de Rute se encuentra dentro de la zona climática V.



**Figura 12.- Mapa de zonas climáticas en España según CTE**

El CTE establece que para demandas comprendidas entre 50 y 5000 litros/día (588 litros/día para este proyecto) la fracción de demanda cubierta debe ser superior al 60%.

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	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 17.- Contribución solar mínima para ACS en %**

### 3.1.- ELECCIÓN DE LA SUPERFICIE DE CAPTACIÓN

Para escoger la superficie de captación más adecuada se hará uso del software CHEQ-4. Esta herramienta calcula la fracción de demanda cubierta para una instalación fijada, introduciendo el área de captación, el volumen de acumulación y otros parámetros, como la longitud de los circuitos y aislamiento. El objetivo será que supere la fracción de demanda mínima exigida (60%) con el área y volumen óptimo.



Se realizará el siguiente procedimiento: simularemos varios tamaños de instalación en CHEQ-4 y estudiaremos los resultados obtenidos en cada uno a fin de escoger las condiciones más favorables. Para ello introduciremos los parámetros mostrados en la **tabla 18**.

<b>LOCALIZACIÓN</b>	<b>Rute (Córdoba)</b>	
<b>CONFIGURACIÓN</b>	Instalación de consumo único con interacumulador	
<b>DEMANDA</b>	Aplicación de 'Duchas colectivas/Vestuarios' para 28 personas	
<b>SOLAR / APOYO</b>	CAPTADORES	FERROLI ECOTOP VF 2.3 Datos de ensayo: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Área: 2,21 m<sup>2</sup></li> <li>- <math>\eta_0</math>: 0,75</li> <li>- <math>a_1</math>: 3,706 W/m<sup>2</sup>·K</li> <li>- <math>a_2</math>: 0,009 W/m<sup>2</sup>·K<sup>2</sup></li> <li>- <math>Q_{\text{ensayo}}</math>: 126 l/h·m<sup>2</sup></li> <li>- <math>k_{50}</math>: 0,89</li> <li>- Laboratorio TÜVRheinland</li> <li>- Certificación NPS-3711</li> </ul>
	CAMPO CAPTADORES	(3-10)* <sup>1</sup> captadores para (1-2)* <sup>1</sup> captadores en serie Sin pérdidas por sombra Orientación sur Inclinación 45°
	CIRC. PRIMARIO	0% anticongelante Longitud: 82,5 metros Diámetro tuberías: 20 mm Espuma de poliuretano de 35 mm de espesor
	STMA. APOYO	Caldera de condensación a gas
<b>OTROS PARÁMETROS</b>	VOLUMEN DE ACUMULACIÓN	Variable según el área de captadores para dar una constante de (65-70)* <sup>1</sup> l/m <sup>2</sup>
	DISTRIBUCIÓN	Longitud: 79 metros Diámetro tuberías: 30 mm Espuma elastomérica de 29 mm de espesor Temperatura de impulsión: 60 °C

(\*) 1 Los valores separados por un guión serán variables a lo largo del ensayo para estudiar todas las situaciones posibles.

**Tabla 18.- Parámetros introducidos para las distintas simulaciones en CHEQ4**

Los datos obtenidos se recogen en la **tabla 19**, que incluye los distintos valores de  $f$  para el primer conjunto de simulaciones con un valor de  $V/A$  igual a 65 l/m<sup>2</sup> y después con  $V/A$  igual a 75 l/m<sup>2</sup>.

Para visualizar mejor los resultados, se realizan las gráficas expuestas en la **figura 13** y **figura 14**. En ellas se representa la fracción solar ( $f$ ) frente a la suma del área de los captadores ( $A$ ), a partir de los resultados obtenidos y distinguiendo entre las dos relaciones  $V/A$  escogidas.

Nº capta- dores	Área (m2)	V/A = 65 l/m2			V/A = 70 l/m2		
		V (l)	f para 1 en serie (%)	f para 2 en serie (%)	V (l)	f para 1 en serie (%)	f para 2 en serie (%)
3	6,63	430,95	39	37	464,1	39	37
4	8,84	574,6	51	49	618,8	51	49
5	11,05	718,25	62	59	773,5	62	59
6	13,26	861,9	70	68	928,2	70	68
7	15,47	1005,55	77	75	1082,9	77	75
8	17,68	1149,2	83	80	1237,6	83	80
9	19,89	1292,85	87	85	1392,3	87	85
10	22,1	1436,5	91	89	1547	91	89

Tabla 19.- Tabla de resultados de los ensayos realizados en CHEQ4

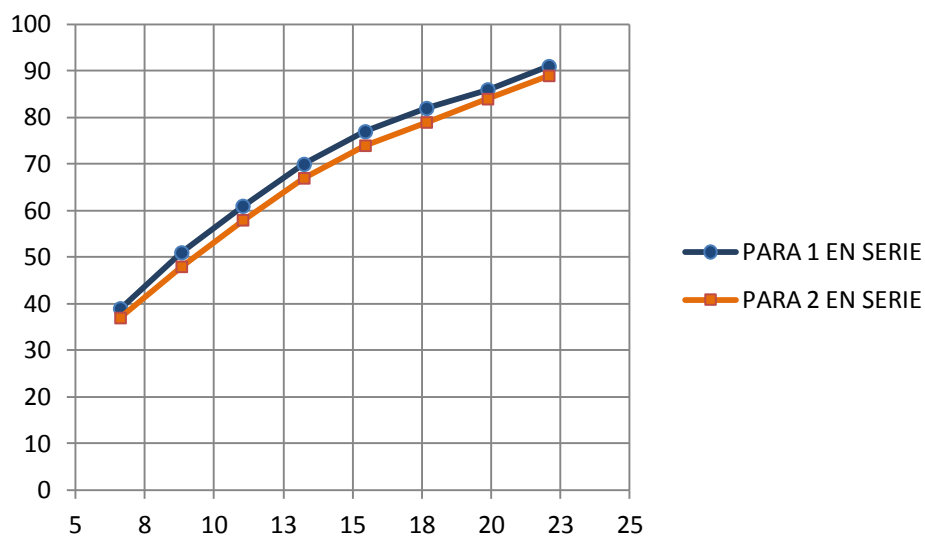


Figura 13.- Gráfica f-A usando la relación  $V/A = 65 \text{ l/m}^2$

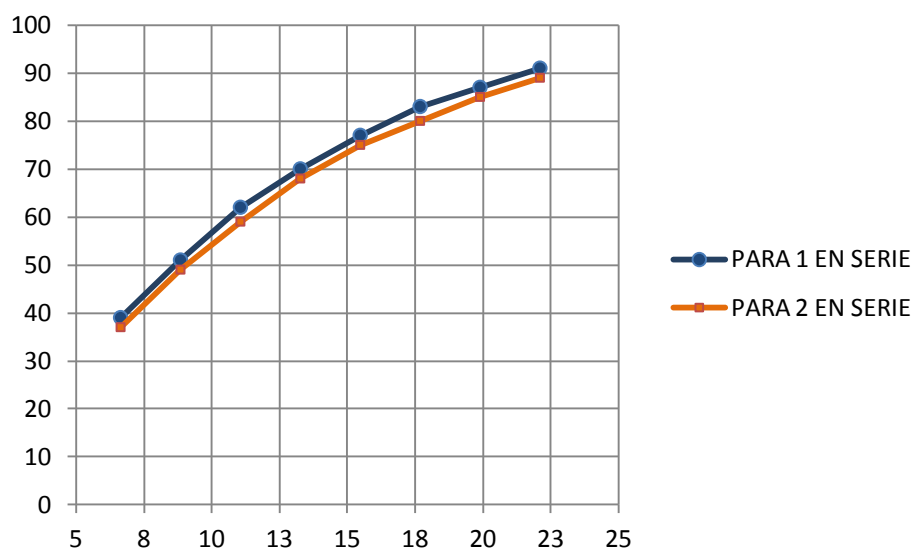
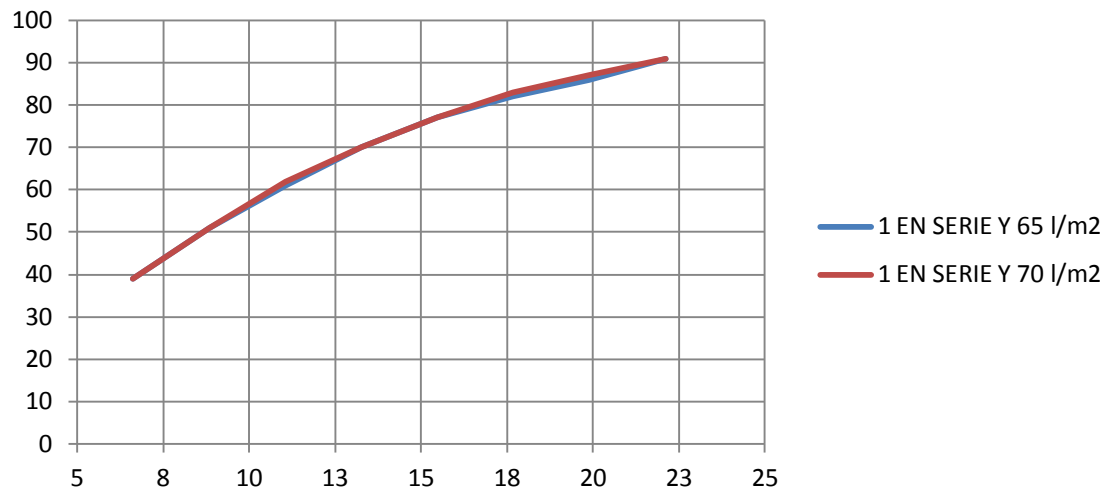


Figura 14.- Gráfica f-A usando la relación  $V/A = 70 \text{ l/m}^2$

Como era de esperar, al simular la configuración de captadores con dos en serie, la fracción solar cubierta obtenida es menor que poniendo sólo uno en serie.

Se opta por colocar todos los captadores en paralelo. En la gráfica de la **figura 15** se puede visualizar la fracción solar con respecto al área de captadores conectados en paralelo, para las dos relaciones V/A escogidas: 65 y 70 l/m<sup>2</sup>.



**Figura 15.- Gráfica f-A con todos los captadores en paralelo y relación V/A distintas**

Dado que la diferencia es mínima, escogeremos la relación V/A menor (65 l/m<sup>2</sup>) que para cumplir la fracción solar mínima del 60% necesita de un volumen de acumulación menor. Este volumen es de 718 litros, valor que no se encuentra en el mercado, por lo que escogeremos 750 litros. El área mínima de captadores solares es de 11 m<sup>2</sup>, por lo que se necesitarán 5 captadores al ser el área individual de 2,21 m<sup>2</sup>, sumando un área de 11,05 m<sup>2</sup>.

Finalmente se tiene:

- 5 captadores FERROLI ECOTOP VF 2.3 de área 2,21 m<sup>2</sup> y colocados en paralelo
- Volumen de acumulación de 750 litros
- Relación V/A final de 67 l/m<sup>2</sup>
- Fracción solar del 61 %

Los resultados anuales para el caso escogido se muestran **tabla 20**.

Fracción Solar (%)	Demanda neta (kWh)	Demanda bruta (kWh)	Aporte solar (kWh)	Cons. auxiliar (kWh)	Reducción CO2 (kg)
60	12.035	12.772	7.681	4.760	1.449

**Tabla 20.- Resultados anuales calculados con CHEQ4**

A continuación se pueden ver los resultados anuales en la gráfica de la **figura 16**.

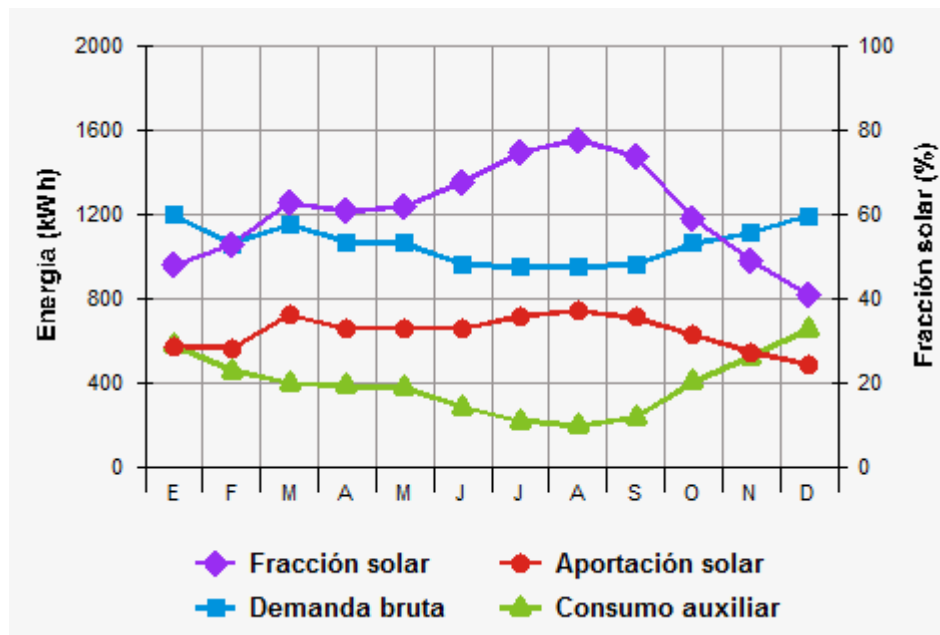


Figura 16.- Resultados mensuales calculados con CHEQ4

A estos resultados se les tendrá que aplicar los factores de corrección por sombras, orientación e inclinación.

### 3.2.- DISPOSICIÓN DE LOS CAPTADORES

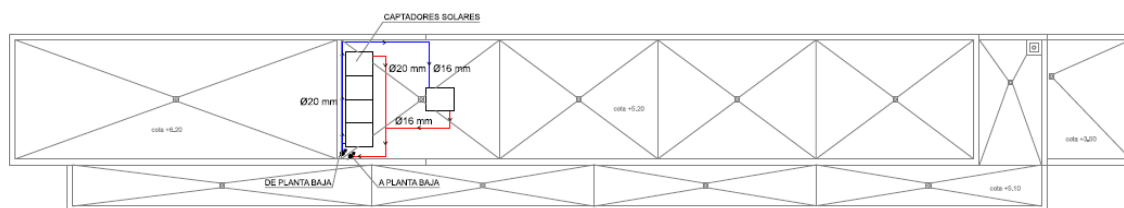
La azotea donde se emplazarán los captadores solares dispone de un área de 140.4 m<sup>2</sup>. Consta de 27 metros de largo y 5.2 metros de ancho. Los captadores se colocarán paralelos al ancho de la azotea, ya que está orientado al sur.

Las medidas de cada captador FERROLI ECOTOP VF 2.3 son las siguientes:

- Área (incluyendo marco): 2.32 m<sup>2</sup>
- Largo: 2 m
- Ancho: 1.16 m

Como se puede observar, debido al ancho de los captadores no se pueden colocar los cinco seguidos, ya que es el ancho de la azotea es menor que la suma de los cinco. Por tanto, se colocará una fila de cuatro captadores y uno separado en la fila siguiente.

Todos los captadores se colocarán en paralelo con una inclinación de 45° respecto a la horizontal. Además, como se ha dicho anteriormente, estarán orientados hacia el sur, siendo el ángulo acimutal de 0° y quedando alineados con el ancho de la azotea. En la **figura 17** se puede visualizar como quedaría esta disposición.



**Figura 17.- Vista superior de la azotea del edificio de vestuarios**

### 3.3.- PÉRDIDAS

En un sistema de captación de energía solar las pérdidas más importantes se dan en los captadores (ya sean para producir agua caliente o energía eléctrica). Estas pérdidas se generan al no producir la instalación toda la energía que podría en condiciones óptimas.

Los elementos que mayor influencia tienen sobre las pérdidas de captación son:

- La existencia de elementos que arrojen sombra sobre los captadores (pérdidas por sombreado).
- Una instalación que impida la correcta insolación de los captadores (pérdidas por orientación e inclinación)

Existen otros, como el polvo acumulado sobre los captadores, el nivel de polución atmosférica, rayado de la superficie de los captadores por efecto de las partículas en suspensión, temperatura exterior, etc., pero éstos tienen una influencia menor, y en gran medida son inevitables y difíciles de medir.

Para conseguir un alto nivel de eficacia, el CTE limita las pérdidas que pueden tener las instalaciones debidas a la orientación y a las sombras. Según el CTE, la orientación e inclinación del sistema generador y las posibles sombras sobre el mismo serán tales que las pérdidas sean inferiores a los límites fijados en la **tabla 21**.

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

**Tabla 21.- Porcentaje de pérdidas permitidas por el CTE**

Este proyecto se encuentra dentro del caso general, por lo que fijaremos un máximo de 15% a la suma de pérdidas por sombras y por orientación e inclinación.

### 3.3.1.- PÉRDIDAS POR SOMBRAS

Como se ha explicado en el apartado anterior, los captadores solares se situarán en la azotea del edificio donde no existen edificios ni otros objetos en los alrededores que puedan proyectar sombras sobre estos, por lo que las consideramos nulas.

La azotea del edificio cuenta con una superficie de  $140.4 \text{ m}^2$  por lo que en principio hay espacio suficiente para colocar los 5 captadores sin interferencias de sombra entre ellos o con los muros exteriores de esta. Para ello debe haber una distancia mínima entre los objetos de:

$$D_{min} = \frac{h}{\tan(90 - \theta_z)}$$

Siendo:

$h$ : altura del objeto que crea la sombra

$\theta_z$ : ángulo cenital del sol para la latitud de Rute el día más desfavorable (21 de Diciembre) como establece el C.T.E., estimado mediante la siguiente ecuación:

$$\theta_z = \text{Latitud} + 23.27^\circ = 60.46^\circ$$

Por tanto la expresión queda:

$$D_{min} = 1.7646 \cdot h$$

Los captadores FERROLI ECOTOP VF 2.3 elegidos miden 1.16 m de ancho y 2 m de alto y el ángulo de inclinación es de  $45^\circ$  por lo que la distancia mínima requerida será de:

$$D_{min} = 1.7646 \cdot 2 \cdot \sin 45 = 2.5 \text{ m}$$

Los bordillos de la cubierta a cada lado de la fila de captadores tienen una altura de 0.15 metros por lo que la distancia mínima será de:

$$D_{min} = 1.7646 \cdot 0.15 = 0.26 \text{ m}$$

Detrás de los captadores se eleva una cubierta de cota más alta, concretamente un metro, por lo que la distancia mínima a esta será de:

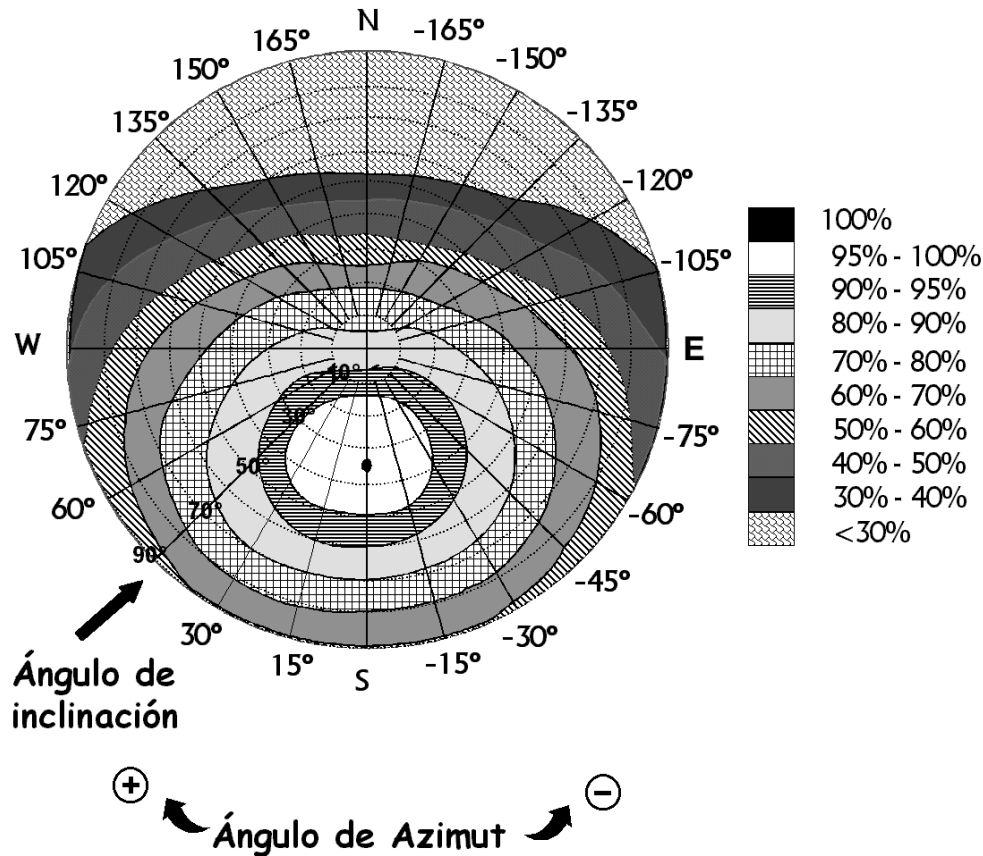
$$D_{min} = 1.7646 \text{ m}$$

### 3.3.2.- PÉRDIDAS POR ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN

Se considerará como la orientación óptima el sur, y la inclinación óptima, dependiendo del periodo de utilización, uno de los valores siguientes:

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

Siendo el ángulo de inclinación ( $\beta$ ), el ángulo formado por el captador con el plano horizontal, y el ángulo de acimut ( $\alpha$ ) el ángulo formado por la proyección de la normal al captador sobre el plano horizontal con el sur, siendo positivos los ángulos medidos desde el sur hacia el oeste y negativos hacia el este.



**Figura 18.- Diagrama de pérdidas por orientación e inclinación**

En el gráfico mostrado en la **figura 18**, para una latitud de  $\phi=41^\circ$ , se puede deducir que los ángulos de inclinación deben estar entre  $8^\circ$  y  $55^\circ$

Como el edificio se encuentra en una latitud de  $\phi=37^\circ$  se debe corregir tal y como menciona el CTE:

$$\text{Inclinación máxima}(\varphi = 37^\circ) = \text{Inclinación Máxima}(\varphi = 41^\circ) - (41^\circ - 37^\circ) = 51^\circ$$

$$\text{Inclinación mínima}(\varphi = 37^\circ) = \text{Inclinación mínima}(\varphi = 41^\circ) - (41^\circ - 37^\circ) = 4^\circ$$

Las pérdidas asociadas a la inclinación se obtendrán según el CTE HE4 en función del ángulo de acimut ( $\alpha$ ), el ángulo de inclinación utilizado ( $\beta$ ) y el ángulo de inclinación óptimo ( $\beta_{opt}$ ) mediante la siguiente expresión:

$$\text{Pérdidas}(\%) = 100 \cdot \left[ 1.2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \beta_{opt})^2 + 3.5 \cdot 10^{-5} \cdot \alpha^2 \right]$$

Siendo válida para  $15^\circ < \beta < 90^\circ$ .

Por tanto, para este caso, se muestran los resultados en la **tabla 22**.

ángulo de acimut ( $\alpha$ )	ángulo de inclinación utilizado ( $\beta$ )	ángulo de inclinación óptimo ( $\beta_{opt}$ )	pérdidas por orientación e inclinación
0	45	37	0.768

**Tabla 22.- Resultados del cálculo de pérdidas por orientación e inclinación**

#### 4.- INTERACUMULADOR

La instalación será de tipo sistema centralizado con interacumulador, donde un sólo depósito abastecerá a todos los puntos de consumo y el intercambio de calor tendrá lugar dentro de este.

Para definir el volumen necesario del depósito de acumulación se acudirá a la instrucción técnica complementaria del RITE (I.T.E. 10.1.3.2) que define que el volumen recomendable esté entre un 80 y un 100% del consumo diario.

El consumo diario en este caso es de 588 litros/día por lo que se elegirá un depósito de 750 litros. La relación consumo-volumen será de 78,4%. Es un valor muy próximo a la recomendación del RITE y un mayor volumen de acumulación permite un aumento de la producción, asegurando así una fracción de demanda cubierta mayor. Además se debe cumplir la restricción del CTE:

$$50 < \frac{V_{acumulación}}{A_{captación}} < 180$$

Como el área será de 11.05 metros cuadrados y el volumen de 750 litros, la relación será de 68 l/m<sup>2</sup> quedando dentro de los límites establecidos.

Cuando la demanda de ACS en los días más desfavorables sea superior a la carga del depósito se empleará el sistema auxiliar de la instalación convencional, formado por una caldera de condensación a gas.

Con estas premisas, se elige para este proyecto un interacumulador de marca FERROLI modelo INOXUNIT/ES de 750-PB para producción de agua caliente sanitaria con energía solar, que incluye un serpentín de intercambio térmico. En el apartado 6 se corroborará que este serpentín es válido para nuestra instalación.

En la **figura 19** se pueden visualizar los detalles de este modelo.



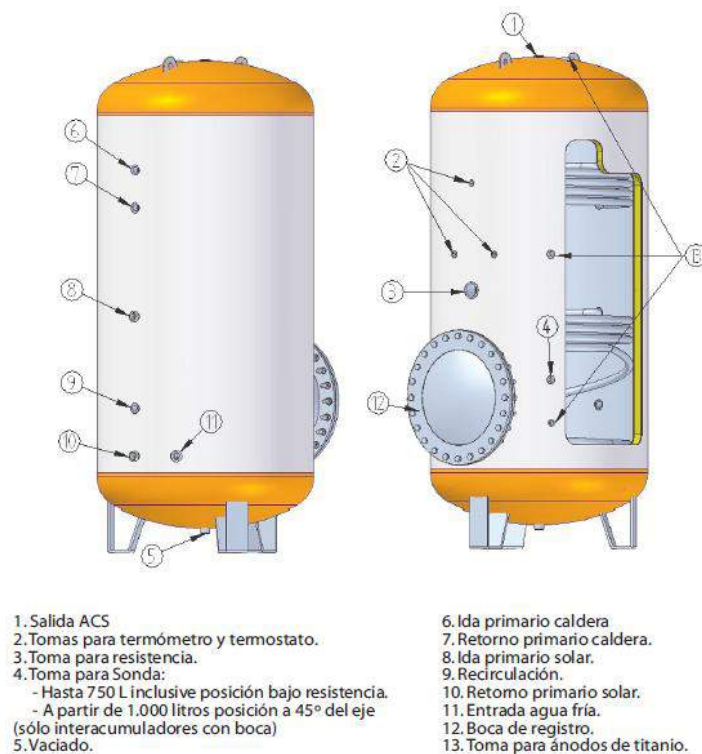


Figura 19.- Esquema del interacumulador FERROLI INOXUNIT/ES 750-PB

## 5.- CORRECCIÓN DE LA FRACCIÓN DE DEMANDA SOLAR ANUAL Y MENSUAL

Ya se conoce el volumen de acumulación y las pérdidas por sombra, inclinación y orientación:

- Volumen acumulación: 750 litros
- Pérdidas por orientación e inclinación: 0,768 %
- Pérdidas por sombras: 0%

El volumen de acumulación coincide con el que se usó para el cálculo en el apartado 3.1. Además, las pérdidas por orientación e inclinación son calculadas por CHEQ4. Por tanto, sólo quedaría introducir las pérdidas por sombras que como se ha dicho anteriormente, al haber sitio suficiente para colocarlos captadores sin interferencias de sombras entre ellos y con los bordes de la azotea, serían nulas. De esta forma, no es necesario corregir el resultado dado que los parámetros de entrada serán los mismos, siendo por tanto válidos los resultados mostrados en la **tabla 20** y **figura 16**.

## 6.- EQUIPOS DE INTERCAMBIO

Este proyecto sólo contará con un intercambiador de tipo serpentín, el cual se encontrará ubicado dentro del interacumulador como se citó en el **apartado 4**. En este apartado se resolverá si este intercambiador es válido según la normativa. La caldera de condensación a gas esta complementada con otro intercambiador para el aporte de energía ya existente en la instalación convencional.

### 6.1.- ÁREA MÍNIMA DE INTERCAMBIO EXIGIDA POR EL C.T.E.

El C.T.E. obliga a que la fracción entre el área de intercambio y el área de captadores sea mayor o igual a 0.15. Por lo tanto si el área de captadores es de 11,05 m<sup>2</sup>:

$$S_{intercambiador} \geq 0.15 \cdot 11.05 = 1.65 \text{ m}^2$$

El interacumulador seleccionado será de la marca FERROLI modelo INOXUNIT/ES de 750-PB con serpentín de intercambio térmico. La superficie de intercambio que nos facilita el fabricante es de 2.74 m<sup>2</sup> y la relación quedaría en 0.248, por lo que en principio es apto.

### 6.2.- POTENCIA DEL INTERCAMBIADOR

La potencia térmica intercambiada por el fluido en el intercambiador puede hallarse en la tabla de la **figura 20** facilitada por el fabricante FERROLI.

		TRABAJANDO CON CALDERA (*)			TRABAJANDO CON ENERGÍA SOLAR (**)								
	CÓDIGO	DENOMINACIÓN	POTENCIA INTERC. (kW)	PRODUCCIÓN PUNTA(L/h) (%)	PÉRDIDA DE CARGA PRIMARIO M.C.A.	POTENCIA INTERC. (kW)	PRODUCCIÓN PUNTA(L/h) (%)	PÉRDIDA CARGA PRIMARIO M.C.A.	PESO (KG)	ESPESOR DE AISLAMIENTO (mm)	$\lambda$ (W/m <sup>2</sup> °C)	SUPERFICIE INTERCAMBIO M <sup>2</sup>	VOLUMEN SERPENTIN (L)
Modelos con patas sin boca de registro	184000800	INOXUNIT/ES 80-P	26,4	684	0,25	5	236	0,025	27	45	0,4678	0,76	2,9
	184001000	INOXUNIT/ES 100-P	26,4	692	0,25	5,3	273	0,05	29	45	0,51	0,76	2,9
	184001500	INOXUNIT/ES 150-P	36	963	0,65	6,6	376	0,092	34	45	0,6625	0,98	4,34
	184002000	INOXUNIT/ES 200-P	38,6	1034	0,92	6,6	448	0,13	43	45	0,8454	1,15	5,07
	184003000	INOXUNIT/ES 300-P	56,1	1.506	2,56	6,6	590	0,43	62	40	1,3461	1,47	6,52
	184005000	INOXUNIT/ES 500-P	77,3	2.110	6,37	9,3	942	1,02	78	35	1,9864	2,11	9,32
	184007500	INOXUNIT/ES 750-P	84,6	2.395	8,82	11,6	1357	1,18	130	50	2,5623	2,74	12,11
Modelos con patas y boca de registro DN 200	184203000	INOXUNIT/ES 300-PB	56,1	1.506	2,56	6,6	590	0,43	80	40	1,3461	1,47	6,52
	184205000	INOXUNIT/ES 500-PB	77,3	2.110	6,37	9,3	942	1,02	96	35	1,9864	2,11	9,32
	184207500	INOXUNIT/ES 750-PB	84,6	2.395	8,82	11,6	1357	1,18	148	50	2,5623	2,74	12,11
	184210000	INOXUNIT/ES 1000-PB	90,7	2.650	11,22	12,3	1715	0,52	177	50	2,9377	3,04	13,46
	184215000	INOXUNIT/ES 1500-PB	113	3.430	2,55	17,4	2572	0,61	273	65	2,2275	3,59	25
	184220000	INOXUNIT/ES 2000-PB	128	4.040	3,7	23,4	3436	1,6	318	65	2,8979	4,35	28,2
	184225000	INOXUNIT/ES 2500-PB	146	4.650	7,84	28,5	4.275	1,63	383	45	3,6576	5,08	36
Modelos para colgar	184230000	INOXUNIT/ES 3000-PB	168	5.640	8,8	32,8	5097	3,5	449	45	4,6644	6,5	40,05
	184100800	INOXUNIT/ES 80-C	26,4	684	0,25	5	236	0,025	27	45	0,4678	0,76	2,9
	184101000	INOXUNIT/ES 100-C	26,4	692	0,25	5,3	273	0,05	28	45	0,51	0,76	2,9
	184101500	INOXUNIT/ES 150-C	36	963	0,65	6,6	376	0,092	33	45	0,6625	0,98	4,34
	184102000	INOXUNIT/ES 200-C	38,6	1034	0,92	6,6	448	0,1	43	45	0,8454	1,15	5,07

**Figura 20.- Tabla de características de distintos interacumuladores FERROLI**

Para el modelo INOXUNIT/ES 750-PB trabajando con energía solar, se puede observar que la potencia intercambiada es de unos **11,6 kW**.

## 7.- RED DE TUBERÍAS Y EQUILIBRADO DEL CIRCUITO

En este apartado se dimensionarán las tuberías utilizadas para la instalación. También, para dimensionar la bomba de impulsión del circuito primario se calcularán las pérdidas asociadas a dichas tuberías, a los captadores y al interacumulador.

### 7.1.- DIÁMETRO Y PÉRDIDA DE CARGA EN TUBERÍAS

Las canalizaciones del circuito primario desde los captadores solares hasta el depósito solar se realizarán con tubería de cobre. El diámetro de las tuberías se determinará a partir del caudal que debe circular por cada tramo. Para estimar el diámetro de la tubería se adjunta la **tabla 23**.

D NOMINAL (mm)	ESPEJOR (mm)	D INTERIOR (mm)	CAUDAL MÁXIMO (l/h)
18	1	16	500
22	1	20	950
28	1	26	1900
35	1	33	3600
42	1	40	6200
54	1,2	51,6	12000

**Tabla 23.- Selección de diámetros para tubería de cobre**

Se ha de tener en cuenta que la circulación del fluido por el interior de un conducto produce unas pérdidas de presión por rozamiento o pérdidas de carga lineales que dependen del diámetro de la tubería, de la rugosidad, de las características del fluido y de su velocidad.

Para el dimensionamiento del diámetro de las tuberías se deben considerar las recomendaciones de velocidad máxima y pérdida de carga unitaria dadas por la norma.

- Que tenga una pérdida de carga lineal menor de 40 mm.c.a por metro lineal
- Que la velocidad de circulación esté entre 0,2 y 3 m/s
- Que la tubería esté normalizada según la **tabla 24** mostrada a continuación

Dext	6	8	10	12	14	15	16	18	22	28	35	40	42	54	64	66.7	76.1	88.9	108
Dint	4	6	8	10	12	13	14	16	20	26	33	38	40	51	61	63.7	73	84.9	104

**Tabla 24.- Diámetros de tubería normalizados**

Para el cálculo del diámetro de tubería se procederá de la siguiente forma:

- Seleccionar un diámetro de la tabla de tuberías de cobre según el caudal de la instalación.
- Calcular la velocidad de circulación del agua.
- Calcular la pérdida de carga por metro de tubería lineal.
- Repetir el proceso de manera iterativa hasta que estos dos últimos valores sean compatibles con las condiciones que hemos impuesto.

La velocidad se determinará dividiendo el caudal entre el área de paso:

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

Siendo:

$Q$ : el caudal en m<sup>3</sup>/s

$D$ : el diámetro en metros

La pérdida de carga en tuberías se obtendrá a partir de la fórmula de Flamant para tuberías de cobre y paredes lisas por las que circula agua caliente sin aditivos.

$$\Delta P_{LINEAL} = 378 \cdot \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} \left( \frac{mm. c. a}{m} \right)$$

Siendo:

$Q$ : el caudal en l/h

$D$ : el diámetro en mm

La pérdida de carga generada por los accesorios del circuito hidráulico en cada tramo se calculará con la longitud equivalente por metro de tubería de cada tipo de accesorio. Esta la **tabla 25** se encuentran estos valores en función del diámetro de paso.

Tipo de accesorio	Descripción	Longitud equivalente $L_e / D^*$
Válvula de globo	Completamente abierta	350
Válvula de compuerta	Completamente abierta	13
	¾ abierta	35
	½ abierta	160
	¼ abierta	900
Válvula de retención		50 – 100
Codo estándar de 90°		30
Codo estándar de 45°		16
Codo de 90°	Radio largo	20
Codo de servicio de 90°		50
Codo de servicio a 45°		26
Unión en "T"	Flujo en línea	20
	Flujo en ramal	60
Codo a 180°	Patrón estrecho	50

Basada en  $h_{l_s} = f \frac{L_e}{D} \frac{\bar{v}^2}{2}$

**Tabla 25.- Longitudes equivalentes adimensionales representativas para válvulas y accesorios**

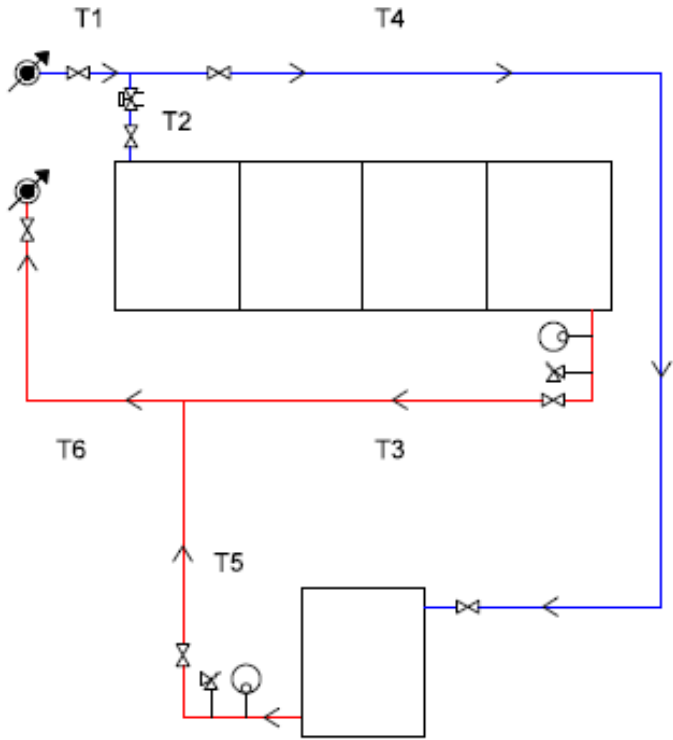
Los diámetros escogidos finalmente para cada tramo son los que aparecen en la **tabla 27**, donde además se ha calculado la pérdida de carga unitaria y la pérdida de carga por tramo teniendo en cuenta las longitudes equivalentes de los accesorios de cada uno de ellos.

Una vez obtenidas las pérdidas por cada tramo, se procede al estudio del equilibrado del circuito y la pérdida de carga máxima, que será la del recorrido más desfavorable. En la **tabla 26** se muestran los dos recorridos posibles, que tramos los conforman y la pérdida en tuberías de cada uno:

Recorrido	Tramos	$\Delta p$ (m.c.a)
1	1,2,3,6	3,54
2	1,4,5,6	3,46

**Tabla 26.- Recorridos posibles y pérdida de carga**

Los tramos se han designado siguiendo el esquema básico mostrado en la **figura 21**, donde no aparecen por completo los tramos 1 y 2 (sólo la parte de esos tramos que se encuentra en la cubierta).



**Figura 21.- Esquema básico de numeración de los tramos**  
 (\*) T1 y T6 bajarán a la sala de máquinas (no representada en este esquema)

TRAMO	Caudal (l/h)	D interior (mm)	Velocidad (m/s)	Longitud tubería	Codo 90	Válvula compuerta	T en línea	T lateral	Válvula retención	Longitud equivalente (m)	Longitud Total (m)	$\Delta p$ unitaria (mm.c.a/m)	$\Delta p$ total tramo (mm.c.a)
1	998	20	0,88	34	3	1	0	0	1	3,06	37,06	44,27	1640,53
2	798,4	20	0,70	0,2	0	1	0	1	0	1,46	1,66	29,96	49,73
3	798,4	20	0,70	4	1	1	1	0	0	1,26	5,26	29,96	157,57
4	199,6	16	0,27	10	2	1	1	0	0	1,488	11,488	7,64	87,79
5	199,6	16	0,27	4	1	1	0	1	0	1,648	5,648	7,64	43,16
6	998	20	0,88	35,8	4	0	0	0	0	2,4	38,2	44,27	1690,99

Tabla 27.- Diámetro de tubería y pérdida de carga por tramos

## 7.2.- PÉRDIDA DE CARGA EN LOS CAPTADORES

Partiendo del caudal de diseño del circuito primario calculado anteriormente, se convierte a kilogramos por hora. Resulta un caudal de  $998 \text{ kg/h}$ . Al haber 5 captadores, por cada uno circulará un caudal de  $199.6 \text{ kg/h}$ .

Haciendo uso de la gráfica de pérdida de carga en función del caudal que se muestra en la **figura 22**, se obtiene que en cada captador habrá la siguiente pérdida de carga:

$$\Delta P = 5 \text{ mbar}$$

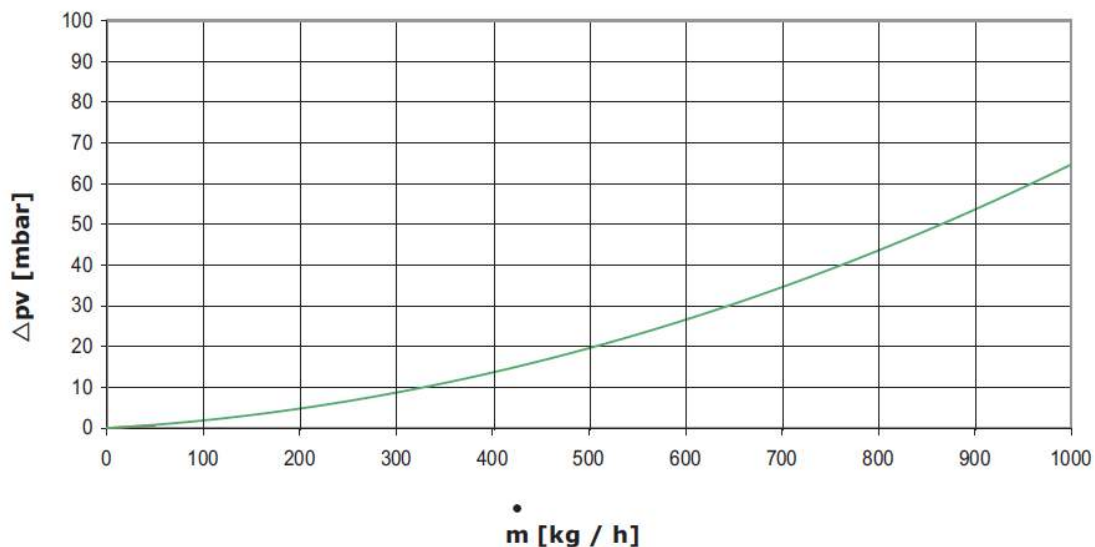


Figura 22.- Pérdida de carga en los captadores en función del caudal para FERROLI ECOTOP

Al estar los captadores conectados en paralelo la pérdida de carga en cada captador será igual a la total.

## 7.3.- PÉRDIDA DE CARGA EN EL INTERACUMULADOR

Para el interacumulador, el fabricante proporciona la tabla mostrada anteriormente en la **figura 20** (tabla de características de los modelos de interacumulador FERROLI INOXUNIT/ES), en la que se encuentra la pérdida de carga aproximada según trabaje con caldera o con energía solar.

Para nuestro modelo, INOXUNIT/ES 750-PB, esta pérdida de carga aproximada trabajando con energía solar es de  $1,18 \text{ m.c.a}$ . A continuación pasamos a milibares:

$$\Delta P = 1,18 \text{ m.c.a} \cdot 9800 \frac{\text{Pa}}{\text{m.c.a}} \cdot \frac{1 \text{ mbar}}{10^2 \text{ Pa}} = 115,64 \text{ mbar}$$

## 7.4.- PÉRDIDAS TOTALES Y EQUILIBRADO DEL CIRCUITO

La pérdida de carga en los equipos será la suma de la pérdida en los captadores y en el interacumulador. Será por tanto:

$$\Delta P_{EQUIPOS} = 5 + 115,64 = 120,64 \text{ mbar}$$

Que expresada en metros columna de agua quedará:

$$\Delta P_{EQUIPOS} = 1,23 \text{ m.c.a}$$

Y la pérdida de carga en el recorrido más desfavorable se calculó como:

$$\Delta P_{TRAMOS} = 3,54 \text{ m.c.a}$$

Por lo que las pérdidas de carga totales serán:

$$\Delta P_{TOTALES} = 4,77 \text{ m.c.a}$$

Para determinar la pérdida de carga que ha de vencer la bomba hay que aplicarle un factor de seguridad del 5% por lo que quedaría una pérdida de carga total a vencer de:

$$\Delta P_{BOMBA} = 5 \text{ m.c.a}$$

## 8.- BOMBA DE CIRCULACIÓN

Para dimensionar la bomba de circulación se han de tener en cuenta los requisitos reflejados en el C.T.E.

Si el circuito de captadores está dotado con una bomba de circulación, la pérdida de carga o caída de presión se deberá mantener aceptablemente baja en todo el circuito.

Para seleccionar la bomba se recurre al catálogo del fabricante FERROLI, que nos ofrece tres modelos distintos, GRUPO HIDRO 6, 15 y 30 respectivamente, según el caudal a impulsar y recomendaciones acerca del número de captadores. Se muestran las características técnicas en la **tabla 28**.

El caudal del grupo primario de este proyecto será de 998 l/h, que resulta en 16,63 l/min. Se escoge en principio el **GRUPO HIDRO 30**. Hay que comprobar que la bomba incluida en este grupo hidráulico vence la pérdida de carga calculada en el **apartado 7.4**.

Para ello se le ha preguntado al fabricante el modelo de bomba que incluye este grupo hidráulico. El fabricante ha facilitado la captura mostrada en la **figura 23**, donde se comprueba que el modelo citado es una **WILO ST 25 / 7-3**.



	HIDRO 6	HIDRO 15	HIDRO 30
Velocidades bomba	3	3	3
Regulador caudal	0.3 – 6 litros/min	4 – 15 litros/min	10 – 30 litros/min
Número colectores recomendado	Hasta 4	Hasta 10	Hasta 20
Presión máxima de trabajo	8 bar	8 bar	8 bar
Temperatura máxima de trabajo	120°C	120°C	120°C
Manómetro	0-10 bar	0-10 bar	0-10 bar
Control Tº ida	Sí	Sí	Sí
Control Tº retorno	Sí	Sí	Sí
Válvula seguridad	6 bar / DN25 con chequeo	6 bar / DN25 con chequeo	6 bar / DN25 con chequeo
Válvula antirretorno	DN25	DN25	DN25
Toma llenado	Sí	Sí	Sí
Toma vaciado	Sí	Sí	Sí
Conexión vaso expansión (no incorporado)	Sí / incluido flexible y brida	Sí / incluido flexible y brida	Sí / incluido flexible y brida
Conexiones	DN25 – 1"	DN25 – 1"	DN25 – 1"
Dimensiones	500x260x90 mm	500x260x90 mm	500x260x90 mm
CÓDIGO	C51018950	C51020010	C51020020

Tabla 28.- Composición de los grupos hidráulicos FERROLI y características técnicas

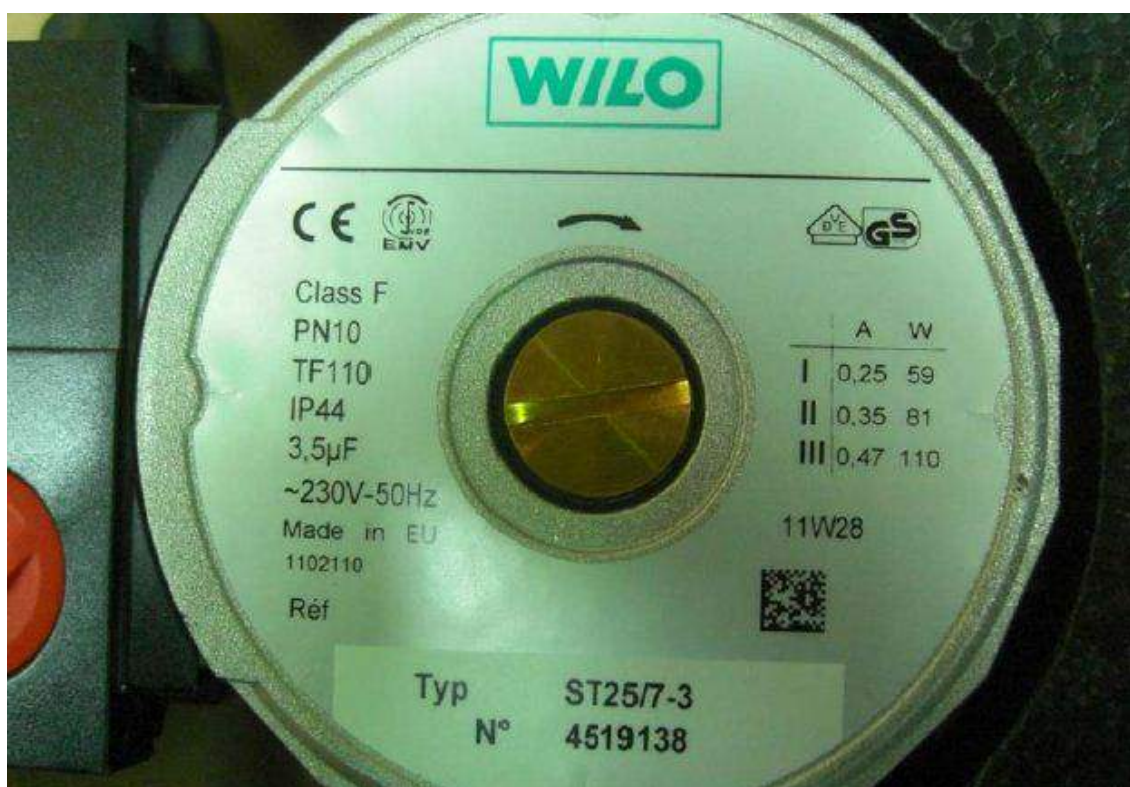
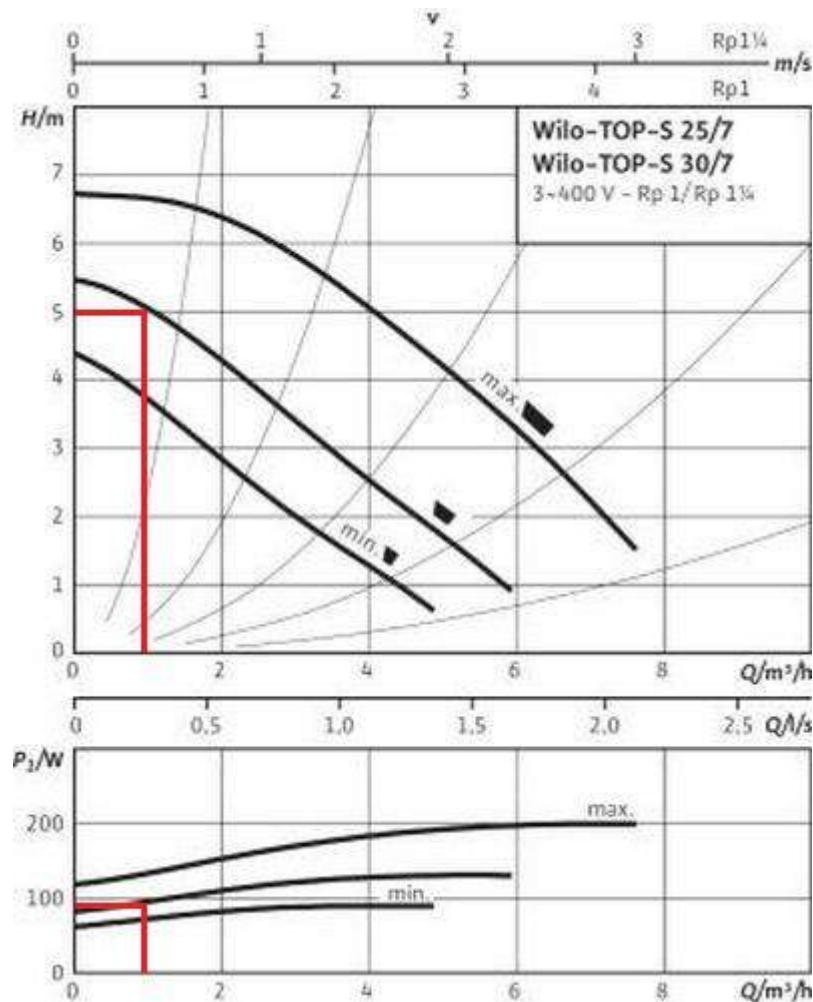


Figura 23.- Bomba del grupo hidráulico HIDRO 30 facilitada por FERROLI

Se recuerda que la pérdida de carga a vencer es de 5 m.c.a. y el caudal de paso es de 0,998 m<sup>3</sup>/h. En la **figura 24**, donde se muestran las curvas características del modelo de bomba citado, se puede comprobar que vence sin problemas la pérdida de carga y para ese caudal, resultando una potencia de 95 W.



**Figura 24.- Curvas características de la bomba WILO ST25/7-3**

## 9.- VASO DE EXPANSIÓN

El vaso de expansión tiene como finalidad evitar la fuga del líquido caloportador por la válvula de seguridad al ser un circuito cerrado debido a la dilatación del mismo por el aumento de la temperatura.

El depósito que se empleará es de tipo cerrado debido a su facilidad de ubicación y montaje. Además al no absorber oxígeno del aire y eliminar las pérdidas del fluido de trabajo por evaporación evitan deterioros en el mismo.

El C.T.E. indica que el depósito de expansión deberá ser capaz de compensar el volumen del medio de transferencia de calor en todo el grupo de captadores completo incluyendo todas las tuberías de conexión entre captadores más un 10 %. Además deberá estar dimensionado de tal forma que, incluso después de una interrupción del suministro de potencia a la bomba de circulación del circuito de captadores, justo cuando la radiación solar sea máxima, se pueda restablecer la operación automáticamente cuando la potencia esté disponible de nuevo.

El dimensionado del vaso de expansión se efectuará siguiendo las indicaciones de la instrucción UNE 100.155.

En primer lugar para calcular el vaso de expansión se debe obtener el volumen total de fluido caloportador, el cual se compone del volumen en las tuberías en los captadores y en el serpentín del interacumulador:

El volumen de cada tubería se obtendrá de la siguiente expresión:

$$V = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot L$$

En la **tabla 29** se recogen los volúmenes de cada tramo y el volumen total.

TRAMO	Dint (mm)	L (m)	V (l)
1	20	34	10,68
2	20	0,2	0,063
3	20	4	1,26
4	16	10	2,011
5	16	4	0,804
6	20	35,8	11,25
TOTAL			38,17

**Tabla 29.- Volumen de los tramos del circuito primario**

El volumen de los captadores es el volumen almacenado según su especificación técnica, que es de **1.5 litros**, dando un total de **7.5 litros** para 5 captadores.

El volumen del serpentín del interacumulador es de **12.11 litros**.

En total el volumen del liquido en el circuito cerrado es de **57.78 litros**.

Así pues, el tamaño del vaso de expansión cerrado se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$V_{vaso} = V \cdot \varepsilon \frac{P_F}{P_F - P_l}$$

Siendo:

$V_{\text{vaso}}$ : Volumen del vaso de expansión en litros.

$V$ : cantidad de fluido caloportador en el circuito primario en litros.

$\varepsilon$  : incremento del volumen del fluido caloportador desde 40°C hasta la temperatura máxima alcanzable por los captadores.(para el agua =0.08)

$P_F$ : Presión absoluta final del vaso de expansión: 4 kg/cm<sup>2</sup>.

$P_I$ : Presión absoluta inicial del vaso de expansión: 1.5 kg/cm<sup>2</sup>.

El volumen mínimo del vaso de expansión es por tanto **7.4 litros**. Se elige el vaso de expansión IBAIONDO 8 SMF, con una capacidad de 8 litros. Las características técnicas se muestran en la **tabla 30**.

Código	Modelo	Capacidad (Lt)	Presión Máx. (bar)	Dimensiones	
				Ø D (mm)	H (mm)
02002070	2 SMF	2	10	110	245
02005070	5 SMF	5	10	200	250
02008070	8 SMF	8	10	200	340
02012070	12 SMF	12	10	270	310
02018070	18 SMF	18	10	270	415
02024070	24 SMF	24	8	320	430

Tabla 30.- Características técnicas de distintos vasos de expansión IBAIONDO

## 10.- AISLAMIENTO

El Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (R.I.T.E.) establece que todos los equipos, depósitos, aparatos, tuberías y accesorios de una instalación de energía solar deberán estar convenientemente aislados térmicamente para disminuir las pérdidas y evitar así un consumo excesivo.

### 10.1.- AISLAMIENTO DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS

Las tuberías que se encuentren a la intemperie deberán llevar una protección externa que asegure la durabilidad del aislamiento de las mismas ante el paso del tiempo y las acciones meteorológicas, como pinturas asfálticas, poliésteres reforzados con fibra de vidrio o pinturas acrílicas. El aislamiento deberá recubrir la totalidad de las tuberías o accesorios dejando únicamente visible las partes necesarias para el control y buen funcionamiento de los mismos.

En este caso se ha optado por aislamiento térmico para las tuberías exteriores fabricado a base de espuma de poliuretano resistente a altas temperaturas, revestida con plástico duro para tendido empotrado o en intemperie.

El RITE establece el grosor mínimo del aislamiento de las tuberías en función de la temperatura máxima del fluido que circula por su interior y el diámetro de la tubería. A continuación en la **tabla 31** se muestran los espesores mínimos de aislamiento para tuberías en función de la temperatura el fluido y de si están en exterior o en interior.

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

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 31.- Espesores mínimos de aislamiento para fluidos calientes en interior y exterior**

Se considera que todo el circuito estará en un rango de temperaturas de entre 60 y 100 °C. Luego siguiendo las indicaciones del RITE para tuberías de menos de 35 mm de diámetro y una longitud no mayor a 50 m, el aislamiento mínimo debe ser de 35 mm de espesor.

Estos espesores mínimos son válidos para materiales de aislamiento con una conductividad térmica  $\lambda$  igual a 0,04 W/(m·K) a 20 °C. El aislamiento usado para las tuberías de la instalación del circuito primario de espuma de poliuretano revestida con plástico duro cumple con las especificaciones técnicas incluso con un diámetro inferior a 35 milímetros.

## 10.2.- AISLAMIENTO DEL INTERACUMULADOR

Según las especificaciones técnicas de instalaciones de energía solar, para capacidades de acumulación inferiores a 300 litros, el espesor mínimo será de 30 mm. Para volúmenes superiores el espesor mínimo será de 50 mm.



Además según el RITE, cuando los acumuladores tengan superficie menor a  $2 \text{ m}^2$  el aislamiento será como mínimo de 30 mm. Cuando sea superior a  $2 \text{ m}^2$  poseerá una protección de 50 mm como mínimo, siempre que se emplee un material aislante con una conductividad de  $\lambda = 0,04 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$

El interacumulador elegido del fabricante FERROLI modelo INOXUNIT/ES 750-PB posee un aislamiento de poliuretano inyectado de 50 mm de espesor de 80 mm que cumple con la normativa.

### **10.3.- AISLAMIENTO DEL VASO DE EXPANSIÓN**

Para un conductividad térmica de  $\lambda = 0,04 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ , el aislamiento será como mínimo de 30 mm de espesor. El aislamiento debe ir recubierto de pintura tipo asfáltica, clorocaucho o similar.

El modelo elegido en nuestra instalación está homologado y ha sido diseñado de acuerdo a la normativa actual.

## **11.- SISTEMA DE CONTROL Y REGULACIÓN**

El sistema de regulación y control se encarga por un lado de asegurar el correcto funcionamiento del equipo para proporcionar la máxima energía solar térmica posible, y por otro actúa como protección frente a la acción de múltiples factores como, riesgo de congelaciones. En cuanto al sistema de control el CTE establece:

1. El 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 comprenderá el control de funcionamiento de los circuitos y los sistemas de protección y seguridad contra sobrecalentamientos, heladas etc.

2. En circulación forzada, el control de funcionamiento normal de las bombas del circuito de captadores, deberá ser siempre de tipo diferencial y, en caso de que exista depósito de acumulación solar, deberá actuar en función de la diferencia entre la temperatura del fluido portador en la salida de la batería de los captadores y la del depósito de acumulación. El sistema de control actuará y estará ajustado de manera que las bombas no estén en marcha cuando la diferencia de temperaturas sea menor de  $2^\circ\text{C}$  y no estén paradas cuando la diferencia sea mayor de  $7^\circ\text{C}$ . La diferencia de temperaturas entre los puntos de arranque y de parada de termostato diferencial no será menor que  $2^\circ\text{C}$ .

3. Las sondas de temperatura para el control diferencial se colocarán en la parte superior de los captadores de forma que representen la máxima temperatura del circuito

de captación. El sensor de temperatura de la acumulación se colocará preferentemente en la parte inferior en una zona no influenciada por la circulación del circuito secundario o por el calentamiento del intercambiador si éste fuera incorporado.

4. El sistema de control asegurará que en ningún caso se alcancen temperaturas superiores a las máximas soportadas por los materiales, componentes y tratamientos de los circuitos.

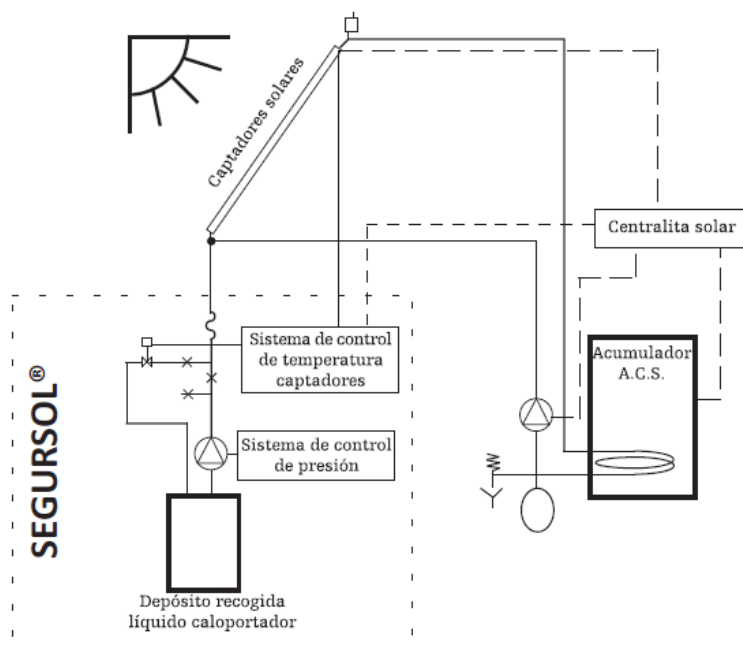
5. El sistema de control asegurará que en ningún punto la temperatura del fluido de trabajo descienda por debajo de una temperatura tres grados superior a la de congelación del fluido.

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

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

Para este proyecto en concreto, se ha elegido el sistema electrónico de llenado automático y seguridad solar de la marca FERROLI modelo SEGURSOL 50 litros, para protección de la instalación solar. Está compuesto por un depósito de 50 litros, bomba de llenado de la instalación, sistema de control de presión con presostato ajustable y un sistema de control de temperatura en captadores e interacumulador.

En la siguiente **figura 25** se puede visualizar el esquema de cómo quedaría incluido en la instalación:



**Figura 25.- Esquema de instalación del sistema SEGURSOL**

---

# ANEXOS DE CÁLCULO

---

INSTALACIÓN DE ENERGÍA  
SOLAR PARA ACS

---

COMPLEJO POLIDEPORTIVO DE  
RUTE (CÓRDOBA)

---



## ANEXO I.- Método de cálculo CHEQ4

Para obtener las fracciones de demanda solar se ha recurrido la aplicación informática CHEQ-4. A continuación se detallan los pasos seguidos:

1. Primero el programa pide que se actualice la base de datos para trabajar con la última actualización.



The screenshot displays the CHEQ4 software interface. At the top, the logo 'CHEQ4' is prominent in yellow and blue, followed by the text 'Herramienta para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas'. To the right, there are logos for 'ASIT', the Spanish Government (GOBIERNO DE ESPAÑA), the Ministry of Energy (MINISTERIO DE ENERGÍA), and IDAE. The main content area is a white box with a blue border. It contains the text: 'Comprueba que dispones de la última versión del programa y de sus bases de datos', followed by the website 'www.idae.es'. Below this, it shows 'Versión del programa: 2.0', 'Base de datos: 08/01/2015', and 'Metodología de cálculo empleada: MetaSol'. A paragraph of text follows, starting with 'AVISO: 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...'. At the bottom of the white box, there are two buttons: 'Actualizar Base de Datos' and 'Aceptar'.

2. Luego hay que introducir los datos de localización del edificio.

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

Provincia
Córdoba

Municipio
Rute

Zona climática
Zona V

Latitud
37° 19'

Mapa provincia

Altura municipio seleccionado (m)
633

Altura de la instalación (m)
633

	Rad(MJ/m2)	T.Red (°C)	T.Amb (°C)
Enero	9,4	6,6	4,4
Febrero	12,7	7,6	5,8
Marzo	17,7	8,6	8,0
Abril	21,3	10,6	10,1
Mayo	24,3	12,6	14,1
Junio	28,3	15,6	18,0
Julio	29,2	17,6	21,8
Agosto	25,9	17,6	21,6
Septiembre	20,5	15,6	18,6
Octubre	14,0	12,6	13,3
Noviembre	10,0	8,6	7,8
Diciembre	8,0	6,6	4,6
Promedio	18,4	11,7	12,3

Localización

Configuración

Demanda

Solar/Apoyo

Otros parámetros

Resultados

Datos proyecto

Nuevo proyecto

Abrir proyecto

Guardar proyecto

Ayuda

Acerca de...

Salir

- Posteriormente se elige la configuración del sistema de captación que se va a utilizar.

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

CONSUMO ÚNICO

CONSUMO MÚLTIPLE

Instalación con sistema prefabricado

Instalación con todo centralizado

Instalación con interacumulador

Instalación con apoyo distribuido

Instalación con intercambiador independiente

Instalación con acumulación distribuida

Instalación con intercambiador y piscina cubierta

Instalación con intercambio distribuido

**INSTALACIÓN CON INTERACUMULADOR**

Sistema solar térmico para producción de ACS en instalaciones de consumo único con acumulador solar, intercambiador interno y válvula termostática.

Localización

Configuración

Demanda

Solar/Apoyo



Otros parámetros

Resultados

61

4. El siguiente paso es introducir los datos de la demanda de A.C.S. que utilizará el edificio.

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

RSIT   IDAE

**CONSUMO ÚNICO**

Aplicación:

Número de personas:

Demanda calculada (l/día a 60 °C): 588

**CONSUMO MÚLTIPLE**

	Viviendas	Dormitorios	Personas	Litros/día
Tipo A	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>		
Tipo B	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>		
Tipo C	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>		
Tipo D	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>		

Demanda calculada (l/día a 60 °C):

**CONSUMO TOTAL**

Otras demandas (l/día a 60°C):

Demanda total (l/día a 60°C): 588

**CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA EXIGIDA**

**OCUPACIÓN ESTACIONAL (%)**

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

**Localización**

**Configuración**

**Demanda**



**Solar/Apoyo**

**Otros parámetros**

**Resultados**

5. A continuación se introducen las características e información de los captadores solares campo de captadores y sistema de apoyo.

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

RSIT   IDAE

**CAPTADORES**

Empresa:

Marca/Modelo:

**Datos de ensayo**

Área (m2)	2,21
n0 (-)	0,75
a1 (W/m2K)	3,706
a2 (W/m2K2)	0,009
Qtest(l/hm2)	126
k50	0,89
Laboratorio	TÜVRheinland
Certificación	NPS-3711

**CAMPO DE CAPTADORES**

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

Orientación (°):  Inclinación (°):  Área total captadores (m2): 11,05

**CIRCUITO PRIMARIO / SECUNDARIO**

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

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

**SISTEMA DE APOYO**

Tipo de sistema:

Tipo de combustible:

**Localización**

**Configuración**

**Demanda**

**Solar/Apoyo**

**Otros parámetros**

**Resultados**

6. Por último se introducen el volumen de acumulación y características del circuito secundario.

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

**VOLUMEN DE ACUMULACIÓN**

Volumen total (l)

Vol/Área (l/m2) 67,87

**DISTRIBUCIÓN**

Long. circuito (m)

Diám. tubería (mm)

Esp. aislante (mm)  T. imp.(°C)

Aislante

**VOLUMEN ACUMULACIÓN SUBESTACIONES**

Tipo A (l)  Tipo C (l)

Tipo B (l)  Tipo D (l)

Volumen total (l) 0 Vol/Área (l/m2)

**DISTRIBUCIÓN SUBESTACIONES**

Long. total (m)

Diám. tubería (mm)

Esp. aislante (mm)

Aislante

**PISCINA CUBIERTA**

Altura (m)  Temp. ambiente (°C)

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

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

Humedad relativa (%)  Ocupación (pers/m2)

Localización

Configuración

Demanda

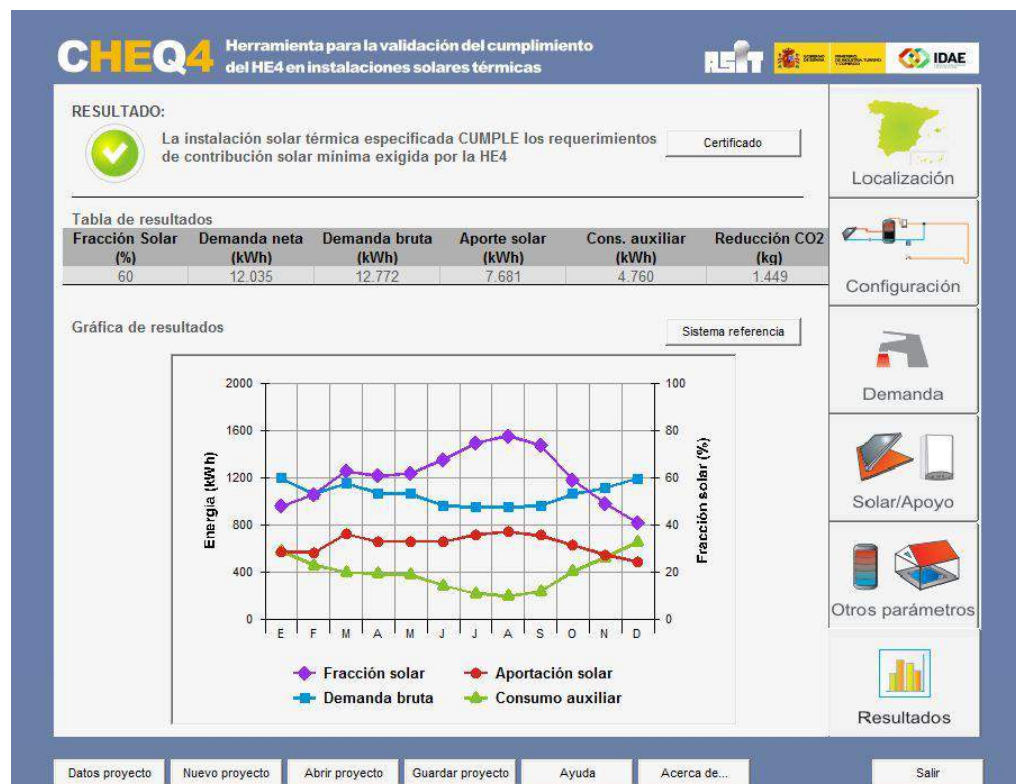
Solar/Apoyo

Otros parámetros

Resultados

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

7. El programa calcula los parámetros y ofrece los siguientes resultados.





## ANEXO II.- Certificado CHEQ4

<b>CHEQ4</b>	   
--------------	--

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

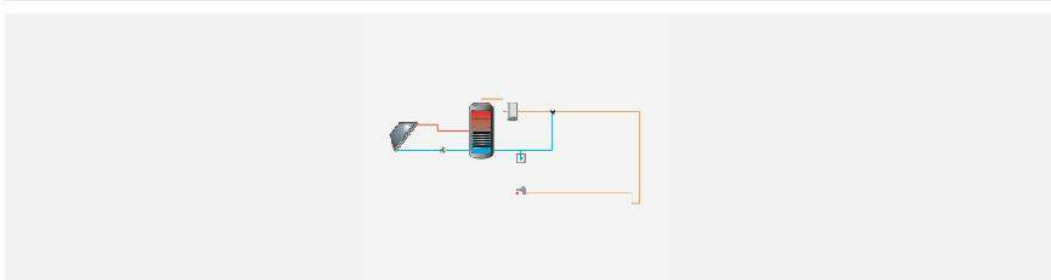
### Datos del proyecto

Nombre del proyecto	TFG Carlos
Comunidad	
Localidad	
Dirección	

### Datos del autor

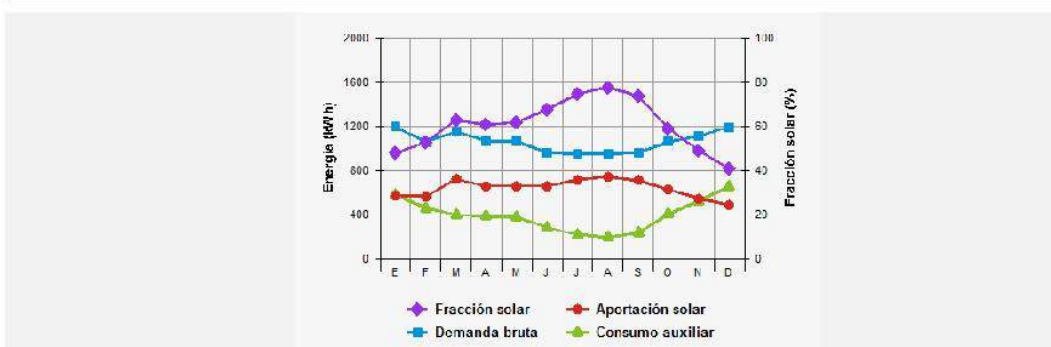
Nombre	
Empresa o institución	
Email	
Teléfono	

### Características del sistema solar



Localización de referencia						Rute (Córdoba)						
Altura respecto la referencia [m]						0						
Sistema seleccionado						Instalación de consumidor único con interacumulador						
Demanda [l/día a 60°C]						588						
Ocupación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

### Resultados



Fracción solar [%]	60
Demanda neta [kWh]	12.035
Demanda bruta [kWh]	12.772
Aporte solar [kWh]	7.681
Consumo auxiliar [kWh]	4.760
Reducción de emisiones de [kg de CO2]	1.449

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

Parámetros del sistema		Verificación en obra
<b>Campo de captadores</b>		
Captador seleccionado	FERROLI Ecotop VF 2.3 ( Ferroli)	<input type="checkbox"/>
Contraseña de certificación		<input type="checkbox"/>
Número de captadores	5,0	<input type="checkbox"/>
Número de captadores en serie	1,0	<input type="checkbox"/>
Pérdidas por sombras (%)	0,0	<input type="checkbox"/>
Orientación [°]	0,0	<input type="checkbox"/>
Inclinación [°]	45,0	<input type="checkbox"/>
<b>Circuito primario/secundario</b>		
Caudal circuito primario [l/h]	998,0	<input type="checkbox"/>
Porcentaje de anticongelante [%]	0,0	<input type="checkbox"/>
Longitud del circuito primario [m]	82,5	<input type="checkbox"/>
Diámetro de la tubería [mm]	16,0	<input type="checkbox"/>
Espesor del aislante [mm]	35,0	<input type="checkbox"/>
Tipo de aislante	espuma de poliuretano	<input type="checkbox"/>
<b>Sistema de apoyo</b>		
Tipo de sistema	Caldera de condensación	<input type="checkbox"/>
Tipo de combustible	Gas natural	<input type="checkbox"/>
<b>Acumulación</b>		
Volumen [l]	750,0	<input type="checkbox"/>
<b>Distribución</b>		
Longitud del circuito de distribución [m]	79,0	<input type="checkbox"/>
Diámetro de la tubería [mm]	30,0	<input type="checkbox"/>
Espesor del aislante [mm]	25,0	<input type="checkbox"/>
Tipo de aislante	espuma elastomérica	<input type="checkbox"/>
Temperatura de distribución [°C]	60,0	<input type="checkbox"/>

## ANEXO III.- Catálogos de equipos



# ECOTOP VF-HF

- Para aplicación en producción de ACS, calentamiento de piscinas, calefacción de baja temperatura, fan coils y refrigeración.
- Captador de alto rendimiento.
- Absorbedor altamente selectivo.
- Estructuras disponibles para cubierta plana y inclinada.
- Vidrio antirreflejante con bajo contenido en hierro.
- Posibilidad de montaje en paralelo de hasta 8 captadores.

La curva de rendimiento se define por tres coeficientes:

$\eta_0$  = Factor de ganancia.

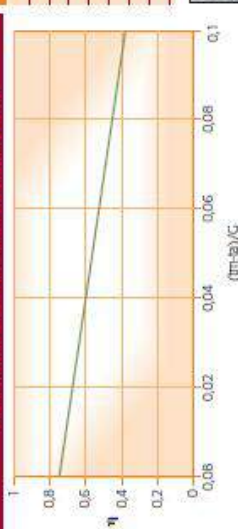
$a_1$  = Coeficiente global de pérdidas de primer grado.

$a_2$  = Coeficiente global de pérdidas de segundo grado.

Resultados de ensayo referidos a áreas de apertura:

Valores referidos a sup. de apertura	Ecotop VF 2.0	Ecotop VF 2.3	Ecotop HF 2.3
$\eta_0$	0,755	0,750	0,737
$a_1$	3,72 W/m <sup>2</sup> ·K	3,706 W/m <sup>2</sup> ·K	4,043 W/m <sup>2</sup> ·K
$a_2$	0,017 W/m <sup>2</sup> ·K	0,009 W/m <sup>2</sup> ·K	0,018 W/m <sup>2</sup> ·K

### Curva de rendimiento Ecotop VF 2.3



$$\eta = \eta_0 - a_1 \frac{(T_m - T_a)}{C} - a_2 \frac{(T_m - T_a)^2}{C^2}$$

$T_m$  = Temperatura media captador - Temperatura ambiental  
 $T_a$  = Temperatura ambiente  
 $C$  = Coeficiente de pérdida global

### Datos técnicos captadores

	VF 2.0	VF 2.3	HF 2.3
Sup. Total	1,07	2,32	2,32
Sup. Apertura	1,07	2,32	2,32
Sup. Absorbedor	1,07	2,32	2,32
Altura	1,700	2,000	1,600
Ancho	1,160	1,160	2,000
Fondo	80	80	80
N.º muros de conexiones	4	4	4
Diámetro conexiones	3/4"	3/4"	3/4"
Peso en vac.º	35	43	43,5
Conexión de agua	1,3	1,3	1,3
Caudal de trabajo recomendado por colector	100-250 l/h	300-750 l/h	300-750 l/h
Pérdida n.º 1 de trabajo	10	30	10
Temperatura de estancamiento	177	177	177
Aislamiento en lana de roca de espesor	40	40	40
Grado de absorción	96	96	96
Entidad	5	5	5
N.º sensores en paralelo	8	8	8
Código	027116200	027116230	027200116

## Códigos captadores y estructuras

### Ecotop VF\*

Captador	Código
Ecotop VF 2.0	027116170
Ecotop VF 2.3	027116200

\*Código solo estructuras inclinadas

Ecotop VF 2.0-2.3	Código
1 captador	CS1019440
2 captadores	CS1019450
3 captadores	CS1019460
4 captadores	CS1019470
5 captadores	CS1019480
6 captadores	CS1019490
7 captadores	CS1019500
8 captadores	CS1019510

Ecotop VF 2.0-2.3	Código
1 captador	CS1019520
2 captadores	CS1019530
3 captadores	CS1019540
4 captadores	CS1019550
5 captadores	CS1019560
6 captadores	CS1019570
7 captadores	CS1019580
8 captadores	CS1019590



Detalle de un captador código plano

### Ecotop HF\*

Captador	Código
Ecotop HF 2.3	027200116

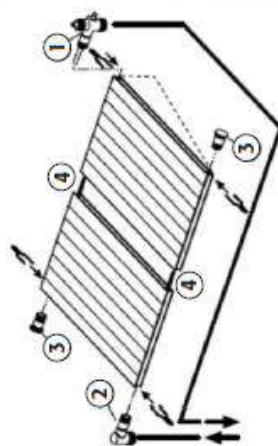
\*Código solo estructuras inclinadas

Ecotop HF 2.3	Código
1 captador	CS1019600
2 captadores	CS1019610
3 captadores	CS1019620
4 captadores	CS1019630
5 captadores	CS1019640
6 captadores	CS1019650
7 captadores	CS1019660
8 captadores	CS1019670

Ecotop HF 2.3	Código
1 captador	CS1019740
2 captadores	CS1019750
3 captadores	CS1019760
4 captadores	CS1019770
5 captadores	CS1019780
6 captadores	CS1019790
7 captadores	CS1019800
8 captadores	CS1019810



Detalle de un captador para código de un captador para código inclinado con tubo, código inclinado con tubo, código inclinado con tubo



Los kits de conexiones\* e intermedios captadores\* se suministran como opcionales.

### Accesorios

Código	Descripción de accesorios
CS1019900*	Kit 4 conexiones, incluye: 2 tapones de cierre, conexión entrada panel, conexión salida panel con vaina y purgador manual.
CS1019910*	Kit 4 conexiones intermedias ECOTOP VF-HF.
CS1019920	Kit llave y purgador automático de aire ECOTOP VF-HF.

\*No requerido, definir con tipo de estructura.

**CS1019900**  
**Kit 4 conexiones\*** incluye:  
 • 2 tapones de cierre  
 • Conexión entrada panel  
 • Conexión salida panel con vaina  
 • Purgador manual  
 • Es necesario solicitar igual número de kits que líneas de captadores se instalen.

**CS1019910**  
**Kit conexiones tubos intermedios captadores\*\***  
 • Es necesario solicitar N.º kits por cada fila de N captadores.

**CS1019920**  
**Purgador automático y llave de corte**  
 • Para sustituir el purgador manual del kit 4 conexiones (opcional).





# INOXUNIT/ES

INTERACUMULADORES PARA PRODUCCIÓN DE A.C.S.  
EN ACERO INOXIDABLE AISI 316



## Modelo de 1.500 litros y mayores tamaños preparados para el exterior

- Fabricados en Acero Inoxidable AISI 316.
- Modelo para producción de A.C.S. con serpentín espiral inox. AISI 316.
- Temperatura máxima de trabajo 90°C.
  - Modelos para producción de A.C.S. (gama INOXUNIT/ES).
  - Modelos de 500 litros y superiores suministrados con cáncamo de elevación.
  - Coloración correspondiente a modelos hasta 500 litros de volumen.
  - A partir de 750 litros (incluido) la coloración es completamente blanca.
  - Presión máxima de trabajo en circuito de A.C.S. de 6 bar.
  - El tipo de aislamiento es de poliuretano inyectado.
  - Con conexiones hembra.

### Elementos opcionales:

- Conjunto protección catódica.
- Modelos para trabajar a 8 ó 10 bar (consultar precios y plazos de entrega).
- Resistencias eléctricas.

	CÓDIGO	DENOMINACIÓN	TRABAJANDO CON CALDERA (*)			TRABAJANDO CON ENERGÍA SOLAR (**)			PESO (KG)	EXPOSICIÓN DE AISLAMIENTO (mm)	λ (W/m²K)	SUPERFICIE INTERCAMBIO M²	VOLUMEN SERPENTÍN (L)
			POTENCIA INTERC. (kW)	PÉRDIDA CON PUNTA (L/h)	PÉRDIDA DE CARGA PRIMARIO M.C.A.	POTENCIA INTERC. (kW)	PÉRDIDA CON PUNTA (L/h)	PÉRDIDA DE CARGA PRIMARIO M.C.A.					
Modelos con patas sin boca de registro	184000800	INOXUNIT/ES 80-P	26,4	684	0,25	5	236	0,025	27	45	0,4678	0,76	2,9
	184001000	INOXUNIT/ES 100-P	26,4	692	0,25	5,3	273	0,05	29	45	0,51	0,76	2,9
	184001500	INOXUNIT/ES 150-P	36	963	0,65	6,6	376	0,092	34	45	0,6625	0,98	4,34
	184002000	INOXUNIT/ES 200-P	38,6	1034	0,92	6,6	448	0,13	43	45	0,8454	1,15	5,07
	184003000	INOXUNIT/ES 300-P	56,1	1506	2,56	6,56	590	0,43	62	40	1,3461	1,47	6,52
	184005000	INOXUNIT/ES 500-P	77,3	2110	6,37	9,3	942	1,02	78	35	1,9864	2,11	9,32
Modelos con patas para y boca de registro DN 200	184007500	INOXUNIT/ES 750-P	84,6	2395	8,82	11,6	1357	1,18	130	50	2,5623	2,74	12,11
	184203000	INOXUNIT/ES 300-PB	56,1	1506	2,56	6,6	590	0,43	80	40	1,3461	1,47	6,52
	184205000	INOXUNIT/ES 500-PB	77,3	2110	6,37	9,3	942	1,02	96	35	1,9864	2,11	9,32
	184207500	INOXUNIT/ES 750-PB	84,6	2395	8,82	11,6	1357	1,18	148	50	2,5623	2,74	12,11
	184210000	INOXUNIT/ES 1000-PB	90,7	2650	11,22	12,3	1715	0,52	177	50	2,9377	3,04	13,46
	184215000	INOXUNIT/ES 1500-PB	113	3430	2,55	17,4	2572	0,61	273	65	2,2275	3,58	25
Modelos sin patas y boca de registro DN 400	184220000	INOXUNIT/ES 2000-PB	128	4040	3,7	23,4	3436	1,6	318	65	2,8979	4,25	28,2
	184225000	INOXUNIT/ES 2500-PB	146	4650	7,84	28,5	4275	1,63	383	45	3,6576	5,08	36
	184230000	INOXUNIT/ES 3000-PB	168	5640	8,8	32,8	5097	3,5	449	45	4,6644	6,5	40,05
Modelos para calder	184100800	INOXUNIT/ES 80-C	26,4	684	0,25	5	236	0,025	27	45	0,4678	0,76	2,9
	184101000	INOXUNIT/ES 100-C	26,4	692	0,25	5,3	273	0,05	28	45	0,51	0,76	2,9
	184101500	INOXUNIT/ES 150-C	36	963	0,65	6,6	376	0,092	33	45	0,6625	0,98	4,34
	184102000	INOXUNIT/ES 200-C	38,6	1034	0,92	6,6	448	0,1	43	45	0,8454	1,15	5,07

\* Salto de primario: 90/70°C - Salida ACS: 45°C - Agua de red: 10°C.

\*\* Salto de primario: 65/55°C - Salida ACS: 45°C - Agua de red: 10°C.

\*\*\* Datos aproximados de pérdidas de calor por °C de diferencia de temperaturas entre el ACS y la temperatura exterior.



# GRUPO SOLAR HIDRO

## GRUPO HIDRÁULICO DE CIRCULACIÓN

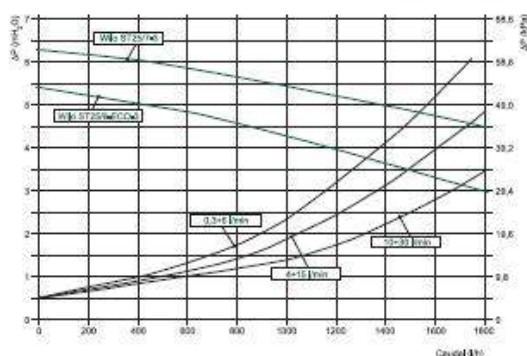
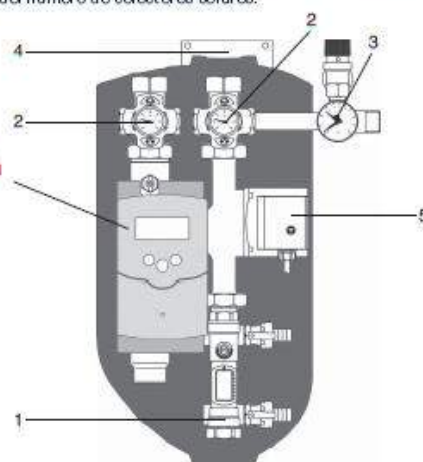


Unidad de circulación para el primario solar, con capacidad de regulación del caudal de tránsito en función del número de colectores solares.

**La centralita solar no está incluida en el suministro.**

**Compuesto de:**

1. Regulador caudal
2. Termómetro de ida y retorno
3. Grupo seguridad con manómetro 0-10 bar, y válvula seguridad a 6 bar, con conexión para vaso expansión (vaso de expansión no incorporado)
4. Kit para soporte a pared
5. Bomba de circulación



### Curva caudal pérdida de carga Hidro 6-Hidro 15-Hidro 30

Independientemente del número de colectores recomendado para cada Grupo Solar, en el caso de que se conozca la pérdida de carga del circuito, se podrá realizar la selección teniendo en cuenta las curvas de funcionamiento de las bombas:

### Composición del Grupo Solar y características técnicas

	HIDRO 6	HIDRO 15	HIDRO 30
Velocidades bomba	3	3	3
Regulador caudal	0,3 – 6 litros/min	4 – 15 litros/min	10 – 30 litros/min
Número colectores recomendado	Hasta 4	Hasta 10	Hasta 20
Presión máxima de trabajo	8 bar	8 bar	8 bar
Temperatura máxima de trabajo	120°C	120°C	120°C
Manómetro	0-10 bar	0-10 bar	0-10 bar
Control T° ida	Si	Si	Si
Control T° retorno	Si	Si	Si
Válvula seguridad	6 bar / DN25 con chequeo	6 bar / DN25 con chequeo	6 bar / DN25 con chequeo
Válvula antirretorno	DN25	DN25	DN25
Toma llenado	Si	Si	Si
Toma vaciado	Si	Si	Si
Conexión vaso expansión (no incorporado)	Si / incluido flexible y brida	Si / incluido flexible y brida	Si / incluido flexible y brida
Conexiones	DN25 – 1"	DN25 – 1"	DN25 – 1"
Dimensiones	500x260x90 mm	500x260x90 mm	500x260x90 mm
CÓDIGO	C51018950	C51020010	C51020020

## Para eliminar todos estos problemas disponemos de dos sistemas:

### El SEGURSOL®

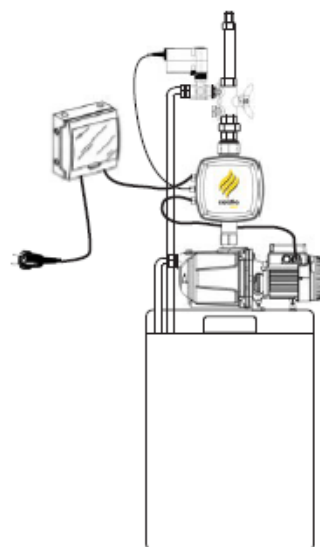
El segursol® es un equipo de llenado/vaciado de instalaciones de energía solar que permite mantener la instalación con una presión de trabajo constante y con la temperatura de los captadores solares dentro de los límites de seguridad independientemente de las condiciones de trabajo, facilitando el mantenimiento de dichas instalaciones. El segursol® actúa llenando los captadores cuando hay menos presión de la configurada inicialmente y vaciándolos cuando la temperatura de los captadores sobrepasa una temperatura límite prefijada.

#### **Principio de funcionamiento del equipo SEGURSOL®.**

Se basa en la necesidad de mantener la temperatura de los captadores por debajo de una temperatura máxima prefijada, esto lo conseguimos por medio de un sistema de control de temperatura que constantemente mide la temperatura de estos, y en caso de superar el límite se encarga de vaciarlos accionando un dispositivo, deteniendo las bombas circuladoras y el sistema de llenado. Todo el líquido de los captadores se conduce hasta un depósito al cual se llevan también todas las llaves de vaciado manuales del sistema y las válvulas de seguridad del primario. Este depósito, suministrado con el equipo, debe dimensionarse por lo menos con el doble de la capacidad del primario de la instalación.

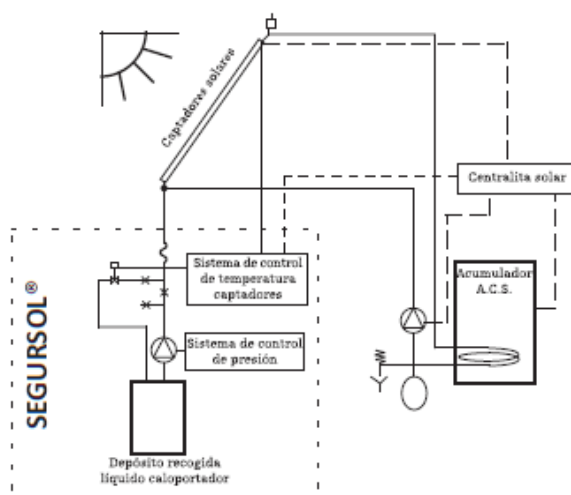
Una vez que el sistema de control de temperatura detecta que los captadores están por debajo de la temperatura máxima configurada, se desactiva el dispositivo de vaciado y se activa el sistema de llenado para alcanzar la presión configurada. El sistema de llenado está formado por un sistema de control de presión y de una bomba de acero inoxidable. Este sistema, tiene integrado un sensor de presión que da la orden de arranque y de paro a la bomba, estando esta alimentada por un inversor con regulación de frecuencia que posibilita que los arranques y paros de la bomba se realicen con suavidad evitando de esta manera los golpes de ariete en la instalación. La bomba toma el líquido del depósito donde previamente vaciamos el sistema.

Una vez llena la instalación se activan las circuladoras que funcionarán dependiendo de las necesidades.



Para un mejor funcionamiento de la instalación y dar más vida útil a los equipos que la componen existen dos temporizaciones regulables en el SEGURSOL®:

- La primera temporización afecta al tiempo que debe de pasar desde que se desactiva la señal de alarma de captadores hasta que se realiza el llenado de la instalación solar. Esta temporización se realiza para evitar excesos de temperatura en todos los componentes protegiendo de esta manera el equipo de llenado.
- La segunda temporización afecta al sistema de regulación solar y lo que hace es retrasar la entrada en funcionamiento de este sistema hasta que la instalación no está completamente llena y purgada para evitar que los circuladores trabajen en vacío.
- Para eliminar la primera temporización existe un botón de "RESET".



## DATOS TÉCNICOS SEGURSOL® ELECTRÓNICO

- Tensión de alimentación: 220/230 V.
- Frecuencia de línea: 50 Hz
- Presión máxima de trabajo: 3,4 bares.
- Máxima corriente de fase del equipo: 2,7 A
- Tensión equipo: 230V
- Emplazamiento de trabajo: Cualquiera debidamente protegido.
- Máx. temperatura del líquido: 60°C
- Máx. temperatura de ejercicio: 50°C
- Mín. temperatura de ejercicio: -5°C
- Rango de regulación presión: de 3 a 3.4 bares
- Acoplamiento hidráulico salida fluido: 3/4" hembra (conexión flexible)
- Grado de protección: IP 55
- Protección: marcha en seco, amperimétrica.
- Bomba con cuerpo de acero inoxidable.

## DATOS TÉCNICOS SEGURSOL® DIGITAL

- Tensión de alimentación: 220/230 V.
- Frecuencia de línea: 50 Hz
- Presión máxima de trabajo: 6 bares.
- Máxima corriente de fase del equipo: 5,1 A
- Tensión equipo: 230V
- Emplazamiento de trabajo: Cualquiera debidamente protegido.
- Máx. temperatura del líquido: 60°C
- Máx. temperatura de ejercicio: 50°C
- Mín. temperatura de ejercicio: -5°C
- Rango de regulación presión: de 1 a 6 bares
- Acoplamiento hidráulico salida fluido: 3/4" hembra conexión flexible, 1" macho conexión flexible para 500 y 1000 Litros.
- Grado de protección: IP 55
- Protección: marcha en seco, amperimétrica, sobretensión de la electrónica, cortocircuito directo entre las fases de salida.
- Bomba con cuerpo de acero inoxidable.

## MEDIDAS

Capacidad	Nº Captadores	Peso	Medidas (altoXanchoXfondo)
50 Litros	1 - 5 captadores	24 Kg.	1X0,38X0,51 m
120 Litros	1 - 15 captadores	31 Kg.	1,5X0,58X0,51 m
200 Litros	15- 25 captadores	33 Kg.	1,71X0,59X0,57 m
300 Litros	25 - 35 captadores	35 Kg.	1,96X0,6X0,59 m
500 Litros	35 - 50 captadores	40 Kg.	2X0,74X0,74 m
1000 Litros	50-120 captadores	55 Kg.	2.2X1.1X1.1 m

---

# PLIEGO DE CONDICIONES

---

INSTALACIÓN DE ENERGÍA  
SOLAR PARA ACS

---

COMPLEJO POLIDEPORTIVO DE  
RUTE (CÓRDOBA)

---

## **1.- CONDICIONES GENERALES**

### **1. ÁMBITO DE APLICACIÓN.**

Este Pliego de Condiciones determina los requisitos a que se debe ajustar la ejecución de instalaciones de calefacción, cuyas características técnicas estarán especificadas en el correspondiente proyecto.

### **2. DISPOSICIONES GENERALES.**

El Contratista está obligado al cumplimiento de la Reglamentación del Trabajo correspondiente, la contratación del Seguro Obligatorio, Subsidio familiar y de vejez, Seguro de Enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en lo sucesivo se dicten. En particular, deberá cumplir lo dispuesto en la Norma UNE 24042 "Contratación de Obras. Condiciones Generales", siempre que no lo modifique el presente Pliego de Condiciones.

El Contratista deberá estar clasificado, según Orden del Ministerio de Hacienda, en el Grupo, Subgrupo y Categoría correspondientes al Proyecto y que se fijará en el Pliego de Condiciones Particulares, en caso de que proceda. Igualmente deberá ser Instalador, provisto del correspondiente documento de calificación empresarial.

#### **2.1. CONDICIONES FACULTATIVAS LEGALES.**

Las obras del Proyecto, además de lo prescrito en el presente Pliego de Condiciones, se regirán por lo especificado en:

- Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITE.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. Documentos Básicos HE 4 "Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria", HE 2 "Ahorro de energía. Rendimiento de las instalaciones térmicas", HS 4 "Salubridad. Suministro de agua", HS 5 "Salubridad. Evacuación de aguas", SI "Seguridad en caso de incendio" y HR "Protección frente al ruido".
- Orden FOM/1635/2013, de 10 de septiembre, por la que se actualiza el Documento Básico DB-HE "Ahorro de Energía" del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo.
- Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto de 2002).
- Real Decreto 919/2006, de 28 de julio, por el que se aprueba el Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos y sus instrucciones técnicas complementarias.



- Norma UNE-EN 12975-1:2001 sobre Sistemas solares térmicos y componentes - Captadores Solares- Parte 1: Requisitos Generales.
- Norma UNE-EN 12975-2:2002 sobre Sistemas solares térmicos y componentes - Captadores Solares- Parte 2: Métodos de Ensayo.
- Norma UNE-EN 12976-1:2001 sobre Sistemas solares térmicos y componentes - Sistemas solares prefabricados- Parte 1: Requisitos Generales.
- Norma UNE-EN 12976-2:2001 sobre Sistemas solares térmicos y componentes - Sistemas solares prefabricados- Parte 2: Métodos de Ensayo.
- Norma UNE-EN 12977-1:2002 sobre Sistemas solares térmicos y componentes - Sistemas solares a medida- Parte 1: Requisitos Generales.
- Norma UNE-EN 12977-2:2002 sobre Sistemas solares térmicos y componentes - Sistemas solares a medida- Parte 2: Métodos de Ensayo.
- Norma UNE-EN 806-1:2001 sobre Especificaciones para instalaciones de conducción de agua destinada al consumo humano en el interior de edificios. Parte 1: Generalidades.
- Norma UNE-EN 94002:2004 sobre Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria: Cálculo de la demanda de energía térmica.
- Norma UNE-EN ISO 12241 sobre Aislamiento térmico para equipos de edificaciones e instalaciones industriales.

## **2.2. SEGURIDAD EN EL TRABAJO.**

El Contratista está obligado a cumplir las condiciones que se indican en la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales y cuantas en esta materia fueran de pertinente aplicación.

Asimismo, deberá proveer cuanto fuese preciso para el mantenimiento de las máquinas, herramientas, materiales y útiles de trabajo en debidas condiciones de seguridad.

Mientras los operarios trabajen en circuitos o equipos en tensión o en su proximidad, usarán ropa sin accesorios metálicos y evitarán el uso innecesario de objetos de metal; los metros, reglas, mangos de aceiteras, útiles limpiadores, etc., que se utilicen no deben ser de material conductor. Se llevarán las herramientas o equipos en bolsas y se utilizará calzado aislante o al menos sin herrajes ni clavos en suelas.

El personal de la Contrata viene obligado a usar todos los dispositivos y medios de protección personal, herramientas y prendas de seguridad exigidos para eliminar o reducir los riesgos profesionales tales como casco, gafas, guantes, etc., pudiendo el Director de Obra suspender los trabajos, si estima que el personal de la Contrata está expuesto a peligros que son corregibles.

El Director de Obra podrá exigir del Contratista, ordenándolo por escrito, el cese en la obra de cualquier empleado u obrero que, por imprudencia temeraria, fuera capaz

de producir accidentes que hicieran peligrar la integridad física del propio trabajador o de sus compañeros.

El Director de Obra podrá exigir del Contratista en cualquier momento, antes o después de la iniciación de los trabajos, que presente los documentos acreditativos de haber formalizado los regímenes de Seguridad Social de todo tipo (afiliación, accidente, enfermedad, etc.) en la forma legalmente establecida.

### **2.3. SEGURIDAD PUBLICA.**

El Contratista deberá tomar todas las precauciones máximas en todas las operaciones y usos de equipos para proteger a las personas, animales y cosas de los peligros procedentes del trabajo, siendo de su cuenta las responsabilidades que por tales accidentes se ocasionen.

El Contratista mantendrá póliza de Seguros que proteja suficientemente a él y a sus empleados u obreros frente a las responsabilidades por daños, responsabilidad civil, etc., que en uno y otro pudieran incurrir para el Contratista o para terceros, como consecuencia de la ejecución de los trabajos.

## **2.- COMPONENTES**

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

Todos los componentes y materiales cumplirán lo dispuesto en el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias.

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

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

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

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

## **1. CAPTADORES.**

El captador seleccionado deberá poseer la certificación emitida por el organismo competente en la materia según lo regulado en el RD 891/1980 de 14 de abril, sobre homologación de los captadores solares y en la Orden de 28 de Julio de 1980 por la que se aprueban las normas e instrucciones técnicas complementarias para la homologación

de los captadores solares, o la certificación o condiciones que considere la reglamentación que los sustituya.

En las instalaciones destinadas exclusivamente a la producción de agua caliente sanitaria mediante energía solar, los captadores tendrán un coeficiente global de pérdidas, referido a la curva de rendimiento en función de la temperatura ambiente y temperatura de entrada, menor de  $10 \text{ Wm}^2/\text{°C}$ , según los coeficientes definidos en la normativa en vigor.

El captador llevará en lugar visible una placa en la que consten, como mínimo, los siguientes datos:

- a) Nombre y domicilio de la empresa fabricante, y eventualmente su anagrama.
- b) Modelo, tipo y año de producción.
- c) Número de serie de fabricación.
- d) Área total del captador.
- e) Peso del captador vacío y capacidad de líquido.
- f) Presión máxima de servicio.

Esta placa estará redactada como mínimo en castellano y podrá ser impresa o grabada con la condición que asegure que los caracteres permanecen indelebles.

## **2. ACUMULADORES.**

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

- a) Superficie de intercambio térmico en  $\text{m}^2$ .
- b) Presión máxima de trabajo del circuito primario.

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

- a) Manguitos roscados para la entrada de agua fría y la salida de agua caliente.
- b) Registro embridado para inspección del interior del acumulador y eventual acoplamiento del serpentín.
- c) Manguitos roscados para la entrada y salida del fluido primario.
- d) Manguitos roscados para accesorios como termómetro y termostato.
- e) Manguito para el vaciado.



En cualquier caso la placa característica del acumulador indicará la pérdida de carga del mismo.

### 3. INTERCAMBIADORES DE CALOR.

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  $40 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ .

El diseño del intercambiador permitirá su limpieza utilizando productos líquidos.

El factor de ensuciamiento del intercambiador de calor no será inferior al especificado, según el tipo de agua:

<u>Circuitos de consumo</u>	<u><math>\text{m}^2 \cdot \text{K/W}</math></u>
Agua blanda y limpia	0,0006
Agua dura	0,0012
Agua muy dura y/o sucia	0,0018
Circuitos cerrados	0,0008

### 4. BOMBAS DE CIRCULACIÓN.

Las bombas serán del tipo en línea, de rotor seco o húmedo o de bancada. Siempre que sea posible se utilizarán bombas tipo circuladores en línea. Se seleccionarán de forma que el caudal y pérdida de carga de diseño se encuentren dentro de la zona de rendimiento óptimo especificado por el fabricante.

En circuitos de agua caliente para usos sanitarios, los materiales de la bomba serán resistentes a la corrosión.

Los materiales de la bomba del circuito primario serán compatibles con las mezclas anticongelantes y en general con el fluido de trabajo utilizado.

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

Las bombas serán resistentes a la presión máxima del circuito.

La potencia eléctrica parásita para la bomba no deberá exceder los valores siguientes:

- Sistemas pequeño (área captación entre 1 y 30 m<sup>2</sup> y volumen acumulación < 3 m<sup>3</sup>):

Potencia eléctrica de la bomba: 50 W o 2 % de la mayor potencia calorífica que pueda suministrar el grupo de captadores.

- Sistemas grandes (área captación > 30 m<sup>2</sup> y volumen acumulación < 3m<sup>3</sup>):

1 % de la mayor potencia calorífica que puede suministrar el grupo de captadores.

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

## 5. VÁLVULAS.

El acabado de las superficies de asiento y obturador deberán asegurar la estanqueidad al cierre de las válvulas, para las condiciones de servicio especificadas.

El volante y la palanca deberán ser de dimensiones suficientes para asegurar el cierre y la apertura de forma manual con la aplicación de una fuerza razonable, sin la ayuda de medios auxiliares. El órgano de mando no deberá interferir con el aislamiento térmico de la tubería y del cuerpo de la válvula.

Las superficies del asiento y del obturador deberán ser recambiables. La empaquetadura deberá ser recambiable en servicio, con válvula abierta a tope, sin necesidad de desmontarla.

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

En el cuerpo de la válvula irán troquelados la presión nominal PN y el diámetro nominal DN, al menos cuando el diámetro sea igual o superior a 25 mm.

La presión mínima de todo tipo de válvulas y accesorios deberá ser igual o superior a 4 kg/cm<sup>2</sup>.

Los diámetros libres de los asientos de las válvulas estarán en correspondencia con los diámetros nominales de las mismas, y en ningún caso inferiores a 12 mm.

Las válvulas de retención se situarán en la tubería de impulsión de la bomba, entre la boca y el manguito antivibratorio, y en cualquier caso, aguas arriba de la válvula de interceptación.

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

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

- Obturados de goma sintética.

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

## **6. EQUIPOS DE MEDIDA.**

### **MEDIDA DE TEMPERATURA**

Se realizará mediante sensores de temperatura.

La medida de la diferencia de temperatura entre dos puntos del fluido de trabajo se realizará mediante los citados sensores de temperatura, debidamente conectados, para obtener de forma directa la lectura diferencial.

En lo referente a la colocación de las sondas, serán de inmersión y situadas a una distancia máxima de 5 cm del fluido cuya temperatura se pretende medir. Las vainas destinadas a alojar las sondas de temperatura, deberán introducirse en las tuberías siempre en contracorriente y en un lugar donde se creen turbulencias.

### **MEDIDA DE CAUDAL**

Se realizará mediante turbinas, medidores de flujo magnético, medidores de flujo de desplazamiento positivo o procedimientos gravimétricos o de cualquier otro tipo, de forma que la precisión sea igual o superior a  $\pm 3\%$  en todos los casos.

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.

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

## **MEDIDA DE ENERGIA**

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

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

En función de la ubicación de las sondas de temperatura, se medirá la energía aportada por la instalación solar o por el sistema auxiliar. En el primer caso, una sonda de temperatura se situará en la entrada del agua fría del acumulador solar y otra en la salida del agua caliente del mismo. Para medir el aporte de energía auxiliar, las sondas de temperatura se situarán en la entrada y salida del sistema auxiliar.

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

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

## **3.- MONTAJE**

### **1. CONDICIONES GENERALES.**

La instalación se construirá en su totalidad con materiales y procedimientos de ejecución que garanticen las exigencias del servicio, durabilidad, salubridad y mantenimiento.

Se tendrán en cuenta las especificaciones dadas por los fabricantes de cada uno de los componentes.

A efectos de las especificaciones de montaje de la instalación, éstas se complementarán con la aplicación de las reglamentaciones vigentes que tengan competencia en el caso.

Es responsabilidad de suministrador comprobar que el edificio reúne las condiciones necesarias para soportar la instalación, indicándolo expresamente en la documentación.

Es responsabilidad del suministrador comprobar la calidad de los materiales y agua utilizados, evitando el uso de materiales incompatibles entre sí.

El suministrador será responsable de la vigilancia de sus materiales durante el almacenaje y el montaje, hasta la recepción provisional.

Las aperturas de conexión de todos los aparatos y máquinas deberán estar convenientemente protegidas durante el transporte, el almacenamiento y el montaje, hasta tanto no se proceda a su unión, por medio de elementos de taponamiento de forma y resistencia adecuada para evitar la entrada de cuerpos extraños y suciedades dentro del aparato.

Especial cuidado se tendrá con materiales frágiles y delicados, como mecanismos, equipos de medida, etc, que deberán quedar debidamente protegidos.

Durante el montaje, el suministrador deberá evacuar de la obra todos los materiales sobrantes de trabajos efectuados con anterioridad, en particular de retales de conducciones y cables.

Asimismo, al final de la obra, deberá limpiar perfectamente todos los equipos (captadores, acumuladores, etc), cuadros eléctricos, instrumentos de medida, etc, de cualquier tipo de suciedad, dejándolos en perfecto estado.

Antes de su colocación, todas las canalizaciones deberán reconocerse y limpiarse de cualquier cuerpo extraño, como rebabas, óxidos, suciedades, etc.

La alineación de las canalizaciones en uniones y cambios de dirección se realizará con los correspondientes accesorios y/o cajas, centrando los ejes de las canalizaciones con los de las piezas especiales, sin tener que recurrir a forzar la canalización.

En las partes dañadas por roces en los equipos, producidos durante el traslado o montaje, el suministrador aplicará pintura rica en zinc u otro material equivalente.

La instalación de los equipos, válvulas y purgadores permitirá su posterior acceso a las mismas a efectos de su mantenimiento, reparación o montaje.

Una vez instalados, se procurará que las placas de características de los equipos sean visibles.

Todos los elementos metálicos que no estén debidamente protegidos contra la oxidación por el fabricante, será recubiertos con dos manos de pintura antioxidante.

Los circuitos de distribución de agua caliente sanitaria se protegerán contra la corrosión por medio de ánodos de sacrificio.

Todos los equipos y circuitos podrán vaciarse total o parcialmente, realizándose esto desde los puntos más bajos de la instalación.

Las conexiones entre los puntos de vaciados y desagües se realizarán de forma que el paso del agua quede perfectamente visible.

Los botellines de purga estarán siempre en lugares accesibles y visibles.

## **2. MONTAJE DE ESTRUCTURA SOPORTE Y CAPTADORES.**

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

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

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

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

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

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

## **3. MONTAJE DE LA BOMBA.**

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

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

Las tuberías conectadas a las bombas en línea se soportarán en las inmediaciones de las bombas de forma que no provoquen esfuerzos recíprocos. Se utilizarán manguitos antivibratorios cuando la potencia de accionamiento sea superior a 700 W.

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

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

#### 4. MONTAJE DE TUBERIAS Y ACCESORIOS.

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

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

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

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

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

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

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

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

Las tuberías no se instalarán nunca encima de equipos eléctricos como cuadros o motores.

No se permitirá la instalación de tuberías en huecos y salas de máquinas de ascensores, centros de transformación, chimeneas y conductos de climatización o ventilación.

Las conexiones de las tuberías a los componentes se realizarán de forma que no se transmitan esfuerzos mecánicos.

Las conexiones de componentes al circuito deberán ser fácilmente desmontables por bridas o racores, con el fin de facilitar su sustitución o reparación.

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

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

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

Las uniones de tuberías de acero podrán ser por soldadura o roscadas. Las uniones con valvulería y equipos podrán ser roscadas hasta 2", para diámetros superiores se realizarán las uniones por bridas.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## **5. MONTAJE DEL AISLAMIENTO.**

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

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

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

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



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

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

## **6. MONTAJE DE CONTADORES.**

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

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

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

## **7. AJUSTE Y EQUILIBRADO.**

### **7.1 GENERALIDADES.**

Las instalaciones térmicas serán ajustadas a los valores de las prestaciones que figuren en el proyecto, dentro de los márgenes admisibles de tolerancia.

La empresa instaladora deberá presentar un informe final de las pruebas efectuadas que contenga las condiciones de funcionamiento de los equipos y aparatos.

La empresa instaladora realizará y documentará el procedimiento de ajuste y equilibrado de los sistemas de distribución de agua, de acuerdo a lo siguiente:

- De cada circuito hidráulico se deberá conocer el caudal nominal y la presión, así como los caudales nominales en ramales y unidades terminales.
- 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 deberá conocer la curva característica, deberá ser ajustada al caudal de diseño, como paso previo al ajuste de los generadores de calor y a los caudales y temperaturas de diseño.
- Las unidades terminales, o los dispositivos de equilibrado de los ramales, serán equilibradas al caudal de diseño.

- En circuitos hidráulicos equipados con válvulas de control de presión diferencial, se deberá ajustar el valor del punto de control del mecanismo al rango de variación de la caída de presión del circuito controlado.
- Cuando exista más de una unidad terminal de cualquier tipo, se deberá comprobar el correcto equilibrado hidráulico de los diferentes ramales, mediante el procedimiento previsto en el proyecto.
- De cada intercambiador de calor se deberá 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 deberá probar el correcto equilibrado hidráulico de los diferentes ramales de la instalación mediante el procedimiento previsto en el proyecto.
- Cuando exista riesgo de heladas se comprobará que el fluido de llenado del circuito primario del subsistema de energía solar cumple con los requisitos especificados en el proyecto.
- Se comprobará el mecanismo del subsistema de energía solar en condiciones de estancamiento así como el retorno a las condiciones de operación nominal sin intervención del usuario con los requisitos especificados en el proyecto.

## **7.2. CONTROL AUTOMÁTICO.**

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

Para ello, se establecerán los criterios de seguimiento basados en la propia estructura del sistema, en base a los niveles del proceso siguientes: nivel de unidades de campo, nivel de proceso, nivel de comunicaciones, nivel de gestión y telegestión.

Los niveles de proceso serán verificados para constatar su adaptación a la aplicación, de acuerdo con la base de datos especificados en el proyecto. Son válidos a estos efectos los protocolos establecidos en la norma UNE-EN-ISO 16484-3.

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.

## **8. EFICIENCIA ENERGÉTICA.**

La empresa instaladora realizará y documentará las siguientes pruebas de eficiencia energética de la instalación:

- Comprobación del funcionamiento de la instalación en las condiciones de régimen.

- Comprobación de la eficiencia energética de los equipos en generación de calor en las condiciones de trabajo. El rendimiento del generador de calor no debe ser inferior en más de 5 unidades del límite inferior del rango marcado para la categoría indicada en el etiquetado energético del equipo de acuerdo con la normativa vigente.
- Comprobación de los intercambiadores de calor y demás equipos en los que se efectúe una transferencia de energía térmica.
- Comprobación de la eficiencia y la aportación energética de la producción de los sistemas de generación de origen renovable.
- Comprobación del funcionamiento de los elementos de regulación y control.
- Comprobación de las temperaturas y los saltos térmicos de todos los circuitos de generación, distribución y las unidades terminales en las condiciones de régimen.
- Comprobación que los consumos energéticos se hallan dentro de los márgenes previstos en el proyecto.
- Comprobación del funcionamiento y de la potencia absorbida por los motores eléctricos en las condiciones reales de trabajo.
- Comprobación de las pérdidas térmicas de distribución de la instalación hidráulica.

#### **4.- MANTENIMIENTO Y USO**

El titular o usuario de las instalaciones térmicas es responsable del cumplimiento del RITE desde el momento en que se realiza su recepción provisional.

Las instalaciones térmicas se utilizarán adecuadamente, de conformidad con las instrucciones de uso contenidas en el Manual de Uso y Mantenimiento de la instalación térmica.

Se pondrá en conocimiento del responsable de mantenimiento cualquier anomalía que se observe en el funcionamiento normal de las instalaciones térmicas.

El titular de la instalación será responsable de que se realicen las siguientes acciones:

- a) encargar a una empresa mantenedora la realización del mantenimiento de la instalación térmica.
- b) realizar las inspecciones obligatorias y conservar su correspondiente documentación.
- c) conservar la documentación de todas las actuaciones, ya sean de reparación o reforma realizadas en la instalación térmica, así como las relacionadas con el fin de la vida útil de la misma o sus equipos, consignándola en el Libro del Edificio.

Las operaciones de mantenimiento se realizarán por empresas mantenedoras autorizadas.

Toda instalación térmica deberá disponer de un registro en el que se recojan las operaciones de mantenimiento y las reparaciones que se produzcan en la instalación, y que formará parte del Libro del Edificio. El titular de la instalación será responsable de su existencia y lo tendrá a disposición de las autoridades competentes que así lo exijan por inspección o cualquier otro requerimiento. Se deberá conservar durante un tiempo no inferior a cinco años.

## 1. PLAN DE VIGILANCIA.

Este plan 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.

<u>Elemento</u>	<u>Operación</u>	<u>Frecuencia (meses)</u>	<u>Descripción</u>
CAPTADORES adecuados centrales día deformaciones fugas, etc corrosión	Limpieza cristales	A determinar	Con agua y productos
	Cristales	3	IV condensaciones en horas
	Juntas	3	IV agrietamientos y
	Absorbedor	3	IV corrosión, deformación,
	Conexiones Estructura	3 3	IV fugas IV degradación, indicios de
CIRCUITO PRIMARIO fugas	Tubería, aislamiento y sistema llenado	6	IV Ausencia de humedad y
	Purgador manual	3	Vaciar el aire del botellín
CIRCUITO SECUND. fugas lodos	Termómetro Tubería y aislamiento	Diaria 6	IV temperatura IV ausencia de humedad y
	Acumulador solar	3	Purgado de la acumulación de de la parte inferior del depósito

IV: Inspección visual

## 2. PLAN DE MANTENIMIENTO.

Son operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otros, que aplicados a la instalación deberán permitir mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la instalación.

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

El plan de mantenimiento deberá realizarse por personal técnico competente que conozca la tecnología solar térmica y las instalaciones mecánicas en general.

El mantenimiento ha de incluir todas las operaciones de mantenimiento y sustitución de elementos fungibles o desgastados por el uso, necesarias para asegurar que el sistema funcione correctamente durante su vida útil.

### SISTEMA DE CAPTACIÓN

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

IV: Inspección visual

\*Operaciones a realizar en el caso de haber optado por medidas contra la sobreproducción solar, tales como tapado parcial o vaciado parcial del campo de captadores.

### SISTEMA DE ACUMULACIÓN

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

### SISTEMA DE INTERCAMBIO

<u>Equipo</u>	<u>Frecuencia (meses)</u>	<u>Descripción</u>
Intercambiador placas	12	CF eficiencia y prestaciones
	12	Limpieza
Intercambiador serpentín	12	CF eficiencia y prestaciones
	12	Limpieza

CF: Control funcionamiento

### CIRCUITO HIDRAULICO

<u>Equipo</u>	<u>Frecuencia (meses)</u>	<u>Descripción</u>
Fluido refrigerante	12	Comprobar su densidad y pH
Estanqueidad	24	Efectuar prueba de presión

Aislamiento al exterior de humedad	6	IV degradación protección uniones y ausencia
Aislamiento al interior	12	IV uniones y ausencia de humedad
Purgador automático	12	CF y limpieza
Purgador manual	6	Vaciar el aire del botellín
Bomba	12	Estanqueidad
Vaso de expansión cerrado	6	Comprobación de la presión
Vaso de expansión abierto	6	Comprobación del nivel
Sistema de llenado	6	CF actuación
Válvula de corte	12	CF actuaciones (abrir y cerrar) para evitar
agarrotamiento		
Válvula de seguridad	12	CF actuación

IV: Inspección visual

CF: Control funcionamiento

### SISTEMA ELECTRICO Y DE CONTROL

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

CF: Control funcionamiento

### SISTEMA DE ENERGIA AUXILIAR

<u>Equipo</u>	<u>Frecuencia (meses)</u>	<u>Descripción</u>
Sistema auxiliar	12	CF actuación
Sondas de temperatura	12	CF actuación

CF: Control funcionamiento

Nota: Para las instalaciones menores de 20 m<sup>2</sup> se realizarán conjuntamente en la inspección anual las labores del plan de mantenimiento que tienen una frecuencia de 6 y 12 meses. No se incluyen los trabajos propios del mantenimiento del sistema auxiliar.

## 3. PROGRAMA DE GESTION ENERGETICA.

La empresa mantenedora realizará un análisis y evaluación periódica del rendimiento de los equipos generadores de calor en función de su potencia térmica nominal instalada, midiendo y registrando los valores, de acuerdo con las operaciones y periodicidades indicadas.

En las instalaciones de energía solar térmica con superficie de apertura de captación mayor que 20 m<sup>2</sup> se realizará un seguimiento periódico del consumo de agua caliente sanitaria y de la contribución solar, midiendo y registrando los valores. Una vez al año se realizará una verificación del cumplimiento de la exigencia que figura en el DB HE 4 del CTE.

La empresa mantenedora asesorará al titular, recomendando mejoras o modificaciones de la instalación así como en su uso y funcionamiento que redunden en una mayor eficiencia energética.

Además, en instalaciones de potencia térmica nominal mayor que 70 kW, la empresa mantenedora realizará un seguimiento de la evolución del consumo de energía y de agua de la instalación térmica periódicamente, con el fin de poder detectar posibles desviaciones y tomar las medidas correctoras oportunas. Esta información se conservará por un plazo de, al menos, cinco años.

#### **4. INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD.**

Las instrucciones de seguridad serán adecuadas a las características técnicas de la instalación concreta y su objetivo será reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios u operarios sufran daños inmediatos durante el uso de la instalación.

En el caso de instalaciones de potencia térmica nominal mayor que 70 kW estas instrucciones deben estar claramente visibles antes del acceso y en el interior de salas de máquinas, locales técnicos y junto a aparatos y equipos, con absoluta prioridad sobre el resto de instrucciones y deben hacer referencia, entre otros, a los siguientes aspectos de la instalación: parada de los equipos antes de una intervención; desconexión de la corriente eléctrica antes de intervenir en un equipo; colocación de advertencias antes de intervenir en un equipo, indicaciones de seguridad para distintas presiones, temperaturas, intensidades eléctricas, etc; cierre de válvulas antes de abrir un circuito hidráulico, etc.

#### **5. INSTRUCCIONES DE MANEJO Y MANIOBRA.**

Las instrucciones de manejo y maniobra, serán adecuadas a las características técnicas de la instalación concreta y deben servir para efectuar la puesta en marcha y parada de la instalación, de forma total o parcial, y para conseguir cualquier programa de funcionamiento y servicio previsto.

En el caso de instalaciones de potencia térmica nominal mayor que 70 kW estas instrucciones deben estar situadas en lugar visible de la sala de máquinas y locales técnicos y deben hacer referencia, entre otros, a los siguientes aspectos de la instalación; secuencia de arranque de bombas de circulación; limitación de puntas de potencia eléctrica, evitando poner en marcha simultáneamente varios motores a plena carga; utilización del sistema de enfriamiento gratuito en régimen de verano y de invierno.



## **6. INSTRUCCIONES DE FUNCIONAMIENTO.**

El programa de funcionamiento, será adecuado a las características técnicas de la instalación concreta con el fin de dar el servicio demandado con el mínimo consumo energético.

En el caso de instalaciones de potencia térmica nominal mayor que 70 kW comprenderá los siguientes aspectos:

- Horario de puesta en marcha y parada de la instalación.
- Orden de puesta en marcha y parada de los equipos.
- Programa de modificación del régimen de funcionamiento.
- Programa de paradas intermedias del conjunto o de parte de equipos.
- Programa y régimen especial para los fines de semana y para condiciones especiales de uso del edificio o de condiciones exteriores excepcionales.

## **5.- INSPECCIÓN**

### **1. INSPECCIONES PERIODICAS DE EFICIENCIA ENERGETICA.**

Serán inspeccionados los generadores de calor de potencia térmica nominal instalada igual o mayor que 20 kW. La inspección del generador de calor comprenderá:

- Análisis y evaluación del rendimiento. En las sucesivas inspecciones o medidas el rendimiento tendrá un valor no inferior a 2 unidades con respecto al determinado en la puesta al servicio.
- Inspección del registro oficial de las operaciones de mantenimiento que se establecen en IT.3, relacionadas con el generador de calor, para verificar su realización periódica, así como el cumplimiento y adecuación del "Manual de Uso y Mantenimiento" a la instalación existente.
- La inspección incluirá la instalación de energía solar y comprenderá la evaluación de la contribución solar mínima en la producción de ACS y calefacción solar.

Para instalaciones de más de 20 kW y 15 años de antigüedad se realizará una inspección completa.

### **2. PERIODICIDAD DE LAS INSPECCIONES DE EFICIENCIA ENERGETICA.**

Los generadores de calor con potencia térmica nominal instalada igual o mayor que 20 kW, se inspeccionarán de acuerdo a la periodicidad siguiente:

<u>Potencia térmica nominal (kW)</u>	<u>Tipo de combustibles</u>	<u>Períodos de inspección</u>
$20 \leq P \leq 70$	Gases y combustibles renovables	Cada 5 años
	Otros combustibles	Cada 5 años
$P > 70$	Gases y combustibles renovables	Cada 4 años
	Otros combustibles	Cada 2 años

---

# MEDICIONES Y PRESUPUESTOS

---

INSTALACIÓN DE ENERGÍA  
SOLAR PARA ACS

---

COMPLEJO POLIDEPORTIVO DE RUTE  
(CÓRDOBA)

---

Nº	Descripción	Uds.	Precio Ud.	Precio total
----	-------------	------	------------	--------------

## CAPITULO 1.- SISTEMA DE CAPTACIÓN

### 1.1. BATERÍA 5 CAPTADORES SOLARES PLANOS SELECTIVOS ALTO RENDIMIENTO

Batería de 5 captadores solares planos selectivos de alto rendimiento marca Ferroli o similar modelo ECOTOP VF 2.3, cada uno de dimensiones (2000X1170X80 mm) y de 2,23 m<sup>2</sup> de superficie útil, con cubierta de vidrio templado de bajo contenido de hierro (inferior al 0,005%), de 4 mm. de espesor, con carcasa exterior de aluminio, con superficie de absorción de cobre con recubrimiento selectivo, placa colectora de cobre, con una garantía de 8 años.

Siguientes parámetros:

- $n_0$ : 0,75
- $a_1$ : 3,706 W/m<sup>2</sup>·K
- $a_2$ : 0,009 W/m<sup>2</sup>·K<sup>2</sup>
- $Q_{\text{ensayo}}$ : 126 l/h·m<sup>2</sup>

Conexionados con colector de cobre terminado en pintura solar, conexiones a 1" y presión máxima de trabajo 8 bar.

Instalado sobre cubierta plana mediante dos estructuras de soporte a 45° de aluminio según CTE (apto. 3.3.2.3) con elementos de conexión incluyendo racores, válvulas de corte, purgador, válvula de seguridad, etc. Incluso transporte, montaje, conexionado, p.p. de bancada de hormigón prefabricado, ejecutada según criterios definidos por D.F. S/CTE-DB-HE-4.

1 ud    3.418,86    3.418,86

**TOTAL CAPÍTULO 1** \_\_\_\_\_ **3.418,86 €**

Nº	Descripción	Uds.	Precio Ud.	Precio total
----	-------------	------	------------	--------------

## **CAPITULO 2.- SISTEMA DE ACUMULACIÓN**

### **2.1. INTERACUMULADOR SOLAR ACERO INOXIDABLE**

Instalación de depósito para producción y acumulación de ACS, de doble serpentín, en instalación vertical sobre suelo e instalación mural provisto de pies de nivelación, marca Férroli de acero inoxidable modelo INOXUNIT/ES de 750-PB o similar de 750 litros, para producción de A.C.S. mediante energía solar, con boca de registro DN-200, para facilitar su limpieza, con recubrimiento exterior en ABS para instalación en interior, y un serpentín de intercambio térmico de 2,74 m2., fabricado en acero el depósito externo, y en acero inoxidable el interior, aislado térmicamente el conjunto con lana de roca. Cuenta con termómetros para el ACS y para el primario solar del panel de control, temperatura máxima del depósito acumulador de ACS es de 90° C, presión máxima de trabajo de 6 bar del depósito acumulador. Incluso p.p de material complementario, instalado según CTE e instrucciones del fabricante y de la D.F. Medida la unidad instalada.

1 ud    2.960,67    2.960,67

### **2.2. VÁLVULA SEGURIDAD INST. INTERACUMULADOR A.C.S.**

Ud. Válvula de seguridad de rosca H 3/4", para instalación en interacumulador de A.C.S. con presión de tarado a 6 kg/cm2, con cuerpo de bronce, membrana y juntas de goma especial y muelle de acero anticorrosivo, según DIN475 1/2+3, incluso accesorios y pequeño material, completamente montada, probada y funcionando.

1 ud    10,71    10,71

### **2.3. PURGADOR AUTOMÁTICO INST. INTERAC. ACS ½" CON VÁLVULA RETENCIÓN**

Ud. de Purgador automático de aire horizontal, de latón estampado, diámetro nominal 1/2", PN 10 bar; límites de temperatura de trabajo -30 a 200°C., con válvula de retención para posibilidad de sustitución sin pérdida de agua en la instalación, llave de corte de 1/2", incluso accesorios y pequeño material, completamente montado, probado y funcionando., según RITE.

1 ud    12,01    12,01

Nº	Descripción	Uds.	Precio Ud.	Precio total
----	-------------	------	------------	--------------

## 2.4. VASO EXPANSIÓN INSTALACIÓN ACS.

Ud. de Vaso de expansión para instalaciones de A.C.S. de 50 litros de capacidad con 8 bar y 99°C de presión y temperatura máximas de trabajo, instalado con una presión de carga inicial de 2,5 bar, para montaje en suelo, homologado según directiva 97/23/CE de aparatos a presión, conexión roscada R 3/4", incluso válvula de seguridad de 3 kg/cm2, accesorios y pequeño material, completamente montado, probado y funcionando.

1 ud	144,77	144,77
------	--------	--------

**TOTAL CAPÍTULO 2** \_\_\_\_\_ **3.128,16 €**

Nº	Descripción	Uds.	Precio Ud.	Precio total
----	-------------	------	------------	--------------

### CAPITULO 3.- SISTEMA HIDRÁULICO

#### 3.1. GRUPO HIDRÁULICO SOLAR DE BOMBEO PRIMARIO

Suministro y colocación de Grupo hidráulico de circulación marca FÉRROLI modelo HIDRO 15 o similar, con regulador de caudal, termómetro de ida y vuelta, grupo de seguridad con manómetro 0-10 bar y válvula de seguridad de 6 bar, válvula de equilibrado incorporando caudalímetro, válvulas de cierre multifunción con válvula de retención y con termómetro de 0-120° C., con conexión para vaso de expansión, kit soporte de pared y bomba de circulación de 3 velocidades. Cumple siguientes características:

- Caudal de trabajo: 0,998 m<sup>3</sup>/h
- Potencia de trabajo: 95 W
- Potencia de alimentación: 110 W
- Alimentación eléctrica: 1-230 V, 50/60 Hz
- Velocidad: 1400-3700 rpm.
- Presión de trabajo máxima: 8 bar

Cumple pérdida de carga a vencer de 5 m.c.a. incluso llegaría hasta los 6,8 m.c.a.

Incluido centralita solar de regulación con display LCD para visualización de la temperatura de captadores y acumulador, con función anti-hielo, posibilidad de paro y marcha forzado, ajuste de calibrado de sondas por separado, y ajuste diferencial de activación y desactivación por separado, incluye dos sondas de temperatura e instalación eléctrica hasta batería de captadores y acumuladores. incluso conexiones al depósito de expansión y termómetro y p.p. de material complementario. Se suministra con caja de aislante polipropileno expandido con cierre a presión. Totalmente instalado ,conexionado y funcionando. S/CTE-DB-HE-4, instrucciones del fabricante y de la D.F. Medida la unidad instalada.

1 ud    690,00    690,00

#### 3.2. VASO EXPANSIÓN INST. SOLAR

Ud. de Vaso de expansión marca IBAIONDO o similar, para sistemas cerrados en instalaciones solares, con una presión de trabajo de 8 bar, presión de carga de 2,5 bar, temperatura máxima de servicio 99°C, para colgar, de 8 litros de capacidad , homologado según directiva 97/23/CE de aparatos a presión, Incluido Kit de conexión compuesto por válvula antiretorno doble que permite la sustitución de vaso sin pérdida de liquido de la instalación mediante tubo flexible de acero inox.



Nº	Descripción	Uds.	Precio Ud.	Precio total
----	-------------	------	------------	--------------

de 500mm, incluso válvula de seguridad de 3 kg/cm<sup>2</sup>, y accesorios y pequeño material, completamente montado, probado y funcionando.

1 ud 137,80 137,80

### 3.3. SISTEMA ELECTRÓNICO DE LLENADO AUTOMÁTICO Y SEGURIDAD SOLAR 50 L

Suministro y colocación de sistema de llenado y de seguridad solar SEGURSOL de 50 litros electrónico, o similar, para protección de la instalación solar, compuesto por depósito de 50 litros, bomba de llenado de la instalación, sistema de control de presión con presostato ajustable, sistema de control de temperatura en captadores e interacumulador, válvula de zona de 2 vías para vaciado de la instalación, Válvula de antiretorno, conexión a red y llave de llenado, incluso 50l de caloportador totalmente instalada y funcionando. S/CTE-DB-HE-4.

1 ud 1.238,92 1.238,92

### 3.4. FILTRO ASIENTO INCLINADO, GRADO FILT. 400-500 MICRAS

Ud. Filtro de asiento inclinado de 1", con un grado de filtración de 400-500 micras, fabricado en latón, incluso parte proporcional de accesorios y pequeño material, completamente montado, probado y funcionando.

1 ud 12,10 12,10

### 3.5. TUBERÍA COBRE RECOCIDO PRE-AISLADA 20 mm

Tubería flexible de cobre recocido diámetro 20 mm aislado con 31 mm de espesor de espuma de poliuretano resistente a altas temperaturas, con  $\lambda_{20^{\circ}\text{C}} = 0,0242$ , equivalente a 90 mm de espesor si  $\lambda_{20^{\circ}\text{C}} = 0,04$ , y revestida con plástico duro para tendido empotrado, o en intemperie, incluso conexiones, instalada y funcionando.

90 m 29,04 2.613,72

Nº	Descripción	Uds.	Precio Ud.	Precio total
----	-------------	------	------------	--------------

### 3.6. TUBERÍA COBRE RECOCIDO PRE-AISLADA 16 mm

Tubería flexible de cobre recocido diámetro 16 mm aislado con 31 mm de espesor de espuma de poliuretano resistente a altas temperaturas, con  $\lambda_{20^{\circ}\text{C}} = 0,0242$ , equivalente a 90 mm de espesor si  $\lambda_{20^{\circ}\text{C}} = 0,04$ , y revestida con plástico duro para tendido empotrado, o en intemperie, incluso conexiones, instalada y funcionando.

15 m    25,80    387,15

### 3.7. VÁLVULA DE BOLA, 20 mm

Ud. de válvula de paso total, marca TOUR ANDERSSON, modelo TA 200, con cuerpo de latón niquelado y esfera de latón cromado, conexiones roscadas HH gas, dos juntas tóricas en Vitón, para bajas presiones y una junta antifricción en PTFE para altas presiones, presión nominal PN 20, temperaturas de trabajo comprendidas entre 100° C y 15 °C. DN1". Totalmente instalada y funcionando.

9 ud    44,08    396,72

### 3.8. VÁLVULA DE EQUILIBRADO, 20 mm

Ud. válvula de equilibrado y corte, marca TOUR-ANDERSSON, modelo STAD de 20 mm de diámetro con cuerpo y partes móviles fabricadas en Ametal, con tomas para medida de presión y caudal, posibilidad de pre-ajuste de caudal mediante lectura de su grado de apertura y posibilidad de precintado de la misma, incluyendo dispositivo de vaciado, roscada en ambos extremos, totalmente instalada.

2 ud    75,62    151,24

Nº	Descripción	Uds.	Precio Ud.	Precio total
----	-------------	------	------------	--------------

### 3.9. VÁLVULA DE EQUILIBRADO, 16 mm

Ud. válvula de equilibrado y corte, maraca TOUR-ANDERSSON, modelo STAD de 16 mm de diámetro con cuerpo y partes móviles fabricadas en Ametal, con tomas para medida de presión y caudal, posibilidad de pre-ajuste de caudal mediante lectura de su grado de apertura y posibilidad de precintado de la misma, incluyendo dispositivo de vaciado, roscada en ambos extremos, totalmente instalada.

2 ud	70,15	140,30
------	-------	--------

**TOTAL CAPÍTULO 3** 5.767,95 €

Nº	Descripción	Uds.	Precio Ud.	Precio total
----	-------------	------	------------	--------------

## **CAPITULO 4.- SISTEMA DE CONTROL Y REGULACIÓN**

### **4.1. Ud. CENTRALITA ELECTRÓNICA SIST. AUTOMATICO LLENADO CIR. PRIMARIO SOLAR**

Centralita electrónica para el sistema automático de llenado SEGURSOL o similar del circuito primario. Incluidas 4 sondas de temperatura. Totalmente instalada y funcionando. S/CTE-DB-HE-4.

1 ud    156,20    156,20

### **4.2. TERMOSTATO REGUL. INMERSIÓN, BULBO CONEX. ½"**

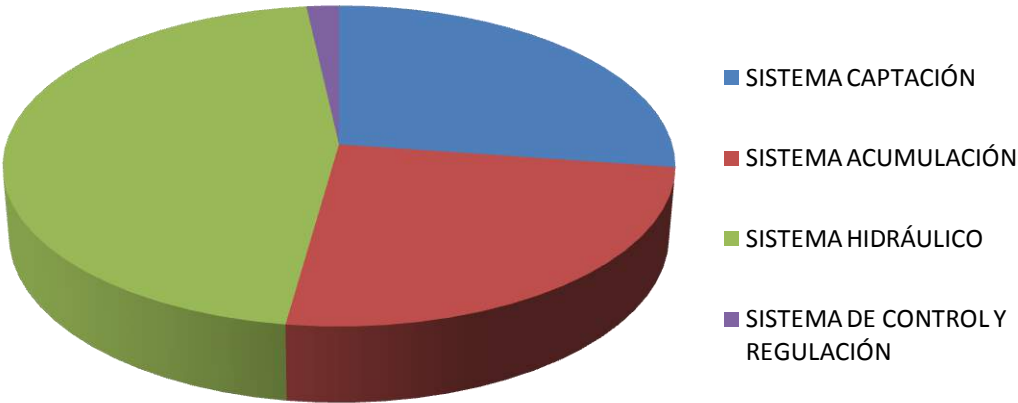
Termostato de regulación de inmersión, con bulbo de conexión de 1/2" y una longitud de 100 mm., con campo de regulación de 0-90° C, grado de protección IP40, potencia sobre contacto 16 (4) a 250 w., diferencial 6 ( +/- 2°C), conforme CE y homologación ISPESL. Instalación en circuito según IT.IC, i/piezas de conexión y conexionado eléctrico al C.M.P o Centralita.

2 ud    33,19    66,38

**TOTAL CAPÍTULO 5** \_\_\_\_\_ **222,58 €**

**PRESUPUESTO TOTAL**

CAPÍTULO 1: SISTEMA DE CAPTACIÓN	3.418,86 €
CAPÍTULO 2: SISTEMA DE ACUMULACIÓN	3.128,16 €
CAPÍTULO 3: SISTEMA HIDRÁULICO	5.767,95 €
CAPÍTULO 4: SISTEMA DE CONTROL Y REGULACIÓN	222,58 €
TOTAL	12.537,55 €
IVA (21 %)	2.632,88 €
TOTAL + IVA	15.170,43 €



TOTAL DE LA INSTALACIÓN SOLAR	15.170,43 €
RATIO (TOTAL INST SOLAR € / ÁREA SOLAR m <sup>2</sup> )	1.372,88 €/m <sup>2</sup>

---

# PLANOS

---

INSTALACIÓN DE ENERGÍA  
SOLAR PARA ACS

---

COMPLEJO POLIDEPORTIVO DE  
RUTE (CÓRDOBA)

---



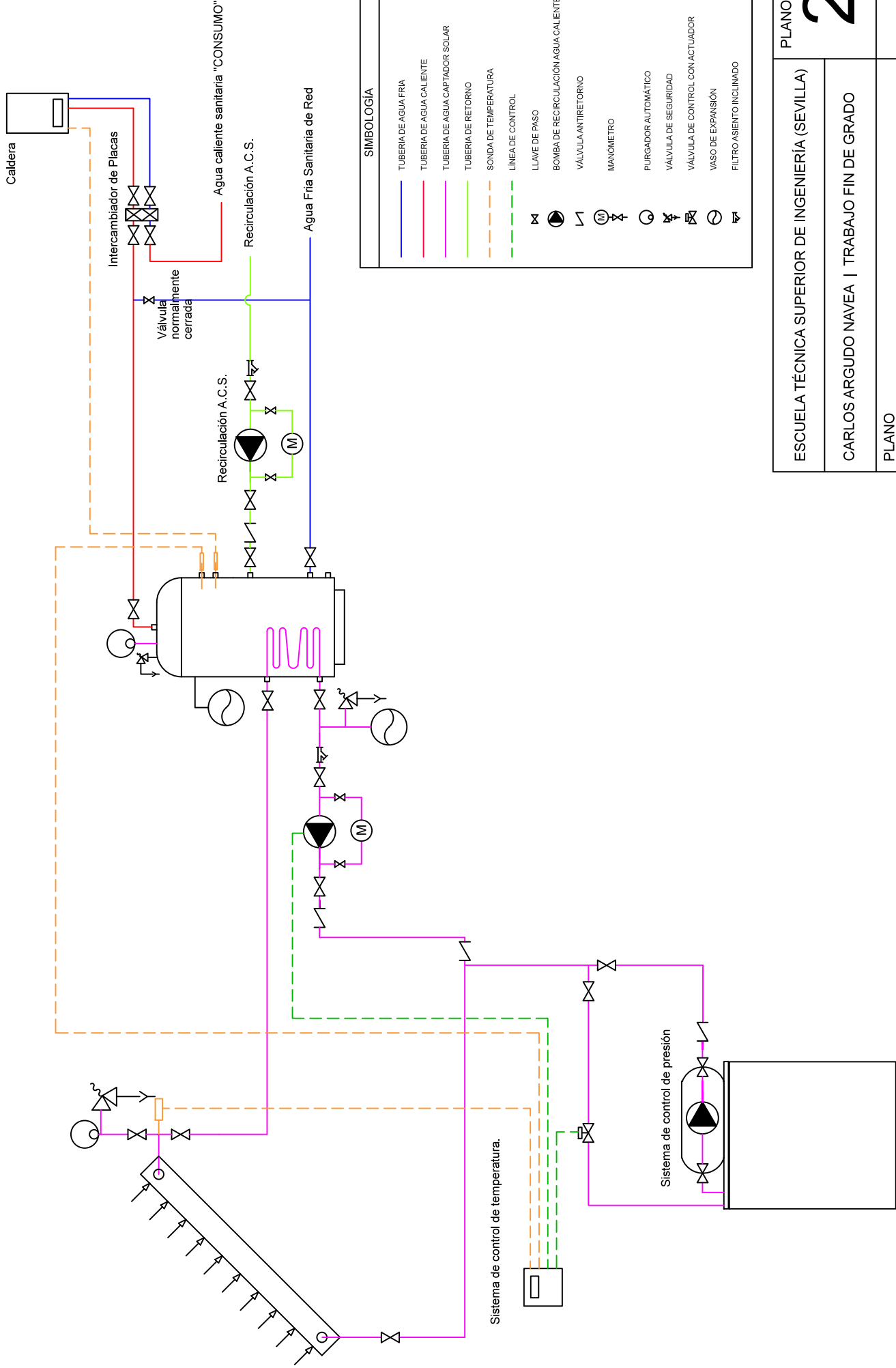


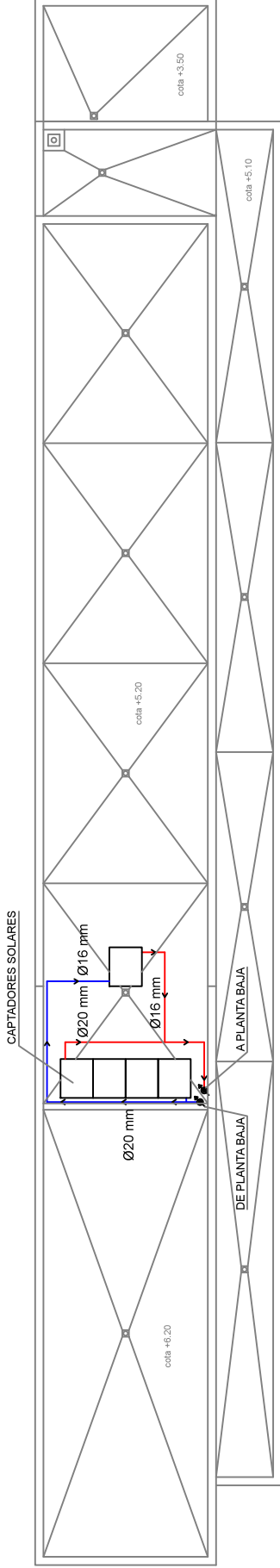
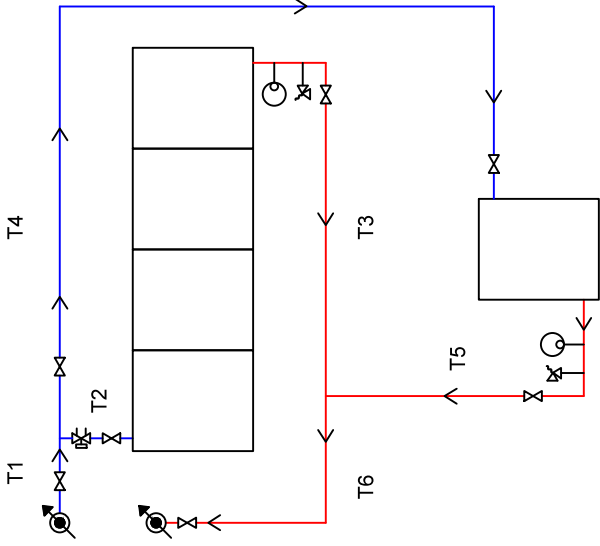
PLANO Nº

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (SEVILLA)

PLANO



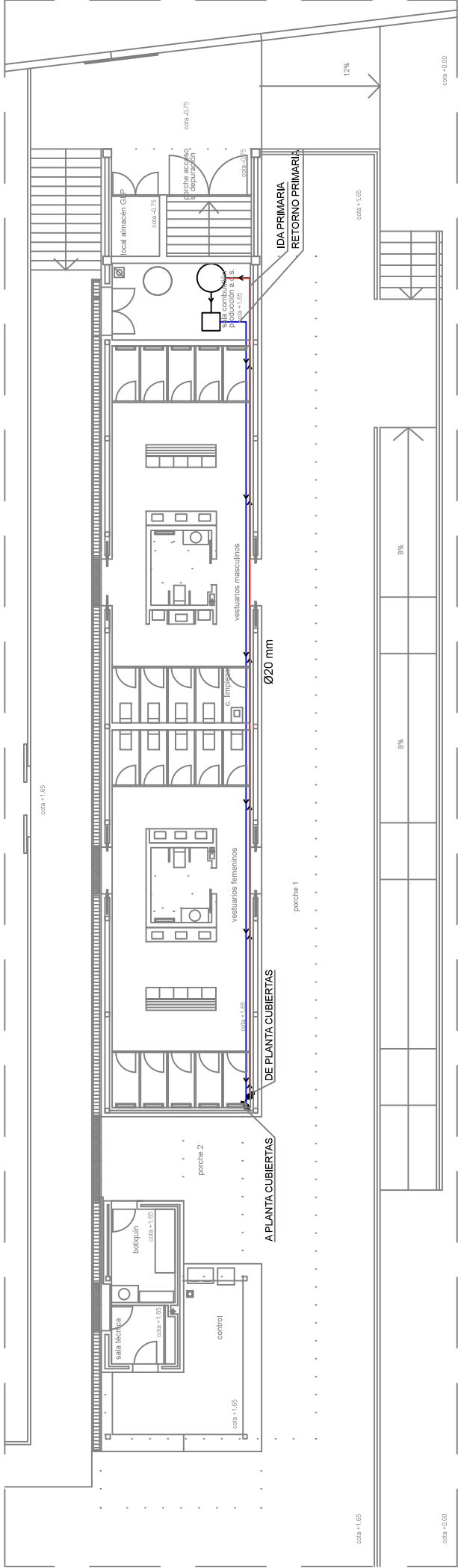




PLANTA DE CUBIERTAS  
COTAS +3.50, +5.10 Y +6.20

SIMBOLOGÍA	
	COLUMNA DE SUBIDA Ó BAJADA CAPTADOR SOLAR
	FLUIDO CALIENTE
	FLUIDO FRÍO
	LLAVE DE PASO
	VÁLVULA DE EQUILBRADO
	PURGADOR AUTOMÁTICO
	VÁLVULA DE SEGURIDAD

ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (SEVILLA)		PLANO Nº 3
CARLOS ARGUDO NAVEA   TRABAJO FIN DE GRADO		
PLANO		ESCALA 1:200
PLANO DE CUBIERTA		



#### SIMBOLOGÍA

COLUMNA DE SUBIDA Ó BAJADA CAPTADOR SOLAR

FLUIDO CALIENTE

FLUIDO FRÍO

PLANO Nº

4

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (SEVILLA)

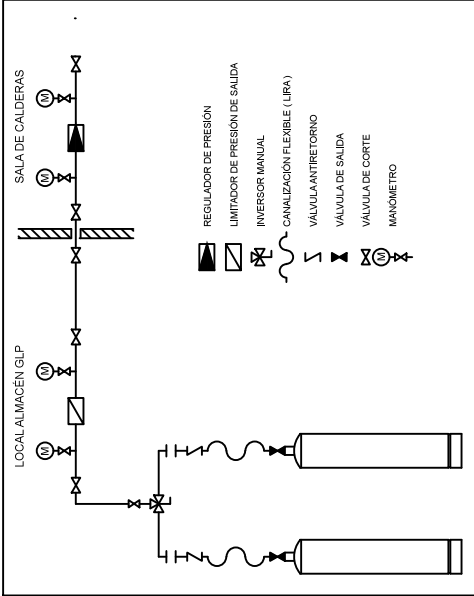
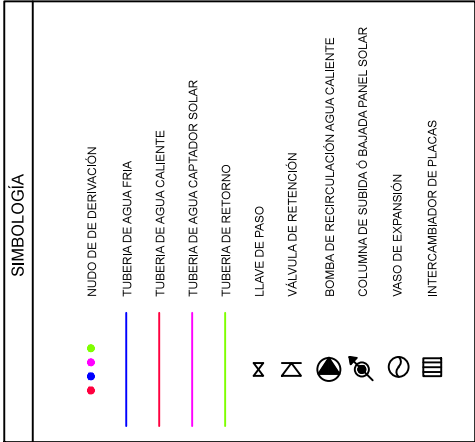
CARLOS ARGUDO NAVEA | TRABAJO FIN DE GRADO

PLANO

PLANO DE PLANTA BAJA

ESCALA

1:200



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (SEVILLA)	PLANO Nº
CARLOS ARGUDO NAVEA   TRABAJO FIN DE GRADO	5
PLANO	ESCALA
SALA DE MÁQUINAS	1:60