

**ANEJO:**

**CÁLCULO DE INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA PRODUCCIÓN DE  
AGUA CALIENTE SANITARIA EN BLOQUE 1**

**TITULAR:**            **SEPES Entidad Pública Empresarial de Suelo**

**SITUACIÓN:**            **Parcela D-2. Loma Colmenar. Bloque 1**  
                                 **51.003 Ceuta**

## ÍNDICE.

### 1. MEMORIA DESCRIPTIVA.

- 1.1. Antecedentes y objeto del proyecto.
- 1.2. Descripción del edificio.
- 1.3. Aplicaciones de la energía solar.
- 1.4. Datos de diseño.
- 1.5. Energía de apoyo empleada
- 1.6. Normativa.
- 1.7. Conclusión.

### 2. CÁLCULOS.

- 2.1. Configuración básica de la instalación.
- 2.2. Descripción general de las instalaciones y sus componentes.
  - 2.2.1 Conexionado de los captadores.
  - 2.2.2 Estructura soporte de los captadores.
- 2.3. Perdidas por inclinación y orientación de los colectores.
- 2.4. Interposición de las sombras.
- 2.5. Criterios generales de cálculo.
  - 2.5.1 Contribución solar mínima.
  - 2.5.2 Demanda energética por consumo de agua caliente sanitaria.
- 2.6. Calculo de la cobertura del sistema solar. Método F-Chart
- 2.7. Cálculo y descripción del volumen de acumulación.
- 2.8. Sistema de intercambio.
- 2.9. Cálculos hidráulicos.
  - 2.9.1 Tuberías.
  - 2.9.2 Perdidas de carga.
  - 2.9.3 Determinación del aislamiento.
  - 2.9.4 Bomba de recirculación.
  - 2.9.5 Sistema de expansión.
  - 2.9.6 Purgadores y desairadores.
- 2.10. Sistema de regulación y control.
- 2.11. Sistema de medida.
- 2.12. Fluido caloportador.
- 2.13. Conclusiones.

### 3. DOCUMENTACIÓN TÉCNICA.

---

# MEMORIA

---

## 1. MEMORIA.

### 1.1. ANTECEDENTES Y OBJETO DE DEL PROYECTO.

La entidad SEPES Entidad Pública Empresarial de Suelo, pretende la construcción un bloque de 28 viviendas, distribuidas en 5 plantas, situado en la parcela D-2 de Loma Colmenar (Ceuta).

Por lo que se encarga al Técnico que suscribe la redacción del presente Proyecto de INSTALACIÓN DE PANELES SOLARES TÉRMICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA, con la finalidad de describir y justificar las instalaciones pertinentes, y servir de base para su ejecución y la autorización de puesta en servicio de las mismas.

### 1.2. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

El edificio consiste en un bloque de veintiocho (28) viviendas (18 de 2 habitaciones y 10 de 3 habitaciones), con una capacidad estimada para 94 personas con los mismos porcentajes de ocupación durante todo el año.

El edificio es de nueva construcción y por lo tanto obligado por el CTE al aporte solar mínimo para la instalación de agua caliente sanitaria. Está prevista la instalación de fontanería lo que se tendrá en cuenta para el adecuado dimensionamiento y diseño de la instalación solar para el uso requerido.

El edificio está situado en la parcela D-2 de la actuación en Loma Colmenar (Ceuta).

El edificio dispone de dos escaleras (A y B) con la siguiente distribución de viviendas:

Escalera A. - Cota 79. 2 viviendas.

- Cota 82,5. 2 viviendas.

- Cota 85,5. 2 viviendas.

- Cota 88,5. 2 viviendas.

**Total de 8 viviendas en la escalera A, todas ellas de 2 habitaciones y dos aseos.**

Escalera B. - Cota 79. 4 viviendas.

- Cota 82,5. 4 viviendas.

- Cota 85,5. 4 viviendas.

- Cota 88,5. 4 viviendas.

- Cota 91,5. 4 viviendas.

**Total de 20 viviendas en la escalera B, 10 de 2 habitaciones y 10 de 3 habitaciones y 2 aseos.**

La cubierta de los edificios es plana por lo que se optará por la instalación de los colectores mediante estructura angular en dicha cubierta. Los captadores solares se orientarán en dirección sur geográfico.

El grupo hidráulico, el interacumulador de 3.000 litros y la regulación solar se colocarán en un cuarto destinado a tal fin en la planta cubierta, protegidos de la intemperie.

### 1.3. APLICACIONES DE LA ENERGÍA SOLAR

En nuestro caso la captación de energía solar térmica se empleará para producir Agua Caliente Sanitaria, única y exclusivamente.

### 1.4. DATOS DE DISEÑO

#### DATOS DE PARTIDA

Ocupación: se considera una ocupación total del edificio de 94 personas con un consumo unitario de 28 l/día a 60 °C.

Se considera un porcentaje de ocupación del 100 %. Se ha aplicado el factor de centralización que indica el CTE para un edificio de 28 viviendas = 0,85.

#### CAPTACIÓN

La instalación de captación constará de un total de 18 captadores planos CHROMAGEN PA-F de 2,58 m<sup>2</sup> de superficie unitaria que da como resultado una superficie total de captación de 30,96 m<sup>2</sup>. Se prevé la instalación de 4 baterías de 4 captadores y una de 2, cada una utilizando el retorno invertido para un buen equilibrio de las mismas.

Estos captadores se instalarán sobre la cubierta plana libre de sombras y estarán orientados al Sur con una inclinación 40/45° respecto de la horizontal.

#### AEROTERMO

En el circuito primario se instalará un aerotermo marca CHROMAGEN modelo ZAES013 como sistema disipador de calor de dicho circuito, conectado a la electroválvula de 3 vías.

#### CIRCUITO HIDRÁULICO

El caudal de diseño establecido en el circuito primario es 50 l/h·m<sup>2</sup>.

Cada batería de acumuladores dispondrá de dos llaves de cierre, una válvula de desagüe y un grupo purgador que permitan, respectivamente, el corte y vaciado por separado. Se instalarán válvulas de protección contra aumentos de presión taradas a 6 atm y el purgador de aire será automático.

#### ALMACENAMIENTO

El volumen total de acumulación solar para agua caliente de inercia es de 3.000 litros instalando un depósito de dicha capacidad en el cuarto de ACS de cubierta.

#### SISTEMA DE INTERCAMBIO

El sistema de intercambio para los captadores solares será un intercambiador interno en el propio acumulador solar de 3.000 litros con una superficie de intercambio de 5 m<sup>2</sup>. Cumpliendo la relación de obligado cumplimiento de disponer de una superficie de intercambio igual o superior a 0,15 m<sup>2</sup>.

#### ELEMENTOS DEL CIRCUITO HIDRÁULICO

- Circuito hidráulico

El circuito primario se realizará con tubería de cobre realizando las soldaduras entre uniones con aleación de plata. El paso de tabiques y forjado se realizará a través de manguitos pasamuros y curvas de dilatación en los tramos generales. Así mismo, todas las conducciones de los circuitos serán vistas y

grapeadas a los paramentos mediante abrazaderas de metal con aislante y estarán fijadas con tornillos de sujeción embutidos en cilindros de cobre de 12 mm.

- Bombas

Se instalarán dos bombas de circulación. Una en el circuito primario con  $Q = 1,6 \text{ m}^3/\text{h}$  y 5 mca de presión. Otra bomba en el circuito de distribución con  $Q = 3,4 \text{ m}^3/\text{h}$  y 9 mca de presión.

- Vaso de expansión

Se dispondrá de un vaso de expansión de 50 litros para absorber las posibles dilataciones del circuito primario y estará situado en la aspiración de la bomba según el esquema de principio adjunto. Físicamente, el vaso de expansión estará instalado en el cuarto de cubierta de ACS.

También se dispondrá de un vaso de expansión de 200 litros para absorber las posibles dilataciones del circuito de distribución instalado físicamente en el cuarto de cubierta de ACS.

- Purgadores y drenaje

Se conectarán purgadores automáticos en cada batería de captadores. Dichos captadores disponen de un orificio de drenaje en la parte inferior con una apertura de 10 mm de diámetro.

- Aislamiento

Las conducciones hidráulicas se aislarán con coquilla de caucho e irán protegidas cuando discurran por el exterior con pintura de cloro-caucho. Una vez colocados y unidos todos los elementos de ambos circuitos se realizará una prueba de presión controlada y posteriormente se precederá a pintar, forrar y señalizar los elementos para que el funcionamiento sea accesible al personal de mantenimiento.

#### PREINSTALACIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA PARA LOCALES COMERCIALES

Se realizará la pre instalación de tubos con previsión para su uso de sistema de agua caliente sanitaria desde cada local comercial hasta la sala de ACS en planta cubierta.

#### SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL GENERAL

Este sistema estará formado por una central de regulación y control con cuatro salidas de relé y cinco sondas que actuarán sobre los siguientes elementos:

- Bomba de circulación solar del circuito primario
- Bomba de circulación solar del circuito de distribución
- Temperatura máxima en el acumulador de inercia solar
- Caudalímetro V-40. Este elemento permite contabilizar la energía producida por el campo de captación a través de la sonda en captadores y sonda de retorno.

Cada termo eléctrico de apoyo cuenta con un control individual por vivienda y una electroválvula de 3 vías.

#### 1.5. ENERGÍA DE APOYO EMPLEADA

Como sistema de apoyo se ha elegido como fuente energética la electricidad, instalando en el interior de cada vivienda un acumulador de 100 o 120 litros según sean 2 o 3 las habitaciones de la vivienda con un kit de apoyo eléctrico.

Este sistema adicional de apoyo se emplea para complementar la contribución solar suministrando la energía necesaria para cubrir la demanda prevista y garantizar la continuidad del suministro de agua caliente en los casos de escasa radiación solar o demanda superior a la prevista. Sólo entrará en

funcionamiento cuando sea estrictamente necesario y de forma que se aproveche lo máximo posible la energía extraída del campo de captación.

Datos de los interacumuladores a instalar en el interior de viviendas:

Interacumulador CRHOMAGEN de 100 litros

Capacidad del depósito: 100 litros

Serpentín: 0,28 m<sup>2</sup>.

Dimensiones: 440x945

Presión máxima: 8 bar

Presión de timbre: 10 bar

Temperatura máxima de uso: 60° C

Temperatura límite: 120 °C

Interacumulador CRHOMAGEN de 120 litros

Capacidad del depósito: 120 litros

Serpentín: 0,28 m<sup>2</sup>.

Dimensiones: 440x1090

Presión máxima: 8 bar

Presión de timbre: 10 bar

Temperatura máxima de uso: 60° C

Temperatura límite: 120 °C

## 1.6. NORMATIVA

Para la redacción de este Proyecto se han tenido en cuenta las siguientes disposiciones legales que son de aplicación específica para este tipo de instalaciones:

- Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, así como sus Instrucciones Técnicas (ITE).
- Real Decreto 314/2006, de 17 de Marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación, concretamente, el Documento Básico HE4 de Ahorro Energético.
- Real Decreto 450/2022, de 14 de junio, por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación, aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.

- Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el documento básico DB-HR “Protección frente al ruido” del Código Técnico de la Edificación y se modifica el Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Orden VIV/984/2009, de 15 de abril, por la que se modifican determinados documentos básicos del Código Técnico de la Edificación aprobados por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, y el Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre
- Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y sus instrucciones técnicas complementarias.
- Real Decreto 865/2003, de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.
- Normas UNE.
- Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE.

### 1.7. CONCLUSIÓN

Con lo descrito en esta memoria y demás documentación que se acompaña, se considera suficientemente aclaradas y justificada la instalación objeto de este proyecto, tanto para su ejecución como para obtener la autorización previa y puesta en servicio de los Organismos competentes de la Administración.

---

# CÁLCULOS

---

## 2. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.

### 2.1. CONFIGURACIÓN BÁSICA DE LA INSTALACIÓN.

- |                                                      |                                  |
|------------------------------------------------------|----------------------------------|
| - Por el principio de recirculación:                 | Circulación Forzada.             |
| - Por el sistema de transferencia de calor 1º:       | Interacumulador de inercia.      |
| - Por el sistema de transferencia de calor distrib.: | Acumulador con serpentín.        |
| - Por el sistema de acumulación solar:               | Centralizada                     |
| - Por el sistema de expansión:                       | Cerrado.                         |
| - Por el sistema de aporte de energía auxiliar:      | Kit eléctrico.                   |
| - Por su aplicación:                                 | Calentamiento de agua sanitaria. |

### 2.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS INSTALACIONES Y SUS COMPONENTES.

La instalación estará compuesta básicamente por los siguientes elementos:

- colectores solares, de 2,58 m<sup>2</sup> de superficie de absorción marca CHROMAGEN modelo PA-F. El marco del colector es de perfiles de aluminio, el absorbedor es aletas de Cu soldadas por ultrasonido a parrilla de cobre. La cubierta transparente es vidrio templado de 3,20 mm de espesor.

Las curvas de rendimiento son las siguientes:

$$RENDIMIENTO = 0,801 - 3,617 (t_e - t_a) / G$$

*Rendimiento Óptico: 0,801%*

*Coefficiente de Pérdidas: 3,195 W/m<sup>2</sup> K*

- Ineracumulador de inercia de 3000 Litros marca CHROMAGEN modelo AICV026, de acero al carbono con un aislamiento de poliuretano flexible de 100 mm.
- Soportes del colector para cubierta de perfilera angular de aluminio y tortillería inox, para montaje sobre cubierta plano.
- En cada vivienda se instalara un interacumulador de 100 o 120 litros de capacidad con un kit solar de producción de acs.
- Las tuberías del campo de colectores serán de cobre con aislamiento de 35mm de espuma elastomérica con conductividad térmica 0,04 w/m<sup>2</sup>K para temperaturas superiores a 40°C.

Se utilizará en el circuito primario agua con agentes anticongelantes, anticorrosivos y anti-ebullición.

Este fluido circulará desde el campo solar a través de un circuito cerrado hasta el serpentín del interacumulador de inercia, donde cederá la energía al circuito secundario. Posteriormente el fluido del circuito de distribución circulará a través de la bomba circuladora que lo dotará de la suficiente energía como para vencer la diferencia de alturas entre los acumuladores y el colector solar, así como para vencer las pérdidas de rozamiento del circuito y dotar al sistema de la presión adecuada de servicio.

En el interior del interacumulador de cada vivienda, el circuito de distribución a su vez cederá la energía al agua del circuito de consumo de agua caliente sanitaria.

A la salida del fluido del campo solar se situará una sonda de temperatura con manguito sumergible para colector que se conectará junto con la sonda del acumulador a un regulador electrónico que maniobrará el circulador del circuito primario en función de las temperaturas de ambos. Se dispone también de una válvula de tres vías conectada a un aerotermo y comandada desde la centralita para la disipación de calor de dicho circuito. Todo ello según esquema de principio adjunto.

A la salida del fluido del circuito de distribución se situará una sonda de temperatura que se conectará junto con la sonda del intercambiador de inercia que maniobrará el circulador del circuito en función de las temperaturas de ambos. Todo ello según esquema de principio adjunto.

Para la acumulación solar se prevé un interacumulador de 3000 litros. El circuito de distribución de es se distribuirá a cada vivienda donde se instalara un interacumulador de 100 o 120 litros, donde se localizará el apoyo de la energía auxiliar eléctrico.

Tanto en el circuito primario como en el circuito de distribución y para evitar las sobrepresiones producidas por los cambios de temperatura del fluido del circuito primario se utilizará un vaso de expansión de membrana homologado para instalaciones solares, resistente al fluido calorportador, con resistencia continua a temperatura de 70°C.

Tanto el circuito primario como el circuito de distribución contarán con sendas bombas circuladoras, y un termostato, para recircular el líquido.

#### **2.2.1. Conexión de los captadores.**

Los captadores se disponen en filas constituidas por el mismo número de elementos. Las filas de captadores se conectan entre sí en serie-paralelo, habiéndose instalado válvulas de cierre en la entrada y salida de las distintas baterías de captadores y entre las bombas, de manera que puedan utilizarse para aislamiento de estos componentes en labores de mantenimiento, sustitución, etc.

Dentro de cada fila los captadores se conectan paralelo. El número de captadores que se pueden conectar en paralelo tiene en cuenta las limitaciones del fabricante.

La conexión entre captadores y entre filas se ha realizado de manera que el circuito resulte equilibrado hidráulicamente mediante retorno invertido

#### **2.2.2. Estructura soporte de los captadores**

Los colectores se colocarán sobre la estructura realizada para tal fin, sobre el tejado plano con un ángulo de inclinación de 40/45°.

La estructura soporte cumple las exigencias del Código Técnico de la Edificación en cuanto a seguridad.

El cálculo y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de captadores permiten las dilataciones térmicas necesarias, sin transferir cargas que puedan afectar a la integridad de los captadores o al circuito hidráulico.

Los puntos de sujeción del captador son suficientes en número, teniendo el área de apoyo y posición relativa adecuados, de forma que no se produzcan flexiones en el captador, superiores a las permitidas por el fabricante.

Los topes de sujeción de los captadores y la propia estructura no arrojan sombra sobre los captadores.

### 2.3. PERDIDAS POR INCLINACIÓN Y ORIENTACIÓN DE LOS COLECTORES.

Las pérdidas ocasionadas por la desviación acimutal han sido tomadas en cuenta tanto a nivel de cálculo de los rendimientos como a nivel de elección del tipo y elección de colectores y demás elementos de la instalación.

En nuestro caso el sistema de captación tiene unas pérdidas de los 5,32%, inferiores al 10 % permitido.

| Pérdidas      | Orientación e inclinación (%) | Sombras (%) | Total (%) |
|---------------|-------------------------------|-------------|-----------|
| Obtenidas     | 5,00                          | 0,00        | 5,00      |
| Límite C.T.E. | 10,00                         | 10,00       | 15,00     |

La inclinación de los colectores, los cuales están dispuestos a 40/45º para favorecer la captación de radiación solar, tanto en invierno como en verano.

Se determina los límites en la orientación e inclinación de los captadores de acuerdo a las pérdidas máximas permisibles que según la tabla 2.4 del punto 2.1.8 de la HE4 en caso general no puede ser superior al 10%.

La instalación con inclinación 45º cumple con los requisitos de pérdidas por orientación e inclinación.

### 2.4. INTERPOSICIÓN DE SOMBRAS

Para impedir que las sombras afecten de forma notable al funcionamiento del sistema la distancia mínima a la que debe situarse cada una de las filas con la inmediatamente anterior así como con el peto del edificio queda reflejada en el plano de detalle separación entre filas. Cumpliéndose que:

$$d = h / \tan(61^\circ - \text{latitud}) \quad , \text{ donde}$$

$h$  = Diferencia de altura entre la parte superior del obstáculo y la base de la fila de colectores posterior.

$d$  = Distancia de separación medida sobre la horizontal entre una fila de captadores y un obstáculo, para evitar que las sombras de obstáculos afecten el rendimiento de los colectores. Deberá garantizar un mínimo de 4 horas de sol en torno al mediodía del solsticio de invierno.

La implantación se realizará de 18 captadores agrupados 4 grupos de 4, y uno de 2, separados como mínimo una distancia medida en horizontal de 3,00 metros.

## 2.5. CRITERIOS GENERALES DE CÁLCULO.

### 2.5.1. CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA.

Dependiendo de la zona climática donde se encuentre la instalación, se aplica una serie de valores y exigencias mínimas. Los valores que se corresponden con la ubicación de la instalación son:



Por encontrarse el edificio en Ceuta se encuentra en la zona climática V, debiendo de cumplir la siguiente tabla:

**Tabla 2.1. Contribución solar mínima anual para ACS en %.**

| 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 |

Por lo tanto, teniendo en consideración una demanda del edificio de 2.632 l/d (según hoja de cálculo adjunta) y según la tabla anterior, se debe cubrir un mínimo de demanda del 60% de la contribución solar. El sistema solar a emplear en el edificio cubre un total del 85 % de la demanda y el apoyo se realiza mediante kit de resistencia eléctrica en el interacumulador de cada vivienda.

## 2.5.2. DEMANDA ENERGÉTICA POR CONSUMO DE AGUA CALIENTE SANITARIA.

Para valorar las demandas se tomarán los valores unitarios que aparecen en la siguiente tabla:

(Demanda de referencia a 60 °C).

**Tabla 4.1. Demanda de referencia a 60 °C<sup>(1)</sup>**

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

Para el cálculo de la demanda, se han tomado los valores de referencia indicados en el CTE (Código Técnico de Edificación) sección HE 4, sobre contribución mínima de ACS.

En el mismo y según la tabla 3.1 en la pagina HE 4-4, encontramos que la demanda de ACS a 60°C para viviendas unifamiliares es de 28 litros por persona.

Debido a que la temperatura de acumulación será de 60° C, calcularemos la demanda de ACS a temperatura de 60°C para ello se utilizará la siguiente expresión:

$$Di(T) = Di(60\text{ °C}) \times ((60 - T_i) / (T - T_i))$$

Siendo:

D(T): Demanda de agua caliente sanitaria anual a la temperatura T elegida;

Di(T): Demanda de agua caliente sanitaria para el mes i a la temperatura T elegida;

Di(60 °C): Demanda de agua caliente sanitaria para el mes i a la temperatura de 60 °C;

T: Temperatura del acumulador final;

Ti: Temperatura media del agua fría en el mes i.

Como la temperatura elegida es de 60º obtenemos  $D_i(T) = D_i(60\text{ }^{\circ}\text{C})$

**Por tanto la demanda a 60ºC será de 28 litros/persona.**

Siguiendo los criterios del CTE y observando la tabla siguiente:

**Tabla 4.2. Valores mínimos de ocupación de cálculo en uso residencial privado**

| Número de dormitorios | 1   | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | ≥6 |
|-----------------------|-----|---|---|---|---|---|----|
| Número de Personas    | 1,5 | 3 | 4 | 5 | 6 | 6 | 7  |

## 2.6. CALCULO DE LA COBERTURA DEL SISTEMA SOLAR. MÉTODO F-CHART.

Se determina el porcentaje de la demanda energética mensual, o fracción solar mensual, como relación entre dos magnitudes adimensionales  $D_1$  y  $D_2$ , mediante la fórmula siguiente:

$$f = 1,029D_1 - 0,065D_2 - 0,245D_1^2 + 0,0018D_2^2 + 0,0215D_1^3$$

La secuencia que se ha seguido en el cálculo es la siguiente:

1. Cálculo de la radiación solar mensual incidente  $H_{\text{mes}}$  sobre la superficie inclinada de los captadores
2. Cálculo del parámetro  $D_1$
3. Cálculo del parámetro  $D_2$
4. Determinación de la fracción energética mensual  $f$  aportada por el sistema de captación solar, mediante gráficas o ecuaciones
5. Valoración de la cobertura solar anual, grado de cobertura solar o fracción solar anual  $F$

El cálculo de la radiación solar disponible en los captadores solares se efectúa según la siguiente fórmula:

$$H_{\text{mes}} = k_{\text{mes}} \times H_{\text{día}} \times N$$

siendo:

- $H_{mes}$  irradiación, o radiación solar incidente por  $m^2$  de superficie de los captadores por mes, en  $kWh/(m^2 \text{ mes})$
- $k_{mes}$  coeficiente función del mes, de la latitud y de la inclinación de la superficie de captación solar
- $H_{día}$  irradiación, o radiación solar incidente por  $m^2$  de superficie de los captadores por día, en  $kWh/(m^2 \text{ día})$
- $N$  número de días del mes.

Las pérdidas por orientación, inclinación y sombras de la superficie de captación se han evaluado de acuerdo a lo estipulado en la Sección HE4 del DB HE del CTE, para considerar los límites máximos admisibles.

La valoración de las pérdidas por inclinación se han realizado según las tablas del Anexo X del Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE, que definen un factor de corrección  $k$  para superficies inclinadas, que representa el cociente entre la energía total incidente en un día sobre una superficie orientada hacia el ecuador e inclinada un determinado ángulo, y otra horizontal, para todas las latitudes del territorio español. Las correcciones debidas a las sombras y al ángulo de azimut se han realizado según los esquemas del CTE, y se recogen en el Anexo de Cálculo.

El parámetro  $D_1$  expresa la relación entre la energía absorbida por el captador plano  $EA_{mes}$  y la demanda o carga energética mensual del edificio durante un mes,  $DE_{mes}$ .

$$D_1 = \frac{EA_{mes}}{DE_{mes}}$$

La expresión de la energía absorbida por el captador,  $EA_{mes}$ , es la siguiente:

$$EA_{mes} = S_c \times F'_R(\tau\alpha) \times H_{mes}$$

siendo:

- $EA_{mes}$  energía solar mensual absorbida por los captadores, en  $kWh/mes$
- $S_c$  superficie de captación, en  $m^2$
- $H_{mes}$  energía solar mensual incidente sobre la superficie de los captadores, en  $kWh/(m^2 \cdot mes)$
- $F'_R(\tau\alpha)$  factor adimensional, cuya expresión es

$$F'_R(\tau\alpha) = F_R(\tau\alpha)n \times \left[ \frac{(\tau\alpha)}{(\tau\alpha)n} \right] \times \frac{F'_R}{F_R}$$

donde:

$F_R(\tau\alpha)n$  factor de eficiencia óptica del captador, ordenada en origen de la curva característica del captador, dato que debe proporcionar el fabricante

$[(\tau\alpha)/(\tau\alpha)n]$  modificador del ángulo de incidencia. En general se puede tomar como constante:

0,96 superficie transparente sencilla, o

0,94 superficie transparente doble

$F'_R/F_R$  factor de corrección del conjunto captador-intercambiador. Se recomienda tomar el valor 0,95

El parámetro  $D_2$  expresa la relación entre la energía perdida por el captador  $EP_{mes}$ , para una determinada temperatura, y la demanda energética mensual del edificio  $DE_{mes}$ .

$$D_2 = \frac{EP_{mes}}{DE_{mes}}$$

La expresión de las pérdidas del captador es la siguiente:

$$EP_{mes} = S_c \times F'_R U_L \times (100 - T_{AMB}) \times \Delta t \times K_1 \times K_2$$

siendo:

$EP_{mes}$  energía solar mensual perdida por los captadores, en kWh/mes

$S_c$  superficie de captación solar, en m<sup>2</sup>

$F'_R U_L$  factor, en kWh/(m<sup>2</sup> K), cuya expresión es:

$$F'_R U_L = F_R U_L \times \frac{F'_R}{F_R} \times 10^{-3}$$

donde:

$F_R U_L$  coeficiente global de pérdidas del captador, también denominado  $U_0$ , en W/(m<sup>2</sup> K), pendiente de la curva característica del captador solar, dato proporcionado por el fabricante

$F'_R/F_R$  factor de corrección del conjunto captador–intercambiador. Se recomienda tomar el valor 0,95

$T_{AMB}$  temperatura media mensual del ambiente en °C

$\Delta t$  periodo del tiempo considerado, en horas.

$K_1$  factor de corrección por almacenamiento:

$$K_1 = \left[ \frac{V}{75 \times S_c} \right]^{-0,25}$$

donde:

$V$  volumen de acumulación solar, en litros. Se recomienda que el valor de  $V$  sea tal que se cumpla la condición  $50 < V/S_c < 100$

$K_2$  factor de corrección para A.C.S. que relaciona las distintas temperaturas

$$K_2 = \frac{(11,6 + 1,18 T_{AC} + 3,86 T_{AF} - 2,32 T_{AMB})}{(100 - T_{AMB})}$$

donde:

$T_{AC}$  temperatura mínima del agua caliente sanitaria, que establece el apartado 1.1 de la Sección HE4 del DB HE, en 60 °C

$T_{AF}$  temperatura del agua de la red, en °C

$T_{AMB}$  temperatura media mensual del ambiente, en °C.

Se han utilizado las tablas del Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE, pero habrá que considerar las temperaturas de referencia que aparecen en las distintas ordenanzas para considerar las condiciones más desfavorables, en su caso.

La fracción solar anual se calcula por la razón entre la suma de aportaciones solares mensuales y la suma de las demandas energéticas de cada mes:

$$F = \frac{\sum_{mes=1}^{12} EU_{mes}}{\sum_{mes=1}^{12} DE_{mes}}$$

siendo:

$EU_{mes}$  energía útil mensual aportada por la instalación solar para la producción del agua caliente sanitaria del edificio, en kWh/mes, determinada por la siguiente expresión:

$$EU_{mes} = f_{mes} \times DE_{mes}$$

$f_{mes}$  fracción solar mensual

$DE_{mes}$  demanda energética, en kWh/mes.

Una vez realizado el cálculo de la superficie de captadores solares  $S_c$  que cumplan la contribución solar mínima requerida, se podrá calcular la producción solar prevista definitiva  $EU_{mes}$  a partir de la demanda energética  $DE_{mes}$  y la fracción solar mensual.

El resultado de cálculo se aporta como documentación adjunta como Anexo de Cálculo.

## 2.7. CÁLCULO Y DESCRIPCIÓN DEL VOLUMEN DE ACUMULACIÓN.

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

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

$$50 < V/A < 180$$

Siendo:

A la suma de las áreas de los captadores [ $m^2$ ];

V el volumen del depósito de acumulación solar [litros].

Por tanto:

$$A = 30,96 \text{ m}^2$$

$$V = 3000 \text{ litros}$$

$$V/A = 96,89 \quad 50 < 96,89 < 180$$

El sistema de acumulación solar está constituido por un depósito interacumulador de configuración vertical y estará ubicado en un recinto en la planta cubierta.

EL acumulador del sistema lleva válvulas de corte u otros sistemas adecuados para cortar flujos al exterior del depósito no intencionados en caso de daños del sistema

Las características del sistema de acumulación son las siguientes:

|                                                              |                                              |
|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Denominación comercial: AICV026                              | Fabricante: CHROMAGEN                        |
| Volumen (litros): 3.000                                      | Peso en vacío (kg): 460                      |
| Disposición:                                                 | Vertical                                     |
| Dimensiones(con aislamiento):                                | Diámetro (mm): 1.250      Altura (mm): 2.645 |
| Aislamiento (composición, indicar si es exterior o interior) | Poliuretano flexible de 100 mm               |
| Espesor del aislamiento (mm)                                 | 100                                          |
| Temperatura máxima (°C)                                      | 95                                           |
| Presión máxima (bar)                                         | 8                                            |

## 2.8. SISTEMA DE INTERCAMBIO.

### Circuito primario

La potencia se ha determinado para las condiciones de trabajo en las horas centrales suponiendo una radiación solar de 1.000 W/m<sup>2</sup>, un rendimiento de la conversión de energía solar del 50% y cumpliendo la condición  $P \geq 500 \times A$

$$P = 500 \times 30,96 = 15.480 \text{ W}$$

Por lo tanto el intercambiador de inercia que se instala dispone de un serpentín con un superficie de intercambio de 5 m<sup>2</sup> capaz del intercambio de dicha energía.

### Circuito distribución

En el circuito de distribución se instalará en cada vivienda un acumulador con un serpentín que recibirá dicho circuito secundario. Se instalar acumuladores de 100 y 120 litros de capacidad con una superficie de intercambiador de 0,7 m<sup>2</sup>.

## 2.9. CÁLCULOS HIDRÁULICOS.

Cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en las redes de tuberías según la IT 1.2.4.2. , indicando el aislamiento térmico de redes de tuberías, las caídas de presión en componentes y la eficiencia energética de los motores eléctricos.

### Circuito primario.

El circuito primario une los captadores solares con el sistema de intercambiador de inercia y está constituido por tuberías de cobre sanitario formando todo ello un circuito cerrado. Las uniones serán soldadas con aleación de plata, se ha concebido un circuito hidráulico equilibrado en sí mismo.

Las válvulas de acuerdo con las funciones que desempeñan serán de material compatible con las tuberías y son las indicadas en los planos de la instalación correspondientes. Según su función serán válvulas de esfera.

El fluido caloportador de este circuito es agua con un 40% de líquido anticongelante aportado mediante una bomba según esquema de principio, considerando las bajas temperaturas de invierno que pueden ocasionar problemas en las tuberías y captadores.

### Circuito de distribución

El circuito secundario va *desde* el intercambiador externo al acumulador y está constituido por tuberías de polipropileno formando todo ello un circuito cerrado. Las uniones serán roscadas, se ha dispuesto un control de flujo mediante válvulas de equilibrado.

El fluido caloportador de este circuito es agua sin aditivos.

### Circuito de consumo

Circuito por el que circula el agua de consumo hasta cada usuario. Este circuito quedará definido en el capítulo correspondiente de fontanería.

#### 2.9.1. Tuberías.

##### Primario

Emplearemos tuberías de cobre en el circuito primario y supondremos como fluido portador el agua de la red con líquido anticongelante. Procedemos a calcular el diámetro de dicha tubería, para ello usaremos la siguiente expresión:

$$D = j * C^{0,35}$$

Dónde:

D = diámetro interior en cm.

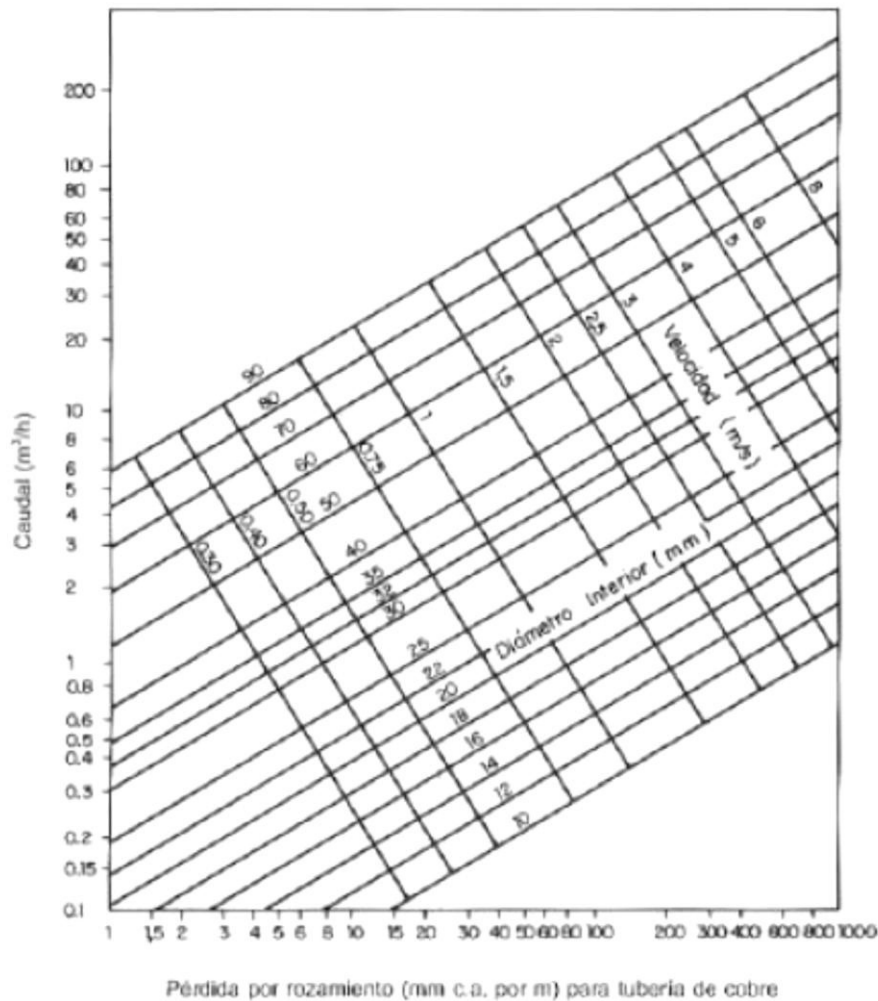
C = caudal en m3/h.

J = 2,2 para tuberías metálicas.

Antes de proceder con el cálculo del diámetro, necesitamos estimar el caudal al que trabajará la instalación. Atendiendo a las prescripciones del fabricante, el caudal de circulación recomendado estará comprendido entre 50 y 75 l/h/mP<sup>2</sup> de superficie colectora, obtenemos las siguientes longitudes y diámetros:

En la elección de los diámetros de las tuberías consideraremos una velocidad máxima de 1,5 m/s y una pérdida de carga de 40 mm.c.a./m.l. y la pérdida de carga en el circuito primario principal no ha de superar los 7 mca.

A partir del ábaco de la siguiente figura podemos determinar la pérdida de carga debida al rozamiento, así como la velocidad del fluido.



### 2.9.2. Pérdida de carga

#### PERDIDAS DE CARGA EN TUBERÍAS Y ACCESORIOS

Conociendo el caudal y el diámetro de la tubería se calcula las pérdidas de carga que no deben de superar los 40 mm.c.a por cada metro lineal de tubería con una velocidad máxima de circulación de fluido de 1,5 m/s, para evitar contaminación acústica según DB-HR.

|                        |        |
|------------------------|--------|
| Caudal (l/h.m2)        | 45     |
| Área unitaria captador | 2,58   |
| Número de captadores   | 12     |
| Nº baterías en serie   | 3      |
| Caudal global (l/h)    | 1393,2 |
| Caudal unitario (l/h)  | 116,1  |

Según hoja de cálculo de circuitos hidráulicos adjunta:

Pérdidas de carga en tramo de tuberías para ida

160,62 mm.c.a.

**Total pérdidas de carga en todo el tramo de tuberías**

**1.459,00 mm.c.a.**

## PERDIDAS DE CARGA EN COLECTOR

|                                               |        |
|-----------------------------------------------|--------|
| Nº de colectores por batería                  | 3      |
| Longitud de la base del colector (m)          | 1,275  |
| Diámetro de tubería exterior del colector     | 22     |
| Caudal batería colectores                     | 457,20 |
| Pérdida de carga longitud del captador (mmca) | 11,21  |
| Velocidad (m/s)                               | 0,29   |
| Diámetro interior                             | 20     |
| mmca/m                                        | 6,73   |

Según hoja de cálculo de circuitos hidráulicos adjunta:

**Total pérdidas de carga del colector 202 mm.c.a**

## PERDIDAS DE CARGA TOTALES

**La pérdida de carga en el circuito primario principal 1,735 m.c.a < 7 mca.**

### 2.9.3. Determinación del aislamiento.

Procedemos a la justificación de la IT 1.2.4.2.

Redes de tuberías.

Tal como indica esta IT todas las tuberías y accesorios, así como equipos, aparatos y depósitos de las instalaciones térmicas dispondrán de un aislamiento térmico cuando contengan fluidos con:

Temperatura mayor que 40 °C cuando están instalados en locales no calefactados, entre los que se deben considerar pasillos, galerías, patinillos, aparcamientos, salas de máquinas, falsos techos y suelos técnicos, entendiendo excluidas las tuberías de torres de refrigeración y las tuberías de descarga de compresores frigoríficos, salvo cuando estén al alcance de las personas.

Cuando las tuberías o los equipos estén instalados en el exterior del edificio, la terminación final del aislamiento deberá poseer la protección suficiente contra la intemperie. En la realización de la estanquidad de las juntas se evitará el paso del agua de lluvia.

Los equipos y componentes y tuberías, que se suministren aislados de fábrica, deben cumplir con su normativa específica en materia de aislamiento o la que determine el fabricante. En particular, todas las superficies frías de los equipos frigoríficos estarán aisladas térmicamente con el espesor determinado por el fabricante.

Para evitar la congelación del agua en tuberías expuestas a temperaturas del aire menores que la de cambio de estado se podrá recurrir a estas técnicas: empleo de una mezcla de agua con anticongelante, circulación del fluido o aislamiento de la tubería calculado de acuerdo a la Norma UNE-EN ISO 12241, apartado 6. También se podrá recurrir al calentamiento directo del fluido incluso mediante «traseado» de la tubería excepto en los subsistemas solares. Para evitar condensaciones intersticiales se instalará una adecuada barrera al paso del vapor; la resistencia total será mayor que 50 MPa.m<sup>2</sup>.s/g. Se considera válido el cálculo realizado siguiendo el procedimiento indicado en el apartado 4.3 de la Norma UNE-EN ISO 12241.

En toda instalación térmica por la que circulen fluidos no sujetos a cambio de estado, en general las que el fluido caloportador es agua, las pérdidas térmicas globales por el conjunto de conducciones no superarán el 4% de la potencia máxima que transporta.

Para el cálculo del aislamiento de la red de tuberías de ACS se utiliza en procedimiento simplificado de la RITE.

En el procedimiento simplificado los espesores mínimos de aislamiento térmicos, expresados en mm, en función del diámetro exterior de la tubería sin aislar y de la temperatura del fluido en la red y para un material con conductividad térmica de referencia a 10 °C de 0,040 W/(m.K) deben ser los indicados en las siguientes tablas.

Los espesores mínimos de aislamiento de equipos, aparatos y depósitos deben ser iguales o mayores que los indicados en las tablas anteriores para las tuberías de diámetro exterior mayor que 140 mm.

Los espesores mínimos de aislamiento de las redes de tuberías que tengan un funcionamiento continuo, como redes de agua caliente sanitaria, deben ser los indicados en las tablas anteriores aumentados en 5 mm.

Los espesores mínimos de aislamiento de las redes de tuberías que conduzcan, alternativamente, fluidos calientes y fríos serán los obtenidos para las condiciones de trabajo más exigentes.

Los espesores mínimos de aislamiento de las redes de tuberías de retorno de agua serán los mismos que los de las redes de tuberías de impulsión.

Los espesores mínimos de aislamiento de los accesorios de la red, como válvulas, filtros, etc., serán los mismos que los de la tubería en que estén instalados.

El espesor mínimo de aislamiento de las tuberías de diámetro exterior menor o igual que 20 mm y de longitud menor que 5 m, contada a partir de la conexión a la red general de tuberías hasta la unidad terminal, y que estén empotradas en tabiques y suelos o instaladas en canaletas interiores, será de 10 mm, evitando, en cualquier caso, la formación de condensaciones.

| Diámetro exterior (mm) | Temperatura máxima del fluido ( °C) |            |             |
|------------------------|-------------------------------------|------------|-------------|
|                        | 40...60                             | > 60...100 | > 100...180 |
| $D \leq 35$            | 35                                  | 35         | 40          |
| $35 < D \leq 60$       | 40                                  | 40         | 50          |
| $60 < D \leq 90$       | 40                                  | 40         | 50          |
| $90 < D \leq 140$      | 40                                  | 50         | 60          |
| $140 < D$              | 45                                  | 50         | 60          |

Por todo ello, dados los diámetros de las tuberías y la temperatura del fluido, se determina un espesor de 35 mm tanto para tuberías de cualquier diámetro como para accesorios.

#### 2.9.4. Bomba de recirculación

##### Primario

Ha de procurarse una velocidad de fluido caloportador adecuada, ya que si ésta es lenta, el calor del colector solar no se evacuará al ritmo necesario, por lo que la temperatura del absorbedor aumentará, provocando un mayor nivel de pérdidas, y por tanto, una disminución del rendimiento.

Según el art. 3.3.5.3 de la DB-HE4, para instalaciones con superficies superiores a 50 m<sup>2</sup> se montaran dos bombas idénticas en paralelo, dejando una de reserva, tanto en el circuito primario como en el secundario, se proveerá el funcionamiento alternativo de las mismas de forma manual o automático.

Para calcular la potencia aproximada de la bomba necesaria hacemos uso de la siguiente expresión.

$$P = C * \Delta p$$

Donde:

P = Potencia eléctrica en vatios.

C = Caudal en m<sup>3</sup>/s

$\Delta p$  = Pérdida de carga de la instalación en Pascales

#### CIRCUITO PRIMARIO

Se estima un caudal por panel solar de 45 l/h/m<sup>2</sup> (según fabricante), y puesto que cada unidad tiene una superficie útil de 2,46 m<sup>2</sup>, tenemos un caudal por panel solar de 116,1 l/h.

Por tanto:

$$\text{Caudal total de la bomba} = 116,10 \text{ l/h} \times 12 \text{ paneles} = 1.393,20 \text{ l/h.}$$

$$1.393,20 \text{ l/h} / 1000 = 1,39 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$1,39 \text{ m}^3/\text{h} / 3600 = 0,000387 \text{ m}^3/\text{s}$$

Pérdida de carga: Tal y como determinamos en el apartado 2.9.2 tenemos una pérdida de carga en el circuito primario de 1.735 mm.c.a., siendo 1 mm.c.a. = 9,806 Pa

La pérdida de carga del circuito primario será:

$$1.735 \times 9,806 = 17.013,41 \text{ Pa.}$$

Potencia teórica bomba:

$$P = C * \Delta p = 0,000387 * 17.013,41 = 6,58 \text{ W}$$

Si consideramos que el rendimiento del electrocirculador será del 25%, tendremos una potencia nominal de:

$$P_N = 6,58 / 0,25 = 26,33 \text{ W}$$

Se empleará una bomba de recirculación Marca CHROMAGEN modelo BWIS016, de 47 W de potencia y una presión máxima de trabajo de 10 bar.

#### CIRCUITO DE DISTRIBUCIÓN

Del mismo modo, la red de distribución de tuberías a viviendas dispone de una bomba de recirculación Marca CHROMAGEN modelo BWIS019, de 170 W de potencia y una presión máxima de trabajo de 16 bar.

### 2.9.5. Sistema de expansión

Dispondremos de un vaso de expansión cerrado para el circuito primario y otro para el circuito de distribución. La presión de tarado del vaso debe ser tal que la membrana interior no sufra deformación en

condiciones de puesta en marcha con el circuito primario lleno y frío, por lo que la presión del tarado debe igualarse con la suma de la presión de llenado inicial del circuito más la presión estática soportada por el vaso (1 kg. Por cada 10 m.c.a.).

#### CIRCUITO PRIMARIO

Se ha calculado de forma aproximada la capacidad total del circuito y se ha optado por un vaso de expansión Marca CHROMAGEN Modelo ZVSS008 de 50 litros.

#### CIRCUITO DE DISTRIBUCIÓN

Se ha calculado de forma aproximada la capacidad total del circuito y se ha optado por un vaso de expansión Marca CHROMAGEN Modelo ZVSS013 de 200 litros.

### 2.9.6. Purgadores y desairadores

Se dispondrá de un sistema de purga en la batería de colectores. El volumen útil del botellín de desaireación será de 15 cm<sup>3</sup> por m<sup>2</sup> de colector, lo que en nuestro caso equivale a un volumen útil de 464,40 cm<sup>3</sup>.

### 2.10. SISTEMA DE CONTROL.

El sistema de control instalado es del tipo con depósito de acumulación solar asegura el correcto funcionamiento de la instalación obteniendo un buen aprovechamiento de la energía solar captada y asegurando un uso adecuado de la energía auxiliar.

El control de funcionamiento normal de las bombas del circuito actúa 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 está ajustado de manera que las bombas no estén en marcha cuando la diferencia de temperaturas sea menor de 2 °C y no estén paradas cuando la diferencia sea mayor de 7 °C. La diferencia de temperaturas entre los puntos de arranque y de parada de termostato diferencial no será menor que 2 °C.

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 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.

El sistema de control asegura que en ningún caso se alcancen temperaturas 100º superiores a las máximas soportadas por los materiales, componentes y tratamientos de los circuitos, y que en ningún punto la temperatura del fluido de trabajo descienda por debajo de una temperatura 3 °C superior a la de congelación del fluido.

### 2.11. SISTEMA DE MEDIDA.

La instalación dispone de los suficientes aparatos de medida de presión y temperatura que permiten su correcto funcionamiento, por tratarse de una instalación superior a 20 m<sup>2</sup> se dispone de un sistema analógico de medida local y registro de datos que indique como mínimo las siguientes variables:

- temperatura de entrada agua fría de red
- temperatura de salida acumulador solar
- caudal de agua fría de red

### 2.12. FLUIDO CALOPORTADOR

Para evitar heladas y para producir un buen intercambio térmico se llenará el circuito primario con líquido caloportador con una proporción de mezcla de concentrado 40% a base de 1,2 propilenglicol.

### CONCLUSIONES FINALES.

Con lo descrito en esta memoria y demás documentación que se acompaña, se considera suficientemente aclaradas y justificada la instalación objeto de este proyecto, tanto para su ejecución como para obtener la autorización previa y puesta en servicio de los Organismos competentes de la Administración.

---

## ANEXO CALCULOS

---

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

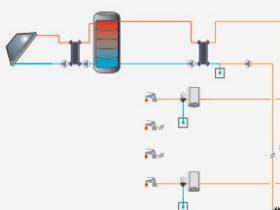
### Datos del proyecto

|                     |                |
|---------------------|----------------|
| Nombre del proyecto | BLOQUE 1 CEUTA |
| Comunidad           |                |
| Localidad           |                |
| Dirección           |                |

### Datos del autor

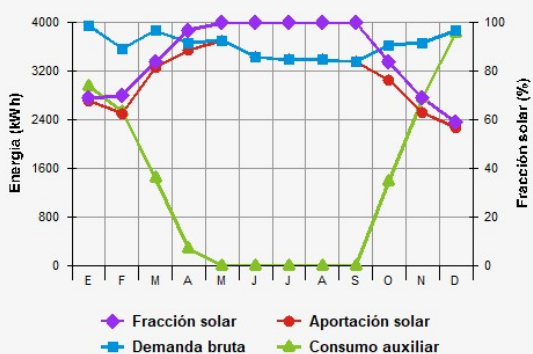
|                       |  |
|-----------------------|--|
| Nombre                |  |
| Empresa o institución |  |
| Email                 |  |
| Teléfono              |  |

### Características del sistema solar



|                                   |     |     |     |     |     |                                                   |     |     |     |     |     |     |  |
|-----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|---------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| Localización de referencia        |     |     |     |     |     | Ceuta (Ceuta)                                     |     |     |     |     |     |     |  |
| Altura respecto la referencia [m] |     |     |     |     |     | 0                                                 |     |     |     |     |     |     |  |
| Sistema seleccionado              |     |     |     |     |     | Instalación con consumo múltiple semicentralizada |     |     |     |     |     |     |  |
| Demanda [l/día a 60°C]            |     |     |     |     |     | 2.237                                             |     |     |     |     |     |     |  |
| 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 [%]                    | 85     |
| Demanda neta [kWh]                    | 43.529 |
| Demanda bruta [kWh]                   | 43.529 |
| Aporte solar [kWh]                    | 37.184 |
| Consumo auxiliar [kWh]                | 15.246 |
| Reducción de emisiones de [kg de CO2] | 13.275 |

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

### Cálculo del sistema de referencia

De acuerdo al apartado 2.2.1 de la sección HE4, la contribución solar mínima podrá sustituirse parcial o totalmente mediante una instalación alternativa de otras energías renovables, procesos de cogeneración o fuentes de energía residuales procedentes de la instalación de recuperadores de calor ajenos a la propia instalación térmica del edificio.

Para poder realizar la sustitución se justificará documentalmente que las emisiones de dióxido de carbono y el consumo de energía primaria no renovable, debidos a la instalación alternativa y todos sus sistemas auxiliares para cubrir completamente la demanda de ACS, o la demanda total de ACS y calefacción si se considera necesario, son iguales o inferiores a las que se obtendrían mediante la correspondiente instalación solar térmica y el sistema de referencia (se considerará como sistema de referencia para ACS, y como sistema de referencia para calefacción, una caldera de gas con rendimiento medio estacional de 92%).

|                                   |        |
|-----------------------------------|--------|
| Demanda ACS total [kWh]           | 43.529 |
| Demanda ACS de referencia [kWh]   | 6.345  |
| Demanda calefacción CALENER [kWh] | 0      |
| Consumo energía primaria [kWh]    | 8.242  |
| Emisiones de CO2 [kg CO2]         | 1.738  |

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                     | PA-F ( CHROMAGEN ESPAÑA, S.L.U) | <input type="checkbox"/> |
| Contraseña de certificación               | NPS-17117 - Verificar vigencia  | <input type="checkbox"/> |
| Número de captadores                      | 18,0                            | <input type="checkbox"/> |
| Número de captadores en serie             | 1,0                             | <input type="checkbox"/> |
| Pérdidas por sombras (%)                  | 0,0                             | <input type="checkbox"/> |
| Orientación [°]                           | 0,0                             | <input type="checkbox"/> |
| Inclinación [°]                           | 40,0                            | <input type="checkbox"/> |
| <b>Circuito primario/secundario</b>       |                                 |                          |
| Caudal circuito primario [l/h]            | 3.344,0                         | <input type="checkbox"/> |
| Porcentaje de anticongelante [%]          | 15,0                            | <input type="checkbox"/> |
| Longitud del circuito primario [m]        | 20,0                            | <input type="checkbox"/> |
| Diámetro de la tubería [mm]               | 30,0                            | <input type="checkbox"/> |
| Espesor del aislante [mm]                 | 35,0                            | <input type="checkbox"/> |
| Tipo de aislante                          | genérico                        | <input type="checkbox"/> |
| <b>Sistema de apoyo</b>                   |                                 |                          |
| Tipo de sistema                           | Caldera eléctrica               | <input type="checkbox"/> |
| Tipo de combustible                       | Electricidad                    | <input type="checkbox"/> |
| <b>Acumulación</b>                        |                                 |                          |
| Volumen [l]                               | 3.000,0                         | <input type="checkbox"/> |
| <b>Distribución</b>                       |                                 |                          |
| Longitud del circuito de distribución [m] | 25,0                            | <input type="checkbox"/> |
| Diámetro de la tubería [mm]               | 40,0                            | <input type="checkbox"/> |
| Espesor del aislante [mm]                 | 30,0                            | <input type="checkbox"/> |
| Tipo de aislante                          | genérico                        | <input type="checkbox"/> |
| <b>Distribución subestaciones</b>         |                                 |                          |
| Longitud del circuito de distribución [m] | 5,0                             | <input type="checkbox"/> |
| Diámetro de la tubería [mm]               | 25,0                            | <input type="checkbox"/> |
| Espesor del aislante [mm]                 | 30,0                            | <input type="checkbox"/> |
| Tipo de aislante                          | genérico                        | <input type="checkbox"/> |

## DATOS GEOGRAFICOS Y CLIMATOLÓGICOS

|                                          |                                         |         |       |       |       |       |       |        |       |       |       |       |       |
|------------------------------------------|-----------------------------------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Localidad                                | Ceuta                                   |         |       |       |       |       |       |        |       |       |       |       |       |
| Zona climática s/ CTE-HE4                | IV                                      |         |       |       |       |       |       |        |       |       |       |       |       |
| Zona Climática s/ CTE-HE1                | B3                                      |         |       |       |       |       |       |        |       |       |       |       |       |
| Latitud de cálculo:                      | 36°                                     |         |       |       |       |       |       |        |       |       |       |       |       |
| Origen datos de radiación solar          | Pliego Instalaciones solar térmica IDAE |         |       |       |       |       |       |        |       |       |       |       |       |
|                                          | Enero                                   | Febrero | Marzo | Abril | Mayo  | Junio | Julio | Agosto | Sept. | Oct.  | Nov.  | Dic.  | Anual |
| Tª. media agua red [°C]:                 | 11,00                                   | 11,00   | 12,00 | 13,00 | 14,00 | 16,00 | 18,00 | 18,00  | 17,00 | 15,00 | 13,00 | 12,00 | 14,17 |
| Tª. media mensual en horas diurnas [°C]: | 15,00                                   | 15,00   | 16,00 | 17,00 | 19,00 | 23,00 | 25,00 | 26,00  | 24,00 | 21,00 | 18,00 | 16,00 | 0,00  |
| Rad. horiz. [MJ/m² día]:                 | 8,90                                    | 13,10   | 18,60 | 21,00 | 24,30 | 26,70 | 26,80 | 24,30  | 19,10 | 14,20 | 11,00 | 8,60  | 18,05 |

## CALCULO DE NECESIDADES DE ACS

[illegible]

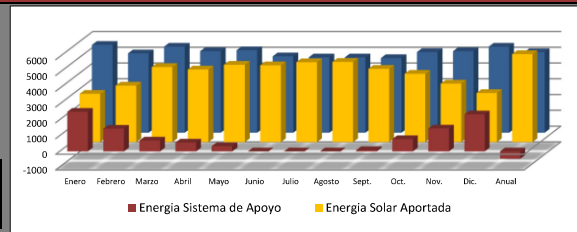
## VOLUMEN DE ACUMULACION Y PERDIDAS DE CIRCUITO

|                                              |                                                                                                             |                                    |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Temperatura de acumulación ACS               | 60 °C                                                                                                       |                                    |
| Máxima acumulación de agua                   | 2.632 l                                                                                                     |                                    |
| Estimación de pérdidas térmicas del circuito | 20%                                                                                                         |                                    |
| Consumo de agua a máxima ocupación           | 2632 l/d                                                                                                    |                                    |
| Volumen de acumulación máximo                | 8359 l                                                                                                      | Valor en función del nº de paneles |
| Volumen de acumulación mínimo                | 2632 l                                                                                                      | Valor en función del nº de paneles |
| Acumulador 1                                 | SD Acumulador BDLE 3000  |                                    |
| nº acumuladores tipo 1                       | 1                                                                                                           | 3.000 litros                       |
| Acumulador 1                                 |                                                                                                             |                                    |
| nº acumuladores tipo 1                       | 0                                                                                                           | 00 litros                          |
| Volumen de acumulación proyectado            | 3.000 l                                                                                                     |                                    |
| Relación Volumen / Área de captación         | 64,60                                                                                                       | Valor entre 50 y 180               |

|        |                  |
|--------|------------------|
| CUMPLE | CTE-HE4/2.2.24.5 |
| CUMPLE | CTE-HE4/2.2.24.5 |

## CAPTADORES. GEOMETRÍA Y CARACTERÍSTICAS

|                                    |                                              |            |                                                                                     |
|------------------------------------|----------------------------------------------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Angulo de inclinación ( $\beta$ )  | 40°                                          | optimo 36° |  |
| Azimut respecto a Sur ( $\alpha$ ) | 0°                                           | optimo 0°  |                                                                                     |
| Nº Captadores                      | 18                                           |            |                                                                                     |
| Contribución anual del sistema     | 85,85%                                       | Mínimo 50% |                                                                                     |
| Marca / Modelo                     | Saurin Duval SRV 2.3 (cub. Plana/panel vert) |            |                                                                                     |

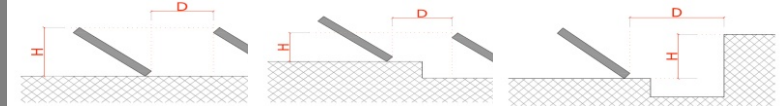


|                                                                      |                           |
|----------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Superficie útil del colector ( $m^2$ )                               | 2,58m <sup>2</sup>        |
| Longitud del panel en max. pendiente (m)                             | 2,19m                     |
| Factor de eficiencia del colector:                                   | 0,801                     |
| Coefficiente global de pérdida $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$              | 3,195                     |
| Area total de captadores proyectada                                  | <b>46,44m<sup>2</sup></b> |
| Factor de modificación del ángulo de incidencia                      | <b>0,96</b>               |
| Factor de corrección captador - intercambiador                       | <b>0,95</b>               |
| Factor de eficacia corregida del colector                            | 0,73                      |
| Coefficiente global de pérdida corregido ( $KW/m^2 \cdot ^\circ C$ ) | 0,0030                    |
| Altura del captador (H)                                              | 1,41 m                    |
| Distancia mínima entre captadores o peto (D)                         | 3,01 m                    |

| EXCESO CONTRIBUCIÓN SOLAR |                    |
|---------------------------|--------------------|
|                           | >100% max 3 meses  |
|                           | >110% no permitido |

| Enero  | Febrero | Marzo  | Abril  | Mayo   | Junio   | Julio   | Agosto  | Sept.  | Oct.   | Nov.   | Dic.   |
|--------|---------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|
| 54,91% | 71,18%  | 87,24% | 89,06% | 93,74% | 100,59% | 106,08% | 106,51% | 98,24% | 84,67% | 71,71% | 57,02% |

0,94 superficie transparente doble y 0,96 sup. Trans. Sencilla



**CALCULO DE DEMANDA ENERGÉTICA**

Calculo de la Instalación por el método de curvas f (F-Chart).

Ecuación de la fracción de carga calorífica mensual aportada:  $f = 1,029D1 - 0,065D2 - 0,245D1^2 + 0,0018D2^2 + 0,215D1^3$

**1.- DEMANDA POR CONSUMO A.C.S**

|                                                      | Enero  | Febrero | Marzo  | Abril  | Mayo   | Junio  | Julio  | Agosto | Sept.  | Oct.   | Nov.   | Dic.   | Anual         |              |
|------------------------------------------------------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------|--------------|
| Días computables                                     | 31     | 28      | 31     | 30     | 31     | 30     | 31     | 31     | 30     | 31     | 30     | 31     | 30            | días/mes     |
| Consumo mensual de agua a 60º                        | 81,592 | 73,696  | 81,592 | 78,960 | 81,592 | 78,960 | 81,592 | 81,592 | 78,960 | 81,592 | 78,960 | 81,592 | <b>80,057</b> | litros ACS/m |
| Consumo mensual corregido s/ Tº acumulación          | 81,592 | 73,696  | 81,592 | 78,960 | 81,592 | 78,960 | 81,592 | 81,592 | 78,960 | 81,592 | 78,960 | 81,592 | <b>80,057</b> | litros ACS/m |
| Incremento Tº, [ºC]                                  | 49,00  | 49,00   | 48,00  | 47,00  | 46,00  | 44,00  | 42,00  | 42,00  | 43,00  | 45,00  | 47,00  | 48,00  | 45,83         | ºC           |
| Energía necesaria por consumo de ACS (kWh)           | 4,638  | 4,189   | 4,543  | 4,305  | 4,354  | 4,030  | 3,975  | 3,975  | 3,939  | 4,259  | 4,305  | 4,543  | <b>4,255</b>  | kWh/mes      |
| Mayoración por pérdidas de Intercambio y Circulación | 5,565  | 5,027   | 5,452  | 5,166  | 5,224  | 4,836  | 4,770  | 4,770  | 4,726  | 5,111  | 5,166  | 5,452  | <b>5,105</b>  | kWh/mes      |
|                                                      |        |         |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | <b>61,265</b> | kWh/año      |

**2.- ENERGIA ABSORBIDA POR CAPTADORES**

|                                          | Enero  | Febrero | Marzo  | Abril  | Mayo   | Junio  | Julio  | Agosto | Sept.  | Oct.   | Nov.   | Dic.   | Anual         |            |
|------------------------------------------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------|------------|
| Días computables                         | 31     | 28      | 31     | 30     | 31     | 30     | 31     | 31     | 30     | 31     | 30     | 31     | 30            | días       |
| Rad. horiz. [kJ/m²/día]                  | 8,90   | 13,10   | 18,60  | 21,00  | 24,30  | 26,70  | 26,80  | 24,30  | 19,10  | 14,20  | 11,00  | 8,60   | 18,05         | kJ/m² día  |
| Factor de corrección por inclinación (k) | 1,33   | 1,24    | 1,12   | 1      | 0,91   | 0,88   | 0,91   | 1,01   | 1,16   | 1,32   | 1,43   | 1,41   | 1,14          |            |
| Factor de corrección por orientación     | 1,00   | 1,00    | 1,00   | 1,00   | 1,00   | 1,00   | 1,00   | 1,00   | 1,00   | 1,00   | 1,00   | 1,00   | 1,00          |            |
| Factor de corrección por sombras         | 1,00   | 1,00    | 1,00   | 1,00   | 1,00   | 1,00   | 1,00   | 1,00   | 1,00   | 1,00   | 1,00   | 1,00   | 1,00          |            |
| Factor de corrección total               | 1,33   | 1,24    | 1,12   | 1,00   | 0,91   | 0,88   | 0,91   | 1,01   | 1,16   | 1,32   | 1,43   | 1,41   | 1,14          |            |
| Radiación solar incidente (KWh/m² mes)   | 101,93 | 126,34  | 179,39 | 175,00 | 190,42 | 195,80 | 210,01 | 211,34 | 184,63 | 161,41 | 131,08 | 104,42 | 164,31        | KWh/m² mes |
| Radiación solar absorbida (KWh/mes)      | 3,458  | 4,286   | 6,086  | 5,937  | 6,460  | 6,643  | 7,125  | 7,170  | 6,264  | 5,476  | 4,447  | 3,542  | <b>5,574</b>  | KWh/mes    |
|                                          |        |         |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | <b>66,892</b> | KWh/año    |

**3.- CALCULO DE ENERGIA APORTADA**

|                                                        | Enero   | Febrero | Marzo   | Abril   | Mayo    | Junio   | Julio   | Agosto  | Sept.   | Oct.    | Nov.    | Dic.    | Anual  |              |
|--------------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------------|
| Relación entre radiación absorbida y energía demandada | 0,62    | 0,85    | 1,12    | 1,15    | 1,24    | 1,37    | 1,49    | 1,50    | 1,33    | 1,07    | 0,86    | 0,65    | 1,09   | valor D1     |
| Factor de corrección por almacenamiento                | 0,50    | 0,50    | 0,50    | 0,50    | 0,50    | 0,50    | 0,50    | 0,50    | 0,50    | 0,50    | 0,50    | 0,50    | 0,50   | valor K1     |
| Factor de corrección para acs según su temperatura     | 0,24    | 0,24    | 0,26    | 0,28    | 0,28    | 0,27    | 0,32    | 0,29    | 0,30    | 0,28    | 0,26    | 0,26    | 0,27   | valor K2     |
| Energía mensual perdida por el captador                | 59,50   | 53,74   | 64,02   | 66,33   | 66,25   | 59,68   | 70,71   | 63,90   | 64,05   | 63,96   | 59,74   | 64,02   | 62,99  | KWh/mes      |
| Relación entre energía perdida y demanda mensual       | 0,01    | 0,01    | 0,01    | 0,02    | 0,02    | 0,01    | 0,02    | 0,02    | 0,02    | 0,02    | 0,01    | 0,01    | 0,01   | valor D2     |
| Porcentaje de energía aportado por el sistema solar    | 54,91%  | 71,18%  | 87,24%  | 89,06%  | 93,74%  | 100,59% | 106,08% | 106,51% | 98,24%  | 84,67%  | 71,71%  | 57,02%  | 85,85% | valor f en % |
| Energía necesaria por consumo de ACS (kWh)             | 5565,23 | 5026,66 | 5451,65 | 5165,88 | 5224,50 | 4836,14 | 4770,19 | 4770,19 | 4726,23 | 5110,92 | 5165,88 | 5451,65 | 5,105  | kWh/mes      |
| Energía aportada por el sistema solar                  | 3055,90 | 3577,85 | 4755,83 | 4600,84 | 4897,49 | 4864,64 | 5060,30 | 5080,74 | 4643,06 | 4327,36 | 3704,26 | 3108,35 | 5,574  | kWh/mes      |
| Energía aportada por sistema de apoyo                  | 2509,33 | 1448,80 | 695,82  | 565,04  | 327,00  | 0,00    | 0,00    | 0,00    | 83,17   | 783,57  | 1461,62 | 2343,30 | -469   | kWh/mes      |

|  | Enero  | Febrero | Marzo  | Abril  | Mayo   | Junio   | Julio   | Agosto  | Sept.  | Oct.   | Nov.   | Dic.   | Anual         |
|--|--------|---------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|---------------|
|  | 54,91% | 71,18%  | 87,24% | 89,06% | 93,74% | 100,59% | 106,08% | 106,51% | 98,24% | 84,67% | 71,71% | 57,02% | <b>85,85%</b> |

**CUMPLIMIENTO CTE DB-HE4 / 2013**

**1.- CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA**

**CTE-HE4 Tabla 2.1**

|                                          |                      |
|------------------------------------------|----------------------|
| Capital de Provincia                     | Ceuta                |
| Zona climática                           | IV                   |
| Demanda total de agua caliente sanitaria | 2632 l/d             |
| Contribución solar anual mínima (%)      | 50,00%               |
| Contribución solar anual calculada (%)   | 85,85% <b>CUMPLE</b> |

**2.- PERDIDAS LIMITE**

**CTE-HE4 Tabla 2.4**

|                                                 |                     |
|-------------------------------------------------|---------------------|
| Disposición de los paneles                      | General             |
| Perdida límite por orientación e inclinación    | 10,00%              |
| Perdida calculada por orientación e inclinación | 0,20% <b>CUMPLE</b> |
| Perdida límite por sombras                      | 10,00%              |
| Perdida calculada por sombras                   | 0,00% <b>CUMPLE</b> |
| Perdida límite TOTAL                            | 15,00%              |
| Perdida calculada TOTAL                         | 0,20% <b>CUMPLE</b> |

**3.- EXCESO DE CONTRIBUCIÓN SOLAR**

**CTE-HE4 2.1.4**

|                                                                 |               |
|-----------------------------------------------------------------|---------------|
| Ningún mes supera una contribucion del 110%                     | <b>CUMPLE</b> |
| No se supera el 100% de contribución en más de 3 meses seguidos | <b>CUMPLE</b> |