

## **TRABAJO FIN DE MÁSTER**

# **PROYECTO DE INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA DE UN EDIFICIO EN LA CIUDAD DE VALENCIA**



**Alumno**

**José Antonio Gracia Montoya**

**Director**

**Vicente Luis Ferrández-Villena Garcia**

**Co-Director**

**Manuel Ferrández-Villena Garcia**

**SEPTIEMBRE 2015**

## AUTORIZACIÓN DE ASIGNACIÓN DEL TFM

D. Manuel Ferrández-Villena García, Director del Máster Universitario en Gestión y Diseño de Proyectos e Instalaciones impartido en la Universidad Miguel Hernández de Elche, autoriza al alumno **D. José Antonio Gracia Montoya** a realizar el Trabajo Fin de Máster titulado “**Proyecto de instalación solar térmica de un edificio en la ciudad de Valencia**”, bajo la dirección como tutor de D. Vicente Luis Ferrández-Villena García y como co-tutor de D. Manuel Ferrández-Villena García, debiendo cumplir las normas establecidas en la redacción del mismo que están a su disposición en la plataforma virtual (<http://epsovirtual.umh.es>) y en la página Web del Máster ([http://epsovirtual.umh.es/master\\_proyectos](http://epsovirtual.umh.es/master_proyectos)).

Orihuela a 8 de junio de  
2015

El Director del Máster Universitario en  
Gestión y Diseño de Proyectos e Instalaciones



Fdo: D. Manuel Ferrández-Villena  
García

## ❖ **OBJETIVOS DEL PROYECTO.-**

El conjunto del presente documento dotará a todo el inmueble de las infraestructuras necesarias para la instalación del sistema de energía solar térmica. Asimismo los condicionantes que mueven con especial cuidado el objeto de este proyecto son:

- Diseñar el sistema solar térmico de manera que se integre armónicamente con las soluciones arquitectónicas y con el resto de instalaciones de confort térmico adoptadas en el edificio.
- Establecer las características técnicas que deberán cumplir todos los elementos que compongan la instalación solar térmica: captadores solares, tuberías, aislamientos, vasos de expansión, sistema de bombeo, fluido de trabajo (fluido caloportador de ahora en adelante), sistema de acumulación e intercambio, válvulas, sistema de regulación y control, etc.
- Conseguir el máximo rendimiento del sistema solar en los meses de más frío, que es cuando se genera más demanda de energía térmica y se dispone de menos radiación solar. Y evitar sobrecalentamientos en los meses de más calor que acaban deteriorando la instalación. Para ello se deberá dimensionar correctamente la instalación, implementar un exhaustivo sistema de control y regulación, minimizar las pérdidas térmicas, seleccionar adecuadamente los elementos de la instalación (como por ejemplo el modelo del captador solar), etc.
- Dotar al sistema solar de protección antilegionela escogiendo una configuración que no implique acumulaciones de ACS, evitando así cualquier riesgo de infección por legionelosis.

## ❖ **ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO.-**

El presente documento está estructurado de manera que en el *CAPÍTULO I DESCRIPCIÓN BÁSICA DE UN SISTEMA SOLAR TÉRMICO PARA ACS* se explicarán los diferentes elementos que integran un sistema de energía solar térmica, tales como: captadores solares, depósitos acumuladores, elementos de transferencia de calor (fluido caloportador, intercambiadores, tuberías, etc.), regulaciones, etc.. así como los criterios de selección.

En el *CAPÍTULO II* se tratará todo lo referente a la *MEMORIA DESCRIPTIVA* del proyecto. Se analizará profundamente el cálculo y dimensionado de la instalación, en base a la demanda energética de las viviendas, cumpliendo con la legislación vigente.

En el *CAPÍTULO III* se incluye el *PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS* que se debe cumplir en el proyecto técnico.

En el *CAPÍTULO IV* se detallará el *PRESUPUESTO* de la instalación solar.

Finalmente, en el *CAPÍTULO V* se incluirán los *PLANOS* del edificio, situación geográfica, esquema de principio de la instalación, disposición de los captadores solares, ubicación de la instalación en la cubierta del edificio, trazado del circuito hidráulico del campos solar y distancia entre batería de captadores.

Especificaciones técnicas de los diferentes elementos que integran la instalación y que han ayudado a elaborar este documento.



# INDICE

## **CAPÍTULO I** MEMORIA BÁSICA DE UN SISTEMA SOLAR TÉRMICO PARA ACS

### I.-TIPOLOGÍA DE UN SISTEMA SOLAR TÉRMICO

<b>I.1.-SUBSISTEMA DE CAPTACIÓN</b> .....	1
<b>I.2.-SUBSISTEMA DE ACUMULACIÓN</b> .....	2
<b>I.3.-SUBSISTEMA DE TERMOTRANSFERENCIA</b> .....	4
➤ <b>INTERCAMBIADOR</b> .....	4
➤ <b>TUBERÍAS</b> .....	5
➤ <b>FLUIDO CALOPORTADOR</b> .....	5
➤ <b>BOMBAS CIRCULATORIAS</b> .....	6
➤ <b>VASO DE EXPANSIÓN</b> .....	7
<b>I.4.-SUBSISTEMA DE REGULACIÓN Y CONTROL</b> .....	7
<b>I.5.-SUBSISTEMA DE ENERGÍA AUXILIAR</b> .....	8
<b>I.6.-OTROS ELEMENTOS</b> .....	9
➤ <b>VÁLVULAS</b> .....	9
➤ <b>AISLAMIENTOS</b> .....	10

## **CAPÍTULO II** CÁLCULOS

### II.- DATOS GENERALES

<b>II.1.- DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO</b> .....	12
<b>II.2.- LEGISLACIÓN VIGENTE PARA ENERGÍA SOLAR</b> .....	12
<b>II.3.- DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA</b> .....	13
<b>II.3.1.- FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA SOLAR</b> .....	14
<b>II.4.- DATOS INICIALES</b> .....	16
<b>II.5.- DEMANDA DE ENERGÍA TÉRMICA</b> .....	16
<b>II.5.1.- TEMPERATURA DE USO</b> .....	17
<b>II.5.2.- CÁLCULO DE LA DEMANDA DE ACS</b> .....	17

<b>II.5.3.- CÁLCULO DE LA DEMANDA ENERGÉTICA.....</b>	18
<b>II.5.4.- DATOS CLIMATOLÓGICOS ANUALES.....</b>	18
<b>II.5.5.- CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA ANUAL.....</b>	19
<b>II.5.6.- PERFIL DE CONSUMO HORARIO.....</b>	19
<b>II.6.- ESTUDIO TÉCNICO Y DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN SOLAR</b>	
<b>II.6.1.- SUBCONJUNTO DE CAPTACIÓN.....</b>	19
<b>II.6.1.i.- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL MODELO DE CAPTADOR UTILIZADO.....</b>	20
<b>II.6.1.ii.- CÁLCULO DE LA SUPERFICIE DEL CAMPO DE CAPTACIÓN.....</b>	20
<b>II.6.1.iii.- DISPOSICIÓN, ORIENTACIÓN, INCLINACIÓN Y SOMBRAS DEL CAMPO DE CAPTACIÓN.....</b>	26
<b>II.6.1.iii.a.- CÁLCULO DE PERDIDAS POR ORIENTACIÓN, INCLINACIÓN Y SOMBRAS.....</b>	28
<b>II.6.1.iv.- ESTRUCTURAS DE SOPORTE.....</b>	31
<b>II.6.2.- SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRECALENTAMIENTOS. SISTEMAS DE DISIPACIÓN.....</b>	31
<b>II.6.3.- CIRCUITO PRIMARIO SOLAR.....</b>	32
<b>II.6.3.i.- FLUIDO CALOPORTADOR.....</b>	32
<b>II.6.3.ii.- CAUDAL DEL CIRCUITO PRIMARIO.....</b>	33
<b>II.6.3.iii.- TUBERÍAS DEL CIRCUITO PRIMARIO.....</b>	33
<b>II.6.3.iv.- AISLAMIENTO DE LAS TUBERÍAS.....</b>	36
<b>II.6.3.v.- SELECCIÓN DEL INTERCAMBIADOR DEL CIRCUITO PRIMARIO.....</b>	36
<b>II.6.3.vi.- SELECCIÓN DE LA BOMBA DEL CIRCUITO PRIMARIO.....</b>	37
<b>II.6.4.- OTROS ELEMENTOS DEL CIRCUITO PRIMARIO.....</b>	38
<b>II.6.4.i.- VASO DE EXPANSIÓN.....</b>	39
<b>II.6.4.ii.- VÁLVULAS DE SEGURIDAD.....</b>	40
<b>II.6.4.iii.- VÁLVULAS DE CORTE.....</b>	40
<b>II.6.4.iv.- VÁLVULAS ANTIRETORNO.....</b>	40
<b>II.6.4.v.- PURGADORES.....</b>	40
<b>II.6.5.- CIRCUITO SECUNDARIO SOLAR.....</b>	41
<b>II.6.5.i.- VASO DE EXPANSIÓN.....</b>	41
<b>II.6.5.ii.- TUBERÍAS DEL CIRCUITO SECUNDARIO.....</b>	42
<b>II.6.5.iii.- SELECCIÓN DE LA BOMBA DEL CIRCUITO SECUNDARIO.....</b>	42
<b>II.6.6.- SUBCONJUNTO DE ACUMULACIÓN.....</b>	43
<b>II.6.6.i.- CONEXIONADO DE LOS ACUMULADORES.....</b>	44
<b>II.6.7.- SUBCONJUNTO DE ENERGÍA AUXILIAR.....</b>	45
<b>II.6.8.- CIRCUITO DE DISTRIBUCIÓN.....</b>	45
<b>II.6.8.i.- EQUIPO DE INTERCAMBIO INDIVIDUAL.....</b>	46

<b>II.6.8.ii.- CAUDAL NOMINAL DEL CIRCUITO PRIMARIO DEL INTERCAMBIADOR INDIVIDUAL.....</b>	<b>47</b>
<b>II.6.8.iii.- CAUDAL TOTAL DEL CIRCUITO DE DISTRIBUCIÓN.....</b>	<b>47</b>
<b>II.6.8.iv.- TUBERÍAS DEL CIRCUITO DE DISTRIBUCIÓN .....</b>	<b>48</b>
<b>II.6.8.v.- SELECCIÓN DE LA BOMBA DE RECIRCULACIÓN .....</b>	<b>48</b>
<b>II.6.9.- SUBCONJUNTO DE REGULACIÓN Y CONTROL .....</b>	<b>49</b>

## **CAPÍTULO III** PLIEGO DE CONDICIONES

### **III.-CAMPO DE APLICACIÓN**

<b>III.1.- ALCANCE DE LA INSTALACIÓN.....</b>	<b>53</b>
<b>III.2.- CONSERVACIÓN DE LAS OBRAS.....</b>	<b>53</b>
<b>III.3.- RECEPCIÓN DE UNIDADES DE OBRA.....</b>	<b>55</b>
<b>III.4.- NORMAS DE EJECUCIÓN Y SELECCIÓN DE CARACTERÍSTICAS PARA LOS EQUIPOS Y MATERIALES.....</b>	<b>55</b>
<b>III.5.- ESPECIFICACIONES GENERALES.....</b>	<b>59</b>
<b>III.6.- ESPECIFICACIONES MECÁNICAS .....</b>	<b>60</b>
<b>III.7.- ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS.....</b>	<b>61</b>
<b>III.8.- MATERIALES EMPLEADOS EN LA INSTALACIÓN.....</b>	<b>61</b>
<b>III.9.- LIBRO DE ÓRDENES.....</b>	<b>61</b>
<b>III.10.- PRUEBAS FINALES A LA CERTIFICACIÓN FINAL DE OBRA.....</b>	<b>62</b>
<b>III.11.- OPERACIONES DE MANTENIMIENTO Y DOCUMENTACIÓN.....</b>	<b>62</b>
<b>III.12.- LIBRO DE MANTENIMIENTO.....</b>	<b>65</b>
<b>III.13.- ENSAYOS Y RECEPCIÓN.....</b>	<b>65</b>
<b>III.14.- RECEPCIONES DE OBRA .....</b>	<b>67</b>
<b>III.15.- GARANTÍAS.....</b>	<b>69</b>

## **CAPÍTULO IV** PRESUPUESTO

## **CAPÍTULO V** PLANOS

<b>PLANO 00 .....</b>	<b>PLANO GENERAL DEL EDIFICIO</b>
<b>PLANO 01 .....</b>	<b>UBICACIÓN DEL EDIFICIO</b>

---

**PLANO 02** ..... *ESQUEMA DE PRINCIPIO*  
**PLANO 03** ..... *DISTANCIAS ENTRE CAPTADORES*  
**PLANO 04** ..... *ESQUEMA HIDRÁULICO DEL CAMPO DE CAPTADORES*  
**PLANO 05** ..... *ESQUEMA DE SOMBRAS*



# **CAPÍTULO I**

## **DESCRIPCIÓN BÁSICA DE UN SISTEMA SOLAR TÉRMICO PARA ACS**

## **I.- TIPOLOGÍA DE UN SISTEMA SOLAR TÉRMICO.-**

En la actualidad existe una gran variedad de sistemas de aprovechamiento de la energía solar térmica, pero todos ellos comparten el mismo principio de funcionamiento.

En su diseño hay que tener en cuenta que tan importante como la correcta selección de los elementos integrantes de cada subsistema, es la integración los mismos en el sistema y la selección de las estrategias de regulación, control y operación.

La configuración usual de un sistema solar para ACS es la siguiente: el sistema solar y el auxiliar se conectan en serie, de manera que el primero precalienta el agua de red hasta el nivel térmico posible en función de las condiciones de la instalación y de la época del año, y el sistema auxiliar terminará de calentar el ACS a la temperatura deseada con los criterios usuales de confort y seguridad previamente establecidos.

Las partes fundamentales de una instalación solar se divide en los siguientes subsistemas:

### **I.1.- SUBSISTEMA DE CAPTACIÓN.**

Formado por uno o varios captadores que transforman la radiación solar incidente en energía térmica que calienta, a su vez, el fluido caloportador que contienen.

Los criterios básicos para seleccionar un captador solar para una aplicación son:

- ✓ *Productividad energética:* Las ordenanzas solares no requieren un tamaño específico de la instalación solar si no un ahorro energético solar determinado.
- ✓ *Coste de la instalación completa:* Incluyendo los captadores solares y la red de tuberías, intercambiadores, acumuladores, mano de obra, etc, requeridos por esos captadores.
- ✓ *Durabilidad y calidad:* Para producir el ahorro energético durante muchos años.
- ✓ *Posibilidades de integración arquitectónica:* Para un resultado estético y un aumento de valor del edificio.
- ✓ *Sencillez de mantenimiento:* Reduciendo los costes de operación.
- ✓ *Fabricación y reciclado no contaminante:* Protegiendo el medio ambiente.

Los elementos tecnológicos que determinan la productividad a largo plazo de un captador solar son:

- El tipo de acabado de los absorbentes del captador y sus propiedades ópticas de absorción solar y emisión térmica.

- Las propiedades de transferencia de calor desde el absorbente al fluido de trabajo en función de su caudal de circulación: material del absorbente, tipo de soldadura con el conducto por el que circula el fluido; diámetros, espesores y distancias entre estos conductos.
- Las propiedades ópticas y de resistencia mecánica de la cubierta del captador: cuanto mayor sea la transmisividad solar, mejor.
- Las características térmicas e higroscópicas de los aislamientos, función del material y de su espesor.
- La hermeticidad de las uniones entre la cubierta solar y el cofre su capacidad de absorber impactos y la rigidez y estabilidad del cofre.

La productividad del captador influye en la productividad a largo plazo del sistema solar directamente, y a través de su influencia, en la selección del resto de componentes (intercambiadores, acumuladores, tuberías, etc.) en combinación con el caudal de diseño de los circuitos hidráulicos. No hay que olvidar que lo realmente importante es la productividad a largo plazo del sistema y no sólo el rendimiento instantáneo del captador. En ese sentido los aspectos a cuidar con especial cuidado, además de los parámetros del captador, son:

- ↳ Criterios de diseño: especialmente la cobertura solar de diseño, pues define los niveles de rendimiento alcanzables.
- ↳ Caudal: por su influencia en la estratificación en el acumulador solar y en la selección de tuberías, bombas e intercambiadores.
- ↳ Intercambiador: por su influencia en el rendimiento a través del aumento de la temperatura de trabajo del captador que puede provocar si no se dimensiona adecuadamente, con la consiguiente penalización del rendimiento solar.
- ↳ Tuberías: por su influencia en las pérdidas térmicas y en las pérdidas de carga del circuito en función de su longitud, diámetro y aislamiento.
- ↳ Almacenamiento: por su influencia en el rendimiento, ya que la temperatura en su parte inferior marca la temperatura de trabajo del captador como resultado de su volumen y el nivel de estratificación térmica que presente.
- ↳ Sistema de control y elementos de seguridad: ya que determina los tiempos de operación. Fundamental para un correcto funcionamiento del sistema.

## **I.2- SUBSISTEMA DE ACUMULACIÓN.**

Constituido por un depósito que almacena el agua caliente hasta que se precise su uso (para usos higiénicos o para calefacción).

Es evidente la necesidad de disponer de un sistema almacenamiento que haga frente a la demanda en momentos de insuficiente radiación solar; la forma más sencilla y habitual de almacenar energía es mediante acumuladores de agua caliente, los cuales suelen ser de acero negro, acero inoxidable, aluminio o fibra de vidrio reforzado.

El diseño de los depósitos debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Forma y disposición del depósito.
- Sin intercambiador o con intercambiador incorporado (normalmente en serpentín).
- Resistencia del conjunto a la máxima presión y temperatura.
- Tratamiento interno de esmalte si el acumulador es de ACS. Este tratamiento no será necesario si el depósito es de inercia, es decir, que el agua que contiene el acumulador no es de consumo, como será el caso de este proyecto.
- Aislamiento y su protección para evitar pérdidas de calor.
- Situación de conexiones de entrada y salida.
- Medidas para favorecer la estratificación y evitar la mezcla de temperaturas.
- Previsión de corrosiones y degradaciones.

La forma de los mismos suele ser cilíndrica, siendo la altura mayor que el diámetro, haciendo de esta manera que se favorezca el fenómeno de la estratificación: al disminuir la densidad del agua por el aumento de la temperatura, cuanto mayor sea la altura del acumulador mayor será la diferencia entre la temperatura en la parte superior e inferior del mismo, es decir mayor será la estratificación. La ventaja de este fenómeno es que mejora el rendimiento de la instalación ya que el agua más caliente se sitúa en la parte más alta del acumulador y es la que va al servicio (ACS), mientras que el agua que retorna al captador es la más fría con lo cual el captador es más eficiente.

Los principales problemas encontrados en el funcionamiento de los depósitos son:

- ↳ Pérdidas de rendimiento por excesivas pérdidas de calor generadas por un aislamiento defectuoso.
- ↳ Pérdidas de rendimiento por la aparición de caminos preferentes del fluido, debidos a un diseño defectuoso de las conexiones de entrada y salida.
- ↳ Degradación del tratamiento de protección interior y perforación del tanque por corrosiones de las paredes internas. Los problemas de corrosión se producen por el efecto del exceso de

temperatura, por sales disueltas en el agua y la aparición de pares galvánicos, una forma de evitar este último es mediante la protección catódica mediante un ánodo de sacrificio (por ejemplo de magnesio).

### **I.3.- SUBSISTEMA DE TERMOTRANSFERENCIA.**

Realiza la transferencia de energía térmica captada desde el circuito de captadores al agua caliente que se consume o utiliza, este subsistema está constituido por aquellos elementos de la instalación encargados de transferir la energía captada en los captadores solares hasta el depósito de acumulación de agua, pertenecen a este grupo:

- ✓ *Intercambiadores.*
- ✓ *Tuberías.*
- ✓ *Fluido caloportador.*
- ✓ *Otras piezas encargadas del transporte del calor y de su control y seguridad durante su transporte (bombas de circulación, vaso de expansión, etc.)*

Según el sistema de termotransferencia las instalaciones se clasifican en dos grupos: transferencia térmica directa o indirecta. En el caso de este proyecto se propone un sistema indirecto, que es el más común. Esto implica que existe un intercambiador térmico tal que el fluido del primario no entra en contacto con el circuito secundario o el agua de consumo.

La decisión de optar por un sistema de circulación indirecta se basa en los problemas que presentan los sistemas directos, como son *el no poder añadir anticongelantes ni otros aditivos en el fluido caloportador del circuito de captadores, un mayor riesgo de vaporizaciones, incrustaciones y corrosiones en el circuito.* Además el hecho de que todo el circuito trabaje a la presión de la red no suele ser admisible por la mayoría de los captadores, puesto que soportan presiones inferiores.

#### ➤ **INTERCAMBIADOR**

Al elegir un sistema de termotransferencia indirecto, es necesario disponer de un intercambiador de calor que transfiera la energía almacenada en el fluido caloportador del circuito primario al ACS o al agua proveniente del acumulador de inercia.

El parámetro que define básicamente a un intercambiador es la eficacia de intercambio, que se define como la relación entre la potencia térmica intercambiada y la máxima que teóricamente podría intercambiarse. Para un caudal de fluido caloportador determinado, la eficacia es una constante que dependerá de la superficie de intercambio, de su forma y del material empleado.

Cuanto menor sea la eficacia mayor será la temperatura que retorna a los captadores y por tanto menor será el rendimiento de la instalación solar.

En el mercado se encuentran generalmente dos tipos de intercambiadores para instalaciones solares. Para hacer el intercambio de calor dentro del propio acumulador suelen utilizarse intercambiadores internos de serpentín, en nuestro proyecto empleamos intercambiadores de calor externos al acumulador ya que tienen una superficie útil de intercambio mayor.

Los fabricantes de intercambiadores aconsejan que la eficacia del intercambiador seleccionado para la instalación sea igual o mayor a 0,8 (80%).

### ➤ **TUBERÍAS**

Los posibles materiales a usar en las conducciones o tuberías son: el cobre, el acero inoxidable, el hierro negro y los plásticos. El cobre es el material más aconsejable por tener unas altas prestaciones en cuanto a resistencia a la corrosión, maleabilidad, ductilidad e inocuidad, además de ser económicamente muy competitivo. Será el material que se utilizará en la instalación.

Con el fin de evitar pérdidas térmicas la longitud de tuberías será lo más corta posible y los tramos horizontales tendrán siempre una pendiente mínima de un 1% en el sentido de la circulación.

En el diseño del circuito hidráulico siempre se disminuirán lo más posible las pérdidas de carga y, se deberán distinguir dos tipos de pérdidas de cargas:

- *Pérdidas de carga lineales*: son las que se producen a lo largo de toda la tubería o conducto. Éstas disminuirán al aumentar el diámetro de tubería.
- *Pérdidas de carga singulares*: son las que se producen en los equipos y accesorios. Éstas disminuirán evitando codos, válvulas, etc.

Por otra parte, el diseño y los materiales deberán ser tales que no exista posibilidad de formación de obturaciones o depósitos de cal en sus circuitos que influyan drásticamente en el rendimiento del sistema.

Las uniones de los grupos de captadores a las tuberías del circuito primario deben realizarse de modo que las dilataciones del material no produzcan esfuerzos en los puntos de unión, por ejemplo, mediante la utilización de tubos flexibles de malla de acero inoxidable.

### ➤ **FLUIDO CALOPORTADOR**

Es el fluido que circula por el circuito primario. Se encarga de transportar la energía térmica adquirida en los captadores para transferirla en el intercambiador al circuito secundario.

Habitualmente son cuatro tipos de fluido caloportador que se utilizan:

- Agua (en sistemas directos).

- Agua con adición de anticongelante (propilenglicol o etilenglicol).
- Fluidos orgánicos.
- Aceites de silicona.

La solución más generalizada es la de agua con anticongelante para ofrecer protección contra las heladas. Este agua podrá ser de la red de suministro, agua desmineralizada o agua con aditivos, según las características climatológicas del lugar de instalación y de la calidad del agua empleada. El anticongelante a considerar suele ser propilenglicol o de etilenglicol. Hay que tener en cuenta las diferencias de las propiedades físicas que va a haber entre el agua y el anticongelante: viscosidad, dilatación, estabilidad, calor específico o temperatura de ebullición.

En cualquier caso hay que recordar que la legislación obliga a asegurar la imposibilidad de mezcla entre el fluido caloportador con aditivos y el agua de consumo. Este será el principal motivo por el cual el circuito primario será independiente del circuito secundario en el presente proyecto, además de otros aspectos técnicos.

Para compensar posibles pérdidas de fluido caloportador en el circuito primario, se considerará un sistema de llenado a través del vaso de expansión cerrado (que se encontrará en la zona de aspiración de la bomba junto a la salida del circuito primario del acumulador) que permita llenar el circuito y mantenerlo presurizado siempre que sea necesario.

#### ➤ **BOMBAS CIRCULATORIAS**

Se utilizarán bombas circulatorias para vencer la resistencia que opone el fluido a su paso por el circuito en instalaciones de circulación forzada, tanto en el circuito primario, secundario, y en el circuito de distribución. Entre los diferentes tipos de bombas se opta generalmente, para instalaciones solares, por las de rotor húmedo.

Los materiales de la bomba del circuito primario serán compatibles con las mezclas anticongelantes y en general con el fluido caloportador utilizado. Y siempre se instalarán en la parte más fría del circuito hidráulico.

La bomba debe elegirse a partir de las condiciones nominales de trabajo, definidas por el caudal de circulación y la altura manométrica en el punto de trabajo ( $H_m$ ).

En el circuito primario éstas vienen determinadas por:

- Las pérdidas de carga del tramo más desfavorable de tuberías (incluidas las pérdidas de carga singulares de los accesorios).
- La pérdida de carga producida por el intercambiador de calor.

- La pérdida de carga de los captadores solares.

#### ➤ VASO DE EXPANSIÓN

El vaso de expansión es un depósito dividido en dos partes por medio de una membrana elástica. A un lado de la membrana está el fluido caloportador y en el otro aire o un gas inerte a la presión de trabajo. La presión inicial viene establecida por el fabricante y se puede ajustar posteriormente en la instalación.

La función de un vaso de expansión es compensar los cambios de volumen del fluido caloportador, ocasionados por la formación de vapor de este, cuando los captadores están en situación de estancamiento.

Esta situación es muy habitual en periodos estivales donde se producirán excesos de energía solar con mucha frecuencia, con lo que el paro de bomba del circuito primario también será frecuente.

La formación de vapor en el interior de los captadores desplazará el fluido caloportador que contiene. Si el fluido es absorbido por un vaso de expansión bien dimensionado no habrá ningún problema. Si no fuera así, al aumentar la presión del circuito, sería imposible evitar el escape del fluido caloportador a través de la válvula de seguridad.

### **I.4.- SUBSISTEMA DE REGULACIÓN Y CONTROL.**

Se encarga de asegurar el correcto funcionamiento de todo el conjunto, para proporcionar un adecuado servicio y aprovechar la máxima energía solar térmica posible.

La regulación y control de una instalación solar consiste en la puesta en marcha y la detención de las bombas de circulación en función de las condiciones existentes en cada momento. 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 sobrecalentamientos del sistema, riesgos de congelaciones, etc.

Las funciones de un sistema de regulación y control son:

- El control del proceso de carga, que tiene la misión de regular la conversión de la radiación solar en calor y transferirla al acumulador solar de manera eficaz.
- El control del proceso de descarga, cuya tarea es garantizar la mejor transferencia de energía posible del acumulador hacia el consumo.

Para realizar estas funciones se emplean termostatos diferenciales (reguladores) con sondas de temperatura.

Una sonda de temperatura ( $T_1$ ) se sitúa a la salida del último del grupo de captadores (parte caliente), de modo que su lectura nos marque la temperatura en los captadores. Otra sonda ( $T_2$ ) se sitúa en la parte inferior del acumulador solar (parte fría). En el caso de que exista más de un acumulador solar, se situará ésta en el depósito del que parta la conexión de ida hacia los captadores.

El regulador pone en marcha la bomba cuando la temperatura de la 1ª sonda ( $T_1$ ) supera en 6 °C la temperatura de la 2ª sonda ( $T_2$ ) situada en el acumulador. Y desconecta cuando la diferencia de temperaturas entre las sondas es inferior a 2 °C.

Estas diferencias de temperatura entre ( $T_1$ ) y ( $T_2$ ) para la puesta en marcha y parada de la bomba se establecen para compensar las posibles pérdidas energéticas en las tuberías del circuito primario. Pueden ajustarse con la instalación en funcionamiento y establecerse otros saltos térmicos diferentes a 6 °C y 2 °C.

La bomba del circuito de distribución de agua precalentada se regulará mediante un termostato diferencial, con una sonda situada en la parte superior del acumulador (parte caliente) y otra sonda instalada en la tubería de retorno del circuito de distribución (parte fría). Los saltos térmicos serán los mismos que los establecidos en el circuito primario.

Existen diversos reguladores de instalaciones solares en el mercado que incorporan además otras funciones como la limitación de temperatura en el acumulador, la puesta en marcha cuando se detecta una temperatura en el circuito primario próxima a la congelación, o la apertura o cierre de contactos adicionales.

Respecto a la limitación de la temperatura del acumulador solar, se elegirá un valor que se adecúe a las condiciones de funcionamiento del depósito, teniendo en cuenta que, a mayor temperatura de acumule mayor será la estratificación. En general, el recubrimiento interior de los acumuladores de ACS es un esmalte que puede soportar temperaturas máximas de unos 60 °C, o hasta 70 °C si el calentamiento es esporádico. En cambio los acumuladores de inercia, al no estar esmaltados, son capaces de soportar temperaturas de unos 90 °C.

## **I.5.- SUBSISTEMA DE ENERGÍA AUXILIAR.**

Sirve de apoyo y permite seguir teniendo agua caliente cuando las condiciones meteorológicas sean adversas o el consumo sea superior al previsto.

Para asegurar la continuidad en el abastecimiento de la demanda térmica, las instalaciones de energía solar deben disponer de un sistema de energía convencional auxiliar tal y como se indica en el CTE.

El sistema de energía auxiliar debe ser capaz de mantener el nivel de confort del servicio de ACS en condiciones de temperatura variable procedente de la instalación solar. Está compuesto por una caldera o calentador, que pueden ser centralizados o individuales, y en algunos casos puede estar complementado por otros componentes externos para adaptar su comportamiento a los requerimientos del sistema solar escogido.

El equipo seleccionado debe ser apto para ser conectado con una instalación solar, debiendo reunir las siguientes características:

- Adaptar su potencia a las necesidades de cada momento, teniendo en cuenta la temperatura de entrada del agua procedente del sistema solar.
- Soportar la entrada de agua caliente a la temperatura de salida del acumulador solar.
- Dar prioridad al aprovechamiento de la energía solar frente a su consumo propio (gas, electricidad, etc.).
- La potencia del equipo debe elegirse del mismo modo que si la vivienda no dispusiera de una instalación solar, ya que el equipo ha de ser capaz de cubrir la totalidad de la demanda energética cuando no haya captación solar.

## **I.6.- OTROS ELEMENTOS.**

### ➤ **VÁLVULAS**

En la instalación se prevé la instalación de diferentes válvulas que ayudarán a una regulación y transporte correcto del fluido caloportador del circuito primario y secundario. Los diferentes tipos de válvulas que estarán presentes en la instalación son:

- *Válvula grifo*: tipo de válvula o llave terminal se utilizará para el vaciado de la instalación.
- *Válvula de corte*: válvula cuya función es la de aislar parte de un circuito.
- *Válvula de retención o antiretorno*: se colocará a la entrada de los acumuladores y en la impulsión de la bomba para evitar las posibles circulaciones invertidas del fluido.
- *Válvula de seguridad*: válvula con un valor tarado de presión que abrirá el circuito cuando la presión sobrepasa este valor. Se emplea como medida de seguridad en caso de sobrepresiones que pudieran dañar la instalación.
- *Válvula de equilibrado*: válvula encargada realizar un correcto equilibrado hidráulico del circuito de captadores solares para conseguir que a cada batería de captadores le llegue el caudal de diseño.

Otro método de equilibrar el circuito hidráulico es mediante el retorno invertido. Este método consiste en igualar las diferentes longitudes de tubería de retorno solar de todas las baterías de captadores del campo solar. A la batería más cercana a la bomba se le añadirá la longitud de tubería equivalente a la distancia de la batería más alejada.

- *Purgadores*: válvula encargada de eliminar por completo la formación de bolsas de aire en la instalación. Por este motivo se instalarán purgadores en los puntos más elevados del circuito, concretamente a la salida de cada batería de captadores. Se cerrarán una vez se haya puesto en marcha la instalación, para evitar el escape del fluido caloportador cuando se evapora en situaciones de estancamiento.

#### ➤ **AISLAMIENTOS**

Los aislamientos son esenciales en cualquier instalación solar para evitar las pérdidas térmicas en tuberías, acumuladores, intercambiadores y otros elementos que estén en contacto directo con el ambiente.

Los factores que determinan la elección del aislamiento son:

- Bajo coeficiente de conductividad térmica.
- Colocación relativamente sencilla.
- Bajo coste.
- Rango de temperaturas adecuado.
- No ser corrosivo para las superficies con las que estará en contacto.
- Ser ignífugo y no enmohecerse.

Los materiales más usados son el caucho flexible de etileno-propileno-dieno (EPDM) para tuberías y demás conducciones, y poliuretano rígido (BRV) o flexible (BRVF) para el resto de componentes.

# CAPÍTULO II

# CÁLCULOS

## **INTRODUCCIÓN.-**

El objeto de la siguiente memoria es describir la solución adoptada, definiendo todos los aspectos técnicos de la instalación solar térmica y dimensionando sus elementos, configuración, materiales y procedimiento de instalación.

La instalación solar se calcula teniendo como base de cálculo cubrir el 50 % de las necesidades energéticas de ACS del edificio a lo largo del año, con el objetivo de ahorrar energía y sustituir parcialmente el empleo de energías de origen fósil. Este grado de contribución solar mínima anual, viene dado por el CTE en función de la zona climática y de la demanda total de ACS del edificio.

## **II.- DATOS GENERALES.-**

### **II.1.- DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO.**

Se desarrolla la presente documentación técnica para la implementación de una instalación de colectores solares para producción de ACS, en un edificio de viviendas situado en la ciudad de Valencia, el mismo consta de cuatro plantas con tres viviendas A, B, y C de igual distribución por planta, su cubierta es plana y accesible, siendo su orientación respecto al Sur de 24º Este (ángulo azimut  $\alpha = -24^\circ$ ).

### **II.2.- LEGISLACIÓN VIGENTE PARA ENERGÍA SOLAR.**

El proyecto se desarrolla aplicando la legislación vigente:

- CTE Código Técnico de la Edificación (RD 314/2006 del 17 de Marzo). Y su DB HE, ahorro de energía (BOE 8/11/2013).
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) (RD 1.027/ 20 de Julio de 2007).
- Criterios Higiénico-Sanitarios Para la Prevención y Control de la Legionelosis, (RD 865/2003, de 4de Julio de 2.003).
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. (RD 842/2002 e I.C.).
- Reglamento de Aparatos a Presión (RD 1244 de 4/4/79) – I.T.C. MIE-AP11.
- Reglamento de Seguridad e Higiene en Centros de Trabajo. (O.M. 9/3/71)
- Ordenanza Municipal de Captación Solar para Usos Térmicos de ayuntamiento de Valencia (BOP 31/10/2009).
- Real Decreto 891/1980 de 14 de abril del Ministerio de Industria y Energía, sobre homologación de los paneles solares y Orden de 20 julio de 1980 por las que se aprueban las

Normas e Instrucciones Técnicas Complementarias para la homologación de captadores solares.

- Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura (PET- REV-enero 2009), redactado por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).

Normativa de consulta:

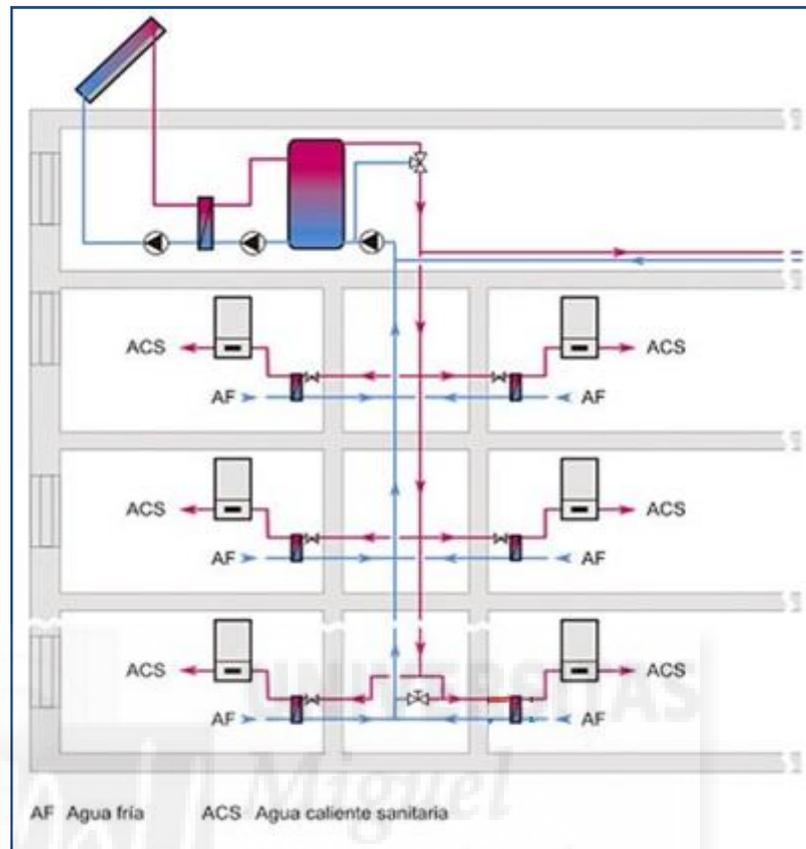
- Normas UNE.
- UNE-EN 12975-1: Sistemas solares térmicos y componentes. Captadores Solares. Parte 1: Requisitos Generales.
- UNE-EN 12972-2: Sistemas solares térmicos y componentes. Captadores Solares. Parte 2: Métodos de Ensayo.
- UNE-EN 12976-1: Sistemas solares térmicos y componentes. Sistemas Solares Prefabricados. Parte 1. Requisitos Generales.
- UNE-EN 12976-2: Sistemas solares térmicos y componentes. Sistemas Solares Prefabricados. Parte 2. Métodos de Ensayo.
- UNE-EN 12977-1: Sistemas solares térmicos y componentes. Sistemas Solares a Medida. Parte 1. Requisitos Generales.
- UNE-EN 12977-2: Sistemas solares térmicos y componentes. Sistemas Solares a Medida. Parte 2. Métodos de Ensayo
- UNE 100155:1988 IN Climatización. Cálculos de vasos de expansión.
- UNE 100171:1989 IN Climatización. Aislamiento térmico. Materiales y colocación.
- UNE-EN-ISO 9488:2001 Energía solar. Vocabulario.

### **II.3.- DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA.**

En la selección del sistema idóneo para el acoplamiento de la instalación solar con la caldera mural por vivienda, objeto de este proyecto, se han de mantener los requisitos generales de acoplamiento solar a cualquier sistema convencional de producción de ACS. De manera que, la instalación solar se utilizará para precalentar el agua de red y la caldera mural individual complementará el salto térmico requerido en caso de que el calentamiento solar no sea suficiente.

El sistema solar escogido para el presente proyecto es el de una instalación con campo de captadores solares comunitario y acumulación solar comunitaria ambos implantados en la azotea del edificio, en un área acotada y cercada de manera que los propietarios y vecinos de las viviendas puedan usar el resto de superficie de la azotea sin riesgo, quedando así la instalación protegida de

posibles manipulaciones de personal no autorizado. Distribuyendo mediante un circuito hidráulico con recirculación y un intercambiador de calor con válvula proporcional, instalado en cada una de las viviendas antes del generador de calor de las mismas.



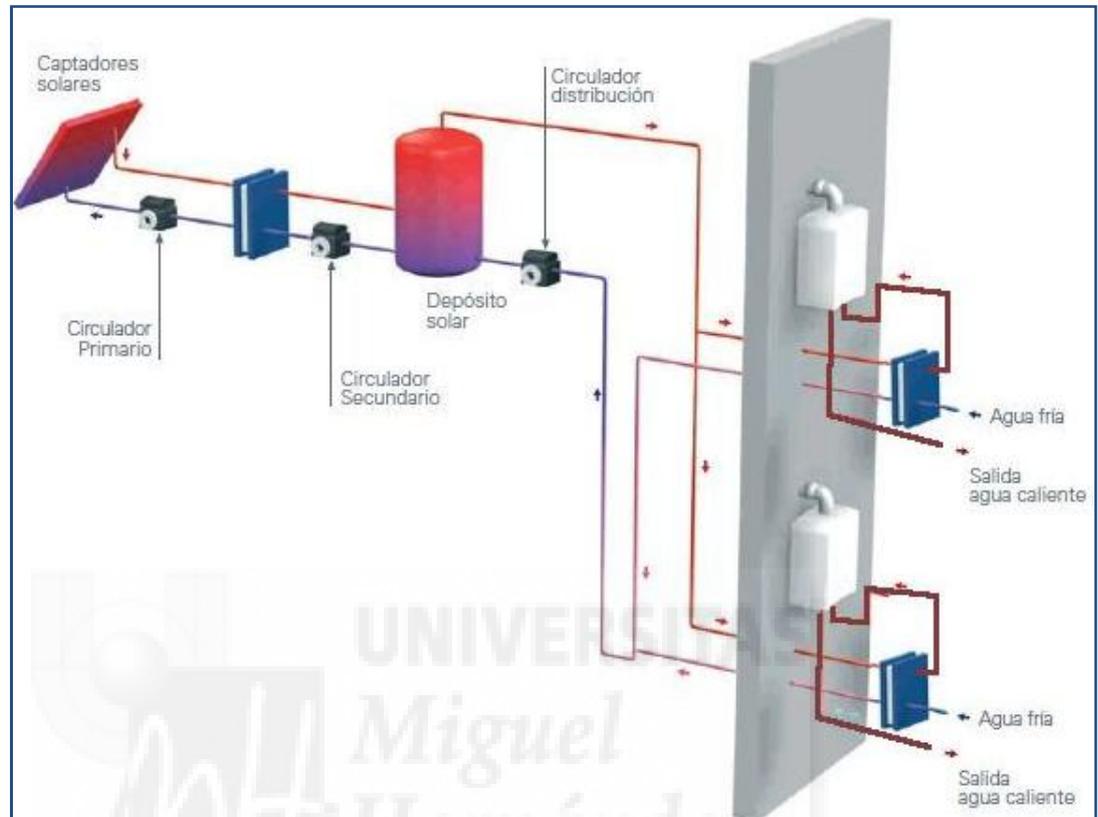
### II.3.1.- FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA SOLAR.

En esta configuración los captadores solares transfieren su calor al acumulador central mediante un intercambiador de placas externo. El agua precalentada procedente del acumulador solar, se distribuye a cada vivienda mediante una circuito de distribución con recirculación, con el fin de lograr que se encuentre disponible, cuando se produzca el consumo en cualquiera de las viviendas.

La obtención de ACS en cada vivienda se obtiene mediante el intercambio de calor en un equipo hidráulico de descarga térmica (Wagner & Co CIRCO MF Plus) ubicado en cada una de las viviendas, este equipo está formado por un intercambiador de placas y una válvula de cuatro vías con apertura proporcional al caudal de demanda de ACS.

Con este grupo hidráulico de descarga térmica instalado en cada vivienda, se consigue tanto el máximo calentamiento del agua, como el máximo enfriamiento del retorno al acumulador central, con el fin de evitar destruir la estratificación térmica del mismo y así alimentar el captador con la mínima temperatura posible y haciéndolo funcionar al máximo rendimiento. Es importante que el intercambiador de este grupo hidráulico, se seleccione con la potencia

adecuada para cumplir dicho requisito, pues la elección de un intercambiador demasiado pequeño, empeoraría considerablemente el comportamiento de la instalación solar, al provocar un aumento de la temperatura de retorno al acumulador solar y, por tanto, una reducción significativa del rendimiento y de la fracción solar.



El ACS de la instalación solar, si fuese necesario se terminará de calentar mediante la caldera modulante mural individual, instalada en cada vivienda y conectada en serie con el equipo CIRCO MF Plus. Para evitar quemaduras, la caldera instalada será modulante con capacidad de poder regular su potencia y así mantener la temperatura de salida constante.

Para diseñar el circuito de distribución, se tendrá en cuenta los coeficientes de simultaneidad de los consumos en las viviendas y, que el agua que circula por el circuito de distribución no es agua de consumo, sino agua de calefacción en un circuito cerrado. El circuito de retorno debe entrar al depósito de inercia por la parte baja del mismo, para garantizar que los captadores solares se alimenta a una temperatura, lo más fría posible.

La separación de los circuitos de generación de calor y de consumo, hace que este esquema sea intrínsecamente seguro contra la legionela, facilitándose además el mantenimiento de la instalación solar y de las calderas individuales, pues en caso de que la instalación solar necesite mantenimiento, no será necesario cortar o desviar el suministro de ACS en todas las viviendas para que las calderas tengan alimentación de agua.

Dado que el acumulador solar (depósito de inercia) no contiene ACS, se utilizará como material del mismo el acero negro, de menor precio y mantenimiento que los acumuladores de ACS y no es tampoco necesaria la limitación de temperaturas para evitar deposiciones calcáreas. Por consiguiente, se puede aprovechar un amplio margen de temperaturas de trabajo del acumulador (hasta llegar a los 90 °C), lo que suele repercutir de manera positiva en el rendimiento de la instalación solar y permitir un volumen de acumulación más reducido.

Cabe comentar que, como en todo sistema de energía solar con acumulación comunitaria, los usuarios que requieran de ACS al mediodía o por la tarde se beneficiarán más del ahorro solar que los que lo requieran por la noche o a primera hora de la mañana, ya que en esas condiciones puede que el acumulador solar, se haya descargado como consecuencia de los consumos del resto de vecinos.

#### **II.4.- DATOS INICIALES.**

Para realizar el dimensionado de la instalación de energía solar térmica se consideran, como condiciones de partida, los siguientes datos climatológicos y energéticos en función de la ubicación del edificio en estudio.

<b>Localidad</b>	<b>Valencia</b>
<b>Latitud</b>	<b>39,5°</b>
<b>Altitud</b>	<b>10</b>
<b>Zona Climática</b>	<b>IV</b>

#### **II.5.- DEMANDA DE ENERGÍA TÉRMICA.**

Este punto es de suma importancia puesto que una mala estimación de las necesidades energéticas, provocará un mal dimensionado y, por tanto, una menor eficiencia de la instalación. Se trata de encontrar un equilibrio entre la mayor sustitución de energía auxiliar posible y el control de la sobreproducción en los meses de mayor irradiación, cumpliendo así con la normativa.

El cálculo resultante de este apartado, definirá el total de energía necesaria para calentar ACS en el edificio de viviendas objeto de estudio. Partiendo de estos datos se dimensionará el sistema de energía solar para que cubra una fracción solar porcentual de este demanda energética igual o superior a la exigida por la normativa.

Los factores que influyen en el cálculo de la demanda de energía térmica para producción de ACS son:

- ✓ Temperatura de uso de ACS.

- ✓ Temperatura de entrada del agua de red.
- ✓ Demanda de ACS.

**II.5.1.- TEMPERATURA DE USO.**

El valor de consumo de agua va asociado a una determinada temperatura de uso. Con objeto de satisfacer las necesidades energéticas de los usuarios, reducir el riesgo de quemaduras y disminuir el consumo de energía térmica, la temperatura del agua caliente en los puntos de consumo ha de ser muy similar a la temperatura de uso.

En este proyecto no se considerará como temperatura media de uso de 60 °C, tal y como indica el CTE, se tomará como temperatura de acumulación 50 °C con objeto de referir todos los datos de consumo a esta única temperatura a efectos de cálculo.

No se incumplirá la normativa pues, se adaptará la demanda de ACS a la nueva temperatura con el procedimiento que marca el CTE.

$$D_{(T)} = \sum_{i=1}^{12} D_{i(T)}$$

$$D_{i(T)} = D_{i(60\text{ }^{\circ}\text{C})} \cdot \frac{60^{\circ} - T_i}{50^{\circ} - T_i}$$

	En	Feb	Mar	Ab.	Ma.	Jun	Jul.	Ag.	Sep	Oct	Nov	Dic	<b>MEDIA</b>
$T_i$	10	11	12	13	15	17	19	20	18	16	13	11	<b>14,58</b>
$D$	35	35,2	35,4	35,6	36	36,5	37	37,3	36,7	36,2	35,6	35,2	<b>35,97</b>

**II.5.2.- CÁLCULO DE LA DEMANDA DE ACS.**

Según los valores dados por el Código Técnico DB HE-4, Contribución Solar Mínima de ACS, se toman como dato para la determinación de la demanda de referencia a 60 °C, 28 litros/día-unidad, en nuestro caso al ser la temperatura de acumulación y distribución distinta a 60 °C, tomamos como dato 35,97 litros/día-unidad, calculado anteriormente.

Para determinar el número de personas por vivienda, se toman los valores dados por la tabla 4.2 del citado CT, DB HE 4:

<b>Número de dormitorios</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
Número de Personas	1,5	3	4	5	6	6	7

En nuestro edificio se tiene que todas las viviendas son de 3 dormitorios, por lo que en cada vivienda se estima una ocupación de 4 personas.

En los edificios de viviendas multifamiliares se utilizará el factor de centralización correspondiente al número de viviendas del edificio que multiplicará la demanda diaria de agua caliente sanitaria a 60 °C calculada.

Dicho valor se obtiene de la siguiente tabla:

Nº viviendas	N 3	4	N 10	11	N 20	21	N 50	51	N 75	76	N 100	N 101
Factor de centralización	1		0,95	0,90		0,85		0,80		0,75		0,70

En nuestro caso para 12 viviendas, el factor de centralización es de 0,90.

Se considera que la ocupación de las viviendas es del 100 %, durante todos los meses del año.

Por lo que ya podemos calcular el consumo de ACS del edificio:

$$\text{Consumo}_{\text{diario}} = 36 \left( \frac{\text{litros}}{\text{persona-día}} \right) \times 4 \left( \frac{\text{personas}}{\text{vivienda}} \right) \times 12(\text{viviendas}) \times 0,90$$

$$\text{Consumo}_{\text{diario}} = 1.555,2 \text{ litros ACS/día}$$

### II.5.3.- CÁLCULO DE LA DEMANDA ENERGÉTICA.

El cálculo de la demanda energética mensual necesaria para la preparación de ACS, se determina en función del consumo mensual de ACS (necesidades energéticas), y de la diferencia entre la temperatura de acumulación (50 °C) y la temperatura del agua de red.

	En	Feb	Mar	Ab.	Ma.	Jun	Jul.	Ag.	Sep	Oct	Nov	Dic
Consumo (m³)	60,1	54,5	60,7	59,1	61,8	60,6	63,6	64,1	61,0	62,2	59,1	60,4
ΔT (°C)	40	39	38	37	35	33	31	30	32	34	37	39
Demanda Energ. (MJ)	10059	8904	9657	9151	9053	8372	8249	8047	8177	8852	9151	9858

### II.5.4.- DATOS CLIMATOLÓGICOS ANUALES.

Los parámetros anuales de temperatura ambiente, temperatura del agua potable en el punto de suministro, radiación solar incidente horizontal e inclinada.

Meses	Tª Ambiente (°C)	Tª agua red (°C)	Rad. Horizontal (MJ/m²·día)	Rad. Inclinada (MJ/m²·día)
Enero	12	10	9,072	17,51
Febrero	13	11	12,24	19,35
Marzo	15	12	16,848	20,82
Abril	17	13	21,852	21,56
Mayo	20	15	24,408	20,33
Junio	23	17	26,928	20,78

Julio	26	19	27,648	21,94
Agosto	27	20	23,832	21,65
Septiembre	24	18	19,008	21,40
Octubre	20	16	13,608	19,54
Noviembre	16	13	9,612	17,43
Diciembre	13	11	7,668	15,60
<b>ANUAL</b>	<b>18,83</b>	<b>14,58</b>	<b>17,73</b>	<b>19,83</b>

### II.5.5.- CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA ANUAL.

Siguiendo lo prescrito en el CT-HE 4 en la tabla 2.1, **la contribución solar mínima anual en %** será teniendo en cuenta que el edificio se encuentra en Valencia, *zona climática IV*, y el *consumo diario de ACS (1.555,2 litros)*, queda determinada la misma en el **50 %** de la *demanda energética anual*.

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

### II.5.6.- PERFIL DE CONSUMO HORARIO.

Las demandas energéticas pueden tener variaciones horarias, diarias (fin de semana) o mensuales (periodo de vacaciones). Un cálculo correcto de la instalación debería pasar por obtener un perfil de consumo horario en el edificio analizado.

En la mayoría de casos no se dispone del perfil de consumo del edificio, por lo que habrá que estimar un consumo tipo horario, pudiéndose utilizar cuando no se disponga de más información del consumo normalizado horario desarrollado por Muntch (1974) y que es el que se considera en el cálculo del Método F-Chart.

La curva de Muntch representa el consumo típico de ACS en una vivienda a lo largo del día, en ella se observa la existencia de dos picos de consumo a lo largo del día, uno a primera hora de la mañana, con un consumo equivalente al 9% del consumo total diario y el segundo pico de consumo por la noche, en el que se estima un 11% del consumo total diario.

## II.6.- ESTUDIO TÉCNICO Y DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN SOLAR.

### II.6.1.- SUBCONJUNTO DE CAPTACIÓN.

En este proyecto se hará uso de un modelo de captador solar plano debido a que cumple con las siguientes características:

- Elevada durabilidad.
- Facilidad de montaje.
- Buena relación calidad/precio en comparación con otros captadores.
- Comportamiento adecuado a las temperaturas de aplicación (calentamiento de ACS) a la que está destinada esta instalación.
- Coste inferior a otros captadores más complejos como por ejemplo el tubo de vacío.

El captador que se elija deberá poseer la certificación emitida por el organismo competente en la materia.

Los captadores que integren la instalación serán del mismo modelo, tanto por criterios energéticos como por criterios constructivos.

Los captadores tendrán un coeficiente global de pérdidas, referido a la curva de rendimiento en función de la temperatura ambiente y la temperatura del captador, menor de 10 (W/m<sup>2</sup>·K).

**II.6.1.i.- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL MODELO DE CAPTADOR UTILIZADO.**

El captador seleccionado para el presente proyecto cumple con las especificaciones técnicas mencionadas anteriormente. El modelo es el ENERGY RK 2000 ALPIN de Solar Energy cuya contraseña de certificación es NPS – 28110.

Las especificaciones técnicas del modelo, extraídas del ensayo suministrado por Solar Energy son:

Rendimiento óptico	$\eta_o = 75,9\%$
Pérdidas caloríficas	$a_1 = 3,480 \text{ (W/m}^2\cdot\text{K)}$ $a_2 = 0,0161 \text{ (W/m}^2\cdot\text{K)}$
Superficie del captador	Superficie de apertura 1,924 m <sup>2</sup> Superficie bruta 2,025 m <sup>2</sup>

Se muestra la tabla del rendimiento para este captador en función de  $T_m - T_a$ , para diferentes irradiaciones de 400 W/m<sup>2</sup>, 700 W/m<sup>2</sup> y 1000 W/m<sup>2</sup>.

$T_m - T_a$ en (K)	400 W/m <sup>2</sup>	700 W/m <sup>2</sup>	1.000 W/m <sup>2</sup>
--------------------	----------------------	----------------------	------------------------

10	514	952	1.390
30	355	793	1.232
50	172	610	1.048

### II.6.1.ii.- CÁLCULO DE LA SUPERFICIE DEL CAMPO DE CAPTACIÓN.

El proceso de selección de la superficie de captación solar se realiza siguiendo los pasos que a continuación se indican:

- En primer lugar se debe de determinar la demanda energética del edificio en función del consumo de ACS, esta determinación se ha realizado en el apartado I.5 de esta memoria.
- Debe de definirse el grado de cobertura solar, tal y como se ha indicado en el apartado I.5.5.
- Finalmente se realizan diversos cálculos de la producción energética de la instalación solar con diferentes superficies de captación, teniendo en cuenta diferentes factores de diseño como por ejemplo:
  - ☞ Las características del captador empleado.
  - ☞ Datos climáticos (radiación solar y temperatura ambiente).
  - ☞ Orientación, inclinación y sombras del campo de captación.

Como resultado del cálculo energético se obtiene la producción solar esperada y la cobertura solar del sistema. La superficie de captación elegida será aquella que proporcione la cobertura solar definida.

El método empleado es el método f-CHART, que 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 siguiente expresión:

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

La secuencia que se sigue en el cálculo es la siguiente:

- I. Cálculo de la radiación solar mensual incidente  $H_{mes}$  sobre la superficie inclinada de los captadores.
- II. Cálculo del parámetro  $D_1$ .
- III. Cálculo del parámetro  $D_2$ .

- IV. Determinación de la fracción energética mensual  $f$  aportada por el sistema de captación solar, mediante gráficas.
- V. Valoración de la cobertura solar anual, grado de cobertura solar o fracción solar anual  $F$ .

En el caso de que la cobertura solar anual obtenida no sea satisfactoria, los cálculos se deberán de repetir hasta obtener una superficie de captación  $S$  que satisfaga las condición establecida.



**PRODUCCIÓN DE A.C.S. MEDIANTE ENERGÍA SOLAR**

Instalación:	Edificio Voramar	Altitud [m]:	10
Provincia:	Valencia	Altitud [m]:	10
Localidad:	Valencia	A <sub>z</sub> [m]:	0
Latitud [°]:	39,5	CSA <sub>MIN</sub>	50
Zona climatica	4		

**DATOS CLIMATOLÓGICOS**

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Tª. Ambiente capital [°C]:	12	13	15	17	20	23	26	27	24	20	16	13	18,8
Tª. Ambiente localidad [°C]:	12,00	13,00	15,00	17,00	20,00	23,00	26,00	27,00	24,00	20,00	16,00	13,00	18,8
Tª. media agua red [°C]:	10	11	12	13	15	17	19	20	18	16	13	11	14,6
Rad. horiz. [MJ/m² día]:	9,072	12,24	16,848	21,852	24,408	26,928	27,648	23,832	19,008	13,608	9,612	7,668	17,7
Rad. inclin. [MJ/m² día]:	17,11	19,13	20,98	22,17	21,23	21,89	23,07	22,42	21,74	19,45	17,09	15,19	20,1

**DATOS RELATIVOS A LAS NECESIDADES ENERGÉTICAS**

Consumo de agua a máxima ocupación a 60 °C[L/día]: 1210  
 Temperatura de acumulación [°C]: 50

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
% de ocupación:	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Coreccion demanda 60º	1,25	1,26	1,26	1,27	1,29	1,30	1,32	1,33	1,31	1,29	1,27	1,26	

**DATOS RELATIVOS AL SISTEMA**

Curva de rendimiento del captador:  $r = 0,76 - 3,4961 \cdot (t_e - t_a) / I_t$

t<sub>e</sub>: Temperatura de entrada del fluido al captador  
 t<sub>a</sub>: Temperatura media ambiente  
 I<sub>t</sub>: Radiación en [W/m²]

Factor de eficiencia del captador: 0,76  
 Coeficiente global de pérdida [W/(m²·°C)]: 3,4961  
 Relación acumulación/ área captacion [L/m²]: 101

**CÁLCULO DEMANDA ENERGÉTICA**

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Consumo de agua [m³]:	46,9	42,6	47,4	46,1	48,2	47,3	49,6	50,0	47,6	48,5	46,1	47,1	567,5
Incremento Tª. [°C]:	40,0	39,0	38,0	37,0	35,0	33,0	31,0	30,0	32,0	34,0	37,0	39,0	
Ener. Nec. [Kcal-1000]:	1876	1660	1800	1706	1688	1561	1538	1500	1525	1650	1706	1838	20048
Ener. Nec. [MJ]:	7853	6951	7539	7143	7067	6535	6439	6282	6384	6910	7143	7696	83943
Perdidas en distribución (W)	538	538	538	538	538	538	538	538	538	538	538	538	538
Número de horas de funcionamiento	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Energía Necesaria Distribución	1440	1300	1440	1393	1440	1393	1440	1440	1393	1440	1393	1440	16951
Perdidas en acumuladores (W)	176	176	176	176	176	176	176	176	176	176	176	176	176
Número de horas de funcionamiento	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Energía Necesaria acumulación	471	426	471	456	471	456	471	471	456	471	456	471	5550
energía necesari distri y acumu	1911	1726	1911	1849	1911	1849	1911	1911	1849	1911	1849	1911	22501

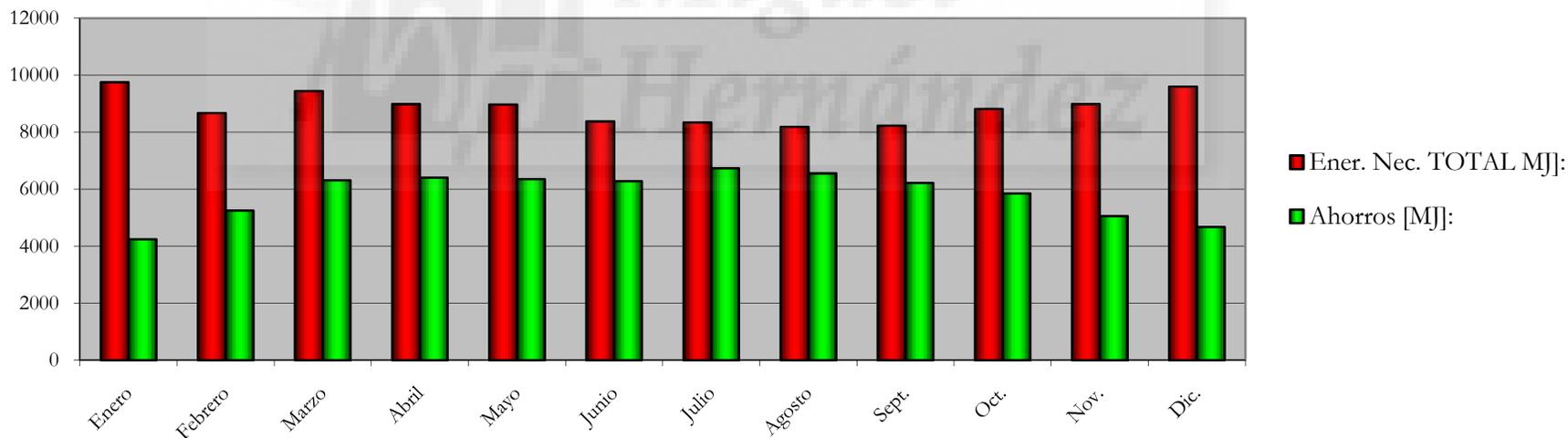
**DATOS DE SALIDA**

Area efectiva captación [m2]:	1,92
Número de captadores:	8
Area captadores [m²]:	15,36
Inclinación [°]:	45
Volumen de acumulación [L]:	1550

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Ener. Nec. TOTAL MJ:	9764	8677	9450	8993	8978	8385	8350	8193	8233	8821	8993	9607	106444
Ahorros [MJ]:	4247	5257	6319	6411	6360	6287	6742	6561	6227	5855	5062	4678	11177
Contribucion solar [%]:	43,49	60,58	66,87	71,29	70,84	74,99	80,74	80,08	75,64	66,37	56,29	48,69	68,53
Ener. interceptada [MJ]:	8146	8229	9990	10217	10108	10086	10984	10676	10019	9263	7873	7235	112825
Rendimiento instalación:	52,13	63,88	63,25	62,75	62,92	62,34	61,39	61,46	62,15	63,21	64,30	64,66	62,04

**MÉTODO F-CHART**

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual	AI
N	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365	0,96
Factor adimensional	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69		CI
Ea (MJ)	5646	5704	6924	7081	7006	6991	7613	7400	6944	6420	5457	5014		0,95
D1	0,58	0,82	0,92	0,99	0,99	1,07	1,18	1,18	1,09	0,93	0,76	0,65		
K1	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93		100,91
K2	0,92	0,95	0,97	0,98	1,03	1,08	1,13	1,17	1,11	1,07	1,00	0,95		
Ep	10322	9500	10418	9987	10416	10173	10609	10804	10362	10906	10271	10517		
D2	1,31	1,37	1,38	1,40	1,47	1,56	1,65	1,72	1,62	1,58	1,44	1,37		
F	0,435	0,606	0,669	0,713	0,708	0,750	0,807	0,801	0,756	0,664	0,563	0,487		



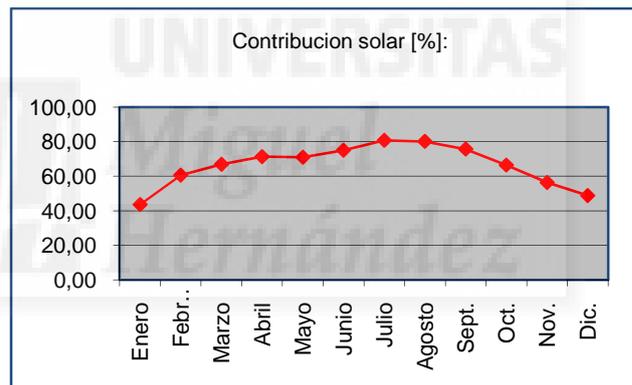
Se fija una capacidad de acumulación para la instalación igual a la demanda máxima diaria de ACS de 1.550 litros que corresponden a una relación de almacenamiento de 101 litros por metro cuadrado de captador solar, tal como queda reflejado en la hoja de calculo que aparece en la página 23.

La relación de almacenamiento de 101 litros/m<sup>2</sup>, cumple según lo exigido en el Código Técnico de la Edificación en el apartado 3.3.3.1 del Documento Básico HE4.

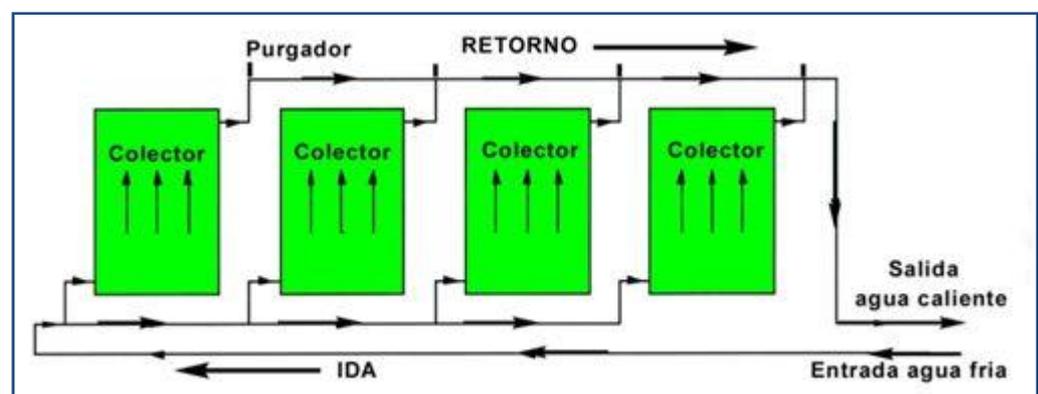
$$50 \leq \frac{V}{A} \leq 180$$

Teniendo en cuenta que cada panel tiene una superficie aproximada de 1,92 m<sup>2</sup>, el número de paneles resultante es de 8 captadores, para esta relacion de almacenamiento de 101 l/m<sup>2</sup>.

La fracción solar media anual asciende al 68,53 % de las necesidades de ACS del edificio a lo largo del año, cumpliendo con el 50% mínimo exigido por el CTE en su apartado 2.1 del Documento Básico HE4.



La conexión de los colectores solares se proyecta en paralelo, situados en dos filas; a la entrada y salida de las distintas baterías de captadores se instalarán válvulas de cierre para sectorizar y favorecer las tareas de mantenimiento.



Asimismo, en la instalación del campo de colectores solares se dispondrá una válvula de seguridad por fila, con el fin de proteger la instalación. Para favorecer el equilibrado hidráulico entre ramales se diseña un retorno invertido que garantiza el equilibrado del sistema.

### **II.6.1.iii.-DISPOSICIÓN, ORIENTACIÓN, INCLINACIÓN Y SOMBRAS DEL CAMPO DE CAPTACIÓN.**

Los colectores se proyecta ubicarlos en la cubierta plana del edificio orientados al sur, en la esquina orientada al SE de la azotea, área acotada y cercada de la cubierta de manera que los propietarios y vecinos de las viviendas, no tengan acceso al campo de colectores, quedando así la instalación protegida de posibles manipulaciones de personal no autorizado, situando las baterías de captadores con un retranqueo respecto del antepecho de 2 metros, emplazando cada una de las filas sobre una solera de hormigón sobre la cual se situará la estructura de apoyo de los colectores..

Dada la configuración de la cubierta, la situación de los captadores será la representada en el plano “*esquema de captación de cubierta*”. Según el punto 4 del apartado 2.2.3 del CTE-HE4, la orientación óptima es el sur y la inclinación óptima, dependiendo del periodo de explotación, tomarían los valores siguientes:

Demanda anual:  $\alpha = \text{latitud geográfica}$ .

Demanda en invierno:  $\alpha = \text{latitud geográfica} + 10^\circ$ .

Demanda en verano:  $\alpha = \text{latitud geográfica} - 10^\circ$ .

En nuestro caso se ha tomado como ángulo de inclinación  $=45^\circ$ , por dos circunstancias:

- I. La demanda es más crítica en el periodo de invierno, se posee menor radiación y la temperatura del agua de suministro es menor; dando una inclinación mayor  $45^\circ$  frente los  $39,5^\circ$ , se prima la eficiencia térmica de la instalación de colectores solares durante el periodo de invierno.
- II. Durante el verano, parte de los ocupantes pueden no residir temporalmente en el edificio, por lo que la demanda es previsible que se reduzca. Al tiempo, la temperatura de suministro del agua potable es más alta, junto a una reducción de la demanda de ACS, dado que se obtiene mayor confort de uso con agua a temperatura algo más reducida.

Así, con la inclinación adoptada  $=45^\circ$ , también se favorece la reducción teórica de las ganancias de verano, reduciendo parcialmente el riesgo de alcanzar la temperatura de

estancamiento, cuestión esta que no exige de la conveniencia de disponer disipadores de calor por seguridad de la instalación.

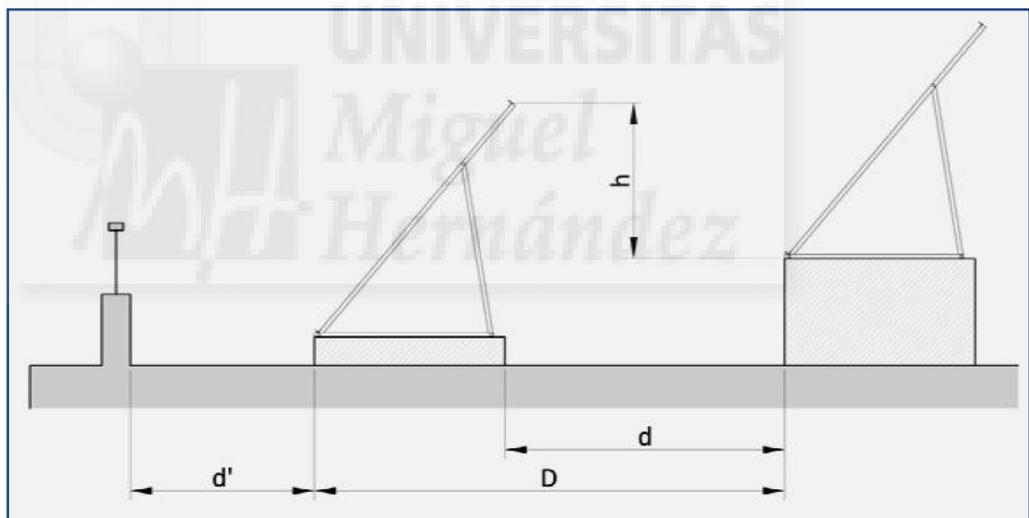
En función de los parámetros de la instalación, y según el método de cálculo señalado (F-Chart), y considerando una disposición tipo "general", con los colectores instalados con una inclinación de  $45^\circ$ , y orientación sur, azimut  $0$ .

Se disponen en dos baterías de captadores solares, cada una con 4 captadores, a fin de evitar el sombreado que pudiera provocado el muro envolvente del edificio en la 1ª fila, y entre ésta y la 2ª fila en el mediodía del solsticio de invierno (21 de Diciembre día más desfavorable del año) se calculará con la siguiente expresión:

$$d = \frac{h}{\text{tang}(61^\circ - \text{latitud})}$$

Distancia ( $d'$ ) entre la 1ª fila y el muro envolvente del edificio ( $h$ ):

$$d' = \frac{1 - 0,2}{\text{tang}(61^\circ - 39,5)} = 2,03 \text{ m}$$



Distancia entre 1ª y 2ª fila de batería (D):

$$D = d + x$$

$$h = \text{longitud del captador} \times \text{sen } \alpha$$

$$h = 2,01 \times \text{sen } 45^\circ = 1,42 \text{ m}$$

$$d = \frac{1,42}{\text{tang}(61^\circ - 39,5)} = 3,61 \text{ m}$$

$$x = \text{longitud del captador} \times \text{cos } \alpha$$

$$x = 2,01 \times \text{cos } 45^\circ = 1,42 \text{ m}$$

$$D = 3,61 + 1,42 = 5,03 \text{ m}$$

Para poder instalar una fila de captadores y detrás la siguiente y salvar un obstáculo que existe en la zona donde se ubicará el campo solar, se construye una solera de hormigón en la 1ª fila de 20 cm y en la 2ª fila de 75 cm y así se reduce la distancia entre filas, como se puede observar en el plano correspondiente.

La nueva distancia de separación entre filas será:

$$h = 1,62 - 0,75 = 0,87 \text{ m}$$

$$d = \frac{0,87}{\text{tang}(61^\circ - 39,5)} = 2,21 \text{ m}$$

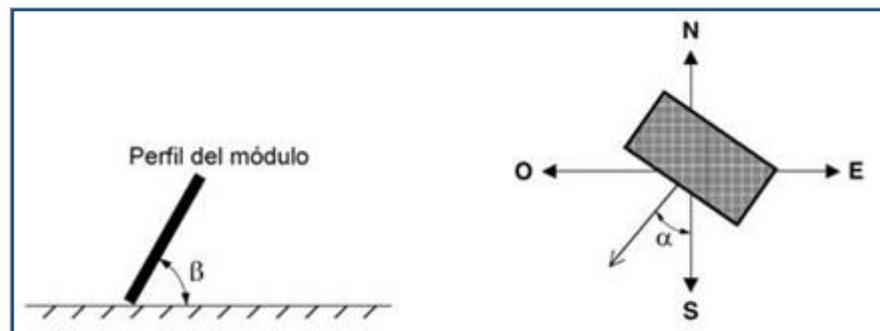
$$D = 2,21 + 1,42 = 3,63 \text{ m}$$

La separación entre las baterías de colectores queda representada en el plano "separación de colectores".

### II.6.1.iii.a- CÁLCULO DE PERDIDAS POR ORIENTACIÓN, INCLINACIÓN Y SOMBRAS.

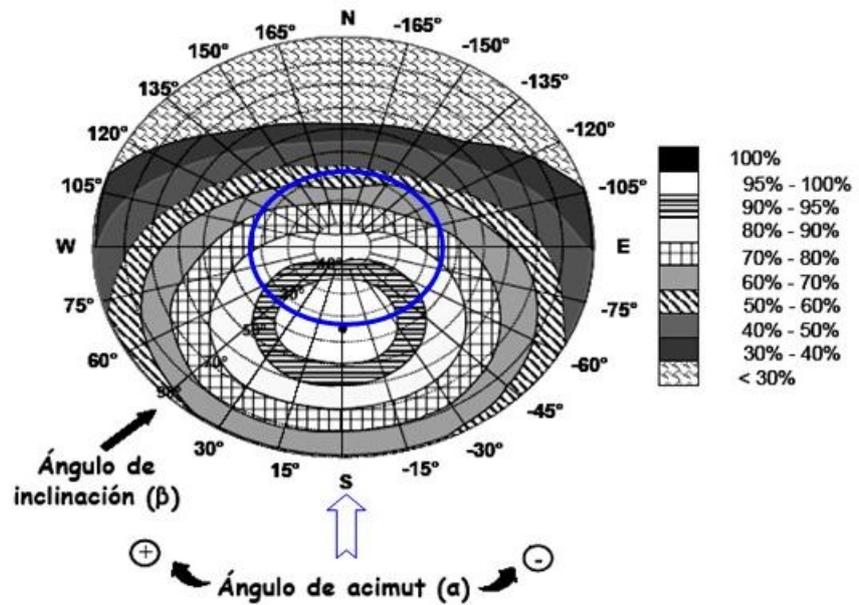
PÉRDIDAS POR ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN se calculan en función de:

- ángulo de inclinación  $s$ , definido como el ángulo que forma la superficie de los captadores con el plano horizontal.
- ángulo de acimut  $r$ , definido como el ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del captador y el meridiano del lugar.



La inclinación de diseño de los captadores solares es de  $-45^\circ$ . El acimut de los colectores de  $0^\circ$ , es decir, orientación sur para dichos valores, el porcentaje de energía respecto al máximo se encuentra entre el 95% y el 100 %, próximo al 100%

#### DE FORMA GRÁFICA



Porcentaje de energía respecto al máximo como consecuencia de las pérdidas por orientación e inclinación.

**DE FORMA ANALÍTICA.**

$$15^\circ < \beta < 90^\circ$$

$$P \% = 100 \cdot [1,2 \cdot 10^{-4} (\beta - \Phi)]^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \cdot \alpha^2]$$

$s \Rightarrow$  Inclinación real de los captadores.

$\Phi \Rightarrow$  Inclinación óptima (uso anual = Latitud).

$r \Rightarrow$  Desviación respecto al Sur.

$$P \% = 100 \cdot [1,2 \cdot 10^{-4} (45 - 39,5)^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \cdot 0^2] \Rightarrow$$

$$P \% = 0,363 \%$$

PÉRDIDAS POR SOMBRAS sobre el campo de captadores se calculan con ayuda de la carta cilíndrica de trayectoria solar (Diagrama de trayectorias del sol).

No se estiman pérdidas por sombras significativas, pues no existe actualmente ningún edificio que pueda generar sombras sobre el campo solar objeto del presente proyecto. Tampoco existen sombras debidas a los propios captadores, ya que éstos están totalmente integrados y apoyados en cubierta, y además se respetan las distancias necesarias para no interferir entre sí.

Las sombras debidas a la arquitectura del edificio son únicamente un antepecho que tiene toda la cubierta a su alrededor de una altura de 1,2 m.

Para disminuir la sombra de éste sobre la primera fila de captadores, éstos se han colocado sobre una solera de hormigón que los eleva 0,20 m sobre el nivel de la

azotea, y con un determinado retranqueo respecto al antepecho situado en la fachada SE.

Para dicha disposición se estudia los puntos desde los que se podrían llegar a producir sombras sobre el campo de colectores.

El primer de ellos es considerando la defensa de azotea como obstáculo en el punto 1 situado con un azimut  $71^\circ$  dirección oeste, el segundo punto tomando un azimut  $0^\circ$ , sur y el tercer punto considerado con azimut  $(-24^\circ)$  dirección este.

Punto 1 y 3 presentan la misma elevación límite:

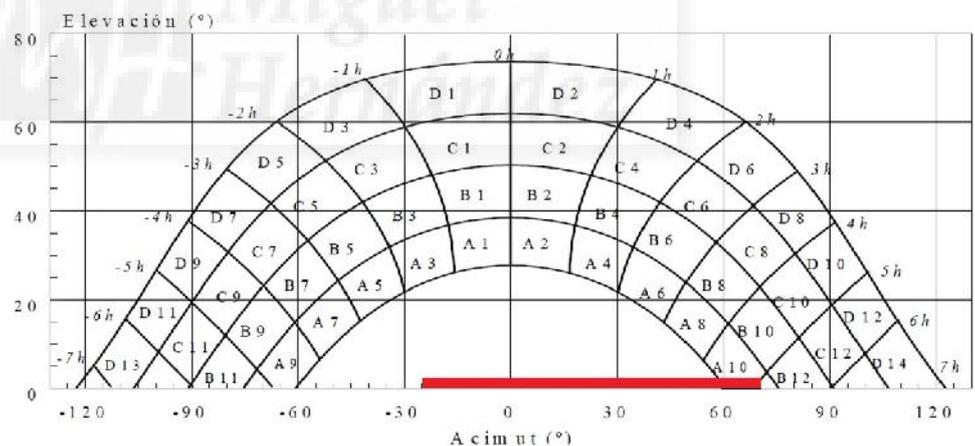
$$y = \arctang[(1,2 - 0,2)/4,4] = 12^\circ 48'$$

Para el 1 y 3 punto (azimut  $71^\circ$  y  $-24^\circ$ ) la elevación límite es de  $12,8^\circ$ , siempre referido al centro de gravedad del campo de colectores solares, considerando una altura efectiva del murete de defensa de la azotea de 1 metro.

Punto 2

$$y = \arctang[(1,2 - 0,2)/3,23] = 16^\circ 51'$$

Para el 2 punto (azimut  $0^\circ$ ) la elevación límite es de  $16,85^\circ$ .



Realizada la mascara de sombras que producen las defensas de la azotea respecto al centro del campo de colectores, el resultado es el que se muestra sobre la carta cilíndrica rectificada (diagrama de la trayectoria solar), apreciándose que en las sombras generadas afectada a la casilla A10 en un 25% con un coeficiente 0,11 por lo que genera un 0,03 % de pérdidas.

El porcentaje de perdidas por sombreado a lo largo de todo el año lo podemos considerar que es 0 %

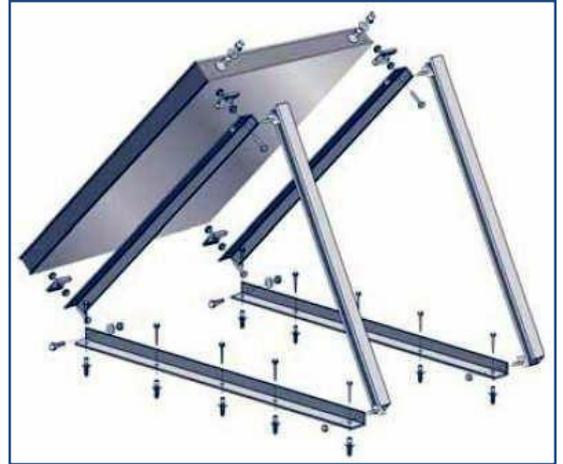
TOTAL DE PÉRDIDAS

Según el CTE HE4 tabla 2.3 *PERDIDAS LIMITE*, por orientación la instalación posee un valor menor al 5% (0,36 %), y por sombras un 0%, obteniendo un total de 0,36 % muy por debajo de los límites establecidos para el caso general del 15%.

#### **II.6.1.iv.-ESTRUCTURAS DE SOPORTE.**

Las estructuras soporte del campo de captadores serán suministradas por el mismo fabricante de captadores.

Cada batería de captadores tendrá su propia estructura, formada por perfiles de acero normalizados, cortados, taladrados y posteriormente galvanizados en caliente para resistir los efectos de la intemperie. La unión entre las distintas barras que



componen la estructura se realiza mediante tomillería de seguridad de acero inoxidable, con posibilidad de variar el ángulo de inclinación a 45 ° que será con el que se coloquen las baterías de captadores.

El diseño, construcción de la estructura y el sistema de captadores, cumple con las necesarias dilataciones térmicas, sin transmitir cargas que pudieran afectar a la integridad de los captadores o al circuito hidráulico.

Se ha construido una solera de hormigón sobre la que apoya la estructura metálica que sustenta los captadores solares, con un doble objetivo por un lado eliminar la sombra que produce el antepecho de la cubierta y por otro evitar la posibilidad de perforar la cubierta con el anclaje de las estructuras, esta solera tendrá orificios de paso de agua para desagüe, para evitar el estancamiento del agua de lluvia.

#### **II.6.2.- SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRECIENTAMIENTOS. SISTEMAS DE DISIPACIÓN.**

Según la tabla de producción de energía solar, en ninguno de los meses se obtiene excedente de energía solar, por lo que no se prevé que pueda existir sobrecalentamiento. En caso de que en alguno de los meses la ocupación pudiera descender, por ejemplo en períodos vacacionales, pudiendo dar lugar a excesos de ganancias por energía solar ante una demanda menor, se instalarán disipadores de calor estático en el campo solar.

Este dispositivo, sin aporte de energía eléctrica, puede evacuar los excesos de ganancias salvaguardando la integridad de los colectores y de la instalación hidráulica (circuito primario).

El sistema de control actuará parando la bomba del secundario y sobre una válvula de 3 vías termostática que desviará la circulación de líquido del primario a un disipador de calor. El termostato de la válvula termostática, en el interior del colector detecta el aumento importante de temperatura, a partir de 90°C, abre la válvula termostática dejando pasar el líquido al disipador.

La potencia a disipar se ha considerado con un salto térmico, entre la temperatura media del colector y la temperatura ambiente de,  $T = 60^{\circ}\text{C}$ , En estas condiciones el rendimiento del colector es muy bajo, en cambio el del disipador es muy alto.

Considerando la diferencia entre la temperatura media del colector y la ambiente, la zona climática donde nos situamos IV y V,  $100 - 40 = 60^{\circ}\text{C}$ . Con la curva de los ensayos de laboratorio, el panel solar,  $T = 60^{\circ}\text{C}$  y  $1000 \text{ W/m}^2$  de radiación tiene un rendimiento aproximado de  $1200 \text{ W}$ ,  $453 \text{ W/m}^2$ . Luego es lo que tenemos que enfriar  $453 \text{ W}$  por cada  $\text{m}^2$  de colector.

Los cálculos se ha realizado para las zonas climáticas IV y V, considerando una Irradiancia,  $G = 1000 \text{ W/m}^2$ , la potencia de disipación sería:

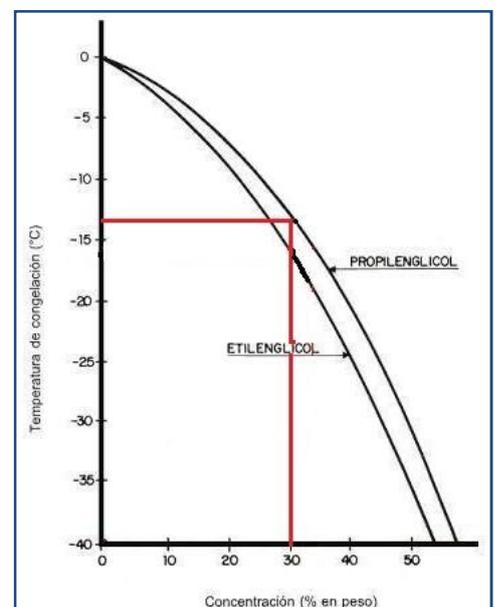
		Zona Climática IV / V
CO2D	2.472 W	5,45 m <sup>2</sup>
		Hasta 2 colectores
CO4D	4.944 W	10,91 m <sup>2</sup>
		Hasta 4 colectores
CO6D	7.416 W	16,37 m <sup>2</sup>
		Hasta 6,25 colectores

En nuestro caso la superficie total de captadores es de  $15,84 \text{ m}^2$  dividida en grupos de 2, lo que para cada grupo es una superficie de  $7,92 \text{ m}^2$ . Por lo tanto se instalará un disipador CO4D en cada batería de colectores.

### II.6.3.-CIRCUITO PRIMARIO SOLAR.

#### II.6.3.i.- FLUIDO CALOPORTADOR.

El fluido caloportador empleado en este proyecto en el circuito primario (solar) será una mezcla de agua potable con propilenglicol (anticongelante) en porcentaje igual al 30% en peso del mismo. La proporción indicada, garantiza la disminución del punto de congelación de la mezcla, por debajo de



los  $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$  demandados ( $-14\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), obteniéndose así un suficiente margen de seguridad.

### **II.6.3.ii.- CAUDAL DEL CIRCUITO PRIMARIO.**

El caudal del circuito primario se determinará de acuerdo con las especificaciones del fabricante de captadores como consecuencia del diseño de su producto, a falta de este dato se tomará como caudal de diseño  $40\text{ l/h}\cdot\text{m}^2$  de captador, este caudal unitario determinará el diámetro de las tuberías, el tamaño de la bomba e intercambiador a emplear en este circuito primario.

Para el cálculo del caudal total del circuito primario se tendrá en cuenta el caudal unitario la superficie útil del captador y el número de captadores instalados, según la siguiente expresión:

$$Q = Q_{\text{captador}} \cdot S \cdot N$$

Donde:

$Q \Rightarrow$  Caudal total del circuito primario en l/h.

$Q_{\text{captador}} \Rightarrow$  Caudal total del circuito primario en l/h por  $\text{m}^2$ .

$S \Rightarrow$  Superficie útil de un captador solar en  $\text{m}^2$ .

$N \Rightarrow$  Número de captadores.

Para el presente trabajo el caudal total del circuito primario solar será el siguiente:

$$Q = 40 \cdot 1,924 \cdot 8 = 615,68\text{ l/h}$$

Para calcular los caudales que deben circular por cada tramo de tubería, se sumarán solamente los caudales de los captadores que solamente son alimentados por ese tramo.

### **II.6.3.iii.- TUBERÍAS DEL CIRCUITO PRIMARIO.**

El material utilizado para las tuberías del circuito primario será cobre con uniones roscadas o soldadas con aleación de plata para soportar altas temperaturas. Una vez instalado el circuito de tuberías se realizará una prueba de presión controlada para comprobar posibles fugas. Finalmente se aislarán convenientemente las tuberías para evitar pérdidas térmicas.

El diámetro de las tuberías se determinará en función del caudal requerido en cada tramo del circuito, entendiéndose como tramo la longitud de tubería hasta llegar a una bifurcación de la misma, y en base a las recomendaciones del pliego de condiciones técnicas:

El diámetro de las tuberías se seleccionará de forma que la velocidad de circulación del fluido sea inferior a 2 m/s cuando la tubería discorra por locales habitados y a 3 m/s cuando el trazado sea al exterior o por locales no habitados.

El dimensionado de las tuberías se realizará de forma que la pérdida de carga unitaria en tuberías, nunca sea superior a 40 mm.c.a/m.

Para obtener la pérdida de carga lineal en cada tramo de tubería, se recurre al cálculo analítico mediante la expresión de Darcy-Weisbach

$$\Delta P = \lambda \cdot \left[ d_R \cdot \left( \frac{L}{D} \right) \cdot \left( \frac{v^2}{2 \cdot g} \right) \right]$$

donde:

- $\Delta P$  pérdida de carga lineal en mca.
- $\lambda$  coeficiente de rozamiento (adimensional).
- $d_R$  densidad relativa del fluido caloportador kg/m<sup>3</sup>.
- $v$  velocidad del fluido caloportador m/s
- $g$  aceleración de la gravedad 9,81 m/sg<sup>2</sup>.
- $L$  Longitud de la tubería en el tramo en m.
- $D$  Diámetro de la tubería en m.

La determinación de la velocidad del fluido caloportador se calculará con la siguiente expresión, teniendo en cuenta que ésta ha de ser inferior a 2 m/s.

$$v = \frac{Q}{S} \Rightarrow \frac{Q}{\pi \cdot \left( \frac{D_i}{2} \right)^2} < 2 \text{ m/s}$$

donde:

- $v$  velocidad del fluido caloportador m/s
- $Q$  caudal del tramo en m<sup>3</sup>/s.
- $S$  área de la sección transversal del tubo en m<sup>2</sup>.
- $D_i$  diámetro interior de la tubería en m.

Una vez calculada la velocidad del fluido caloportador en la tubería seleccionada, se determinará el coeficiente de rozamiento  $\lambda$  con el número de adimensional de Reynolds, expresado de la siguiente forma:

$$R_e = \rho \cdot \frac{v \cdot D}{\mu}$$

donde:

- $Re$  número de Reynolds (adimensional).
- $\rho$  densidad del fluido caloportador con un 30 % de propilenglicol y temperatura media de 20 °C (aproximadamente 1033 Kg/m<sup>3</sup>).
- $\mu$  viscosidad del fluido caloportador para las mismas condiciones que  $\rho$  ( $\cong 0,014$  kg·m<sup>-1</sup>·s<sup>-1</sup>).
- $D$  diámetro interior de la tubería en m.

De esta ecuación se deduce si el régimen es laminar o turbulento y con ello se emplean correlaciones aproximadas para la determinación del coeficiente de rozamiento  $\lambda$ .

Si  $Re < 2000$  el régimen es laminar, por tanto, se empleará la expresión:

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

Y si  $Re > 2000$  el régimen es turbulento, por tanto, se empleará esta otra expresión:

$$\lambda = \frac{0,32}{Re^{0,25}}$$

Para la densidad relativa del fluido caloportador  $d_r$ , se ha de tener en cuenta la densidad del agua empleando la siguiente expresión:

$$d_r = \frac{\text{densidad del fluido}}{\text{densidad del agua}} \Rightarrow \frac{1028}{990} = 1,038$$

En las mediciones de longitud de tubería se tendrán en cuenta: válvulas, codos, curvas, Ts y reducciones que se encuentren en el tramo de tubería calculado, puesto que generan pérdidas de carga singulares. Su equivalencia se expresará en longitud equivalente de tubería.

A partir de los resultados obtenidos en la expresiones anteriores se determinará la pérdida de carga unitaria por tramo de tubería  $\Delta P$  y se comprobará que sea inferior a 40 mm.c.a/m.

Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla.

TRAMO	Nº CAPT.	Long. (m)	Lon. Eq. (m)	Caudal (l/h)	$\lambda$ (mm)		v (m/s)	Hr/m (mm.c.a.)m	Hr (mm.c.a.)
					Ext	Int			
1	8	20	5,04	633,6	22	20	0,56	22,26	557,39
2	4	3	2,32	316,8	18	16	0,44	18,28	97,25
3	4	3	2,32	316,8	18	16	0,44	18,28	97,25
4	3	1,5	1,15	237,6	18	16	0,33	10,73	28,43
5	2	1,5	1,15	158,4	18	16	0,22	5,06	13,41

6	1	1,5	1,15	79,2	18	16	0,11	1,4	3,71
7	4	3,5	2,32	316,8	18	16	0,44	18,28	106,39
8	8	10	2,64	633,6	22	20	0,56	22,26	281,37
								<b>TOTAL</b>	<b>1.185,20</b>

Por tanto los diámetros de tubería, que se deberán instalar para cada tramo, corresponden con los indicados en la columna diámetro exterior.

#### **II.6.3.iv.- AISLAMIENTO DE LAS TUBERÍAS.**

Las tuberías del circuito primario deben estar convenientemente aisladas tal y como se prescribe en el RITE y CTE.

El aislamiento de las tuberías de interperie deberá llevar una protección externa que asegure la durabilidad ante acciones climatológicas admitiéndose revestimientos con pintura asfálticas, políestres reforzados con fibra de vidrio. El aislamiento no dejará zonas visibles de tuberías o accesorios, quedando únicamente los elementos que sean necesarios para el buen funcionamiento y operación de los componentes. 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 canalización.

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

Espesores mínimos de aislamiento para tuberías de fluidos calientes que discurren por el exterior

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 para el circuito primario será coquilla de caucho etileno-propileno-dieno (EPDM) de la marca Aeroline, que cumple con las especificaciones técnicas. En cuanto al espesor del aislante, como se pueden alcanzar temperaturas máxima de 90 °C (temperatura de sobrecalentamiento), se colocarán aislamiento de 35 mm en todos los tramos.

#### **II.6.3.v.- SELECCIÓN DEL INTERCAMBIADOR DEL CIRCUITO PRIMARIO.**

Para el presente trabajo se seleccionará un intercambiador de placas externo, para la determinación del intercambiador se tendrán en cuenta las siguientes variables:

- Potencia de intercambio.

- Eficiencia.
- Caudales de diseño.
- Temperaturas de los circuitos primario y secundario.
- Pérdida de carga.

La potencia mínima de diseño del intercambiador  $P$  en vatios, en función del área de campo de captadores  $A$ , en metros cuadrados, cumplirá la condición que se indica en el CTE con una irradiancia de  $500 \text{ W/m}^2$ .

$$P \geq 500 \cdot A$$

Por consiguiente, para un área de captadores de  $15,84 \text{ m}^2$ .

$$P \geq 500 \cdot 15,84$$

$$P \geq 7.920 \text{ W}$$

El intercambiador escogido para la transferencia energética del campo de captadores al acumulador solar será de la marca SUICALSA modelo IP220005NX08 con las siguientes características:

- ✓ Intercambiador de placas de acero inoxidable desmontables.
- ✓ Potencia  $15 \text{ kW}$ .
- ✓ Presión de diseño de  $8 \text{ bar}$ .
- ✓ Pérdidas de carga  $0,71 \text{ m.c.a.}$  en el primario y  $0,24 \text{ m.c.a.}$  en el secundario.

#### **II.6.3.vi.-SELECCIÓN DE LA BOMBA DEL CIRCUITO PRIMARIO.**

Para la instalación y el dimensionamiento de la bomba del circuito primario, se cumplirán los requisitos establecidos en el CTE.

Al ser un circuito de circulación forzada el circuito de captadores está dotado con una bomba de circulación, en el que la pérdida de carga o caída de presión se debería mantener aceptablemente baja en todo el circuito.

Las tuberías conectadas a las bombas se soportarán en las inmediaciones de éstas de manera que no provoquen esfuerzos recíprocos de torsión o flexión. El diámetro de las tuberías de acoplamiento no podrá ser nunca inferior al diámetro de la bomba de aspiración de la bomba.

La elección de la bomba se realiza a partir de la pérdida de carga total y el caudal del circuito primario. La altura manométrica  $H$  de la bomba en el punto de trabajo debe compensar estas pérdidas de carga y vienen definidas por:

$$H = \Delta P_{tuberias} + \Delta P_{intercambiador} + \Delta P_{captadores}$$

Las pérdidas de carga en las tuberías del circuito primario  $UP_{tuberias}$  se han calculado anteriormente y son de 1,185 *m.c.a.*

La pérdida de carga en el intercambiador  $UP_{intercambiador}$ , facilitada por el fabricante del equipo y es de 0,71 *m.c.a.*

La pérdida de carga en los captadores  $UP_{captadores}$  se puede determinar a partir de la curva facilitada por el fabricante de 0,45 *m.c.a.*

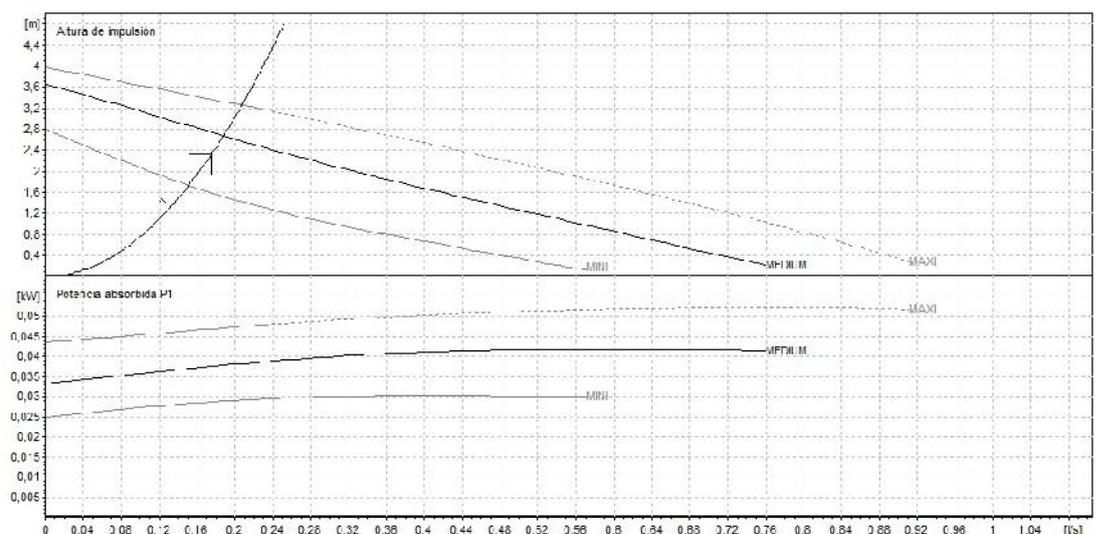
La suma de los valores anteriores dan unas pérdidas de carga de:

$$\Delta P_{TOTAL} = 1,185 + 0,71 + 0,45 = 2,345 \text{ m. c. a.} = H$$

Como se ha indicado anteriormente el caudal del circuito primario es de 633,6 l/h.

La selección de la bomba se realizará de modo que su curva característica contenga aproximadamente el punto de trabajo definido por la altura manométrica igual a la pérdida de carga del circuito  $H=2,345 \text{ m.c.a.}$  y un caudal  $Q=633,6 \text{ l/h} \Rightarrow 0,176 \text{ l/seg.}$

Con el programa de selección de WLO, se ha seleccionado para el circuito primario la bomba WLO modelo Star-STG 25/4, cuyo punto de trabajo se encuentra dentro del rango de funcionamiento de la bomba.



Curva característica de la bomba seleccionada Wlo Start-STG 25/4

#### II.6.4.- OTROS ELEMENTOS DEL CIRCUITO PRIMARIO.

**II.6.4.i.-VASO DE EXPANSIÓN.**

El vaso de expansión deberá ser capaz de compensar el volumen medio de transferencia de calor en todo el grupo de captadores completo incluyendo todas las tuberías de conexión entre captadores más un 10 %.

$$V_t = V \cdot C_e \cdot C_p$$

Siendo:

$V_t$  = Volumen del vaso de expansión.

$V$  = Volumen total de fluido de trabajo en el circuito.

$C_e$  = Coeficiente de expansión del fluido anticongelante.

$C_p$  = Coeficiente de presión.

El volumen total de fluido ( $V$ ) de trabajo en el circuito será la suma del volumen de fluido en los captadores, del intercambiador y de las tuberías que los interconectan, siendo :

$$V = 8 \cdot 2 + 170 + 65 = 251 \text{ l}$$

El coeficiente de expansión del fluido ( $C_e$ ) se calcula según la norma UNE 100.155.

$$C_e = f_c \cdot (-95 + 1,2 \cdot t) \cdot 10^{-3}$$

Siendo:

$f_c$  = Factor de correlación debido al porcentaje de glicol etilénico.

$t$  = Temperatura máxima en el circuito (140 °C).

El factor de forma ( $f_c$ ) se determina mediante la siguiente expresión:

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

Siendo:

$$a = -0,0134 \cdot (G^2 - 143,8 \cdot G + 1918,2)$$

$$b = 0,00035 \cdot (G^2 - 94,57 \cdot G + 500)$$

$G$  = Porcentaje de glicol etilénico en agua (30 %)

$$a = -0,0134 \cdot (30^2 - 143,8 \cdot 30 + 1918,2) = 20,04372$$

$$b = 0,00035 \cdot (30^2 - 94,57 \cdot 30 + 500) = -0,502985$$

$$f_c = 20,04372(1,8 \cdot 140 + 32)^{-0,502985} = 1,169488$$

$$C_e = 1,169488 \cdot (-95 + 1,2 \cdot 140) \cdot 10^{-3} = 0,085372$$

El coeficiente de presión ( $C_p$ ) se calcula mediante la siguiente expresión:

$$C_p = \frac{P_{m\acute{a}x.}}{P_{m\acute{a}x.} - P_{m\acute{i}n.}}$$

Siendo:

$P_{max}$  = Presión máxima en el vaso de expansión.

$P_{min}$  = Presión mínima en el vaso de expansión.

El punto de mínima presión de la instalación corresponde a los captadores solares, pues se encuentra a la cota máxima, para evitar la entrada de aire, se considera una presión mínima aceptable de 1,5 bar.

La presión máxima del vaso debe ser 0,9 veces mas pequeña que la presión de tarado de la válvula de seguridad, considerando que el valor de la presión de tarado es de 6 bar.

Resulta un coeficiente de presión ( $C_p$ ) de:

$$C_p = \frac{5,4}{5,4 - 1,5} = 1,384$$

El volumen del vaso de expansión es:

$$V_t = 251 \cdot 0,085372 \cdot 1,384 = 34,94 \text{ litros}$$

El vaso de expansión seleccionado presenta una capacidad de 50 litros, que es el volumen inmediatamente superior al calculado, este volumen supone un margen de seguridad con respecto al máximo esperado.

#### **II.6.4.ii.-VÁLVULAS DE SEGURIDAD.**

Se utilizarán válvulas de seguridad del tipo resorte, con un valor de presión máxima de 6 bar. Se deberá instalar una válvula de seguridad por fila de captadores, dos en total con el fin de proteger la instalación.

#### **II.6.4.iii.- VÁLVULAS DE CORTE.**

Se instalarán válvulas de corte de tipo esfera en la entrada y salida de las ocho baterías de captadores y entre la bomba, de forma que puedan utilizarse para aislamiento de estos componentes en labores de mantenimiento, sustitución, etc.

#### **II.6.4.iv.-VÁLVULAS ANTIRETORNO.**

Para evitar flujos ivresos del fluido caloportador en el circuito se instalará una válvula antiretorno de tipo clapeta.

#### **II.6.4.v.-PURGADORES.**

Se instalará un purgador manual en los puntos más altos de la salida de cada batería de captadores, con el objeto de eliminar cualquier bolsa de aire en la puesta en marcha de la instalación.

**II.6.5.- CIRCUITO SECUNDARIO SOLAR.****II.6.5.i.- VASO DE EXPANSIÓN.**

El vaso de expansión deberá ser capaz de compensar el volumen medio de transferencia de calor en todo el circuito secundario solar completo incluyendo todas las tuberías de conexión más un 10 %.

$$V_t = V \cdot C_e \cdot C_p$$

Siendo:

$V_t$  = Volumen del vaso de expansión.

$V$  = Volumen total de fluido de trabajo en el circuito secundario.

$C_e$  = Coeficiente de expansión del fluido caloportador.

$C_p$  = Coeficiente de presión.

El volumen total de fluido ( $V$ ) de trabajo en el circuito secundario será la suma del volumen de fluido en los acumuladores solares, del intercambiador y de las tuberías que los interconectan, siendo:

$$V = 1750 + 35 + 120 = 1905 \text{ l}$$

El coeficiente de expansión del fluido ( $C_e$ ), se calcula según la norma UNE 100.155, aunque al ser el fluido agua se puede considerar que éste toma un valor de 0,043.

El coeficiente de presión ( $C_p$ ) se calcula mediante la siguiente expresión:

$$C_p = \frac{P_{m\acute{a}x.}}{P_{m\acute{a}x.} - P_{m\acute{i}n.}}$$

Siendo:

$P_{m\acute{a}x.}$  = Presión máxima en el vaso de expansión.

$P_{m\acute{i}n.}$  = Presión mínima en el vaso de expansión.

El punto de mínima presión de la instalación corresponde a los captadores solares, pues se encuentra a la cota máxima, para evitar la entrada de aire, se considera una presión mínima aceptable de 1,5 bar.

La presión máxima del vaso debe ser 0,9 veces mas pequeña que la presión de tarado de la válvula de seguridad, considerando que el valor de la presión de tarado es de 6 bar.

Resulta un coeficiente de presión ( $C_p$ ) de:

$$C_p = \frac{5,4}{5,4 - 1,5} = 1,384$$

El volumen del vaso de expansión es:

$$V_t = 1905 \cdot 0,043 \cdot 1,384 = 113,5 \text{ litros}$$

El vaso de expansión seleccionado presenta una capacidad de 200 litros, que es el volumen inmediatamente superior al calculado, este volumen supone un margen de seguridad con respecto al máximo esperado.

### **II.6.5.ii.-TUBERÍAS DEL CIRCUITO SECUNDARIO.**

El caudal del circuito secundario será un 10 % inferior al caudal total del circuito primario.

$$Q_{\text{secundario}} = 0,9 \cdot Q_{\text{primario}} \Rightarrow 0,9 \cdot 633,6 \cong 571 \text{ l/h}$$

De manera que al dividir este caudal entre la superficie de captación total, se obtendrá el caudal unitario del circuito secundario, siendo éste de 36 l/h·m<sup>2</sup>.

Las tuberías de conexión al acumulador solar al lado secundario del intercambiador serán de cobre con un diámetro exterior de 22 mm, como corresponde al caudal indicado y una longitud de 3 m.

El aislamiento de las tuberías será de coquilla de caucho etileno-propileno-dieno (EPDM) con un espesor de 35 mm tal y como indica el RITE.

### **II.6.5.iii.- SELECCIÓN DE LA BOMBA DEL CIRCUITO SECUNDARIO.**

Como en el caso del circuito primario, la selección de la bomba se realizará a partir de las pérdidas de carga totales (tuberías e intercambiador) y el caudal del circuito.

Para calcular las pérdidas de carga en las tuberías se utilizará el mismo procedimiento que el empleado para el circuito primario, teniendo en cuenta el nuevo caudal que circula por el secundario y que ahora el fluido es solo agua.

$$\Delta P = \lambda \cdot \left[ d_R \cdot \left( \frac{L}{D} \right) \cdot \left( \frac{v^2}{2 \cdot g} \right) \right]$$

$$\lambda = \frac{64}{Re} = \frac{64}{2000} \Rightarrow 0,03$$

$$v = \frac{Q}{S} \Rightarrow \frac{Q}{\pi \cdot \left( \frac{D_i}{2} \right)^2} = \frac{1,5861 \cdot 10^{-4}}{\pi \cdot \left( \frac{0,016}{2} \right)^2} = 0,78 \text{ m/s}$$

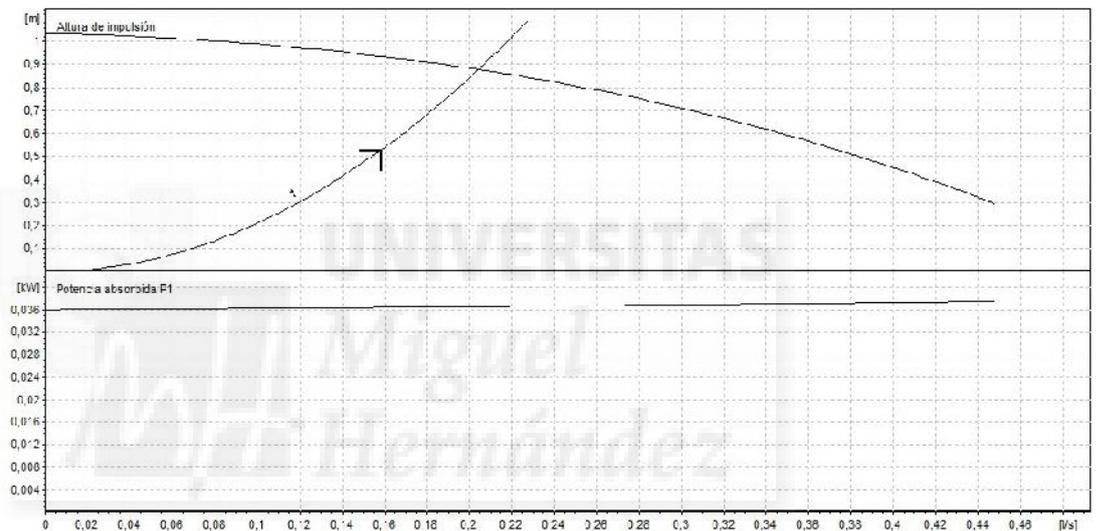
$$\Delta P = 0,03 \cdot \left[ 1 \cdot \left( \frac{5}{0,016} \right) \cdot \left( \frac{0,78^2}{2 \cdot 9,81} \right) \right] = 0,29 \text{ m. c. a.}$$

Teniendo en cuenta que el fabricante del intercambiador proporciona una pérdida de carga de 0,24 m.c.a para el del secundario, la altura manométrica H de la bomba en el punto de trabajo viene definida por

$$H = \Delta P_{tuberías} + \Delta P_{intercambiador} = 0,29 + 0,24 = 0,53 \text{ m. c. a.}$$

La selección de la bomba se realizará de modo que su curva característica contenga aproximadamente el punto de trabajo definido por la altura manométrica igual a la pérdida de carga del circuito  $H = 0,53 \text{ m.c.a.}$  y un caudal  $Q = 571 \text{ l/h.}$

Con el programa de selección de WLO, se ha seleccionado para el circuito secundario la bomba WLO modelo Star-Z 20/1, cuyo punto de trabajo se encuentra dentro del rango de funcionamiento de la bomba.



Curva característica de la bomba seleccionada Wlo Start-Z20/1

### II.6.6.- SUBCONJUNTO DE ACUMULACIÓN.

Para la determinación del volumen de acumulación se tendrá en cuenta el consumo de agua máximo diario. En el caso del presente proyecto para un consumo de 1550 l/día a 50 °C se opta por una acumulación de 1750 l, repartidos en dos acumuladores de 1000 y 750 litros, los mismos deberán cumplir los requisitos del reglamento de aparatos a presión.

Los dos acumuladores serán de inercia IDROGAS modelo CV 750 SR y CV 1000 SR con las siguientes características:

- Acumulador de acero vitrificado S/DIN 4753.
- Aislamiento de espuma rígida de poliuretano inyectado en molde.
- Temperatura máxima de trabajo de 90 °C.
- Presión máxima depósito ACS 8 bar.

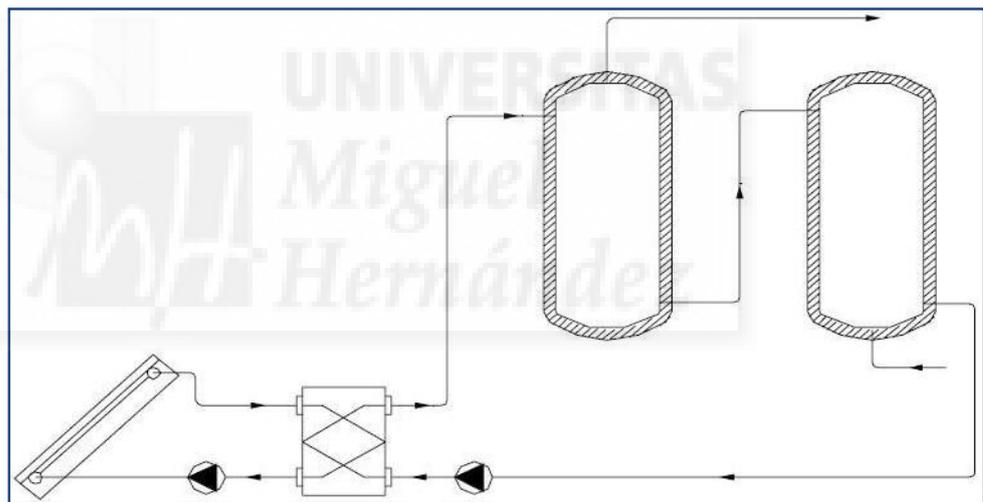
El hecho de que los acumuladores sean de inercia permitirá una temperatura de acumulación máxima mayor, siendo en este caso de 90 °C. Esto favorece la estratificación en el acumulador y por tanto el rendimiento de los captadores.

Las pérdidas térmicas serán mínimas con el aislamiento que incorporan, puesto que cumple con los criterios del RITE, que estipula un aislamiento mínimo equivalente a 50 mm de espesor con un coeficiente de conductividad  $\lambda=0,04 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$  a 20 °C.

Los acumuladores se instalarán en la cubierta del edificio y estarán protegidos de las incidencias atmosféricas, deberán llevar válvulas de corte para evitar flujos al exterior del depósito no intencionados en caso de daños del sistema.

### II.6.6.i.- CONEXIONADO DE LOS ACUMULADORES.

Los dos acumuladores se conectarán en serie invertida en el circuito de distribución, esta forma de conectar permitirá la desconexión individual de los mismos sin interrumpir el funcionamiento de la instalación.



Con objeto de aprovechar al máximo la energía captada y evitar la pérdida de la estratificación por temperatura en los depósitos, la situación de las tomas para las diferentes conexiones serán las establecidas en los puntos siguientes:

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

La entrada de agua de retorno de consumo estará equipada con una placa deflectora en la parte interior, a fin de que la velocidad residual no destruya la estratificación en el acumulador o el empleo de otros métodos contrastados que minimicen la mezcla.

Las conexiones de entrada y salida se situarán de forma que se eviten caminos preferentes de circulación del fluido.

### **II.6.7.- SUBCONJUNTO DE ENERGÍA AUXILIAR.**

Debido a que el sistema de energía auxiliar no dispondrá de acumulación, es decir, será una fuente instantánea de energía, el equipo será modulante, por lo que será capaz de regular su potencia, de forma que se obtendrá la temperatura de manera permanente con independencia de cuál sea la temperatura del agua de entrada al citado equipo.

Para el presente trabajo la energía convencional utilizada será gas natural. Por consiguiente, el equipo a instalar en cada vivienda será una caldera mural modulante a gas conectada en serie con el equipo de intercambio individual. Ésta se debe dimensionar para dar el servicio deseado en el caso de que no se dispusiera de suficiente energía solar.

Para calcular la potencia de la caldera se calculará con la siguiente fórmula:

$$P_{CALDERA} = \frac{(T_{ACS} - T_{AF}) \cdot Q_{CALDERA}}{860}$$

$$P_{CALDERA} = \frac{(50 - 14,58) \cdot 10}{14,33} = 24,71 \text{ kW}$$

La caldera seleccionada será de la marca Junkers modelo ZMBC 30-2C y sus principales características son:

- Potencia nominal: 30 kW.
- Potencia mínima: 7 kW.
- Caudal de 8 l/min para un salto térmico de 50 K.
- Caudal máximo 17,2 l/min.
- Presión máxima de uso 3 bar.

De manera que con la potencia nominal de la caldera se obtendrá un caudal de 11,28 l/min para dar el salto térmico de 35,42 °C.

### **II.6.8.- CIRCUITO DE DISTRIBUCIÓN.**

El circuito de distribución será el encargado de hacer llegar a cada vivienda la energía acumulada en el depósito solar a través de una red de tuberías.

Dada la distribución del edificio se instalará una bajante vertical en circuito cerrado con recirculación, desde la cual se suministrará el agua precalentada solar a los equipos de intercambio individual, instalados en un registro común en cada planta, y de éstos a cada vivienda o local.

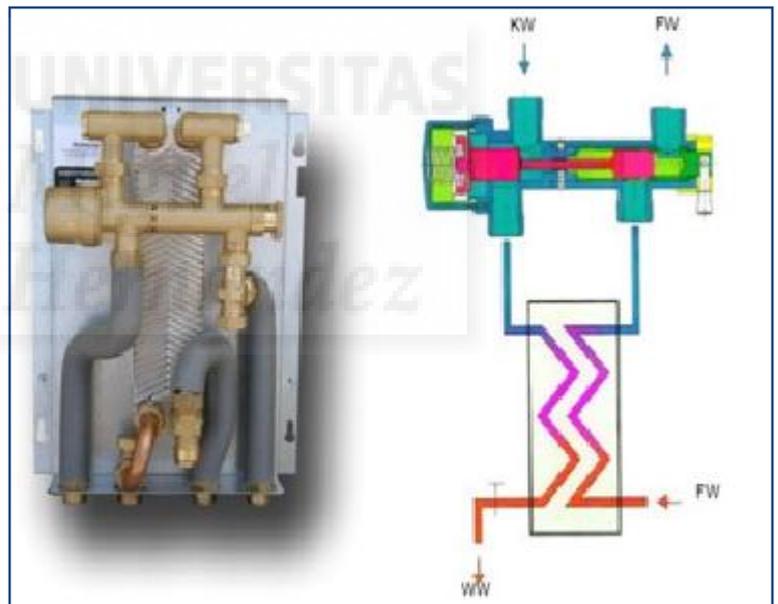
En los planos se pueden ver los recorridos de tuberías de distribución, así como el emplazamiento de la bajante y el registro común de los equipos de intercambio individual.

### II.6.8.i.- EQUIPO DE INTERCAMBIO INDIVIDUAL.

La descarga térmica solar se realizará mediante los equipos de intercambio CIRCO MF Plus de la casa Wagner & Co. Están diseñados especialmente para el apoyo de energía solar en edificios con energía auxiliar individual, por lo que es necesario instalar un equipo por vivienda o local.

El CIRCO MF Plus está constituido por un intercambiador de placas, una válvula de cuatro vías proporcional y las conexiones tanto del circuito primario (FW) como del secundario (VW y KW) del intercambiador.

La válvula de 4 vías impide el paso de agua precalentada solar, desde el circuito de distribución hasta el intercambiador, en caso de que no haya consumo de ACS. Este control se realiza por un mecanismo hidráulico: cuando se detecta una diferencia de presión en el circuito



secundario, es decir, hay una entrada de agua de red debido a una demanda de ACS, la válvula se abre de forma proporcional, permitiendo el paso de caudal a través del intercambiador desde el circuito de distribución, en función de la demanda de ACS. La proporcionalidad de la apertura de la válvula es importante para evitar que cuando el consumo sea pequeño (por ejemplo un grifo) el precalentamiento solar supere el límite marcado para evitar escaldaduras y la temperatura de retorno al acumulador sea demasiado alta, y por lo tanto, perjudique en rendimiento de la instalación.

El intercambiador cuenta con un área de transferencia lo suficientemente elevada para transmitir una potencia de 12 kW hasta 48,98 kW al agua de red, dependiendo de la tempe-

ratura de entrada de primario del intercambiador, el caudal de consumo y el caudal de primario, asegurando temperaturas de retorno al acumulador solar bajas.

Se instalarán tres CIRCO MF Plus en cada planta, para las viviendas de esa planta, ubicándose en el registro común de agua y se conectarán en paralelo a la bajante vertical.

#### **II.6.8.ii.- CAUDAL NOMINAL DEL CIRCUITO PRIMARIO DEL INTERCAMBIADOR INDIVIDUAL.**

Para el cálculo del caudal de primario en el intercambiador del CIRCO MF, se tendrá en cuenta el caudal nominal de 11,28 l/min de la caldera. La temperatura de impulsión de primario del intercambiador se seleccionará para que el aporte de energía solar sea del 100% de la demanda, cuando el acumulador solar esté a un nivel térmico suficiente, aportando al agua de red un salto térmico de 35,42 °C.

La temperatura de diseño aconsejable por el fabricante para la impulsión de primario está en torno a los 60°C. Con esta temperatura se podrá asegurar que, en el caso de que se produzca un aumento del caudal de primario a través del intercambiador, debido a que el número de intercambiadores abiertos sea menor del estimado según un coeficiente de simultaneidad, no habrá exceso de temperatura en el lado del consumo de ACS.

#### **II.6.8.iii.-CAUDAL TOTAL DEL CIRCUITO DE DISTRIBUCIÓN.**

Para el cálculo del caudal total del circuito de distribución se tendrá en cuenta que la válvula del equipo no permite el paso de agua precalentada solar al intercambiador, cuando no hay consumo de ACS y que todos los intercambiadores no estarán abiertos al mismo tiempo, debido a que el consumo de todas las viviendas no va a tener lugar en el mismo instante. Por este motivo hay que considerar un coeficiente de simultaneidad que se obtendrá utilizando la siguiente expresión:

$$\phi = \frac{19 + n}{10 \cdot (n - 1)}$$

donde:

$\phi \Rightarrow$  coeficiente de simultaneidad cuyo valor mínimo es de 0,2 (adimensional).

$n \Rightarrow$  número de viviendas.

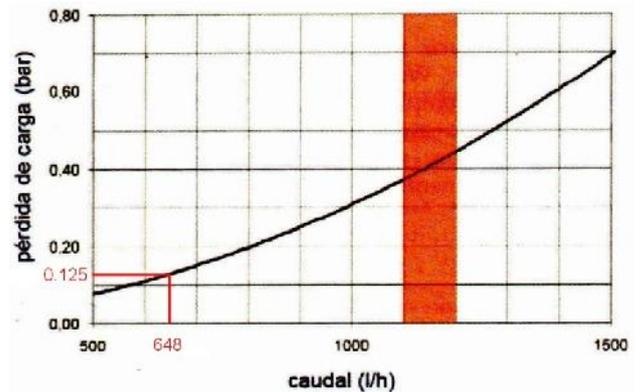
$$\phi = \frac{19 + 12}{10 \cdot (12 - 1)} = 0,28$$

El caudal total del circuito de distribución será:

$$Q_D = n \cdot \phi \cdot Q_{teorico} = 12 \cdot 0,28 \cdot 650 = 2184 \text{ l/h}$$

**II.6.8.iv.-TUBERÍAS DEL CIRCUITO DE DISTRIBUCIÓN.**

Para el dimensionado de la tubería de distribución (bajante) hay que tener en cuenta, los intercambiadores están conectados en paralelo y su pérdida de carga en el primario, según la gráfica de la figura, está en torno a 0,125 bar (1,25 m.c.a.) para un caudal de 648 l/h.



Siendo la pérdida de carga del intercambiador de 1,25 m.c.a., con un caudal de diseño de 648 l/h, y la longitud de la tubería de conexión entre el equipo y la tubería de distribución de 2 m (impulsión más retorno), la pérdida de carga total será, considerando un diámetro de 12 mm de tubería:

$$\Delta P_{intercambiador\ CIRCO\ MF} = \Delta P_{intercambiador} + \Delta P_{tuberías\ 12\ mm} \cong 1,259 + 1,07 = 2,32\ m.c.a.$$

El procedimiento para calcular los diámetros de tubería en función de la pérdida de carga será igual que en las tuberías del circuito primario, teniendo en cuenta que la velocidad del fluido ha de ser inferior a 2 m/s para evitar ruidos.

Por lo tanto, la tubería de distribución se dimensionará con una pérdida de carga menor a 2,32 m.c.a., teniendo en cuenta una longitud de 32 m (impulsión más retorno), más la longitud equivalente de 24 T's para las conexiones y un caudal de 5702,4 l/h.

Con un diámetro de tubería de 35 mm se obtiene la pérdida de carga inmediatamente inferior, con un valor de 1,82 m.c.a..

El aislamiento de las tuberías del circuito de distribución será de coquilla de caucho etileno-propileno-dieno (EPDM) de la marca Aeroline con un espesor de 25 mm tal y como se indica en el RITE.

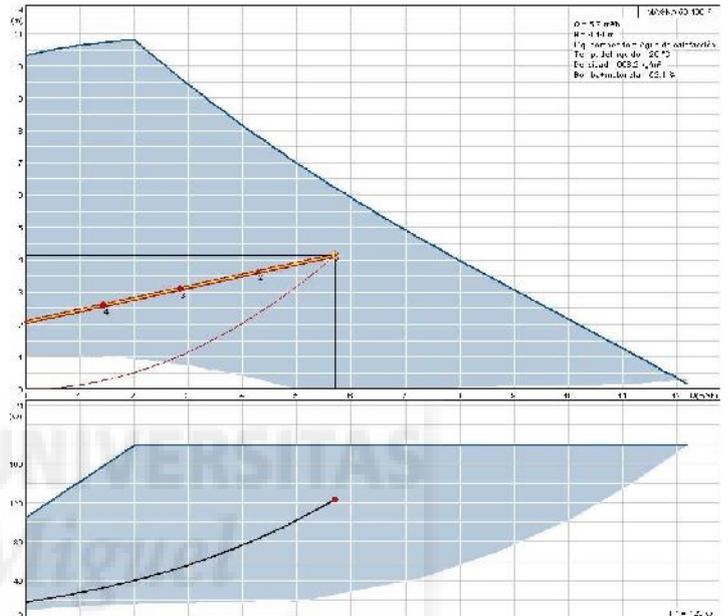
**II.6.8.v.-SELECCIÓN DE LA BOMBA DE RECIRCULACIÓN.**

La prioridad de la bomba de recirculación en el circuito de distribución será maximizar la potencia en los intercambiadores, en función del número de equipos CIRCO MF Plus abiertos y el caudal de consumo instantáneo en cada uno de ellos, minimizando la temperatura de retorno al acumulador solar. Por este motivo se instalará una bomba con regulación de cau-

dal, en función de la presión diferencial, que se adaptará a las variaciones del sistema por sí misma.

Cuando el número de equipos abiertos aumente, el sistema presentará menor pérdida de carga debido a que todo el caudal de distribución se repartirá entre los distintos elementos abiertos, siendo el caudal de entrada en cada uno de los equipos menor que el caudal nominal de diseño. En este momento, la bomba tenderá a variar su punto de trabajo aumentando el caudal impulsado.

Sin embargo, cuando el número de equipos abiertos sea menor, la pérdida de carga del sistema aumentará ya que el caudal de distribución se repartirá entre un número menor de elementos. De manera que, la pérdida de carga en éstos es mayor ya que hay un aumento del caudal de paso a través de cada uno de los equipos respecto al caudal de diseño. A diferencia de la situación anterior, la bomba tenderá a aumentar la altura manométrica  $H$  reduciendo el caudal impulsado, tal y como se puede observar en la figura.



La elección de la bomba se realiza a partir de la pérdida de carga del equipo junto con sus conexiones y del circuito de distribución. La altura manométrica  $H$  de la bomba en el punto de trabajo debe compensar estas pérdidas de carga.

$$H = \Delta P_{CIRCOMF} + \Delta P_{DISTRIBUCIÓN} = 2,32 + 1,82 = 4,14 \text{ m. c. a.}$$

Con el programa de selección de bombas Grundfos, se ha seleccionado para el circuito de distribución la bomba Grundfos modelo Magna 50-100 F, cuyo rango de operación contiene el punto de trabajo definido por esta altura manométrica con el caudal del circuito de distribución.

### II.6.9.- SUBCONJUNTO DE REGULACIÓN Y CONTROL.

El sistema de regulación y control cumplirá lo se que establece en CTE. El control de funcionamiento normal de las bombas del circuito de captadores, deberá ser siempre de tipo diferen-

cial y deberá actuar en función de la diferencia entre la temperatura del fluido caloportador 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°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 preferentemente en la parte inferior en una zona no influenciada por la circulación del circuito secundario o por el calentamiento del intercambiador.

### EQUIPOS DE REGULACIÓN Y CONTROL

La regulación escogida para la instalación solar es del fabricante Wagner & Co, modelo Sungo SXL, con las siguientes características:

- Carga solar para una instalación solar con 1, 2 o 3 acumuladores.
- Posibilidad de seleccionar 10 tipos de instalación solar completamente programados.
- Memoria de avisos de sistema con fecha y hora para simplificar trabajos de mantenimiento.
- 7 entradas fijas de temperatura y 3 entradas con tipo seleccionable (sensor de irradiación, caudalímetro y sensor de temperatura).
- 6 salidas.
- Incluye 4 sondas de temperatura.



### CONTROL DE CARGA DEL ACUMULADOR SOLAR

La sonda de radiación solar (SR) se situará en el exterior, fijada a la estructura de los captadores solares y con la misma inclinación que éstos. La sonda T<sub>2</sub> se situará en la parte inferior de acumulador solar (parte fría), la sonda T<sub>3</sub> en la parte alta del acumulador (parte caliente), la sonda T<sub>5</sub> en la impulsión (entrada intercambiador) del circuito solar al intercambiador de placas y la sonda T<sub>6</sub> en el retorno (salida intercambiador).

El control del proceso de carga tendrá como objetivo regular la conversión de la radiación solar en calor y transferirla al acumulador solar. Esto se conseguirá mediante la puesta en marcha y

la detención de las bombas del circuito primario ( $B_1$ ) y secundario ( $B_2$ ), en función de las temperaturas recogidas por las sondas SR,  $T_2$ ,  $T_3$  y  $T_5$ .

El funcionamiento será el siguiente:

- ☞ La bomba  $B_1$  (*WLO STG 25/4*) se pondrá en funcionamiento cuando la irradiancia, medida por el sensor de radiación solar, sea suficiente para permitir una captación efectiva de energía ( $>100 \text{ W/m}^2$ ), siempre que la temperatura de la parte alta del acumulador  $T_3$  no supere la temperatura máxima fijada ( $90 \text{ }^\circ\text{C}$ ).
- ☞ La válvula  $V_1$ , que evitará el movimiento del vapor en el circuito primario en situaciones de estancamiento, estará enclavada con la bomba  $B_1$ , normalmente cerrada se abrirá cuando  $B_1$  arranque.
- ☞ Estando  $B_1$  en marcha se establecerá un tiempo mínimo de funcionamiento a fin de que el circuito primario se estabilice. A medida que aumente la temperatura en el circuito, cuando  $T_5$  sea superior en  $7 \text{ }^\circ\text{C}$  a  $T_2$ , la regulación pondrá en marcha la bomba  $B_2$  (*WLO STAR-Z 20/1*), iniciándose la aportación de energía solar al acumulador.
- ☞ La bomba  $B_2$  se detendrá cuando la diferencia entre  $T_1$  y  $T_2$  sea inferior a unos  $2 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Estando en funcionamiento todo el sistema, la regulación determinará la producción de calor en kWh a partir de los datos medidos por el caudalímetro CM en el retorno del circuito solar y el diferencial de temperatura de las sondas  $T_5$  y  $T_6$ .

#### **CONTROL DE DESCARGA DE AGUA PRECALENTADA SOLAR**

La sonda  $T_3$  se situará en la parte alta del acumulador y la sonda  $T_4$  en el retorno del circuito de distribución.

La bomba de recirculación  $B_3$  (*GRUNDFOS MAGNA 50-100 F*) del circuito de distribución funcionará en función del horario fijado por la Comunidad de Propietarios (normalmente entre las 0 h a las 6 h) y mediante el diferencial de temperaturas entre  $T_3$  y  $T_4$ . Los saltos térmicos para la puesta en marcha y la detención de la bomba  $B_3$  serán los mismos que para la carga del acumulador.

El caudal de la bomba  $B_3$ , se seleccionará para dar el caudal punta previsto aplicando el coeficiente de simultaneidad, como se ha calculado anteriormente y variará en función del número de viviendas que demanden consumo.

## **CAPÍTULO III**

# **PLIEGO DE CONDICIONES**

### **III.- CAMPO DE APLICACIÓN.-**

En esta especificación se recogen las exigencias que son aplicables a los materiales y equipos utilizados en las instalaciones de climatización, en cuanto a criterios de seguridad, fiabilidad, rendimiento y protección del medio ambiente que forman parte de los edificios e instalaciones.

Contempla esta especificación aquellos servicios, obras y elementos auxiliares que son comunes a las mencionadas instalaciones.

Quedan definidas las características y condiciones constructivas que deben cumplir los materiales y las instalaciones, así como su funcionamiento, ensayos, suministro y criterios de medición y abono que deben reunir las instalaciones de climatización.

#### **III.1.- ALCANCE DE LA INSTALACIÓN.**

El montaje de las instalaciones sujetas a este Reglamento deberá ser efectuado por una empresa instaladora registrada de acuerdo a lo desarrollado en la instrucción técnica ITE 11.

Las normas que se desarrollan en esta instrucción técnica han de entenderse como la exigencia de que los trabajos de montaje, pruebas y limpieza se realicen correctamente, de forma que:

- I. La instalación, a su entrega, cumpla con los requisitos que señala el capítulo segundo del RITE.
- II. La ejecución de las tareas parciales interfiera lo menos posible con el trabajo de otros oficios.

Es responsabilidad de la empresa instaladora el cumplimiento de la buena práctica desarrollada en este epígrafe, cuya observancia escapa normalmente a las especificaciones del proyecto de la instalación.

#### **III.2.- CONSERVACIÓN DE LAS OBRAS.**

En general todo material y equipo estará construido de acuerdo con las normas especificadas que le sean aplicables y de tal forma que se garantice la permanencia inalterable de sus características y prestaciones durante toda su vida útil. A este objeto, su diseño, construcción y equipamiento auxiliar deberá ser el adecuado para garantizar el cumplimiento de las prescripciones siguientes: Los puntos de engrase, ajuste, comprobación y puesta a punto serán fácilmente accesibles desde el exterior del equipo, sin necesidad de remover e, equipo de su lugar de instalación ni desconectarlo del circuito de fluido al que pertenezca. Las cubiertas, carcasas o protecciones que para el mantenimiento fuera necesario remover, estarán fijadas en su posición mediante dispositivos que permitan las maniobras de desmontar y montar con facilidad, sin herramientas especiales y tantas veces como sea necesario sin sufrir deterioro.

No se emplearán para la sujeción de estas protecciones tornillos rosca-chapa, ni con cabeza ranurada. La colocación de cubiertas, tapas y cierres estará diseñada de tal forma que físicamente sólo sea posible su colocación en la manera correcta.

El fabricante de todo equipo deberá garantizar la disponibilidad de repuestos necesarios durante la vida útil del equipo, se exigirá una lista de despiece, con esquema de despiece referenciado numéricamente, de tal forma que cualquier pieza de repuesto necesaria sea identificable fácilmente.

Junto a la documentación técnica del equipo se entregará por el fabricante, normas e instrucciones para el mantenimiento preventivo del equipo, así como un cuadro de diagnóstico de averías y puesta a punto.

Si un determinado equipo requiere más de una intervención manual o automática en una secuencia determinada, para su puesta en marcha o parada, estará diseñado de tal forma que estas acciones sucesivas no puedan ser efectuadas en una secuencia distinta de la correcta, o en caso de poder serlo, no debería producirse ningún daño al equipo ni efectuarse la maniobra correspondiente.

Si para el correcto funcionamiento de una máquina fuera necesario el previo funcionamiento y servicio de otra máquina o sistema de instalación, la construcción o diseño de la primera será tal que impida su puesta en marcha si no se ha cumplido este requisito.

Todo equipo estará provisto de las indicaciones y elementos de comprobación, señalización y tarado necesarios para realizar con facilidad todas las verificaciones y comprobaciones precisas para su puesta a punto y control de funcionamiento.

Todo equipo en que deba poder ajustarse y comprobarse la velocidad de rotación llevará un extremo del eje accesible para la conexión del tacómetro.

Todo equipo en cuyo funcionamiento se modifique la presión de un fluido estará dotado de los manómetros de control correspondientes.

Todo equipo en cuyo funcionamiento se modifique la temperatura de un fluido estará dotado de los termómetros correspondientes.

Todo equipo cuyo engrase se realice por un sistema de engrase a presión llevará el correspondiente indicador de la presión de engrase. En caso de disponer de un cárter de aceite, el nivel de aceite será fácilmente comprobable. Los anteriores dispositivos de control y temperaturas llevarán una indicación de los límites de seguridad de funcionamiento. Cuando la alteración fuera de los límites correctos de una característica de funcionamiento pueda producir daño al equipo, la

instalación, o existe peligro para las personas o el edificio, el equipo estará dotado de un sistema de seguridad que detenga el funcionamiento al aproximarse dicha situación crítica. Esta circunstancia quedará determinada por el encendido de una luz roja en el tablero de mando del equipo. Si tal situación crítica, de llegarse a producir, significará un daño para el equipo, la instalación, las personas o e, edificio, el equipo estará dotado de otro dispositivo de seguridad totalmente independiente del anterior y basado en fenómeno físico diferente, tarado en un valor comprendido entre el bloqueo y el de la seguridad, que por descarga de la presión, parada del equipo o interrupción o cierre del circuito, impida el que se alcance la situación de riesgo.

### **III.3.-RECEPCIÓN DE UNIDADES DE OBRA.**

Los materiales, elementos y equipos que se utilicen en las instalaciones objeto de este reglamento deben cumplir las prescripciones que se indican en esta instrucción técnica complementaria.

No obstante, considerando que todos ellos entran en el ámbito de aplicación del Real Decreto 1630/1992 de 29 de diciembre por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva del Consejo 89/106/CEE, las prescripciones de estas instrucciones para tales materiales, elementos y equipos serán aplicables únicamente mientras no estén disponibles y publicadas las correspondientes especificaciones técnicas europeas armonizadas, que hayan sido elaboradas por los organismos europeos de normalización como resultado de mandatos derivados de la directiva citada u otras disposiciones comunitarias que sean de aplicación.

Todos los materiales, equipos y aparatos no tendrán en ninguna de sus partes deformaciones, fisuras ni señales de haber sido sometidos a malos tratos antes o durante la instalación.

Toda la información que acompaña a los equipos deberá expresarse al menos en castellano y en unidades de Sistema Internacional S.S.I.

### **III.4.-NORMAS DE EJECUCIÓN Y SELECCIÓN DE CARACTERÍSTICAS PARA LOS EQUIPOS Y MATERIALES.**

La empresa instaladora seguirá estrictamente los criterios expuestos en los documentos del proyecto de la instalación.

La empresa instaladora deberá efectuar dibujos detallados de equipos, aparatos etc., que indiquen claramente dimensiones, espacios libres, situación de conexiones, peso y cuanta otra información sea necesaria para su correcta evaluación. Los planos de detalle podrán ser sustituidos por folletos o catálogos del fabricante del equipo o aparato.

La empresa instaladora irá almacenando en lugar establecido de antemano todos los materiales necesarios para ejecutar la obra, de forma escalonada según necesidades.

Los materiales procederán de fábrica convenientemente embalados con el objeto de protegerlos contra los elementos climatológicos, golpes y malos tratos durante el transporte, así como durante su permanencia en el lugar de almacenamiento.

Cuando el transporte se realice por mar, los materiales llevarán un embalaje especial, así como las protecciones necesarias para evitar toda posibilidad de corrosión marina.

Los embalajes de componentes pesados o voluminosos dispondrán de los convenientes refuerzos de protección y elementos de enganche que faciliten las operaciones de carga y descarga, con la debida seguridad y corrección.

Externamente al embalaje y en lugar visible se colocarán etiquetas que indiquen inequívocamente el material contenido en su interior.

A la llegada a obra se comprobará que las características técnicas de todos los materiales corresponden con las especificadas en proyecto.

Antes de comenzar los trabajos de montaje la empresa instaladora deberá efectuar el replanteo de todos y cada uno de los elementos de la instalación. El replanteo deberá contar con la aprobación del director de la instalación.

Durante el almacenamiento en la obra y una vez instalados se deberán proteger todos los materiales de desperfectos y daños, así como de la humedad.

Las aberturas de conexión de todos los aparatos y equipos deberán estar convenientemente protegidos durante el transporte, almacenamiento y montaje, hasta tanto no se proceda a su unión. Las protecciones deberán tener forma y resistencia adecuada para evitar la entrada de cuerpos extraños y suciedades, así como los daños mecánicos que puedan sufrir las superficies de acoplamiento de bridas, roscas, manguitos, etc.

Si es de temer la oxidación de las superficies mencionadas, éstas deberán recubrirse con pinturas antioxidantes, grasas o aceites que deberán ser eliminados en el momento del acoplamiento.

Especial cuidado se tendrá hacia los materiales frágiles y delicados, como materiales aislantes, aparatos de control y medida etc., que deberán quedar especialmente protegidos.

Durante el curso de montaje de las instalaciones se deberán evacuar de la obra todos los materiales sobrantes de trabajos efectuados con anterioridad, como embalajes, retales de tuberías, conductos y materiales aislantes etc.

Asimismo, al final de la obra, se deberá limpiar perfectamente de cualquier suciedad todas las unidades terminales, equipos de salas de máquinas, instrumentos de medida y control, cuadros eléctricos etc., dejándolos en perfecto estado.

Toda instalación debe funcionar, bajo cualquier condición de carga, sin producir ruidos o vibraciones que puedan considerarse inaceptables o que rebasen los niveles máximos establecidos en este reglamento.

Las correcciones que deban introducirse en los equipos para reducir su ruido o vibración deben adecuarse a las recomendaciones del fabricante del equipo y no deben reducir las necesidades mínimas especificadas en proyecto.

Los elementos de medida, control, protección y maniobra se deben instalar en lugares visibles y fácilmente accesibles, sin necesidad de desmontar ninguna parte de la instalación, particularmente cuando cumpla funciones de seguridad.

Los equipos que necesiten operaciones periódicas de mantenimiento deben situarse en emplazamientos que permitan la plena accesibilidad de todas sus partes, ateniéndose a los requerimientos mínimos más exigentes entre los marcados por la reglamentación vigente y las recomendaciones del fabricante.

Para aquellos equipos dotados de válvulas, compuertas, unidades terminales, elementos de control etc. que, por alguna razón, deban quedar ocultos, se preverá un sistema de acceso fácil por medio de puertas, mamparas, paneles u otros elementos. La situación exacta de estos elementos de acceso será suministrada durante la fase de montaje y quedará reflejada en los planos finales de la instalación.

Al final de la obra los aparatos, equipos y cuadros eléctricos que no vengan reglamentariamente identificados con placa de fábrica, deben marcarse mediante una chapa de identificación, sobre la cual se indicarán el nombre y las características técnicas del elemento.

En los cuadros eléctricos los bornes de salida deben tener un número de identificación que se corresponderá al indicado en el esquema de mando y potencia.

La información contenida en las placas debe escribirse en lengua castellana, por lo menos, y con caracteres indelebles y claros, de altura no menor que 5 mm.

Las placas se situarán en un lugar visible y se fijarán mediante remaches, soldadura o material adhesivo resistente a las condiciones ambientales.

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

Las tuberías se instalarán de forma ordenada, disponiéndolas, siempre que sea posible, paralelamente a tres ejes perpendiculares entre sí y paralelos a los elementos estructurales del edificio, salvo las pendientes que deben darse a los elementos horizontales.

La separación entre la superficie exterior del recubrimiento de una tubería y cualquier otro elemento será tal que permita la manipulación y el mantenimiento del aislante térmico, si existe, así como de válvulas, purgadores, aparatos de medida y control etc.

El órgano de mando de las válvulas no deberá interferir con el aislante térmico de la tubería.

Las válvulas roscadas y las de mariposa deben estar correctamente acopladas a las tuberías, de forma que no haya interferencia entre ésta y el obturador.

La alineación de las canalizaciones en uniones, cambios de sección y derivaciones se realizarán sin forzar las tuberías, empleando los correspondientes accesorios o piezas especiales.

Para la realización de cambios de dirección se utilizarán preferentemente piezas especiales, unidas a las tuberías mediante rosca, soldadura, encolado o bridas.

Cuando las curvas se realicen por centrado de la tubería, la sección transversal no podrá reducirse ni deformarse; la curva podrá hacerse corrugada para conferir mayor flexibilidad. El centrado se hará en caliente cuando el diámetro sea mayor que DN 50 y en los tubos de acero soldado se hará de forma que la soldadura longitudinal coincida con la fibra neutra de la curva.

El radio de curvatura será el máximo que permita el espacio disponible. Las derivaciones deben formar un ángulo de 45 grados entre el eje del ramal y el eje de la tubería principal. El uso de codos o derivaciones con ángulos de 90 grados está permitido solamente cuando el espacio disponible no deje otra alternativa o cuando se necesite equilibrar un circuito.

Las conexiones de los equipos y los aparatos a las tuberías se realizarán de tal forma que entre la tubería y el equipo o aparato no se transmita ningún esfuerzo, debido al peso propio y las vibraciones.

Las conexiones deben ser fácilmente desmontables a fin de facilitar el acceso al equipo en caso de reparación o sustitución. Los elementos accesorios del equipo, tales como válvulas de interceptación y de regulación, instrumentos de medida y control, manguitos amortiguadores de vibraciones, filtros etc., deberán instalarse antes de la parte desmontable de la conexión, hacia la red de distribución.

Se admiten conexiones roscadas de las tuberías a los equipos o aparatos solamente cuando el diámetro sea igual o menor que DN 50.

Según el tipo de tubería empleada y la función que ésta deba cumplir, las uniones pueden realizarse por soldadura, encolado, rosca, brida, compresión mecánica o junta elástica. Los extremos de las tuberías se preparan de forma adecuada al tipo de unión que se debe realizar.

Antes de efectuar una unión, se repasarán y limpiarán los extremos de los tubos para eliminar las rebabas que se hubieran formado al cortarlos o aterrajados y cualquier otra impureza que pueda haberse depositado en el interior o en la superficie exterior, utilizando los productos recomendados por el fabricante. La limpieza de las superficies de las tuberías de cobre y de materiales plásticos debe realizarse de forma esmerada, ya que de ella depende la estanqueidad de la unión.

Las tuberías se instalarán siempre con el menor número posible de uniones; en particular, no se permite el aprovechamiento de recortes de tuberías en tramos rectos.

Entre las dos partes de las uniones se interpondrá el material necesario para la obtención de una estanqueidad perfecta y duradera, a la temperatura y presión de servicio.

Cuando se realice la unión de dos tuberías, directamente o a través de un accesorio, aquellas no deben forzarse para conseguir que los extremos coincidan en el punto de acoplamiento, sino que deben haberse cortado y colocado con la debida exactitud.

No deberán realizarse uniones en el interior de los manguitos que atraviesen muros, forjados u otros elementos estructurales.

Los cambios de sección en las tuberías horizontales se efectuarán con manguitos excéntricos y con los tubos enrasados por la generatriz superior para evitar la formación de bolsas de aire.

En las derivaciones horizontales realizadas en tramos horizontales se enrasarán las generatrices superiores del tubo principal y del ramal.

No se permite la manipulación en caliente a pie de obra de tuberías de materiales plásticos, salvo para la formación de abocardados y en el caso de que se utilicen los tipos de plástico adecuados para la soldadura térmica.

El acoplamiento de tuberías de materiales diferentes se hará por medio de bridas; si ambos materiales son metálicos, la junta será dieléctrica. En los circuitos abiertos, el sentido de flujo del agua debe ser siempre desde el tubo de material menos noble hacia el material más noble.

Para instalaciones de suministro de gas por canalización se observarán las exigencias contenidas en la reglamentación específica.

### **III.5.- ESPECIFICACIONES GENERALES.**

Los manguitos pasamuros deben colocarse en la obra de albañilería o de elementos estructurales cuando éstas se estén ejecutando.

El espacio comprendido entre el manguito y la tubería debe rellenarse con una masilla plástica, que selle totalmente el paso y permita la libre dilatación de la conducción. En algunos casos, puede ser necesario que el material de relleno sea impermeable al paso de vapor de agua.

Los manguitos deben acabarse a ras del elemento de obra, salvo cuando pasen a través de forjados, en cuyo caso deben sobresalir unos 2 cm por la parte superior.

Los manguitos se construirán con un material adecuado y con unas dimensiones suficientes para que pueda pasar con holgura la tubería con su aislante térmico. La holgura no puede ser mayor que 3 cm.

Cuando el manguito atraviese un elemento al que se le exija una determinada resistencia al fuego, la solución constructiva del conjunto debe mantener, como mínimo, la misma resistencia.

Se considera que los pasos a través de un elemento constructivo no reducen su resistencia al fuego si se cumple alguna de las condiciones establecidas a este respecto en la NBE-CPI condiciones de protección contra incendios en los edificios, vigente.

Para el dimensionado, y la disposición de los soportes de tuberías se seguirán las prescripciones marcadas en las normas UNE correspondientes al tipo de tubería. En particular, para las tuberías de acero, se seguirán las prescripciones marcadas en la instrucción UNE 100152.

Con el fin de reducir la posibilidad de transmisión de vibraciones, formación de condensaciones y corrosión, entre tuberías y soportes metálicos debe interponerse un material flexible no metálico, de dureza y espesor adecuados.

Para las tuberías preaisladas, en instalaciones aéreas o enterradas, se seguirán las instrucciones que al respecto dicte el fabricante de las mismas.

El trazado de tuberías, cualquiera que sea el fluido que transporten, tendrá en cuenta, en cuanto a cruces y paralelismos se refiere, lo exigido por la reglamentación vigente correspondiente a los distintos servicios.

### **III.6.-ESPECIFICACIONES MECÁNICAS.**

En general todo material y equipo estará construido de forma que se garantice, debidamente, la seguridad de las personas, del edificio y de las otras instalaciones que pudieran ser afectadas por su funcionamiento o por un fallo del mismo, así como la salubridad del ambiente interior y exterior al que dicho equipo o material pueda afectar.

No obstante estas normas, los equipos y materiales deberán cumplir aquellas otras prescripciones que los reglamentos de carácter específico ordenan.

Todos los materiales que intervienen en la construcción de un equipo deberán ser adecuados a las temperaturas y presiones a las que su funcionamiento normal, e incluso extraordinario por avería pueda someterlos.

Todos los materiales que por su funcionamiento estén en contacto con el agua o el aire húmedo presentarán una resistencia a la corrosión que evite un envejecimiento o deterioro prematuro.

Las partes móviles de las máquinas que sean accesibles desde el exterior de las mismas, estarán debidamente protegidas.

### **III.7.-ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS.**

Las instalaciones eléctricas de los equipos deberán cumplir el reglamento de baja tensión, estando todas sus partes suficientemente protegidas para evitar cualquier riesgo de accidente para las personas encargadas de su funcionamiento y el de la instalación.

Los motores eléctricos para el accionamiento de los equipos deberán seleccionarse para trabajar lo más próximo posible a las condiciones de plena carga, pues en estas condiciones en las que la eficiencia de un motor es máxima, y las variaciones de voltaje respecto al teórico producen la mínima perturbación y pérdida de eficiencia. No obstante, en los ventiladores centrífugos deberá ponerse especial cuidado para evitar sobrecargas en un motor muy justamente dimensionado, debidas a una sobreestimación de las pérdidas de carga de circuito.

### **III.8.-MATERIALES EMPLEADOS EN LA INSTALACIÓN.**

Las tuberías y sus accesorios cumplirán los requisitos es de las normas UNE correspondientes, en relación con el uso al que vayan a ser destinadas.

Los materiales aislantes térmicos empleados para aislamiento de conducciones, aparatos y equipos, así como los materiales para la formación de barreras antivapor, cumplirán lo especificado en UNE 100171 y demás normativa que le sea de aplicación.

Los elementos de regulación y control deberán tener probada su aptitud a la función mediante la declaración del fabricante de que sus productos son conformes a normas o reglas internacionales de reconocido prestigio.

Los emisores de calor/frío, como radiadores, convectores etc., cumplirán lo dispuesto en la reglamentación específica.

### **III.9.-LIBRO DE ÓRDENES.**

El Libro de órdenes es un documento exigible para los profesionales de la ingeniería industrial en actuaciones de dirección de edificaciones sujetas a la Ley 38/1999, de 5 de noviembre, y recomendable para todo tipo de instalaciones de presupuestos de más de 450.759,08 €

- La falta del Libro de órdenes no está sancionada legalmente. Su carencia tiene trascendencia sólo respecto a la prueba de hechos que, en el tráfico habitual, deberían haberse hecho constar en el mencionado documento.

- El Libro de órdenes correctamente emitido permite al Colegio de Ingenieros colaborar en la defensa del profesional pues siempre podrá certificar que éste cumplido con los requisitos formalmente exigidos.

En todas las obras de edificación de promoción privada existirá un libro denominado «Libro de Órdenes y Asistencias», con sus hojas foliadas por triplicado y selladas por el Colegio Oficial de Arquitectos que lo hubiera diligenciado.

El Libro de Órdenes y Asistencias será facilitado y diligenciado por el Colegio Oficial de Arquitectos que haya extendido el visado del proyecto técnico correspondiente, cuando el Arquitecto Director de la obra comunique su comienzo.

El constructor está enterado de lo que dispone la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el trabajo, aprobada por Orden de 9 de marzo de 1971, y el vigente Reglamento de Seguridad del Trabajo en la Industria de la Construcción y Obras Públicas, aprobado por Orden de 20 de mayo de 1952 y en las Ordenes complementarias de 19 de diciembre de 1953 y 23 de septiembre de 1966.

El Libro de Órdenes y Asistencias estará en todo momento en la obra, a disposición del Arquitecto Director y del Arquitecto Técnico o Aparejador de la misma, quienes deberán consignar en él las visitas, incidencias y órdenes que se produzcan en su desarrollo.

Cada asistencia, orden o instrucción deberá ser extendida en la hoja correspondiente con indicación de la fecha en que tenga lugar y la firma del Arquitecto Director, Arquitecto Técnico o Aparejador y la del «enterado» del constructor, técnico o encargado que, en su caso, le represente.

### **III.10.- PRUEBAS FINALES A LA CERTIFICACIÓN FINAL DE OBRA.**

La empresa instaladora dispondrá de los medios humanos y materiales necesarios para efectuar las pruebas parciales y finales de la instalación.

Las pruebas parciales estarán precedidas por una comprobación de los materiales en el momento de su recepción en obra.

### **III.11.- OPERACIONES DE MANTENIMIENTO Y DOCUMENTACIÓN.**

Para mantener las características funcionales de las instalaciones y su seguridad y conseguir la máxima eficiencia de sus equipos, es preciso realizar las tareas de mantenimiento preventivo y correctivo que se incluyen en la presente instrucción técnica.

Sin perjuicio de aquellas operaciones de mantenimiento derivadas de otras normativas, para englobar todas las operaciones necesarias durante la vida de la instalación para asegurar el

funcionamiento, aumentar la fiabilidad y prolongar la duración de la misma, se definen dos escalones complementarios de actuación:

- a) plan de vigilancia;
- b) plan de mantenimiento preventivo.

El plan de vigilancia se refiere básicamente a las operaciones que permiten asegurar que los valores operacionales de la instalación sean correctos. Es un plan de observación simple de los parámetros funcionales principales, para verificar el correcto funcionamiento de la instalación. Tendrá el alcance descrito en la tabla:

**PLAN DE VIGILANCIA**

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

(IV) inspección visual

Adicionalmente, durante todo el año se vigilará la instalación con el objeto de prevenir los posibles daños ocasionados por los posibles sobrecalentamientos.

A continuación se desarrollan de forma detallada las operaciones de mantenimiento que deben realizarse en las instalaciones de energía solar térmica para producción de agua caliente, la periodicidad mínima establecida (en meses) y observaciones en relación con las prevenciones a observar.

**PLAN DE MANTENIMIENTO. SISTEMA DE CAPTACIÓN**

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

### PLAN DE MANTENIMIENTO. SISTEMA DE ACUMULACIÓN

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

### PLAN DE MANTENIMIENTO. SISTEMA DE INTERCAMBIO

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
<i>Intercambiador de placas</i>	12	<sup>CF</sup> eficiencia y prestaciones.
	12	Limpieza.
<i>Intercambiador de serpentín</i>	12	<sup>CF</sup> eficiencia y prestaciones.
	12	Limpieza.

CF: control de funcionamiento

### PLAN DE MANTENIMIENTO. SISTEMA DE CAPTACIÓN

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
<i>Fluido refrigerante</i>	12	Comprueba su densidad y Ph.
<i>Estanqueidad</i>	24	Efectuar prueba de presión.
<i>Aislamiento al exterior</i>	6	(IV) degradación protección de uniones y ausencia de humedad.
<i>Aislamiento al interior</i>	12	(IV) uniones y ausencia de humedad.
<i>Purgador automático</i>	12	<sup>CF</sup> y limpieza.
<i>Purgador manual</i>	6	Vaciar el aire del botellín.
<i>Bomba</i>	12	Estanqueidad.

<i>Vaso de expansión cerrado</i>	6	Comprobación de la presión.
<i>Vaso de expansión abierto</i>	6	Comprobación del nivel.
<i>Sistema de llenado</i>	6	<sup>CF</sup> actuación.
<i>Válvula de corte</i>	12	<sup>CF</sup> actuación (abrir y cerrar) para evitar agarrotamiento.
<i>Válvula de seguridad</i>	12	<sup>CF</sup> actuación.

<sup>(IV)</sup> inspección visual

CF: control de funcionamiento

### PLAN DE MANTENIMIENTO. SISTEMA DE ELECTRICO Y DE CONTROL

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

CF: control de funcionamiento

### PLAN DE MANTENIMIENTO. SISTEMA DE ENERGÍA AUXILIAR

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

CF: control de funcionamiento

Desde el momento en que se realiza a recepción provisional de la instalación, el titular de ésta debe realizar las funciones de mantenimiento, sin que éstas puedan ser sustituidas por la garantía de la empresa instaladora.

El mantenimiento será efectuado por empresas mantenedoras o por mantenedores debidamente autorizados por la correspondiente Comunidad Autónoma.

### III.12.- LIBRO DE MANTENIMIENTO.

El mantenedor deber llevar un registro de las operaciones de mantenimiento, en el que se reflejen los resultados de las tareas realizadas.

El registro podrá realizarse en un libro u hojas de trabajo o mediante mecanizado. En cualquiera de los casos, se numerarán correlativamente las operaciones de mantenimiento de la instalación, debiendo figurar la siguiente información, como mínimo:

- ✓ El titular de la instalación y la ubicación de ésta.
- ✓ El titular del mantenimiento.
- ✓ El número de orden de la Operación en la instalación.

- ✓ La fecha de ejecución.
- ✓ Las operaciones realizadas y el personal que las realizó.
- ✓ La lista de materiales sustituidos o repuestos cuando se hayan efectuado operaciones de este tipo.
- ✓ Las observaciones que se crean oportunas.

El registro de las operaciones de mantenimiento de cada instalación se hará por duplicado y se entregará una copia al titular de la instalación. Tales documentos deben guardarse al menos durante tres años contados a partir de la fecha de ejecución de la correspondiente operación de mantenimiento.

La Comunidad Autónoma correspondiente dispondrá cuantas inspecciones sean necesarias con el fin de comprobar y vigilar el cumplimiento de este reglamento, especialmente serán inspeccionados periódicamente los equipos de calefacción de una potencia nominal superior a 15 kW. con objeto de mejorar sus condiciones de funcionamiento y de limitar sus emisiones de dióxido de carbono.

Las instalaciones serán revisadas por personal facultativo de los servicios de los organismos territoriales competentes, o por las entidades en quién ellos deleguen en el ejercicio de sus competencias, cuando éstos juzguen oportuna o necesaria una inspección, por propia iniciativa, disposición gubernativa, denuncia de terceros o resultados desfavorables apreciados en el registro de las operaciones de mantenimiento.

El personal facultativo ordenar su inmediata reparación y podrá, cuando, lo juzgue oportuno, precintar la instalación, dando cuenta de ello a la empresa suministradora de energía para que suspenda los suministros, que no deben ser reanudados hasta que medie autorización de los servicios del organismo territorial competente.

Los titulares de las instalaciones pueden solicitar en todo momento, justificando la necesidad y previo dictamen de la empresa de mantenimiento o de, mantenedor autorizado, cuando seaprocedente, que sus instalaciones sean reconocidas por los servicios de la correspondiente Comunidad Autónoma para que sea expedido/ el oportuno dictamen.

### **III.13.- ENSAYOS Y RECEPCIÓN.**

Una vez que la instalación se encuentra totalmente terminada, de acuerdo con las especificaciones del proyecto, y haya sido ajustada y equilibrada conforme lo indicado en UNE 100010, deben realizarse como mínimo las pruebas finales del conjunto de la instalación que se

indican a continuación, independientemente de aquellas otras que considere necesarias el director de obra.

Todas las pruebas se efectuarán en presencia del director de obra o persona en quien delegue, quien deberá dar su conformidad tanto al procedimiento seguido como a los resultados.

Todas las redes de circulación de fluidos portadores deben ser probadas hidrostáticamente, a fin de asegurar su estanqueidad, antes de quedar ocultas por obras de albañilería, material de relleno o por el material aislante.

Independientemente de las pruebas parciales a que hayan sido sometidas las partes de la instalación a lo largo del montaje, debe efectuarse una prueba final de estanqueidad de todos los equipos y conducciones a una presión en frío equivalente a vez y media la de trabajo, con un mínimo de 6 bar, de acuerdo a UNE 100151.

Las pruebas requieren, inevitablemente, el taponamiento de los extremos de la red, antes de que estén instaladas las unidades terminales. Los elementos de taponamiento deben instalarse en el curso del montaje, de tal manera que sirvan, al mismo tiempo, para evitar la entrada en la red de materiales extraños.

Posteriormente se realizarán pruebas de circulación de agua, poniendo las bombas en marcha, comprobando la limpieza de los filtros y midiendo presiones y, finalmente, se realizará la comprobación de la estanqueidad del circuito con el fluido a la temperatura de régimen.

Por último, se comprobará el tarado de todos los elementos de seguridad.

Una vez que las pruebas anteriores hayan sido satisfactorias y se hayan comprobado hidrostáticamente los elementos de seguridad, las instalaciones equipadas con calderas se llevarán hasta la temperatura de tarado de los elementos de seguridad, habiendo anulado previamente la actuación de los aparatos de regulación automática.

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

Por último, se comprobará que la instalación cumple con las exigencias de calidad, confortabilidad, seguridad y ahorro de energía de estas instrucciones técnicas.

Particularmente se comprobará el buen funcionamiento de la regulación automática del sistema.

### **III.14.- RECEPCIONES DE OBRA.**

Para la puesta en funcionamiento de la instalación es necesaria la autorización del organismo territorial competente, para lo que se deberá presentar ante el mismo un certificado suscrito por el

director de la instalación, cuando sea preceptiva la presentación de proyecto y por un instalador, que posea carnet, de la empresa que ha realizado el montaje.

El certificado de la instalación tendrá, como mínimo, el contenido que se señala en el modelo que se indica en el apéndice de esta instrucción técnica. En el certificado se expresará que la instalación ha sido ejecutada de acuerdo con el proyecto presentado y registrado por el organismo territorial competente y que cumple con los requisitos exigidos en este reglamento y sus instrucciones técnicas. Se harán constar también los resultados de las pruebas a que hubiese lugar.

Una vez realizadas las pruebas finales con resultados satisfactorios en presencia del director de obra, se procederá al acto de recepción provisional de la instalación con el que se dará por finalizado el montaje de la instalación. En el momento de la recepción provisional, la empresa instaladora deberá entregar al director de obra la documentación siguiente:

- ☞ Una copia de los planos de la instalación realmente ejecutada, en la que figuren, como mínimo, el esquema de principio, el esquema de control y seguridad, el esquema eléctrico, los planos de la sala de máquinas y los planos de plantas, donde debe indicarse el recorrido de las conducciones de distribución de todos los fluidos y la situación de las unidades terminales.
- ☞ Una memoria descriptiva de la instalación realmente ejecutada, en la que se incluyan las bases de proyecto y los criterios adoptados para su desarrollo.
- ☞ Una relación de los materiales y los equipos empleados, en la que se indique el fabricante, la marca, el modelo y las características de funcionamiento, junto con catálogos y con la correspondiente documentación de origen y garantía.
- ☞ Los manuales con las instrucciones de manejo, funcionamiento y mantenimiento, junto con la lista de repuestos recomendados.
- ☞ Un documento en el que se recopilan los resultados de las pruebas realizadas. El certificado de la instalación firmado.

El director de obra entregará los mencionados documentos, una vez comprobado su contenido y firmado el certificado, al titular de la instalación, quien lo presentará a registro en el organismo territorial competente.

En cuanto a la documentación de la instalación se estará además a lo dispuesto en la Ley General para la Defensa de los Consumidores y Usuarios y disposiciones que la desarrollan.

### **III.15.- GARANTÍAS.**

Transcurrido el plazo de garantía, que será de un año si en el contrato no se estipula otro de mayor duración, la recepción provisional se transformará en recepción definitiva, salvo que por parte del titular haya sido cursada alguna reclamación antes de finalizar el período de garantía.

Si durante el período de garantía se produjesen averías o defectos de funcionamiento, éstos deberán ser subsanados gratuitamente por la empresa instaladora salvo que se demuestre que las averías (han sido producidas por falta de mantenimiento o uso incorrecto de la instalación.



# **CAPÍTULO IV**



## **PRESUPUESTO**

Nº	Descripción	Unidades	Precio	Importe
IV_01	Suministro y montaje de colector Solar Plano. Marca SOLAR ENERGY, Modelo RK-2000 ALPIN, bastidor estable de aluminio, cubierta de vidrio antiselectivo, aislamiento de 60 mm de espesor, pared trasera estable aluminio, 4 conexiones hidráulicas de 22 mm, área de apertura 1,92 m². Peso 35 kg, posibilidad de desmontar la cubierta de vidrio. Incluyendo llaves de corte, purgador, válvulas de seguridad, racores, tapones, dilatadores, conexiones hidráulicas y accesorios necesarios para su instalación.	8	356,23	2.849,84
IV_02	Suministro y montaje de perfil de cubierta de aluminio, estructura de perfiles de aluminio con ángulos de inclinación 40%, tornillos de acero inoxidable para perfiles y fijación de captador, tirafondos galvanizados con tacos para anclaje en el suelo, accesorios necesarios para su correcta instalación.	8	85,32	682,56
IV_03	Suministro y colocación de líquido caloportador, con capacidad de protección de hasta - 34°C. (En función del grado de concentración del producto en la mezcla). Compuesto a base de propilenglicol, inhibidores de corrosión, antiespumante, colorante y agua. Bote de 5 Litros. Marca Wagner & Co o Similar.	2	56,75	113,50
IV_04	Suministro y Montaje de unidad disipadora de energía térmica, obtenido mediante la derivación del fluido caloportador a través de un elemento intercambiador de calor, por el cual circula agua sobrecalentada. Incluye baterías, Incluida parte proporcional de la instalación, válvula termostática, llaves de corte, termómetros y pequeño material de montaje. Marca ESCODA o Similar. Modelo CO4D o Similar.	2	69,85	139,20
IV_05	Suministro y montaje sistema de llenado y vaciado automático para el circuito primario de los colectores con depósito de poliéster para la recogida del fluido y bomba de llenado. Incluyendo manómetro llaves de corte, manguitos, retención, dilatadores, filtro, termostatos, manómetros y pequeños accesorios para su correcta instalación.	1	367,24	367,24
IV_06	Suministro y montaje de INTERCAMBIADOR DE PLACAS marca SUICALSA o equivalente, de 15 KW de potencia, placas fabricadas en acero inoxidable AISI 316, con junta de nitrilo, y bastidor de acero al carbono, con conexiones. Incluso manguitos elásticos, valvulería y accesorios. Comprende todos los trabajos, materiales y medios auxiliares necesarios para dejar la unidad completa, totalmente instalada, probada y en perfecto estado de funcionamiento, según Documentos de Proyecto, indicaciones de la D.F. y normativa vigente.	1	296,00	296,00
IV_07	Suministro y colocación de interacumulador para instalación vertical en acero vitrificado IDROGAS modelo CV750 SR, de capacidad 750 l., para acumulación y producción de agua caliente, calorífugo, presión de	1	1.994,00	1.994,00

	trabajo circuito secundario 8 Kg/cm <sup>2</sup> , presión de trabajo circuito primario 3 Kg/cm <sup>2</sup> , temperatura del primario 90° C, i/equipo termostático programable, válvulas de seguridad, válvulas de corte, termómetro, manómetro, purgador, etc., totalmente instalado.			
IV_08	Suministro y colocación de interacumulador para instalación vertical en acero vitrificado IDROGAS modelo CV1000 SR, de capacidad 1000 l., para acumulación y producción de agua caliente, calorifugado, presión de trabajo circuito secundario 8 Kg/cm <sup>2</sup> , presión de trabajo circuito primario 3 Kg/cm <sup>2</sup> , temperatura del primario 90° C, i/equipo termostático programable, válvulas de seguridad, válvulas de corte, termómetro, manómetro, purgador, etc., totalmente instalado.	1	2.279,00	2.279,00
IV_09	Suministro y colocación de tubería cobre rígido de 22/20 mm de diámetro exterior/interior, incluso puesta a punto de soldadura dura o blanda según corresponda, codos, tes, manguitos y demás accesorios y pequeño material, aislada con coquilla de fibra de vidrio, de espesor nominal de 35 mm, recubierta de aluminio, medida la unidad ejecutada, totalmente montada, probada y funcionando.	20	23,55	471,00
IV_10	Suministro y colocación de tubería cobre rígido de 18x16 mm de diámetro exterior/interior, incluso puesta a punto de soldadura dura o blanda según corresponda, codos, tes, manguitos y demás accesorios y pequeño material, aislada con coquilla de fibra de vidrio, de espesor nominal de 40 mm, recubierta de aluminio, medida la unidad ejecutada, totalmente montada, probada y funcionando.	50	18,50	925,00
IV_11	Suministro y montaje de grupo motobomba para la circulación circuito PRIMARIO, de las siguientes características: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Marca WLO</li> <li>▪ Modelo: Star-STG 24/4</li> <li>▪ Caudal: 0,176 l/s</li> <li>▪ Presión 2,345 m.c.a.</li> <li>▪ Velocidad: 2.800 r.p.m</li> </ul> Incluyendo manguitos antivibratorios, válvulas de corte, de retención, manguitos, filtros, manómetros totalmente instalado, conexiones hidráulicas y eléctricas, totalmente probado.	1	420,85	420,85
IV_12	Suministro y montaje de grupo motobomba para la circulación circuito SECUNDARIO, de las siguientes características: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Marca WLO</li> <li>▪ Modelo: Star-Z 20/1</li> <li>▪ Caudal: 0,1586 l/s</li> <li>▪ Presión 0,53 m.c.a.</li> <li>▪ Velocidad: 1.700 r.p.m</li> </ul> Incluyendo manguitos antivibratorios, válvulas de corte, de retención, manguitos, filtros, manómetros totalmente instalado, conexiones hidráulicas y eléctricas, totalmente probado.	1	367,65	367,65

IV_13	Suministro y colocación de vaso de expansión para sistemas cerrados IBAIONDO mod 50 SMR-P o similar de 50 litros de capacidad, 6 bar y 130 °C de presión y temperatura máximas de trabajo, 2,5 bar de presión inicial, homologado según directiva 97/23/CE de aparatos a presión. Incluso conexiones hidráulicas, manómetro, válvula de seguridad, bancada de apoyo, mano de obra y medios mecánicos para su instalación, totalmente instalada, i/ medios y material de montaje.	1	186,50	186,50
IV_14	Suministro y colocación de vaso de expansión para sistemas cerrados IBAIONDO modelo 220 SMR o equivalente, de 200 litros de capacidad, 10 bar y 130°C de presión y temperatura máximas de trabajo, 3.5 bar de presión inicial, homologado según directiva 97/23/CE de aparatos a presión. Incluso conexiones hidráulicas, manómetro, válvula de seguridad, bancada de apoyo, mano de obra y medios mecánicos para su instalación, totalmente instalada, i/ medios y material de montaje.	1	614,20	614,20
IV_15	Suministro y montaje de caldera de Junkers de potencia calorífica 30 kW, modelo ZWBC-30-2C, o equivalente, con aislante regulación electrónica del circuito de la caldera, válvula de seguridad, cortatiros, colector, red de tuberías de acero negro soldado y llaves de corte hasta salida del cuarto de calderas, plantilla de montaje y medios auxiliares para su correcta instalación.	12	385,76	4.629,12
IV_16	Kit kit Grupo hidráulico de descarga térmica del acumulador solar marca Wagner & Co modelo CIRCOMF o similar.	12	384,13	4.609,56
IV_17	Suministro y montaje de EQUIPO DE REGULACION ELECTRONICA marca Wagner & Co modelo SUNGO SXL o equivalente. <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Carga solar para una instalación solar con 1, 2 o 3 acumuladores.</li> <li>▪ Posibilidad de seleccionar 10 tipos de instalación solar completamente programados.</li> <li>▪ Memoria de avisos de sistema con fecha y hora para simplificar trabajos de mantenimiento.</li> <li>▪ 7 entradas fijas de temperatura y 3 entradas con tipo seleccionable (sensor de irradiación, caudalímetro y sensor de temperatura).</li> <li>▪ 6 salidas.</li> <li>▪ Incluye 4 sondas de temperatura.</li> </ul> Las conexiones a las 4 bombas de la instalación conectadas al módulo de salidas por relé de semiconductores para la regulación del caudal cuando sea necesario. Se incluye también el resto de los elementos de accionamiento (válvulas de tres vías, conexión al disipador de energía, caldera).	1	746,86	746,86
<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>				<b>21.692,08</b>

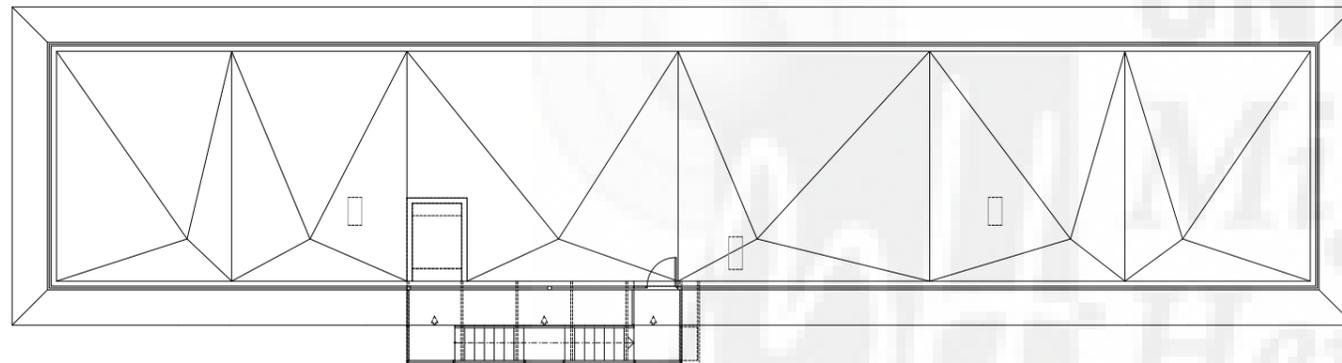
# CAPÍTULO V



**PLANOS**



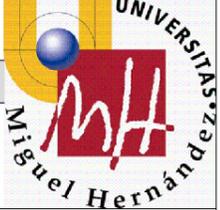
ALZADO PRINCIPAL

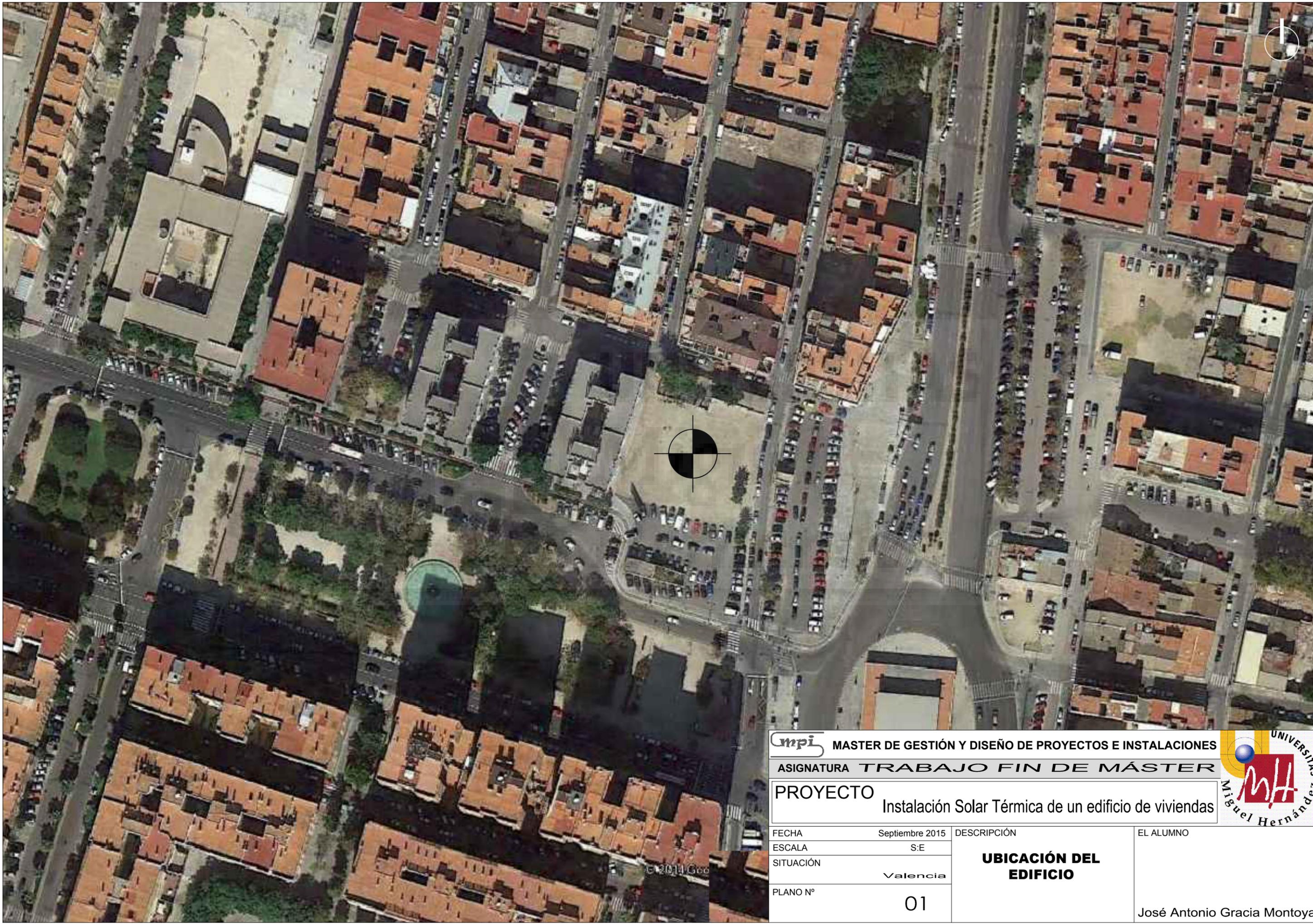


CUBIERTA

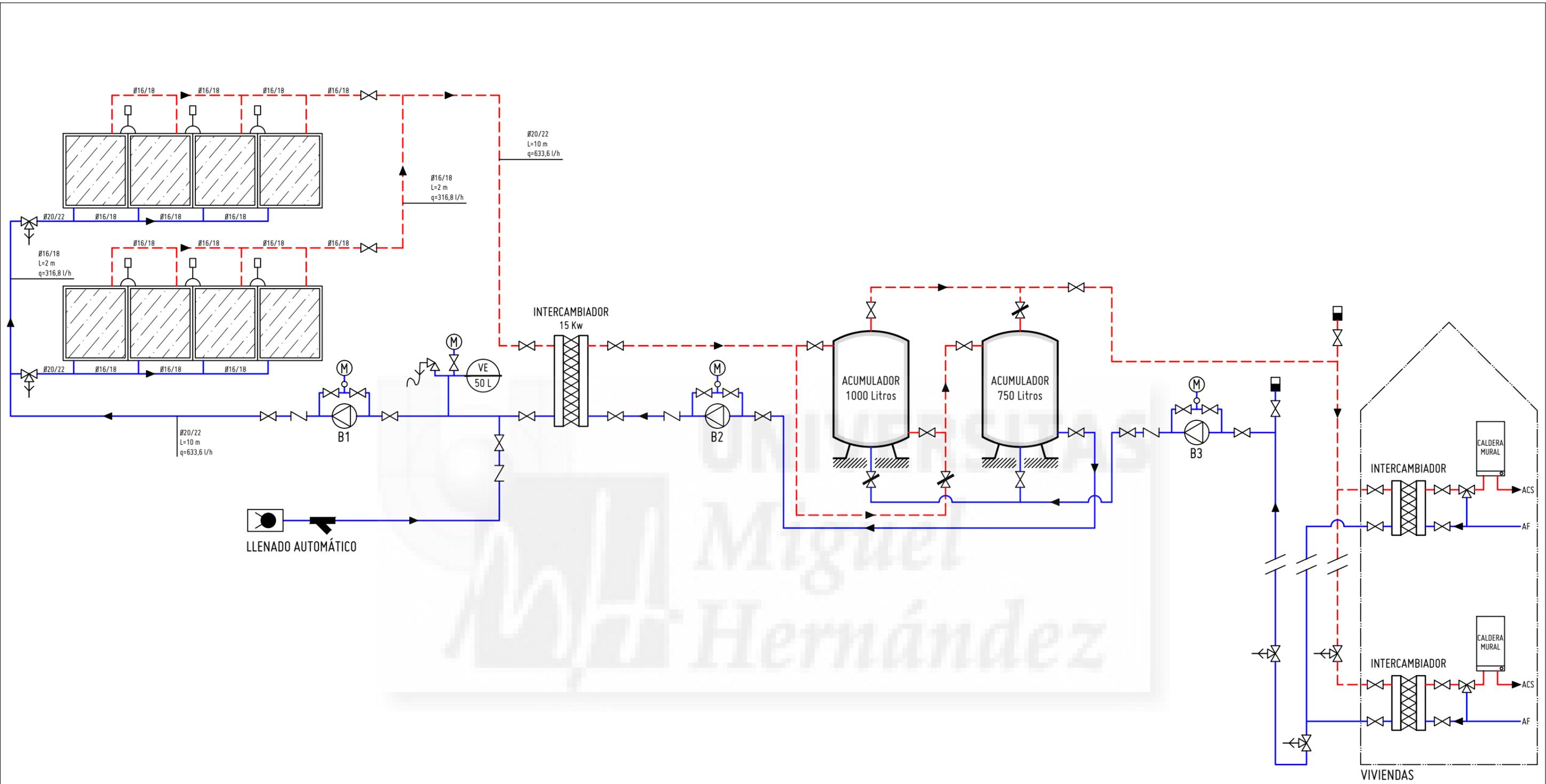


PLANTA TIPO

 <b>MASTER DE GESTIÓN Y DISEÑO DE PROYECTOS E INSTALACIONES</b>			
<b>ASIGNATURA TRABAJO FIN DE MÁSTER</b>			
<b>PROYECTO</b>		Instalación Solar Térmica de un edificio de viviendas	
FECHA	Septiembre 2015	<b>PLANO GENERAL DEL EDIFICIO</b>	EL ALUMNO
ESCALA	1:200		José Antonio Gracia Montoya
SITUACIÓN	Valencia		
PLANO Nº	00		

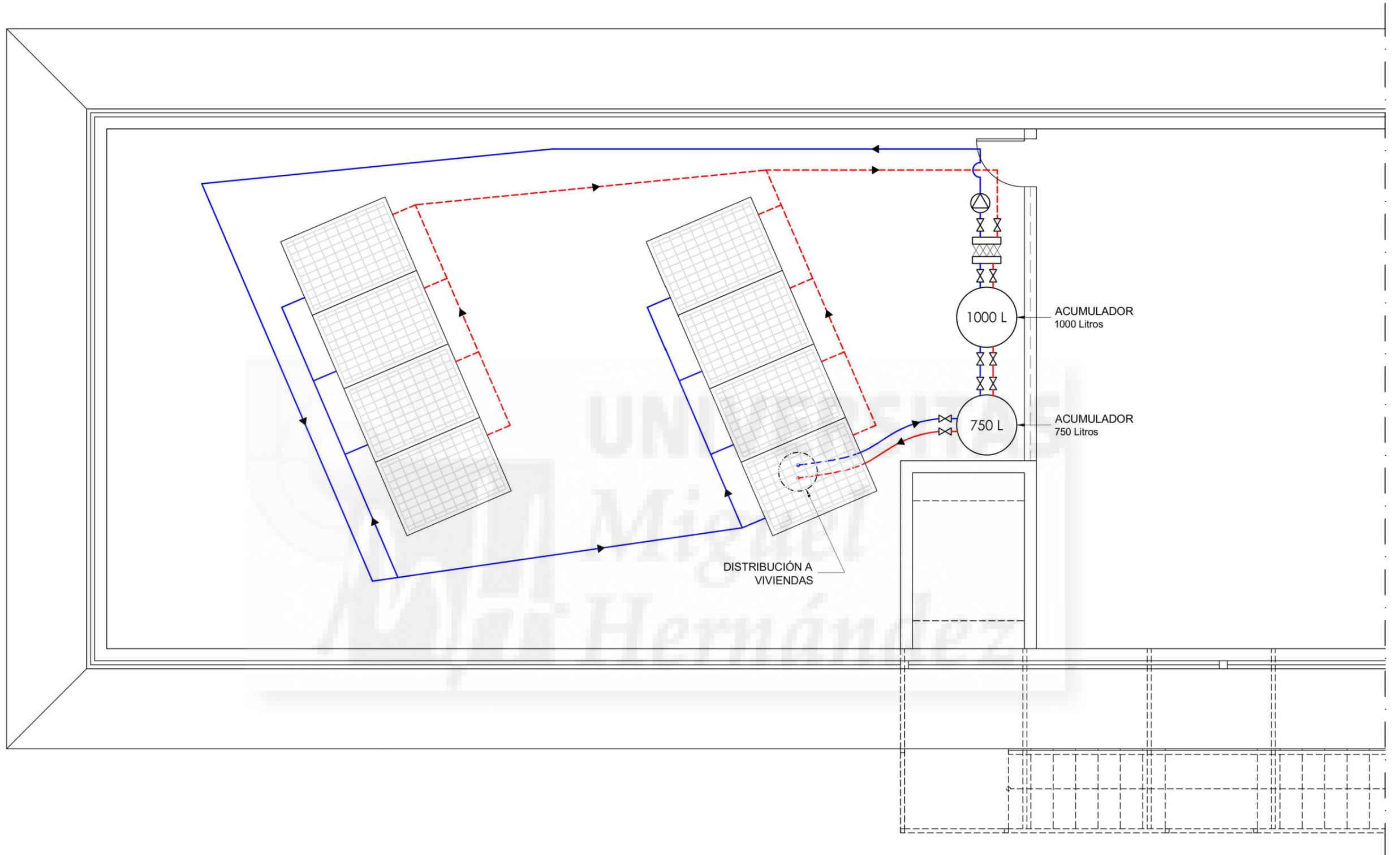


<b>MASTER DE GESTIÓN Y DISEÑO DE PROYECTOS E INSTALACIONES</b>				
ASIGNATURA <b>TRABAJO FIN DE MÁSTER</b>				
<b>PROYECTO</b> Instalación Solar Térmica de un edificio de viviendas		<b>UBICACIÓN DEL EDIFICIO</b>  José Antonio Gracia Montoya		
FECHA	Septiembre 2015		DESCRIPCIÓN	EL ALUMNO
ESCALA	S:E		<b>UBICACIÓN DEL EDIFICIO</b>	José Antonio Gracia Montoya
SITUACIÓN	Valencia			
PLANO Nº	01			



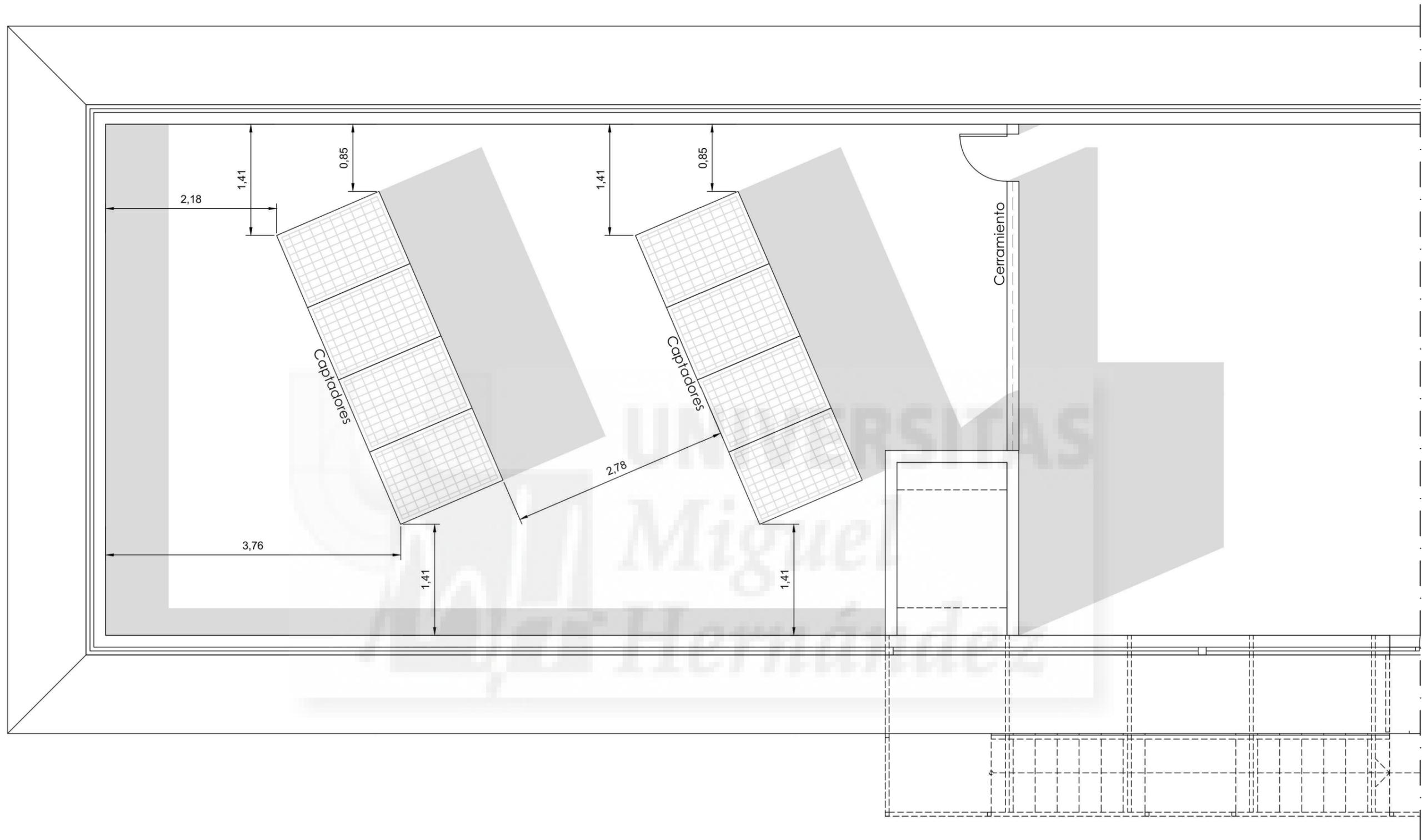
 <b>MASTER DE GESTIÓN Y DISEÑO DE PROYECTOS E INSTALACIONES</b>		
<b>ASIGNATURA TRABAJO FIN DE MÁSTER</b>		
<b>PROYECTO</b> Instalación Solar Térmica de un edificio de viviendas		
FECHA	Septiembre 2015	DESCRIPCIÓN
ESCALA	S:E	<b>ESQUEMA DE PRINCIPIO</b>
SITUACIÓN	Valencia	
PLANO N°	02	EL ALUMNO
		José Antonio Gracia Montoya





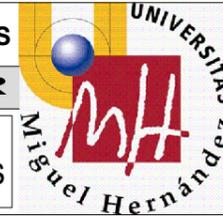
Esquema indicativo de situación de la instalación en edificio

 <b>MASTER DE GESTIÓN Y DISEÑO DE PROYECTOS E INSTALACIONES</b>		
<b>ASIGNATURA TRABAJO FIN DE MÁSTER</b>		
<b>PROYECTO</b> Instalación Solar Térmica de un edificio de viviendas		
FECHA	Septiembre 2015	DESCRIPCIÓN
ESCALA	1:50	<b>ESQUEMA HIDRÁULICO DE CAMPO DE CAPTADORES</b>
SITUACIÓN	Valencia	
PLANO N°	04	EL ALUMNO
		José Antonio Gracia Montoya



Esquema indicativo de situación de la instalación en edificio



 <b>MASTER DE GESTIÓN Y DISEÑO DE PROYECTOS E INSTALACIONES</b>		
<b>ASIGNATURA TRABAJO FIN DE MÁSTER</b>		
<b>PROYECTO</b> Instalación Solar Térmica de un edificio de viviendas		
FECHA	Septiembre 2015	DESCRIPCIÓN
ESCALA	1:50	<b>ESQUEMA DE SOMBRAS</b>
SITUACIÓN	Valencia	
PLANO Nº	05	EL ALUMNO
		José Antonio Gracia Montoya



**FICHAS TÉCNICAS**

### 3.1.2. SOLAR ENERGY



#### Colector solar RK ALPIN

Código	Artículo
SQ 31 070	Colector solar RK 2301 ALPIN
SQ 31 071	Colector solar RK 2000 ALPIN

Los captadores de la serie RK, fabricados en Austria, se caracterizan por su alto nivel de calidad. Para una máxima captación de energía disponen de un absorbedor de aluminio altamente selectivo, soldado con láser en combinación con vidrio solar templado de bajo contenido de hierro.



#### Captadores serie RK:

- Máximos niveles de calidad, fabricados en Austria en líneas de producción automatizadas con robots.
- Máxima relación calidad / precio por su diseño optimizado.
- Máxima captación de energía con absorbedor de aluminio, altamente selectivo, soldado con láser.
- Máxima robustez con vidrio solar templado de bajo contenido de hierro.
- Máxima sencillez de montaje con tornillos de tirafondo o estribos.

La resistencia a la corrosión de su absorbedor de revestimiento altamente selectivo frente al aire del mar y su concepto de ventilación optimizado para evitar la entrada de sal y arena predestinan este captador para el uso en regiones marítimas y desérticas.

- Ventilación inteligente que evita la entrada de arena u otros elementos.
- Fácil transporte y montaje en tejado por su reducido peso de solamente 32 Kg y su espesor de 73 mm

#### Datos técnicos:

Modelo	RK 2301 Alpin	RK 2000 Alpin
Tipo de captador	captador para montaje sobre tejado	
Área total	2,34 m <sup>2</sup>	2,02 m <sup>2</sup>
Área de absorbedor	2,14 m <sup>2</sup>	1,84 m <sup>2</sup>
Área de apertura	2,22 m <sup>2</sup>	1,92 m <sup>2</sup>
L x A x P	2000 x 1170 x 83 mm	1730 x 1170 x 84 mm
Peso vacío	40 kg	35 kg
Contenido	1,6 l	1,4 l
Recubrimiento del absorbedor	altamente selectivo	altamente selectivo
Grado de absorción	95 %	95 %
Emisión	5 %	5 %
Presión de funcionamiento máx.	10 bar	10 bar
Fluido de transferencia de calor	propileno-glycol/agua	propileno-glycol/agua
Material del absorbedor	Aluminio 0,4 mm	Aluminio 0,4 mm
Numero de conexiones	4	4
Tubo colector	Cu 22 x 0,8	Cu 22 x 0,8
Tubos de registro	Cu 8 mm	Cu 8 mm
Cristal	3,2 mm vidrio de seguridad solar templado ESG	
Sellado	de 2 componentes, resistente a rayos UV y altas temperaturas	
Carcasa de captador	Marco de aluminio	Marco de aluminio
Aislamiento lana mineral	40 mm	40 mm
Ángulo de apoyo mín./máx.	15° / 75°	15° / 75°
Viento máx. / Peso máx. nieve	150 km/h / 690 kg	150 km/h / 690 kg
Rendimiento térmico (referente al área de apertura)		
$\eta_0$	0,759	0,759
$a_1$ (W / m <sup>2</sup> K)	3,480	3,480
$a_2$ (W / m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> )	0,0161	0,0161
Contraseña de certificación	NPS-21809	NPS-28110

4.3.3. Vasos de expansión para energía solar

IT 1.3.4.2.4

Los circuitos cerrados de agua o soluciones acuosas estarán equipados con un dispositivo de expansión de tipo cerrado, que permita absorber, sin dar lugar a esfuerzos mecánicos, el volumen de dilatación del fluido.

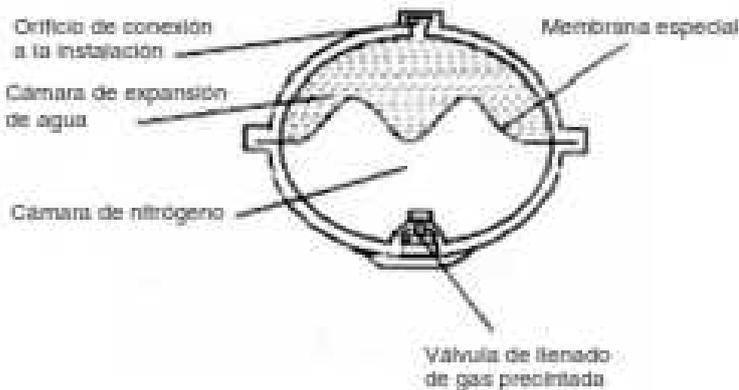
Código	Artículo	Capacidad l	Presión máx. bar	Dimensiones D x H	Conex. de agua Ø"	Precarga bar
• Temperatura máxima: 130°C • Precarga: 2,5 bar • Apto para el uso hasta 50% anticongelante						
<b>MEMBRANA FIJA.</b>						
SO 09 021	5 SMF	5	10	200x240	3/4"	2,5
SO 09 022	8 SMF	8	10	200x335	3/4"	2,5
SO 09 023	12 SMF	12	10	270x304	3/4"	2,5
SO 09 024	18 SMF	18	10	270x405	3/4"	2,5
SO 09 025	24 SMF	24	8	320x425	3/4"	2,5
<b>MEMBRANA INTERCAMBIABLE</b>						
SO 09 026	35 SMR-F	35	10	360x315	1"	2,5
SO 09 027	50 SMR-F	50	10	360x750	1"	2,5
SO 09 028	80 SMR-F	80	10	450x750	1"	2,5
SO 09 029	100 SMR-F	100	10	450x850	1"	2,5
SO 09 030	220 SMR	200	10	485x1400	1-1/2"	2,5
SO 09 031	350 SMR	300	10	485x1965	1-1/2"	2,5
SO 09 032	500 SMR	500	10	600x2065	1-1/2"	2,5
SO 09 033	700 SMR	700	10	700x2215	1-1/2"	2,5



Cálculo del vaso de expansión:

El vaso de expansión de una instalación térmica será siempre cerrado, tiene la función de absorber las variaciones de volumen del fluido calor-transporte, contenido en el circuito solar, al variar su temperatura, manteniendo la presión entre límites preestablecidos e impidiendo, al mismo tiempo, pérdidas y reposiciones de la masa de fluido.

Sección de un vaso de expansión cerrado:



Para desarrollar el cálculo se ha de tener en cuenta

a) Capacidad de fluido de la instalación

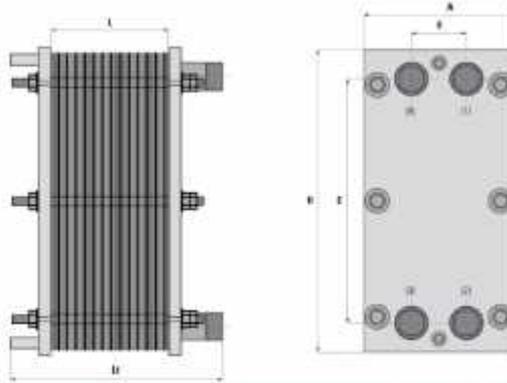
Contenido de fluido calor-transporte de los colectores.

Depende del modelo y características, para un colector plano de 2,5 m<sup>2</sup> se puede considerar entre 2 y 3 litros.



José Antonio Gracia Montoya DNI 22000186 L jgraciaumh@gmail.com

# IP 2200 / INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS DESMONTABLES



## CONDICIONES DE DISEÑO

Presión diseño	Temperatura diseño	
	NBR	EPDM
8 bar	95 °C	140 °C

- 1 Entrada primario
- 2 Salida primario
- 3 Entrada secundario
- 4 Salida secundario

## DIMENSIONES

Nº placas	Área placa (m²)	Dimensiones (mm)					L	Lt	Manguitos Gas M
		H	E	A	F	L			
0 - 31	0,02	310	231	200	69	nº placas x 3	220	1" 1/4	
32 - 67		310	231	200	69	nº placas x 3	370	1" 1/4	

El área total de intercambio se calcula por la fórmula siguiente:  
 $A = (Nº \text{ placas} - 2) * \text{Área placa}$

## DATOS DE FUNCIONAMIENTO Producción ACS y calentamiento por caldera

Nº placas	Código	Potencia (kw)	Caudal (litros / hora)		Pérdida carga (mca)		Peso (Kg.)
			Primario	Secundario	Primario	Secundario	
5	IP220005NX08	15	663	326	0,71	0,24	16
7	IP220007NX08	25	1.089	544	0,99	0,33	16
9	IP220009NX08	34	1.442	721	2,01	0,67	17
11	IP220011NX08	42	1.796	898	2,00	0,67	17
13	IP220013NX08	51	2.177	1.089	2,68	0,89	18
15	IP220015NX08	59	2.531	1.266	2,57	0,86	18
17	IP220017NX08	67	2.885	1.442	3,04	1,02	19
19	IP220019NX08	76	3.266	1.633	2,91	0,97	19
21	IP220021NX08	84	3.620	1.810	2,84	0,95	20
23	IP220023NX08	92	3.973	1.987	3,14	1,05	20
25	IP220025NX08	101	4.354	2.177	3,06	1,02	21
27	IP220027NX08	109	4.708	2.354	2,96	0,99	21
29	IP220029NX08	118	5.062	2.531	2,88	0,96	22
31	IP220031NX08	127	5.443	2.722	3,12	1,04	22
33	IP220033NX08	135	5.797	2.898	3,04	1,02	23
35	IP220035NX08	143	6.151	3.075	2,99	1,00	23
37	IP220037NX08	151	6.504	3.252	2,91	0,97	24
39	IP220039NX08	160	6.885	3.443	3,10	1,03	24
41	IP220041NX08	168	7.239	3.620	3,03	1,01	25

Los datos térmicos están calculados para un primario con agua de 90 a 70 °C y un secundario con agua de 15 a 55 °C

## DATOS DE FUNCIONAMIENTO Para PISCINA, calentamiento por caldera

Nº placas	Código	Potencia (kw)	Caudal (litros / hora)		Pérdida carga (mca)		Peso (Kg.)
			Primario	Secundario	Primario	Secundario	
5	IP220005NX08PTI	25	1.092	1.258	1,78	2,95	16
7	IP220007NX08PTI	33	1.456	1.677	1,43	2,38	16
9	IP220009NX08PTI	49	2.126	2.515	1,78	2,95	17
11	IP220011NX08PTI	58	2.549	2.934	1,57	2,60	17
13	IP220013NX08PTI	66	2.913	3.353	1,43	2,38	18
15	IP220015NX08PTI	82	3.641	4.192	1,63	2,70	18
17	IP220017NX08PTI	99	4.369	5.030	1,78	2,95	19
19	IP220019NX08PTI	115	5.097	5.868	1,57	2,60	19
21	IP220021NX08PTI	124	5.462	6.288	1,63	2,70	20
23	IP220023NX08PTI	132	5.826	6.707	1,68	2,79	20
25	IP220025NX08PTI	148	6.554	7.545	1,78	2,95	21
27	IP220027NX08PTI	165	7.282	8.383	1,86	3,09	21

Los datos térmicos están calculados para primario calentamiento en 24 horas con agua de 90 a 70 °C y secundario con agua de 15 a 32 °C. El código IP2200\*\*\*\*\*PTI significa placas en titanio y conexiones en polipropileno (aconsejable para agua de piscina de alta cloración)

## Recomendación de intercambiador en función del volumen de la piscina

Volumen (m³) piscina	Nº placas TITANIO	Volumen (m³) piscina	Nº placas TITANIO	Volumen (m³) piscina	Nº placas TITANIO
10	5	60	9	120	17
20	5	70	11	140	19
30	5	80	13	160	23
40	7	90	13	180	25
50	9	100	15	200	27

## TARIFA DE PRECIOS

### PLACAS EN ACERO INOXIDABLE

INTERCAMB. JUNTAS NBR		INTERCAMB. JUNTAS EPDM	
Código	PVP (€)	Código	PVP (€)
IP220005NX08	296	IP220005PX08	309
IP220007NX08	321	IP220007PX08	340
IP220009NX08	346	IP220009PX08	371
IP220011NX08	371	IP220011PX08	401
IP220013NX08	397	IP220013PX08	432
IP220015NX08	422	IP220015PX08	463
IP220017NX08	447	IP220017PX08	493
IP220019NX08	473	IP220019PX08	524
IP220021NX08	498	IP220021PX08	555
IP220023NX08	523	IP220023PX08	585
IP220025NX08	548	IP220025PX08	616
IP220027NX08	574	IP220027PX08	647
IP220029NX08	599	IP220029PX08	677
IP220031NX08	624	IP220031PX08	708
IP220033NX08	649	IP220033PX08	739
IP220035NX08	675	IP220035PX08	769
IP220037NX08	700	IP220037PX08	800
IP220039NX08	725	IP220039PX08	831
IP220041NX08	751	IP220041PX08	862

### PLACAS EN TITANIO

INTERCAMB. JUNTAS NBR		INTERCAMB. JUNTAS EPDM	
Código	PVP (€)	Código	PVP (€)
IP220005NX08PTI	449	IP220005PX08PTI	464
IP220007NX08PTI	532	IP220007PX08PTI	552
IP220009NX08PTI	616	IP220009PX08PTI	641
IP220011NX08PTI	700	IP220011PX08PTI	731
IP220013NX08PTI	784	IP220013PX08PTI	820
IP220015NX08PTI	868	IP220015PX08PTI	909
IP220017NX08PTI	951	IP220017PX08PTI	999
IP220019NX08PTI	1.035	IP220019PX08PTI	1.088
IP220021NX08PTI	1.119	IP220021PX08PTI	1.177
IP220023NX08PTI	1.203	IP220023PX08PTI	1.267
IP220025NX08PTI	1.286	IP220025PX08PTI	1.356
IP220027NX08PTI	1.370	IP220027PX08PTI	1.445

### JUNTAS DE REPUESTO

Código	Tipo	PVP (€)	Código	Tipo	PVP (€)
IP2200NX	NBR	10,80	PIP2200NX	NBR	14,10
IP2200PX	EPDM	12,30	PIP2200PX	EPDM	15,70

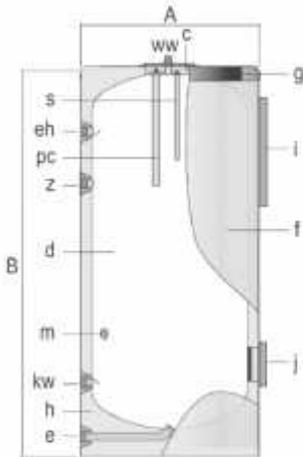
### PLACAS TITANIO + JUNTAS REPUESTO

Código	Tipo	PVP (€)
PIP2200NXTI	NBR	49,20
PIP2200PXTI	EPDM	50,80

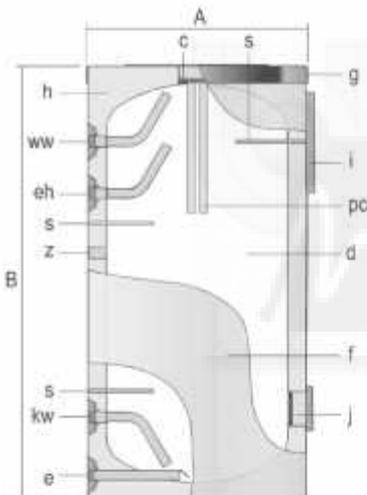
**01 ACUMULADORES SOLARES**



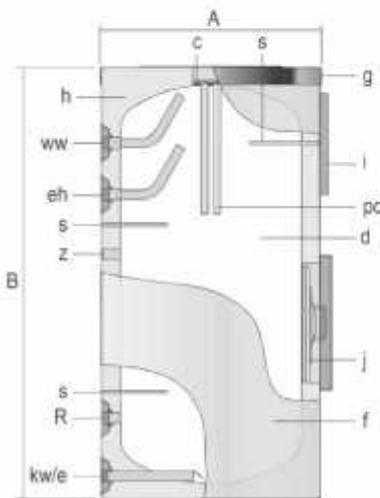
• Serie especial "sin serpentín"



CV-200...500-SR



CV-750...1000-SR



CV-800...1000-SR DN 400

Código	Artículo	€
CC 01 749	CV 200 SR	927,00
CC 01 750	CV 300 SR	1.097,00
CC 01 751	CV 500 SR	1.575,00
CC 01 752	CV 750 SR	1.994,00
CC 01 753	CV 1000 SR	2.279,00
CC 01 754	CV 800 SR DN400	2.303,00
CC 01 755	CV 1000 SR DN 400	2.587,00



Depósito para acumulación de agua caliente sanitaria (y/o agua fría), con capacidades desde 200 hasta 1000 litros. **Fabricado en acero vitrificado S/DIN 4753.** Preparado para la producción de agua caliente sanitaria a través de intercambiador de placas y/o resistencias eléctricas de calentamiento. Aislado térmicamente con espuma rígida de poliuretano inyectado en molde, libre de CFC.

En los modelos de 800 y 1000 litros las conexiones de salida de agua caliente y recirculación se sitúan en el lateral del depósito para facilitar así la instalación.

Su diseño permite desmontar el aislante térmico en los laterales facilitando así su paso en entradas con dimensiones reducidas.

Todos los modelos incorporan termómetro para el A.C.S. situado en el panel de control.

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:**

Modelo		CV 200 SR	CV 300 SR	CV 500 SR	CV 750 SR	CV 1000 SR
Capacidad de A.C.S.	l	200	300	480	795	995
Temp. máx. depósito de A.C.S.	°C	90	90	90	90	90
Presión máx. depósito de A.C.S.	bar	8	8	8	8	8
Peso en vacío (aprox.)	Kg	70	90	130	170	200
<b>Dimensiones</b>						
cota A	mm	620	620	770	950	950
cota B	mm	1205	1685	1690	1840	2250

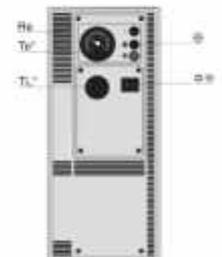
• Resistencias de apoyo

Código	Pot. kW	Tipo	Modelo depósito (capacidad)					Componentes	€
			M1S	M1P	M2P	SR	DN 400		
CC 01 711	1,5	Cerámica (boca)	80 a 300	-	-	-	-	resistencia, termostato y accesorios	76,00
CC 01 781	1,5	Cerámica (boca inferior)	-	150	-	-	-	resistencia, termostato y accesorios	145,00
CC 01 782	2,5	Roscada (1-1/2")	-	300 a 1000	300 a 1000	-	800 a 1000	resistencia roscada, manguito dieléctrico y panel TD	377,00
CC 01 783	5	Roscada (1-1/2")	-	500 a 1000	500 a 1000	-	800 a 1000	resistencia roscada, manguito dieléctrico y panel TD	495,00
CC 01 784	2,5	Boca (brida)	-	200 a 1000	300 a 1000	200 a 1000	-	resistencia brida, junta, accesorios y panel TD	445,00
CC 01 785	5	Boca (brida)	-	-	500 a 1000	200 a 1000	-	resistencia brida, junta, accesorios y panel TD	570,00

- c boca superior
- d depósito ACS
- f forro externo
- g cubierta
- h aislamiento térmico
- i panel de control
- j boca lateral
- s sonda de sensores
- pc protección catódica
- e desagüe
- kw entrada agua fría
- ww salida ACS 1-1/4" 1-1/2" (CV750-1000)
- z recirculación 1-1/4" 1-1/2" (CV750-1000)
- kw avance caldera 1-1/4" 1-1/2" (CV750-1000)
- e desagüe 1" 1-1/4" (CV750-1000)
- eh conexión lateral 1-1/4"
- tt medidor de estado del ánodo

**Panel de control**

Adecuado para instalaciones donde el propio depósito acumulador ejerce el control sobre la producción de A.C.S. por circuito de caldera (posición ☉) o por calentamiento eléctrico (posición ☼). Para resistencias mayores de 2,5 kW, la resistencia se conectará a un contactor exterior controlado por el Panel de Control.



José Antonio Gracia Montoya DNI 22000186 L jgraciaumh@gmail.com

Teléfono Telefax	<b>Star-STG 25/4</b> Instalación: Bomba estándar	wilo																										
Cliente Nº Cliente Contacto Elaborado por	Proyecto Nº proyecto Nº pos. Location	Página 1 / 1  Fecha 05.06.2014																										
<div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;"> <p><b>Altura de impulsión</b> [m]</p> <p><b>Potencia absorbida P1</b> [kW]</p> </div> <div style="flex: 1;"> <p><b>Datos de trabajo teóricos</b></p> <table border="0"> <tr><td>Caudal</td><td>0,176 l/s</td></tr> <tr><td>Altura de impulsión</td><td>2,345 m</td></tr> <tr><td>Fluido</td><td>Propilenglicol (30)</td></tr> <tr><td>Temperatura fluido</td><td>293 K</td></tr> <tr><td>Densidad</td><td>1031 kg/m³</td></tr> <tr><td>Viscosidad cinemática</td><td>2,519 mm²/s</td></tr> <tr><td>Presión de vapor</td><td>10 kPa</td></tr> </table> </div> </div>		Caudal	0,176 l/s	Altura de impulsión	2,345 m	Fluido	Propilenglicol (30)	Temperatura fluido	293 K	Densidad	1031 kg/m³	Viscosidad cinemática	2,519 mm²/s	Presión de vapor	10 kPa	<p><b>Datos bomba</b></p> <table border="0"> <tr><td>Marca</td><td>WIL0</td></tr> <tr><td>Tipo</td><td>Star-STG 25/4</td></tr> <tr><td>Tipo inst.</td><td>Bomba simple</td></tr> <tr><td>Presión nominal máx.</td><td>PN10</td></tr> <tr><td>Temp. mín. fluido</td><td>263 K</td></tr> <tr><td>Temp. máx. fluido</td><td>383 K</td></tr> </table>	Marca	WIL0	Tipo	Star-STG 25/4	Tipo inst.	Bomba simple	Presión nominal máx.	PN10	Temp. mín. fluido	263 K	Temp. máx. fluido	383 K
Caudal	0,176 l/s																											
Altura de impulsión	2,345 m																											
Fluido	Propilenglicol (30)																											
Temperatura fluido	293 K																											
Densidad	1031 kg/m³																											
Viscosidad cinemática	2,519 mm²/s																											
Presión de vapor	10 kPa																											
Marca	WIL0																											
Tipo	Star-STG 25/4																											
Tipo inst.	Bomba simple																											
Presión nominal máx.	PN10																											
Temp. mín. fluido	263 K																											
Temp. máx. fluido	383 K																											
		<p><b>Datos hidráulicos (punto de trabajo)</b></p> <table border="0"> <tr><td>Caudal</td><td>0,188 l/s</td></tr> <tr><td>Altura de impulsión</td><td>2,68 m</td></tr> <tr><td>Potencia absorbida P1</td><td>37,9 W</td></tr> <tr><td>Velocidad</td><td>0 1/min</td></tr> </table>	Caudal	0,188 l/s	Altura de impulsión	2,68 m	Potencia absorbida P1	37,9 W	Velocidad	0 1/min																		
Caudal	0,188 l/s																											
Altura de impulsión	2,68 m																											
Potencia absorbida P1	37,9 W																											
Velocidad	0 1/min																											
<p>L N PE 1~230 V, 50 Hz</p>		<p><b>Altura mín. aspiración</b></p> <table border="0"> <tr><td>Temperatura</td><td>323 368 383</td><td>K</td></tr> <tr><td>Altura mín. aspiración</td><td>0,5 3 10</td><td>m</td></tr> </table>	Temperatura	323 368 383	K	Altura mín. aspiración	0,5 3 10	m																				
Temperatura	323 368 383	K																										
Altura mín. aspiración	0,5 3 10	m																										
<p><b>Materiales</b></p> <table border="0"> <tr><td>Cárcasa</td><td>EN-GJL-200 - capa de catafores</td></tr> <tr><td>Rodete</td><td>Polipropileno</td></tr> <tr><td>Eje</td><td>Acero inox. (X 40 Cr 13)</td></tr> <tr><td>Cojinete</td><td>Grafito</td></tr> </table>		Cárcasa	EN-GJL-200 - capa de catafores	Rodete	Polipropileno	Eje	Acero inox. (X 40 Cr 13)	Cojinete	Grafito	<p><b>Medidas</b> mm</p> <table border="1" style="width: 100%; height: 40px;"> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>																		
Cárcasa	EN-GJL-200 - capa de catafores																											
Rodete	Polipropileno																											
Eje	Acero inox. (X 40 Cr 13)																											
Cojinete	Grafito																											
<p>Lado aspiración Rp 1/G 1½ / PN 10</p> <p>Lado impulsión Rp 1/G 1½ / PN 10</p> <p>Peso 2,5 kg</p>		<p><b>Datos del motor</b></p> <table border="0"> <tr><td>Pot. nominal P2</td><td>15,5 W</td></tr> <tr><td>Potencia absorbida P1</td><td>48 W</td></tr> <tr><td>Velocidad nominal</td><td>2720 1/min</td></tr> <tr><td>Tensión nominal</td><td>1~230 V, 50 Hz</td></tr> <tr><td>Intensidad máx. absorbida</td><td>0,21 A</td></tr> <tr><td>Tipo de protección</td><td>IP 44</td></tr> <tr><td>Tolerancia tensión</td><td> </td></tr> </table>	Pot. nominal P2	15,5 W	Potencia absorbida P1	48 W	Velocidad nominal	2720 1/min	Tensión nominal	1~230 V, 50 Hz	Intensidad máx. absorbida	0,21 A	Tipo de protección	IP 44	Tolerancia tensión													
Pot. nominal P2	15,5 W																											
Potencia absorbida P1	48 W																											
Velocidad nominal	2720 1/min																											
Tensión nominal	1~230 V, 50 Hz																											
Intensidad máx. absorbida	0,21 A																											
Tipo de protección	IP 44																											
Tolerancia tensión																												
Reservado el derecho a introducir modificaciones/Versión Software 3.1.13 - 10.07.2014 (Build 56)		Referencia de la versión estándar: 4050265																										

José Antonio Gracia Montoya DNI 22000186 L  
jgraciaumh@gmail.com

Teléfono Telefax	<b>Star-Z 20/1</b> Instalación: Bomba ACS	wilo																																				
Cliente Nº Cliente Contacto Elaborado por	Proyecto Nº proyecto Nº pos. Location	Página 1 / 1  Fecha 05.06.2014																																				
		<b>Datos de trabajo teóricos</b> Caudal 0,1586 l/s Altura de impulsión 0,53 m Fluido Agua limpia Temperatura fluido 293 K Densidad 998,2 kg/m³ Viscosidad cinemática 1,001 mm²/s Presión de vapor 10 kPa																																				
		<b>Datos bomba</b> Marca WILLO Tipo Star-Z 20/1 Tipo inst. Bomba simple Presión nominal máx. PN10 Temp. mín. fluido 263 K Temp. máx. fluido 383 K																																				
		<b>Datos hidráulicos (punto de trabajo)</b> Caudal 0,204 l/s Altura de impulsión 0,879 m Potencia absorbida P1 0,0366 kW Velocidad 1700 1/min																																				
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4">Medidas</th> <th colspan="2">mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a1</td> <td>34</td> <td>10</td> <td>140</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>b1</td> <td>100</td> <td>11</td> <td>97</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>b2</td> <td>92,5</td> <td>12</td> <td>130</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>b3</td> <td>54</td> <td>13</td> <td>70</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>b4</td> <td>73</td> <td>14</td> <td>79</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Medidas				mm		a1	34	10	140			b1	100	11	97			b2	92,5	12	130			b3	54	13	70			b4	73	14	79			<b>Altura mín. aspiración</b> Temperatura 323 368 383 K Altura mín. aspiración 0,5 3 10 m
Medidas				mm																																		
a1	34	10	140																																			
b1	100	11	97																																			
b2	92,5	12	130																																			
b3	54	13	70																																			
b4	73	14	79																																			
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Materiales</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Carcasa</td> <td>G-CuSn 5</td> </tr> <tr> <td>Eje</td> <td>Cerámica</td> </tr> <tr> <td>Rodete</td> <td>PPD, Noryl</td> </tr> <tr> <td>Cojinete</td> <td>Grafito</td> </tr> </tbody> </table>		Materiales		Carcasa	G-CuSn 5	Eje	Cerámica	Rodete	PPD, Noryl	Cojinete	Grafito																											
Materiales																																						
Carcasa	G-CuSn 5																																					
Eje	Cerámica																																					
Rodete	PPD, Noryl																																					
Cojinete	Grafito																																					
<b>Lado aspiración</b> Rp 1/2/G 1 / PN 10 <b>Lado impulsión</b> Rp 1/2/G 1 / PN 10 <b>Peso</b> 2,2 kg																																						
<b>Datos del motor</b> Pot. nominal P2 0,004 kW Potencia absorbida P1 0,0381 kW Velocidad nominal 1700 1/min Tensión nominal 1~230 V, 50 Hz Intensidad máx. absorbida 18 A Tipo de protección IP 44 Tolerancia tensión																																						
Referencia de la versión estándar 4028111																																						

José Antonio Gracia Montoya DNI 22000186 L  
jgraciaumh@gmail.com

2/9/2014

CERAPUR COMFORT - Junkers

Volver

La caldera Cerapur Comfort ofrece el mayor confort tanto en calefacción (\*\*según DIR 92/42/CEE) como en agua caliente (\*\*según prEN 13.203) con las mínimas dimensiones.

La CerapurComfort dotada de microacumulación y sistema QuickTap, permitirá obtener el mayor confort en agua sanitaria. Está disponible en dos versiones, 25 kW y 25/30 kW.

Es muy fácil de instalar, ya que es posible colocar la caldera en dos bloques: primero el bastidor (11,5 kg.) con plantilla incluida para facilitar el montaje, reduciendo así las obras a realizar en la vivienda y luego la caldera (28 kg.).



Características Datos técnicos

Datos técnicos



Modelos	ZWBC 25-2C	ZWBC 30-2C
Datos de calefacción		
Potencia útil (kW)	25	25
Presión max. circuito (bar)	3	3
Capacidad vaso de expansión (l.)	6	6
Rendimiento según Dir 92/42 CEE	****	****
Datos de a.c.s.		
Método de producción	Microacumulación con sistema QuickTap	Microacumulación con sistema QuickTap
Potencia útil (kW)	25	30
Caudal específico ?T=25° (l./min.)	14,3	17,2
Confort a.c.s. según prEN 13.203	***	***
Peso (kg.)	39,5	39,5
Dimensiones (alto, ancho, fondo)	710 x 400 x 330 mm	710 x 400 x 330 mm
Kit evacuación estándar Ø 63/100	AZB 916	AZB 916
Clase de NOx	5	5
Referencia versión Propano	7 716 010 285	7 716 010 286
Referencia versión Gas Natural	7 716 010 269	7 716 010 270

[http://www.junkers.es/usuario\\_final/productos/catalogo\\_usuario/producto\\_771](http://www.junkers.es/usuario_final/productos/catalogo_usuario/producto_771)

José Antonio Gracia Montoya DNI 22000186 L  
jgraciaumh@gmail.com

## Estación de calentamiento de ACS

### Producción instantánea de ACS

#### CIRCOtransfer TD - Grupo de intercambio instantáneo

Estación CIRCOtransfer TD con intercambiador, para el precalentamiento instantáneo de ACS.

- Estación premontada incluyendo sistema de regulación
- Equipos de medición, y elementos auxiliares seleccionados según el perfil de aplicación
- Medidas 1.040 x 1.200 x 440 mm. (largo x alto x ancho)



CIRCOtransfer TD -	- T4	CIRCOtransfer TD 3	CIRCOtransfer TD 4	CIRCOtransfer TD 5	CIRCOtransfer TD 6
Caudal de diseño de ACS m³/h		2,63-3,42	3,48-4,07	4,13-4,8	5,8-6,4
Caudal de diseño primario m³/h		1,85-2,3	2,4-3	3,1-3,4	4,3-4,7
Caudal pico de ACS m³/h		hasta 5,76	hasta 6,42	hasta 7,14	hasta 8,5
Caudal pico primario m³/h		hasta 3,6	hasta 4	hasta 4,5	hasta 4,9
Modelo de intercambiador		A76-40 E	A76-50 E	A76-60 E	A76-80 E
Potencia de intercambio diseño kW		120	149,4	177,2	221
Potencia de intercambio pico kW		197,5	205,6	232,6	260,5
Modelo bomba del primario		UPS32-55	UPS32-55	UPS32-80	UPS32-80
Referencia		151 301 51	151 301 52	151 301 53	151 301 54
Precio en € (sin IVA)		4.690,72	4.937,94	5.876,48	6.291,92

#### Nueva gama CIRCO MF

#### Grupo hidráulico de descarga térmica del acumulador solar

- Para instalaciones solares centralizadas conectadas a instalaciones de calderas de producción instantánea de ACS individual. Un equipo por vivienda
- Instalación rápida mediante unidad premontada en armario, preparada para su montaje en la pared con intercambiador
- Los CIRCO MF Compact, están diseñados para su montaje bajo la caldera



Gama CIRCO MF	- T4	CIRCO MF Plus	CIRCO MF Plus Básico	CIRCO MF Compact	CIRCO MF Compact Básico
Potencia, kW		35	35	37	37
Caudal circuito ACS, l/min		15	15	15	15
Temp. Entrada, °C		10	10	10	10
Temp. Salida, °C		45	45	45	45
Caudal de la distribución solar, l/hrs		800	800	800	800
Temp. Alimentación, °C		65	65	65	65
Dimensiones, mm		298 x 391 x 145	140 x 370 x 135	225 x 330 x 290	206 x 334 x 180
Referencia		A consultar	A consultar	A consultar	A consultar
Precio en € (sin IVA)		384,13	344,54	371,29	337,05

Accesorios	- T4	Referencia	Precio en € (sin IVA)
CIRCO MF - Kit de conexión		150 302 67	29,40
CIRCO MF Plus - Carcasa		A consultar	77,04
CIRCO MF Compact - Carcasa		A consultar	77,04

## Regulaciones SUNGO

Inteligente, confortable, multifuncional

### Regulaciones SUNGO Inteligentes, confortables y flexibles

- Display LC grande y alumbrado para la visualización de temperaturas, valores de registro, horas de servicio y estados de funcionamiento de la instalación, para facilitar la comunicación dispone de pictogramas y texto claro en el modelo 5XL
- Manejo sencillo mediante 4 teclas para moverse por los 4 menús "Información", "Ajustes", "Operación manual" y "Funciones adicionales"
- Sistema diagnóstico exhaustivo para el control de sondas, salidas y funciones de la instalación
- Funciones de seguridad y conmutación por defecto en todas las regulaciones: Refrigeración de captadores, refrigeración del acumulador, protección de la instalación y función del captador de tubos de vacío
- Tensión: 230 V AC, dimensiones (ancho x altura x fondo, mm) 173 x 138 x 51

### SUNGO S

- Carga solar para una instalación con 1 acumulador
- Selección de funcionamiento modo Drain-Back
- 3 entradas de temperatura PT1000
- 1 salida con modulación para la bomba del circuito solar
- Potencia máx. de salidas 230 VA
- Incluye 2 sondas Pt1000



SUNGO S	
Referencia	150 110 05
Precio en € (sin IVA)	221,29

### SUNGO SL

- Carga solar para una instalación solar con 1 ó 2 acumuladores
- En la instalación con 1 acumulador están adicionalmente disponibles las funciones "Elevación de temperatura de retorno", termostato "Recirculación" y termostato "Calentamiento auxiliar"
- 3 horarios libremente ajustables para la función "Termostato"
- Todas las variantes ampliables con función de calorímetro
- 5 entradas de temperatura PT1000
- 1 salida con modulación para la bomba del circuito solar con potencia máxima de salida 230 VA
- 1 salida todo/nada con potencia máxima de salida 230 VA
- Incluye 3 sondas PT 1000



SUNGO SL	
Referencia	150 110 08
Precio en € (sin IVA)	290,47

## Regulaciones SUNGO

Inteligente, confortable, multifuncional

### SUNGO SXL

- Carga solar para una instalación solar con 1, 2 ó 3 acumuladores
- Posibilidad de seleccionar 10 tipos de instalación solar completamente programados
- Opcionalmente disponibles las funciones "Elevación de retorno", "Termostato A/ B", "Regulador libre", "Antilegionela", "Protección de piscina" y "Calorímetro"
- Idiomas "Alemán", "Holandés", "Italiano", "Francés", "Español" e "Inglés" a seleccionar
- Función especial: Sistema con un circuito mezclado de calefacción para la combinación ideal de una instalación solar con una caldera de biomasa
- Memoria de avisos de sistema con fecha y hora para simplificar trabajos de mantenimiento
- Varios equipos periféricos conectados via Interfaz especial disponibles
- 7 entradas fijas de temperatura y 3 entradas con tipo seleccionable (sensor de irradiación, contador de impulsos y sensor de temperatura)
- 6 salidas con potencia máxima de salida 230 VA
- Posibilidad de memorizar datos con accesorios
- Incluye 4 sondas PT1000



### SUNGO SXL

Referencia	150 110 14
Precio en € (sin IVA)	617,29

### SUNGOmini

- Carga solar para una instalación con 1 acumulador
- Selección de funcionamiento modo Drain-Back
- Sensor para control de sondas
- Pantalla de pictogramas en dos filas informativas
- Regulación mediante pulsador
- Dos entradas de temperatura PT 1000
- Una salida con modulación para la bomba del circuito solar
- Potencia máxima: 230 VA, incluidos dos sensores PT 1000



### SUNGOmini

Referencia	150 110 65
Precio en € (sin IVA)	149,43