

ESCUELA TÉCNICA DE INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS E INGENIERIA DE MINAS

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA



Proyecto fin de carrera.

Instalación solar térmica para agua caliente sanitaria y calefacción en hotel de tres estrellas.

Solar thermal system for sanitary hot water supply and backup heating in a three star hotel.



AUTOR: Cristóbal Bastida Abellán.

DIRECTOR: Jose Pablo Delgado Marín

07 / 2014

Departamento:	Ingeniería térmica y de fluidos		
Curso académico:	2013/2014	Fecha propuesta:	9/4/2014
Título del Trabajo: Instalación solar térmica para agua caliente sanitaria y calefacción en hotel de tres estrellas.			
Title of the work: Solar thermal system for sanitary hot water supply and backup heating in a three star hotel.			
Titulación:	Grado en Ingeniería de Recursos Minerales y Energía		

Director/es:	Jose Pablo Delgado Marín		
Codirector⁽¹⁾:			
Empresa/Institución⁽¹⁾:			
Estudiante:	Cristóbal Bastida Abellán		
D.N.I.:	23286593-J	Fecha de Inicio:	01/09/2013
Expediente Nº:	229	<input type="checkbox"/> TFE General <input checked="" type="checkbox"/> TFE Específico	

Documento n°1:

MEMORIA

1 Memoria.

Índice:

1.1 INTRODUCCIÓN. (pag 1)

1.1.1 Objeto del proyecto. (pag 1)

1.1.2 Antecedentes y descripción del proyecto. (pag 1)

1.1.3 Normativa aplicada. (pag 2)

1.1.4 Bibliografía. (pag 2)

1.2. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO Y CARGAS TÉRMICAS DEMANDADAS POR ESTE. (pag 3)

1.2.1 Datos del emplazamiento. (pag 3)

1.2.2 Clasificación de espacios. (pag 4)

1.2.3 Cerramientos y huecos. (pag 5)

1.2.4 Cálculo de las pérdidas térmicas máximas del Hotel. (pag 9)

1.2.5 Cálculo demanda energética a lo largo de un año. (pag 10)

1.2.6 Necesidades energéticas para agua caliente sanitaria. (pag 12)

1.2.7 Necesidades energéticas totales. (pag 15)

1.3 SISTEMA DE CAPTACIÓN Y APORTACIÓN SOLAR (pag 16)

1.3.1 Captador plano. (pag 17)

1.3.2 Conexión de Captadores. (pag 20)

1.3.3 Inclinación y orientación de los colectores. (pag 22)

1.3.4 Separación mínima entre primera fila de colectores y muro. (pag 24)

1.3.5 Separación mínima entre filas de colectores. (pag 25)

1.3.6 Lastre para los soportes de los colectores. (pag 26)

1.3.7 Sistema de disipación de calor. (pag 26)

1.3.8 Contribución solar mínima. (pag 28)

1.3.9 Aportación solar anual. (pag 30)

1.4 CIRCUITO HIDRÁULICO PRIMARIO. (pag 33)

1.4.1 Fluido caloportador. (pag 33)

1.4.2 Cálculo del circuito hidráulico primario. (pag 36)

1.4.3 Batería de captadores. (pag 42)

1.4.4 Intercambiador de calor. (pag 43)

1.4.5 Bomba circuladora. (pag 45)

1.4.6 Sistema de llenado. (pag 47)

1.5 CIRCUITO HIDRAULICO SECUNDARIO. (pag 47)

1.5.1 Fluido caloportador. (pag 48)

1.5.2 Cálculo del circuito hidráulico primario. (pag 48)

1.5.3 Bomba circuladora. (pag 50)

1.6 DEPÓSITOS DE INERCIA. (pag 51)

1.7 CIRCUITO DE CALEFACCIÓN. (pag 54)

1.7.1 Potencia y caudal del Circuito de Calefacción. (pag 56)

1.7.2 Intercambiador de calor entre circuito de calefacción y caldera. (pag 57)

1.8. CIRCUITO HIDRÁULICO DE DEPÓSITOS DE INERCIA. (pag 60)

1.8.1 Intercambiador de calor Calefacción. (pag 61)

1.8.2 Intercambiador de calor A.C.S. (pag 62)

1.8.3 Cálculo secciones de tuberías en circuito hidráulico del depósito de inercia. (pag 66)

1.8.4 Bomba circuladora intercambiador de calor para calefacción en circuito de depósitos de inercia. (pag 68)

1.9 ACUMULADOR AGUA CALIENTE SANITARIA AUXILIAR. (pag 70)

1.10 CIRCUITO HIDRÁULICO DE AGUA CALIENTE SANITARIA. (pag 72)

1.10.1 Intercambiador de calor del circuito de la caldera. (pag 73)

1.10.2 Cálculo del circuito para calentamiento de agua caliente sanitaria mediante caldera. (pag 74)

1.10.3 Bomba circuladora intercambiador de calor para A.C.S. en circuito de acumulación. (pag 76)

1.11 CALDERA. (pag 77)

1.11.1 Condensados. (pag 79)

1.11.2 Tratamiento de la acidez. (pag 80)

1.11.3 Humos. (pag 81)

1.12 CIRCUITO HIDRÁULICO DE CALDERA. (pag 81)

1.12.1 Cálculo del circuito de caldera. (pag 82)

1.12.2 Bomba circuladora intercambiador de calor para A.C.S. en circuito de calefacción. (pag 84)

1.13 VASOS DE EXPANSIÓN. (pag 85)

1.13.1 Vaso de expansión circuito primario solar. (pag 86)

1.13.2 Vaso de expansión circuito secundario. (pag 89)

1.13.3 Vaso de expansión circuito de caldera. (pag 91)

1.14 AISLAMIENTOS. (pag 94)

1.15 SISTEMAS DE REGULACIÓN. (pag 96)

1.15.1 Regulación de la instalación solar. (pag 97)

1.15.2 Regulación sistema compacto para calentamiento de agua de calefacción mediante caldera. (pag 98)

1.15.3 Regulación sistema de generación de A.C.S instantánea mediante circuito de inercia. (pag 98)

1.15.4 Regulación apoyo a calefacción mediante depósitos de inercia. (pag 99)

1.15.5 Regulación de calentamiento de A.C.S en depósito de acumulación. (pag 100)

1.16 SISTEMAS DE MEDICIÓN DE ENERGÍA TÉRMICA. (pag 101)

1.16.1 Selección de dispositivos para medición de energía térmica. (pag 101)

1.17 CERTIFICADOS ENERGÉTICOS. (pag 103)

1.18 ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA. (pag 105)

1.19 CONCLUSIONES. (pag 108)

1.1 INTRODUCCIÓN.

1.1.1 Objeto del proyecto.

El objetivo de este proyecto es el diseño de una instalación solar térmica de baja temperatura para el suministro de Agua Caliente Sanitaria (ACS) y apoyo a la calefacción de baja temperatura en un hotel de 3 estrellas situado en la ciudad de Murcia.

La instalación solar estará complementada con energía auxiliar procedente del gas natural, ya que la antigua instalación térmica funcionaba también a gas natural.

El proyecto se realiza teniendo en cuenta las necesidades energéticas del edificio. A partir de estos datos se podrán dimensionar las distintas partes de la instalación como el área del campo de captadores, el volumen de acumulación, el sistema de generación de A.C.S, la potencia de la caldera etc. Y de acuerdo con el dimensionamiento se elegirán los modelos comerciales de los distintos componentes de la instalación que mejor se adapten a nuestras las necesidades.

1.1.2 Antecedentes y descripción del proyecto.

Los propietarios del hotel de 3 estrellas planean sustituir la antigua instalación térmica por su bajo rendimiento y continuos fallos operacionales. Por otra parte plantean también el uso de energía solar térmica de baja temperatura para aplicación en A.C.S (agua caliente sanitaria) y calefacción.

De esta manera se propone la realización de este proyecto en el que se proyectará la instalación solar y se estudiará viabilidad económica.

La instalación consiste básicamente en un campo de 30 captadores situados en la azotea que se encargara de absorber la energía procedente de la radiación solar. Esta energía será transferida a dos depósitos de inercia idénticos mediante conducciones de cobre bien aislados, y un intercambiador de calor que mantendrá separados el fluido de los captadores y el de acumulación en los depósitos.

Cuanta más energía guarde los acumuladores, a mayor temperatura estarán estos.

Esta energía acumulada podrá ser aprovechada por dos sistemas:

- 1) Sistema de agua caliente sanitaria instantánea. Este sistema tiene como misión la preparación instantánea de agua caliente sanitaria para su posterior acumulación.
- 2) Sistema de calefacción. Se trata de un intercambiador de calor que calienta el agua del circuito de calefacción haciendo circular agua procedente de los depósitos de acumulación en la parte del primario de este.

Un esquema resumido de la instalación seria según figura 1:

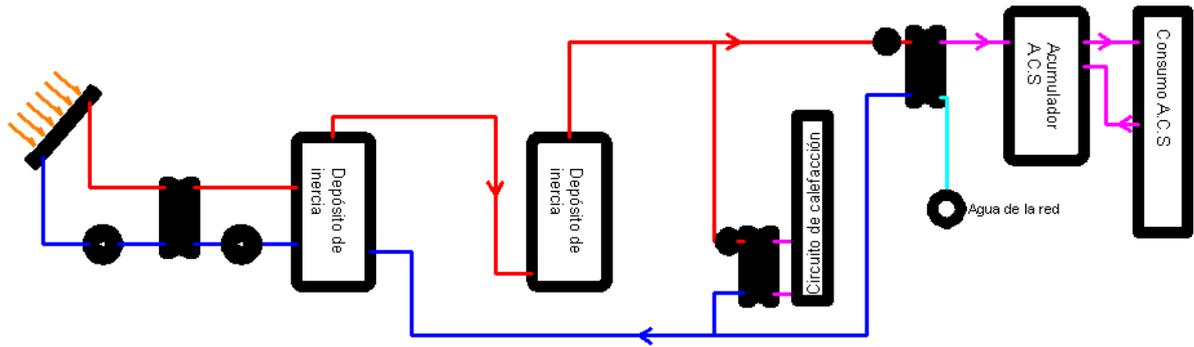


Figura 1: Esquema de la instalación solar.

1.1.3 Normativa aplicada.

- Código Técnico de la Edificación (CTE).
- Documento Básico "DB HE Ahorro de Energía" Exigencia básica HE 4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.
- Reglamentación de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITE).
- Reglamento de recipientes a presión (RAP).

1.1.4 Bibliografía.

- Apuntes de energía solar térmica de la Universidad Politécnica de Cartagena.
- Normativa vigente.
- Tomos II, III y IV del Curso de Projectista-Instalador de Censolar.
- Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura.IDAE
- Manual Técnico Energía Solar Térmica. 4º Edición. Salvador Escoda S.A
- Manuales facilitados por distintos fabricantes como: Junkers, Vaillant y Lapesa.
- Consulta de otros proyectos de instalaciones parecidas.
- Página web: www.solarweb.com

1.2. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO Y CARGAS TÉRMICAS DEMANDADAS POR ESTE.

El objetivo de la instalación solar es satisfacer la mayor demanda energética posible. En los meses más cálidos del año, con la irradiación que se dispone se puede llegar a cubrir 110% del consumo energético en agua caliente sanitaria e incluso calefacción de algún mes de entretiempo. El hecho de acumular más energía de la que se necesita en los días más cálidos del año puede causar problemas, como es el sobrecalentamiento por estancamiento, por lo que será necesario disipar la energía sobrante.

Sin embargo en invierno la demanda energética no se podrá satisfacer únicamente con la instalación solar por lo que será necesario un sistema de apoyo.

El edificio donde irá colocada la instalación está situado en una parcela amplia, con orientación Norte-Sur donde los captadores estarán orientación Sur.

Las características climatológicas del emplazamiento propician la idoneidad de este tipo de instalación.

El emplazamiento del edificio es bastante adecuado para este tipo de instalaciones debido a que a su alrededor no existen edificios ni objetos que puedan proyectar sombra sobre el sistema de captación y producir pérdidas importantes en este.

1.2.1 Datos del emplazamiento.

El edificio está situado al sur de la Ciudad de Murcia, donde los datos climatológicos son estos:

- Latitud: 38°
- Longitud: 1.1 W
- Temperatura mínima histórica: -5°C
- Temperatura media: 18.2°C

- Humedad relativa media: 59%
- Número medio anual de horas de sol: 3006 horas
- Tabla de irradiación solar:

Wh/m ² *día	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	
MINIMA	497.813	712.912	1089.95	2540.96	4097.99	4797.87	
MEDIA	2404.76	3335.05	4582.2	5844.45	6794.05	7134.25	
MAXIMA	4666.35	5306.47	5862.61	6389.93	7127.61	7459.04	
Wh/m ² *día	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ANUAL
MINIMA	4360.62	2952.48	1400.62	765.581	518.812	440.778	2045.11
MEDIA	6783.92	5810	4522.57	3245.58	2324.57	2017.1	4566.54
MAXIMA	7264.06	6561.7	5738.8	4960.52	4225.81	4160.71	5554.8

Estos datos proceden del Atlas de Irradiación Solar de la Comunidad Autónoma de la región de Murcia

1.2.2 Clasificación de espacios.

El hotel dispone de espacios habitables y no habitables. Los espacios no habitables no irán calefactados mientras que los habitables sí, para mantener un ambiente confortable en el hotel. En la *figura 2* se puede ver la fachada sur del edificio y en la *figura 3* se pueden ver los planos de cada planta de este.

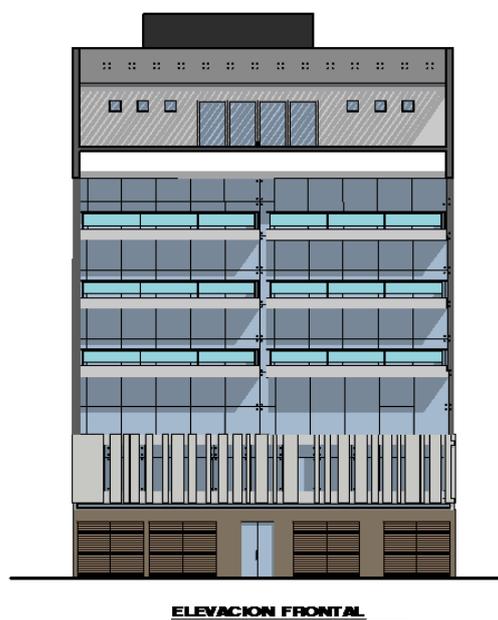


Figura 2: Fachada de edificio.



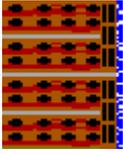
Figura 3: Plantas de edificio.

1.2.3 Cerramientos y huecos.

Los cerramientos de un edificio son de vital importancia a la hora de calcular las pérdidas térmicas de un edificio ya que unos cerramientos con bajo aislamiento térmico dejarán escapar mucho más calor al exterior que uno con buen aislamiento. Esto mismo pasa también con los huecos como pueden ser las ventanas.

Estos serán los distintos cerramientos y huecos que componen el hotel:

1) Clasificación Código Técnico: Muro Fachada (Muro Exterior)



Nombre cerramiento: FI2a-p

Coef.Global transmisión calor U: 1,55 W/m²°C

Resist. total al paso vapor de agua: 602,89

Peso: 356 kg/m²

Capa	Espesor m	Cond. W/m°C	Cp. kJ/kg°C	Den. kg/m ³	Resisvapo r material	Resist m ² °C/W	Resisvapo r capa
Exterior						0,04	
1 pie LP métrico 40mm<G<60mm (24,0cm)	0,24	0,743	1000	1220	10	0,323	2,4
Poliestireno (PS) (0,2cm)	0,002	0,16	1300	1050	1E5	0,013	200
Poliestireno (PS) (0,2cm)	0,002	0,16	1300	1050	1E5	0,013	200
Poliestireno (PS) (0,2cm)	0,002	0,16	1300	1050	1E5	0,013	200
Tabique de LH sencillo (4,0cm)	0,04	0,444	1000	1000	10	0,09	0,4
Enlucido de yeso 1000<d<1300 (1,5cm)	0,015	0,57	1000	1150	6	0,026	0,09
Interior						0,13004	

2) Clasificación Código Técnico: Muro Fachada (Muro Otro Local)



Nombre cerramiento: MED_H

Coef.Global transmisión calor U: 1,92 W/m²°C

Resist. total al paso vapor de agua: 1,74

Peso: 202 kg/m²

Capa	Espesor m	Cond. W/m°C	Cp. kJ/kg°C	Den. kg/m ³	Resisvapo r material	Resist m ² °C/W	Resisvapo r capa
Exterior						0,13004	
Enlucido de yeso 1000<d<1300 (1,0cm)	0,01	0,57	1000	1150	6	0,018	0,06

MEMORIA

Enlucido de yeso 1000<d<1300 (1,0cm)	0,01	0,57	1000	1150	6	0,018	0,06
BH convencional (15,0cm)	0,15	0,789	1000	1040	10	0,19	1,5
Enlucido de yeso 1000<d<1300 (1,0cm)	0,01	0,57	1000	1150	6	0,018	0,06
Enlucido de yeso 1000<d<1300 (1,0cm)	0,01	0,57	1000	1150	6	0,018	0,06
Interior						0,13004	

Tipo Local adyacente: LocalHabNoAcond

Nivel Estanqueidad: CASO 1 espacio ligeramente ventilado

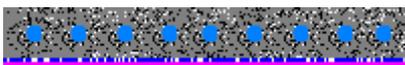
Posición aislamiento: No aislado(ue)-No aislado(iu)

Relación areas A(iu)/A(ue): 1

De la Tabla E.6 del CTE-HE1 se obtiene $b = 0,7$

Resultando una Transmitancia de UCTE = $U * b = 1,34$

3) Calificación Código Técnico Cubierta (Techo Exterior)



Nombre cerramiento: Qpa_1

Coef.Global transmisión calor U: 0,6 W/m²°C

Resist. total al paso vapor de agua: 19,92

Peso: 639 kg/m²

Capa	Espesor m	Cond. W/m°C	Cp. kJ/kg°C	Den. kg/m ³	Resisvapo r material	Resist m ² °C/W	Resisvapo r capa
Exterior						0,04	
Hormigón con áridos ligeros 1800<d<2000 (5,0cm)	0,05	1,35	1000	1900	60	0,037	3
Hormigón armado d>2500 (20,0cm)	0,2	2,5	1000	2600	80	0,08	16
Enlucido de yeso 1000<d<1300 (1,0cm)	0,01	0,57	1000	1150	6	0,018	0,06
Enlucido de yeso 1000<d<1300 (1,0cm)	0,01	0,57	1000	1150	6	0,018	0,06
EPS Poliestireno Expandido (0,029 W/mK) (4,0cm)	0,04	0,029	1000	30	20	1,379	0,8
Interior						0,1	

4) Calificación Código Técnico Suelo (Suelo Otro Local)

MEMORIA



Nombre cerramiento: PIH por defecto garaje

Coef.Global transmisión calor U: 1,81 W/m²°C

Resist. total al paso vapor de agua: 5,42

Peso: 441 kg/m²

Capa	Espesor m	Cond. W/m°C	Cp. kJ/kg°C	Den. kg/m ³	Resisvapo r material	Resist m ² °C/W	Resisvapo r capa
Exterior						0,1	
Plaqueta o baldosa cerámica (2,0cm)	0,02	1	800	2000	30	0,02	0,6
Mortero cemento o cal (alb+revoco/enlucido) d>2000 (1,0cm)	0,01	1,8	1000	2100	10	0,006	0,1
Mortero cemento o cal (alb+revoco/enlucido) d>2000 (1,0cm)	0,01	1,8	1000	2100	10	0,006	0,1
Arena o grava (1700<d<2200) (2,0cm)	0,02	2	1050	1450	50	0,01	1
Arena o grava (1700<d<2200) (2,0cm)	0,02	2	1050	1450	50	0,01	1
FU entrevigado cerámico - Canto 250 mm (25,0cm)	0,25	0,937	1000	1110	10	0,267	2,5
Enlucido de yeso 1000<d<1300 (1,0cm)	0,01	0,57	1000	1150	6	0,018	0,06
Enlucido de yeso 1000<d<1300 (1,0cm)	0,01	0,57	1000	1150	6	0,018	0,06
Interior						0,1	

Tipo Local adyacente: LocalNoHab

Nivel Estanqueidad: CASO 1 espacio ligeramente ventilado

Posición aislamiento: No aislado(ue)-Aislado(iu)

Relación áreas A(iu)/A(ue): 1

De la Tabla E.6 del CTE-HE1 se obtiene b = 0,94

Resultando una Transmitancia de UCTE = U * b = 0,56

5) Ventana Exterior: Calificación Código Técnico Hueco

Superficie Hueco: 13,7 m²

Tipología del Hueco: 0

Coef.Global transmisión calor U: 2,48W/m²°C

1.2.4 Cálculo de las pérdidas térmicas máximas del Hotel.

Las pérdidas térmicas se dan por distintos procesos:

- 1) Transmisión térmica de los materiales de la edificación.
- 2) Renovación del aire interior del edificio para mantener en estado salubre las condiciones de este.
- 3) Infiltraciones del aire exterior.

Estas pérdidas se han calculado usando el programa DPCLima, cuya funcionalidad es la de calcular las pérdidas térmicas de una edificación a partir de los parámetros de materiales y espacios que se le han dado.

Las pérdidas de carga del hotel máximas se darán en una madrugada de Febrero a las 4 de la mañana con estas características meteorológicas:

- El edificio se encuentra en Murcia (42 m) a una latitud de 37,98°
- Las condiciones exteriores de proyecto se han obtenido del RITE
- Nivel percentil = 99,6 % $T_s = 0,10 \text{ °C}$ $T_h = -0,70 \text{ °C}$ lo que da una $H_r = 85,0 \text{ %}$
- Oscilación media diaria = 7,0 °C Incremento temp. por interior población: 0,0 °C
- Oscilación máxima anual = 34,10 °C Velocidad del viento = 10,00 m/s Temp. terreno mínima = 8 °C
- Se consideran como materiales circundantes Estándar con un coef. de reflexión del 35 %
- Atmósfera Estándar

El resumen de las pérdidas de carga del edificio serán estas:

Tipo	Carga sensible (W)	Carga latente (W)	Carga total (W)
Cerramientos	-27662,6	-	-27662,6
Huecos	-7380,2	-	-7380,2
Ocupantes	7324,1	2553,1	9877,2

MEMORIA

Iluminación	0,0	-	0,0
Otras cargas	0,0	0,0	0,0
Ventilación	-58831,9	-32315,9	-91147,8
Climatizador	0,0	0,0	0,0
Infiltración	0,0	0,0	0,0
Puentes Térmicos	-679,3	-	-679,3
Propia Instalación	-4361,5	-	-4361,5
Mayoración	-4579,6	-1488,1	-6067,7
<u>Total</u>	<u>-96171,0</u>	<u>-31251,0</u>	<u>-127422,0</u>
Ratio (W/m2)	-	-	-73,3

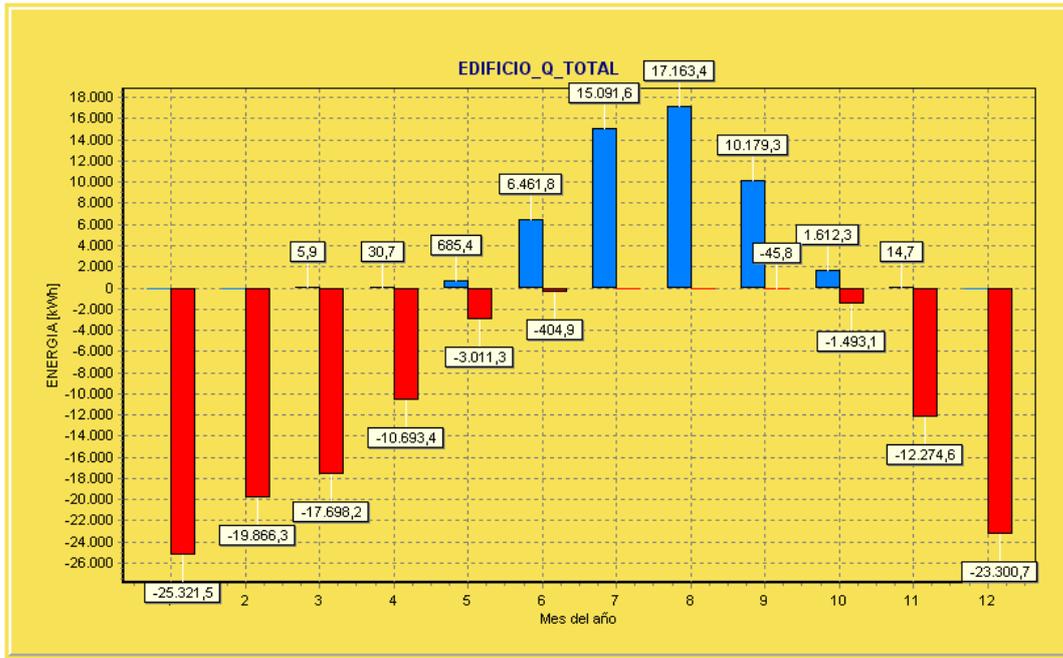
1.2.5 Cálculo demanda energética a lo largo de un año.

Este cálculo se llevará a cabo mediante el uso de programa informático DPclima.

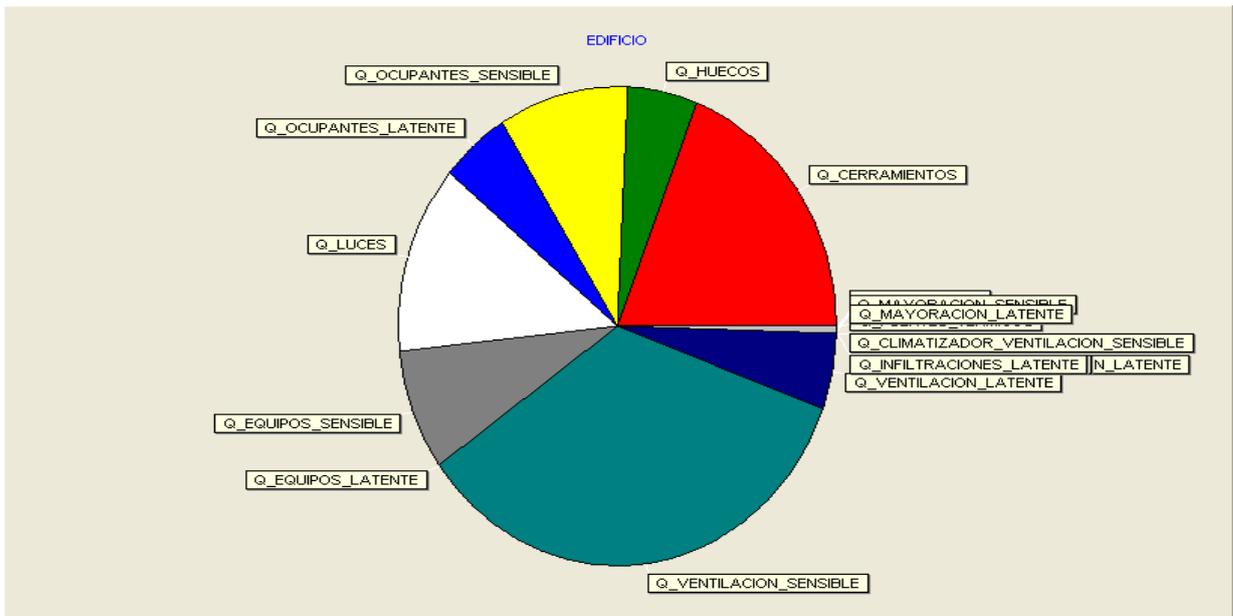
Los consumos serán estos a lo largo de todo el año:

	Q_REF[kWh]	Q_CAL[kWh]	Q_REF_SEN[kWh]	Q_CAL_SEN[kWh]
ENERO	0.000	-25321.536	0.000	-25321.536
FEBRERO	0.000	-19866.332	0.000	-19866.332
MARZO	5.886	-17698.161	5.886	-17698.161
ABRIL	30.660	-10693.391	30.660	-10693.391
MAYO	685.409	-3011.342	685.409	-3011.342
JUNIO	6461.843	-404.869	6461.843	-404.869
JULIO	15091.551	0.000	15091.551	0.000
AGOSTO	17163.372	0.000	17163.372	0.000
SEPTIEMBRE	10179.329	-45.834	10179.329	-45.834
OCTUBRE	1612.270	-1493.110	1612.270	-1493.110
NOVIEMBRE	14.710	-12274.558	14.710	-12274.558
DICIEMBRE	0.000	-23300.729	0.000	-23300.729
Total				159895 KWh

Gráfica de consumos térmicos a lo largo del año:



Distribución de flujo energético anual:



1.2.6 Necesidades energéticas para agua caliente sanitaria.

Consumo de A.C.S

Según la *Tabla 4.1* del CTE-HE4 la demanda de agua caliente sanitaria para un hotel de tres estrellas es de 41 litros a 60°C por persona. El hotel tiene un total de 71 clientes, con lo cual el

consumo diario de A.C.S a 60°C será de 2911 litros.

Tabla 4.1. Demanda de referencia a 60 °C⁽¹⁾

Criterio de demanda	Litros/día·unidad	unidad
Vivienda	28	Por persona
Hospitales y clínicas	55	Por persona
Ambulatorio y centro de salud	41	Por persona
Hotel *****	69	Por persona
Hotel ****	55	Por persona
Hotel ***	41	Por persona
Hotel/hostal **	34	Por persona
Camping	21	Por persona
Hostal/pensión *	28	Por persona

Pero en los puntos de consumo el agua tendrá una temperatura de 55°C ya que su producción es instantánea y no hay riesgo de legionella. Por lo tanto habrá que calcular el consumo diario de A.C.S a 55 °C.

Esto se hará mediante esta fórmula del CTE-HE4:

$$D_i(T) = D_i(60^\circ\text{C}) \times \left(\frac{60 - T_i}{T - T_i} \right)$$

Donde:

$D_i(T)$ = Demanda de agua caliente sanitaria para el mes “i” a la temperatura T elegida.

$D_i(60^\circ\text{C})$ = Demanda de agua caliente sanitaria para el mes “i” a la temperatura T elegida.

T = Temperatura de acumulación final.

T_i = Temperatura media de agua fría en el mes “i” (Ya que se consumirá agua caliente sanitaria todo el año consideraremos la temperatura media de todos los meses del año en Salamanca que es de 12.3 °C).

$$D_i(T) = 2911 \times \left(\frac{60 - 12.3}{55 - 12.3} \right) = 3251 \text{ litros por día.}$$

Consumo energía A.C.S.

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

$$Q_a = C_e \cdot M \cdot N \cdot (t_{ac} - t_r) \cdot O$$

Donde:

- Q_a : carga calorífica mensual de calentamiento de ACS (KJ/Mes)

MEMORIA

- C_e : calor específico. Para el agua 4187 J/(Kg°C)
- M : consumo medio diario, expresado en l/d a 55°C
- N : Número de días del mes
- t_{ac} : temperatura del agua para la que se ha calculado el consumo diario de agua caliente, en este caso a 60°C.
- t_r : temperatura del agua de red (°C)
- O : ocupación (tanto por uno)

En la expresión anterior tenemos varias variables, como son el número de días del mes o la temperatura de la red, por lo que la carga calorífica mensual varía para cada mes del año.

Hemos supuesto que el hotel tiene una ocupación del 100%, por ello hemos tomado la ocupación del 100% para todo el año.

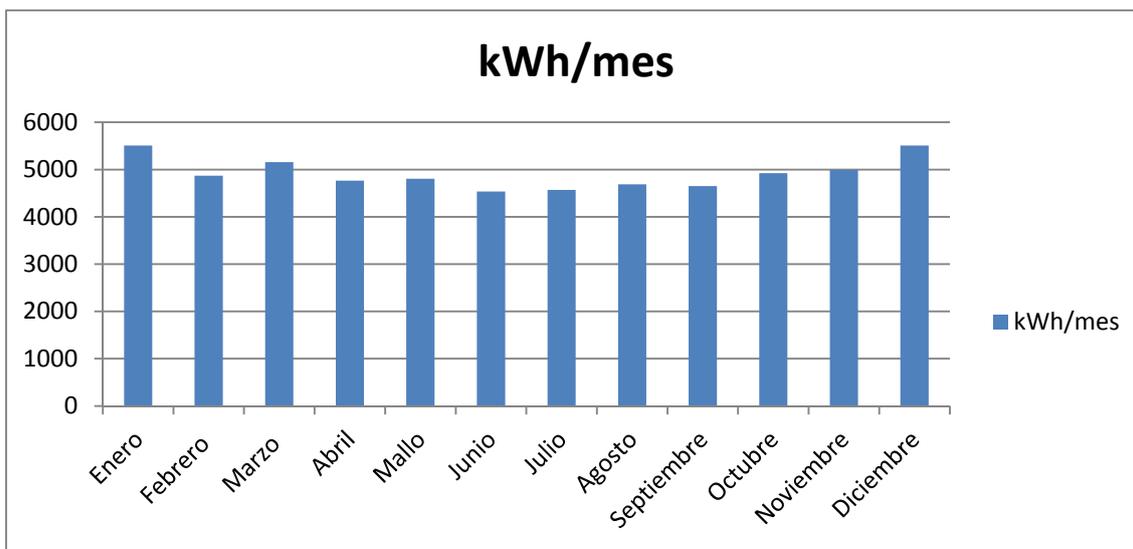
En la *tabla 1* se muestran los resultados del cálculo de las estimaciones de demanda energética para cada mes del año:

Mes	$C_e(KJ/Kg^{\circ}C)$	N	$M(\text{litros día})$	T^a_{Acum} u	T^a_{re} d	O	$QACS$ (KJ)	$Q A.C.S$ (KWh)
Enero	4,187	31	3251	55	8	1	19832592	5509
Febrero	4,187	28	3251	55	9	1	17532174	4870
Marzo	4,187	31	3251	55	11	1	18566682	5157
Abril	4,187	30	3251	55	13	1	17151040	4764
Mayo	4,187	31	3251	55	14	1	17300771	4805
Junio	4,187	30	3251	55	15	1	16334324	4537
Julio	4,187	31	3251	55	16	1	16456831	4571
Agosto	4,187	31	3251	55	15	1	16878801	4688
Septiembre	4,187	30	3251	55	14	1	16742682	4650
Octubre	4,187	31	3251	55	13	1	17722741	4922
Noviembre	4,187	30	3251	55	11	1	17967756	4991

Diciembre	4,187	31	3106	55	8	1	19832592	5509
<u>Anual</u>		36				1	212318993	58977

Tabla 1: Consumos de Energía a lo largo de año para producción de A.C.S.

La grafica 1 muestra los resultados de la tabla anterior:



Gráfica 1: Consumos de Energía a lo largo de año para producción de A.C.S.

1.2.7 Necesidades energéticas totales.

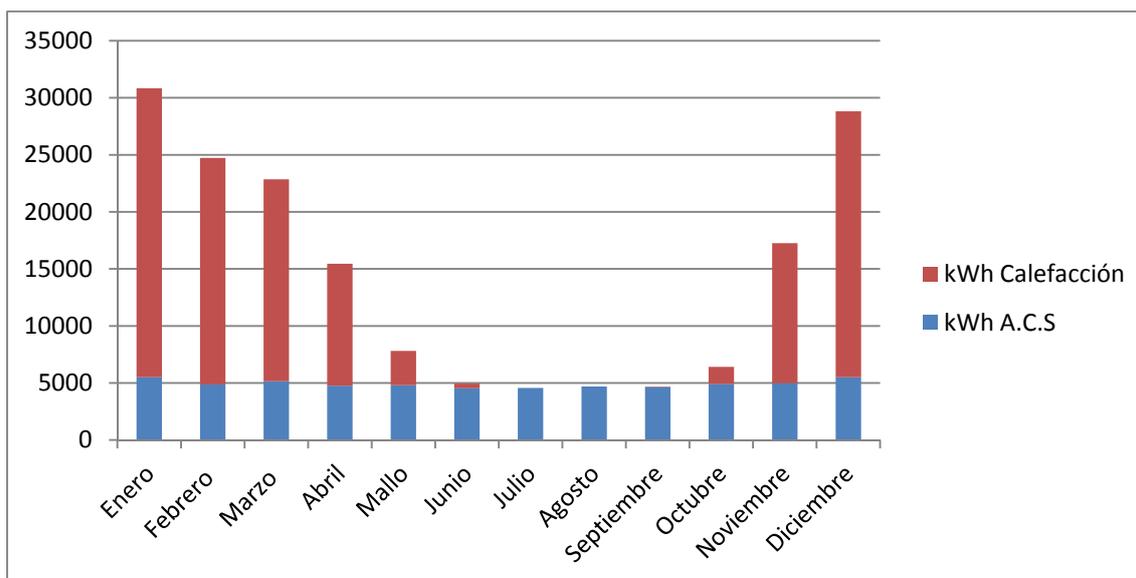
La demanda energética total será la suma de las necesidades energéticas de la calefacción y el agua caliente sanitaria. Así pues, en esta *tabla 2* aparecen los consumos totales a lo largo de cada mes.

Mes	QACS (KJ)	Calefacción	Total
Enero	5509	25321	30830
Febrero	4870	19866	24736
Marzo	5157	17698	22855
Abril	4764	10693	15457
Mayo	4805	3011	7816
Junio	4537	404	4941
Julio	4571	0	4571
Agosto	4688	0	4688

Septiembre	4650	45	4695
Octubre	4922	1493	6415
Noviembre	4991	12274	17265
Diciembre	5509	23300	28809

Tabla 2: Demanda energética de calefacción y agua cliente sanitaria.

Estos datos quedan representados en la *grafica 2*:



Gráfica 2: Demanda energética de calefacción y agua cliente sanitaria.

1.3 SISTEMA DE CAPTACIÓN Y APORTACIÓN SOLAR.

El colector solar es el elemento encargado de captar la radiación solar y convertir su energía en energía calorífica.

El colector trata de extraer parte de la energía calorífica producida por el flujo radiante incidente para aprovecharlo como energía útil, el resto es energía que se pierde por radiación, convección y conducción. La energía útil es extraída del colector a través de un fluido llamado fluido caloportador.

Cuanto mayor sea la diferencia entre la temperatura de trabajo y la temperatura ambiente, mayores serán también las pérdidas térmicas y, por tanto, menor la cantidad de energía útil que el fluido será capaz de extraer. Las pérdidas se puede ver reflejadas en la *figura 4*.

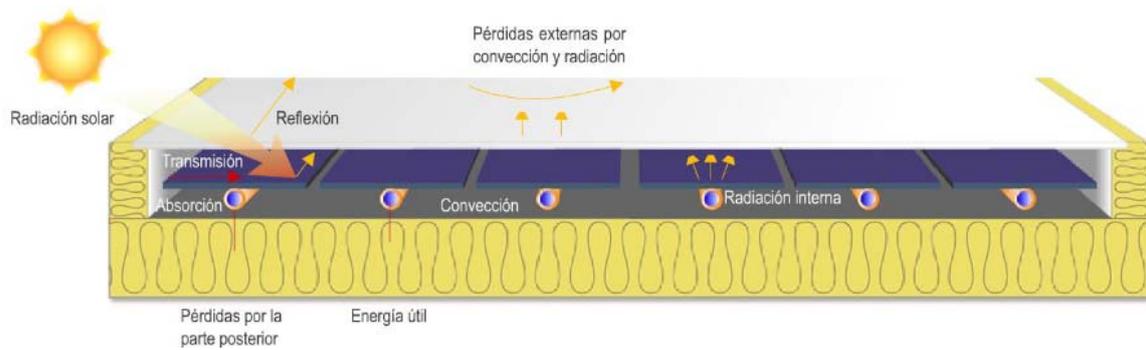


Figura 4: Flujos energéticos en un colector solar plano.

Aprovechar menos o más dicha energía determina el rendimiento del colector que se define como el cociente entre la energía útil obtenida y la energía solar que incide en la superficie del captador. El rendimiento es la principal característica que define un colector dependiendo este de muchas variables.

Hay muchos tipos de colectores, con diferencias referentes a las características de sus partes fundamentales, a los materiales utilizados en su construcción, etc. Sin embargo el modelo más utilizado es el colector plano, que serán del tipo que se utilicen en este proyecto ya que tienen las propiedades adecuadas para el régimen de funcionamiento de la instalación.

1.3.1 Captador plano.

Ofrecen una gran selectividad, que es la propiedad de absorber radiación solar en zona activa y reflejar en zona de pérdidas. Las partes de un captador solar se pueden ver en la figura 5.

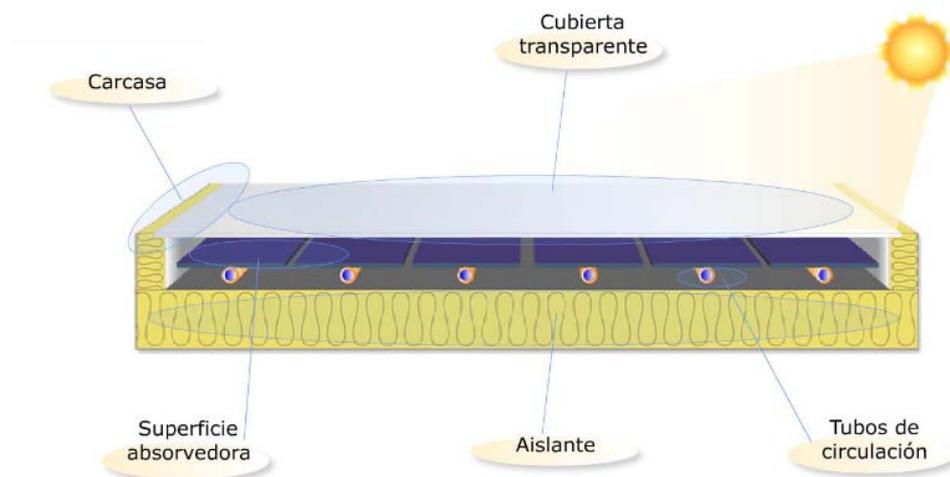


Figura 5: Partes de un colector solar plano.

Se compone básicamente de:

Cubierta transparente: La función de la cubierta transparente es por un lado provocar el efecto invernadero y reducir al mismo tiempo las pérdidas por convección, mejorando así el rendimiento del colector, y por otro lado asegurar la estanqueidad del colector al agua y al aire, en unión con la carcasa y las juntas. En la *figura 6* se puede apreciar la función que desempeña la cubierta en un captador solar.

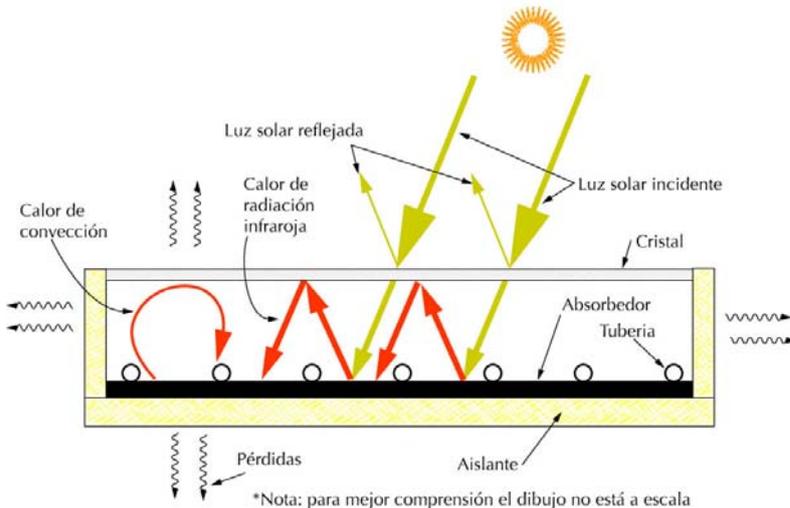


Figura 6: Efecto invernadero en un captador solar plano.

Placa Absorbente: La placa absorbente tiene como misión recibir la radiación solar, transformarla en calor y transmitirla al fluido caloportador. Generalmente está compuesto por una o dos placas metálicas y tubos de cobre soldados o embutidos a esta por los que circula el fluido.

La cualidad principal que define la eficacia de un absorbedor es la capacidad para absorber la mayor radiación posible, por eso, este tiene cubierta la cara expuesta al sol con un revestimiento especial (pinturas o superficies selectivas).

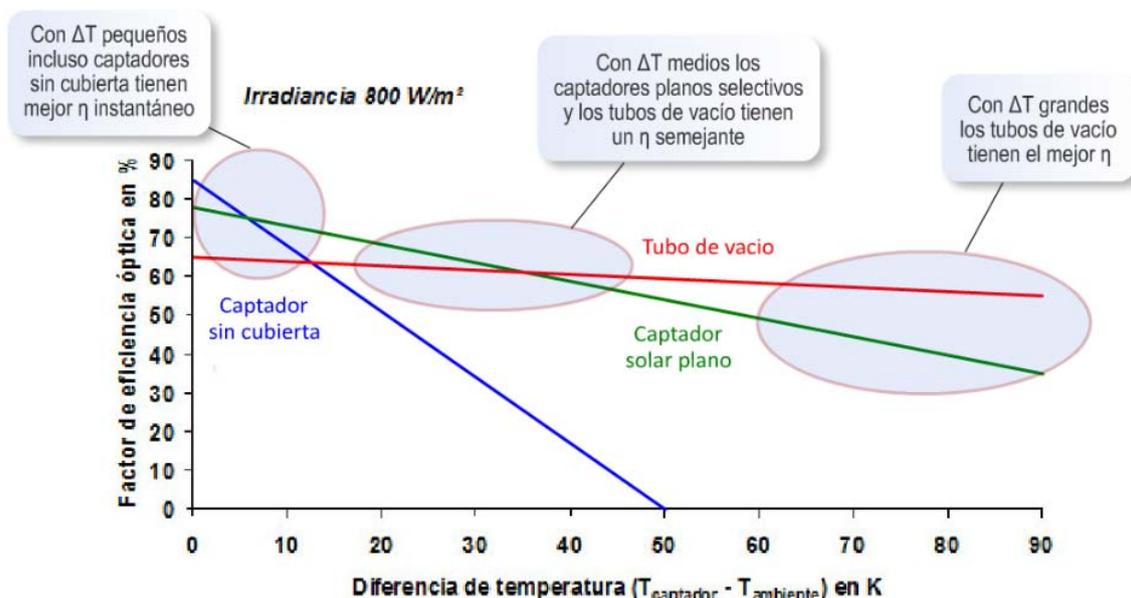
Aislamiento térmico: Disminuye las pérdidas de calor hacia el ambiente exterior. Debe ser un material resistente a temperaturas altas, inertes a la humedad y que no desprendan sustancias tóxicas.

Algunos de los materiales que se usan frecuentemente como aislantes son: lana de vidrio, lana de roca, espuma de vidrio, corcho expandido, poliestireno y poliuretano.

Carcasa: La misión de la carcasa es doble: proteger y soportar los diversos elementos que constituyen el colector y actuar de enlace con el conjunto del edificio sobre el cual se sitúa el colector, a través de los bastidores y elementos de anclaje necesarios. Debe poseer alta resistencia a las temperaturas, a la corrosión, a la degradación química y radiación ultravioleta.

Estos captadores se adaptan perfectamente a cualquier tipología de instalación debido a su modularidad pudiendo dimensionarse el sistema de captación según los sistemas de acumulación, de control y apoyo auxiliar.

Sabiendo que la diferencia de temperatura entre los captadores pocas veces superará los 40 grados a las horas aprovechables de sol al estar en una zona climática relativamente caliente se usarán estos colectores de acuerdo con *gráfica 3*:



Gráfica 3: Rendimientos de distintos tipos de captadores solares.

Entre todos los modelos de colectores planos se ha elegido uno de la marca Junkers y modelo S-COMFORT FKC-2 S.

Sus características técnicas son:

Marca	Junkers
Modelo	S-COMFORT FKC-2 S
Montaje	Vertical
Dimensiones(alto x ancho x fondo)(mm)	2.017x1.175x87
Área total (m^2)	2.37
Área apertura (m^2)	2.25
Área absorbedor (m^2)	2.18
Volumen del absorbedor (m^3)	0.94
Peso en vacío (Kg)	40
Presión de trabajo máxima (bar)	6
Caudal nominal (l/h)	50
Carcasa	Fibra de vidrio
Aislamiento	Lana mineral, de 55mm de espesor
Absorbedor	Altamente selectivo
Recubrimiento absorbedor	PVD
Circuito hidráulico	Parrilla de tubos
<u>Curva de rendimiento instantáneo según EN 12975-2 (basada en el área de apertura)</u>	
Factor de eficiencia η_0	0.77
Coefficiente de pérdidas lineal($\text{W/m}^2\text{K}$)	3.216
Coefficiente de pérdidas cuadrático($\text{W/m}^2\text{K}^2$)	0.015

Rendimiento del captador:

$$\mu = 0.77 - 3.216(Tm - Ta)/I - 0.015(Tm - Ta)^2/I$$



Figura 7: Captador Junkers S-COMFORT FKC-2 S.

1.3.2 Conexión de Captadores.

La totalidad de los captadores estará conexionada en paralelo.

De esta manera, por cada captador circula de forma independiente el fluido caloportador. Con esta conexión el salto térmico que se genera en un captador es el mismo que el de la conexión de captadores en paralelo y el caudal es el que circula por un captador multiplicado por el número de captadores así conectados.

Para compensar las pérdidas de carga se usará un retorno invertido.

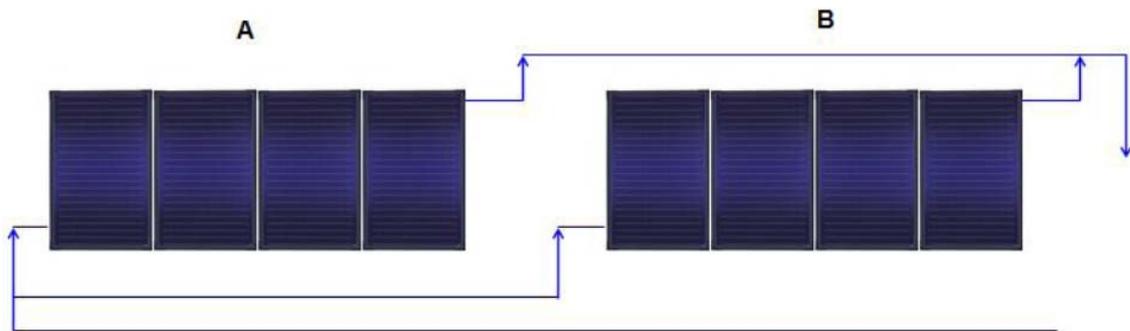


Figura 8: Esquema de un sistema en paralelo.

Los tramos más largos de tubería corresponderán a la entrada de los captadores ya que prolongar los de salida implicaría grandes pérdidas energéticas.

Válvulas de corte, se colocarán a la entrada y salida de cada batería. El purgador automático, se colocará a la salida de cada batería de captadores de acuerdo con la figura 7. Cada purgador llevará una llave de cierre para poder ser aislado.

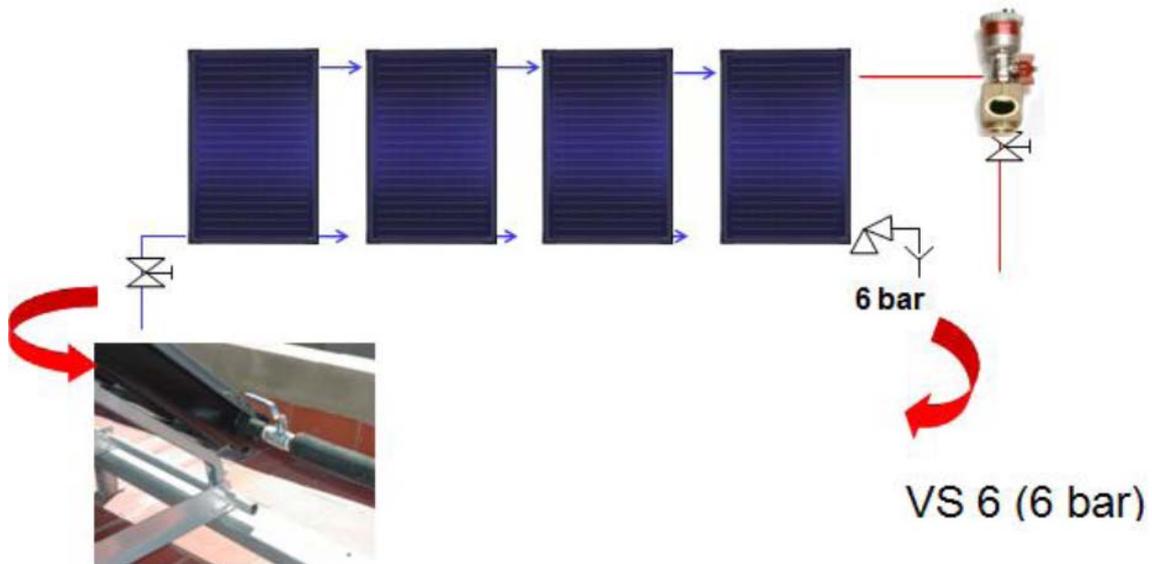


Figura 9: Purgadores, válvulas y desagües por cada batería de captadores.

Así que, finalmente el esquema de conexionado de todos los captadores quedará según *figura 10* :

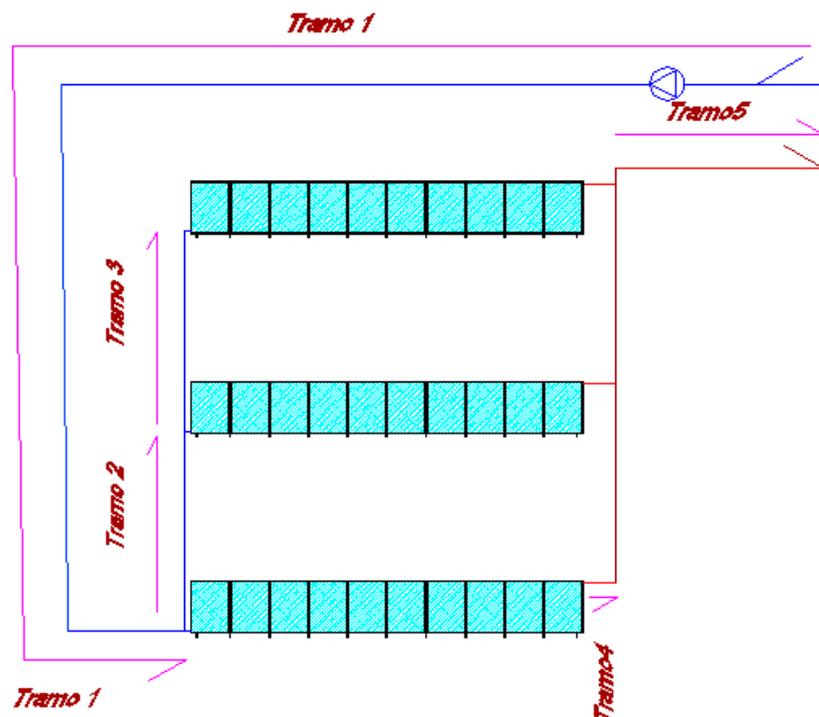


Figura 10: Esquema de campo de captadores.

Según el manual de instalación del captador plano S-COMFORT FKC-2 S proporcionado por Junker, se puede montar como máximo baterías de una decena de captadores por lo que se decide poner baterías de 10 captadores según figura 11:

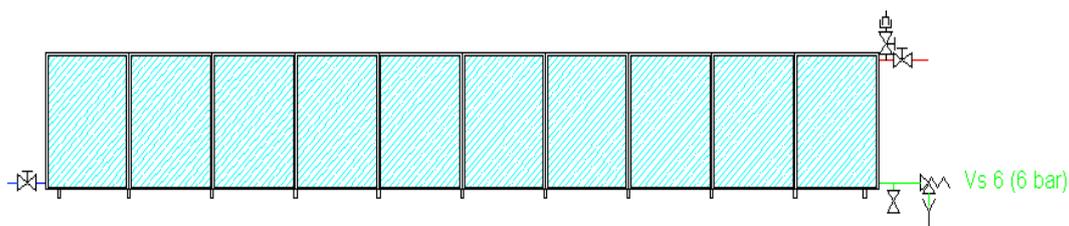


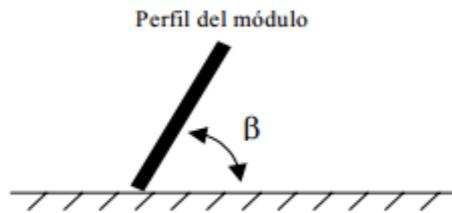
Figura 11: Esquema de batería de captadores.

1.3.3 Inclinación y orientación de los colectores.

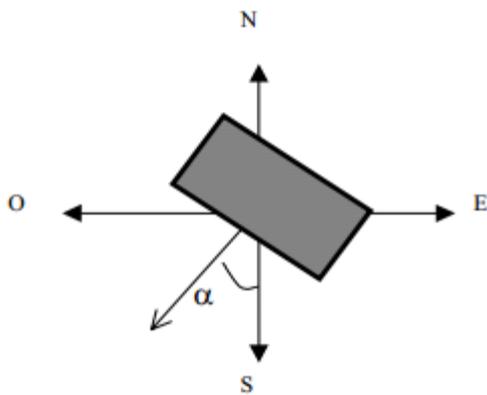
Se determinará la orientación e inclinación de los captadores de tal manera que las pérdidas sean las menos posibles.

Las pérdidas se calcularán en función de:

- ángulo de inclinación, β definido como el ángulo que forma la superficie de los módulos con el plano horizontal. Su valor es 0 para módulos horizontales y 90° para verticales.



ángulo de acimut, α definido como el ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del módulo y el meridiano del lugar. Valores típicos son 0° para módulos orientados al sur, -90° para módulos orientados al este y $+90^\circ$ para módulos orientados al oeste.



La orientación de los colectores será 0° ya que estos están orientados al sur. Esto implica que no tendrán ninguna pérdida por orientación.

Por otro lado la inclinación no será igual a la latitud ya que la instalación está más enfocada a la temporada fría del año (de Septiembre a Abril). Es decir, la temporada donde la altura solar es menor a la latitud. Por lo tanto se ha decidido que la inclinación del colector sea de 45 grados y no 38 grados.

Para determinar las pérdidas en la temporada fría del año se decide usar el programa de cálculo censol 5.0 ofreciéndonos estos datos en figura 12:

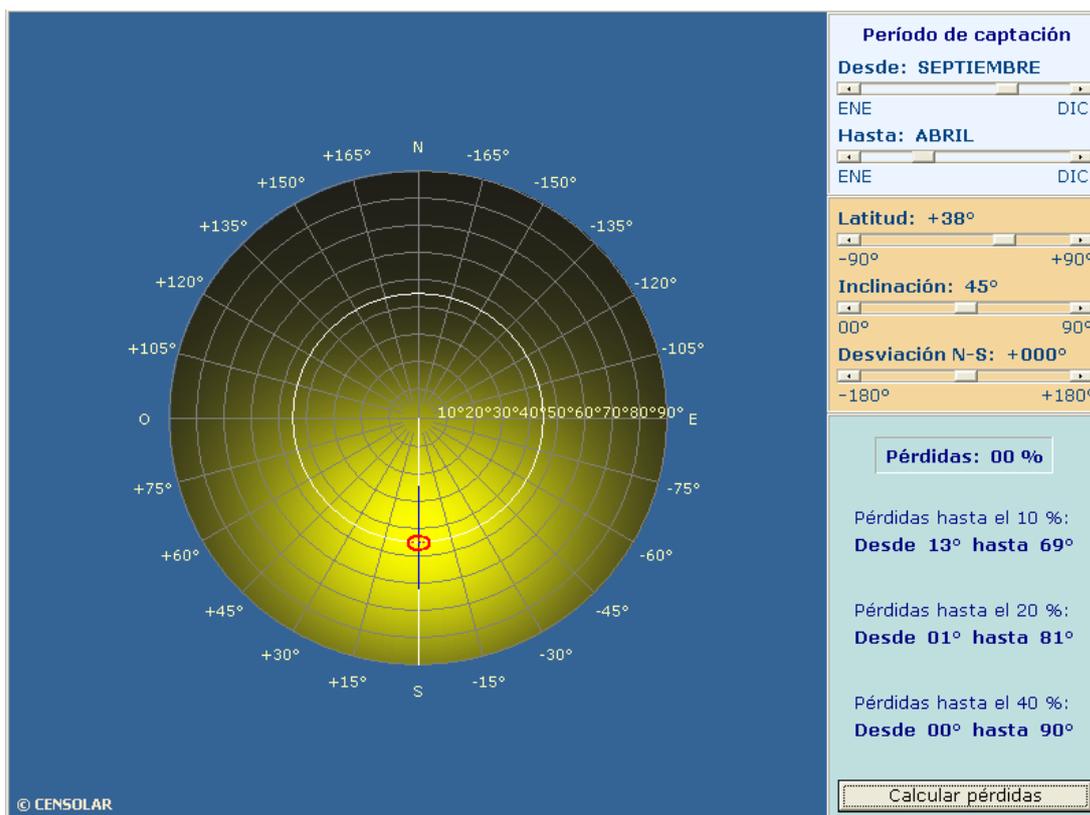


Figura 12: Inclinación y acimut adecuados para una instalación en la Ciudad de Murcia.

A partir de estos datos podemos ver que para la temporada fría del año, la elección de una inclinación de 45°C para los captadores y una orientación sur de estos es optima para aprovechar la energía solar, teniendo unas pérdidas del 0%.

1.3.4 Separación mínima entre primera fila de colectores y muro.

La distancia D , medida sobre la horizontal, entre una fila de captadores y un obstáculo, de altura h , que pueda producir sombras sobre la instalación deberá garantizar un mínimo de 4 horas de sol en torno al mediodía del solsticio de invierno.

Así pues, la distancia D medida sobre la horizontal entre una fila de captadores y un obstáculo de altura H que pueda producir sombra sobre la instalación, debe ser, como mínimo, el valor obtenido en la siguiente expresión:

$$D = H / \operatorname{tg} (67^\circ - \text{latitud})$$

Donde:

- D : Distancia media sobre la horizontal entre una fila de captadores y un obstáculo de altura H .

- H : Altura de obstáculo respecto a la superficie horizontal en la que se sitúan colectores.

-Latitud: 37.98 grados.

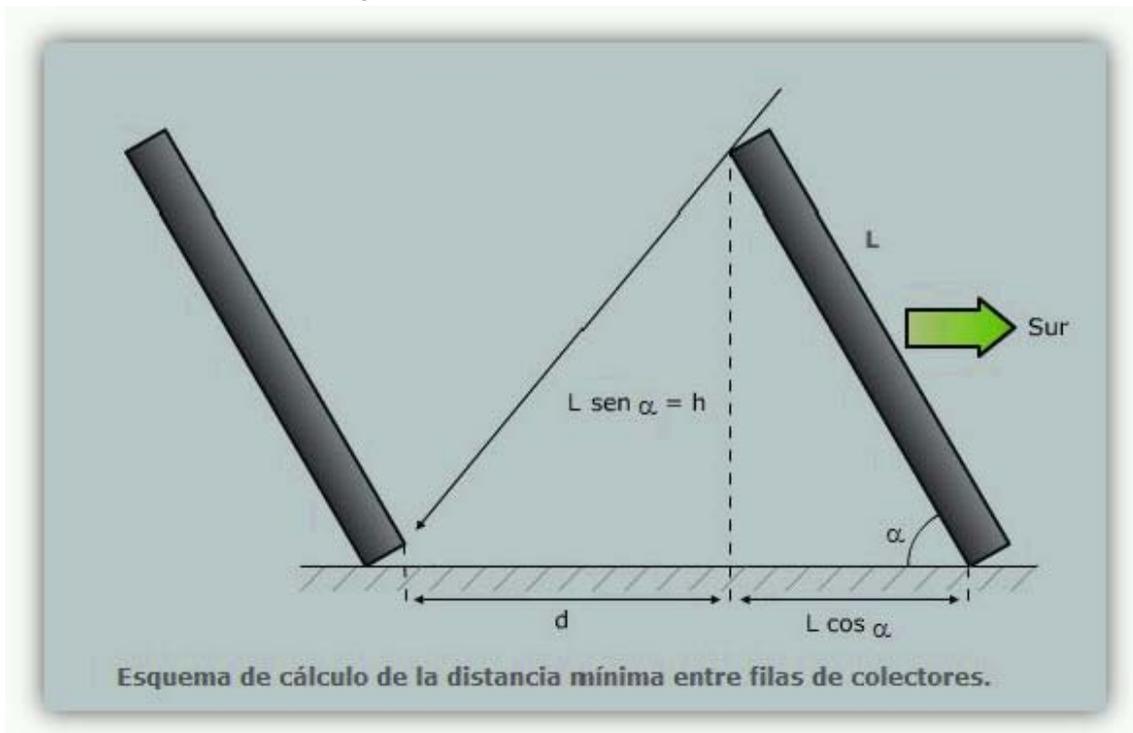
$H = \text{Altura muro} - \text{Altura sobre el suelo paneles} = 1.10 - 0.20 = 0.90 \text{ metros.}$

$$D = \frac{H}{\text{tg}(67^\circ - \text{latitud})} = \frac{0.90}{\text{tg}(67^\circ - 38^\circ)} = 1.62 \text{ metros.}$$

La distancia mínima entre la pared y los colectores será de 1,62 metros.

1.3.5 Separación mínima entre filas de colectores.

La distancia que interesa determinar es la que existe entre la proyección sobre el suelo de la parte posterior de una fila de colectores y la parte baja de la fila siguiente, D. Este valor se calcula mediante la fórmula siguiente:



$$D = d + (L \times \cos \alpha) = \frac{(L \times \text{sen } \alpha)}{\text{tg}(67^\circ - \text{latitud})} + (L \times \cos \alpha)$$

Donde:

L: Separación entre filas de colectores.

d: Separación entre la proyección sobre suelo de la parte posterior de una fila de colectores y la parte baja de la fila siguiente.

L: Longitud de los colectores.

α: Inclinación de los captadores respecto a la horizontal.

Latitud: 38 grados.

$$D = \frac{(L \times \text{sen} \alpha)}{\text{tg}(67^\circ - \text{latitud})} + (L \times \text{cos} \alpha) = \frac{(2.017 \times \text{sen} 45^\circ)}{\text{tg}(67^\circ - 38^\circ)} + (2.017 \times \text{cos} 45^\circ) = 4 \text{ metros}$$

La distancia entre filas de colectores será de al menos 4 metros de distancia.

La distancia entre filas de colectores será de 6 metros, Muy superior a los 4 metros mínimos calculados.

1.3.6 Lastre para los soportes de los colectores.

Los soportes de los colectores serán lastrados con accesorios de contrapeso para cubierta plana con una carga de 320 kg por colector de acuerdo con la tabla 3 que facilita el fabricante de los colectores.

Estabilización de un colector					
Altura del edificio	Velocidad del viento	Anclaje de la base	Aumento del peso	Seguro con cable	
		Número y tipo de tornillos ²	Peso (p.ej. placas de cemento)	Asegurar contra caída Peso (p.ej. placas de cemento)	Asegurar contra deslizamiento Máxima fuerza de tracción de cables
0 m hasta 8 m	102 km/h	2 x M8/8.8	270 kg	180 kg	1,6 kN
A partir de 8 m hasta 20 m	129 km/h	2 x M8/8.8	450 kg	320 kg	2,5 kN
A partir de 20 m hasta 100 m ¹	151 km/h	3 x M8/8.8	–	450 kg	3,3 kN

Tabla 3: Tabla de estabilización de colectores recomendados por Junkers.

En cualquier caso el viento no será uno de los problemas ya que este estará obstaculizado por la sala de máquinas y los muros de la azotea.

1.3.7 Sistema de disipación de calor.

Con una radiación intensa y un bajo consumo de agua caliente, en las instalaciones solares térmicas, se presenta un grave problema como es el sobrecalentamiento. En estos casos, la cesión de calor de los paneles al sistema debe interrumpirse.

El sobrecalentamiento se puede presentar, tanto en los depósitos acumuladores como en el circuito solar. La solución más adecuada es integrar en el circuito hidráulico de la instalación un disipador de calor.

Cuando los sensores de temperatura detectan la que se ha superado el límite de seguridad, el fluido se desvía hacia otro circuito de tuberías integrado en el circuito primario, que lo enfría mediante ventilación forzada, expulsando el calor excedente al exterior.

Se pondrá un disipador dinámico diseñado para una superficie colectores de 67.5 m².

Según la siguiente *tabla 4* se elegirá el disipador de calor dinámico SO 13 027:

Código	Artículo	m ² colector	Potencia disp. (kW)
DISIPADORES DE CALOR DINÁMICOS CHAPA			
SO 13 021	BD 08	10	8
SO 13 022	BD 16	20	16
SO 13 023	BD 24	30	24
SO 13 024	BD 32	40	32
SO 13 025	BD 40	50	40
SO 13 026	BD 48	60	48
SO 13 027	BD 56	70	56
SO 13 028	BD 64	80	64

Tabla 4: Tabla de potencias de distintos disipadores dinámicos de calor.

Así pues, se ha elegido un disipador de calor dinámico de chapa Escosol BD 56.



Figura13: Escosol BD 56.

El esquema de instalación de disipación de calor en el primario será según *figura 13*.

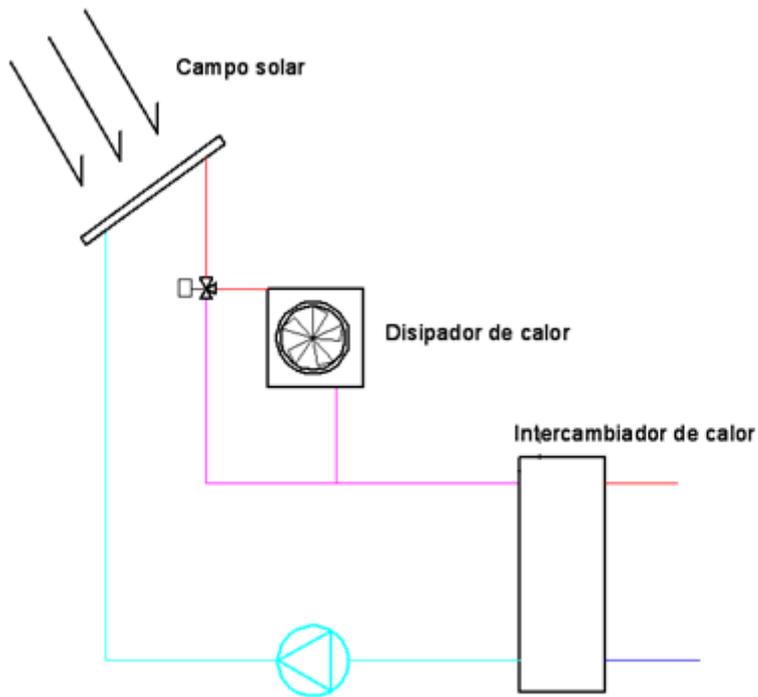


Figura 14: Esquema de disipación de calor en el campo de captadores.

Cuando la centralita detecte que existe una temperatura demasiado elevada, activará la bomba circulatoria y derivará el agua caliente que sale del campo solar al disipador de calor mediante una válvula de tres vías.

1.3.8 Contribución solar mínima.

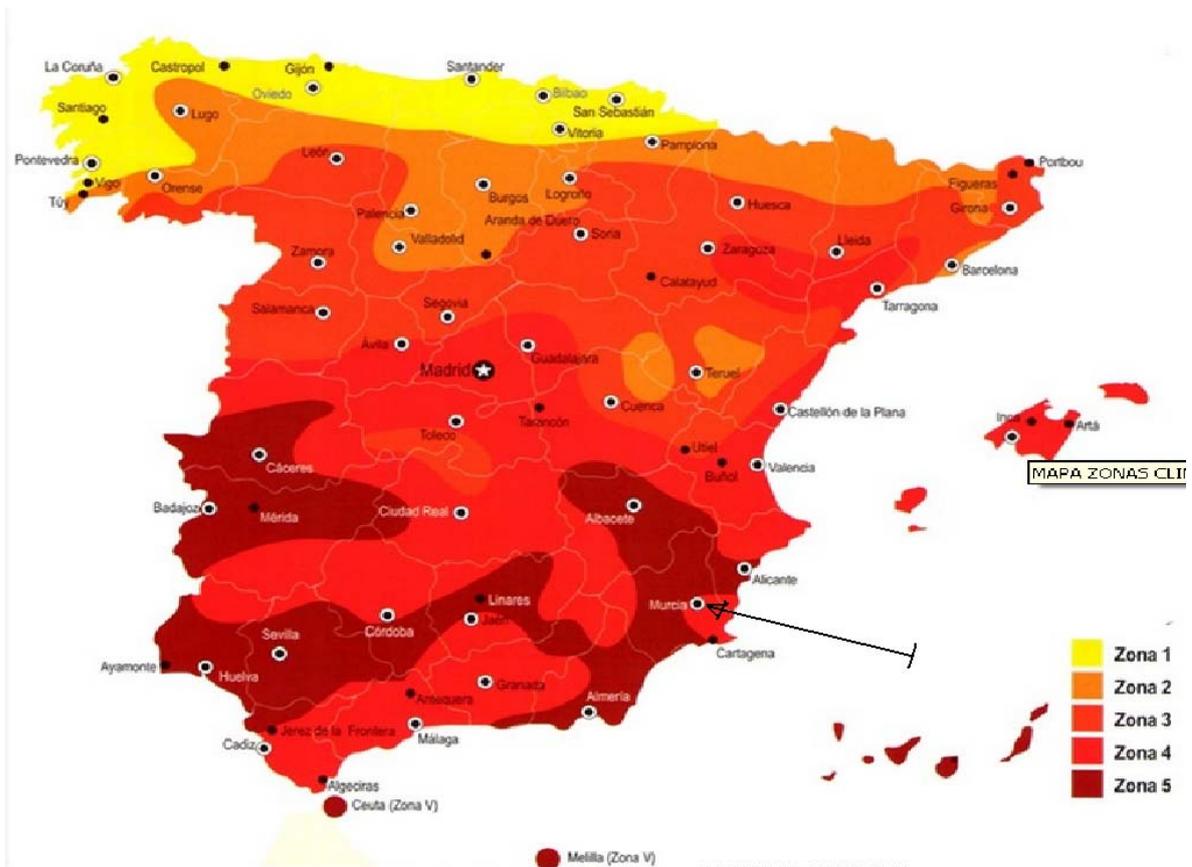
El objetivo de la instalación solar es satisfacer la mayor demanda energética posible. En verano se podría llegar a cubrir el 100% del consumo de ACS en el edificio debido a la irradiación de que se dispone, pero en invierno existirá un déficit energético importante, el cual tendremos que cubrir con un sistema de apoyo. Según el CTE-HE 4, la contribución solar mínima que tendrá que cubrir la instalación dependerá de la fuente energética de apoyo, del consumo de ACS y de la zona climática de la localidad.

En nuestro caso tenemos los siguientes valores:

- Energía de apoyo: Gas natural
- Zona climática de Murcia: IV
- Demanda de ACS del edificio: 6018 litros/día

En la *gráfica 4* podemos ver la distribución de las zonas climáticas en

España con arreglo al CTE HE-4.



Gráfica 4: Distintas zonas climáticas en España.

Con la siguiente tabla 2.1 del CTE HE-4 vemos la contribución solar mínima en función de la zona climática y la demanda de A.C.S a 60°C.

Tabla 2.1. Contribución solar mínima en %. Caso general

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50-5.000	30	30	50	60	70
5.000-6.000	30	30	55	65	70
6.000-7.000	30	35	61	70	70
7.000-8.000	30	45	63	70	70
8.000-9.000	30	52	65	70	70
9.000-10.000	30	55	70	70	70
10.000-12.500	30	65	70	70	70
12.500-15.000	30	70	70	70	70
15.000-17.500	35	70	70	70	70
17.500-20.000	45	70	70	70	70
> 20.000	52	70	70	70	70

La instalación tendrá que cubrir como mínimo el 60% de la demanda de A.C.S.

1.3.9 Aportación solar anual.

La aportación de energía solar se calcula mediante el método f-chart en una hoja Excel llamada Escosol sf1 facilitada por la empresa Salvador Escoda, en la que será necesario introducir los datos de la instalación solar para obtener la aportación solar.

Los datos obtenidos en el programa aparecen en la *tabla 5*:

Mes	KWh/mes
Enero	4.648
Febrero	5.829
Marzo	6.436
Abril	6.683
Mayo	7.422
Junio	7.403
Julio	8.609
Agosto	8.272
Septiembre	7.408
Octubre	6.521
Noviembre	4.673
Diciembre	3.927

Tabla 5: Energía térmica captada en el campo solar.

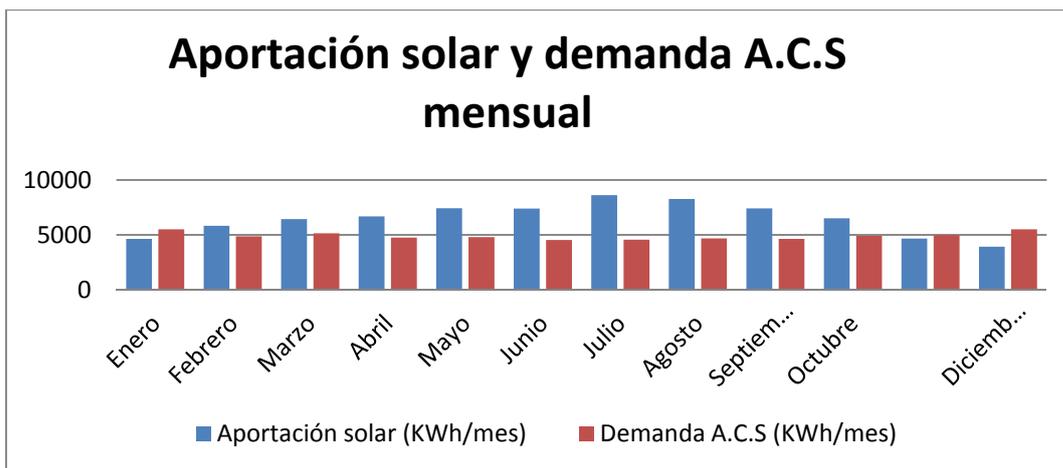
Según la tabla 6 se puede demostrar que la instalación supera la aportación solar mínima exigida en CTE-HE 4.

	Demanda A.C.S. (KWh/mes)	Aportación solar (KWh/mes)	Aprovechada	Aportación solar (%)
Enero	5509	4648	4648	84,37
Febrero	4870	5829	5829	100,00
Marzo	5157	6436	5157	100,00
Abril	4764	6683	4764	100,00
Mayo	4805	7422	4805	100,00
Junio	4537	7403	4537	100,00
Julio	4571	8609	4571	100,00
Agosto	4688	8272	4688	100,00
Septiembre	4650	7408	4650	100,00
Octubre	4922	6521	4922	100,00
Noviembre	4991	4673	4673	93,63
Diciembre	5509	3927	3927	71,28
Total	58973	KWh	57171	KWh

Aportación media (%) 97 %

Tabla 6: Aportación solar al consumo de A.C.S.

Por lo que cumple con la normativa que exigía como mínimo un 60% de la demanda de A.C.S.



Gráfica 5: Aportación solar al consumo de A.C.S.

La aportación solar de calefacción y A.C.S se demostrará según la tabla 7:

	Demanda A.C.S. y calefacción (KWh/mes)	Aportación solar (KWh/mes)	Aprovechamiento	Aportación solar (%)
Enero	30.830	4648	4.648	15
Febrero	24.736	5829	5.829	24
Marzo	22.855	6436	6.436	28
Abril	15.457	6683	6.683	43
Mayo	7.816	7422	7.422	95
Junio	4.941	7403	4.941	100
Julio	4.571	8609	4.571	100
Agosto	4.688	8272	4.688	100
Septiembre	4.695	7408	4.695	100
Octubre	6.415	6521	6.415	100
Noviembre	17.265	4673	4.673	27
Diciembre	28.809	3927	3.927	14

Total	173078	KWh	64928	KWh
-------	--------	-----	-------	-----

Aportación media (%) 38 %

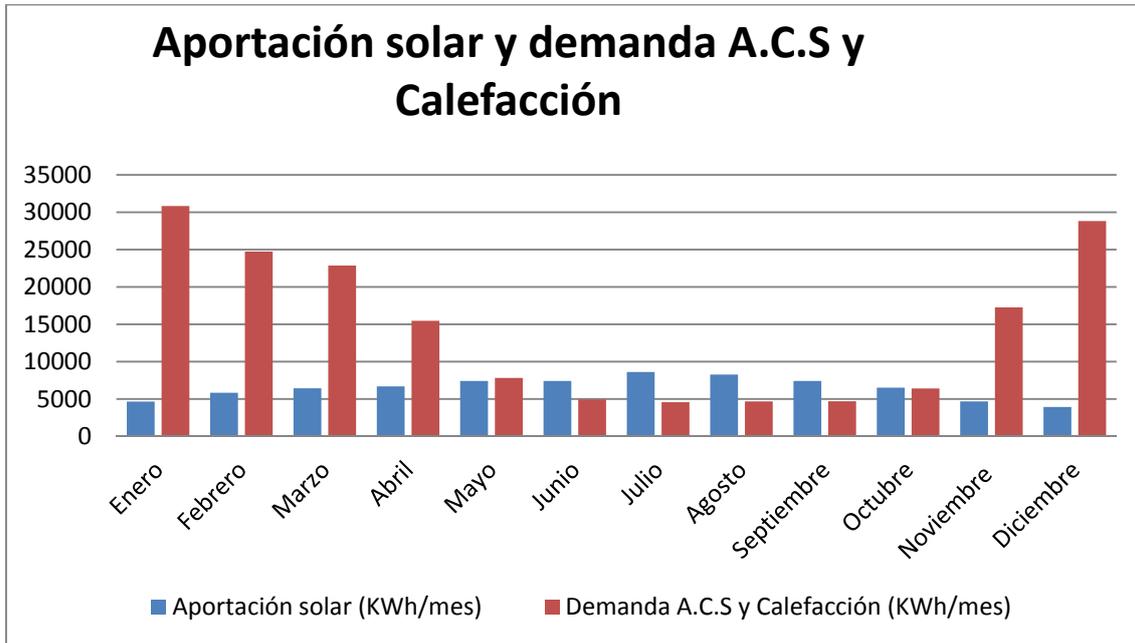
Tabla 7: Aportación solar de A.C.S y calefacción.

La aportación solar de toda la demanda de calor del edificio será del 38%.

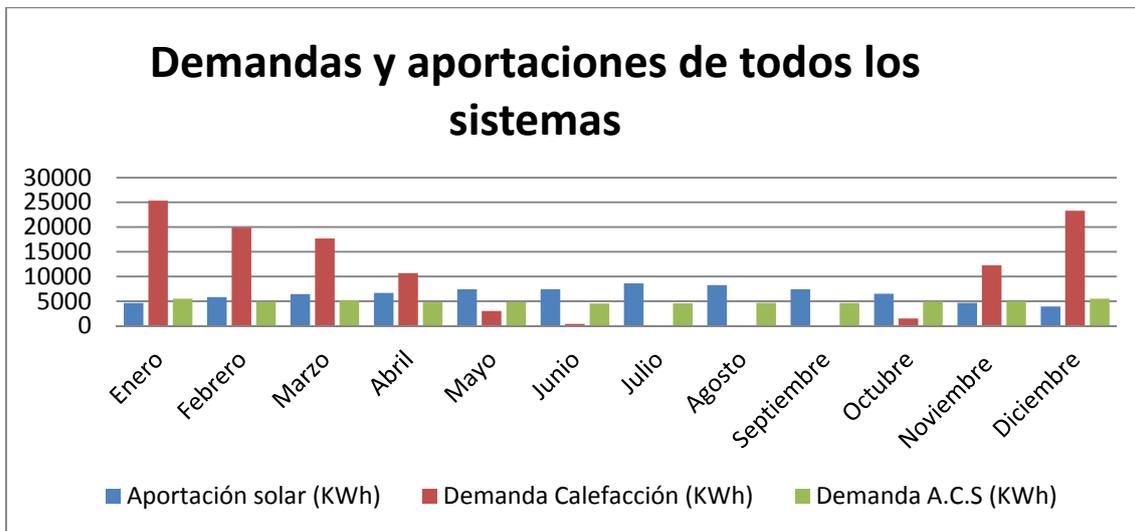
Como se puede observar, la aportación solar supera en más de un 10% la demanda térmica en los 4 meses más cálidos del año.

Dado que no cumple con lo exigido en el CTE-HE4, será necesario implantar un sistema de disipación de calor.

Las *gráficas 6 y 7* nos darán una idea entre la relación de de energía aportada por la instalación solar y la demandada por el hotel.



Gráfica 6: Aportación solar de A.C.S y calefacción.



Gráfica 7: Aportación solar y demandas energéticas de A.C.S y calefacción.

1.4 CIRCUITO HIDRÁULICO PRIMARIO.

Este circuito se encarga de hacer circular el agua que se ha calentado en los colectores para luego enviar el calor obtenido a un intercambiador de calor donde el agua que procede de los

acumuladores absorben el calor del fluido primario sin necesidad de mezclar los fluidos de ambos circuitos. Está compuesto por los colectores solares la bomba de recirculación las conducciones de cobre y el intercambiador de calor.

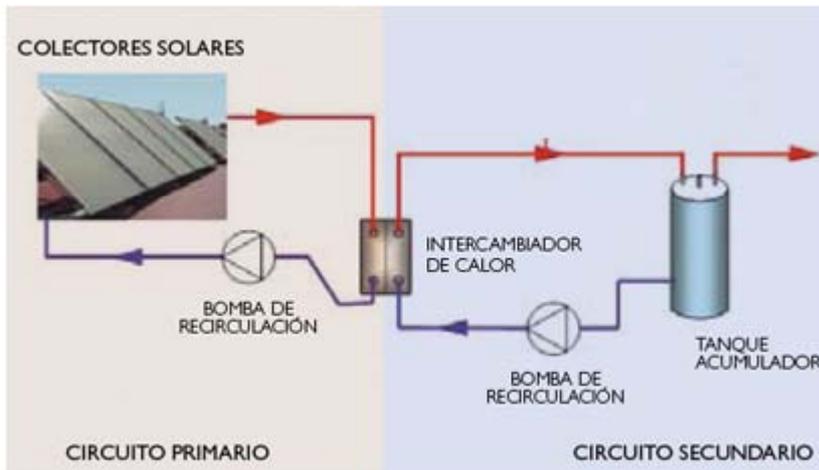


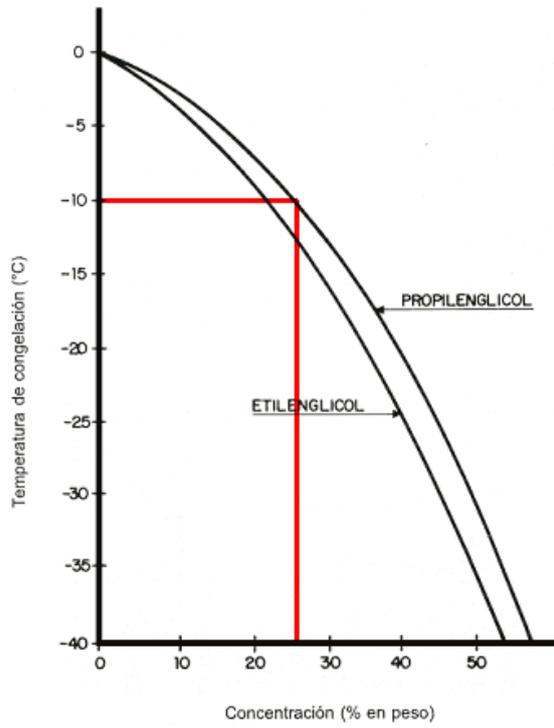
Figura 15: Esquema simplificado de circuito primario y secundario.

1.4.1 Fluido caloportador.

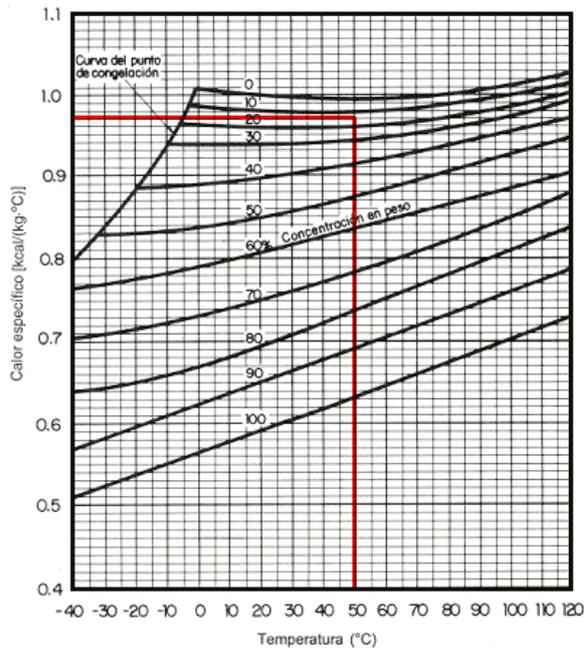
Para evitar congeladas el agua del circuito primario irá mezclada con anticongelante.

Como anticongelante se ha elegido propilenglicol por ser la alternativa menos tóxica, pudiéndose considerar no tóxico.

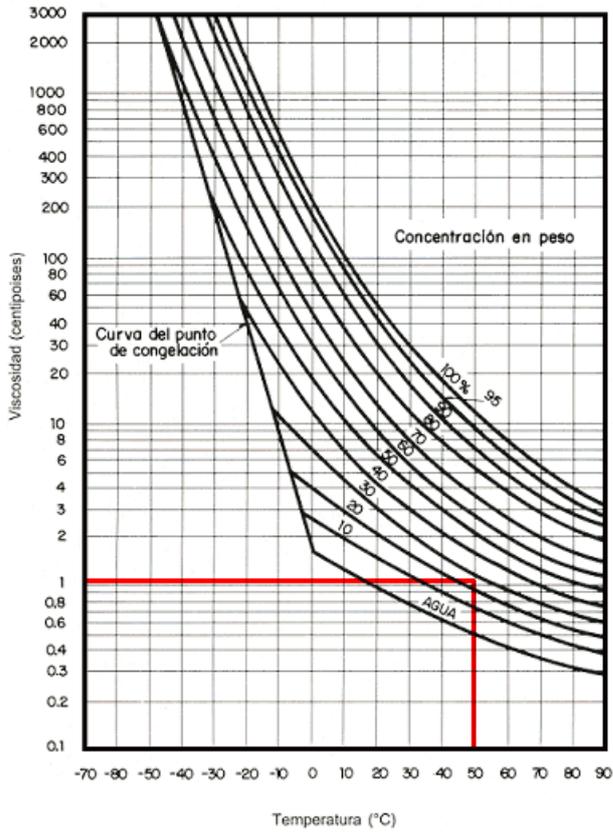
La temperatura mínima registrada en Murcia ha sido de 5 grados bajo cero pero para los cálculos se usará una temperatura 5 grados inferior, con lo cual será de 10 grados bajo cero.



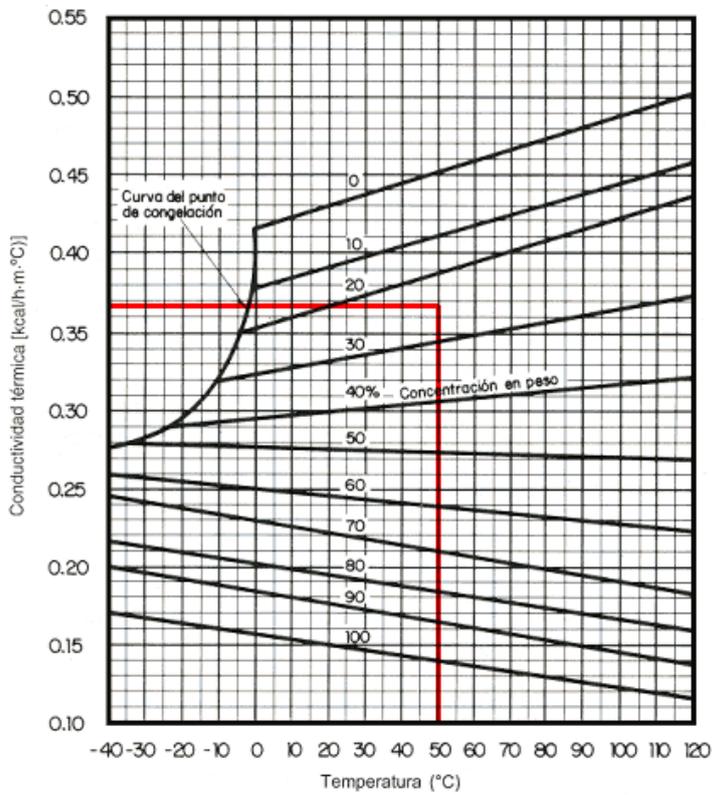
La proporción en masa es de 25% propilenglicol y 75% agua.



Calor específico de 0.97 kcal/kg.K



Viscosidad 1.05 centipoises



Conductividad térmica 0.37 kcal/kg.m.K

Caudal total= 3000 litros

1.4.2 Cálculo del circuito hidráulico primario.

El circuito se llevará a cabo a base de conducciones de cobre de distintos diámetros según los caudales. Además estas conducciones irán aisladas según el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE), con espuma elastomérica.

Cálculo secciones y pérdidas de carga.

Para el cálculo de pérdidas de carga se usarán las formula de Darcy-Weisbach:

$$h = (f / D) x (v^2 / 2g)$$

Donde:

h: pérdida de carga o de energía (m)

f: coeficiente de fricción (adimensional):

-Hay distintas maneras de de calcular este factor, en este caso se calculará mediante la fórmula de Colebrook-White por su exactitud.

$$1 / \sqrt{f} = -2 \log [(\varepsilon / 3,71 D) + (2,51 / Re\sqrt{f})]$$

Por la complejidad de la formula y la necesidad de uso de iteraciones se usará una hoja de cálculo programada en MS Excel.

Donde:

ε: Rugosidad absoluta de materiales(cobre=0.0015m)

Re: Número de Reynolds:

$$Re = D * v * \rho / \mu$$

Donde:

ρ: densidad del agua (kg/m³)

μ: viscosidad del agua (N.s/m²)

D: diámetro interno de la tubería (m)

v: velocidad media (m/s):

$$v = \pi \left(\frac{D}{2} \right)^2$$

g: aceleración de la gravedad (m/s^2)

Por otra parte se pretende que la velocidad del fluido por las tuberías no supere la velocidad de 1.5 m/s, que las pérdidas por metro lineal por tubería no sean superiores a 40mm.c.a por metro de tubería.

Singularidades	Long eq
Codos de 45°	0,7
Codos de 90° radio pequeño	1,5
Codos de 90° radio grande	0,8
Contador a turbina	5
Contracciones bruscas de 4:1	0,9
Contracciones bruscas de 2:1	0,7
Contracciones bruscas de 4:3	0,5
Curva de 90°	0,4
Ensanchamiento brusco de 1:4	1,6
Ensanchamiento brusco de 1:2	1,1
Ensanchamiento brusco de 3:4	0,5
Entrada a depósito	1,5
Derivación en T	2,2
Reducción cónica suave	0,5
Válvula de compuerta abierta	1
Válvula de bola abierta	1
Válvula de mariposa abierta	1
Válvula de asiento abierta	5
Válvula de retención de clapeta oscilante	10
Válvula de retención de muelle y obús o bola	50
Uniones lisas	0,1
Uniones diversas	0,8

Tabla 6. Longitudes equivalentes de los diferentes tipos de singularidades. Fuente :CENSOLAR.

El circuito estará dividido en 5 tramos según figura 16:

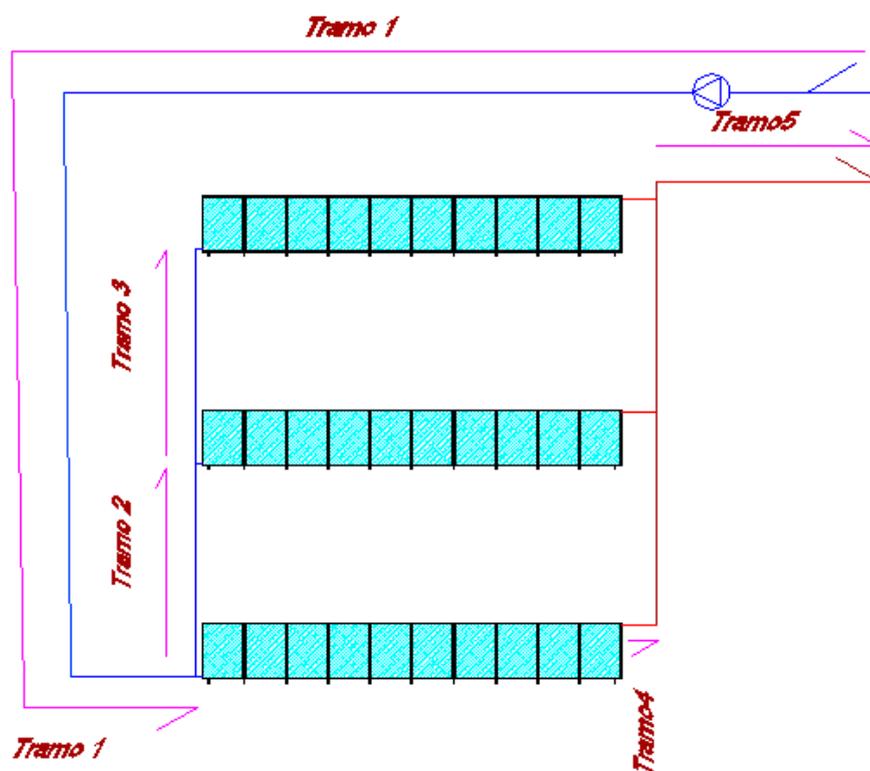


Figura 16: Esquema hidráulico del circuito primario.

Se necesita que pase un caudal de 50 litros/hora por cada captador. De acuerdo con esto y el esquema anterior, calculamos los caudales que pasaran por cada tramo:

Tramo 1 → 30 captadores x 50 litros/hora.captador= 1500 litros/hora.

Tramo 2 → 20 captadores x 50 litros/hora.captador= 1000 litros/hora.

Tramo 3 → 10 captadores x 50 litros/hora.captador= 500 litros/hora.

Tramo 4 → 10 captadores x 50 litros/hora.captador= 500 litros/hora.

Tramo 5 → 30 captadores x 50 litros/hora.captador= 1500 litros/hora.

Tramo 1

Caudal= 1500 l/h.

Longitud= 29 metros.

Singularidades

<u>Singularidad.</u>	<u>Longitud equivalente unitaria (metros/unidad).</u>	<u>Número de singularidades.</u>	<u>Longitud equivalente (metros).</u>	<u>Longitud equivalente total (metros).</u>
Válvula antirretorno.	10	1	10	
Válvula	1	2	2	
Desviación en T	2.2	4	8.8	
Codos 90° cerrado.	1.5	4	6	
Codo 90° abierto.	0.8	4	3.2	30

Longitud equivalente tramo= 29 metros + 30 metros = 59 metros

Diámetro interior tubería= 33 mm → Velocidad del fluido = 0.48 m/s .

Diámetro exterior tubería= 35mm

Volumen fluido caloportador= 24.8 litros

Velocidad del fluido= 0.48 m/s

MEMORIA

Perdidas de carga/metro= 10 mm.c.a.

Perdidas de carga totales= (Perdidas de carga/metro) x (Longitud equivalente)=

=(10 mm.c.a/m) x (59 m) = 590 mm.c.a.

Tramo 2

Caudal= 1000 l/h.

Longitud=6 metros.

Singularidades

<u>Singularidad.</u>	<u>Longitud equivalente unitaria (metros/unidad).</u>	<u>Número de singularidades.</u>	<u>Longitud equivalente (metros).</u>	<u>Longitud equivalente total (metros).</u>
Contracción brusca 4:3	0.5	1	0.5	
Desviación en T	2.2	1	2.2	2.7

Longitud equivalente tramo= 6 metros + 2.7 metros = 8.7 metros

Diámetro interior tubería=26 mm → Velocidad del fluido=0.52 m/s

Diámetro exterior tubería=28mm

Volumen fluido caloportador=3.1 litros

Perdidas de carga/metro= 17 mm.c.a.

Perdidas de carga totales= (Perdidas de carga/metro) x (Longitud equivalente)=

=(17 mm.c.a/m) x (8.7 m) = 148 mm.c.a.

Tramo 3

Caudal= 500 l/h.

Longitud=6 metros.

Singularidades

MEMORIA

<u>Singularidad.</u>	<u>Longitud equivalente unitaria (metros/unidad).</u>	<u>Número de singularidades.</u>	<u>Longitud equivalente (metros).</u>	<u>Longitud equivalente total (metros).</u>
Contracción brusca 4:3	0.5	1	0.5	
Desviación en T	2.2	1	2.2	
Válvula	1	1	1	
Codo 90° abierto	0.8	1	0.8	4.5

Longitud equivalente tramo= 6 metros + 4.5 metros = 10.5 metros

Diámetro interior tubería=20 mm → Velocidad del fluido=0.44 m/s

Diámetro exterior tubería=22mm

Volumen fluido caloportador= 1.9litros

Velocidad del fluido=0.44 m/s

Perdidas de carga/metro= 18 mm.c.a.

Perdidas de carga totales= (Perdidas de carga/metro) x (Longitud equivalente)=

=(18 mm.c.a/m) x (10.5 m) = 189 mm.c.a.

Tramo 4

Caudal= 500 l/h.

Longitud=0.2 metros.

Singularidades

<u>Singularidad.</u>	<u>Longitud equivalente unitaria (metros/unidad).</u>	<u>Número de singularidades.</u>	<u>Longitud equivalente (metros).</u>	<u>Longitud equivalente total (metros).</u>
Válvula	1	1	1	
Desviación en T.	2.2	1	2.2	3.2

Longitud equivalente tramo= 0.2 metros + 3.2 metros = 3.4 metros

Diámetro interior tubería=20 mm → Velocidad del fluido=0.45 m/s

Diámetro exterior tubería=22mm

Volumen fluido caloportador=0.07 litros

MEMORIA

Perdidas de carga/metro= 17 mm.c.a.

Perdidas de carga totales= (Perdidas de carga/metro) x (Longitud equivalente)=

=(17 mm.c.a/m) x (3.4 m) = 58 mm.c.a.

Tramo 5

Caudal= 1500 l/h.

Longitud=4 metros.

Singularidades

<u>Singularidad.</u>	<u>Longitud equivalente unitaria (metros/unidad).</u>	<u>Número de singularidades.</u>	<u>Longitud equivalente (metros).</u>	<u>Longitud equivalente total(metros).</u>
Válvula	1	1	1	
Desviación en T	2.2	1	2.2	
Codos 90° cerrado.	1.5	3	4.5	
Codo 90° abierto.	0.8	1	0.8	8.5

Longitud equivalente tramo= 4 metros + 8.5 metros = 12.5 metros.

Diámetro interior tubería=33 mm → Velocidad del fluido = 0.48 m/s

Diámetro exterior tubería=35mm

Volumen fluido caloportador=3.4 litros

Perdidas de carga/metro= 10 mm.c.a.

Perdidas de carga totales= (Perdidas de carga/metro) x (Longitud equivalente)=

=(10 mm.c.a/m) x (12.5 m) = 125 mm.c.a.

Total tramos

Pérdidas totales todos los tramos= 590+235+189+58+125=1197 mm.c.a.

1.4.3 Batería de captadores.

El campo de captadores está compuesto por 3 baterías de 10 captadores Junkers Fkc vertical, cada una.

Las baterías están conectadas en paralelo y los captadores de cada batería también están conectados en paralelo.

Según la *tabla 8* facilitada por Junkers sobre las pérdidas de carga para sus captadores a un caudal de 50l/h por captador podemos calcular las pérdidas de carga de una batería de captadores.

Sistema de captación – Conexión de captadores pérdida de presión

Números de colectores	Caída de presión de una fila compuesta de n colectores								
	FKB/FKC Vertical			FKC Horizontal			FKT-1 Vertical y Horizontal		
	con una velocidad por colector (nom. de 50 l / h)								
n	50 l/h mbar	100 l/h mbar	150 l/h mbar	50 l/h mbar	100 l/h mbar	150 l/h mbar	50 l/h mbar	100 l/h mbar	150 l/h mbar
1	1,1	4,7	10,2	0,4	1,7	4,3	30	71	131
2	1,5	6,5	13,2	1,9	6,9	14,4	31	73	133
3	2,1	13,5	26,3	5,6	18,1	35,1	32	82	153
4	6,5	22,1	–	9,3	29,7	–	39	96	–
5	11,1	34,5	–	14,8	46,8	–	44	115	–
6	15,2	–	–	21,3	–	–	49	–	–
7	21	–	–	28,9	–	–	61	–	–
8	28	–	–	37,6	–	–	73	–	–
9	35,9	–	–	47,5	–	–	87	–	–
10	45	–	–	59	–	–	101	–	–

Tabla 8: Pérdidas de carga en baterías de captadores.

Así tenemos unas pérdidas de carga de 45mbar.

→ 1mbar = 10.2 mm.c.a → 45 mbar = 459 mm.c.a

Pérdidas de carga batería de captadores = 459 mm.c.a.

1.4.4 Intercambiador de calor.

Es el elemento de relación entre los circuitos primario y secundario en el circuito solar.

Su acción es la de transferir la energía calorífica del primario (circuito de captación) al secundario.

Su utilización presenta algunos inconvenientes:

1- Su uso supone una bajada del rendimiento del sistema. Dado que es un elemento de transferencia calorífica exige una cierta diferencia de temperaturas entre los dos circuitos, lo que obliga a los colectores a trabajar a una temperatura superior al secundario.

2-Provoca una complicación del sistema de producción de agua caliente al incluir un elemento más en el equipo productor lo que por otro lado aumenta el coste de la instalación.

Pese a los inconvenientes descritos su uso resulta obligado en la instalación, ya que mediante el sistema indirecto se puede proteger la instalación ante eventuales heladas al permitir usar anticongelante en el circuito de captación, el cual se haya inevitablemente expuesto a las inclemencias climatológicas concurrentes del momento, y éstas arrojan temperaturas bajo cero durante parte del año.

El intercambiador debe presentar una alta resistencia a la corrosión como principal característica, siendo menos importante el tener una alta conductividad térmica, ya que esto es solucionable sencillamente con aumentar el tamaño del intercambiador.

Por esto el intercambiador a seleccionar será de acero inoxidable.

El intercambiador se colocará en la sala de maquinas junto con los otros elementos de la instalación.

El intercambiador escogido debe cumplir con la condición del CTE, en el apartado 3.3.4 en el caso del circuito solar:

$$P \geq 500 \times A$$

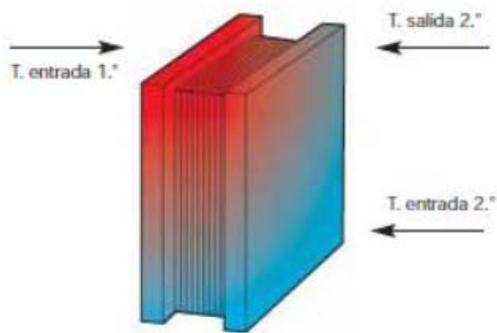
Donde:

\underline{P} = Potencia mínima del intercambiador (W)

\underline{A} = Área de captadores (m²)

Así pues, se usará un intercambiador de placas. La potencia del intercambiador será de 0.65 kW por m² de superficie colectora, lo que hace un total de 43 kW de potencia.

Las condiciones de trabajo del intercambiador serán estas:



$\underline{T. entrada 1^\circ = 50^\circ C}$

$\underline{T. entrada 2^\circ = 20^\circ C}$

$\underline{Caudal primario (25\% propilenglicol) = 1500 \text{ litros/h} = 50 \text{ l/s}}$

Se calcula mediante el programa informático *Danfoss Hexact* que el intercambiador de placas Danfoss XGC-C009-H-50 con 50 placas y una superficie de intercambio total de 4.42 m² es óptimo para estas condiciones. Además este intercambiador llevará un aislamiento proporcionado por el mismo fabricante.

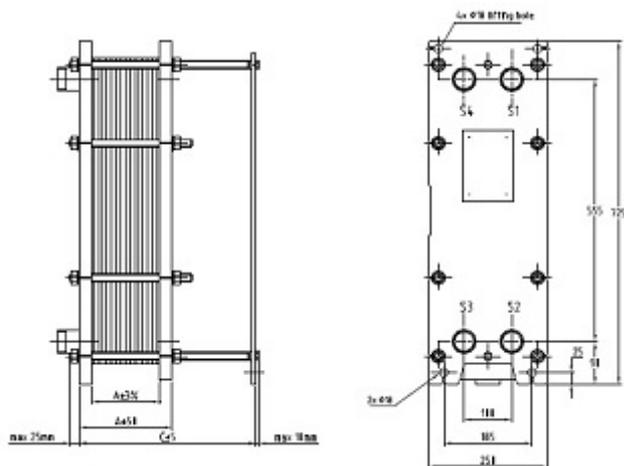


Figura 17: Plano intercambiador Danfoss XGC-C009-H-50.

Los datos más relevantes de este intercambiador en estas condiciones de funcionamiento son:

Capacidad (KW)	64.4	
	Primario	Secundario
Caudal(L/min)	24.98	24.99
Temperatura de entrada(C)	50	20
Temperatura de salida(C)	24	45
Diferencia media logarítmica de temperatura (K)	4.43	
Caída de presión(Kpa)	27.76	20.87

1.4.5 Bomba circuladora.

El circulador deberá compensar las caídas de presión del circuito mediante la presión que imprimirá al fluido que circule por ellas.

Los circuladores escogidos para todos los circuitos de ambas instalaciones son bombas centrífugas ya que presentan las siguientes ventajas:

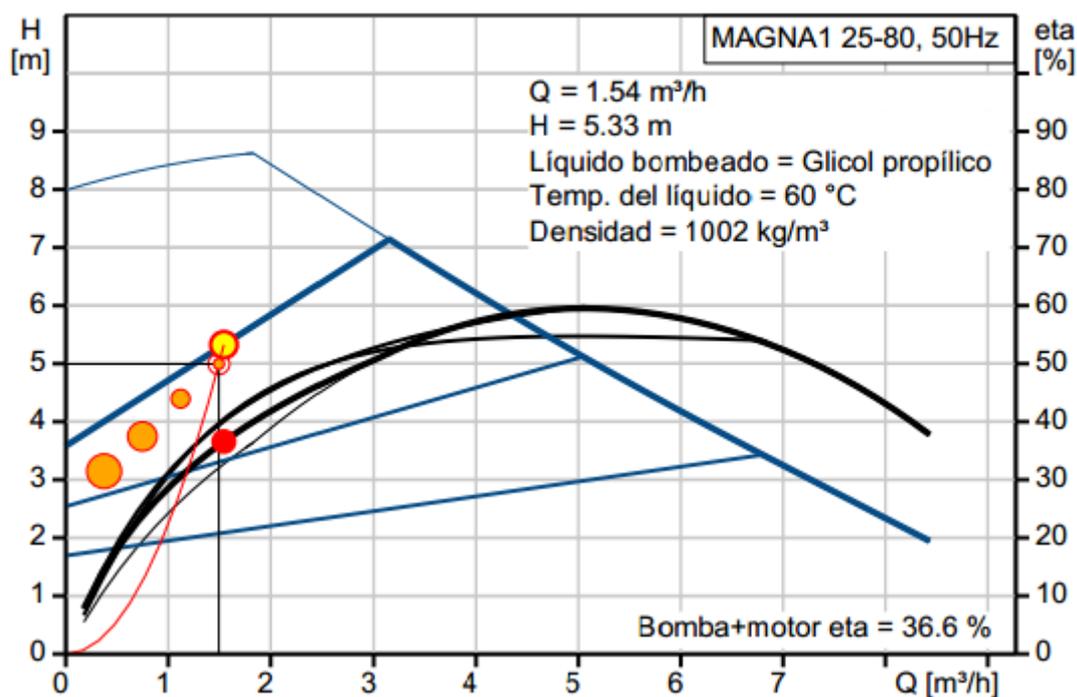
- 1- Ocupan menor espacio.
- 2- Su coste es menor.
- 3- Aunque no son capaces de alcanzar grandes presiones, para las presentes aplicaciones ofrecerán sobrepresiones más que suficientes para compensar las pérdidas de carga.
- 4- Son capaces de atender fácilmente las variaciones de caudal, que es previsible que se produzcan con motivo de la regulación de la instalación.

La instalación de los circuladores debe cumplir con estos requisitos:

- 1-Los circuladores quedarán siempre por debajo del circuito que impulsan.
- 2-Irán montados preferiblemente en las partes frías de los circuitos.
- 3-Tendrán una válvula antirretorno para evitar la cavitación, un efecto que puede causar grandes daños a al circulador.
- 4- Estarán provistos de válvulas de corte a ambos lados para posibilitar las posibles acciones de mantenimiento. Además, contarán con manómetros situados tanto en la aspiración como en la impulsión que permitirán la lectura del diferencial de presiones.
- 5- Los circuladores se instalarán de forma que el rotor quede en posición horizontal.
- 6-Las tuberías conectadas a las bombas tendrán un soporte, de forma que no provoquen esfuerzos de torsión o flexión.

$$\begin{aligned}\Delta p_{\text{circuito primario (agua)}} &= \Delta p_{\text{Tuberías}} + \Delta p_{\text{Captadores}} + \Delta p_{\text{Intercambiador}} \\ &= (1197 + 459 + 2830) \text{mm. c. a} = 4486 \text{mm. c. a.}\end{aligned}$$

Para un caudal de 1500 litros/h y unas pérdidas de carga de 4486 mm.c.a se elige una bomba Grundfos MAGNA 25-80 de acuerdo con la siguiente *gráfica 8*. Se instalarán dos bombas en paralelo para que si una falla la otra tome el relevo. Se podrá elegir la bomba de funcionamiento mediante un interruptor.



Gráfica 8: Curva característica del circulador Grundfos MAGNA 25-80.



Figura 18: Bomba circuladora Grundfos MAGNA 25-80.

1.4.6 Sistema de llenado.

Se incorporará un sistema de llenado automático que permita llenar el circuito y mantenerlo presurizado. Dicho sistema de llenado se llevará a cabo mediante una válvula de llenado, de forma que nunca se utilice directamente un fluido para el circuito primario cuyas características incumplan una concentración de anticongelante más baja.

Nunca podrá rellenarse el circuito primario con agua de red únicamente; ya que, sus características pueden dar lugar a incrustaciones, deposiciones o ataques en el circuito. Además, se producirían riesgos de heladas.

Para disminuir los riesgos de fallos se evitarán los aportes incontrolados de agua de reposición a los circuitos cerrados y la entrada de aire que pueda aumentar los riesgos de corrosión originados por el oxígeno del aire.

1.5. Circuito hidráulico secundario.

Este circuito tiene la única misión de enviar el agua caliente a los acumuladores y el agua fría al intercambiador de calor. Está compuesto por un depósito de inercia, las conducciones, la bomba de recirculación, y el intercambiador de calor que lo conecta térmicamente con el circuito primario.

1.5.1 Fluido caloportador.

Este circuito se encuentra en el interior de la sala de maquinas y está conectado al primer depósito de inercia. Al no estar expuesto a congeladas el circuito usará como fluido caloportador agua.

Viscosidad agua= 1 centipoise

Densidad agua=1 kg/l

Calor específico=1 kcal/kg.K

Conductividad térmica=0.45 kcal/h.m.K

Caudal total= 1500 litros/h

1.5.2 Cálculo del circuito hidráulico primario.

El circuito se llevará a cabo a base de conducciones de cobre de distintos diámetros según los caudales. Además estas conducciones irán aisladas según el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE) con espuma elastomérica.

Cálculo secciones y pérdidas de carga.

Para el cálculo de pérdidas de carga se usarán las formula de Darcy-Weisbach de la misma forma que se han calculado las conducciones del circuito primario.

Está compuesto por 2 tramos según *figura 19*:

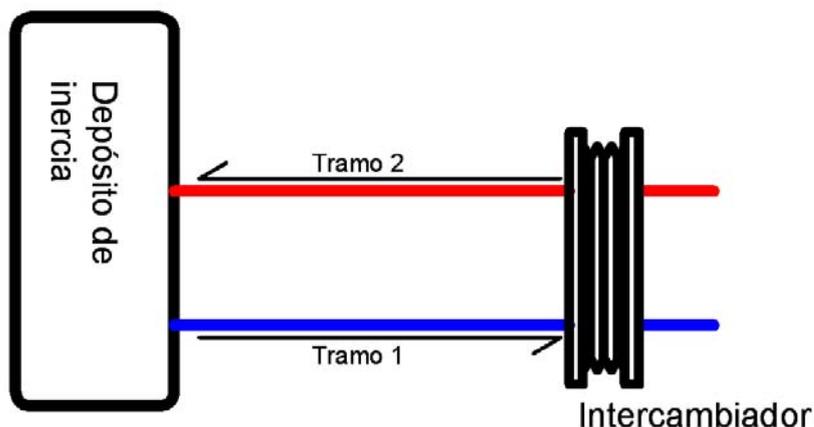


Figura 19: Esquema hidráulico circuito secundario solar.

Tramo 1

Caudal= 1500 l/h.

Longitud=9 metros.

Singularidades

<u>Singularidad.</u>	<u>Longitud equivalente unitaria (metros/unidad).</u>	<u>Número de singularidades.</u>	<u>Longitud equivalente (metros).</u>	<u>Longitud equivalente total (metros).</u>
Válvula antirretorno.	10	1	10	
Válvula	1	4	4	
Desviación en T	2.2	2	4.4	
Codos 90° cerrado.	1.5	5	7.5	25.9

Longitud equivalente tramo= 9 metros + 25.9 metros = 34.9 metros

Diámetro interior tubería=33 mm → Velocidad del fluido=0.48 m/s

Diámetro exterior tubería=35mm

Volumen fluido caloportador=6.73 litros

Velocidad del fluido=0.48 m/s

Perdidas de carga/metro= 10 mm.c.a.

Perdidas de carga totales= (Perdidas de carga/metro) x (Longitud equivalente)=

=(10 mm.c.a/m) x (37.1m) = 349mm.c.a.

Tramo 2

Caudal= 1500 l/h.

Longitud=7.5 metros.

Singularidades

<u>Singularidad.</u>	<u>Longitud equivalente unitaria (metros/unidad).</u>	<u>Número de singularidades.</u>	<u>Longitud equivalente (metros).</u>	<u>Longitud equivalente total (metros).</u>
Válvula	1	2	2	
Codos 90° cerrado.	1.5	5	7.5	9.5

Longitud equivalente tramo= 7.5 metros + 9.5 metros = 17 metros

Diámetro interior tubería=33 mm → Velocidad del fluido=0.48 m/s

Diámetro exterior tubería=35mm

Volumen fluido caloportador: 5.3 litros

Perdidas de carga/metro= 10 mm.c.a.

Perdidas de carga totales= (Perdidas de carga/metro) x (Longitud equivalente)=

= (10 mm.c.a/m) x (17m) = 170 mm.c.a.

Total tramos

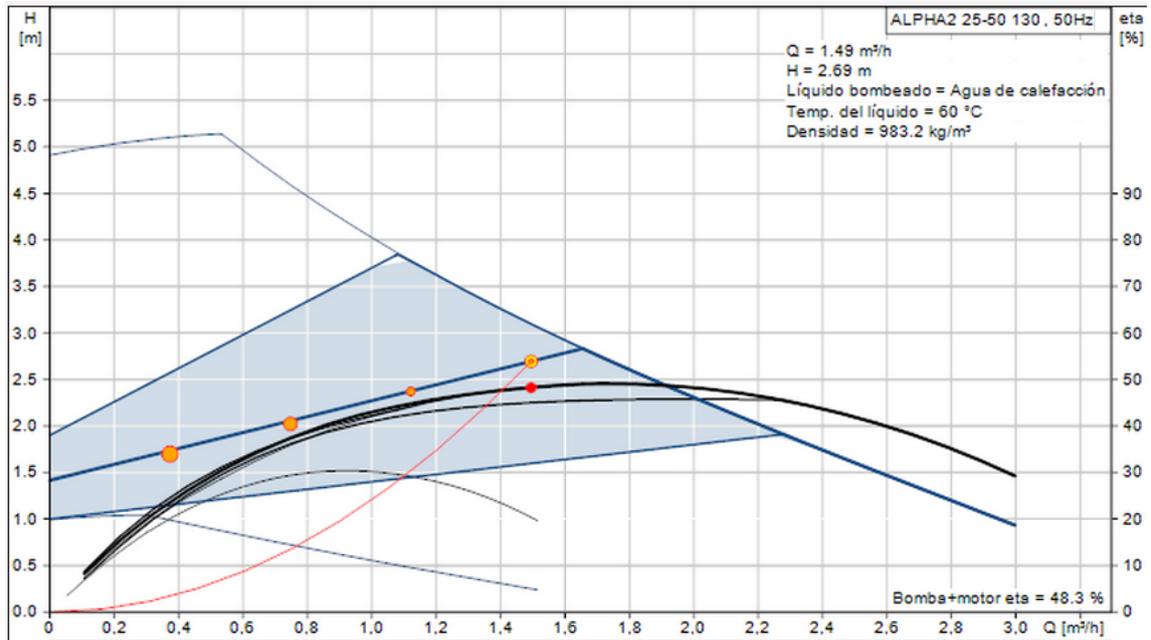
Pérdidas totales todos los tramos= 349 + 170 = 519 mm.c.a.

1.5.3 Bomba circuladora.

El intercambiador de calor produce unas pérdidas de carga en el circuito secundario de 2130 mm.c.a. Así pues, el circulador tendrá que superar las pérdidas de cargas de las tuberías y el intercambiador de calor.

$$\begin{aligned} \Delta p_{\text{circuito primario (agua)}} &= \Delta p_{\text{Tuberías}} + \Delta p_{\text{Intercambiador}} \\ &= (519 + 2130) \text{ mm.c.a.} = 2649 \text{ mm.c.a.} \end{aligned}$$

Para un caudal de 1500 litros/h y unas pérdidas de carga de 2649 mm.c.a se elige una bomba Grundfos UP 15-50 130 de acuerdo con la gráfica 10. Se instalarán dos bombas en paralelo para que si una falla la otra tome el relevo. Se podrá elegir la bomba de funcionamiento mediante un interruptor.



Gráfica 10: Curva característica del circulador Grundfos ALPHA 25-50 130.



Figura 20: Bomba circuladora Grundfos UP 15-50 130.

1.6 DEPÓSITOS DE INERCIA.

Son los elementos de la instalación encargados de almacenar energía calorífica en forma de agua caliente. Una de las grandes ventajas del agua es su capacidad para retener el calor, lo que la hace especialmente interesante para su uso en una instalación de almacenamiento de energía térmica.

Su empleo se debe a que la necesidad de energía no siempre coincide en el tiempo con la obtención de la misma. Por ello es imprescindible disponer de un sistema de almacenamiento que haga frente a la demanda en momentos de poca o nula insolación.

Se instalarán dos depósitos de gran capacidad de inercia térmica, de 2000 litros de marca Lapesa y modelo MV-2000L.

Estos depósitos están diseñados para operar a una temperatura máxima de 100 y una presión máxima de 6 bar.

Tienen un aislamiento térmico de poliuretano inyectado en molde con 80 mm de espesor.

Están fabricados en acero al carbono y diseñados para circuitos cerrados.

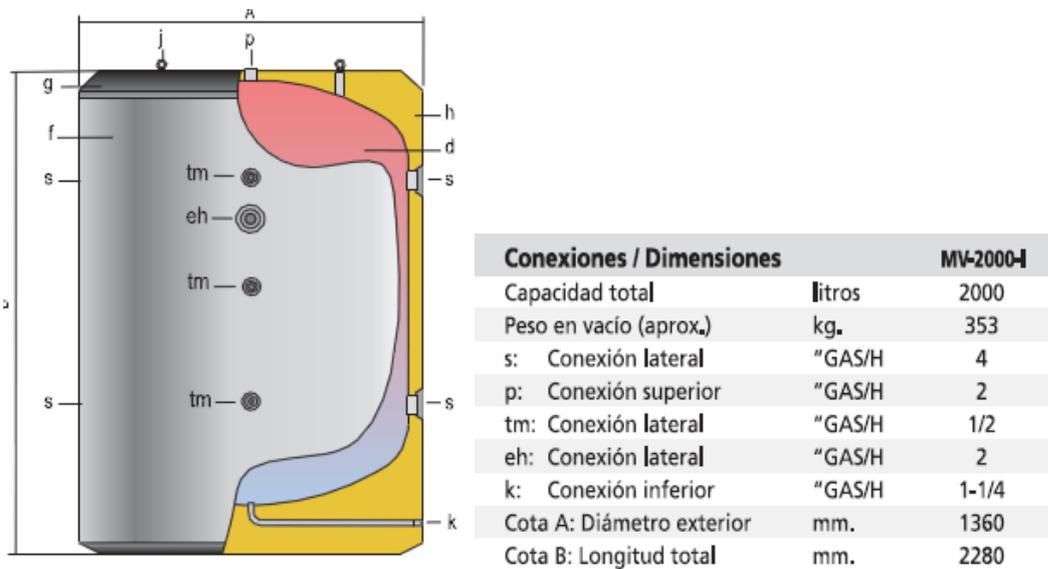


Figura 21: Depósito de inercia MV-2000L y sus dimensiones.

Teniendo en cuenta que estos acumuladores desarrollaran una función en la instalación solar, hay que tener en cuenta que el volumen de acumulación de los dos tiene que ser, de 50 litros a 180 litros de acumulación por metro cuadrado de superficie captadora.

$$50 < V/A < 180$$

Donde:

A: La suma de las áreas de los captadores [m²];

V: El volumen del depósito de acumulación solar [litros].

$$50 < 4000/67.5 < 180$$

$$50 < 59.25 < 180$$

Estos acumuladores, al ser tan altos favorecen la estratificación de las temperaturas del fluido siendo en la parte inferior bajas, y en la parte superior altas. Para mayor aclaración mirar *figura 22*.

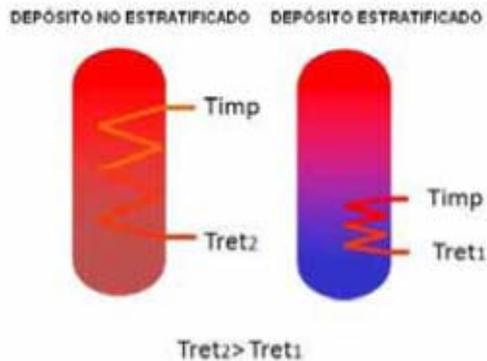


Figura 22: Diferencia entre un depósito estratificado y uno no estratificado.

Los acumuladores estarán colocados en serie según figura 14:

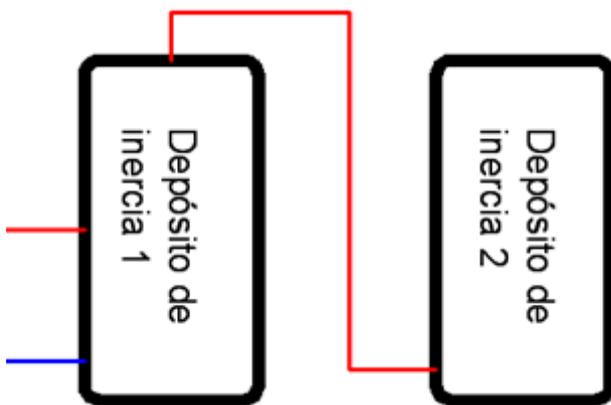


Figura 19: Depósitos de inercia conectados en serie.

De esta manera se favorecerá aun más la estratificación de temperaturas en los dos depósitos, estando el depósito 2 más caliente que el depósito 1.

En condiciones normales estos acumuladores no se podrían instalar en el tejado ya que su peso es demasiado alto. Pero el forjado del suelo de la sala de máquinas y estructura del edificio está diseñado para aguantar cargas de 1.5 toneladas por metro cuadrado. Además la sala de maquinas tiene una puerta corredera al exterior por donde se pueden introducir estos acumuladores. La altura de estos acumuladores no ocasiona tampoco ningún problema ya que el techo esta a 2.6 metros.

En cualquier caso estos acumuladores serán y posteriormente situados en su lugar correspondiente mediante una transpaleta o un método parecido.

Aparte del circuito secundario solar, estos depósitos estarán conectados a dos circuitos más:

- A) Circuito de agua caliente para calentar que va a un intercambiador de calor para generar A.C.S.
- B) Circuito de agua caliente para calentar el retorno de agua del circuito de calefacción con un intercambiador de calor.

Todo esto en acuerdo con *figura 23*.

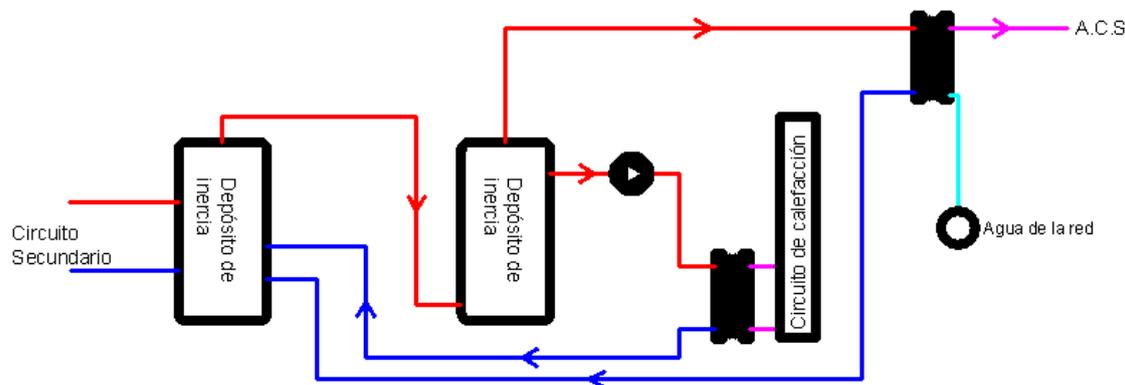


Figura 23: Esquema de circuito de los depósitos de inercia.

1.7 CIRCUITO DE CALEFACCIÓN.

Se aprovechará el antiguo circuito de calefacción diseñado para funcionar a 50°C en las condiciones más desfavorables. Este circuito tiene como emisores de calor unos radiadores de chapas de acero marca Ferroli de distintos modelos de las series pk11 y pkkp22, diseñados para trabajar en Instalaciones de Baja Temperatura, con $\Delta T=30K$.

Además el circuito dispone de su propio sistema de circulación y regulación mediante válvulas de recirculación en cada habitación del hotel. Las válvulas de recirculación se regulan automáticamente mediante termostatos. Adicionalmente los emisores tendrán una válvula de bypass para poder regular individualmente cada habitación.

Un esquema simple sería según *figura 24*:

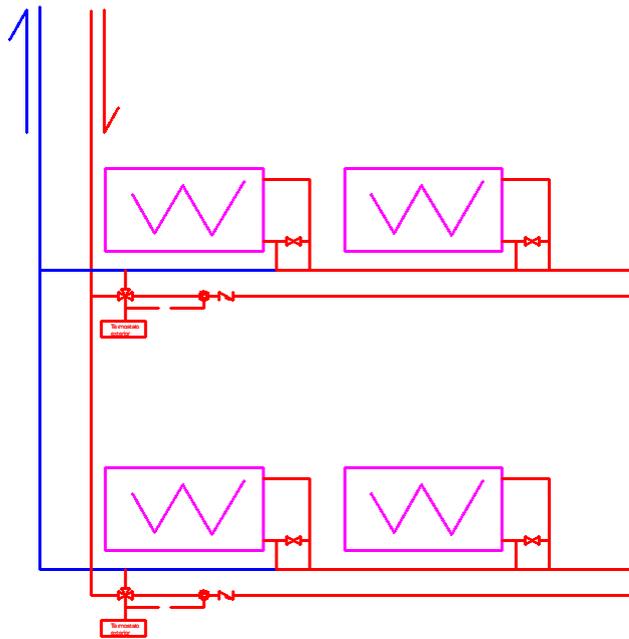


Figura 24: Esquema de funcionamiento de la calefacción.

Así pues, el interés de este proyecto no se enfocará en el circuito de distribución de la calefacción, sino en el sistema auxiliar para calentar los depósitos a la temperatura deseada.

El circuito de calefacción obtendrá la energía térmica mediante dos intercambiadores de calor en serie:

- A) El primer intercambiador de calor se encargará de calentar el retorno de la calefacción a 50°C mediante el fluido de los depósitos de inercia.
- B) El segundo intercambiador se encargara de calentar, en caso de que sea necesario, la salida de agua del primer intercambiador a 50°C . Este intercambiador calienta el fluido de la calefacción mediante el circuito hidráulico de la caldera.

Todo esto queda reflejado en la *figura 25*:

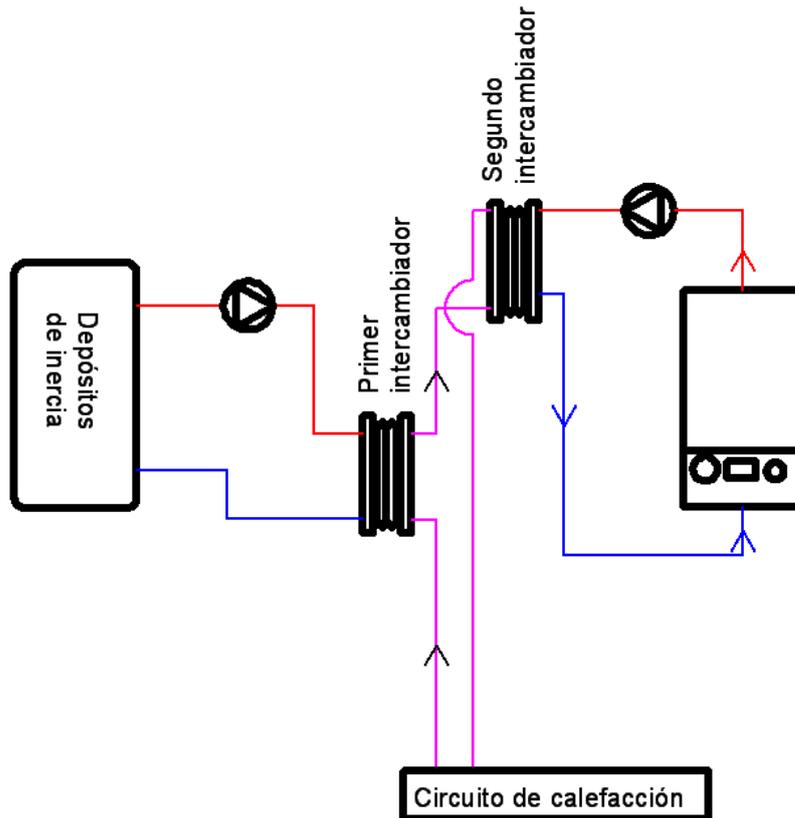


Figura 25: Esquema de los intercambiadores de calor en serie.

1.7.1 Potencia y caudal del Circuito de Calefacción.

Las pérdidas térmicas del edificio son máximas en una noche de febrero, siendo estas pérdidas de 127422W. De acuerdo con esto, la potencia de la calefacción tendrá una potencia igual o mayor a las pérdidas térmicas. Por lo que el circuito de calefacción tendrá una potencia mínima de 128 kW.

Sabiendo que cuando el circuito de calefacción trabaja a máxima carga la temperatura de ida del circuito es de 50°C y la de retorno es de 40°C podemos calcular cual será el caudal máximo que puede necesitar según esta fórmula:

$$C = \frac{Q}{C_p \times \Delta T}$$

Donde:

C_p : Calor específico del fluido caloportador en kJ/litro.K

Q : Potencia térmica calefacción en kW

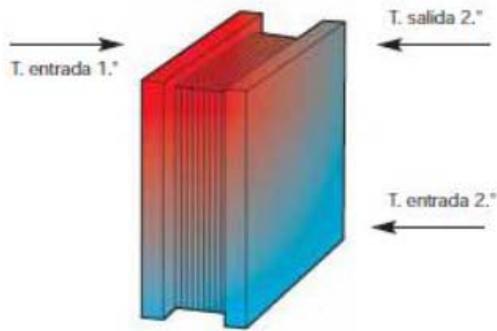
ΔT : Diferencia de temperatura entre ida y retorno de la calefacción.

$$C = \frac{128}{4.184 \times (50 - 40)} = 3.1 \frac{\text{litros}}{\text{segundo}}$$

1.7.2 Intercambiador de calor entre circuito de calefacción y caldera.

Se encargara transferir energía térmica del circuito de la caldera al circuito de calefacción. Este intercambiador tendrá una potencia mínima de 128 kW.

Condiciones de trabajo intercambiador:



T.entrada: 1º= 65°C

T. entrada 1º= 40°C

T.salida 1º=55°C

T.salida 2º=50°C

Potencia = 128 kW

Selección intercambiador:

Se ha seleccionado un kit llamado AquaEasy de la marca Alfa Laval. Este kit consta básicamente de un intercambiador de calor soldado en cobre completo con válvula de control de 3 puertos, bombas y controlador utilizado junto con una planta central de calderas, diseñado para ofrecer suministro directo de Agua caliente sanitaria o para calefacción en cualquier edificio colectivo. Este kit se puede en *figura 26*.



Figura 26: Kit AquaEasy par generación de agua caliente.

Las especificaciones más importantes de este sistema quedan reflejadas en la *tabla 11* son estas:

Brazead reference		EASY3B2520	EASY3B2530	EASY3B3230	EASY3B3240	EASY3B3250	EASY3B3260
Fusion-bonded reference		EASY3F2520	EASY3F2530	EASY3F3230	EASY3F3240	EASY3F3250	EASY3F3260
Primary & Secondary inlet/outlet	- Capacity - DHW flow - HE pressure drop						
	82 - 20°C 10 - 60°C	kW	120	160	200	250	300
l/min		35	46	52	72	87	98
kPa Sec.		27	22	32	29	27	26
80 - 25°C 10 - 60°C	kW	105	150	200	250	290	320
	l/min	28	43	57	72	83	92
	kPa Sec.	20	21	34	32	26	23
80 - 20°C 10 - 55°C	kW	110	150	200	260	310	345
	l/min	38	48	64	83	99	111
	kPa Sec.	28	25	41	41	36	33
75 - 25°C 10 - 60°C	kW	80	130	170	205	245	275
	l/min	23	37	49	58	71	79
	kPa Sec.	16	15	28	21	20	17
70 - 25°C 10 - 60°C	kW	70	100	-	180	220	245
	l/min	17	29	-	52	63	71
	kPa Sec.	10	9	-	16	16	14
70 - 25°C 10 - 55°C	kW	90	125	170	210	245	270
	l/min	28	40	54	67	75	87
	kPa Sec.	19	17	29	26	23	21
60 - 30°C 10 - 55°C	kW	50	80	-	140	160	180
	l/min	16	26	-	45	51	57
	kPa Sec.	8	9	-	12	11	10

Tabla 11.

Dado que las condiciones de trabajo en esta instalación serán distintas a las expuestas en esta tabla será conveniente adaptar estos datos a las condiciones de uso.

Condiciones de uso son:

$$T^{\text{a}}_{\text{entrada primario}} = 65^{\circ}\text{C}$$

$$T^{\text{a}}_{\text{salida primario}} = 47^{\circ}\text{C}$$

$$T^{\text{a}}_{\text{entrada secundario}} = 40^{\circ}\text{C}$$

$$T^{\text{a}}_{\text{salida secundario}} = 50^{\circ}\text{C}$$

Potencia= 140 KW

Diferencia de temperatura media logarítmica (LMTD) tabla:

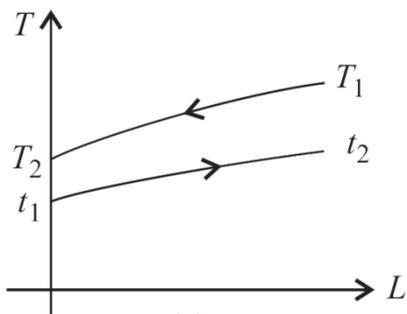


Figura x: Desarrollo de temperaturas a lo largo del interior de los intercambiadores de calor.

$$LMTD(\text{tabla}) = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln\left(\frac{T_1 - t_2}{T_2 - t_1}\right)} = \frac{(60 - 55) - (30 - 10)}{\ln\left(\frac{60 - 55}{30 - 10}\right)} = 10.8^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Potencia de intercambio} = \text{Potencia} / LMTD(\text{tabla}) = 140 \text{KW} / 10.8^{\circ}\text{C} = 12.95 \text{KW}/^{\circ}\text{C}$$

Diferencia de temperatura media logarítmica (LMTD) en instalación:

$$LMTD = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln\left(\frac{T_1 - t_2}{T_2 - t_1}\right)} = \frac{(65 - 50) - (47 - 40)}{\ln\left(\frac{65 - 50}{47 - 40}\right)} = 10.49^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Potencia intercambiador en instalación} = \text{Potencia de intercambio} \times LMTD = 12.95 \text{KW}/^{\circ}\text{C} \times 11.1^{\circ}\text{C} = 135 \text{KW}$$

La estación compacta para la producción agua caliente a 50°C podrá ofrecer una potencia de 135KW de acuerdo con las condiciones de trabajo de la instalación por lo que será apta para esta instalación.

Calculo del caudal en el primario para satisfacer estas condiciones:

$$\text{Caudal} = \frac{\text{Calor calor específico} \left(\frac{\text{KJ}}{\text{l} \cdot ^\circ\text{C}} \right) \times \text{diferencia de temperatura} (^\circ\text{C})}{\text{Potencia} (\text{kW})}$$

$$\text{Caudal} = \frac{4.184 \times (65 - 47)}{135} = 0.557 \frac{\text{l}}{\text{segundo}} = 2 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

Regulación sistema compacto de generación de A.C.S instantánea.

El sistema compacto de generación de A.C.S instantánea incorpora su propia regulación mediante un termostato de respuesta rápida y una válvula de tres vías. El termostato está calibrado para ofrecer una temperatura de agua caliente sanitaria de 50°C grados. El sistema de funcionamiento viene reflejado según *figura 27*.

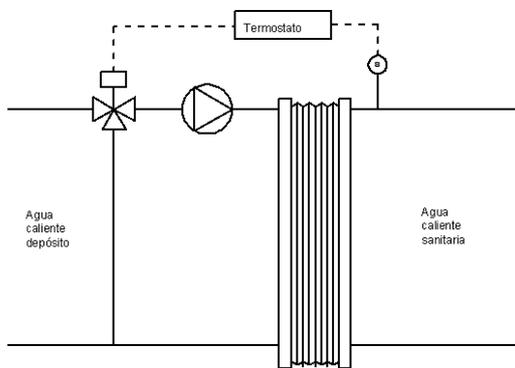


Figura 27: Esquema de regulación de temperatura de salida del circuito secundario.

1.8. CIRCUITO HIDRÁULICO DE DEPÓSITOS DE INERCIA.

Este circuito hidráulico se encargará de transferir energía térmica del depósito de inercia al circuito de calefacción y A.C.S. Para eso, el fluido del depósito más caliente será bombeado a un intercambiador de calor que calentará el fluido de calefacción o A.C.S. Los retornos de los intercambiadores de calor irán al depósito de inercia más frío de acuerdo con la *figura 28*:

MEMORIA

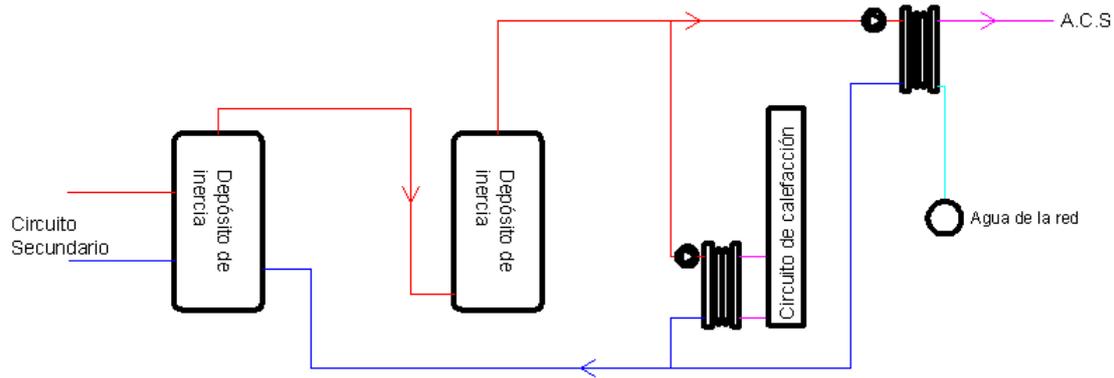


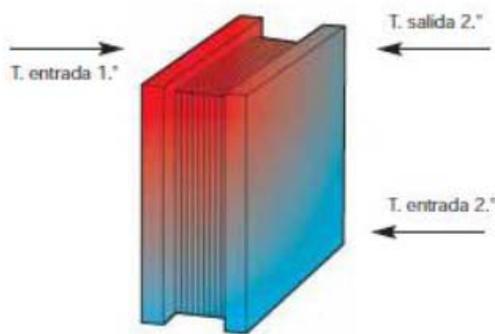
Figura 28: Esquema de circuito de los depósitos de inercia.

1.8.1 Intercambiador de calor Calefacción.

Este intercambiador se diseñara para trabajar en ciertas condiciones de trabajo. El intercambiador de calor no necesariamente tiene que cubrir toda la potencia de la calefacción ya que la instalación solar es incapaz de cubrir la total demanda de esta. Por lo tanto el intercambiador de calor se dimensionará con una potencia equivalente a la potencia del campo de captadores.

$$\text{Potencia intercambiador} = \text{Potencia campo de captadores}(1kW \times m^2) = 67.5kW$$

Condiciones de trabajo intercambiador:



T.entrada: 1º= 65°C

T.salida 1º=45°C

T. entrada 2º= 40°C

Caudal 2º= Caudal máximo del circuito de calefacción = 3.1litros/segundo.

Potencia = 67.5 kW

Selección intercambiador:

Se calcula mediante el programa informático *Danfoss Hexact* que el intercambiador de placas Danfoss XGC-C009-L-20 con 20 placas y una superficie de intercambio total de 1.66 m^2 es óptimo para estas condiciones. Además este intercambiador llevará un aislamiento proporcionado por el mismo fabricante.

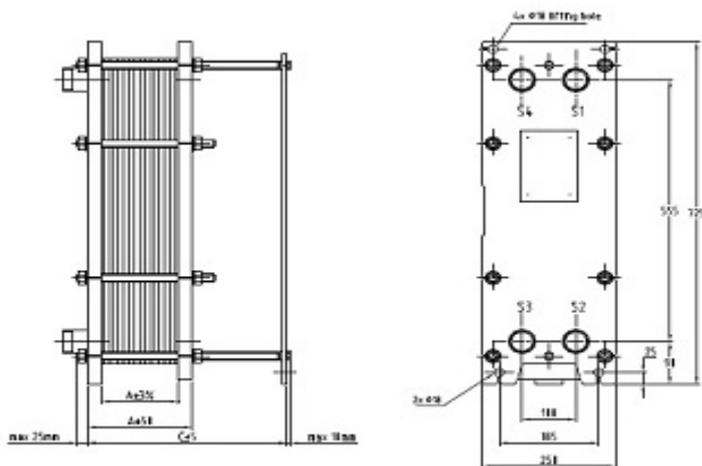


Figura 29: Plano intercambiador de calor Danfoss XGC-C009-L-20.

Los datos más relevantes de este intercambiador en estas condiciones de funcionamiento son:

Cpacidad (KW)	67.5	
	Primario	Secundario
Caudal(L/min)	49.35	186
Temperatura de entrada(C)	65	40
Temperatura de salida(C)	45	45.25
Diferencia media logarítmica de temperatura (K)	10.74	
Caída de presión(Kpa)	1.81	18.3

1.8.2 Intercambiador de calor A.C.S.

Este intercambiador se dimensionará para que sea capaz de ofrecer la potencia necesaria instantánea en el momento de máxima demanda térmica para A.C.S.

Potencia y caudal (del circuito secundario) del intercambiador:

Para determinar la potencia y el caudal de A.C.S a 55°C en el secundario del intercambiador de calor que se necesitaría para satisfacer la demanda de todos los clientes duchándose simultáneamente serán necesarios unos datos de partida:

-La demanda media de agua a 40°C por ducha es de 50 litros.

-Teniendo en cuenta que el hotel tiene un total de 71 clientes podemos decir que si se ducharan todos a la misma vez consumirían un total de 3550 litros de agua (Nº clientes por el consumo de cada uno).

Para saber la potencia necesaria y el volumen de acumulación, se calculará primero el coeficiente de simultaneidad, que es dada por esta expresión:

$$K_p = \frac{1}{\sqrt{n-1}} + a(0.035 + 0.035 \cdot \log(\log n))$$

Donde:

K_p: Coeficiente (≤ 1) que ha de multiplicar a los caudales instalados para obtener Q_{\max} .

n: Número total de clientes = 71 clientes.

a: Coeficiente igual a 3 para hoteles.

$$\underline{K_p = 25\%}$$

-La temperatura de consumo en ducha es de 40°C.

-La temperatura mínima media del año es de 12.3°C.

-Salto entálpico agua de ducha:

$$\Delta H = C_p \times \Delta T = 4.184 \frac{KJ}{l \cdot ^\circ C} \times (40 - 12.3)^\circ C = 115.9 KJ/l$$

-El caudal unitario duchas es de 0.1 litros/segundo.

-Potencia térmica de todos los clientes duchándose a la misma vez:

$$P_{\text{absoluta}} = \Delta H \times N^\circ \text{ Clientes} \times \text{caudal unitario duchas}$$

$$P_{\text{absoluta}} = 115.9 \times 71 \times 0.1 = 823 \text{ kW}$$

-Potencia térmica demandada por los clientes duchándose teniendo en cuenta el coeficiente de simultaneidad:

$$P_{\text{necesaria}} = P_{\text{absoluta}} \times \text{Coeficiente de simultaneidad}$$

$$P_{\text{necesaria}} = 823 \times 0.25 = 206 \text{ kW}$$

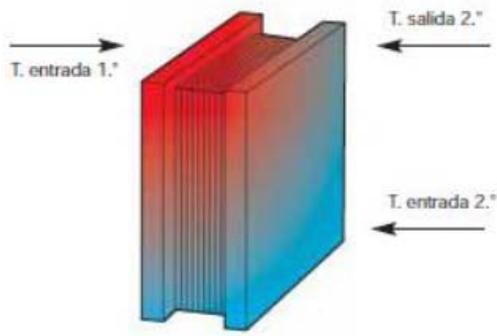
Caudal de A.C.S a 55°C:

$$C = \frac{P_{necesaria}}{Cp \times (t_{A.C.S} - t_{red})}$$

$$C = \frac{206}{4.184 \times (55 - 12.3)} = 1.15 \frac{\text{litros}}{\text{segundo}}$$

Así determinamos que la potencia necesaria será del intercambiador será de 206 kW

Condiciones de trabajo intercambiador:



T.entrada: 1º= 65°C

T.entrada 2º=12.3°C

T. salida 2º= 55°C

Caudal 2º= 1.15 litros/segundo.

Potencia = 206 kW

Selección intercambiador:

Se decide poner un kit SolarFlow 50 (*figura 21*) de la marca AlfaLaval equipado con intercambiador de calor soldado en bronce diseñado para precalentar agua, y el sistema de control.



Figura 30: *kit SolarFlow 50*

Este kit es apto para esta instalación ya que ofrece una potencia de de 275 kW con estas condiciones en el intercambiador:

T.entrada 1°= 70°C

T.entrada 2°=10°C

T. salida 2°= 55°C

El esquema interno de este kit se puede ver mediante figura 31:

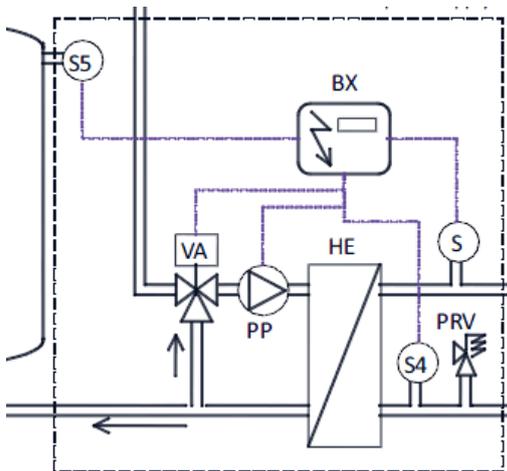


Figura 31: *Esquema interno del kit SolarFlow 50*

1.8.3 Cálculo secciones de tuberías en circuito hidráulico del depósito de inercia.

El circuito se llevará a cabo a base de conducciones de cobre de distintos diámetros según los caudales. Además estas conducciones irán aisladas según el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE), con espuma elastomérica.

La elección del diámetro de tubería se llevará a cabo conforme a dos condiciones:

- 1) La velocidad del fluido a lo largo de las conducciones no debe ser superior a 1.5 m/s.
- 2) Las pérdidas de carga en las conducciones no deben superar los 40 milímetros de columna de agua por metro.

El método de cálculos será el mismo que ha utilizado en el cálculo de las conducciones en el circuito primario solar.

Se definen tres tramos en el circuito de inercia a medir, mostrados en la figura 32:

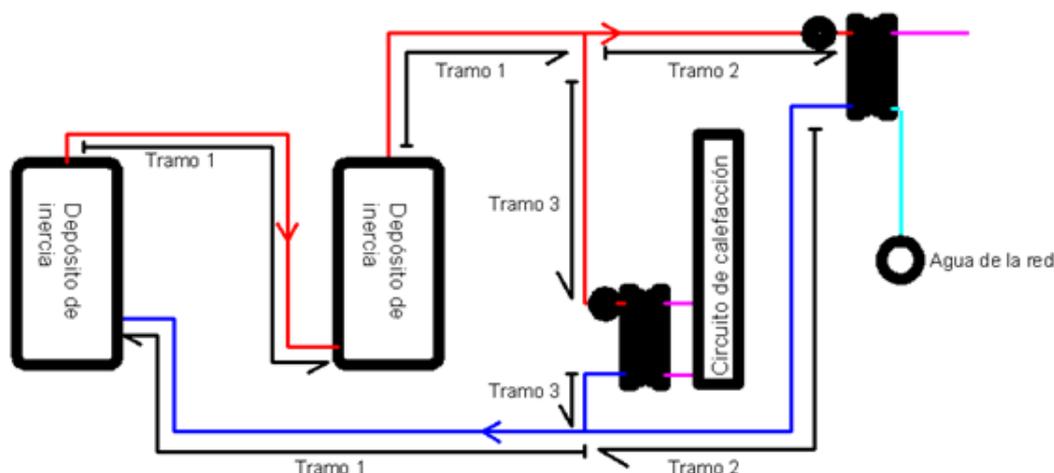


Figura 32: Tramos del circuito de depósitos de inercia.

Tramo 1

Caudal= Caudal Primario Kit Solar Flow + Caudal apoyo a calefacción= 4140 l/h + 1158 l/h = 5298 l/h.

Longitud= 5 metros.

Singularidades

<u>Singularidad.</u>	<u>Longitud equivalente unitaria</u>	<u>Número de singularidades.</u>	<u>Longitud equivalente (metros).</u>	<u>Longitud equivalente total (metros).</u>

MEMORIA

	<u>(metros/unidad).</u>			
Válvula	1	4	4	
Desviación en T	2.2	2	4.4	
Codo 90° abierto.	0.8	5	3.2	11.6

Longitud equivalente tramo= 5 metros + 11.6 metros = 16.6 metros

Diámetro interior tubería= 40 mm → Velocidad del fluido = 1.17 m/s .

Diámetro exterior tubería= 42mm

Volumen fluido caloportador=6.73 litros

Perdidas de carga/metro= 40 mm.c.a.

Perdidas de carga totales= (Perdidas de carga/metro) x (Longitud equivalente)=

= (40 mm.c.a/m) x (11.6m) = 464mm.c.a.

Tramo 2

Caudal= 4140 l/h.

Longitud=6.5 metros

Singularidades

<u>Singularidad.</u>	<u>Longitud equivalente unitaria (metros/unidad).</u>	<u>Número de singularidades.</u>	<u>Longitud equivalente (metros).</u>	<u>Longitud equivalente total (metros).</u>
Válvula	1	2	2	
Desviación en T	2.2	2	4.4	
Codo 90° abierto.	0.8	4	3.2	9.6

Longitud equivalente tramo= 6.5 metros + 9.6 metros = 17.1 metros

Diámetro interior tubería= 40 mm → Velocidad del fluido = 0.92 m/s.

Diámetro exterior tubería= 42mm

Volumen fluido caloportador=8.17 litros

Perdidas de carga/metro= 26 mm.c.a.

Perdidas de carga totales= (Perdidas de carga/metro) x (Longitud equivalente)=

$$= (26 \text{ mm.c.a/m}) \times (17.1 \text{ m}) = 444 \text{ mm.c.a.}$$

Tramo 3

Caudal= 2961 l/h.

Longitud= 8 metros

Singularidades

<u>Singularidad.</u>	<u>Longitud equivalente unitaria (metros/unidad).</u>	<u>Número de singularidades.</u>	<u>Longitud equivalente (metros).</u>	<u>Longitud equivalente total (metros).</u>
Válvula antirretorno	10	1	10	
Válvula	1	2	2	
Desviación en T	2.2	2	4.4	
Codo 90° abierto.	0.8	7	5.6	22

Longitud equivalente tramo= 8 metros + 22 metros = 30 metros.

Diámetro interior tubería= 33 mm → Velocidad del fluido = 0.96 m/s .

Diámetro exterior tubería= 35mm

Volumen fluido caloportador=6.83 litros

Perdidas de carga/metro= 26 mm.c.a.

Perdidas de carga totales= (Perdidas de carga/metro) x (Longitud equivalente)=

$$= (26 \text{ mm.c.a/m}) \times (30 \text{ m}) = 780 \text{ mm.c.a.}$$

1.8.4 Bomba circuladora intercambiador de calor para calefacción en circuito de depósitos de inercia.

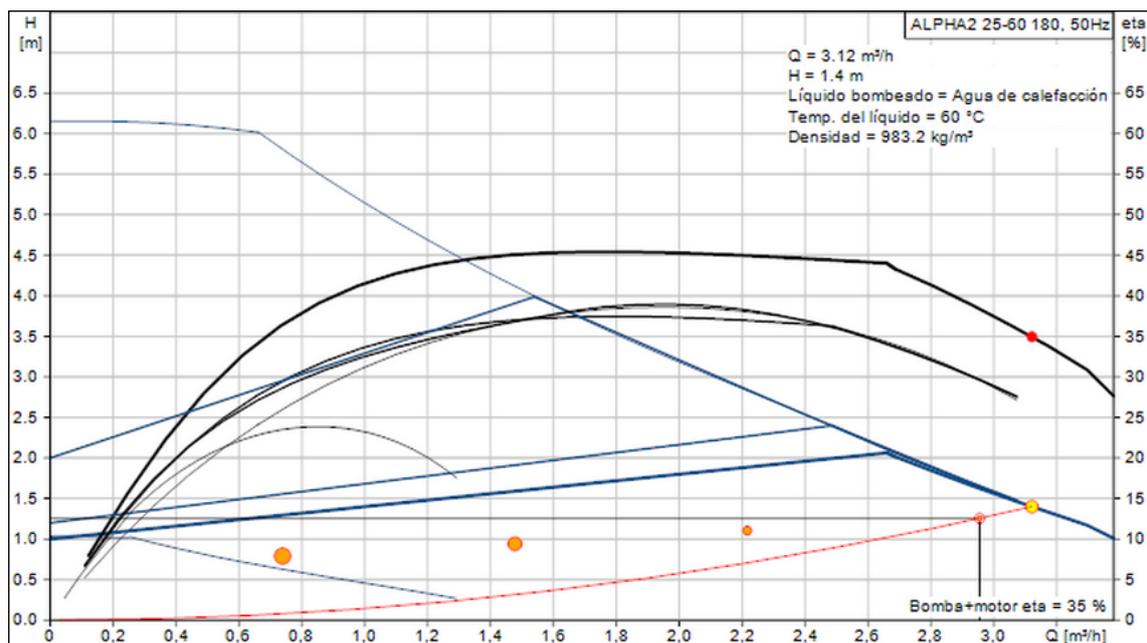
El intercambiador de calor produce unas pérdidas de carga en el circuito de la caldera de 15 mm.c.a.

El circulador tendrá que superar las pérdidas de cargas de las tuberías y el intercambiador de calor.

Las pérdidas de carga serán las debidas a las perdidas en los tramos 1 y 3 del circuito de los depósitos de inercia:

$$\begin{aligned} \Delta p_{\text{circuito secundario(A.C.S)}} &= \Delta p_{\text{Tuberías(Tramo 1 y 3)}} + \Delta p_{\text{Intercambiador}} \\ &= (464 + 780 + 15) \text{ mm. c. a} = 1259 \text{ mm. c. a.} \end{aligned}$$

Para un caudal de 1158 litros/h y unas pérdidas de carga de 1259 mm.c.a se elije una bomba ALPHA2 25-40 180 de acuerdo con la gráfica 10. Se instalarán dos bombas en paralelo para que si una falla la otra tome el relevo. Se podrá elegir la bomba de funcionamiento mediante un interruptor.



Gráfica 10: Curva característica del circulador ALPHA2 25-60 180.



Figura 33: Bomba ALPHA2 25-40 180.

1.9 ACUMULADOR AGUA CALIENTE SANITARIA AUXILIAR.

Se instalará un acumulador para disminuir considerablemente la potencia de la caldera. Al tener agua caliente sanitaria acumulada no es necesario que la caldera caliente instantáneamente el agua que demandan los usuarios, sino que tiene un margen de tiempo para poder calentar el agua del acumulador.

Calculo del Volumen de acumulación

-La demanda media de agua a 40°C por ducha es de 50 litros.

-Teniendo en cuenta que el hotel tiene un total de 71 clientes podemos decir que si se ducharan todos a la misma vez consumirían un total de 3550 litros de agua (Nº clientes por el consumo de cada uno).

Para saber la potencia necesaria y el volumen de acumulación, se calculará primero el coeficiente de simultaneidad, que es dada por esta expresión:

$$K_p = \frac{1}{\sqrt{n-1}} + a(0.035 + 0.035 \cdot \log(\log n))$$

Donde:

K_p : Coeficiente (≤ 1) que ha de multiplicar a los caudales instalados para obtener Q_{max}.

n : Número total de clientes = 71 clientes.

a : coeficiente igual a 3 en caso de hoteles.

$$K_p = 25\%$$

-La temperatura de acumulación es de 50°C.

-La temperatura mínima media del año es de 12.3°C.

-El salto entálpico agua del acumulador:

$$\Delta H = C_p \times \Delta T = 4.184 \frac{KJ}{l \cdot ^\circ C} \times (50 - 12.3)^\circ C = 157 KJ/l$$

-Salto entálpico agua de ducha:

$$\Delta H = C_p \times \Delta T = 4.184 \frac{KJ}{l \cdot ^\circ C} \times (40 - 12.3)^\circ C = 115.9 KJ/l$$

-Demanda térmica de todos los clientes duchándose a la misma vez:

$$Q = V \times \Delta H = 3550 l \times 115.9 \frac{KJ}{l} = 411445 KJ$$

-Capacidad acumulador A.C.S.:

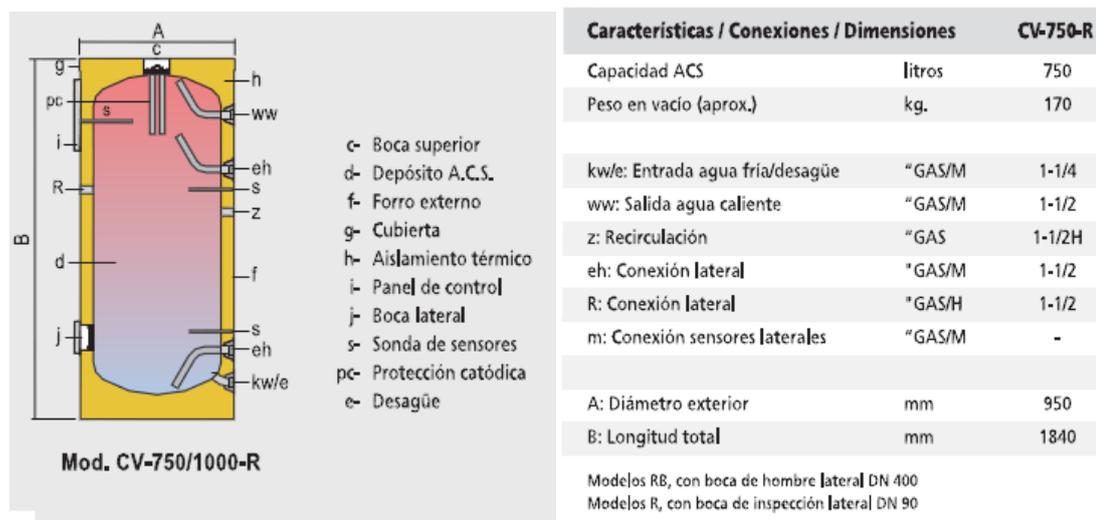
$$\text{Volumen acumulador} = \frac{\text{Demanda térmica (Q)} \times \text{Coeficiente de simultaneidad}}{\text{Salto entalpico acumulador}}$$

$$\text{Volumen mínimo acumulador} = \frac{411445\text{KJ} \times 0.25}{157\text{KJ/l}} = 655 \text{ litros}$$

Acumulador seleccionado:

Se instalará un acumulador marca Lapesa y modelo Coral Vitro CV-750-R con una capacidad de 750 litros.

Dispone de dos bocas de inspección y registro, una superior y otra lateral. También incorpora de serie equipo instalado de protección catódica, compuesto por ánodo de magnesio y medidor de carga de ánodo y panel frontal con termómetro. Se pueden ver más detalles del acumulador en *figura 34*.



Características técnicas

Temperatura máx. ACS	°C	90
Presión máx. depósito ACS	bar	8

Figura 34: Detalles del acumulador Lapesa Coral Vitro CV-750-R.

1.10 CIRCUITO HIDRÁULICO DE AGUA CALIENTE SANITARIA.

Este circuito hidráulico comprende todas las salidas y entradas del depósito de acumulación de agua caliente sanitaria. En síntesis el agua de la red pasa por un intercambiador cuyo fluido del primario procede del depósito de inercia. En el secundario el agua de la red se calienta a 55°C.

El agua calentada en el intercambiador va al depósito de A.C.S donde será almacenada para su posterior consumo.

En caso de que la temperatura del agua del acumulador este a menos de 55°C será necesario recircular el agua a través de otro intercambiador de calor. Este intercambiador de calor tendrá como fluido primario agua calentada en la caldera.

El agua del depósito circulara por el circuito de distribución de A.C.S cuyo retorno ira de nuevo al depósito tal como se puede ver en *figura 35*.

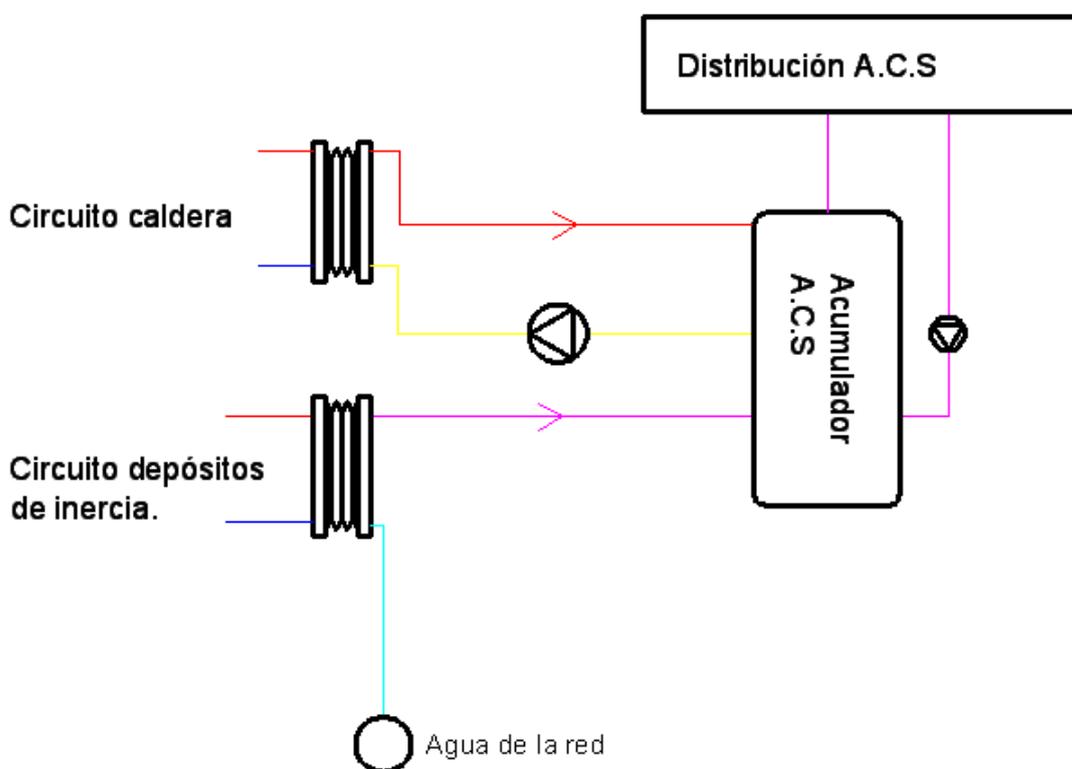


Figura 35: Esquema del circuito de agua caliente sanitaria.

El caudal de agua de la red será el mismo que el de consumo de A.C.S.

El intercambiador de calor del circuito de depósitos de inercia se ha calculado ya en el apartado “1.8. CIRCUITO HIDRÁULICO DE DEPÓSITOS DE INERCIA.”.

El circuito de distribución de A.C.S dispone su propia bomba de recirculación por lo que no será necesario calcularla.

1.10.1 Intercambiador de calor del circuito de la caldera.

Este intercambiador tiene la función de mantener el acumulador de A.C.S a una 55°C transfiriendo la energía térmica del circuito de la caldera al circuito de A.C.S.

Potencia térmica del intercambiador

Se pretende que la caldera y el intercambiador sean capaces de aportar la energía consumida por el 25% de los clientes en 1 hora (3600 segundos). Así que, para calcular la potencia útil necesaria que necesita aportar la caldera se usará esta expresión:

$$\text{Potencia térmica} = \frac{\text{Demanda térmica (Q)} \times \text{Coeficiente de simultaneidad}}{\text{Tiempo de recuperación acumulador A. C. S}}$$

$$\text{Potencia térmica} = \frac{411445 \text{ KJ} \times 0.25}{3600 \text{ seg}} = 28.57 \frac{\text{KJ}}{\text{seg}} = 28.57 \text{ KW}.$$

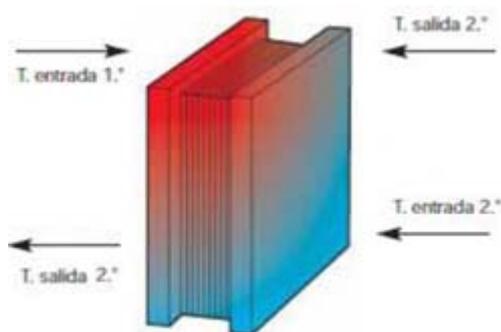
Esta es la potencia mínima. Pero el intercambiador tendrá la potencia de la caldera.

Condiciones de trabajo intercambiador

La temperatura del fluido calentado en la caldera es de 65°C. Esto quiere decir que la entrada al intercambiador de calor al primario será de 65°C.

La temperatura de salida en el primario del intercambiador será de 45°C

Se supondrá una temperatura de agua entrada en el secundario del intercambiador de 40°C y de salida 55°C.



T.entrada: 1º= 65°C

T. salida 1º=45°C

T.entrada 2º=30°C

T. salida 2º= 50°C

Potencia = 155 kW

Selección intercambiador:

Se calcula mediante el programa informático *Danfoss Hexact* que el intercambiador de placas Danfoss XGM032L-1-40 con 40 placas y una superficie de intercambio total de 2.55 m² es óptimo para estas condiciones. Además este intercambiador llevará un aislamiento proporcionado por el mismo fabricante.

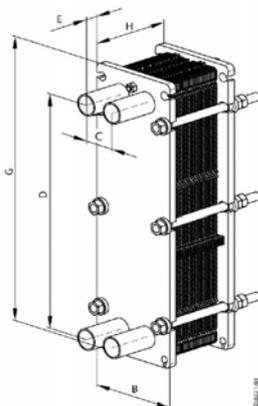


Figura 36: Planos del intercambiador de calor Danfoss XGM032L-1-40.

Los datos más relevantes de este intercambiador en estas condiciones de funcionamiento son:

Cpacidad (KW)	29	
	Primario	Secundario
Caudal(L/min)	113	111
Temperatura de entrada(C)	65	30
Temperatura de salida(C)	45	50
Diferencia media logarítmica de temperatura (K)	15	
Caída de presión(Kpa)	26.53	25.23

1.10.2 Cálculo del circuito para calentamiento de agua caliente sanitaria mediante caldera.

En este apartado se calcularán las pérdidas de carga en las conducciones de la misma manera en que se han calculado en el apartado del circuito solar primario. El esquema será tal como expresa la *figura 37*.

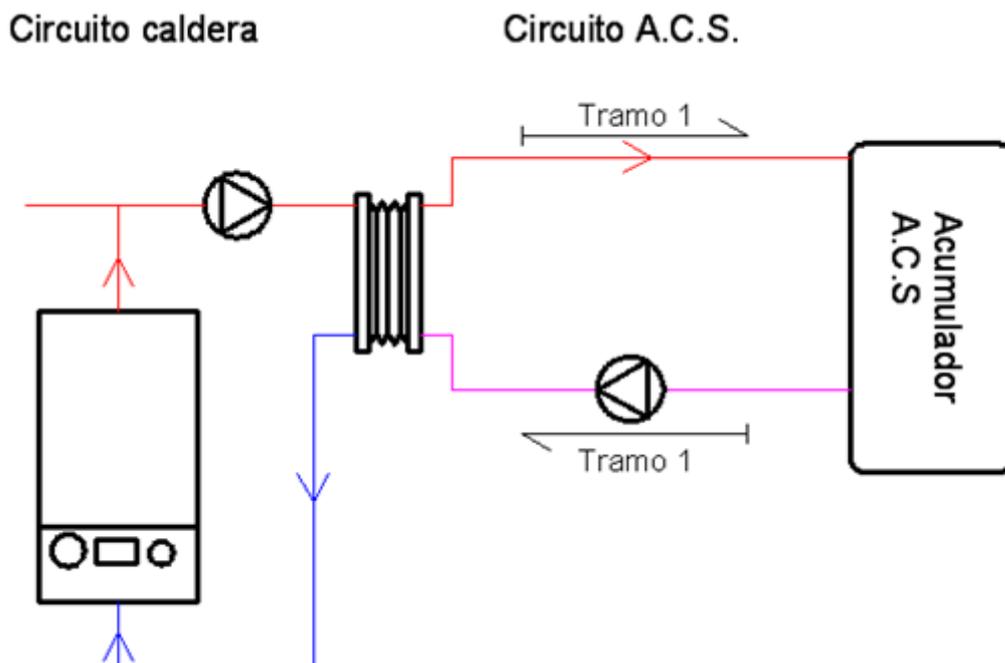


Figura 37: Esquema de circuito de calentamiento de agua mediante caldera.

Se necesita un caudal de 111 l/min (6660 l/hora).

Tramo 1

Caudal= 6660 l/h.

Longitud= 6.5 metros.

Singularidades

<u>Singularidad.</u>	<u>Longitud equivalente unitaria (metros/unidad).</u>	<u>Número de singularidades.</u>	<u>Longitud equivalente (metros).</u>	<u>Longitud equivalente total (metros).</u>
Válvula antirretorno.	10	1	10	
Válvula	1	2	2	
Desviación en T	2.2	2	4.4	
Codo 90° abierto.	0.8	6	4.8	21.3

Longitud equivalente tramo= 6.5 metros + 21.3 metros = 27.8 metros

Diámetro interior tubería= 52 mm → Velocidad del fluido= 1.1 m/s

Diámetro exterior tubería= 55mm

Volumen fluido = 13.8 litros

Perdidas de carga/metro= 31 mm.c.a.

Perdidas de carga totales= (Perdidas de carga/metro) x (Longitud equivalente)=

=(31 mm.c.a/m) x (27.8 m) = 861mm.c.a.

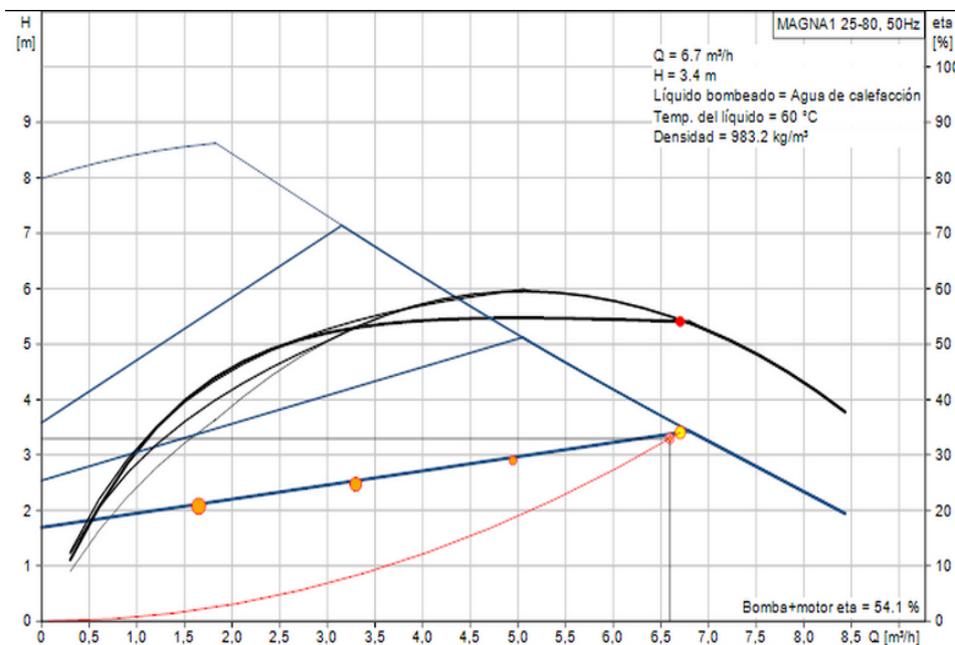
1.10.3 Bomba circuladora intercambiador de calor para A.C.S. en circuito de acumulación.

El intercambiador de calor produce unas pérdidas de carga en el circuito de acumulación de A.C.S de 2800 mm.c.a.

El circulador tendrá que superar las pérdidas de cargas de las tuberías y el intercambiador de calor.

$$\begin{aligned} \Delta p_{\text{circuito secundario(A.C.S)}} &= \Delta p_{\text{Tuberías}} + \Delta p_{\text{Intercambiador}} \\ &= (861 + 2523)\text{mm.c.a} = 3384 \text{ mm.c.a.} \end{aligned}$$

Para un caudal de 1678 litros/h y unas pérdidas de carga de 3384 mm.c.a se elije una bomba MAGNA1 25-80 de acuerdo con la gráfica 10. Se instalarán dos bombas en paralelo para que si una falla la otra tome el relevo. Se podrá elegir la bomba de funcionamiento mediante un interruptor.



Gráfica 10: Curva característica del circulador MAGNA1 25-80.



Figura 38: Bomba MAGNA1 25-80.

1.11 CALDERA.

Se instalará una caldera de pie de condensación da marca Vaillant, y modelo EcoCRAFT exclusiv VKK 1606/3-E.

La potencia de la caldera se ha elegido de acuerdo con dos datos:

- 1) Las pérdidas térmicas que se dan en el momento más desfavorable del año. En este caso es una madrugada de un día de enero. Esto se ha calculado con un programa de cálculo de perdidas térmicas llamado Dpclima. El resultado es 127.4KW
- 2) La potencia térmica necesaria para poder recuperar el calor perdido por la ducha del 15% de todos los clientes en una hora. En este caso la potencia será de 17.13KW.

La potencia de la caldera será como mínimo igual a la suma de estas potencias. Así vemos que:

$$\text{Potencia caldera} > \text{Perdidas térmicas edificio} + \text{Perdidas termicas A.C.S}$$

$$160KW > 127.4KW + 17.13KW$$

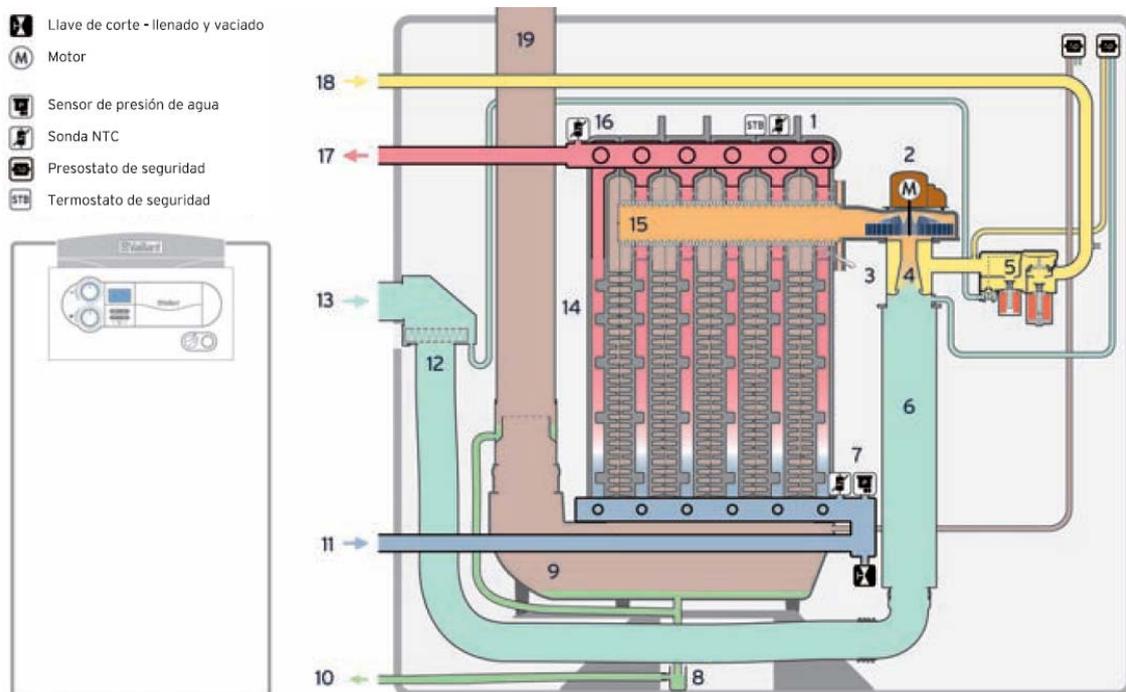
$$160KW > 144.53KW$$

Esta caldera ofrece un rendimiento del 110% respecto a poder calorífico inferior del gas natural ya que aprovecha el calor latente de los condensados de los vapores de combustión.

Por otra parte esta caldera es adecuada para este proyecto ya que trabaja a temperaturas bajas y está diseñada para calefacción y A.C.S.

La caldera se encargará de mantener el depósito de agua a una temperatura mínima de 45 grados. Cuando esta temperatura baje de los 45 grados la caldera calentará el agua hasta los 50

grados. Por otra parte se encargará de ofrecer la temperatura adecuada al circuito de calefacción teniendo en cuenta que este se ha diseñado para funcionar a temperaturas de 50 grados a plena carga (calefacción baja temperatura).



Leyenda

- 1 Sonda de bloqueo
- 2 Ventilador
- 3 Electrodo de encendido e ionización
- 4 Boquilla venturi
- 5 Válvula de gas
- 6 Silenciador del suministro de aire
- 7 Sonda de retorno
- 8 Sifón
- 9 Colector de productos de la combustión
- 10 Conexión salida de condensados
- 11 Conexión de retorno de calefacción
- 12 Filtro del suministro de aire
- 13 Conexión del suministro de aire
- 14 Bloque de la caldera
- 15 Quemador
- 16 Sonda de ida
- 17 Conexión de ida de calefacción
- 18 Conexión de gas



Figura 39: Detalles caldera EcoCRAFT exclusiv VKK 1606/3-E.

En las instalaciones de calefacción, los radiadores se dimensionan para las temperaturas exteriores más bajas de cada localidad; sin embargo, la mayor parte de las horas dichas temperaturas son superiores, lo que implica que la regulación de los sistemas de calefacción deba adecuarse a estas situaciones. Al ser una instalación central se adecuará la temperatura a las necesidades de cada momento, reduciendo la temperatura de impulsión a radiadores según aumenta la temperatura exterior, lo que proporciona temperaturas de retorno más bajas en un amplio número de horas.

El empleo de calderas de condensación permite actuar directamente sobre la temperatura de producción de la caldera aprovechando el fenómeno de condensación durante largos periodos de tiempo.

Cuanto más baja sea la temperatura de diseño de las instalaciones, mayor será el potencial de aprovechamiento el fenómeno de la condensación, aunque la este sea aprovechable con temperaturas mayores, pero en menor grado, cuanto mayor sea dicha temperatura.

1.11.1 Condensados.

Este tipo de caldera necesita evacuar los condensados producidos, lo que implica disponer de los medios para llevarlos al desagüe y poder neutralizarlos si fuera necesario.

Con el gas natural se pueden llegar a producir $155 \text{ gH}_2\text{O}/\text{kWh}_{\text{PCI}}$ lo que, por ejemplo, para esta caldera de 160 kW de potencia nominal, supondrían 24.8 l de condensados por hora.

$$155 \text{ g H}_2\text{O}/\text{kWh}_{\text{PCI}} \cdot 160 \text{ kW} = 24.8 \text{ g H}_2\text{O}/\text{h} = 24.8 \text{ kg H}_2\text{O}/\text{h}$$

Estos condensados no deben afectar a la combustión. Para ello, en la salida del circuito de humos debe incluirse un colector de material apropiado para recogerlos y evacuarlos al exterior de manera continua.

Para vencer la depresión en ese punto creado por la chimenea, debe intercalarse un cierre hidráulico previo en forma de sifón. Este sifón tiene como cometido que los gases de combustión no condensados no entren en el desagüe en calderas de tiro forzado y que los gases del desagüe no sean aspirados en calderas de tiro natural. En este caso la caldera ya cuenta con su propio cierre hidráulico.

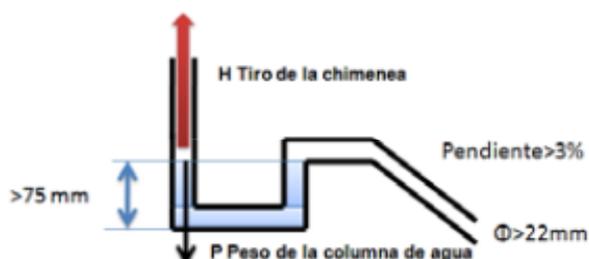


Figura 40: Desagüe de condensados de la caldera.

El conducto de evacuación desde la caldera hasta el entronque con el desagüe mantendrá una pendiente constante durante toda su longitud de cara a asegurar la evacuación en todo momento. En este caso la pendiente será de al menos 3%.

1.11.1 Tratamiento de la acidez.

En instalaciones de potencia superior a 70 kW , es conveniente tratar los condensados mediante productos básicos para neutralizar su acidez antes de su evacuación al desagüe.

Con el gas natural cuyo contenido de azufre es muy bajo, las principales reacciones derivadas provienen de la oxidación del nitrógeno (N_2) del aire y su conversión a óxidos de nitrógeno

(NO₂ y NO₃, generalizados como NO_x), los cuales, al condensar, reaccionan con el agua produciendo ácido nítrico (HNO₃), que confiere a los condensados su carácter ácido (pH 4-5).

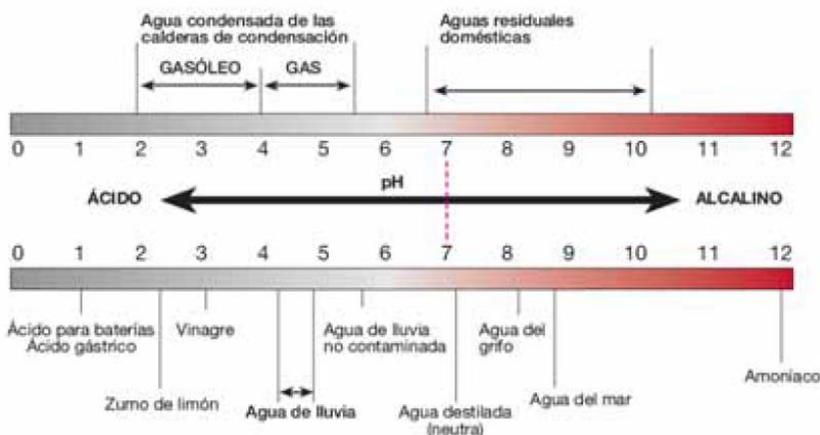


Figura 41: Comparción de PH de distintas sustancias.

Se dispone de equipos neutralizadores que contienen filtros de carbón activo y un granulado neutralizador (magnesio) que reaccionan con los ácidos de los condensados obteniéndose como resultado un agua de carácter prácticamente neutro (pH 6,5 – 9).

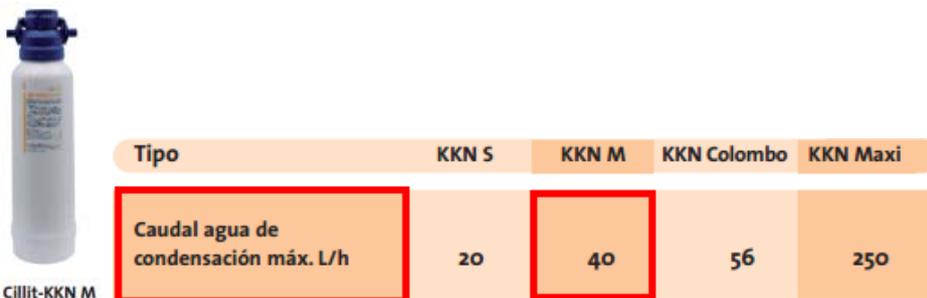


Figura 42: Filtro fitro Cillit-KKM M.

Para la caldera seleccionada es recomendable usar el fitro Cillit-KKM M.

El granulado neutralizador debe regenerarse de forma periódica, dependiendo el tiempo del grado de utilización de la caldera. Normalmente, es suficiente con una operación anual.



Figura 43.

1.11.2 Humos.

Se aprovechara la chimenea de la antigua caldera.

En cualquier caso, no debe haber conducciones de humos totalmente horizontales ya que, aunque la caldera es de condensación y aprovecha los condensados, el humo que atraviesa estas conducciones aún puede tener sustancias que precipitan en la chimenea. Estos condensados deben canalizarse a un drenaje que estará también conectado con el neutralizador de condensados.

1.12 CIRCUITO HIDRÁULICO DE CALDERA.

Este circuito está hidráulicamente aislado de los demás circuitos. Su función es hacer circular agua por la caldera para ser calentada y después hacerla pasar por los intercambiadores de calor para A.C.S y calefacción donde cederá su calor de acuerdo con el esquema de la figura 44:

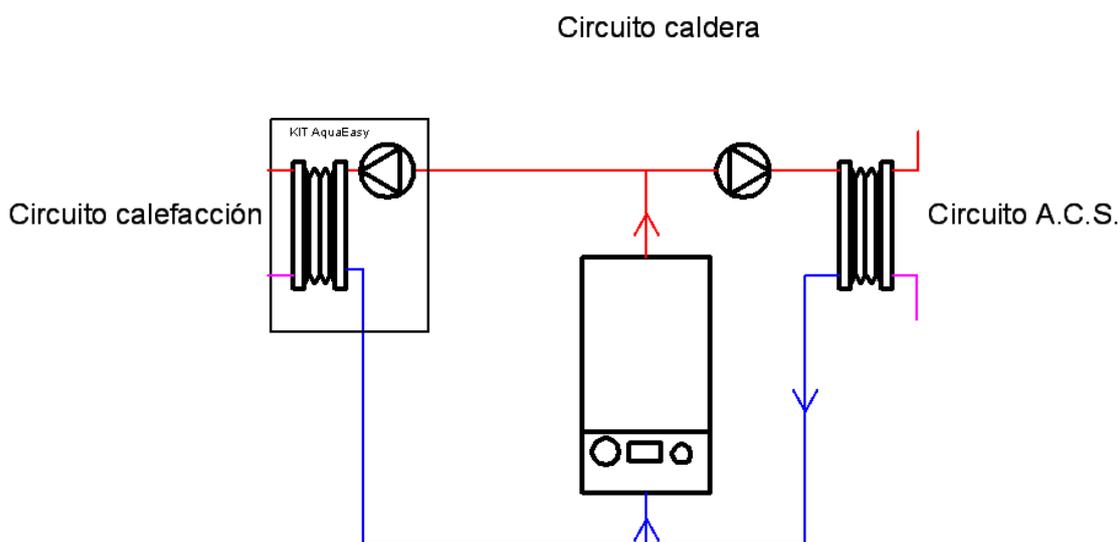


Figura 44: Esquema de circuito de calefacción.

1.12.1 Cálculo del circuito de caldera.

Se pueden identificar tres tramos de acuerdo con la figura 45:

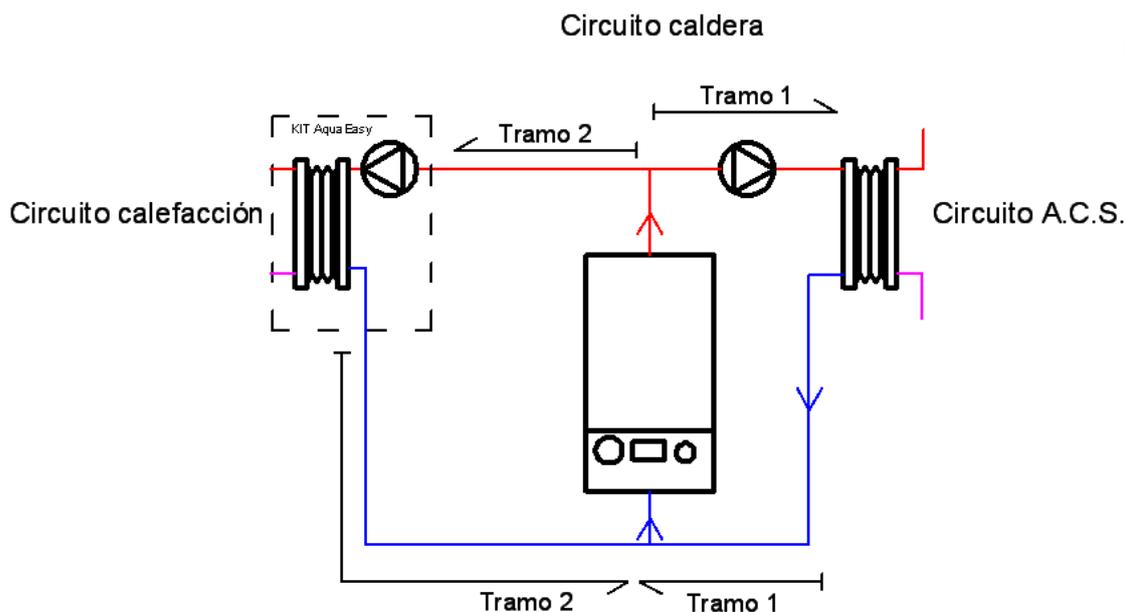


Figura 45: Esquema tramos del circuito de calefacción.

El cálculo de las secciones se llevará a cabo de la misma manera que se han calculado en los apartados anteriores como el circuito primario solar por lo que la velocidad del fluido no será superior a 1.5m/s y las pérdidas de carga no serán mayores de 40 milímetros de columna de agua por metro lineal. Los caudales de los tramos ya han sido anteriormente definidos cuando se dimensionaron los intercambiadores de calor.

Sección y pérdidas de carga del Tramo 1

Caudal= Caudal intercambiador caldera y A.C.S = 6780 l/h

Longitud= 9 metros.

Singularidades

<u>Singularidad.</u>	<u>Longitud equivalente unitaria (metros/unidad).</u>	<u>Número de singularidades.</u>	<u>Longitud equivalente (metros).</u>	<u>Longitud equivalente total (metros).</u>
Válvula antirretorno.	10	1	10	
Válvula	1	4	4	
Desviación en T	2.2	2	4.4	
Codo 90° abierto.	0.8	7	5.6	24

Longitud equivalente tramo= 9 metros + 24 metros = 33 metros

Diámetro interior tubería= 52 mm → Velocidad del fluido = 1.1 m/s .

Diámetro exterior tubería= 55mm

Volumen fluido caloportador= 4.8 litros

Perdidas de carga/metro= 31 mm.c.a.

Perdidas de carga totales= (Perdidas de carga/metro) x (Longitud equivalente)=

=(31 mm.c.a/m) x (33 m) = 1023 mm.c.a.

Sección del Tramo 2

Al ser extremadamente corto este tramo, no se calculara las pérdidas de carga totales ya que son despreciables.

Caudal= 2000 l/h.

Longitud=1.5 metros.

Diámetro interior tubería=33 mm → Velocidad del fluido=0.65 m/s

Diámetro exterior tubería=35mm

Perdidas de carga/metro= 18 mm.c.a.

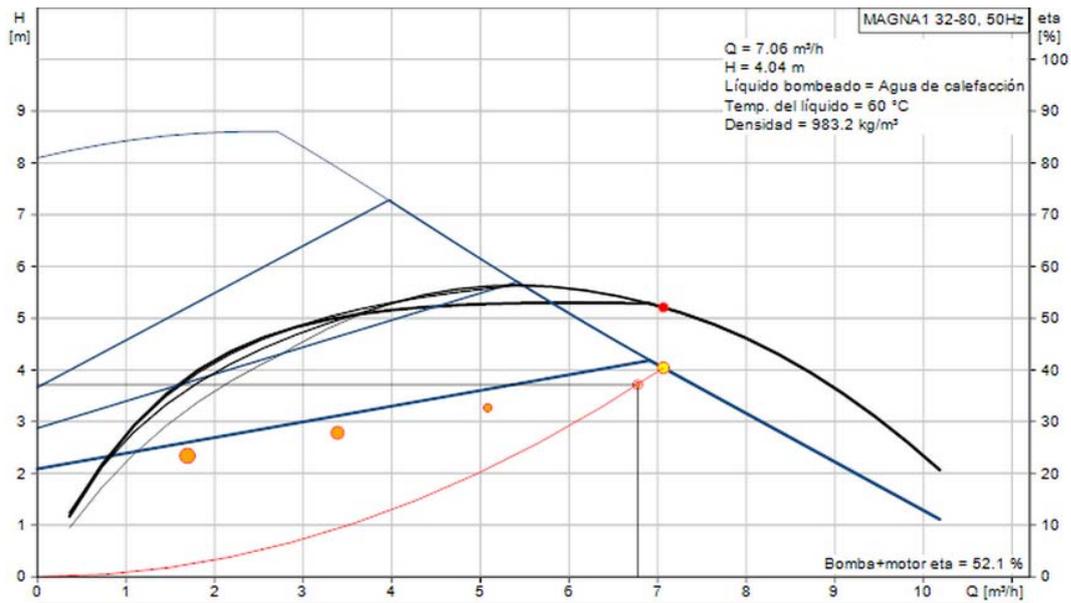
1.12.2 Bomba circuladora intercambiador de calor para A.C.S. en circuito de calefacción.

El intercambiador de calor produce unas pérdidas de carga en el circuito de la caldera de 1.798 mm.c.a.

El circulador tendrá que superar las pérdidas de cargas de las tuberías y el intercambiador de calor.

$$\begin{aligned} \Delta p_{\text{circuito}} (A.C.S) &= \Delta p_{\text{Tuberías}} + \Delta p_{\text{Intercambiador}} + \Delta p_{\text{Caldera}} \\ &= (1023 + 1798 + 900) \text{mm.c.a} = 3721 \text{mm.c.a.} \end{aligned}$$

Para un caudal de 6780 litros/h y unas pérdidas de carga de 3721 mm.c.a se elije una bomba MAGNA1 32-80 de acuerdo con la gráfica 10. Se instalarán dos bombas en paralelo para que si una falla la otra tome el relevo. Se podrá elegir la bomba de funcionamiento mediante un interruptor.



Gráfica 10: Curva característica del circulador MAGNA1 32-80.



Figura 46: Bomba MAGNA1 32-80.

1.3 VASOS DE EXPANSIÓN.

Con el propósito de absorber las dilataciones del agua, los circuitos hidráulicos deben equiparse con depósitos de expansión.

Si se usa anticongelante, habrá que tenerse en cuenta el coeficiente de dilatación de la mezcla.

La capacidad del depósito debe ser suficiente para admitir la expansión del agua o de la mezcla anticongelante-agua. En caso contrario el relleno con agua o mezcla va depositando

incrustaciones calcáreas en el interior de la instalación que puede llegar a originar una avería con alto coste económico.

Para estas instalaciones se ha elegido usar depósitos de expansión cerrados, ya que estos presentan ventajas con respecto a los abiertos en circuitos cerrados, como pueden ser:

1-Facil montaje. Ya que se pueden ubicar en cualquier sitio de la instalación.

2-No es necesario aislarlos.

3-Elimina las pérdidas de fluido caloportador por evaporación, evitando la corrosión e incrustación provocadas por el agua de reposición.

4-Al instalar en circuitos cerrados, no absorben oxígeno del aire.

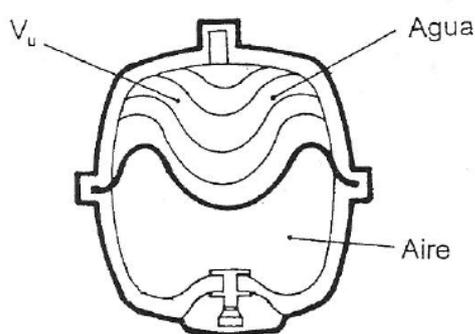


Figura 47: Depósito de expansión.

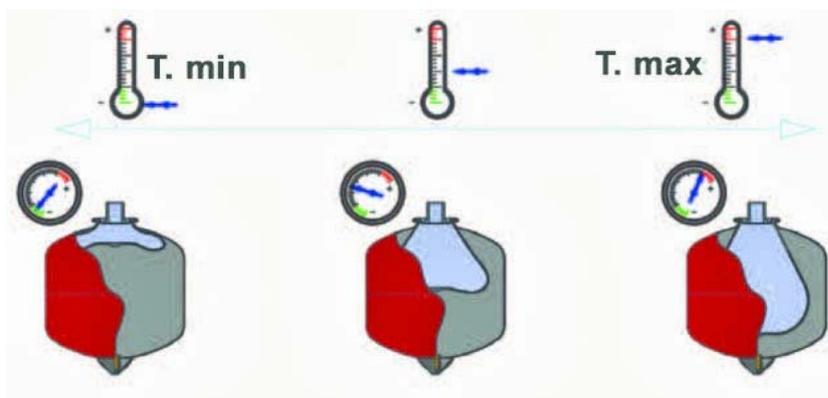


Figura 48: Distintos estado de un depósito de expansión en función de la temperatura.

1.3.1 Vaso de expansión circuito primario solar.

Para el dimensionamiento del vaso de expansión será necesario concretar algunos parámetros de la instalación:

El contenido total de líquido en el circuito primario (V_1).

Será:

$$V_t = V_{Tuberías} + V_{Captadores} + V_{Intercambiadores}$$

El volumen total de fluido en las tuberías es de:

$$V_{Tuberías} = 34 \text{ litros}$$

El volumen total de fluido en los captadores es de:

$$V_{Captadores} = 30 \times 0.94 = 28.2 \text{ litros}$$

El volumen total en los intercambiadores es de:

$$V_{Intercambiador} = 0.5 \text{ litros}$$

Por lo que el volumen total de fluido en el circuito primario es:

$$V_t = 62.7 \text{ litros}$$

Coefficiente de expansión ($Ce_{(mezcla)}$)

El coeficiente Ce de expansión del fluido es:

$$Ce_{(Mezcla)} = Ce_{(agua)} \cdot 1,2$$

El coeficiente de expansión del agua se ha obtenido del *gráfico 9* para una temperatura de 85°C:

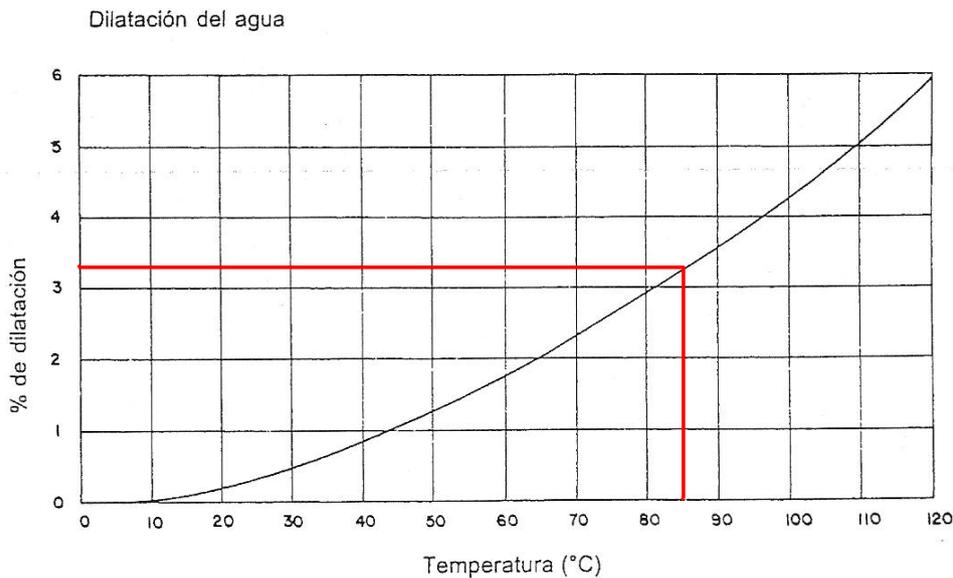


Gráfico 9: Tabla de coeficiente de expansión en función de la temperatura.

$$Ce_{(Mezcla)} = 3.3\% \cdot 1,2 = 3.96\%$$

Volumen de expansión (Ve)

$$Ve = V_t \times Ce = 62.7 \text{ litros} \cdot 0.039 = 2.5 \text{ litros.}$$

Volumen de reserva (V_r)

Se reservarán 5 litros de fluido caloportador en el circuito:

$$V_r = 5 \text{ litros}$$

Volumen de vapor (V_{vap})

$$V_{\text{vap}} = V_{\text{captadores}} \times 1.1 = 28.2 \times 1.1 = 31.02 \text{ litros}$$

Coefficiente de presión (C_p)

$$C_p = \frac{P_M + 1}{P_M - P_m}$$

Donde:

- P_M : Presión máxima = Presión de tarado de la válvula de seguridad $\times 0.9$. $\rightarrow P_M = 5.4 \text{ bar}$

- P_m : Presión mínima. $\rightarrow P_m = 2 \text{ bar}$

$$C_p = \frac{5.4 + 1}{5.4 - 2} = 1.9$$

Volumen útil de vaso de expansión (V_u)

$$V_u = (V_e + V_r + V_{\text{vap}}) \times C_p = (2.5 + 5 + 31.02) \times 1.9 = 73.2 \text{ litros}$$

El vaso que más se ajusta a nuestras necesidades es de mínimo 73.2 litros, por lo que se ha seleccionado un vaso de expansión de la marca Salvador Escoda, modelo 80 SMR de membrana fija y 80 litros de capacidad. Los 6.8 litros sobrantes del vaso de expansión se usaran para almacenar fluido caloportador, de tal manera que si hay alguna pérdida en el circuito este puede aportar el que tiene almacenado. Para esto se tendrá que ajustar la presión del gas inerte del vaso con la presión de funcionamiento del circuito hidráulico.



Figura 49: Vaso de expansión de 80 litros.

La Presión nominal de trabajo del vaso de expansión será de 6 bar, no debiendo superar esta en ningún momento.

El vaso de expansión se colocará en la aspiración del grupo de bombeo, según figura 50, tal y como establece el CTE DB-HE 4.

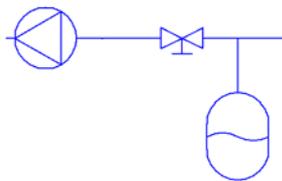


Figura 50: Esquema de instalación vaso de expansión.

1.3.2 Vaso de expansión circuito secundario.

El contenido total de líquido en el circuito de depósitos de inercia (V_t).

Habrá que calcular el volumen del circuito secundario, el de calefacción, y el de generación de A.C.S instantáneo. Dado que el circuito de calefacción tiene su propio vaso de expansión no será necesario calcular el volumen del circuito de calefacción.

$$\text{Volumen circuito secundario} = 13.8 \text{ litros.}$$

$$\text{Volumen de circuito inercia para calefacción y A.C.S} = 19.5 \text{ litros.}$$

$$\text{Volumen intercambiadores de calor} = 10 \text{ litros.}$$

$$\text{Volumen acumuladores} = 4000 \text{ litros.}$$

Por lo que el volumen total de fluido en el circuito primario es:

$$V_t = 4043 \text{ litros}$$

Coefficiente de expansión ($C_{e(\text{mezcla})}$)

El coeficiente de expansión del agua se ha obtenido del *gráfico 9* para una temperatura de 85°C:

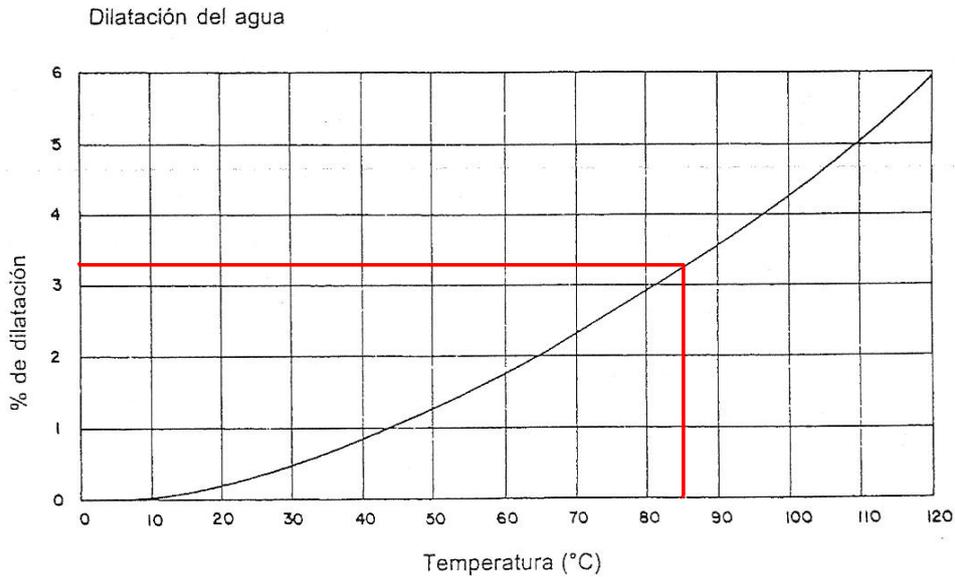


Gráfico 9: Tabla de coeficiente de expansión en función de la temperatura.

$$C_{e(\text{Mezcla})} = 3.3\%$$

Volumen de expansión (V_e)

$$V_e = V_t \times C_e = 4043 \text{ litros} \times 0.033 = 133 \text{ litros.}$$

Volumen de reserva (V_r)

Se reservarán 5 litros de fluido caloportador en el circuito:

$$V_r = 30 \text{ litros}$$

Coefficiente de presión (C_p)

$$C_p = \frac{P_M + 1}{P_M - P_m}$$

Donde:

- P_M : Presión máxima = Presión de tarado de la válvula de seguridad $\times 0.9$. $\rightarrow P_M = 5.4$ bar

- P_m : Presión mínima. $\rightarrow P_m = 2$ bar

$$C_p = \frac{5.4 + 1}{5.4 - 2} = 1.9$$

Volumen útil de vaso de expansión (Vu)

$$Vu = (Ve + Vr) \times C_p = (133 + 20) \times 1.9 = 290 \text{ litros}$$

El vaso que más se ajusta a nuestras necesidades es de mínimo 290 litros, por lo que se ha seleccionado un vaso de expansión de la marca Salvador Escoda, modelo 350 SMR de membrana intercambiable y 300 litros de capacidad.



Figura 51: Depósito de expansión 350 SMR.

Este depósito de expansión se conectará directamente al primer depósito de inercia depósito de inercia de acuerdo con la figura 52.

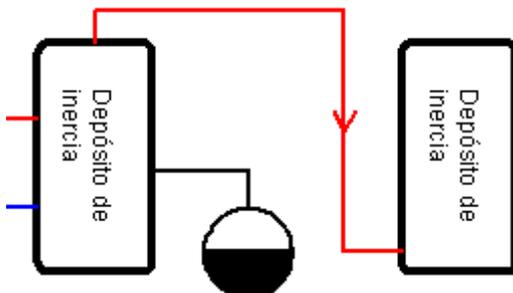


Figura 52: Esquema de instalación de depósito de expansión.

1.13.3 Vaso de expansión circuito de caldera.

Para el dimensionamiento del vaso de expansión será necesario concretar algunos parámetros de la instalación:

El contenido total de líquido en el circuito primario (V_t).

Será:

$$V_t = V_{Tuberías} + V_{Caldera} + V_{Intercambiadores}$$

El volumen total de fluido en las tuberías es de:

$$V_{Tuberías} = 7 \text{ litros}$$

El volumen total de fluido en los captadores es de:

$$V_{Caldera} = 10.4 \text{ litros}$$

El volumen total en los intercambiadores es de:

$$V_{Intercambiador} = 8 \text{ litros}$$

Por lo que el volumen total de fluido en el circuito primario es:

$$\underline{V_t = 25.4 \text{ litros}}$$

Coefficiente de expansión ($C_{e(\text{mezcla})}$)

El coeficiente C_e de expansión del fluido es:

$$C_e(\text{Mezcla}) = C_e(\text{agua})$$

El coeficiente de expansión del agua se ha obtenido del *gráfico 9* para una temperatura de 85°C:

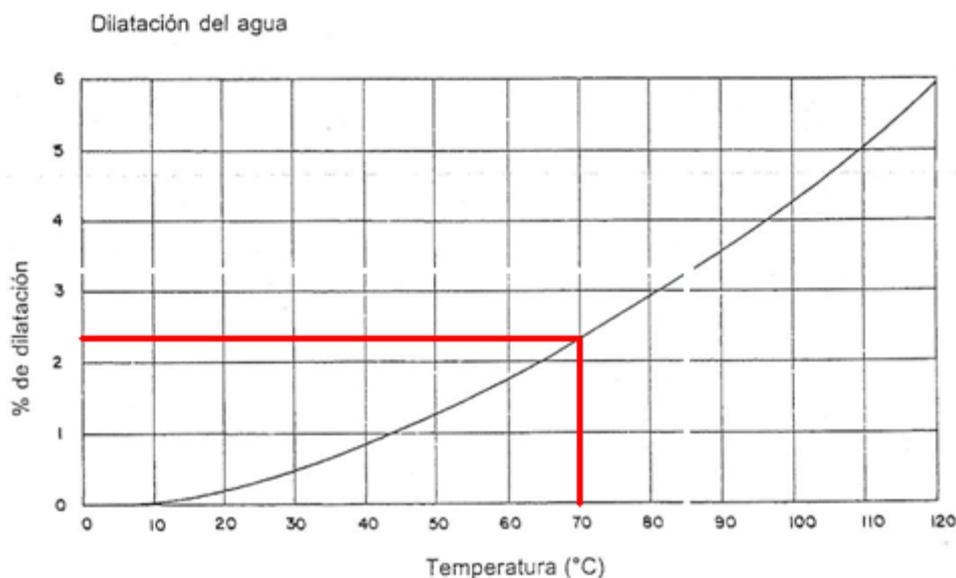


Gráfico 9: Tabla de coeficiente de expansión en función de la temperatura.

$$Ce(\text{Mezcla}) = 2.3\%$$

Volumen de expansión (Ve)

$$Ve = V_t \times Ce = 25.4 \text{ litros} \times 0.023 = 0.6 \text{ litros.}$$

Volumen de reserva (Vr)

Se reservarán 5 litros de fluido caloportador en el circuito:

$$Vr = 5 \text{ litros}$$

Coefficiente de presión (Cp)

$$C_p = \frac{P_M + 1}{P_M - P_m}$$

Donde:

- P_M : Presión máxima = Presión de tarado de la válvula de seguridad $\times 0.9$. $\rightarrow P_M = 5.4 \text{ bar}$

- P_m : Presión mínima. $\rightarrow P_m = 2 \text{ bar}$

$$C_p = \frac{5.4 + 1}{5.4 - 2} = 1.9$$

Volumen útil de vaso de expansión (Vu)

$$Vu = (Ve + Vr) \times C_p = (0.6 + 5) \times 1.9 = 10.64 \text{ litros}$$

El vaso que más se ajusta a nuestras necesidades es de mínimo 10.64 litros, por lo que se ha seleccionado un vaso de expansión de la marca Salvador Escoda, modelo 12 SMF de membrana fija y 12 litros de capacidad. Los cuatro litros sobrantes del vaso de expansión se usarán para almacenar fluido caloportador, de tal manera que si hay alguna pérdida en el circuito este puede aportar el que tiene almacenado. Para esto se tendrá que ajustar la presión del gas inerte del vaso con la presión de funcionamiento del circuito hidráulico.



Figura 53: Vaso de expansión de 12 litros.

1.14 AISLAMIENTOS.

El aislamiento no ha de dejar zonas de alta emisión de calor como tuberías y accesorios al descubierto, quedando únicamente al exterior los elementos que sean necesarios para el buen funcionamiento y operación de los componentes.

La elección del aislamiento viene determinada por varios factores, entre los que destacan:

- *Bajo coeficiente de conductividad térmica.*
- *Precio bajo (incluida la instalación).*
- *Colocación relativamente sencilla.*
- *Gama de temperatura adecuada.*
- *Ser ignífugo.*
- *No ser corrosivo para las superficies con las que estará en contacto.*
- *Ser estable y no enmohecerse.*
- *Resistencia mecánica buena.*
- *Peso específico reducido.*

Las conducciones hidráulicas se aislarán con coquilla de caucho e irán protegidas con pintura de cloro-caucho en zonas exteriores. El aislamiento será espuma elastomérica, tanto en las tuberías exteriores como en las interiores.

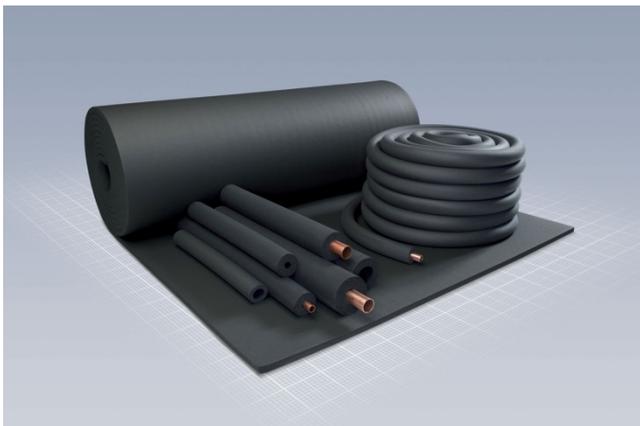


Figura 54: Distintos aislamientos para uso en la instalación.

Las características de la espuma elastomérica son:

- *Temperatura límite: 105°C*
- *Corrosión: No*
- *Ignífugo: Auto extingüibles*
- *Resistencia mecánica: Media*
- *Resistencia al agua: Muy buena*
- *Peso específico: 60 Kg/m*
- *Coefficiente de conductividad (a 20°C): 0,035 W/m°k*

Para calcular el espesor mínimo se usará esta expresión según RITE:

$$e = \frac{D_i}{2} \left[\exp \left(\frac{\lambda}{\lambda_{ref}} \cdot \ln \frac{D_i + 2e_{ref}}{D_i} \right) - 1 \right]$$

Donde:

- D_i : Diámetro interior del aislante (diámetro del conducto).
- λ : Conductividad del aislante (0.035 W/m°k).
- λ_{ref} : Conductividad de referencia (0.04 W/m°k)
- e_{ref} : Espesor de referencia según esta tabla (en interiores se tomará el valor de la tabla mas 10°C):

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

- e : Espesor de aislante (mm)

De esta manera obtenemos esta tabla de espesores mínimos en función de los diámetros de las conducciones.

		Diametros normalizados cobre		Espesor aislamiento	
		Diametro exterior	D interior	Interior	Exterior
Espesor ref	D<35 25	6	4	18	25
		8	6	19	25
		10	8	19	26
		12	10	19	26
		15	13	20	27
		18	16	20	27
		22	20	20	27
		28	26	20	28
		35	33	21	28
Espesor referencia	35<D<60 30	42	40	25	32
		54	51,6	25	33

λ : Conductividad del aislante	0,035 W/m ^o k
λ' : Conductividad del aislante referencia	0,04 W/m ^o k

Tabla 13: Espesores mínimos en función de los diámetros de las conducciones.

Los aislamientos tendrán un espesor superior a estos valores.

Los accesorios no involucrados en la conducción del fluido llevaran un aislamiento proporcionado por el fabricante.

1.15 SISTEMAS DE REGULACIÓN.

Habrà tres sistemas de regulación bien diferenciados.

- 1) Regulación de la instalación solar.
- 2) Regulación sistema compacto para calentamiento de agua de calefacción mediante caldera.
- 3) Regulación sistema compacto de generación de A.C.S instantánea mediante circuito de inercia.
- 4) Regulación apoyo a calefacción mediante depósitos de inercia.
- 5) Regulación de calentamiento de A.C.S en depósito de acumulación.

1.15.1 Regulación de la instalación solar.

La regulación de la instalación solar se llevará a cabo mediante un termostato diferencial solar distribuida por La empresa Salvador Escoda y de denominación RD-MU/2.

El esquema de funcionamiento será este:

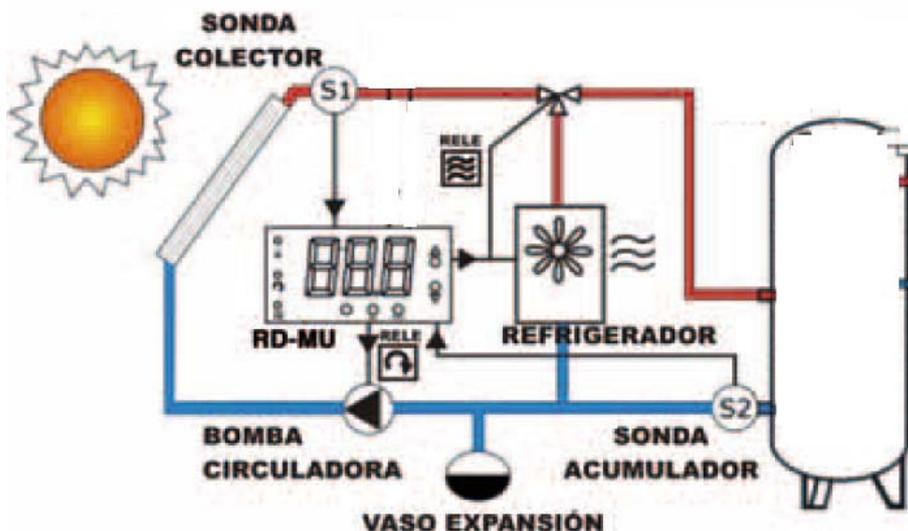


Figura 55: El esquema de funcionamiento termostato diferencial RD-MU/2.

Parámetros:

Calibración sonda colector solar (S1): Permite reajustar por posición y/o distancia de cableado de la temperatura visualizada de la sonda S1.

Calibración sonda depósito acumulador (S2): permite reajustar por posición y/o distancia de cableado de la temperatura visualizada de la sonda S2.

Diferencia de arranque de las bombas circuladoras ($\Delta T=7^{\circ}\text{C}$): Si la diferencia de temperatura entre la sonda S1 y la sonda S2 es mayor que este valor se activan las bombas circuladoras del primario y el secundario.

Diferencia de parada de la bombacirculadora ($\Delta T=2^{\circ}\text{C}$): Si la diferencia de temperatura entre la sonda S1 y la sonda S2 es menor que este valor se desactiva la bomba circuladora.

Alarma temperatura sonda depósito acumulador ($S2>80^{\circ}\text{C}$): Si la temperatura de la sonda depósito acumulador excede este valor, se activan los relés de la válvula que deriva el agua al disipador de calor y que activará también mediante relé.

Alarma temperatura sonda colector solar ($S1>90^{\circ}\text{C}$): Si la temperatura de la sonda colector excede este valor, se activan los relés de la válvula que deriva el agua al disipador de calor y que activará también mediante relé.

Protección antihielo: Cuando la temperatura de la sonda colector ($S1<-10^{\circ}\text{C}$) esté por debajo de este valor, se activará el relé.

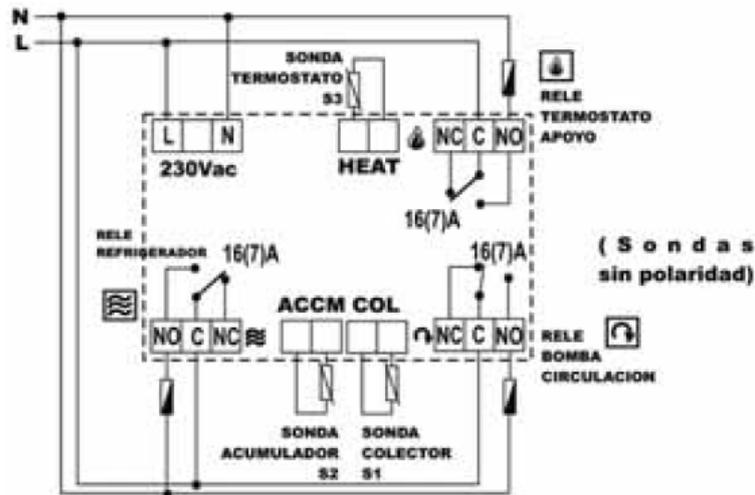


Figura 56: Esquema eléctrico termostato diferencial RD-MU/2.



Figura 57: Termostato diferencia RD-MU/2.

1.15.2 Regulación sistema compacto para calentamiento de agua de calefacción mediante caldera.

Para calentar el agua de retorno de la calefacción se usa un sistema compacto de calentamiento de agua llamado AquaEasy. Este sistema tiene su propio sistema de control por lo que no será necesario ningún dispositivo adicional para su control.

1.15.3 Regulación sistema de generación de A.C.S instantánea mediante circuito de inercia.

El sistema de generación de A.C.S instantánea mediante los depósitos de inercia se lleva a cabo con un kit llamado SolarFlow que dispone de su propio dispositivo de regulación para generar agua a 55°C siempre que la temperatura de los depósitos de inercia tengan la suficiente temperatura.

1.15.4 Regulación apoyo a calefacción mediante depósitos de inercia.

Se llevará a cabo mediante un termostato diferencial que accionará median un relé la bomba circuladora cuando la temperatura en el depósito de inercia más caliente sea 5°C superior a la temperatura de retorno de la calefacción.

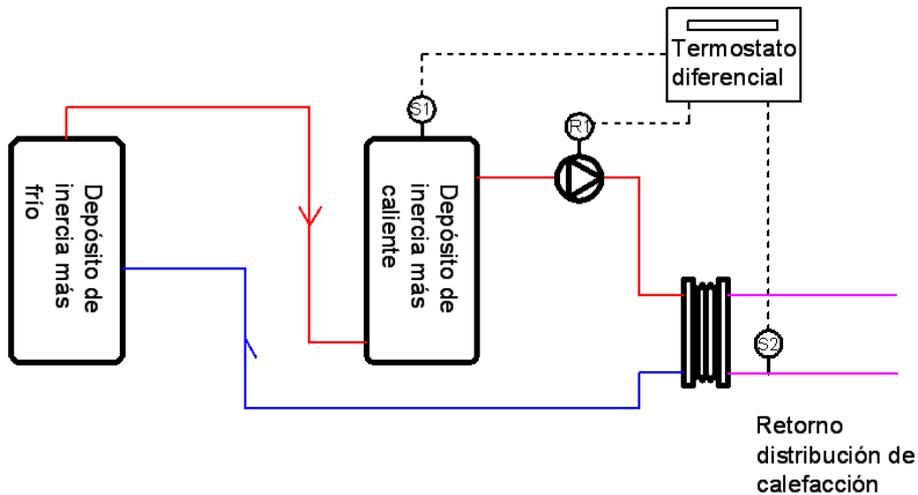


Figura 58: Esquema de termostato diferencial para apoyo a calefacción.

Para esta función seleccionamos el termostato diferencial Allegro 400 compuesto por dos sondas de temperatura y un relé.

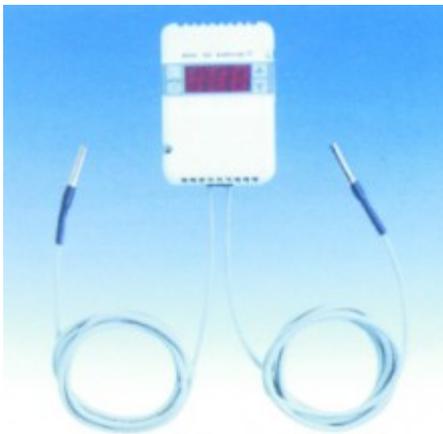


Figura 59: Allegro 400.

1.15.5 Regulación de calentamiento de A.C.S en depósito de acumulación.

El control se realizará mediante un termostato que se encargará de activar las bombas circuladoras del circuito primario y secundario del intercambiador de calor encargado de transmitir la energía térmica del circuito de la caldera al circuito de agua caliente sanitaria. Estas

bombas solo se activarán cuando la temperatura del acumulador de A.C.S esté por debajo de 55°C.

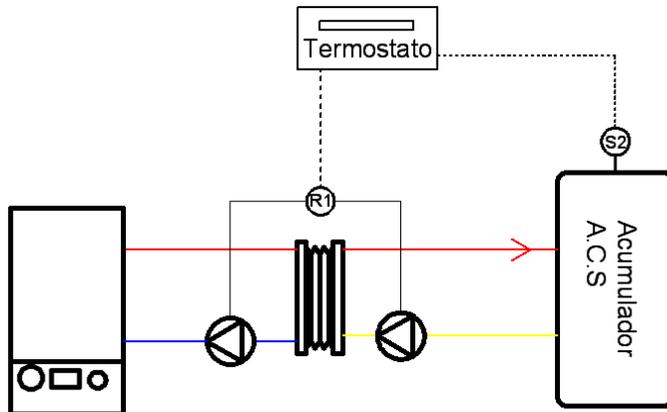


Figura 56: Esquema de termostato para calentamiento de acumulador de A.C.S.

Para esta función seleccionamos el termostato Resol TT1 compuesto por una sonda de temperatura y un relé.



Figura 60: Termostato Resol TT1.

1.16 SISTEMAS DE MEDICIÓN DE ENERGÍA TÉRMICA.

En esta instalación será necesario medir tres flujos energéticos:

- 1) La energía que aporta el campo de captadores solares a la instalación.

- 2) La energía consumida de la caldera para calefacción.
- 3) La energía consumida de la caldera para agua caliente sanitaria.

Estas medidas se llevarán a cabo mediante medidores térmicos. Estos medidores calculan la energía térmica midiendo la diferencia de temperatura entre la ida y el retorno del circuito (salto entálpico), y el caudal. El esquema de funcionamiento viene definida según la figura 61:

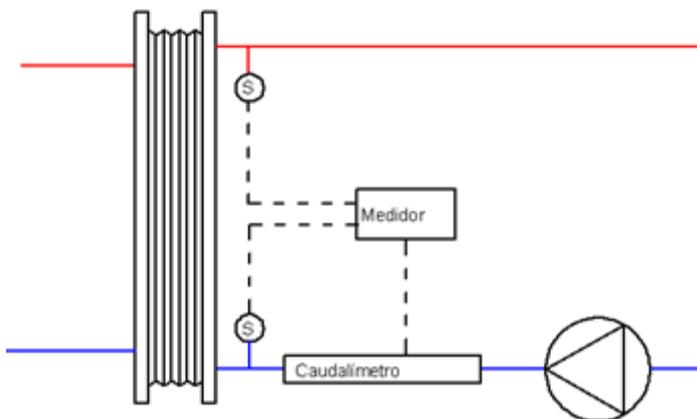


Figura 61

1.16.1 Selección de dispositivos para medición de energía térmica.

La selección de dispositivos se llevará a cabo mediante dos parámetros:

- 1) El rango de temperaturas del circuito a medir.
- 2) El caudal máximo a del circuito a medir.

En términos generales se usaran dispositivo que midan el caudal mediante un caudalímetro ultrasónico ya que son más compactos y su precio no dista de los caudales mecánicos.

Dispositivo para medición de energía que aporta el campo de captadores solares a la instalación.

En este circuito la temperatura no superara los 90°C y el caudal será de 1.5 m³/hora por lo que se ha seleccionado un contador de ultrasonidos compacto modelo Kegus de la marca Conthidra de acuerdo con la tabla 14.

MODELO KEGUS – Ultrasonidos compacto						
Código	DN (mm)	Q _n (m ³ /h)	Longitud (mm)	Roscas Bridas	Interface	Temperatura (°C)
7101506110	15	0,6	110	3/4"	-	90
7101515110	15	1,5	110	3/4"	-	90
7102025130	20	2,5	130	1"	-	90
7302035130	20	3,5	130	1"	-	90
7302535150	25	3,5	150	1 1/4"	-	90

Tabla 14: Selección de contador térmico para campo solar.



Figura 62: Termostato KEGUS de ultrasonidos compacto.

Dispositivo de medición de la energía consumida de la caldera para calefacción.

En este circuito la temperatura no superara los 90°C y el caudal será de 2 m³/hora por lo que se ha seleccionado un contador de ultrasonidos compacto modelo Kergus de la marca Conthidra de acuerdo con la tabla 15.

MODELO KEGUS – Ultrasonidos compacto							
Código	DN (mm)	Q _n (m ³ /h)	Longitud (mm)	Roscas Bridas	Interface	Temperatura (°C)	€/Ud.
7101506110	15	0,6	110	3/4"	-	90	284,40
7101515110	15	1,5	110	3/4"	-	90	284,40
7102025130	20	2,5	130	1"	-	90	293,00
7302035130	20	3,5	130	1"	-	90	340,75
7302535150	25	3,5	150	1 1/4"	-	90	420,75

Tabla 15: Selección de contador térmico para calefacción.

Dispositivo de medición de la energía consumida de la caldera para agua caliente sanitaria.

En este circuito la temperatura no superara los 90°C y el caudal será de 1.27 m³/hora por lo que se ha seleccionado un contador de ultrasonidos compacto modelo Kergus de la marca Conthidra de acuerdo con la tabla 16.

MODELO KEGUS – Ultrasonidos compacto						
Código	DN (mm)	Q_n (m³/h)	Longitud (mm)	Roscas Bridas	Interface	Temperatura (°C)
7101506110	15	0,6	110	3/4"	-	90
7101515110	15	1,5	110	3/4"	-	90
7102025130	20	2,5	130	1"	-	90
7302035130	20	3,5	130	1"	-	90
7302535150	25	3,5	150	1 1/4"	-	90

Tabla 16: Selección de contador térmico para agua caliente sanitaria.

1.17 CERTIFICADOS ENERGÉTICOS.

El certificado energético puntúa el consumo de energía que se necesita para calentar el agua y climatizar un edificio.

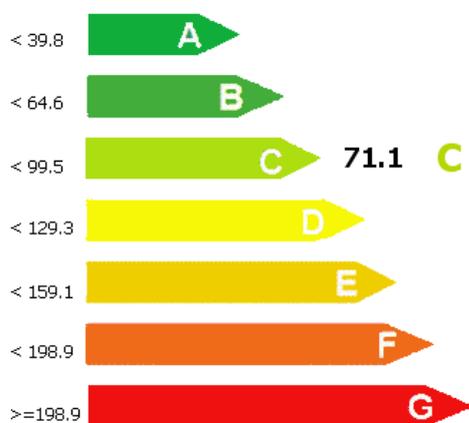
Los factores que determinan una mejor puntuación son la orientación de su vivienda, el tipo de materiales empleados en su construcción, el calentador que se utiliza, el sistema de climatización, y el uso o no de energías renovables.

En este apartado se comprobaba que calificación obtiene el edificio con la instalación aquí proyectada y sin ella. Abra más de un certificado para el caso sin instalación solar, suponiendo el uso de distintos combustibles. Las certificaciones se han llevado a cabo con el programa informático CE3X.

Certificado energético con instalación solar.

Calificación energética de edificios

Indicador kgCO₂/m²



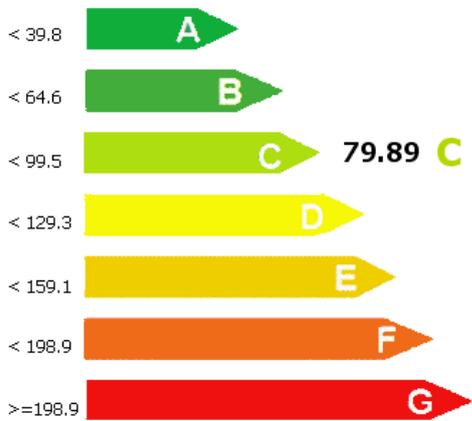
Edificio objeto

Demanda de calefacción (kWh/m ²)	37.07	G
Demanda de refrigeración (kWh/m ²)	41.83	C
Emisiones de calefacción (kg CO ₂ /m ²)	7.54	E
Emisiones de refrigeración (kg CO ₂ /m ²)	24.77	D
Emisiones de ACS (kg CO ₂ /m ²)	0.6	A
Emisiones de iluminación (kg CO ₂ /m ²)	38.19	B

Certificado sin instalación solar (Gas natural)

Calificación energética de edificios

Indicador kgCO₂/m²



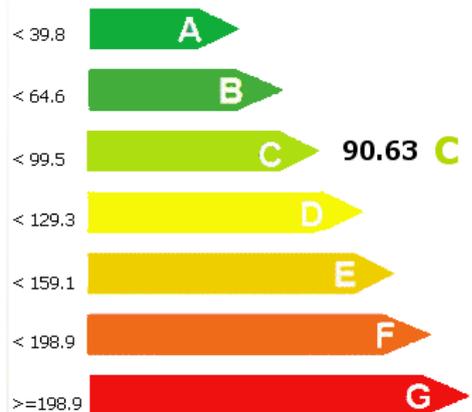
Edificio objeto

Demanda de calefacción (kWh/m ²)	37.07	G
Demanda de refrigeración (kWh/m ²)	41.83	C
Emisiones de calefacción (kg CO ₂ /m ²)	8.38	F
Emisiones de refrigeración (kg CO ₂ /m ²)	24.77	D
Emisiones de ACS (kg CO ₂ /m ²)	8.55	C
Emisiones de iluminación (kg CO ₂ /m ²)	38.19	B

Certificado sin instalación solar (Gases licuados del petróleo)

Calificación energética de edificios

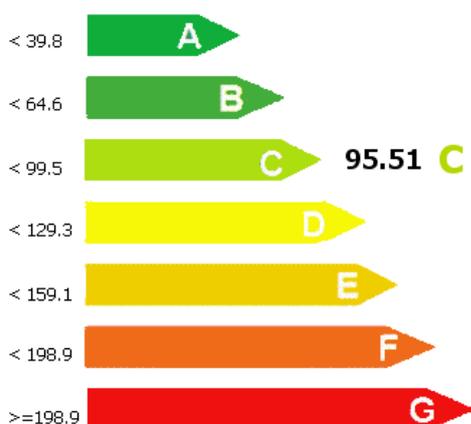
Indicador kgCO₂/m²



Edificio objeto

Demanda de calefacción (kWh/m ²)	37.07	G
Demanda de refrigeración (kWh/m ²)	41.83	C
Emisiones de calefacción (kg CO ₂ /m ²)	13.7	G
Emisiones de refrigeración (kg CO ₂ /m ²)	24.77	D
Emisiones de ACS (kg CO ₂ /m ²)	13.97	E
Emisiones de iluminación (kg CO ₂ /m ²)	38.19	B

Certificado sin instalación solar (Gasoleo-C)

Calificación energética de edificiosIndicador kgCO₂/m²**Edificio objeto**

Demanda de calefacción (kWh/m ²)	37.07	G
Demanda de refrigeración (kWh/m ²)	41.83	C
Emisiones de calefacción (kg CO ₂ /m ²)	16.12	G
Emisiones de refrigeración (kg CO ₂ /m ²)	24.77	D
Emisiones de ACS (kg CO ₂ /m ²)	16.43	F
Emisiones de iluminación (kg CO ₂ /m ²)	38.19	B

Como se puede apreciar, las emisiones de CO₂ del edificio bajan en 10 kg/m² con la instalación solar. Por otro lado cabe destacar que el combustible más adecuado para la caldera es el gas natural, que obtiene mejor puntuación que con calderas de GLP o gasóleo-C.

1.18 ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA.

En este apartado se mostrara la rentabilidad de la ejecución de dicho proyecto.

Antes de hacer el estudio es necesario definir algunos parámetros:

Coste diferencial: Es la diferencia de precios que habrá entre una instalación convencional de A.C.S y calefacción y una no convencional con aporte solar. En este caso será el coste del proyecto menos el coste del circuito de la caldera (incluyendo caldera, intercambiadores de calor, termostato y sistemas de medición) y el circuito de A.C.S (incluyendo el acumulador de A.C.S).

El precio de la parte no solar seria este:

-Caldera: 10455.00 €.

-Kit intercambiador AquaEasy: 2313.00 €.

-Intercambiador. XG10-2-20/20: 805.00 €

-Acumulador A.C.S:1909.00 €.

-20% coste Circuito hidráulico y aislamiento: 1539.70 €.

-Termostato Resol TT1: 177.00 €.

-Contador Térmico Kegel(2.5m³/h): 293.00 €.

-Contador Térmico Kegel(1.5m³/h): 284.40 €.

Total: 17776.10 €.

El precio total de la instalación es de 67256.43 euros, por lo que el coste diferencial será de 49480.33€.

Coste de mantenimiento: Será del 3% del valor de la instalación solar =49480.33€ x 0.02=989€.

Vida útil: 25 años.

Coste actual del KW/h: 0.05 euros/KWh

Ahorro anual: Será la energía aportada por la instalación solar en un año por el coste de esta.

$$\text{Ahorro} = 64958 \text{ KWh} \times 0.05 \text{ euros/KWh} = 3248\text{€}$$

Los resultados económicos se han obtenido mediante el programa Censol 4 que no ofrece estos resultados:

DATOS	RESULTADOS
Años de vida de la instalación: 25	Tiempo de retorno: 20 años
Inversión diferencial: 49480.33	T.R.I.: 2.3 %
Ahorro: 3118	
Mantenimiento: 989	
Indice real de inflación (%): 5	
Incremento de precios (%): 3	
Interés financiero (%): 0	

Ahorro neto anual:

Año 1: 2173

MEMORIA

Año 2:	2218
Año 3:	2262
Año 4:	2307
Año 5:	2352
Año 6:	2398
Año 7:	2443
Año 8:	2489
Año 9:	2534
Año 10:	2579
Año 11:	2625
Año 12:	2669
Año 13:	2714
Año 14:	2758
Año 15:	2802
Año 16:	2845
Año 17:	2887
Año 18:	2928
Año 19:	2968
Año 20:	3007
Año 21:	3045
Año 22:	3081
Año 23:	3116
Año 24:	3149
Año 25:	3179

La instalación muestra ser rentable con una tasa de rentabilidad interna del 2.3%, pero es una baja rentabilidad, por lo que las ganancias serán pequeñas.

El tiempo de retorno de la inversión será a los 20 años. A partir de este momento todos los ahorros energéticos de la instalación serán ganancias.

1.19 CONCLUSIONES.

Con una recuperación de la inversión a los 20 años no se puede decir con rotundidad que la instalación sea rentable respecto al uso exclusivo de gas natural. Por otra parte, teniendo en cuenta que actualmente el gas natural es el combustible más competitivo en la producción de calor de los que se comercializan en España, no es un mal dato el tiempo de recuperación de la inversión.

Adicionalmente hay que añadir que los precios de los combustibles están en una tendencia alcista y no dan señales de que vayan a bajar. Estos precios al alza están motivados por los cada vez mayores costes de explotación, por el aumento de demanda por parte de países emergentes, y la irremediable aproximación a el peak-oil global de todos los combustibles (momento en el que la producción global de los combustibles empieza a disminuir).

Así pues, la rentabilidad de la instalación difícilmente se podrá valorar con exactitud, ya que en síntesis, dependerá de los futuros precios de los demás combustibles, algo muy difícil de predecir teniendo en cuenta la volatilidad de sus precios.

Ante la premisa anteriormente mencionada de que el precio del combustible difícilmente podrá bajar, se pueden dar dos escenarios:

- 1) Escenario 1: El precio de los combustibles crece pero de forma muy moderada. En este caso la rentabilidad económica de la instalación estará reñida con una instalación convencional de gas natural. No obstante, se darán beneficios a partir de 20 años de operación de esta instalación.
- 2) Escenario 2: El precio de los combustibles crece a velocidades más altas de lo esperado, debido a una disminución de producción de combustible y/o a acontecimientos socioeconómicos que afectan al precio de estos. Dada esta posible situación, la instalación quedaría ampliamente rentabilizada, pero probablemente la posibilidad de ampliarla sería más costosa ya que la demanda de este tipo de instalaciones se dispararía produciendo un aumento de precios hasta que el mercado se volviera a estabilizar.

En cuestiones ambientales cabe destacar que este tipo de instalaciones pueden evitar grandes emisiones de gases nocivos a la atmósfera, obteniendo así, un beneficio medioambiental que no pueden ofrecer las instalaciones convencionales. Estos beneficios medioambientales son difíciles de calibrar, ya que, aunque se sabe que cierta cantidad de un cierto combustible puede producir una cantidad concreta de ciertos productos nocivos al quemarlo, todavía no se sabe con exactitud cuáles son, y serán, las consecuencias de estas emisiones en los distintos ecosistemas del mundo.

Con este pequeño análisis se llega a la conclusión de que este tipo de instalación es beneficiosa para este hotel, aunque a priori el estudio de viabilidad económica no indique una alta

rentabilidad, ya que dicho tipo de estudios no son capaces de tener en cuenta el constante encarecimiento de la producción de combustibles o las consecuencias medioambientales.

Documento nº2:

PLIEGO DE CONDICIONES

2 PLIEGO DE CONDICIONES.

Índice:

2.1 OBJETO. *(pag 1)*

2.2 REQUISITOS GENERALES. *(pag 1)*

2.2.1 Fluido de trabajo. *(pag 1)*

2.3 CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO. *(pag 4)*

2.3.1 Sistema de captación. *(pag 4)*

2.3.2 Sistema de acumulación. *(pag 5)*

2.3.3 Sistema de intercambio. *(pag 6)*

2.3.4 Circuito hidráulico. *(pag 6)*

2.3.5 Sistema auxiliar. *(pag 7)*

2.3.6 Sistema eléctrico y de control. *(pag 8)*

2.3.7 Sistema de monitorización. *(pag 8)*

2.4 PRUEBAS Y DOCUMENTACIÓN. *(pag 9)*

2.4.1 Pruebas. *(pag 9)*

2.5 DOCUMENTACIÓN. *(pag 10)*

2.6 CONDICIONES DE MONTAJE. *(pag 11)*

2.6.1 Generalidades. *(pag 11)*

2.6.2 Montaje de estructura soporte y captadores. *(pag 12)*

2.6.3 Montaje de acumulador. *(pag 13)*

2.6.4 Montaje de intercambiador. *(pag 13)*

2.6.5 Montaje de bombas. *(pag 13)*

2.6.6 Montaje de tuberías y accesorios. *(pag 14)*

2.6.7 Montaje de aislamiento. *(pag 15)*

2.6.8 Montaje de contadores. *(pag 16)*

2.6.9 Pruebas de estanqueidad del circuito primario. *(pag 16)*

2.7 REQUISITOS TECNICOS EN EL CONTRATO DE MANTENIMIENTO. *(pag 17)*

2.7.1 Generalidades. *(pag 17)*

2.7.2 Programa de mantenimiento. *(pag 17)*

2.1 OBJETO.

El objeto de este documento es fijar las condiciones técnicas mínimas que debe cumplir la instalación solar térmica para calentamiento de líquido, especificando los requisitos de calidad, durabilidad, fiabilidad y seguridad.

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

2.2 REQUISITOS GENERALES.

2.2.1 Fluido de trabajo.

Como fluido de trabajo en el circuito primario se utilizará agua con un 25% de polipropileno para evitar su congelación.

El pH a 20 °C del fluido de trabajo estará comprendido entre 5 y 9, y el contenido en sales se ajustará a los señalados en los puntos siguientes:

- a) La salinidad del agua del circuito primario no excederá de 500 mg/l totales de sales solubles. En el caso de no disponer de este valor se tomará el de conductividad como variable limitante, no sobrepasando los 650 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- b) El contenido en sales de calcio no excederá de 200 mg/l. expresados como contenido en carbonato cálcico.
- c) El límite de dióxido de carbono libre contenido en el agua no excederá de 50 mg/l.

Fuera de estos valores, el agua deberá ser tratada.

Se evitará cualquier tipo de mezcla de los distintos fluidos que pueden operar en la instalación. En particular, se prestará especial atención a una eventual contaminación del agua potable por el fluido del circuito primario.

Protección contra heladas.

Generalidades

La mínima temperatura a la que se expone la instalación será de 263K. Todas las partes del sistema que estén expuestas al exterior deberán ser capaces de soportar esta temperatura sin daños permanentes en el sistema.

Cualquier componente que vaya a ser instalado en el interior de un recinto donde la temperatura pueda caer por debajo de los 0 °C, deberá estar protegido contra heladas.

Mezcla anticongelante

Como anticongelantes podrán utilizarse los productos, solos o mezclados con agua, que cumplan la reglamentación vigente y cuyo punto de congelación sea inferior a 0 °C . En todo caso, su calor específico no será inferior a 3 kJ/(kgAK), equivalentes a 0,7 kcal/(kgA°C), medido a una temperatura 5 °C menor que la mínima histórica registrada.

Se deberán tomar precauciones para prevenir posibles deterioros del fluido anticongelante como resultado de condiciones altas de temperatura. Estas precauciones deberán de ser comprobadas de acuerdo con UNE-EN 12976-2.

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

Es conveniente que se disponga de un depósito auxiliar (en este caso el vaso de expansión) para reponer las pérdidas que se puedan dar del fluido en el circuito, de forma que nunca se utilice un fluido para la reposición cuyas características incumplan el Pliego. Será obligatorio en los casos de riesgos de heladas y cuando el agua deba tratarse.

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

Sobrecalentamientos

Protección contra sobrecalentamientos.

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

Cuando el sistema disponga de la posibilidad de drenajes como protección ante sobrecalentamientos, la construcción deberá realizarse de tal forma que el agua caliente o vapor del drenaje no supongan ningún peligro para los habitantes y no se produzcan daños en el sistema, ni en ningún otro material en el edificio o vivienda.

Cuando las aguas sean duras se realizarán las previsiones necesarias para que la temperatura de trabajo de cualquier punto del circuito de consumo no sea superior a 60 °C, sin perjuicio de la aplicación de los requerimientos necesarios contra la legionella. En cualquier caso, se dispondrán los medios necesarios para facilitar la limpieza de los circuitos.

Protección contra quemaduras.

En sistemas de agua caliente sanitaria, donde la temperatura de agua caliente en los puntos de consumo pueda exceder de 60 °C deberá ser instalado un sistema automático de mezcla u otro sistema que limite la temperatura de suministro a 60°C, aunque en la parte solar pueda alcanzar una temperatura superior para sufragar las pérdidas. Este sistema deberá ser capaz de soportar la máxima temperatura posible de extracción del sistema solar.

Protección de materiales y componentes contra altas temperaturas.

El sistema deberá ser diseñado de tal forma que nunca se exceda la máxima temperatura permitida por todos los materiales y componentes.

Resistencia a presión.

Se deberán cumplir los requisitos de la norma UNE-EN 12976-1.

En caso de sistemas de consumo abiertos con conexión a la red, se tendrá en cuenta la máxima presión de la misma para verificar que todos los componentes del circuito de consumo soportan dicha presión.

Prevención de flujo inverso.

La instalación del sistema deberá asegurar que no se produzcan pérdidas energéticas relevantes debidas a flujos inversos no intencionados en ningún circuito hidráulico del sistema.

La circulación natural que produce el flujo inverso se puede favorecer cuando el acumulador se encuentra por debajo del captador, por lo que habrá que tomar, en esos casos, las precauciones oportunas para evitarlo.

En sistemas con circulación forzada se aconseja utilizar una válvula anti-retorno para evitar flujos inversos.

Prevención de legionelosis.

Se evitará en cualquier caso la mezcla de agua del circuito de acumulación y calefacción con el de agua caliente sanitaria.

2.3 CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO.

2.3.1 Sistema de captación.

Generalidades.

El captador deberá poseer la certificación emitida por un organismo competente en la materia, según la legislación vigente.

Será necesaria la presentación de la certificación de los ensayos del captador realizados por laboratorio acreditado, así como las curvas de rendimiento obtenidas por el citado laboratorio.

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

Orientación, inclinación y sombras

Los captadores se colocarán dirección Sur y una inclinación de 45°C siendo estos parámetros óptimos para la captación solar.

Conexionado.

Los captadores se dispondrán en filas constituidas por el mismo número de elementos. Las filas de captadores se conectarán entre sí en paralelo.

Se dispondrá de un sistema de retorno invertido para asegurar igual recorrido hidráulico en todas las baterías de captadores.

Se deberá prestar especial atención en la estanqueidad y durabilidad de las conexiones del captador.

Estructura soporte.

El fabricante deberá especificar los valores máximos de s_k (carga de nieve) y v_m (velocidad media de viento) de acuerdo con ENV 1991-2-3 y ENV 1991-2-4.

Esto deberá verificarse durante el diseño calculando los esfuerzos de la estructura soporte de acuerdo con estas normas.

El sistema sólo podrá ser instalado en localizaciones donde los valores de s_k y v_m determinados de acuerdo con ENV 1991-2-3 y ENV 1991-2-4 sean menores que los valores máximos especificados por el fabricante.

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

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

Los topes de sujeción de los captadores y la propia estructura no arrojarán sombra sobre estos últimos.

2.3.2 Sistema de acumulación.

Generalidades.

Los acumuladores para agua caliente y las partes de acumuladores combinados que estén en contacto con agua potable, deberán cumplir los requisitos de UNE EN 12897.

El acumulador será de configuración vertical y se ubicará en zona interior.

Deberá ubicarse un termómetro en un sitio claramente visible por el usuario.

El sistema deberá ser capaz de elevar la temperatura del acumulador a 60°C y hasta 70°C con objeto de prevenir la legionelosis, tal como dispone el RD 865/2003, de 4 de julio.

El acumulador deberá llevar válvulas de corte u otros sistemas adecuados para cortar flujos al exterior del depósito no intencionados en caso de daños del sistema.

Situación conexiones.

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

- a) 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.
- b) La conexión de salida de agua fría del acumulador hacia el intercambiador o los captadores se realizará por la parte inferior de éste.
- c) Habrá que tener en cuenta los niveles térmicos de éstas, de forma que tanto las salidas como los retornos para aplicaciones que requieran un mayor nivel térmico en temperaturas estén por encima de las que requieran un nivel menor.

Las entradas 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.

La conexión de los acumuladores permitirá la desconexión individual de los mismos sin interrumpir el funcionamiento de la instalación.

2.3.3 Sistema de intercambio.

La potencia mínima de diseño del intercambiador independiente, P , en vatios, en función del área de captadores A , en metros cuadrados, cumplirá la condición:

$$P > 600 A$$

El intercambiador independiente será de placas de acero inoxidable o cobre y deberá soportar las temperaturas y presiones máximas de trabajo de la instalación.

2.3.4 Circuito hidráulico.

Generalidades.

Los materiales del circuito deberán cumplir lo especificado en ISO/TR 10217.

Tuberías.

Con objeto de evitar pérdidas térmicas, la longitud de tuberías del sistema deberá ser tan corta como sea posible, evitando al máximo los codos y pérdidas de carga en general.

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.

Bombas.

Las bombas en línea se montarán en las zonas más frías del circuito, teniendo en cuenta que no se produzca ningún tipo de cavitación y siempre con el eje de rotación en posición horizontal.

En instalaciones con superficies de captación superiores a 50 m^2 se montarán dos bombas idénticas en paralelo, dejando una de reserva, tanto en el circuito primario como en el secundario. Se establecerá el funcionamiento alternativo de las mismas, de forma manual.

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

Vasos de expansión.

Los vasos de expansión se conectarán en la aspiración de la bomba.

Cuando no se cumpla el punto anterior, la altura en la que se situarán los vasos de expansión abiertos será tal que asegure el no desbordamiento del fluido y la no introducción de aire en el circuito primario.

Purga de aire.

En los puntos altos de la salida de baterías de captadores y en todos aquellos puntos de la instalación donde pueda quedar aire acumulado, se colocarán sistemas de purga constituidos por botellines de desaireación y purgador manual o automático.

Drenaje.

Los conductos de drenaje de las baterías de captadores se diseñarán en lo posible de forma que no puedan congelarse.

2.3.5 Sistema auxiliar.

El diseño del sistema de energía auxiliar sólo entrará en funcionamiento cuando sea estrictamente necesario.

Se usará un sistema de energía auxiliar un sistemas de gas modulantes en potencia.

El sistema de aporte de energía auxiliar con acumulación o en línea siempre dispondrá de un termostato de control sobre la temperatura de preparación que en condiciones normales de funcionamiento permitirá cumplir con el RD 865/2003. Este punto no será de aplicación en los calentadores instantáneos de gas no modulantes.

2.3.6 Sistema eléctrico y de control.

El diseño del sistema de control asegurará el correcto funcionamiento de las instalaciones, procurando obtener un buen aprovechamiento de la energía solar captada y asegurando un uso adecuado de la energía auxiliar. El sistema de regulación y control comprende los siguientes sistemas:

Control de funcionamiento del circuito primario y secundario.

Sistemas de protección y seguridad de las instalaciones contra sobrecalentamientos, heladas, etc.

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

Con independencia de que realice otras funciones, el sistema de control se realizará por control diferencial de temperaturas, mediante un dispositivo electrónico (módulo de control diferencial, en los esquemas representado por MCD) que compare la temperatura de captadores con la temperatura de acumulación o retorno, como por ejemplo ocurre en la acumulación distribuida. El sistema de control debe actuar y estará ajustado de manera que las bombas no estén en marcha cuando la diferencia de temperaturas sea menor de 2°C y no estén paradas cuando la diferencia sea mayor de 7 °C. La diferencia de temperaturas entre los puntos de arranque y de parada de termostato diferencial no será menor de 2°C.

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

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

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.

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

2.3.7 Sistema de monitorización.

Se deberá disponer al menos de un sistema analógico de medida local que indique como mínimo las siguientes variables:

- Temperatura inferior del acumulador solar.
- Temperatura de captadores.
- Caudal por el circuito primario.

El tratamiento de los datos proporcionará al menos la energía solar térmica acumulada a lo largo del tiempo.

2.4 PRUEBAS Y DOCUMENTACIÓN.

2.4.1 Pruebas.

El suministrador entregará al usuario un documento-albarán en el que conste el suministro de componentes, materiales y manuales de uso y mantenimiento de la instalación. Este documento será firmado por duplicado por ambas partes, conservando cada una un ejemplar.

Las pruebas a realizar por el instalador serán, como mínimo, las siguientes:

Llenado, funcionamiento y puesta en marcha del sistema.

Se probarán hidrostáticamente los equipos y el circuito de energía auxiliar.

Se comprobará que las válvulas de seguridad funcionan y que las tuberías de descarga de las mismas no están obturadas y están en conexión con la atmósfera. La prueba se realizará incrementando hasta un valor de 1,1 veces el de tarado y comprobando que se produce la apertura de la válvula.

Se comprobará la correcta actuación de las válvulas de corte, llenado, vaciado y purga de la instalación.

Se comprobará que alimentando (eléctricamente) las bombas del circuito, éstas entran en funcionamiento y el incremento de presión indicado por los manómetros se corresponde en la curva con el caudal del diseño del circuito.

Se comprobará la actuación del sistema de control y el comportamiento global de la instalación realizando una prueba de funcionamiento diario, consistente en verificar, que, en un día claro, las bombas arrancan por la mañana, en un tiempo prudencial, y paran al atardecer, detectándose en el depósito saltos de temperatura significativos.

Concluidas las pruebas y la puesta en marcha se pasará a la fase de la Recepción Provisional de la instalación, no obstante el Acta de Recepción Provisional no se firmará hasta haber comprobado que todos los sistemas y elementos han funcionado correctamente durante un mínimo de un mes, sin interrupciones o paradas.

2.5 DOCUMENTACIÓN.

La instalación deberá ir provista con un conjunto de instrucciones de montaje y funcionamiento, así como recomendaciones de servicio. Esta documentación deberá incluir todas las instrucciones necesarias para el montaje, instalación, operación y mantenimiento, y todas las de arranque inicial y puesta en servicio.

Los documentos deberán ser guardados en un lugar visible (preferentemente cerca del acumulador), protegidos del calor, agua y polvo.

Documentos con referencia a la puesta en servicio.

La documentación debería incluir:

- a) Todos los supuestos hechos en la carga (ofreciendo conjunto de valores en el intervalo \pm 30 % sobre la carga media seleccionada).
- b) Referencia completa de los datos climáticos usados.
- c) Registro completo del método usado para el dimensionado del área de captadores, sistema(s) de almacenamiento e intercambiador de calor, incluyendo todas los supuestos (fracción solar deseada) y referencia completa a cualquier programa de simulación usado.
- d) Registro completo de los procedimientos usados para el dimensionado hidráulico del circuito de captadores y sus componentes.
- e) Registro completo de procedimientos usados para la predicción del rendimiento térmico del sistema, incluyendo referencia completa al programa de simulación usado.

Documentos de montaje e instalación.

La descripción del montaje e instalación del sistema deberá dar lugar a una instalación correcta de acuerdo con los dibujos del sistema.

Documentos para el funcionamiento.

Los documentos deberán incluir también:

- a) Esquemas hidráulicos y eléctricos del sistema.
- b) Descripción del sistema de seguridad con referencia a la localización y ajustes de los componentes de seguridad. NOTA: Se debería dar una guía para la comprobación del sistema antes de ponerlo en funcionamiento de nuevo después de haber descargado una o más válvulas de seguridad.
- c) Acción a tomar en caso de fallo del sistema o peligro, como está especificado según normativa de seguridad.
- d) Descripción del concepto y sistema de control incluyendo la localización de los componentes del control (sensores). Éstos deberían estar incluidos en el esquema hidráulico del sistema.
- e) Instrucciones de mantenimiento, incluyendo arranque y parada del sistema.
- f) Comprobación de función y rendimiento.

2.6 CONDICIONES DE MONTAJE.

2.6.1 Generalidades.

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

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

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

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

Es responsabilidad del suministrador el comprobar la calidad de los materiales y agua utilizados, cuidando que se ajusten a lo especificado en estas normas, y el evitar el uso de materiales incompatibles entre sí.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Los botellines de purga estarán siempre en lugares accesibles y, siempre que sea posible, visibles.

2.6.2 Montaje de estructura soporte y captadores.

Deberá asegurarse la estanqueidad en los puntos de anclaje.

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

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

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

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

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

2.6.3 Montaje de acumulador y depósitos de inercia.

La estructura soporte para depósitos y su fijación se realizará según la normativa vigente.

2.6.4 Montaje de los intercambiadores.

Se tendrá en cuenta la accesibilidad del intercambiador, para operaciones de sustitución o reparación.

2.6.5 Montaje de bombas.

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

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

Las tuberías conectadas a las bombas en línea se soportarán en las inmediaciones de las bombas de forma que no provoquen esfuerzos recíprocos.

La conexión de las tuberías a las bombas no podrá provocar esfuerzos recíprocos (se utilizarán manguitos antivibratorios cuando la potencia de accionamiento sea superior a 700 W).

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

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

2.6.6 Montaje de tuberías y accesorios.

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

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

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

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

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

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

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

5 cm para cables bajo tubo con tensión inferior a 1000 V.

30 cm para cables sin protección con tensión inferior a 1000 V.

– 50 cm para cables con tensión superior a 1000 V. Las tuberías no se instalarán nunca encima de equipos eléctricos, como cuadros o motores. No se permitirá la instalación de tuberías en huecos y salas de máquinas de ascensores, centros de transformación, chimeneas y conductos de climatización o ventilación.

Las conexiones de las tuberías a los componentes se realizarán de forma que no se transmitan esfuerzos mecánicos. Las conexiones de componentes al circuito deben ser fácilmente desmontables mediante bridas o racores, con el fin de facilitar su sustitución o reparación.

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

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

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

Las uniones de tuberías de acero podrán ser por soldadura o roscadas. Las uniones con valvulería y equipos podrán ser roscadas hasta 20; para diámetros superiores se realizarán las uniones por bridas.

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

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

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

El dimensionado, distancias y disposición de los soportes de tubería se realizará de acuerdo con las prescripciones de UNE 100.152.

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

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

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

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

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

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

2.6.7 Montaje de aislamiento.

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

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

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

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

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

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

2.6.8 Montaje de contadores.

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

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

2.6.9 Pruebas de estanqueidad del circuito primario.

El procedimiento para efectuar las pruebas de estanqueidad comprenderá las siguientes fases:

1. Preparación y limpieza de redes de tuberías. Antes de efectuar la prueba de estanqueidad las tuberías deben ser limpiadas internamente, con el fin de eliminar los residuos procedentes del montaje, llenándolas y vaciándolas con agua el número de veces que sea necesario. Deberá comprobarse que los elementos y accesorios del circuito pueden soportar la presión a la que se les va a someter. De no ser así, tales elementos y accesorios deberán ser excluidos.

2. Prueba preliminar de estanqueidad. Esta prueba se efectuará a baja presión, para detectar fallos en la red y evitar los daños que podría provocar la prueba de resistencia mecánica.

3. Prueba de resistencia mecánica. La presión de prueba será de una vez y media la presión máxima de trabajo del circuito primario, con un mínimo de 3 bar, comprobándose el funcionamiento de las válvulas de seguridad. Los equipos, aparatos y accesorios que no soporten dichas presiones quedarán excluidos de la prueba. La prueba hidráulica de resistencia mecánica tendrá la duración suficiente para poder verificar de forma visual la resistencia estructural de los equipos y tuberías sometidos a la misma.

4. Reparación de fugas. La reparación de las fugas detectadas se realizará sustituyendo la parte defectuosa o averiada con material nuevo. Una vez reparadas las anomalías, se volverá a comenzar desde la prueba preliminar. El proceso se repetirá tantas veces como sea necesario.

2.7 REQUISITOS TÉCNICOS DEL CONTRATO DE MANTENIMIENTO.

2.7.1 Generalidades.

Se realizará un contrato de mantenimiento (preventivo y correctivo) por un período de tiempo al menos igual que el de la garantía.

El mantenimiento preventivo implicará, como mínimo, una revisión anual de la instalación para instalaciones con superficie útil homologada inferior o igual a 20 m², y una revisión cada seis meses para instalaciones con superficies superiores a 20 m².

Las medidas a tomar en el caso de que en algún mes del año el aporte solar sobrepase el 110% de la demanda energética o en más de tres meses seguidos el 100 % son las siguientes:

Vaciado parcial del campo de captadores. Esta solución permite evitar el sobrecalentamiento, pero dada la pérdida de parte del fluido del circuito primario, habrá de ser repuesto por un fluido de características similares, debiendo incluirse este trabajo en su caso entre las labores del contrato de mantenimiento.

Tapado parcial del campo de captadores. En este caso el captador está aislado del calentamiento producido por la radiación solar y a su vez evacua los posibles excedentes térmicos residuales a través del fluido del circuito primario (que sigue atravesando el captador).

Desvío de los excedentes energéticos a otras aplicaciones existentes o redimensionar la instalación con una disminución del número de captadores.

En el caso de optarse por las soluciones expuestas en los puntos anteriores, deberán programarse y detallarse dentro del contrato de mantenimiento las visitas a realizar para el vaciado parcial / tapado parcial del campo de captadores y reposición de las condiciones iniciales. Estas visitas se programarán de forma que se realicen una antes y otra después de cada período de sobreproducción energética. También se incluirá dentro del contrato de mantenimiento un programa de seguimiento de la instalación que prevendrá los posibles daños ocasionados por los posibles sobrecalentamientos producidos en los citados períodos y en cualquier otro período del año.

2.7.2 Programa de mantenimiento.

Objeto. El objeto de este apartado es definir las condiciones generales mínimas que deben seguirse para el adecuado mantenimiento de las instalaciones de energía solar térmica para producción de agua caliente.

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

- a) Vigilancia.
- b) Mantenimiento preventivo.
- c) Mantenimiento correctivo.

Plan de vigilancia

El plan de vigilancia se refiere básicamente a las operaciones que permiten asegurar que los valores operacionales de la instalación sean correctos. Es un plan de observación simple de los parámetros funcionales principales, para verificar el correcto funcionamiento de la instalación. Será llevado a cabo, normalmente, por el usuario, que asesorado por el instalador, observará el correcto comportamiento y estado de los elementos, y tendrá un alcance similar al descrito en esta tabla:

PLIEGO DE CONDICIONES

<i>Elemento de la instalación</i>	<i>Operación</i>	<i>Frecuencia (meses)</i>	<i>Descripción</i>
Captadores	Limpieza de cristales	A determinar	Con agua y productos adecuados.
	Cristales	3	IV - Condensaciones en las horas centrales del día.
	Juntas	3	IV - Agrietamientos y deformaciones.
	Absorbedor	3	IV - Corrosión, deformación, fugas, etc.
	Conexiones	3	IV - Fugas.
	Estructura	3	IV - Degradación, indicios de corrosión.
Circuito primario	Tubería, aislamiento y sistema de llenado	6	IV - Ausencia de humedad y fugas.
	Purgador manual	3	Vaciar el aire del botellín.
Circuito secundario	Termómetro	Diaria	IV - Temperatura.
	Tubería y aislamiento	6	IV - Ausencia de humedad y fugas.
	Acumulador solar	3	Purgado de la acumulación de lodos de la parte superior del depósito.

IV: Inspección visual.

Plan de mantenimiento preventivo.

Son operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otras, que aplicadas a la instalación deben permitir mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la misma.

El mantenimiento preventivo implicará, como mínimo, una revisión anual de la instalación para aquellas instalaciones con una superficie de captación inferior a 20 m² y una revisión cada seis meses para instalaciones con superficie de captación superior a 20 m².

El plan de mantenimiento debe realizarse por personal técnico especializado que conozca la tecnología solar térmica y las instalaciones mecánicas en general. La instalación tendrá un libro de mantenimiento en el que se reflejen todas las operaciones realizadas, así como el mantenimiento correctivo.

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

En las siguientes tablas se definen las operaciones de mantenimiento preventivo que deben realizarse en las instalaciones de energía solar térmica para producción de agua caliente, la periodicidad mínima establecida (en meses) y descripciones en relación con las prevenciones a observar.

Sistema de captación.

PLIEGO DE CONDICIONES

<i>Equipo</i>	<i>Frecuencia (meses)</i>	<i>Descripción</i>
Captadores	6	IV- Diferencias sobre original.
		IV- Diferencias entre captadores.
Cristales	6	IV- Condensaciones y suciedad.
Juntas	6	IV- Agrietamientos, deformaciones.
Absorbedor	6	IV- Corrosión, deformaciones.
Carcasa	6	IV- Deformación, oscilaciones, ventanas de respiración.
Conexiones	6	IV- Aparición de fugas.
Estructura	6	IV- Degradación, indicios de corrosión y apriete de tornillos.
Captadores (*)	12	Tapado parcial del campo de captadores
Captadores (*)	12	Destapado parcial del campo de captadores
Captadores (*)	12	Vaciado parcial del campo de captadores
Captadores (*)	12	Llenado parcial del campo de captadores

IV: Inspección visual

(*) Estas operaciones se realizarán, según proceda, en el caso de que se haya optado por el tapado o vaciado parcial de los captadores para prevenir el sobrecalentamiento.

Sistema de acumulación.

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

Sistema de intercambio.

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

CF: Control de funcionamiento.

PLIEGO DE CONDICIONES

Circuito hidráulico.

<i>Equipo</i>	<i>Frecuencia (meses)</i>	<i>Descripción</i>
Fluido refrigerante	12	Comprobar su densidad y pH.
Estanqueidad	24	Efectuar prueba de presión.
Aislamiento al exterior	6	IV - Degradación protección uniones y ausencia de humedad.
Aislamiento al interior	12	IV - Uniones y ausencia de humedad.
Purgador automático	12	CF y limpieza.
Purgador manual	6	Vaciar el aire del botellín.
Bomba	12	Estanqueidad.
Vaso de expansión cerrado	6	Comprobación de la presión.
Vaso de expansión abierto	6	Comprobación del nivel.
Sistema de llenado	6	CF - Actuación.
Válvula de corte	12	CF - Actuaciones (abrir y cerrar) para evitar agarrotamiento.
Válvula de seguridad	12	CF - Actuación.

CF: Control de funcionamiento.
IV: Inspección visual.

Sistema eléctrico de control.

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

CF: Control de funcionamiento.

Sistema de energía auxiliar.

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

CF: Control de funcionamiento.

Dado que el sistema de energía auxiliar no forma parte del sistema de energía solar propiamente dicho, sólo será necesario realizar actuaciones sobre las conexiones del primero a este último, así como la verificación del funcionamiento combinado de ambos sistemas. Se deja un mantenimiento más exhaustivo para la empresa instaladora del sistema auxiliar.

Mantenimiento correctivo.

Son operaciones realizadas como consecuencia de la detección de cualquier anomalía en el funcionamiento de la instalación, en el plan de vigilancia o en el de mantenimiento preventivo.

Incluye la visita a la instalación, en los mismos plazos máximos indicados en el apartado de Garantías, cada vez que el usuario así lo requiera por avería grave de la instalación, así como el análisis y elaboración del presupuesto de los trabajos y reposiciones necesarias para el correcto funcionamiento de la misma.

Los costes económicos del mantenimiento correctivo, con el alcance indicado, forman parte del precio anual del contrato de mantenimiento. Podrán no estar incluidas ni la mano de obra, ni las reposiciones de equipos necesarias.

Garantías.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

El suministrador atenderá el aviso en un plazo de:

a) 24 horas, si se interrumpe el suministro de agua caliente, procurando establecer un servicio mínimo hasta el correcto funcionamiento de ambos sistemas (solar y de apoyo).

b) 48 horas, si la instalación solar no funciona. una semana, si el fallo no afecta al funcionamiento.

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

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

Documento n°3:

PRESUPUESTO

3. Presupuesto.

Índice:

- 3.1 SISTEMA DE CAPTACIÓN. *(pag 1)*
- 3.2 SISTEMA DE ACUMULACIÓN. *(pag 1)*
- 3.3 SISTEMAS DE INTERCAMBIO DE CALOR. *(pag 1)*
- 3.4 SISTEMA DE DISIPACIÓN DE CALOR. *(pag 2)*
- 3.5 CIRCUITOS HIDRÁULICOS. *(pag 2)*
- 3.6 AISLAMIENTOS. *(pag 3)*
- 3.7 SISTEMA AUXILIAR. *(pag 3)*
- 3.8 SISTEMA DE REGULACIÓN Y MEDIDA. *(pag 3)*
- 3.9 COSTE MATERIAL TOTAL. *(pag 4)*
- 3.10 COSTE TOTAL. *(pag 4)*

3.1 SISTEMA DE CAPTACIÓN.

Cantidad	Unidad	Concepto	Precio unitario(€)	Precio total(€)
30	unidades	Captador solar marca Junkers modelo FKC-2 s	630.00	18900.00
3	unidades	Estructura metálica FKF 3-2	195.00	585.00
27	unidades	Estructura metálica FKF 4-2	120.00	3240.00
12	unidades	Estructura metálica FKF 8-2	80.00	960.00
30	unidades	Bandeja de lastrado FKF7-2	125.00	3750.00
3	unidades	Kit de conexión FS17-2 CTE	50.00	150.00

Precio total: 27585.00 €

3.2 SISTEMA DE ACUMULACIÓN E INERCIA.

Cantidad	Unidad	Concepto	Precio unitario(€)	Precio total(€)
2	unidades	Depósito de inercia marca Lapesa modelo MV-2000 I	2442.00	4884.00
1	unidades	Acumulador de A.C.S marca Lapesa modelo Coral Vitro de 750 litros de capacidad	1909.00	1909.00

Precio total: 6793.00 €

3.3 SISTEMAS DE INTERCAMBIO DE CALOR.

Cantidad	Unidad	Concepto	Precio unitario(€)	Precio total(€)
1	unidades	Intercambiador de placas marca Danfoss modelo Danfoss XGC-C009-H-50.	1856.00	1856.00
1	unidades	Intercambiador de placas marca Danfoss modelo Danfoss XGC-C009-L-20.	1210.00	1210.00
1	unidades	Intercambiador de placas marca Danfoss modelo Danfoss XGM032L-1-40.	905.00	805.00
1	unidades	Kit de generación de A.C.S SolarFlow50	3902.00	3902.00
1	unidades	Kit de calentamiento de agua de calefacción	2313.00	2313.00

PRESUPUESTO

		AquaEasy3B3240.		
17	litros	Fluido anticongelante (propilenglicol)	3.50	59.50

Precio total: 10245.50 €

3.4 SISTEMA DE DISIPACIÓN DE CALOR.

Cantidad	Unidad	Concepto	Precio unitario(€)	Precio total(€)
1	unidades	Disipador de calor dinámico de chapa de marca Escosol y modelo BD 56	1620.00	1620.00

Precio total: 1620.00 €

3.5 CIRCUITO HIDRÁULICO.

Cantidad	Unidad	Concepto	Precio unitario(€)	Precio total(€)
21	Metros lineales	Tubería de cobre sanitario de 22 mm	3.27	68.67
27	Metros lineales	Tubería de cobre sanitario de 28 mm	4.35	117.45
57	Metros lineales	Tubería de cobre sanitario de 35 mm	5.85	333.45
18	Metros lineales	Tubería de cobre sanitario de 42 mm	6.93	124.74
15	Metros lineales	Tubería de cobre sanitario de 52 mm	8.23	123.45
12	unidades	Válvula de esfera de 22mm	6.90	82.80
31	unidades	Válvula de esfera de 35mm	17.01	527.31
8	unidades	Válvula de esfera de 42mm	26.05	208.40
5	unidades	Válvula de retención	8.26	41.30
5	unidades	Válvula de seguridad de 6 bar	13.00	65.00
5	unidades	Purgador automático	5.30	26.50
1	unidades	Válvula automática de tres vías	110.00	110.00
1	unidades	Vaso de expansión de 300 litros	716.00	716.00
1	unidades	Vaso de expansión de 80 litros	170.00	170.00
	unidades	Vaso de expansión de 12 litros	33.00	33.00
5	unidades	Manómetro de aguja	7.42	37.10
2	unidades	Bomba circuladora Grundfos UP 15-50 130	210.00	420.00
6	unidades	Bomba circuladora Grundfos MAGMA1 25-80	619.00	3714.00
2	unidades	Bomba circuladora Grundfos MAGMA1 32-80	721.00	721.00

Precio total: 7540.17€**3.6 AISLAMIENTOS.**

Cantidad	Unidad	Concepto	Precio unitario(€)	Precio total(€)
21	Metros lineales	Aislamiento tubular flexible autoadhesivo flexible clase M1 (Diámetro 22mm/espesor 30mm)	7.53	158.13
27	Metros lineales	Aislamiento tubular flexible autoadhesivo flexible clase M1 (Diámetro 28mm/espesor 30mm)	8.99	242.73
57	Metros lineales	Aislamiento tubular flexible autoadhesivo flexible clase M1 (Diámetro 35mm/espesor 30mm)	9.57	545.49
18	Metros lineales	Aislamiento tubular flexible autoadhesivo flexible clase M1 (Diámetro 42mm/espesor 30mm)	9.57	172.26
15	Metros lineales	Aislamiento tubular flexible autoadhesivo flexible clase M1 (Diámetro 55mm/espesor 35mm)	12.25	183.75
5	litros	Pintura para protección de aislamiento exterior	30.74	153.70

Precio total: 1456.06€**3.7 SISTEMA AUXILIAR.**

Cantidad	Unidad	Concepto	Precio unitario(€)	Precio total(€)
1	unidades	Caldera de pie Marca Vaillant y modelo ecoCRAFT exclusiv	10455.00	10455.00

Precio total: 10455.00€**3.8 SISTEMA DE REGULACIÓN Y MEDIDA.**

Cantidad	Unidad	Concepto	Precio unitario(€)	Precio total(€)
1	unidades	Regulador solar marca Escosol y modelo RD-MU/2 (sondas incluidas)	102.00	102.00

PRESUPUESTO

1	unidades	Termostato Resol TT1	177.00	177.00
1	unidades	Termostato diferencial Allegro 400	62.30	62.30
2	unidades	Contador de Calorías Compacto de marca Conthidra y modelo Kegel (2.5 m³/h)	293.00	586.00
1	unidades	Contador de Calorías Compacto de marca Conthidra y modelo Kegel (1.5 m³/h)	284.40	284.40
1	unidades	Cuadro eléctrico incluidos los relés de activación de las centralitas un relé magnetotérmico y otro diferencial)	450.00	450.00

Precio total: 1661.70€

3.9 COSTE MATERIAL TOTAL.

Sistema de captación	27585.00 €
Sistema de acumulación	6793.00 €
Sistema de intercambio de calor	10145.50 €
Sistema de disipación de calor	1620.00 €
Circuito hidráulico	7540.17€
Aislamientos	1456.06€
Sistema auxiliar	10455.00€
Sistema de regulación	1661.70€

Coste material total	67256.43€
-----------------------------	------------------

3.10 COSTE TOTAL.

En este apartado se tendrá en cuenta además del coste material, el coste de tramitación, de construcción y puesta en marcha de esta instalación. Estos costes serán aproximadamente el 10% del coste material de la instalación. Por lo que el coste total de la instalación será:

$$\text{Coste total} = \text{Coste material} \times \frac{110\%}{100} = 67256.43\text{€} \times \frac{110\%}{100} = 73982.07 \text{ €}$$

Teniendo en cuenta el impuesto del I.V.A.(21%)

Coste total de la instalación será de: **89518.30 €**

La totalidad del proyecto costará: **Ochenta y nueve mil quinientos dieciocho euros y treinta céntimos.**

Documento nº4:

PLANOS

4 PLANOS.

Índice:

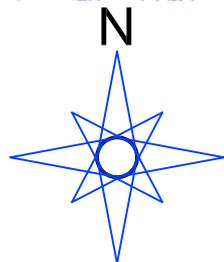
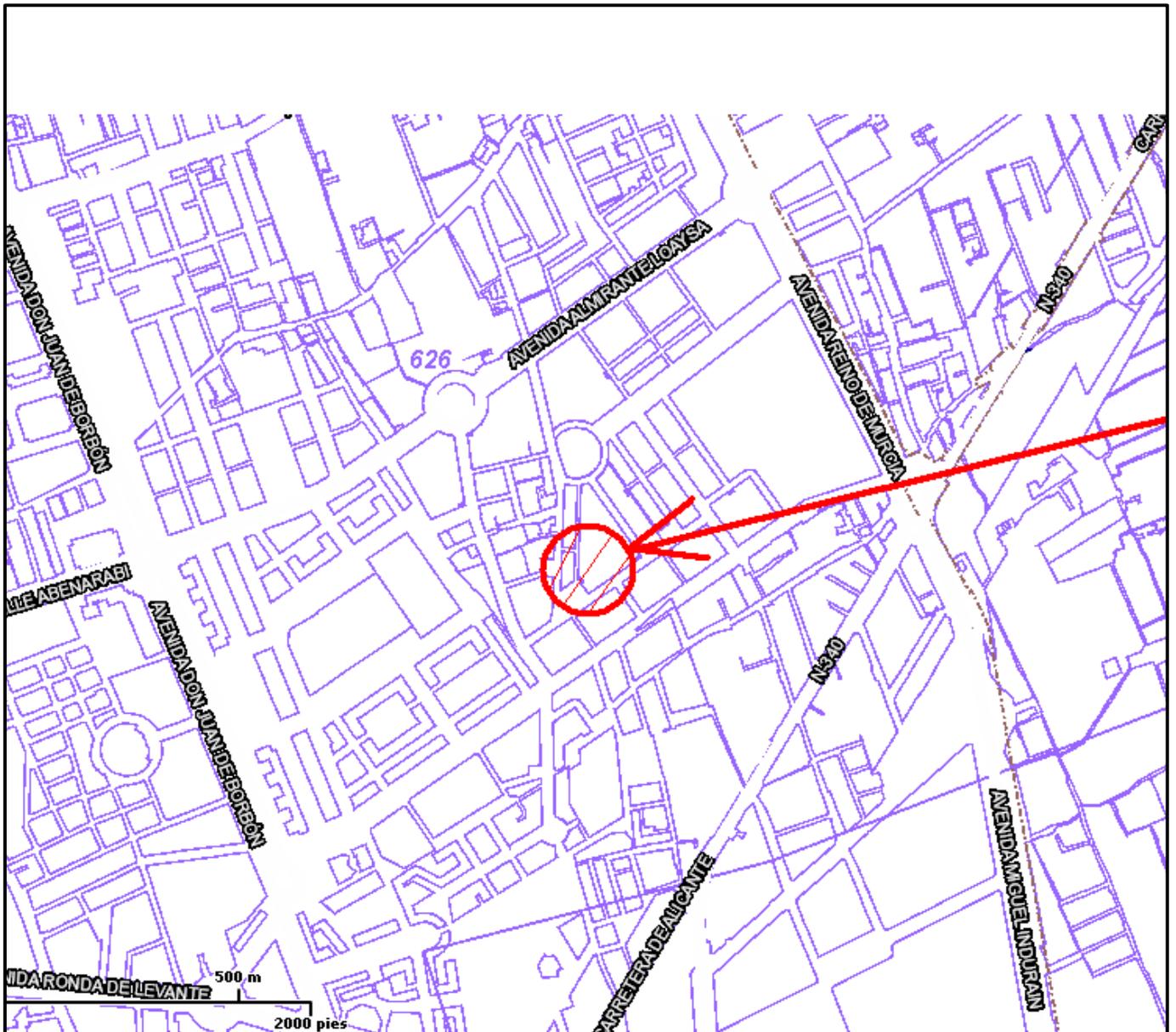
4.1 PLANOS DE SITUACIÓN

4.2 PLANO DE EMPLAZAMIENTO

4.3 ESQUEMA HIDRÁULICO DE INSTALACIÓN

4.4 CONEXIONES DE LOS COLECTORES

4.5 INSTALACIÓN INTERIOR EN ISOMÉTRICO



PROYECTO:

Instalación solar térmica para agua caliente sanitaria y apoyo a calefacción en hotel

LOCALIZACIÓN:

Ciudad de Murcia

AUTOR:

Cristóbal Bastida Abellán

PLANO:

Plano de situación del hotel de tres estrellas

FECHA:

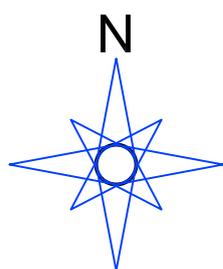
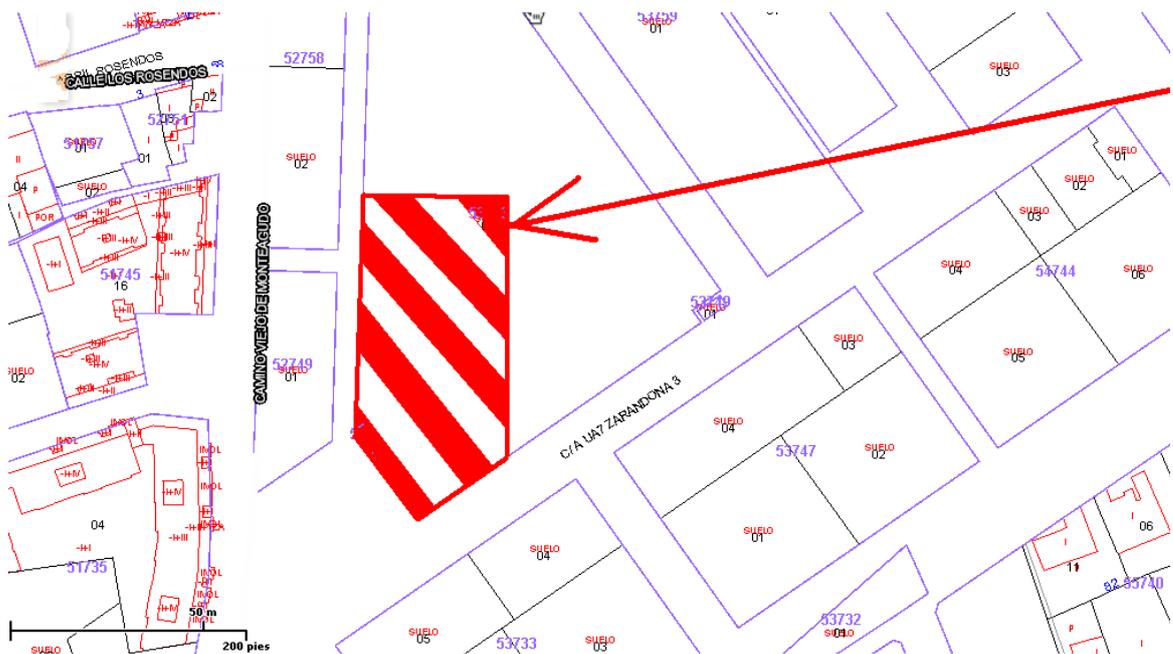
Febrero de 2014

Nº PLANO:

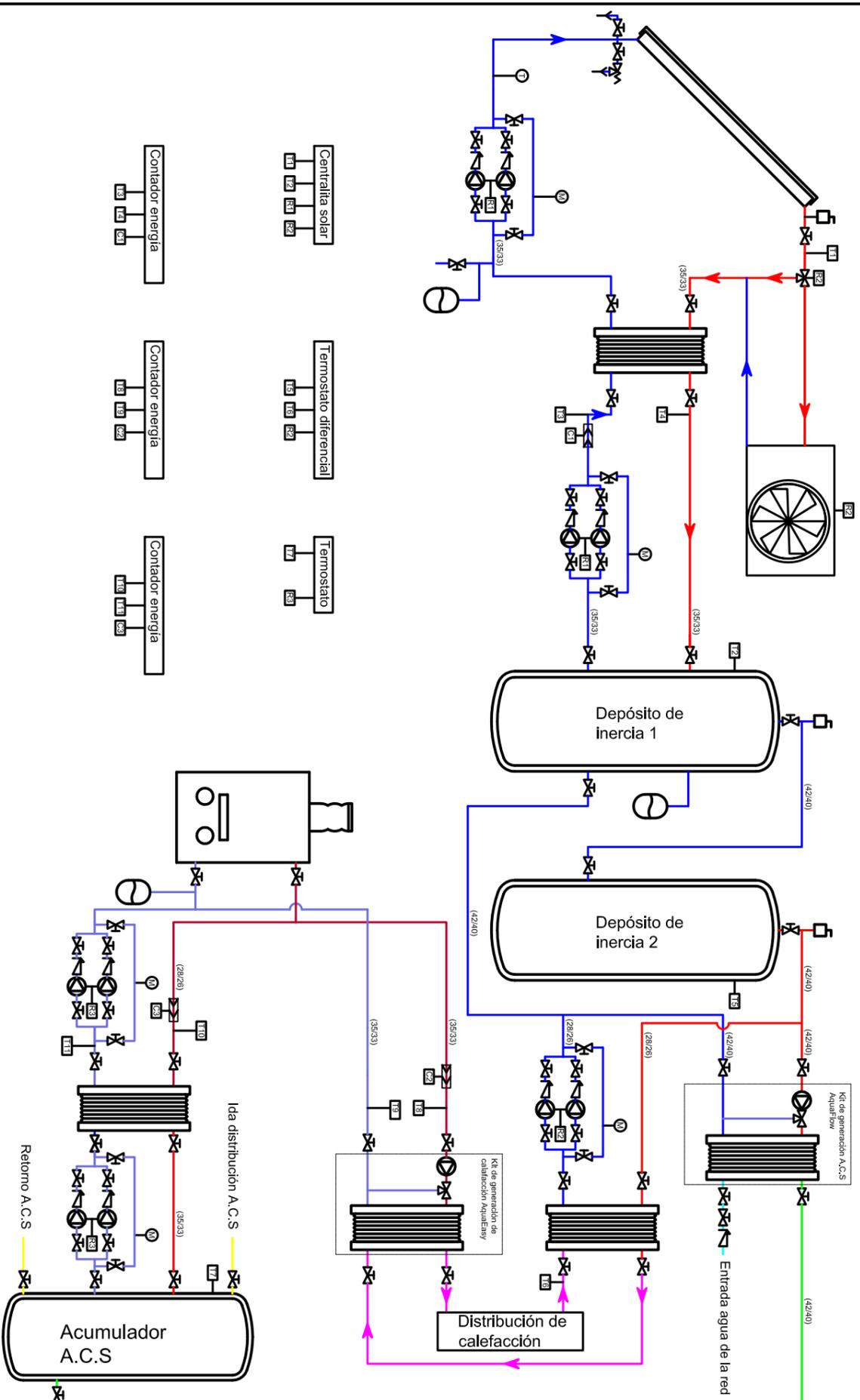
1

ESCALA:

1/10000



	PROYECTO: Instalación solar térmica para agua caliente sanitaria y apoyo a calefacción en hotel	
	LOCALIZACIÓN: Ciudad de Murcia	AUTOR: Cristóbal Bastida Abellán
PLANO: Plano de emplazamiento del hotel de tres estrellas	FECHA: Febrero de 2014	Nº PLANO: 2
	ESCALA: 1/1000	



	Bomba circuladora
	Relé
	Caudalímetro.
	Sonda de temperatura.
	Termómetro
	Manómetro
	Fluido caliente
	Fluido frío
	Retorno caldera.
	Salida caldera.
	Salida generador de A.C.S instantanea.
	Distribución A.C.S.
	Circuito calefacción
	Disipador de calor dinámico
	Purgador de aire
	Toma a desagüe
	Válvula de seguridad
	Válvula de tres vías automática
	Válvula
	Válvula antirretorno
	Vaso de expansión



PROYECTO:
 Instalación solar térmica para agua caliente sanitaria y apoyo a calefacción en hotel

LOCALIZACIÓN:
 Ciudad de Murcia

AUTOR:
 Cristóbal Bastida Abellán

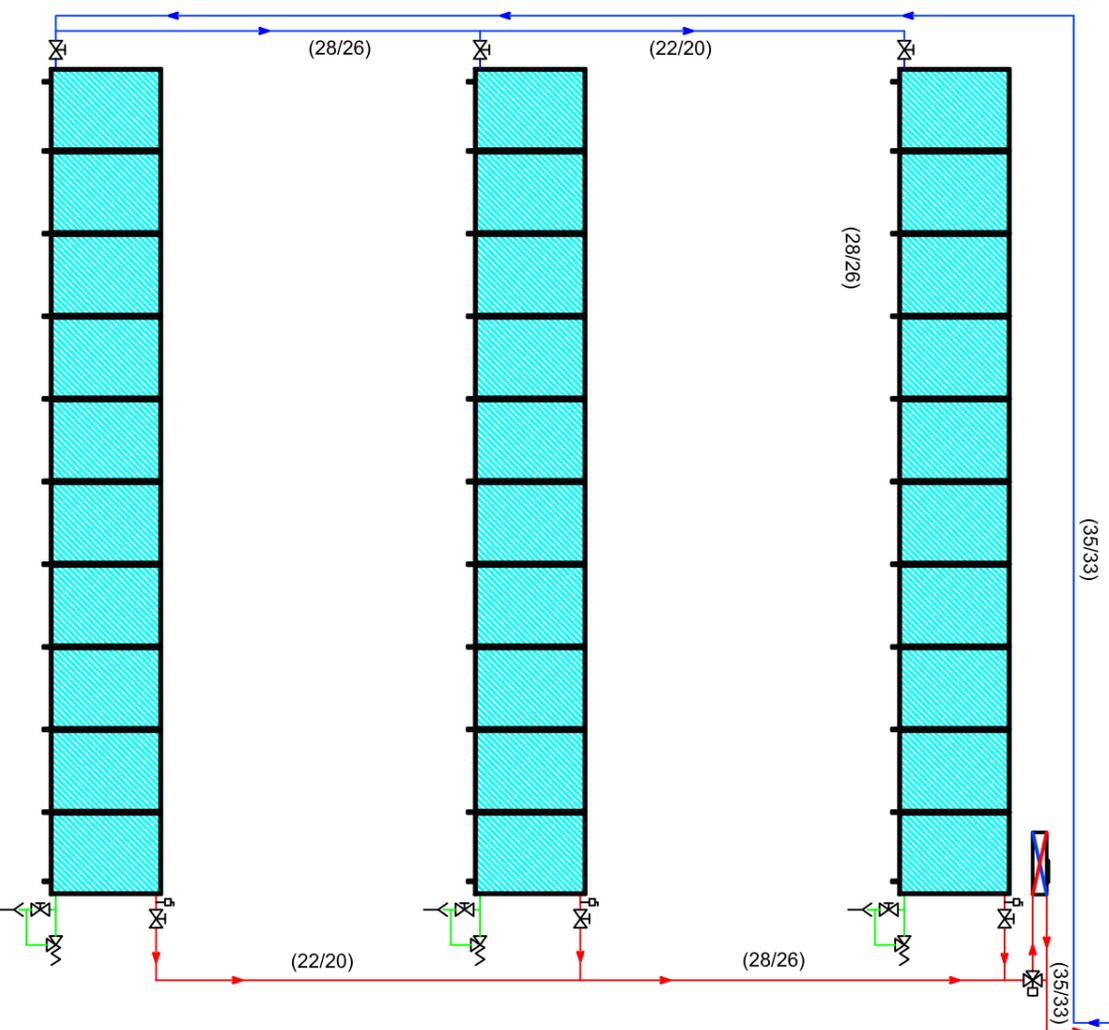
PLANO:
 Esquema hidráulico instalación.

FECHA:
 Febrero de 2014

ESCALA:
 Sin escala

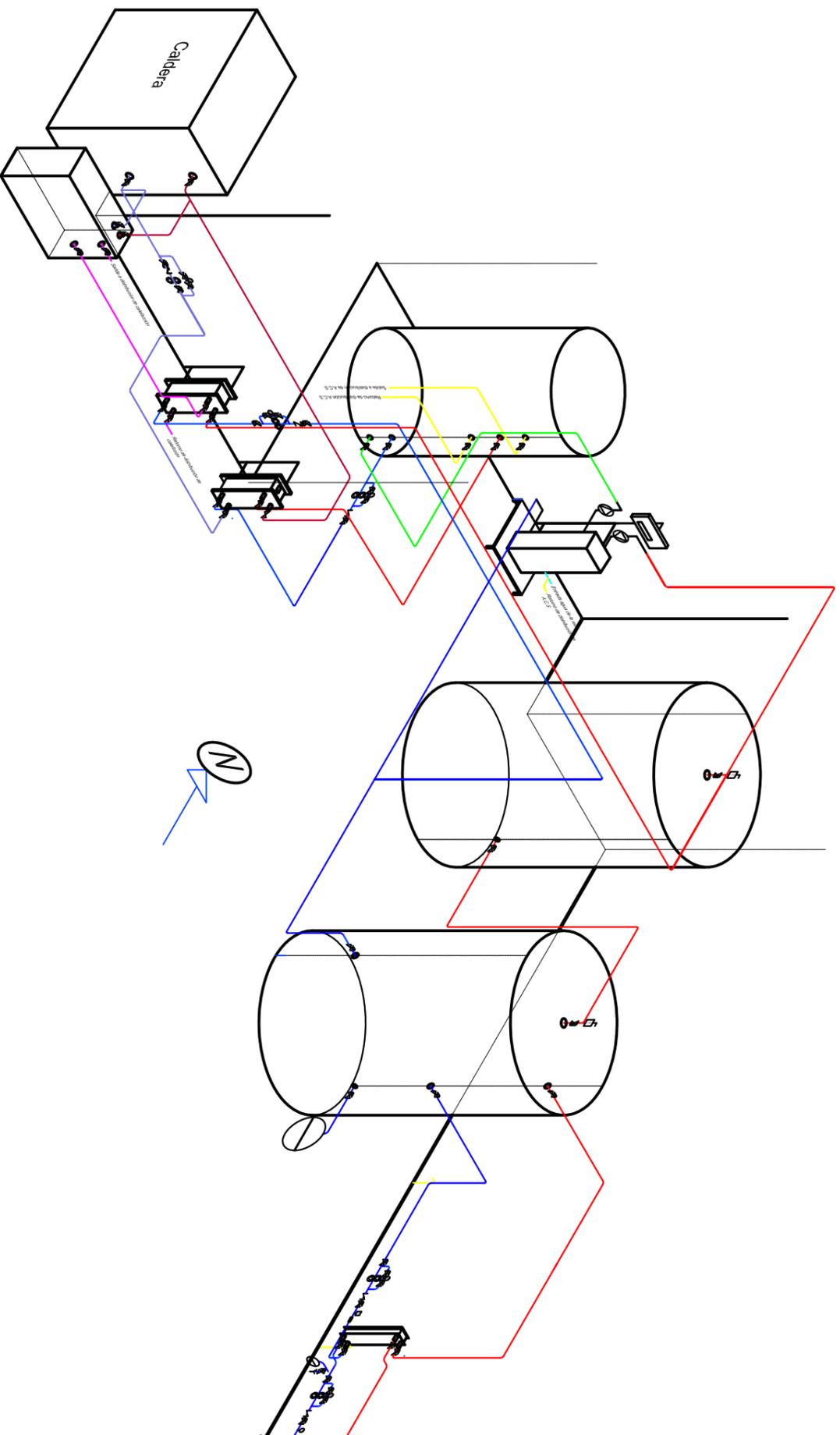
Nº PLANO:
 3

Sala de máquinas



Azotea

	Fluido caliente
	Fluido frío
	Disipador de calor dinámico
	Purgador de aire
	Toma a desagüe
	Válvula de seguridad
	Válvula de tres vías automática
	Válvula
 <p>PROYECTO: Instalación solar térmica para agua caliente sanitaria y apoyo a calefacción en hotel</p>	
<p>LOCALIZACIÓN: Ciudad de Murcia</p>	
<p>AUTOR: Cristóbal Bastida Abellán</p>	
<p>PLANO: Conexión de los colectores</p>	
FECHA: Febrero de 2014	Nº PLANO: 4
ESCALA: 1/100	



	Bomba circuladora
	Relé
	Caudalímetro.
	Sonda de temperatura.
	Termómetro
	Manómetro
	Fluido caliente
	Fluido frío
	Retorno caldera.
	Salida caldera.
	Salida generador de A.C.S instantanea.
	Distribución A.C.S.
	Circuito calefacción
	Purgador de aire
	Toma a desagüe
	Válvula de seguridad
	Válvula
	Válvula antirretorno
	Vaso de expansión



PROYECTO:
 Instalación solar térmica para agua
 caliente sanitaria y apoyo a
 calefacción en hotel

LOCALIZACIÓN:
 Ciudad de Murcia

AUTOR:
 Cristóbal Bastida Abellán

PLANO:
 Instalación interior en isométrico.

FECHA: Febrero de 2014	Nº PLANO: 5
ESCALA: 1:20	