

# **ANEXO 1; CÁLCULOS ENERGÍA SOLAR TÉRMICA**

Índice;

- 1.1 Normativa
- 1.2 Datos de partida
- 1.3 Diseño del sistema de captación
  - 1.3.1 Estimación del consumo de ACS.
  - 1.3.2 Necesidades energéticas diarias y mensuales.
  - 1.3.3 Orientación e inclinación del campo de captación.
  - 1.3.4 Energía total teórica.
  - 1.3.5 Rendimiento del colector solar
  - 1.3.6 Energía neta disponible diaria y mensual por m<sup>2</sup> de colector solar
  - 1.3.7 Cálculo de la superficie de los captadores.
  - 1.3.8 Aportación solar
  - 1.3.9 Distancia mínima entre filas de captadores.
  - 1.3.10 Conexión de captadores.
- 1.4 Diseño del sistema de acumulación
- 1.5 Diseño de tuberías.
  - 1.5.1 Circuito primario.
  - 1.5.2 Circuito secundario.
  - 1.5.3 Circuito entre acumuladores.
- 1.6 Diseño del sistema de intercambio.
  - 1.6.1 Tipo de intercambiador
  - 1.6.2 Cálculo del intercambiador.
- 1.7 Cálculo de bombas.
  - 1.7.1 Bomba circuito primario.
  - 1.7.2 Bomba circuito secundario.
  - 1.7.3 Bomba del circuito entre acumuladores.
- 1.8 Aislamiento de tuberías.
- 1.9 Volumen del vaso de expansión.
- 1.10 Sistema de control.
- 1.11 Rentabilidad.

## 1.1 Normativa

Esta memoria ha sido redactada y los cálculos realizados en estricto cumplimiento de la normativa vigente en la fecha en que se produce la redacción, pasando a continuación a citar todas aquellas a que nos referimos:

- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Térmicas Complementarias, aprobadas por el Real Decreto 1207/2007 de 20 de Julio, y normas UNE a las que hace referencia.
- Código Técnico de la Edificación y sus documentos básicos en especial el DB HE Ahorro de energía, sección HE 4 y DB HS Salubridad, sección HS 4.
- Pliego de condiciones técnicas en instalaciones de baja temperatura.
- Manual de Energía Solar Térmica, Junta de Andalucía.
- Texto refundido de las especificaciones Técnicas de diseño y montaje de instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente y las modificaciones de aplicación en el programa Prosol.

## 1.2 Datos de partida

El edificio se encuentra en el municipio de Medina Sidonia (Cádiz), en dicho municipio se consideran los siguientes datos geográficos y climatológicos:

- Latitud: 36,5 °
- Altitud: 305 m
- Humedad Relativa Media: 56%
- Temperatura máxima en verano: 37,4° C
- Temperatura mínima histórica: -3° C

Mensualmente los datos que vamos a considerar para los cálculos son los siguientes:

<b>CÁDIZ</b>	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Tª amb. media	13°C	15°C	17°C	19°C	21°C	24°C	27°C	27°C	25°C	22°C	18°C	15°C
Tª agua media	8°C	9°C	11°C	13°C	14°C	15°C	16°C	15°C	14°C	13°C	11°C	8°C

## 1.3 Diseño del sistema de captación

### 1.3.1 Estimación del consumo de ACS.

Es fundamental, como paso previo antes de iniciar los cálculos de la instalación, que se conozcan con la máxima precisión posible las necesidades energéticas en función de los consumos previstos y de los usuarios de la instalación.

Según datos proporcionados por la propiedad, aproximadamente 85 personas consumen agua caliente sanitaria.

De acuerdo valores unitarios proporcionados por el Código Técnico de la Edificación (HE 4-4), tenemos para una demanda de consumo de agua caliente sanitaria a 45° C en un gimnasio, que aprox. son 30 l/día, por tanto;

$$85 \text{ personas} \times 30 \text{ l} / \text{día} = 2550 \text{ l} / \text{día}$$

Así mismo debemos considerar también un consumo en la cafetería, en los cuales será necesario llevar a cabo la limpieza del material de cocina que por sus dimensiones no es posible realizar en el lavaplatos industrial, tales como vasos, platos etc. En total se ha considerado un consumo extra de 290 litros/día a 45 °C, lo cual supone un total de;

$$2550 \text{ l} / \text{día} + 290 \text{ l} / \text{día} = 2840 \text{ l} / \text{día}$$

	CONS. DIARIO (L/D)	CONS. MENSUAL (m3)
ENERO	2840	88,04
FEBRERO	2840	79,52
MARZO	2840	88,04
ABRIL	2840	85,2
MAYO	2840	88,04
JUNIO	2840	85,2
JULIO	2840	88,04
AGOSTO	2840	88,04
SEPTIEMBRE	2840	85,2
OCTUBRE	2840	88,04
NOVIEMBRE	2840	85,2
DICIEMBRE	2840	88,04

### 1.3.2 Necesidades energéticas diarias y mensuales.

La necesidad energética viene dada por la expresión:

$$D = m \cdot \rho \cdot C_p \cdot (T_{USO} - T_{AF})$$

Siendo;

- $m$  = Consumo de agua caliente.
- $\rho$  = Densidad del fluido (Kg/l).
- $C_p$  = Calor específico del fluido a presión constante (kWh/(Kg·K)).
- $T_{USO}$  = Temperatura media de uso del agua caliente.
- $T_{AF}$  = Temperatura media del agua fría.

	CONS. DIARIO (L/D)	CONS. MENSUAL (L)	Tª AGUA FRÍA (°C)	DEMAN. TEORICA (Kw/mes)	DEMAN. TEORICA (MJ/mes)
ENERO	2840	88040	8	3788,45	13638,42
FEBRERO	2840	79520	9	3329,34	11985,64
MARZO	2840	88040	11	3481,28	12532,60
ABRIL	2840	85200	13	3170,80	11414,89
MAYO	2840	88040	14	3174,11	11426,78
JUNIO	2840	85200	15	2972,63	10701,46
JULIO	2840	88040	16	2969,33	10689,57
AGOSTO	2840	88040	15	3071,72	11058,18
SEPTIEMBRE	2840	85200	14	3071,72	11058,18
OCTUBRE	2840	88040	13	3276,50	11795,39
NOVIEMBRE	2840	85200	11	3368,98	12128,32
DICIEMBRE	2840	88040	8	3788,45	13638,42

La necesidad energética anual será 142067.84 MJ, y como se pretende satisfacer un mínimo del 60% (zona climática IV, HE 4-2) de la necesidad energética anual, hemos de considerar, a efectos de cálculos de la superficie colectora:  $142067.84 \times 0,6 = 85240.7$  MJ.

### 1.3.3 Orientación e inclinación del campo de captación.

De acuerdo al C.T.E (HE 4-3), se adoptará como orientación óptima el sur y la inclinación óptima, dependiendo del periodo de utilización, uno de los valores siguientes;

- Consumo constante anual; la inclinación será igual a la latitud geográfica.
- Consumo preferente en invierno; la inclinación será igual a la latitud geográfica mas 10°.
- Consumo preferente en verano; la inclinación será igual a la latitud geográfica menos 10°.

Se ha decidido colocar los captadores con una inclinación de 45° respecto a la horizontal para así aprovechar mejor las radiaciones solares en invierno, obteniéndose un mayor rendimiento en ésta época, y así en verano, no tener un sobrecalentamiento de los colectores.

### 1.3.4 Energía total teórica.

La energía total teórica E que incide en un día medio de cada mes sobre cada m2 de superficie de colector solar se determina mediante la expresión:

$$E = K \cdot H \cdot 0,94$$

Siendo:

- K = Factor de corrección en función de la inclinación de los colectores y de la latitud de la ciudad en que se dispondrá la instalación de energía solar.
- H = Irradiación horizontal media que incide sobre un m<sup>2</sup> de superficie horizontal para el caso concreto de Medina Sidonia (Cádiz).
- 0,94 = factor de aplicación en instalaciones de aprovechamiento térmico de energía solar para obtener el valor efectivo de la energía útil o aprovechable.

	K	H (MJ/m <sup>2</sup> *dia)	E (MJ/m <sup>2</sup> *dia)
ENERO	1,35	8,1	10,28
FEBRERO	1,25	11,5	13,51
MARZO	1,11	15,7	16,38
ABRIL	0,98	18,5	17,04
MAYO	0,88	22,2	18,36
JUNIO	0,85	23,8	19,02
JULIO	0,88	25,9	21,42
AGOSTO	0,99	23	21,40
SEPTIEMBRE	1,15	18,1	19,57
OCTUBRE	1,34	14,2	17,89
NOVIEMBRE	1,46	10	13,72
DICIEMBRE	1,45	7,4	10,09

### 1.3.5 Rendimiento del colector solar

El rendimiento de un captador solar viene dado por;

$$\eta = F \times (\tau \times \alpha)_N - F \times U_L \times (t_m^o - t_a^o) / I$$

Donde;

- F: Factor de eficacia.
- $\tau$ : Transmitancia.
- $\alpha$ : Absortancia.
- $U_L$ : Coeficiente de pérdidas.
- $t_m^o$ : temperatura promedio del fluido que circula por el colector.
- $t_a^o$ : temperatura media ambiente.
- I: Radiación en W/m<sup>2</sup>, siendo  $I = E \text{ (J)} / n^o \text{ horas de sol útiles (s)}$

Debido a diferentes causas, vamos a aplicar unos factores de reducción al rendimiento del captador;

- Dado que el rendimiento teórico se halla suponiendo que los rayos inciden perpendicularmente sobre el colector, y como esto no es así, sino que dicho ángulo varía a lo largo del día, disminuyendo  $\alpha$  en un  $0.97\alpha$  (factor experimental).
- Con el envejecimiento de la cubierta y la acumulación de suciedad  $\tau$  disminuye, quedando afectado por un factor de 0.97.

Por tanto, el factor óptico del captador se verá afectado por un factor del 0.94.

Para esta instalación hemos seleccionado un colector solar plano marca STIEBEL ELTRON SOL 25 PLUS, el cual tiene una curva de rendimiento:

$$\eta = 0.780 - 3.135 \times (t_m^o - t_a^o) / I$$

Realizando las correcciones antes mencionada;

$$\eta = 0.733 - 3.135 \times (t_m^o - t_a^o) / I$$

En la siguiente imagen podemos observar las características del captador elegido;

Modelo		SOL 25 plus
Cód. pedido		18 55 41
<b>Dimensiones / Peso</b>		
Altura	mm	2233
Anchura	mm	1224
Fondo	mm	78
Dimensiones de módulo (con conexión)	mm	1224 x 2327 (incl. tomas de conexión)
Peso vacío	Kg	46
Temperatura de reposo (para 1000W/m²)	°C	204
Presión de servicio mín.	bar	3,5
Presión de servicio adm.	bar	6
<b>Prueba de presión</b>		
Presión de prueba (absorbedor)	bar	13 (desde fábrica)
Medio de ensayo		Aire (en fábrica)
Prueba de presión de la instalación solar completa	bar	7,8 bar con H-30L o H-30LS
Caudal nominal	l/h	50-300
Pérdidas de carga del colector (100 l/h)	mbar	aprox. 6 (20°C temperatura del fluido calor-portante)
Pérdidas de carga del colector (300 l/h)	mbar	aprox. 35 (20°C temperatura del fluido calor-portante)
Conexión		G 3/4" exterior
Fluido calor-portante		H-30 L o H-30 LS, premezclado
Contenido de fluido calor-portante	litros	1,35
Superficie total	m²	2,733
Superficie de apertura	m²	2,48
Superficie de absorbedor	m²	2,48
Ángulo de montaje	°	20 hasta 90
<b>Características de ejecución</b>		
Carcasa		aluminio (resistente al agua salina)
Tapa		vidrio de seguridad simple, 4mm, texturizado (por dentro), gran transparencia, bajo contenido en hierro
Absorbedor		cobre, altamente selectivo, recubierto bajo vacío
Tubo		cobre, colector Ø 18x1, tubo de aletas Ø 8x0,4
Aislamiento térmico pared trasera		lana mineral, 40 mm espesor
Aislamiento térmico pared lateral		lana mineral, 10 mm espesor
Junta		EPDM
Componentes de interconexión		tubo corrugado (acero inox.) con tuerca de racor (latón) G 3/4
Potencia producida *	W/colector plano	0 hasta 2000
Factor de conversión $\eta_0$		0,78
Factor de pérdida térmica $\alpha_0$	W/(m²K)	3,135
Factor de pérdida térmica $\alpha_1$	W/(m²K²)	0,024

(\*) Depende de la irradiación global, las condiciones de colocación, la temperatura del fluido calor-portante y las características de la instalación.

Por tanto, el rendimiento del colector para cada mes será:

	T <sub>m</sub> (°C)	T <sub>a</sub> (°C)	E (J/m <sup>2</sup> *dia)	h (horas de sol al día)	I = E/H	η
ENERO	45	13	10278900	8	356,91	0,4519
FEBRERO	45	15	13512500	9	417,05	0,5075
MARZO	45	17	16381380	9	505,60	0,5594
ABRIL	45	19	17042200	9,5	498,31	0,5694
MAYO	45	21	18363840	9,5	536,95	0,5929
JUNIO	45	24	19016200	9,5	556,03	0,6146
JULIO	45	27	21424480	9,5	626,45	0,6429
AGOSTO	45	27	21403800	9,5	625,84	0,6428
SEPTIEMBRE	45	25	19566100	9	603,89	0,6292
OCTUBRE	45	22	17886320	9	552,05	0,6024
NOVIEMBRE	45	18	13724000	8	476,53	0,5554
DICIEMBRE	45	15	10086200	7,5	373,56	0,4812

### 1.3.6 Energía neta disponible diaria y mensual por m<sup>2</sup> de colector solar.

La energía que diariamente aporta el sistema captador no coincide exactamente con la disponible para el consumo, debido a las pérdidas que inevitablemente se producen en todos los elementos de la instalación.

Si se carece a priori de datos o no se desean efectuar los cálculos específicos de las pérdidas de calor, los cuales dependen del aislamiento y de las características del consumo, se recomienda estimar unas pérdidas globales del 15% y, por tanto, la energía acumulada disponible para el consumo será igual a 0.85 por la aportación solar.

	E (MJ/m <sup>2</sup> *dia)	η	APORTA. SOLAR NETA (MJ/m <sup>2</sup> *día)	APORT. SOLAR MENSUAL (MJ/m <sup>2</sup> )
ENERO	10,28	0,4519	3,95	122,40
FEBRERO	13,51	0,5075	5,83	163,21
MARZO	16,38	0,5594	7,79	241,46
ABRIL	17,04	0,5694	8,25	247,46
MAYO	18,36	0,5929	9,25	286,89
JUNIO	19,02	0,6146	9,93	298,03
JULIO	21,42	0,6429	11,71	362,95
AGOSTO	21,40	0,6428	11,70	362,55
SEPTIEMBRE	19,57	0,6292	10,46	313,92
OCTUBRE	17,89	0,6024	9,16	283,91
NOVIEMBRE	13,72	0,5554	6,48	194,36
DICIEMBRE	10,09	0,4812	4,13	127,90

Total de energía neta anual disponible por m<sup>2</sup> de colector solar = **3005,02 MJ/m<sup>2</sup>.**



### 1.3.7 Cálculo de la superficie de los captadores.

Tenemos que;

- Energía necesaria anualmente según C.T.E. (MJ) = 85240.7
- Energía disponible anualmente por m<sup>2</sup> de captador (MJ) = 3005.02

Por tanto;

Superficie captadora necesaria =  $85240.7 / 3005.02 = 28.37 \text{ m}^2$ .

Nº captadores =  $28.37 / 2.48$  (sup. útil del captador) = 11.44 captadores.

Tomándose 12 captadores.

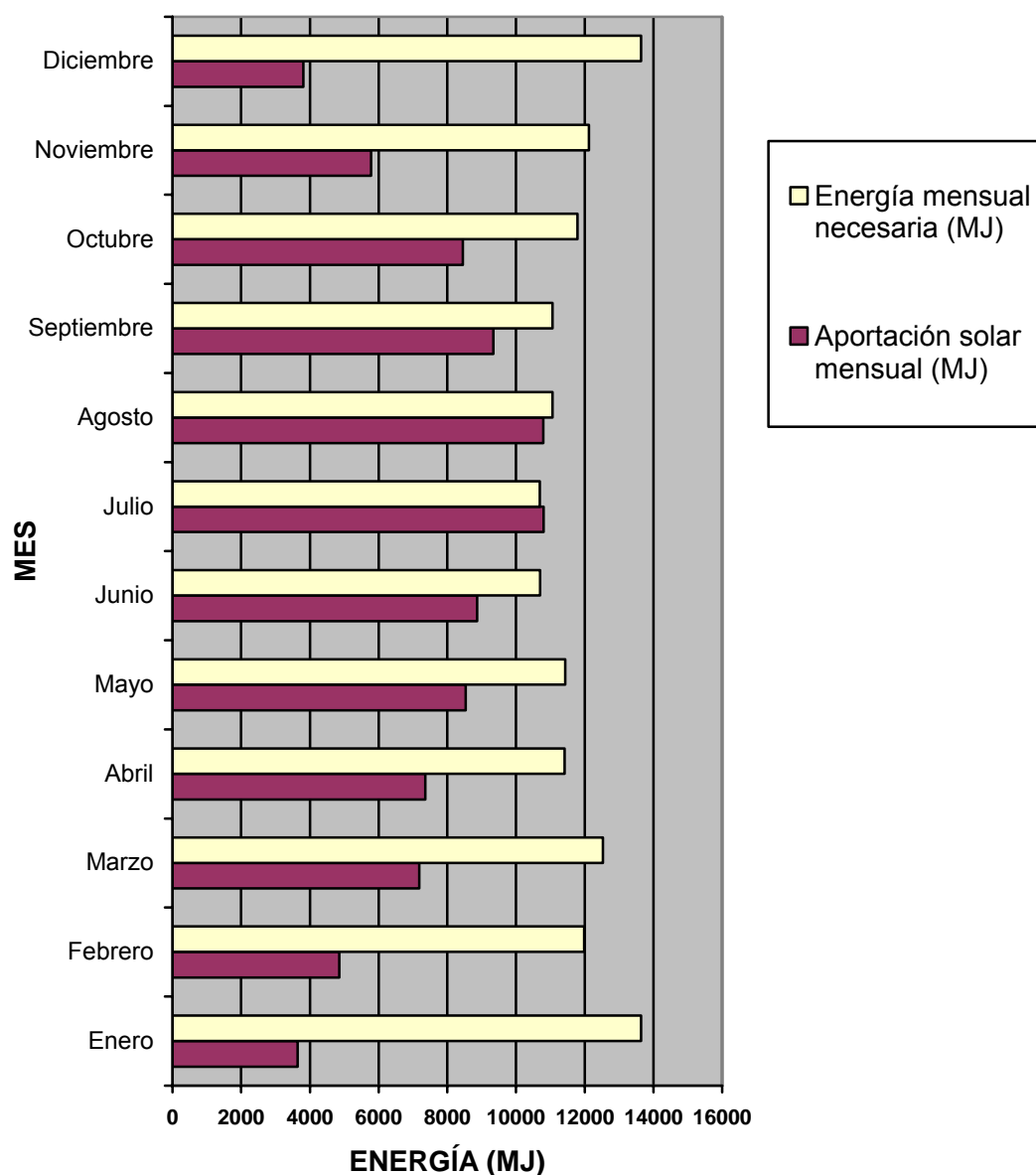
### 1.3.8 Aportación solar.

	APORT. SOLAR MENSUAL POR M2 DE CAPTA. (MJ)	SUPERFICIE CAPTA. M2	APORT. MENSUAL DE LA SUPERFICIE CAPT. (MJ)	APORT. MENSUAL NECESARIA (MJ)	APORTACION SOLAR (%)
ENERO	122,40	29,76	3642,67	13638,42	0,27
FEBRERO	163,21	29,76	4857,04	11985,64	0,41
MARZO	241,46	29,76	7185,78	12532,60	0,57
ABRIL	247,46	29,76	7364,39	11414,89	0,65
MAYO	286,89	29,76	8537,71	11426,78	0,75
JUNIO	298,03	29,76	8869,27	10701,46	0,83
JULIO	362,95	29,76	10801,43	10689,57	1,01
AGOSTO	362,55	29,76	10789,54	11058,18	0,98
SEPTIEMBRE	313,92	29,76	9342,17	11058,18	0,84
OCTUBRE	283,91	29,76	8449,08	11795,39	0,72
NOVIEMBRE	194,36	29,76	5784,12	12128,32	0,48
DICIEMBRE	127,90	29,76	3806,26	13638,42	0,28

Por tanto tenemos una aportación solar anual media del **65%**.

Para nuestra instalación no habrá que tomar medidas para disipar energía, ya que así lo dice el DB HE Ahorro de Energía HE 4 -2, "en el caso que de algún mes del año la contribución solar real sobrepase el 110% de la demanda energética o en mas de 3 meses seguidos el 100% se deberán adoptar una serie de medidas para disipar dichos excedentes".

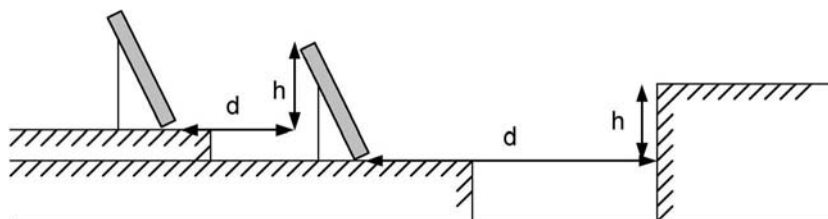
## RELACIÓN APORTACIÓN SOLAR Y ENERGÍA NECESARIA MENSUALMENTE



### 1.3.9 Distancia mínima entre filas de captadores

De acuerdo con el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura, 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. Esta distancia  $d$  será superior al valor obtenido por la expresión;

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



Por tanto, tendremos;

- Entre filas;  $d = 1.91 / \tan (61^\circ - 36.5^\circ) = 4.2 \text{ m.}$
- Entre fila y muro norte o sur;  $d = 0.5 / \tan (61^\circ - 36.5^\circ) = 1.1 \text{ m.}$
- Entre filas y muro oeste;  $d = 0.9 / \tan (61^\circ - 36.5^\circ) = 2 \text{ m.}$

### 1.3.10 Conexión de los captadores

Según C.T.E. (HE 4-12), los captadores se dispondrán en filas constituidas, preferentemente, por el mismo número de elementos. Las filas de captadores se pueden conectar entre sí en paralelo, en serie o en serie-paralelo, debiéndose instalar válvulas de cierre en la entrada y salida de las distintas baterías de captadores y entre las bombas, de manera que puedan utilizarse para aislamiento de estos componentes en labores de mantenimiento, sustitución, etc. Dentro de cada fila los captadores se conectarán en serie o en paralelo.

Por lo que, se formaran 3 filas de 4 captadores cada una. Las filas se conectarán en paralelo. Igualmente los captadores se conectarán en paralelo entre sí.

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

### 1.4 Diseño del sistema de acumulación

Para determinar el volumen de acumulación necesario nos fijaremos en las siguientes;

- Manual de la Junta de Andalucía nos recomienda que el volumen de acumulación cumpla:  $60 \leq V/A \leq 100$ .
- CTE nos obliga a que el volumen de acumulación sea:  $50 < V/A < 180$ .
- SODEAN nos recomienda que el volumen sea:  $0.8 \cdot M \leq V \leq 1.2 \cdot M$ .

Donde:

- M = Consumo medio diario en l/d = 2840 l/d
- A = Suma total del área de los colectores en m<sup>2</sup> = 29.76 m<sup>2</sup>
- V = Volumen total de acumulación en litros

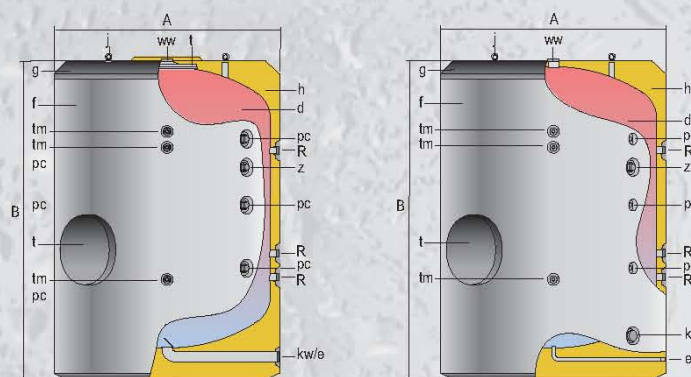
Por esto, el volumen de acumulación deberá estar comprendido entre;

- J. Andalucía;  $1785.6 \leq V \leq 2976$

- CTE;  $1488 \leq V \leq 5356.8$
- SODEAN;  $2272 \leq V \leq 3408$

Teniendo en cuenta lo anterior, se decide instalar un único acumulador de 2500 litros, que corresponde a una relación de almacenamiento de 84.03 litros por metro cuadrado de colector solar.

El acumulador elegido es de la marca Lapesa mod. MASTER INOX serie MXV-2500. Son depósitos acumuladores fabricados en acero inoxidable, aislados con espuma rígida de poliuretano de 80 mm de espesor y que trabajan a una temperatura máxima de 90 °C y una presión máxima de 8 bares. Las características de dicho acumulador se pueden observar en la siguiente imagen;


**Mod. MVV...-RB**
**Mod. MXV...-RB**

t- Boca de hombre DN 400  
d- Depósito acumulación ACS  
f- Forro externo

g- Cubierta superior  
h- Aislamiento térmico  
j- Cáncamos para transporte

Características / Conexiones / Dimensiones		Ref. tamaño acumulador						
		1500	2000	2500	3000	3500	4000	5000
Capacidad de ACS	litros	1500	2000	2500	3000	3500	4000	5000
Peso en vacío Mod. MVV (aprox.)	Kg.	390	450	630	690	755	880	1040
Peso en vacío Mod. MXV (aprox.)	Kg.	275	315	450	485	530	595	665
kw/e: Entrada agua fría/desagüe	"GAS/M	2 (2/ 1)*	2 (2/ 1)*	3 (3/ 1)*	3 (3/ 1)*	3 (3/ 1)*	3 (3/ 1)*	3 (3/ 1)*
ww: Salida de ACS	"GAS/M	2	2	3	3	3	3	3
z: Recirculación	"GAS/M	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2
R: Conexión lateral	"GAS/M	2	2	2	2	2	2	2
tm: Conexión vaina sensores	"GAS	3/4M (1/2H)*	3/4M (1/2H)*	3/4M (1/2H)*	3/4M (1/2H)*	3/4M (1/2H)*	3/4M (1/2H)*	3/4M (1/2H)*
pc: Conexión ánodos protección catódica	"GAS	1-1/2M (3/4H)*	1-1/2M (3/4H)*	1-1/2M (3/4H)*	1-1/2M (3/4H)*	1-1/2M (3/4H)*	1-1/2M (3/4H)*	1-1/2M (3/4H)*
Diámetro exterior: A	mm.	1360	1360	1660	1660	1660	1910	1910
Altura total: B	mm.	1830	2280	2015	2305	2580	2310	2710
Boca de hombre	DN	400	400	400	400	400	400	400
Resistencia eléctrica (opcional)	KW (400V)	6 ó 9	6 ó 9	6 ó 9	6 ó 9	6 ó 9	6 ó 9	6 ó 9

( ) \* Modelos en acero inoxidable, serie MXV

## 1.5 Diseño de tuberías.

Se van a considerar tres circuitos. Uno primario que será el circuito que hay entre el campo de captación y el intercambiador, otro secundario que hay entre el intercambiador y el acumulador, y por último el existente entre acumuladores.

### 1.5.1 Circuito primario

Son las tuberías que van desde los captadores hasta el intercambiador. Estas tuberías serán de cobre. En la selección de los diámetros de las tuberías consideramos un caudal de 50 l/h por cada m<sup>2</sup> de área de captadores (ITE 10.1.3.2 limita la velocidad a un intervalo de entre 1.2 y 1.6 l/s). Como tenemos 29,76 m<sup>2</sup> de superficie el caudal será de 1488 l/h (0.413 l/s).

En la siguiente tabla está realizado todos los cálculos necesarios, en los que se han tenido en cuenta las pérdidas de carga por codos, válvulas, válvulas de retención, derivaciones, etc.

TRAMO	Q (L/H)	V (m/s)	D (m)	L.(m)	Le.(m)	Lt. (m)	J (mcda)	Pi (mcda)	Z (m)	Pf (mcda)
1_3	1488	0,51	0,032	15,5	13,09	28,59	0,369	0	4	4,369
2_3	496	0,44	0,02	2,5	1,97	4,47	0,079	4,369	0	4,448
3_5	992	0,56	0,025	6,2	0,2	6,4	0,131	4,369	0	4,500
4_5	496	0,44	0,02	2,5	1,97	4,47	0,079	4,500	0	4,579
5_6	496	0,44	0,02	8,7	2,6	11,3	0,199	4,500	0	4,699
7_8	496	0,44	0,02	8,7	2,6	11,3	0,199	4,699	0	4,898
8_9	496	0,44	0,02	2,5	1,97	4,47	0,079	4,579	0	4,658
8_10	992	0,56	0,025	6,2	0,2	6,4	0,131	4,898	0	5,029
10_11	496	0,44	0,02	2,5	1,97	4,47	0,079	4,448	0	4,526
10_12	1488	0,51	0,032	7,9	9,2	17,1	0,221	5,029	-4	1,250

Aunque el RITE no fija valores máximos para las pérdidas de carga lineales, las tuberías se calcularán de forma que la pérdida de carga en tramos rectos sea inferior a 40 mmcda/m, sin sobrepasar los 2 m/s en los tramos que discurran por locales habitados. Como se observa no se superan los 40 mmca/ m, ya que tenemos 98.97 m de tubería (contando con la longitud equivalente de los accesorios) a 0,04 mcda/m = 3.96 mcda, y a nosotros nos ha salido 1.250 mcda contando con los accesorios.

### 1.5.2 Circuito secundario

Son las tuberías que van desde el intercambiador hasta el acumulador. Estas tuberías serán también de cobre. En la selección de los diámetros de las tuberías consideramos un caudal similar al del circuito primario de 1488 l/h (0.413 l/s).

TRAMO	Q (L/H)	V (m/s)	D (m)	L. (m)	Le.(m)	Lt. (m)	J (mcda)	Pi (mcda)	Pf (mcda)
1s_2s	1488	0,51	0,032	1,3	4,76	6,06	0,078	0	0,078
3s_4s	1488	0,51	0,032	3,1	6,63	9,73	0,126	0,078	0,204

$L_T = 15.79 \text{ m.}$

$0.04 \text{ mcda/m} \times 15.79 = 0.632 > 0.204 \text{ mcda.}$

### 1.5.3 Circuito entre acumuladores

Son las tuberías que van desde el acumulador principal o solar hasta el acumulador secundario o auxiliar. Estas tuberías también serán de cobre.

TRAMO	Q (L/H)	V (m/s)	D (m)	L. (m)	Le.(m)	Lt. (m)	J (mcda)	Pi (mcda)	Pf (mcda)
1ac_2ac	1488	0,51	0,032	4,22	4,76	8,98	0,116	0	0,116
3ac_4ac	1488	0,51	0,032	5,19	6,63	11,82	0,153	0,116	0,268

$L_T = 20.8 \text{ m.}$

$0.04 \text{ mcda/m} \times 20.8 = 0.832 > 0.268 \text{ mcda.}$

## 1.6 Diseño del sistema de intercambio

### 1.6.1 Tipo de intercambiador

A la hora de elegir un intercambiador de calor podemos optar por un intercambiador interior al acumulador (interacumulador) o por un intercambiador exterior.

En nuestra instalación optamos por un intercambiador exterior debido a su facilidad de mantenimiento y al elevado volumen de acumulación necesario, que hace aconsejable su uso, pues son más económicos y prácticos, llegando a compensar los costes adicionales de otro electrocircular, tubería adicional y demás accesorios.

### 1.6.2 Cálculo del intercambiador

La potencia mínima de diseño del intercambiador independiente P, en W, en función del área de captadores A, deberá ser como mínimo (C.T.E. HE 4-13);

$$P \geq 500 \times A$$

Luego la potencia de intercambio debe ser como mínimo a  $500 \times 2.48 \times 12 = 14880 \text{ W.}$

Para el cálculo del intercambiador utilizamos el programa de cálculo de Sedical.

Para ello es necesario introducir los siguientes datos:

Fluido caliente: Propilenglicol (20 %)

Fluido frío: Agua

Caudal del circuito caliente: 1488 l/h

Tª entrada circuito caliente: 50° C

Tª salida circuito caliente: 35° C

Tª entrada circuito frío: 30° C

Tª salida circuito frío: 45° C

Con estos datos el intercambiador que nos facilita el programa es el INTERCAMBIADOR DE PLACAS UFP-34 / 19 H - C - PN10, cuyos datos vienen recogidos en la siguiente tabla:



Fecha :13/09/2008  
 Oferta :  
 Proyecto :  
 Referencia :  
 Posición :

Empresa :  
 A la atención de :  
 Dirección :  
 Localidad :

Hoja nº :

## SEDICAL - INTERCAMBIADOR DE PLACAS UFP-34 / 19 H - C - PN10

Datos Generales		Caliente	Frio
Fluido		Propilenglicol 20%	Agua
Potencia de intercambio	kW	25.5	
Caudal	l/h	1488.0	1477.2
Temperatura entrada	°C	50.0	30.0
Temperatura salida	°C	35.0	45.0
Perdida de carga	kPa	8.4	7.2
Propiedades termodinámicas		Caliente	Frio
Peso específico	kg/m³	1007.90	992.89
Calor específico	kJ/kg×°K	4.09	4.18
Conductividad térmica	W/m×°K	0.52	0.63
Viscosidad media	mPa×s	0.73	0.69
Viscosidad pared	mPa×s	0.94	0.63
Datos técnicos del intercambiador			
Dif. temperatura logarítmica media	°C	5.00	
Numero de placas		19	
Agrupamiento		1 x 9 / 1 x 9	
Tipo / porcentaje		H	
Superficie de intercambio efectiva	m²	1.42	
Coef. global de transmisión (sucio / limpio)	W/m²×°K	3576.9 / 3632.9	
Sobredimensionamiento	%	1.56	
Factor de ensuciamiento	m²×°K/kW	0.0043	
Presión de trabajo / prueba	bar	10.0 / 14.3	
Temperatura máxima de trabajo	°C	110	
Materiales, dimensiones y pesos			
Material de las placas / grosor	mm	AISI 316 / 0.5 mm	
Material de las juntas		Nitrilo HT ( sin pegamento )	
Material de las conexiones circ. caliente		AISI 316	
Material de las conexiones circuito frio		AISI 316	
Diámetro de las conexiones		R 1 1/4 "	
Situación de las conexiones (Caliente / frio)		F1 - F4 / F3 - F2	
Tipo de bastidor		C - PN10	
Largo, alto y ancho del bastidor	mm	227 / 480 / 194	
Peso vacío	kg	43	
Precios y plazos			
Precio unitario tarifa 2008	Euros	924.00	
Cantidad	Unidades	1	
Precio total tarifa 2008	Euros	924.00	
Plazo de entrega		De 3 a 8 semanas a confirmar	
Transporte		Excluido	
Forma de pago		La habitual con Vds.	
Validez de la oferta		2 semanas	
Fecha máxima para recepción del pedido		30/06/2008	(versión 01/08)

## 1.7 Cálculo de bombas.

Para la determinación de las bombas necesarias en la instalación haremos uso del programa de cálculo de la casa Wilo, por lo que precisaremos conocer los siguientes datos de las mismas:

- Fluido que circulará por ella.
- Caudal que moverá.
- Pérdida de carga.

### 1.7.1 Bomba circuito primario.

Para el circuito primario tenemos;

- Fluido; propilenglicol.
- Caudal; 1488 l/h.
- Pérdida de carga; está será igual a la suma de la pérdida de carga del circuito de tuberías (1.250 mcda), a la producida por el intercambiador (8.4 kPa = 0.84 mcda) y las ocasionadas en los captadores.

Como tenemos 3 baterías de captadores de 4 captadores en paralelo, la pérdida de carga de cada batería será igual;

$$Ap_T = Ap \times N \times (N+1) / 4$$

donde,  $Ap_T$  es la pérdida de carga el grupo N colectores en paralelo con caudal total NC, teniendo cada uno de ellos una pérdida de carga de Ap con caudal C.

Luego;

$Ap = 0.013$  mcda, para un caudal C de 124 l/h 8(según fabricante).

$Ap_T = 0.013 \times 4 \times (4+1) / 4 = 0.065$  mcda.

Como tenemos 3 baterías;  $Ap_{TC} = 0.195$  mcda.

Por tanto, nos queda;

- Fluido; propilenglicol.
- Caudal; 1488 l/h.
- Pérdida de carga; 2.3 mcda.

Para estos datos elegimos la siguiente bomba; Wilo-Star-ST 20/7. Bomba circuladora de rotor húmedo libre de mantenimiento, de 3 velocidades, con hidráulica especial para aplicaciones solares. Motor resistente al bloqueo. Carcasa de fundición gris con protección de cataforesis, rodete de polipropileno reforzado con fibra de vidrio, eje de acero inox. con cojinetes de grafito.

Medio de impulsión : Propilenglicol 20 %

Caudal: 1,49 m³/h

Altura de impulsión : 2,30 m

Temperatura máx. de trabajo: 110 °C

Presión de trabajo / nominal: /PN10

Alimentación : 1~230V/50Hz

Wilo Ibérica, S.A.  Teléfono +34 95 447 52 80 Telefax +34 95 447 52 82	<b>Star-ST 20/7</b> Instalación: Bomba de termia solar	<div style="border: 2px solid black; padding: 5px; display: inline-block; font-weight: bold; font-size: 1.2em;">WILO</div>
Cliente Nº Cliente Contacto Elaborado por	Proyecto Nº proyecto Nº pos. Lugar	Página 1 / 1 Fecha 10.09.2008

	<div style="border-bottom: 1px solid black; padding-bottom: 5px;"> <b>Datos de trabajo teóricos</b> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Caudal</td> <td>1,488</td> <td>m³/h</td> </tr> <tr> <td>Altura de impulsión</td> <td>2,3</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>Fluido</td> <td colspan="2">Propilenglicol (20)</td> </tr> <tr> <td>Temperatura fluido</td> <td>90</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>Densidad</td> <td>0,9777</td> <td>kg/dm³</td> </tr> <tr> <td>Viscosidad cinemática</td> <td>0,3692</td> <td>mm²/s</td> </tr> <tr> <td>Presión de vapor</td> <td>0,6108</td> <td>bar</td> </tr> </table> </div> <div style="border-bottom: 1px solid black; padding-bottom: 5px;"> <b>Datos bomba</b> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Marca</td> <td colspan="2">WILO</td> </tr> <tr> <td>Tipo</td> <td colspan="2">Star-ST 20/7</td> </tr> <tr> <td>Tipo inst.</td> <td colspan="2">Bomba simple</td> </tr> <tr> <td>Presión nominal máx.</td> <td colspan="2">PN 10</td> </tr> <tr> <td>Temp. mín. fluido</td> <td>-10</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>Temp. máx. fluido</td> <td>110</td> <td>°C</td> </tr> </table> </div> <div style="border-bottom: 1px solid black; padding-bottom: 5px;"> <b>Datos hidráulicos (punto de trabajo)</b> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Caudal</td> <td>1,5</td> <td>m³/h</td> </tr> <tr> <td>Altura de impulsión</td> <td>2,33</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>Velocidad</td> <td>2000</td> <td>1/min</td> </tr> <tr> <td>NPSH</td> <td>0</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>Diámetro rodete</td> <td>0</td> <td>mm</td> </tr> </table> </div> <div style="border-bottom: 1px solid black; padding-bottom: 5px;"> <b>Materiales</b> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Carcasa</td> <td>EN-GJL-200 - capa de cataforesis</td> </tr> <tr> <td>Rodete</td> <td>Polipropileno, ref. con fib. de vidrio</td> </tr> <tr> <td>Eje</td> <td>Acero inox. (X 40 Cr 13)</td> </tr> <tr> <td>Cojinete</td> <td>Grafito</td> </tr> </table> </div> <div style="border-bottom: 1px solid black; padding-bottom: 5px;"> <b>Medidas</b> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th colspan="6" style="text-align: right;">mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>b1</td> <td>76</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>l0</td> <td>130</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>L1</td> <td>109</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>L2</td> <td>91</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> </div> <div style="border-bottom: 1px solid black; padding-bottom: 5px;"> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%;">Lado aspiración</td> <td>Rp ½/G 1/ PN 10</td> </tr> <tr> <td>Lado impulsión</td> <td>Rp ½/G 1/ PN 10</td> </tr> <tr> <td>Peso</td> <td>3,2 kg</td> </tr> </table> </div> <div style="border-bottom: 1px solid black; padding-bottom: 5px;"> <b>Datos del motor</b> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Pot. nominal P2</td> <td>0,06</td> <td>kW</td> </tr> <tr> <td>Velocidad nominal</td> <td>2700</td> <td>1/min</td> </tr> <tr> <td>Tensión nominal</td> <td colspan="2">1~230 V, 50 Hz</td> </tr> <tr> <td>Intensidad máx. absorbida</td> <td>0,48</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>Tipo de protección</td> <td colspan="2">IP 44</td> </tr> <tr> <td>Tolerancia tensión</td> <td colspan="2"></td> </tr> </table> </div> <div style="padding-top: 5px;"> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%;">Referencia de la versión estándar</td> <td>4056952</td> </tr> </table> </div>	Caudal	1,488	m³/h	Altura de impulsión	2,3	m	Fluido	Propilenglicol (20)		Temperatura fluido	90	°C	Densidad	0,9777	kg/dm³	Viscosidad cinemática	0,3692	mm²/s	Presión de vapor	0,6108	bar	Marca	WILO		Tipo	Star-ST 20/7		Tipo inst.	Bomba simple		Presión nominal máx.	PN 10		Temp. mín. fluido	-10	°C	Temp. máx. fluido	110	°C	Caudal	1,5	m³/h	Altura de impulsión	2,33	m	Velocidad	2000	1/min	NPSH	0	m	Diámetro rodete	0	mm	Carcasa	EN-GJL-200 - capa de cataforesis	Rodete	Polipropileno, ref. con fib. de vidrio	Eje	Acero inox. (X 40 Cr 13)	Cojinete	Grafito		mm						b1	76						l0	130						L1	109						L2	91						Lado aspiración	Rp ½/G 1/ PN 10	Lado impulsión	Rp ½/G 1/ PN 10	Peso	3,2 kg	Pot. nominal P2	0,06	kW	Velocidad nominal	2700	1/min	Tensión nominal	1~230 V, 50 Hz		Intensidad máx. absorbida	0,48	A	Tipo de protección	IP 44		Tolerancia tensión			Referencia de la versión estándar	4056952
Caudal	1,488	m³/h																																																																																																																										
Altura de impulsión	2,3	m																																																																																																																										
Fluido	Propilenglicol (20)																																																																																																																											
Temperatura fluido	90	°C																																																																																																																										
Densidad	0,9777	kg/dm³																																																																																																																										
Viscosidad cinemática	0,3692	mm²/s																																																																																																																										
Presión de vapor	0,6108	bar																																																																																																																										
Marca	WILO																																																																																																																											
Tipo	Star-ST 20/7																																																																																																																											
Tipo inst.	Bomba simple																																																																																																																											
Presión nominal máx.	PN 10																																																																																																																											
Temp. mín. fluido	-10	°C																																																																																																																										
Temp. máx. fluido	110	°C																																																																																																																										
Caudal	1,5	m³/h																																																																																																																										
Altura de impulsión	2,33	m																																																																																																																										
Velocidad	2000	1/min																																																																																																																										
NPSH	0	m																																																																																																																										
Diámetro rodete	0	mm																																																																																																																										
Carcasa	EN-GJL-200 - capa de cataforesis																																																																																																																											
Rodete	Polipropileno, ref. con fib. de vidrio																																																																																																																											
Eje	Acero inox. (X 40 Cr 13)																																																																																																																											
Cojinete	Grafito																																																																																																																											
	mm																																																																																																																											
b1	76																																																																																																																											
l0	130																																																																																																																											
L1	109																																																																																																																											
L2	91																																																																																																																											
Lado aspiración	Rp ½/G 1/ PN 10																																																																																																																											
Lado impulsión	Rp ½/G 1/ PN 10																																																																																																																											
Peso	3,2 kg																																																																																																																											
Pot. nominal P2	0,06	kW																																																																																																																										
Velocidad nominal	2700	1/min																																																																																																																										
Tensión nominal	1~230 V, 50 Hz																																																																																																																											
Intensidad máx. absorbida	0,48	A																																																																																																																										
Tipo de protección	IP 44																																																																																																																											
Tolerancia tensión																																																																																																																												
Referencia de la versión estándar	4056952																																																																																																																											

### 1.7.2 Bomba circuito secundario.

Para el circuito primario tenemos;

- Fluido; agua.
- Caudal; 1488 l/h.
- Pérdida de carga; 0.924 mcda (corresponde a la suma de la pérdida de carga del circuito de tuberías (0.204 mcda) y la producida por el intercambiador (7.2 kPa = 0.72 mcda)).

Para estos datos elegimos la siguiente bomba; Wilo-Star-ST 25/6. Bomba circuladora de rotor húmedo libre de mantenimiento, de 3 velocidades, con hidráulica especial para aplicaciones solares. Motor resistente al bloqueo. Carcasa de fundición gris con protección de cataforesis, rodete de polipropileno reforzado con fibra de vidrio, eje de acero inox. con cojinetes de grafito.

Medio de impulsión: Agua limpia 100 %  
Caudal: 1,49 m<sup>3</sup>/h  
Altura de impulsión: 0,93 m  
Temperatura máx. de trabajo: 110 °C  
Presión de trabajo / nominal: /PN10  
Alimentación: 1~230V/50Hz  
Potencia absorbida P1 (máx.): 0,068...0,082 kW  
R.p.m. (máx.): 2500 1/min.  
Conexión tubería (rosca) : Rp 1/G 1½

Wilo Ibérica, S.A.

Teléfono +34 95 447 52 80  
Telefax +34 95 447 52 82

## Star-ST 25/6

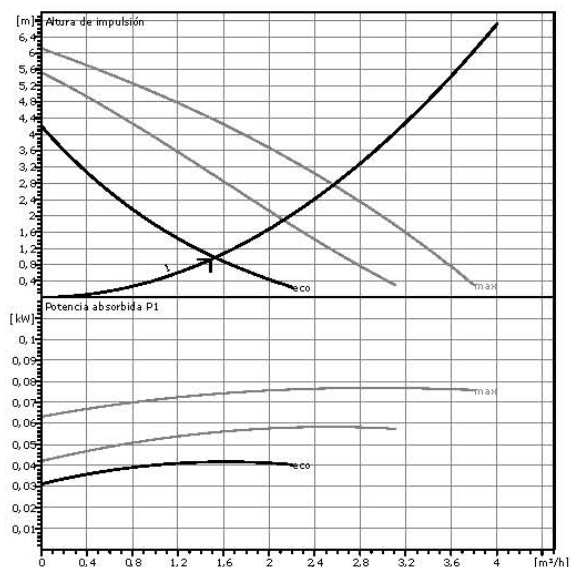
Instalación: Bomba de termia solar

**WILO**

Cliente  
Nº Cliente  
Contacto  
Elaborado por

Proyecto  
Nº proyecto  
Nº pos.  
Lugar

Página 1 / 1  
Fecha 10.09.2008



### Datos de trabajo teóricos

Caudal	1,49	m³/h
Altura de impulsión	0,93	m
Fluido	Agua limpia	
Temperatura fluido	80	°C
Densidad	0,9717	kg/dm³
Viscosidad cinemática	0,3576	mm²/s
Presión de vapor	0,4731	bar

### Datos bomba

Marca	WILO
Tipo	Star-ST 25/6
Tipo inst.	Bomba simple
Presión nominal máx.	PN 10
Temp. mín. fluido	-10
Temp. máx. fluido	110

### Datos hidráulicos (punto de trabajo)

Caudal	1,53	m³/h
Altura de impulsión	0,973	m
Velocidad	1500	1/min
NPSH	0	m
Diámetro rodete	0	mm

### Materiales

Carcasa	EN-GJL-200 - capa de cataforesis
Rodete	Polipropileno, ref. con fib. de vidrio
Eje	Acero inox. (X 40 Cr 13)
Cojinete	Grafito

### Medidas

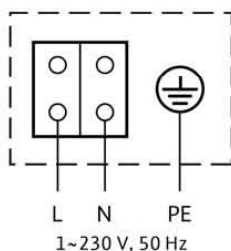
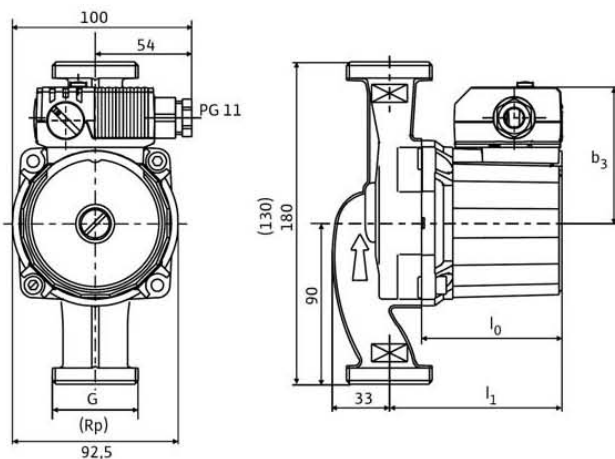
							mm
b1	73						
l0	180						
L1	97						
L2	79						

Lado aspiración	Rp 1/G 1½ PN 10
Lado impulsión	Rp 1/G 1½ PN 10
Peso	2,4 kg

### Datos del motor

Pot. nominal P2	0,037	kW
Velocidad nominal	2500	1/min
Tensión nominal	1~230 V, 50 Hz	
Intensidad máx. absorbida	0,36	A
Tipo de protección	IP 44	
Tolerancia tensión		

Referencia de la versión estándar 4050266



### 1.7.3 Bomba circuito entre acumuladores.

Para el circuito primario tenemos;

- Fluido; agua.
- Caudal; 1488 l/h.
- Pérdida de carga; 0.268 mcdm (corresponde a la pérdida de carga del circuito de tuberías).

Para estos datos elegimos la siguiente bomba; Wilo-Star-Z 20/1 CircoStar PN10, bomba circuladora de rotor húmedo para A.C.S., libre de mantenimiento, para el montaje directo en tubería. Motor resistente al bloqueo. Carcasa de bronce, rodete de material sintético resistente a temperaturas elevadas del medio de impulsión, eje de cerámica con cojinetes de carbono.

Medio de impulsión: Agua limpia

Caudal: 1,50 m<sup>3</sup>/h

Altura de impulsión: 0,27 m

Temperatura de trabajo (máx.): 110° C

- con ACS (máx.): 65° C

Presión de nominal: 10 bar

Alimentación: 1~230V/50Hz

Potencia absorbida P1 (máx.): 0,036...0,038 kW

R.p.m. (máx.): 1700 1/min.

Conexión tubería (rosca): Rp 1/2" G 1

Wilo Ibérica, S.A.  Teléfono +34 95 447 52 80 Telefax +34 95 447 52 82	<b>Star-Z 20/1 CircoStar</b> Instalación: Bomba ACS	
Cliente Nº Cliente Contacto Elaborado por	Proyecto Nº proyecto Nº pos. Lugar	Página 1 / 1 Fecha 16.05.2008

<b>Datos de trabajo teóricos</b>		
Caudal	1,5	m³/h
Altura de impulsión	0,268	m
Fluido	Agua limpia	
Temperatura fluido	60	°C
Densidad	0,9832	kg/dm³
Viscosidad cinemática	0,4702	mm²/s
Presión de vapor	0,2004	bar

<b>Datos bomba</b>		
Marca	WILO	
Tipo	Star-Z 20/1 CircoStar	
Tipo inst.	Bomba simple	
Presión nominal máx.	PN10	
Temp. mín. fluido	-10	°C
Temp. máx. fluido	110	°C

<b>Datos hidráulicos (punto de trabajo)</b>		
Caudal	1,61	m³/h
Altura de impulsión	0,308	m
Potencia absorbida P1	0,0355	kW
Velocidad	1700	1/min

<b>Altura mín. aspiración</b>					
Temperatura	50	95	110		°C
Altura mín. aspiración	0,5	3	10		m

<b>Materiales</b>		
Carcasa	G-CuSn 5	
Eje	Cerámica	
Rodete	PPO, Noryl	
Cojinete	Grafito	

<b>Medidas</b>			mm		
a1	34	l0	140		
b1	100	l1	97		
b2	92,5	l2	130		
b3	54	l3	70		
b4	73	l4	79		

Lado aspiración	Rp ½/G 1	/ PN 10
Lado impulsión	Rp ½/G 1	/ PN 10
Peso	2,2	kg

<b>Datos del motor</b>		
Pot. nominal P2	0,004	kW
Potencia absorbida P1	0,0381	kW
Velocidad nominal	1700	1/min
Tensión nominal	1~230 V, 50	Hz
Intensidad máx. absorbida	1,18	A
Tipo de protección	IP 44	
Tolerancia tensión		

Referencia de la versión estándar 4028111

## 1.8 Aislamiento de tuberías.

Es un elemento fundamental en la instalación cuya finalidad es disminuir las posibles pérdidas térmicas tanto en los colectores, el acumulador, válvulas, intercambiador y las tuberías.

Para el caso de tuberías, de acuerdo con el RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas en la Edificación) el espesor del aislamiento depende del diámetro exterior de la tubería, de la localización de la misma (interior o exterior) y del rango de temperaturas de trabajo del fluido. El material empleado será coquilla elastomérica tipo HT/ARMAFLEX S (para tuberías que discurren por el exterior) y HT/ARMAFLEX (para tuberías que discurren por el interior del edificio), de espesor según;

Tabla 1.2.4.2.1: Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el interior de edificios

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

Tabla 1.2.4.2.2: Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el exterior de edificios

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

## 1.9 Volumen del vaso de expansión.

La función de un vaso de expansión es compensar los cambios del volumen del fluido de trabajo ocasionados por la dilatación térmica, influyendo en el cálculo del mismo los siguientes factores;

- Cantidad de fluido de trabajo contenido en el circuito.
- Rango de temperaturas entre los que puede fluctuar el fluido de trabajo.
- Características del fluido de trabajo.
- Localización del vaso de expansión en la instalación.
- Posibilidad de vaporización del fluido contenido en los captadores.

De acuerdo con el Manual de Energía Solar Térmica de la Junta de Andalucía, el cálculo de un vaso de expansión cerrado mínimo se ha de realizar de acuerdo a la siguiente expresión:



$$V_t = (V \cdot C_e + V_{vap}) \cdot C_p$$

Donde:

$V_t$  = volumen total del vaso de expansión.

$V$  = volumen total del fluido de trabajo en el circuito.

$C_e$  = Coeficiente de expansión o dilatación del fluido.

$V_{vap}$  = volumen del líquido contenido en los captadores y tuberías situadas por encima de la menor cota inferior de los captadores solares.

$C_p$  = Coeficiente de presión.

El coeficiente de expansión,  $C_e$ , representa la relación entre la variación de volumen experimentada por el fluido al aumentar su temperatura y volumen inicialmente ocupado por el mismo. Su valor es aproximadamente 0,065 para una mezcla de agua y anticongelante.

El coeficiente de presión,  $C_p$ , representa la proporción del volumen de expansión que puede ser ocupado por el fluido de trabajo. Se calcula mediante la expresión;

$$C_p = (P_{max} + 1) / (P_{max} - P_{min})$$

Donde:

$P_{max}$ : Máxima presión admisible en el vaso de expansión (bar).

$P_{min}$ : Presión mínima en el vaso de expansión (bar).

La presión mínima debe ser lo suficientemente elevada para evitar la entrada de aire en el circuito. Por este motivo, se recomienda que esta presión sea como mínimo de 0.5 bar superior a la presión atmosférica en el punto más alto de la instalación. Debido a que el vaso de expansión se localiza en cotas inferiores a la de los captadores solares, ha de sumarse la presión estática correspondiente a la presión mínima indicada anteriormente.

$$P_{min} = 0,5 + P_{est}$$

$P_{est} = h \text{ (m)} \cdot 0,1 \text{ bar/m}$ , siendo  $h$  la altura que hay del vaso al punto más alto de la instalación, que para nuestra instalación es  $h = 4.5 \text{ m}$ . Por lo tanto  $P_{min} = 0.95 \text{ bar}$ .

La presión máxima ha de ser inferior a la presión de tarado de la válvula de seguridad ( $P_{vs}$ ) en aproximadamente 0,3 bar, por tanto;

$P_{max} = P_{vs} - 0,3 \text{ bar}$ , como  $P_{vs}$  es igual a 6 bar para nuestra instalación, tenemos;

$$P_{max} = 5,7 \text{ bar.}$$

$$C_p = (5,7 + 1) / (5,7 - 0,95) = 1,42$$

Para calcular el volumen de total de fluido, V, tendremos que calcular el volumen de fluido en las tuberías, en el intercambiador y en los captadores, siendo V igual a la suma de esos tres volúmenes.

$V_{\text{tuberías}}$ :

TRAMO	D (m)	L.(m)	V (l/ml)	Vt (l)
1_3	0,032	15,5	0,804	12,47
2_3	0,02	2,5	0,314	0,79
3_5	0,025	6,2	0,491	3,04
4_5	0,02	2,5	0,314	0,79
5_6	0,02	8,7	0,314	2,73
7_8	0,02	8,7	0,314	2,73
8_9	0,02	2,5	0,314	0,79
8_10	0,025	6,2	0,491	3,04
10_11	0,02	2,5	0,314	0,79
10_12	0,032	7,9	0,804	6,35

Por lo tanto el  $V_{\text{tuberías}} = 33.51$  l.

El volumen de fluido por captador según el fabricante es de 1.35 l por captador, y como tenemos 12 captadores, el volumen total de los captadores será;

$$V_{\text{capt.}} = 1.35 \times 12 = 16.2 \text{ l.}$$

El volumen de fluido en el intercambiador, de acuerdo con el fabricante, es 64 l.

Por tanto;

$$V = 33.51 + 16.2 + 64 = 113.71 \text{ l.}$$

Por último nos falta calcular  $V_{\text{vap}}$ ;

$$V_{\text{vap}} = 16.2 \text{ (litros por encima del vaso, contenido en los captadores)} + 7 \text{ (litros por encima del vaso, contenido en las tuberías)} = 23.2 \text{ l}$$

Por tanto;

$$V_t = (113.71 \times 0,065 + 23.2) \times 1,42 = 43.43 \text{ l.}$$

Luego, nuestro vaso de expansión será el inmediato superior a 43.43 l, siendo uno de 50 l.

## **1.10 Sistema de control**

La regulación solar y del sistema de energía auxiliar se llevará a cabo mediante la centralita de DELTA SOL M., con control sobre todos los parámetros de regulación y actuación del sistema: válvula mezcladora, bombas, caldera, etc.

La estrategia de funcionamiento es la siguiente:

### Arranque de la bomba del circuito primario

-Si el sensor solar es mayor que el umbral y la sonda de temperatura que hay en los colectores marca 7° C más que la temperatura a la salida del intercambiador de placas.

### Parada de la bomba del circuito primario

-Si el sensor solar es menor que el umbral que se haya establecido.  
-Si la temperatura en los colectores es menos o igual de 4° C superior a la de la salida del intercambiador entonces la bomba de circulación se desconectará.  
-Sí la temperatura en el deposito solar es mayor de 80° C entonces la bomba del primario se desconecta.

### Bomba del circuito secundario

-Si la temperatura a la salida del intercambiador en el secundario es 5° C mayor que la del acumulador entonces la bomba arranca.  
-Sí la temperatura de la salida del intercambiador es menos o igual 2° C superior a la del deposito de acumulación entonces la bomba de circulación se detiene.

### Circulación desde acumulador solar al acumulador auxiliar

-Si la temperatura en el deposito solar es 5° C superior a la del acumulador secundario y además no hay consumo (detector de flujo) entonces arranca la bomba de circulación entre estos circuitos.  
-Si la temperatura del acumulador solar es menos de 3° C superior a la del auxiliar o hay consumo entonces la bomba se desconecta.  
-Si la temperatura del acumulador solar es menor a 55° C entonces la bomba se desconecta.  
-Sí la temperatura del acumulador auxiliar es mayor de 65° C entonces la bomba de circulación se desconectan.

### Bomba de recirculación.

-Si hay caudal (detector de flujo) la bomba se detiene  
-Si el detector de flujo detecta que no hay caudal entonces la bomba de recirculación arranca.

### Bomba del circuito primario auxiliar y secundario auxiliar

-Si la temperatura en el acumulador auxiliar es menor a 55° C entonces arranca las bombas de los circuitos primario auxiliar y secundario auxiliar.  
-Si la temperatura en el acumulador auxiliar es mayor a 60° C entonces paran las bombas de los circuitos primario auxiliar y secundario auxiliar.

### 1.11 Rentabilidad

El ahorro económico que vamos a obtener en nuestras instalaciones por la energía solar térmica es el siguiente;

De acuerdo con la tarifa expuesta en la web de gas natural (el día 07/09/2008), tenemos que un precio de 0.03577925 Euros/kWh.

- Coste total de la instalación mensual;

	APORT. MENSUAL NECESARIA (MJ)	APORT. MENSUAL NECESARIA (kWh)	COSTE TOTAL (Euros)
ENERO	13638,42	3788,75	135,56
FEBRERO	11985,64	3329,61	119,13
MARZO	12532,60	3481,56	124,57
ABRIL	11414,89	3171,06	113,46
MAYO	11426,78	3174,36	113,58
JUNIO	10701,46	2972,87	106,37
JULIO	10689,57	2969,56	106,25
AGOSTO	11058,18	3071,96	109,91
SEPTIEMBRE	11058,18	3071,96	109,91
OCTUBRE	11795,39	3276,76	117,24
NOVIEMBRE	12128,32	3369,25	120,55
DICIEMBRE	13638,42	3788,75	135,56

- Ahorro económico mensual con la instalación solar térmica;

	APORT. MENSUAL DE LOS CAPTAD. (MJ)	APORT. MENSUAL DE LOS CAPTAD. (kWh)	AHORRO ECONÓMICO (Euros)
ENERO	3642,67	1011,93	36,21
FEBRERO	4857,04	1349,29	48,28
MARZO	7185,78	1996,21	71,42
ABRIL	7364,39	2045,83	73,20
MAYO	8537,71	2371,77	84,86
JUNIO	8869,27	2463,88	88,16
JULIO	10801,43	3000,64	107,36
AGOSTO	10789,54	2997,33	107,24
SEPTIEMBRE	9342,17	2595,25	92,86
OCTUBRE	8449,08	2347,15	83,98
NOVIEMBRE	5784,12	1606,83	57,49
DICIEMBRE	3806,26	1057,38	37,83

Como observamos hemos pasado de tener unos gastos anualmente de 1412.08 Euros, a tener unos gastos de 523.20 Euros, ahorrando anualmente con la instalación solar térmica unos 888.87 Euros.

Además de este ahorro económico, conseguimos reducir las emisiones de dióxido de carbono.