

# DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA EN UN EDIFICIO DE 9 PLANTAS EN VALENCIA

Grado en Ingeniería Mecánica



Autor: Xabier Parada Zabala

Tutor: Jorge Paya Herrero

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer a mi tutor Jorge Payá Herrero el haberme ayudado a realizar este trabajo, ya que no era un tema por el que mostraba especial interés a principio del curso y gracias a las clases de energía solar fototérmica que impartió, consiguió despertar mi curiosidad y motivación para tomar como objetivo la elaboración de este proyecto.

También agradecer a la UPV de Valencia por darme la oportunidad de presentar este trabajo y graduarme como ingeniero mecánico, y a mi familia que siempre me ayudó y me apoyó en estos largos años de grado universitario.

## Índice de Tablas

Tabla 1. Ocupación anual del edificio .....	12
Tabla 2. Demanda ACS referencia a 60º (Fuente: CTE).....	15
Tabla 3. Temperaturas medias de ambiente, agua de red y radiación en Valencia. (Fuente: CHEQ4) .....	16
Tabla 4. Contribución solar mínima anual para ACS en % (Fuente: CTE).....	17
Tabla 5. Demanda ACS referencia a 60º (Fuente: CTE).....	19
Tabla 6. Demanda energética mensual en KWh/mes .....	22
Tabla 7. Temperatura media de agua fría de red mensual y radiación media de cada mes en Valencia. (Fuente: CHEQ4) .....	25
Tabla 8. Azimuth e inclinación debido a la colocación del captador de a izquierda (Fuente: Tabla Excel asignatura energía solar).....	29
Tabla 9. Azimuth e inclinación debido a la colocación del captador de la derecha (Fuente: Tabla Excel asignatura energía solar).....	30
Tabla 10. Viento en Valencia (Fuente: Datosclima.es).....	32
Tabla 11. Relación de velocidad de vientos y cargas que ejercen. ....	33
Tabla 12. Diámetros mínimos, en mm, para tuberías de instalaciones solares cuando la distancia del campo de captadores al local de máquinas es menor o igual a 50m .....	41
Tabla 13. Factor de corrección k1 para temperaturas distintas a 45º (Fuente: asignatura energía solar fototérmica).....	45
Tabla 14. Longitudes equivalentes, en metros, de accesorios de tuberías a instalar. (Fuente: asignatura energía solar).....	48
Tabla 15. Calculo de perdida de carga total de cada accesorio del circuito hidráulica. (Fuente: asignatura energía solar térmica).....	49
Tabla 16. Calculo de volumen total de fluido en el circuito primario. (Fuente: asignatura energía solar fototérmica).....	50
Tabla 17. Factor corrector según la temperatura del agua. (Fuente: asignatura energía solar térmica) .....	55
Tabla 18. Calculo de volumen total de fluido en el circuito primario. (Fuente: asignatura energía solar fototérmica).....	58

## Índice de Figuras

Figura 1. Localización Alirós (Fuente; Google maps).....	11
Figura 2. Localización calle Poeta Artola (Fuente: Google maps) .....	11
Figura 3. Esquema de la metodología a seguir en el desarrollo de la instalación. (Fuente: asignatura energía solar térmica) .....	13
Figura 4. Área perimetral del ático (Fuente: Google maps).....	14
Figura 5. Datos de los colectores a instalar (Fuente: Salvador Escoda).....	14
Figura 6. Mapa de zonas climáticas de España para contribución solar anual. (Fuente: CTE) ...	17
Figura 7. (Fuente: asignatura energía solar Térmica UPV).....	20
Figura 8. Temperatura media mensual del agua fría (Fuente: HE4) .....	21
Figura 9. Esquema instalación para cada una de las 9 plantas de dos viviendas. (Fuente: asignatura energía solar térmica) .....	23
Figura 10. Mapa de zonas climáticas de España para contribución solar anual. (Fuente: CTE) .	24
Figura 11. . Contribución solar mínima anual para ACS en % (Fuente: CTE).....	24
Figura 12. Datos de ensayo del captador ESCOSOL SOL 2100 XBA. (Fuente: CHEQ4) .....	25
Figura 13. Plano del ático. (Fuente: Google maps, AutoCAD).....	26
Figura 14. Plano de posición de los captadores. (Fuente: Google maps, AutoCAD).....	27
Figura 15. . Orientación e inclinación de captadores. (Fuente: libro energía solar térmica).....	28
Figura 16. Pérdidas por orientación e inclinación. (Fuente: libro energía solar térmica).....	28
Figura 17. . Orientación ejes cartesianos de la batería sur y captador a analizar. (Fuente: Word 2013) .....	29
Figura 18. Sombras que generan las aristas del muro sur respecto al captador de la izquierda. (Fuente: Tabla Excel asignatura energía solar) .....	30
Figura 19. Orientación ejes cartesianos de la batería sur y captador a analizar. (Fuente: Word 2013) .....	30
Figura 20. Sombras que generan las aristas del muro sur respecto al captador de la derecha. (Fuente: Tabla Excel asignatura energía solar) .....	31
Figura 21. Plano distribución hidráulica.....	32
Figura 22. Fuerza del viento sobre el captador. (Fuente: asignatura energía solar térmica) ....	33
Figura 23. Estructura soporte de los captadores (Fuente: Sunfer energy structures).....	34
Figura 24. Uniones internas de la estructura soporte de los captadores (Fuente: Sunfer energy structures) .....	35
Figura 25. Especificaciones y características del acumulador centralizado. (Fuente: grupo Biosan, Chromagen) .....	36
Figura 26. Graficas de la mezcla del fluido caloportador agua-propilenglicol. (Fuente: asignatura energía solar térmica) .....	37
Figura 27. Temperaturas de entrada y salida del intercambiador centralizado. (Fuente: asignatura energía solar foto térmica).....	37
Figura 28. Características y especificaciones del intercambiador centralizado. (Fuente: Swep heat exchangers) .....	38
Figura 29. Temperaturas de entrada y salida del intercambiador individual. (Fuente: asignatura energía solar foto térmica).....	39
Figura 30. Características y especificaciones del intercambiador individual. (Fuente: Swep heat exchangers) .....	39

Figura 31. Grafica de diámetros de tubería en función de la pérdida por rozamiento y caudal total Q. (Fuente: asignatura energía solar térmica).....	41
Figura 32. Grafica de diámetros de tubería en función de la pérdida por rozamiento y caudal medio Q/2. (Fuente: asignatura energía solar térmica).....	42
Figura 33. Dimensiones comerciales de tubo de cobre sanitario UNE-EN 1057 (Fuente: SaneamientosDimasa.es) .....	43
Figura 34. Fórmula para el cálculo de espesor de aislante de tuberías. (Fuente: Asignatura energía solar térmica) .....	44
Figura 35. Plano y cotas de la red hidráulica de la instalación.....	44
Figura 36. Densidad de una disolución de propilenglicol en función de la temperatura. ....	46
Figura 37. Viscosidad del fluido caloportador (Fuente: Asignatura energía solar fototérmica). 47	
Figura 38. Tramos tuberías numeradas para cálculo de pérdidas por accesorios. (Fuente: AutoCAD 2018).....	48
Figura 39. Catalogo vasos de expansión (Fuente: www.salvadorescoda.com) .....	51
Figura 40. Purgador de aire manual. (Fuente: www.genebre.es).....	52
Figura 41. Información del dimensionamiento de la bomba requerida (Fuente: Grundfos.com) .....	52
Figura 42. Bomba ALPHA2 15-80-130 230V. (Fuente: Grundfos.com) .....	53
Figura 43. Curvas de funcionamiento de la bomba del circuito hidráulico de la instalación. ....	53
Figura 44. Densidad de una disolución de propilenglicol en función de la temperatura. (Fuente: asignatura energía solar térmica) .....	56
Figura 45. Viscosidad del fluido caloportador (Fuente: Asignatura energía solar fototérmica). 56	
Figura 46. Características del vaso de expansión del circuito secundario. (Fuente: www.salvadorescoda.es) .....	59
Figura 47. Datos técnicos de calentador individual. (Fuente: www.leroymerlin.es).....	60
Figura 48. Configuración en cada vivienda, intercambiador + caldera. (Fuente: asignatura energía solar).....	60
Figura 49. Tarifa del último recurso de gas en vigor .....	62

## RESUMEN

Esta instalación tiene como objetivo principal satisfacer el consumo de agua caliente sanitaria a las 18 viviendas que componen el edificio. Para cubrir esta demanda, se ha necesitado un intercambiador de placas centralizado, además de intercambiadores de placas individuales y calderas individuales. Del CTE y de los datos que se calculan a mano, se obtiene que para un bloque de 9 plantas con 2 viviendas en cada planta y dos baños en cada vivienda, es decir que para un número total de 18 viviendas y teniendo en cuenta 4 personas en cada una de ellas, el consumo es de 2016 L/día.

Se ha calculado que a priori se necesitan al menos 35,7 m<sup>2</sup> de captadores, que a su vez equivale a 17,85 captadores. Se colocarán por tanto 18 en dos baterías de 9, posteriormente se calcula y comprueba con el CHEQ4 que el cálculo manual es correcto.

Esta instalación genera 23087 kWh por año, lo que trae consigo una disminución en las emisiones de 5000 kg de CO<sub>2</sub>. Se estima invertir 28081,83€ con un periodo de retorno de 20 años.

# **INDICE GENERAL**

**Memoria**

**Pliego de condiciones**

**Presupuesto**

**Planos**

# **MEMORIA**

# INDICE DE MEMORIA

<b>1. OBJETO DEL PROYECTO</b> .....	10
<b>2. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO</b> .....	11
<b>3. METODOLOGÍA</b> .....	13
3.1 Datos de partida .....	13
3.2 Prediseño de la instalación .....	15
3.3 Disposición del espacio y sombras .....	18
3.4 Cumplimentación de la normativa y diseño final .....	18
<b>4. DIMENSIONADO DE LA INSTALACION</b> .....	19
4.1 Determinación del consumo de ACS .....	19
4.2 Calculo de la demanda energética .....	20
4.3 Descripción general de la instalación .....	22
4.3.1 Contribución solar .....	23
4.3.2 Selección de captadores .....	24
4.3.3 Distribución de captadores .....	26
4.3.4 Calculo de sombras .....	27
4.3.5 Conexión entre captadores y anclaje .....	32
4.3.6 Acumulador central .....	35
4.3.7 Fluido caloportador .....	36
4.3.8 Intercambiadores de placas .....	37
4.4 Componentes del circuito primario .....	40
4.4.1 Tuberías .....	40
4.4.2 Vasos de expansión .....	50
4.4.3 Purgadores .....	51
4.4.4 Bomba del primario .....	52
4.4.5 Válvulas .....	54
4.5 Circuito secundario .....	55
4.5.1 Tuberías .....	55
4.5.2 Vaso de expansión .....	58
4.6 Sistema de apoyo .....	59
4.7 Sistemas de control y protección .....	61
4.7.1 Control y regulación .....	61
4.7.2 Regulación antilegionela .....	62

<b>5. ANÁLISIS ECONÓMICO</b> .....	62
<b>6. ANÁLISIS MEDIOAMBIENTAL</b> .....	63
<b>7. CONCLUSIONES</b> .....	63
<b>8. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	64
<b>9. ANEXOS</b> .....	65
9.1 Catálogos de los componentes .....	65
9.2 Certificación de CHEQ4.....	74

## 1. OBJETO DEL PROYECTO

Se va a proceder a instalar un conjunto de placas solares en el ático del edificio 12 de la calle poeta Artola de Valencia, ya que el bloque tiene más de 40 años y su instalación de ACS está bastante obsoleta, teniendo que consumir grandes cantidades de gas natural en las calderas individuales. Así pues, se pretende reducir el consumo de gas natural renovando el sistema de calentamiento de ACS.

Los edificios colindantes son de la misma altura que este o incluso más bajos, por lo tanto, no habrá ningún problema en cuanto a sombras.

La instalación de ACS con más de 20 años de antigüedad, presenta ciertos deterioros en el estado de los materiales, así como notables deficiencias en cuanto a regulación, zonificación, escalonamiento de potencia y rendimiento de combustión en las calderas, de tecnologías ya obsoletas, todo lo cual repercute negativamente en la eficiencia energética del conjunto, muy por debajo de los valores exigidos en la actualidad, así como en los costes de explotación de las instalaciones.

La instalación actual es de calderas individuales de entre 10 y 15 litros que pueden llegar a calentar el agua hasta 60 grados sin ningún problema, pero con consumos muy notables de gas natural en todo el bloque, ya que en este edificio hay 9 plantas con 2 viviendas de dos baños en cada planta, lo que supone un consumo considerable de ACS.

Los paneles se van a orientar todos hacia el sur con una inclinación de 45° y teniendo en cuenta que el número máximo de paneles que se van a colocar uno tras otro son 10, también se dispone del espacio suficiente para colocarlos en baterías de 9 o 10 captadores.

El estado del suelo del ático no es muy bueno por lo que antes de comenzar ninguna obra de la instalación, se deberá contactar con otra empresa que se dedique a embaldosar e impermeabilizar de nuevo todo el ático y se mejoraran los accesos a él, ya que en estos actualmente solo se dispone de un pequeño paso y puerta por donde puede acceder como mucho una persona y el ascensor no llega hasta arriba.

Teniendo en cuenta que se dispone de un cuarto de ascensores de gran tamaño, se va a instalar tanto el acumulador como el intercambiador de placas en este cuarto para aislarlos de posibles heladas o bajadas de temperatura en invierno.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

El edificio tiene una antigüedad de 40 años y está ubicado en la zona de Algirós, concretamente en la calle Poeta Artola nº12, Valencia.



Figura 1. Localización Algirós (Fuente; Google maps)

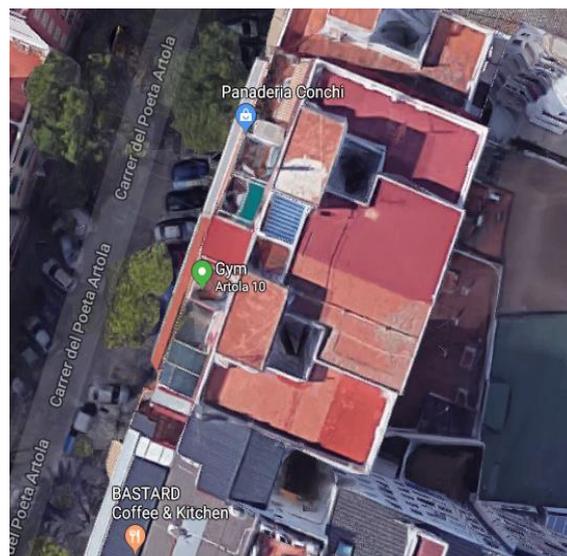


Figura 2. Localización calle Poeta Artola (Fuente: Google maps)

Este bloque está compuesto por 9 plantas y dos viviendas en cada una de ellas, las cuales disponen de; dos baños, cuatro habitaciones, una cocina y un salón.

En este proyecto se focalizara la atención en calentar el ACS que llega tanto al grifo de la cocina y lavadora, así como a la ducha del baño principal y lavabos de ambos baños.

Servirán de ayuda para ello de las calderas individuales ya existentes en cada vivienda y sumaran a ello el aporte que nos dará la instalación de captadores, más la instalación de intercambiadores individuales y uno centralizado que se ubicará en el cuarto de ascensores que tiene el edificio en el ático.

ENERO	4-5
FEBRERO	4-5
MARZO	4-5
ABRIL	4-5
MAYO	4-5
JUNIO	3-4
JULIO	3-4
AGOSTO	3-4
SEPTIEMBRE	4-5
OCTUBRE	4-5
NOVIEMBRE	4-5
DICIEMBRE	4-5

*Tabla 1. Ocupación anual del edificio*

En cuanto a la ocupación del edificio, cabe destacar que al ser un edificio de una antigüedad considerable, la mayoría de ocupación se basa en estudiantes residentes durante el curso lectivo pero al ubicarse en Valencia, cerca de las playas y en una zona de turismo con alquileres en precios reducidos, podemos decir que en verano también se tiene un considerable porcentaje de ocupación, por lo que se estimará que de media viven durante el año 4 personas por vivienda, un total de 72 personas en todo el bloque.

Este bloque es de los más altos de todos los de la zona, habiendo muchos colindantes de la misma altura y otros inferiores, pero ninguno más alto que este.

Podemos por tanto anticipar que no va a haber ningún problema por posibles sombras que se pudieran generar sobre los captadores, aunque sí que se estudiará el cálculo de sombras más adelante, ya que el ático no es muy grande y hay muros de hormigón en forma de barandilla y un pequeño cuarto de ascensores a cierta distancia de la zona donde se instalaran los captadores.

### 3. METODOLOGÍA

A continuación se muestra esquemáticamente la metodología que se a uso para completar el proceso del diseño de toda la instalación:

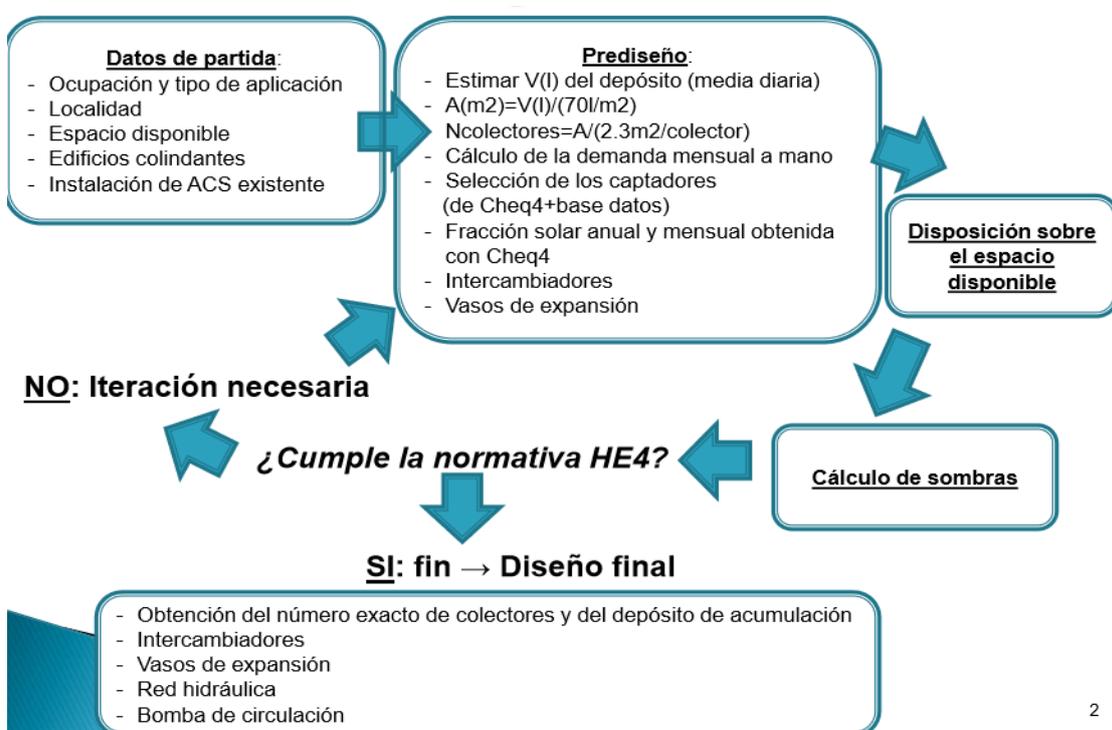


Figura 3. Esquema de la metodología a seguir en el desarrollo de la instalación. (Fuente: asignatura energía solar térmica)

#### 3.1 Datos de partida

Como bien se ha dicho antes, este proyecto se basa en la renovación del sistema de calentamiento de ACS que tiene el edificio nº12 de la calle poeta Artola, ubicado en la ciudad de Valencia (España).

Como más adelante se podrá ver en los planos, el espacio disponible en el ático no es excesivo, pero es suficiente para la cantidad de captadores que se van a colocar en el ático del edificio.

Los edificios colindantes son todos de la misma altura o menores que este, por tanto, como bien se ha mencionado antes, no vamos a tener problemas a la hora de calcular las sombras que se pudieran llegar a producir sobre los captadores, aun así se analizara más adelante ya que la terraza es de doble planta y hay un cuarto de ascensores que sí que podrán llegar a producir pequeñas sombras.



Figura 4. Área perimetral del ático (Fuente: Google maps)

La instalación de ACS ya existente se compone de calderas individuales con más de 15 años de antigüedad que a menudo dan problemas de funcionamiento, privando así de ACS a todo el bloque.

Cuando este edificio fue construido, la caldera central funcionaba con gas propano y fue posteriormente en el año 2001 cuando se transformó toda la instalación existente para introducir el uso del gas natural y retiró la caldera central. Desde ese año se han reparado varios componentes, pero no se ha renovado la vieja instalación de calderas individuales.

El objetivo de esta reforma es sustituir toda la instalación existente, como la del sistema hidráulico que envía el ACS todo el bloque a las calderas individuales. Se hará toda la instalación en base al CTE4 (Código técnico de la edificación). Se va a retirar el sistema actual y se colocarán colectores solares de tipo ESCOSOL SOL 2100XBA del fabricante Salvador Escoda.

Datos de ensayo	
Área (m2)	1.96
n0 (-)	0.746
a1 (W/m2K)	6.534
a2 (W/m2K2)	0.016
Qtest(l/hm2)	72
k50	0.88
Laboratorio	CENER
Certificación	GPS-8444

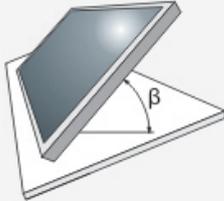


Figura 5. Datos de los colectores a instalar (Fuente: Salvador Escoda)

Además de la retirada del viejo sistema, se instalará un acumulador en el cuarto de ascensores, un intercambiador de placas centralizado del que más adelante se especificarán sus características y además de ello se instalará un intercambiador de placas individual en cada una de las 18 viviendas del edificio.

Todo esto vendrá acompañado de la instalación del circuito hidráulico de los colectores en el ático, circuito primario y secundario, además de la renovación del circuito hidráulico que distribuye el ACS desde el ático a todo el edificio, incluyendo red de tuberías y sistema de bombeo.

## 3.2 Prediseño de la instalación

Primero y antes de todo, se estima cual va a ser el volumen necesario que se va a necesitar en el deposito acumulador que se procederá a instalar en el cuarto de ascensores del ático, para ello se usarán los datos que se obtienen de las facturas de consumo de agua y los cálculos se harán en base al CTE4.

Se calcula la demanda mensual a mano partiendo de la estimación de consumo diaria que se tiene, estos consumos son estándares para viviendas unifamiliares y el CTE estipula que debe tomarse un consumo de 28L/pers/día.

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

Tabla 2.Demanda ACS referencia a 60º (Fuente: CTE)

Se estima que durante todo el año viven 4 personas de media en cada vivienda, por lo tanto el consumo medio de ACS por vivienda y diariamente será de 112L.

Del CTE4 y de los datos que se calculan a mano, se obtiene que, para un bloque de 9 plantas con 2 viviendas en cada planta y dos baños en cada vivienda, es decir que para un número total de 18 viviendas y teniendo en cuenta 4 personas en cada una de ellas, el consumo es de 2016 L/día.

Se usará para ello un depósito comercial de 2500 litros que dividiendo entre los litros por metro cuadrado de cada captador (70m<sup>2</sup>), se tiene que a priori se necesitarán al menos 35,71 m<sup>2</sup> de captadores, que a su vez dividiendo por los 2 m<sup>2</sup> que tiene cada uno, se ve que esa área equivale a 17,85 captadores. Se colocarían por tanto 18 en dos baterías de 9, pero aún falta por calcularlo con el CHEQ4 y comprobar si el cálculo manual es correcto.

Más adelante, se verá como es importante instalar más colectores de los que se han obtenidos en los primeros cálculos para poder llegar siempre a la demanda mínima. No son preocupantes los problemas por sobrecalentamientos o exceso de energía obtenida, ya que hay válvulas que permiten cerrar el paso del agua o disipar el calor excesivo acumulado en los colectores.

Para la selección de la demanda energética, se tendrá en cuenta siempre la media de consumo diaria, pero para la selección del acumulador se tendrán en cuenta los picos de consumo, ya que hay que satisfacer la demanda máxima en todo momento.

Se procede después a hacer el cálculo de los captadores y para ello hay que comenzar introduciendo la localidad para obtener la latitud y altitud del lugar donde se van a instalar los captadores e instantáneamente se obtiene tanto la temperatura media del agua fría de red mensual, como la radiación media de cada mes en esta localidad:

	Rad(MJ/m2)	T.Red (°C)	T.Amb (°C)
<b>Enero</b>	9.1	10.0	10.4
<b>Febrero</b>	12.2	11.0	11.4
<b>Marzo</b>	16.8	12.0	12.6
<b>Abril</b>	21.9	13.0	14.5
<b>Mayo</b>	24.4	15.0	17.4
<b>Junio</b>	26.9	17.0	21.1
<b>Julio</b>	27.6	19.0	24.0
<b>Agosto</b>	23.8	20.0	24.5
<b>Septiembre</b>	19.0	18.0	22.3
<b>Octubre</b>	13.6	16.0	18.3
<b>Noviembre</b>	9.6	13.0	13.7
<b>Diciembre</b>	7.7	11.0	10.9
<b>Promedio</b>	17.7	14.6	16.8

Tabla 3. Temperaturas medias de ambiente, agua de red y radiación en Valencia. (Fuente: CHEQ4)

También es muy importante tener en cuenta cual es la contribución solar mínima que la instalación debe aportar al calentamiento de ACS del bloque. Para ello hay una serie de normas en el CTE que, según la ubicación y zona geográfica de España, exige unas mínimas cantidades de contribución solar.

La contribución o fracción solar mínima anual es la fracción entre la demanda energética anual y la que nuestra instalación puede llegar a aportar. Para determinar la zona climática se usan los siguientes mapas extraídos del CTE.

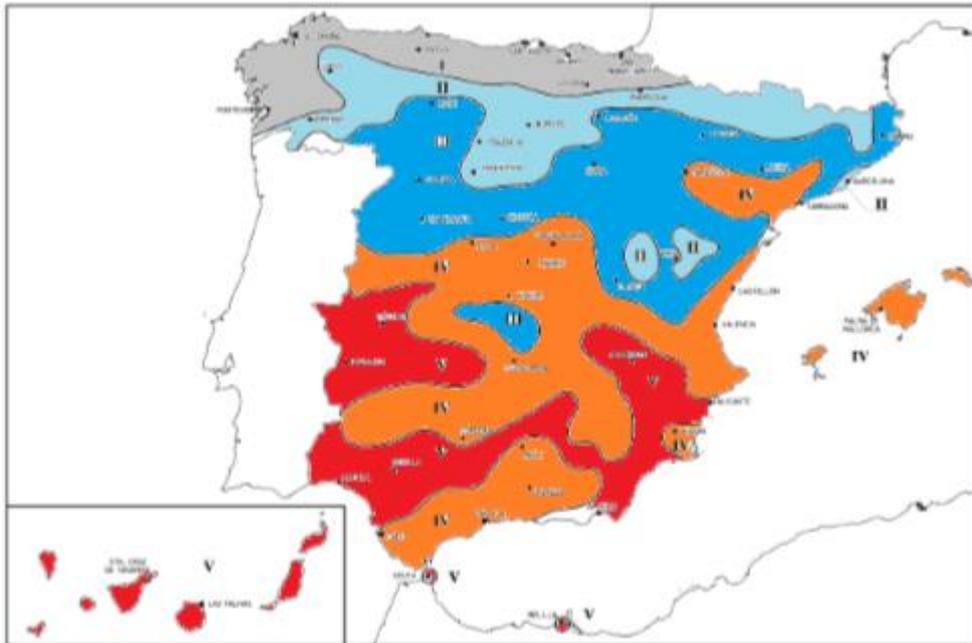


Figura 6. Mapa de zonas climáticas de España para contribución solar anual. (Fuente: CTE)

Como se puede apreciar en el mapa, la ciudad de Valencia corresponde a la Zona climática IV, por lo tanto, teniendo en cuenta que el consumo es de entre 50-5000 litros al día, la fracción solar mínima exigida en esta zona es del 50%.

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

Tabla 4. Contribución solar mínima anual para ACS en % (Fuente: CTE)

Después de haber comprobado todos los cálculos con el software CHEQ4, se procederá a hacer el cálculo del fluido caloportador que se va a usar en los colectores solares y para ello tendremos en cuenta la zona climática en la que nos situamos. Es decir que con la temperatura mínima histórica de la ubicación se seleccionará cual va a ser el porcentaje en agua y propilenglicol del fluido.

Tras ese cálculo, se harán los cálculos y dimensionamientos de todos los componentes restantes de la instalación, así como circuito hidráulico, bombas de circulación, vasos de expansión, sistema de intercambio de calor, sistema de almacenamiento de calor, sistema de apoyo, sistemas de seguridad y componentes para el control y regulación de la instalación.

### 3.3 Disposición del espacio y sombras

Tras haber calculado todos los componentes se hará el análisis de la disposición del espacio disponible en la terraza, así como la distribución de la colocación de todos los colectores, acumulador central y sistema hidráulico.

Tras determinar cuál va a ser la colocación final de los captadores, se analizarán todos los objetos que haya alrededor y que puedan causar sombras sobre ellos ya que como bien se ha dicho anteriormente, no hay edificios más altos cerca del nuestro que puedan causar sombras considerables sobre el ático.

### 3.4 Cumplimentación de la normativa y diseño final

Una vez se haya calculado todo lo referente a la instalación y se haya distribuido la colocación de captadores, sistema hidráulico, acumulador e intercambiador de placas central en el ático; se procede a verificar que todo cumple con la normativa que impone el CTE.

Si es así, se da por válido el diseño y se procederá al montaje de la instalación, pero en caso de que algo no cumpla con la norma, habrá que redimensionar y volver a los datos de partida para hacer todos los cálculos de la instalación de nuevo hasta que cumpla con todo lo que exige el CTE.

## 4. DIMENSIONADO DE LA INSTALACION

### 4.1 Determinación del consumo de ACS

El cálculo del consumo de ACS en base a valores medios de referencia para viviendas, hoteles, hospitales etc. se toman de la siguiente tabla del CTE:

Se calcula la demanda mensual a mano partiendo de la estimación de consumo diaria que se tiene, estos consumos son estándares para viviendas unifamiliares y el CTE estipula que debe tomarse un consumo de 28L/pers/día.

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

Tabla 5. Demanda ACS referencia a 60º (Fuente: CTE)

Se ha estimado que durante todo el año viven 4 personas de media en cada vivienda, por la tanto el consumo medio de ACS por vivienda y diariamente será de 112L.

Del CTE4 y de los datos que se calculan a mano, se obtiene que, para un bloque de 9 plantas con 2 viviendas en cada planta y dos baños en cada vivienda, es decir que para un número total de 18 viviendas y teniendo en cuenta 4 personas en cada una de ellas, el consumo es de 2016 L/día.

## 4.2 Cálculo de la demanda energética

Las variables que influyen en el cálculo de la demanda energética son:

- Consumo de agua caliente ( $V_i$ )
- Temperatura de preparación del agua caliente ( $T_c$ )
- Temperatura del agua fría de red ( $T_f$ )

Para el cálculo se utilizará la siguiente expresión que directamente con ella se obtendrá la demanda de energía térmica ( $D_i$ ):

$D_i = V_{i,T_c} * \rho * c_p * (T_c - T_f)$	<i>Ecuación 1</i>
--	-------------------

*i*: intervalo de tiempo considerado

$D_i$ : demanda de energía térmica en el intervalo de tiempo  $i$  (KJ)

$V_i, t_c$ : consumo de agua caliente a  $T_c$ , durante el intervalo  $i$  (L)

$\rho$ : densidad del agua (1kg/l)

$C_p$ : calor específico del agua a presión constante (4,18 KJ/kg K)

$T_c$ : temperatura media del agua caliente en el intervalo de tiempo ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_f$ : temperatura media del agua fría en el intervalo de tiempo ( $^{\circ}\text{C}$ )

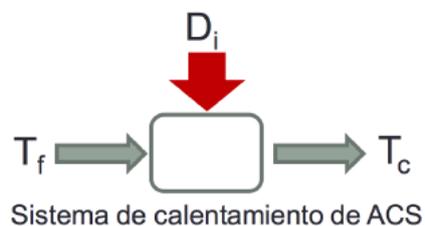


Figura 7. (Fuente: asignatura energía solar Térmica UPV)

Atendiendo a las limitaciones impuestas por la normativa HE4 donde se debe tomar como  $T_{ref}=60^{\circ}\text{C}$ , el periodo  $i$  mensual y la demanda anual como la suma de todas las mensuales, el consumo de agua caliente a  $T_c$ , se calcula de la siguiente manera:

$V_{i,T_c} = V_i (T_{ref}) * \frac{(T_{ref} - T_{f,i})}{(T_c - T_{f,i})}$	<i>Ecuación 2</i>
---	-------------------

La norma UNE 94002 (2005) indica un método para estimar la temperatura diaria media mensual de agua fría de red en cualquier localidad española.

Para localidades que no sean capitales de provincia, la temperatura del agua fría diaria mensual se obtiene aplicando expresiones que relacionan las alturas de las diferentes localidades, en este caso el edificio se ubica en Valencia por tanto asumiremos la temperatura de agua fría diaria mensual en la Capital.

Ciudad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Valencia	10	11	12	13	15	17	19	20	18	16	13	11

*Figura 8. Temperatura media mensual del agua fría (Fuente: HE4)*

Se calcularán las demandas mes a mes, partiendo de las temperaturas de agua fría diaria mensual obtenidas:

$D_i = \left( \left( \frac{\text{litros}}{\text{dias}} * ud \right) * n^{\circ} \text{ pers} * \text{dias} \right) * \rho * C_p * (T_c - T_f)$	<i>Ecuación 3</i>
--	-------------------

Por ejemplo, para el mes de enero:

$$\frac{(28 * 72 * 31) * 1 * 4,18 * (60 - 10)}{1} = 13061664 \text{ KJ/mes}$$

MES	DIAS	Tf (°C)	DEMANDA (KJ/mes)	DEMANDA (KWh/mes)
Enero	31	10	13061664	3628,2
Febrero	28	11	11561679	3211,6
Marzo	31	12	12539197	3483,1
Abril	30	13	11881900	3300,5
Mayo	31	15	11755497	3265,4
Junio	30	17	10870675	3019,6
Julio	31	19	10710565	2975,2
Agosto	31	20	10449331	2902,6
Septiembre	30	18	10617868	2949,4
Octubre	31	16	11494264	3192,8
Noviembre	30	13	11881900	3300,5
Diciembre	31	11	12800430	3555,7

Tabla 6. Demanda energética mensual en KWh/mes

TOTAL DEMANDA ANUAL = **38782 (KWh/año)**

### 4.3 Descripción general de la instalación

En este proyecto se ha optado por una instalación de tipo consumo individual con acumulador e intercambiador centralizados apoyados por intercambiadores y calderas individuales. Estará compuesto por el circuito primario y secundario:

- **Circuito primario:** es donde se capta la radiación que recibimos del sol con los captadores y estos transformaran esta radiación en energía térmica, que por medio de un fluido caloportador se hace la transferencia de calor y se dirige hacia el intercambiador, donde se intercambia el calor con el secundario.
- **Circuito secundario:** Se compone de un intercambiador centralizado y un acumulador centralizado. Este transfiere y almacena la energía térmica que generan los captadores solares mientras el sol incide sobre ellos y así poder utilizarla cuando la demanda de consumo sea alta.



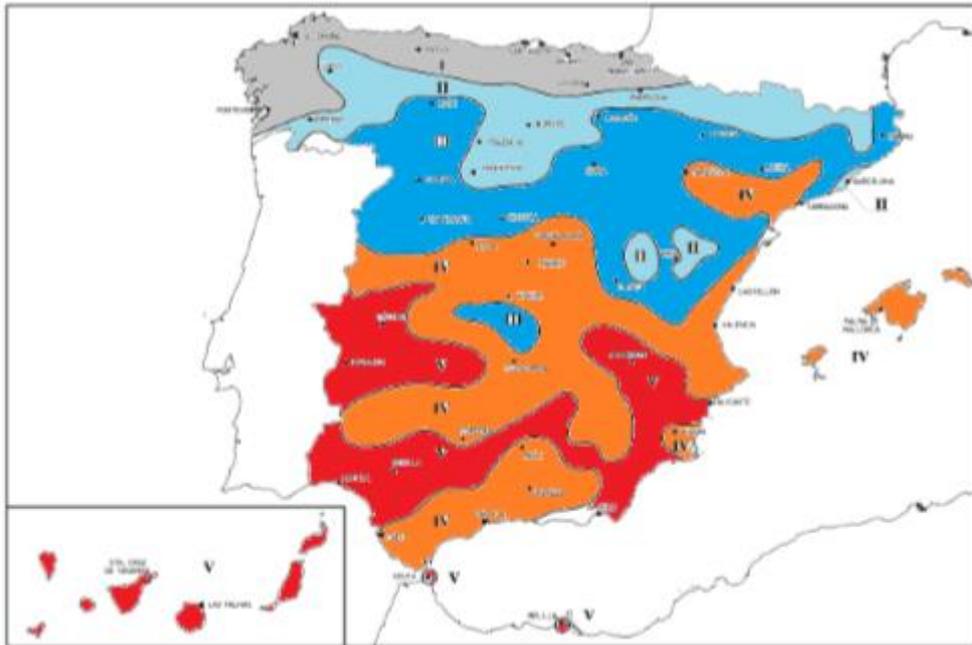


Figura 10. Mapa de zonas climáticas de España para contribución solar anual. (Fuente: CTE)

Como se puede apreciar en el mapa, la ciudad de Valencia corresponde a la Zona climática IV, por lo tanto, teniendo en cuenta que tenemos un consumo de entre 50-5000 litros al día, la fracción solar mínima exigida en esta zona es del 50%.

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

Figura 11. . Contribución solar mínima anual para ACS en % (Fuente: CTE)

#### 4.3.2 Selección de captadores

Para proceder a calcular las sombras que se generarán sobre nuestros captadores, es muy importante llegar a conocer antes cual va a ser orientativamente la cantidad de captadores que se van a colocar en la instalación con el objetivo de cumplir la demanda energética y cumplir con más de un 50% de contribución solar.

Se comienza introduciendo la localidad para obtener la latitud y altitud del lugar donde se van a instalar los captadores e instantáneamente se obtienen tanto la temperatura media del agua fría de red mensual, como la radiación media de cada mes:

	Rad(MJ/m2)	T.Red (°C)	T.Amb (°C)
Enero	9.1	10.0	10.4
Febrero	12.2	11.0	11.4
Marzo	16.8	12.0	12.6
Abril	21.9	13.0	14.5
Mayo	24.4	15.0	17.4
Junio	26.9	17.0	21.1
Julio	27.6	19.0	24.0
Agosto	23.8	20.0	24.5
Septiembre	19.0	18.0	22.3
Octubre	13.6	16.0	18.3
Noviembre	9.6	13.0	13.7
Diciembre	7.7	11.0	10.9
Promedio	17.7	14.6	16.8

Tabla 7. Temperatura media de agua fría de red mensual y radiación media de cada mes en Valencia. (Fuente: CHEQ4)

En cuanto a los captadores, se ha escogido usar el modelo ESCOSOL SOL 2100 XBA del fabricante Salvador Escoda.

- Tamaño del colector: 2,12 m<sup>2</sup>
- Dimensiones totales: 1738 x 1218 x 98 mm.

Datos de ensayo	
Área (m <sup>2</sup> )	1.96
n0 (-)	0.746
a1 (W/m <sup>2</sup> K)	6.534
a2 (W/m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> )	0.016
Qtest(l/hm <sup>2</sup> )	72
k50	0.88
Laboratorio	CENER
Certificación	GPS-8444

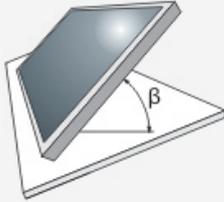


Figura 12. Datos de ensayo del captador ESCOSOL SOL 2100 XBA. (Fuente: CHEQ4)

El consumo diario estimado que se calculó previamente fue de 2016 L/día, por lo que se usara para nuestra instalación un deposito acumulador comercial de 2500 litros que dividiendo entre los litros por metro cuadrado de cada captador, sale que a priori se necesitarán al menos 28,6 m<sup>2</sup> de captadores, que a su vez dividiendo por los 2 m<sup>2</sup> que tiene cada uno, se ve que ese área equivale a 18 captadores. Se colocarán por tanto 18 en dos baterías de 9, pero aún falta por calcularlo con el software CHEQ4 y comprobar si el cálculo manual es correcto.

### 4.3.3 Distribución de captadores

Los captadores se van a distribuir de manera que las sombras generen el menor impacto posible sobre la incidencia de los rayos del sol sobre estos.

Esta instalación tendrá dos baterías de 9 captadores una detrás de la otra, teniendo en total 18 captadores y suponiendo esto un área de captación de 35,28 m<sup>2</sup>.

Se ha decidido colocar los captadores a 3 metros de distancia entre sus bases para evitar posibles sombras entre estos, se colocarán de la siguiente manera:

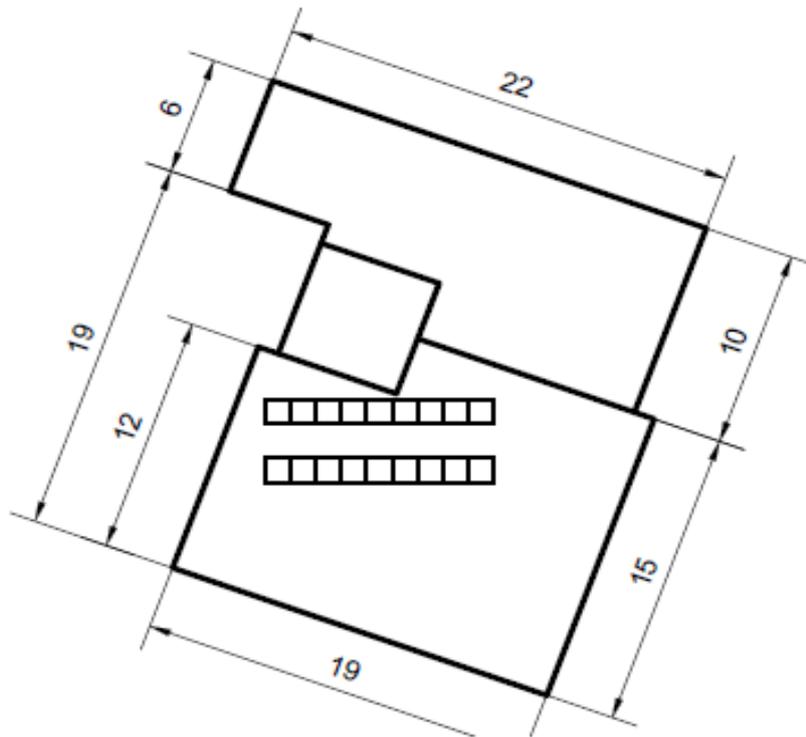


Figura 13. Plano del ático. (Fuente: Google maps, AutoCAD)

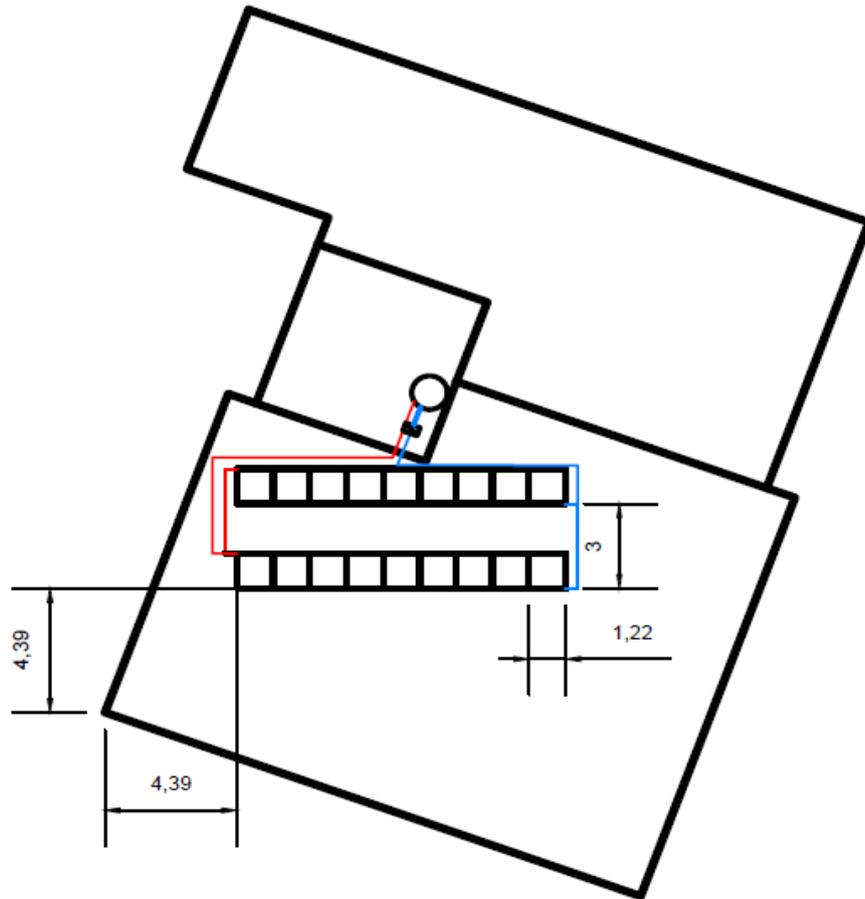


Figura 14. Plano de posición de los captadores. (Fuente: Google maps, AutoCAD)

#### 4.3.4 Calculo de sombras

Ya que este bloque es más alto que cualquier otro que lo rodea, se sabe que no se tendrá ninguna pérdida por sombras provocada por estos.

Solo queda saber si los muros perimetrales que rodean el ático pueden llegar a provocar sombras sobre los captadores y con ello unas pérdidas correspondientes.

Para ello se ha calculado las pérdidas por sombras que se obtendrían en el captador más cercano al muro orientado hacia el sur en el caso de que se usarán 18 captadores como se ha propuesto en un principio.

Se realiza el cálculo de pérdidas para ver que la distribución de captadores que se ha hecho es la correcta y que cumple los límites de pérdidas por sombras que establece el H4-4.

Por defecto, los captadores se orientan hacia el sur para que las pérdidas sean mínimas, es decir que las pérdidas por orientación serán nulas así.

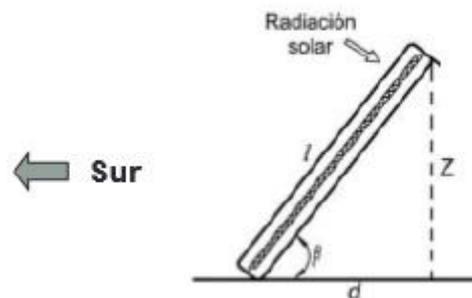


Figura 15. . Orientación e inclinación de captadores. (Fuente: libro energía solar térmica)

Los captadores tendrán una inclinación de  $45^\circ$  que harán que la instalación sea más eficiente y como tienen una altura de 1738mm, al inclinarlas, la proyección horizontal es de 1229mm, por lo que la siguiente batería de captadores que va instalada detrás ha de estar a un mínimo de 3 m de la base de los captadores de la batería sur para que esta no genere sombras a la que tiene detrás.

La inclinación óptima sería la de la latitud que tiene Valencia que es de 40 grados aproximadamente, pero en margen de  $\pm 5^\circ$ , casi no tenemos pérdidas.

A continuación, se presentan las pérdidas por sombras que se tendrían debido a la inclinación y orientación, aunque como ya bien hemos dicho en este caso serán prácticamente nulas tanto una como otra.

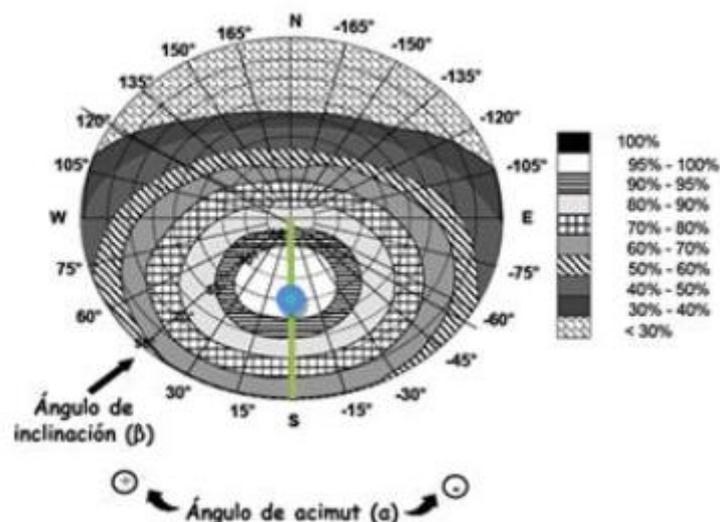


Figura 16. Pérdidas por orientación e inclinación. (Fuente: libro energía solar térmica)

Para hacer el cálculo de las pérdidas que se generan debido a las sombras, se establecen 2 puntos a analizar, ya que por la ubicación orientada hacia el sur que tienen los captadores, hay una distancia más que suficiente que asegura que no se van a producir sombras por los muros de 1,3m de altura.

Aun así y para asegurar por completo de una forma analítica que no hay ningún tipo de sombra, se harán los cálculos de los captadores laterales que más cerca estén de los muros y si se comprueba que en estos no se generan sombras relevantes, si en caso contrario se produjeran sombras sobre alguno de estos dos, se pasaría a analizar las sombras en el resto de captadores.

Para el análisis, se sitúan los ejes cartesianos en el centro del captador a analizar. En este caso serán en la batería más cercana al muro sur, el de la izquierda y el de la derecha. Los ejes cartesianos se colocarán de tal forma que el eje y se oriente hacia el sur y el eje x hacia el oeste, siendo z la diferencia de cota de la arista que pueda generar sombras respecto al centro del captador donde se sitúan los ejes de referencia.

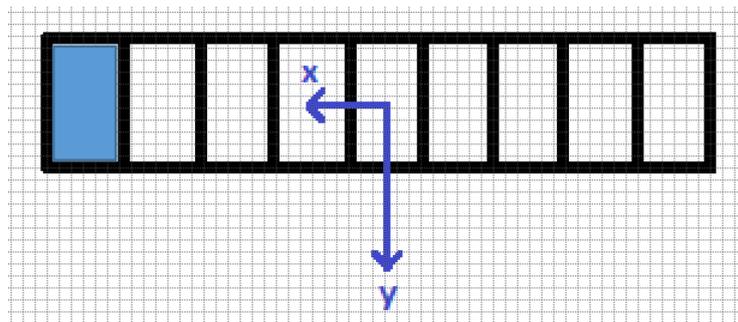


Figura 17. . Orientación ejes cartesianos de la batería sur y captador a analizar. (Fuente: Word 2013)

A continuación, se introducen las coordenadas de las 4 aristas del muro de 1,3 metros de altura, de espesor despreciable y se calcula su respectivo azimuth e inclinación.

DATOS A INTRODUCIR	Azimet captadores	0	Desviación de los captadores respect			
	X (m)	15	5	5	-7	-7
	Y (m)	30	5	5	8	8
	Z (m)	20	1.3	1.3	1.3	1.3
RESULTADOS*	Azimet(°)	27	45	45	-41	-41
	Inclinación(°)	31	10	10	7	7

Tabla 8. Azimuth e inclinación debido a la colocación del captador de a izquierda (Fuente: Tabla Excel asignatura energía solar)

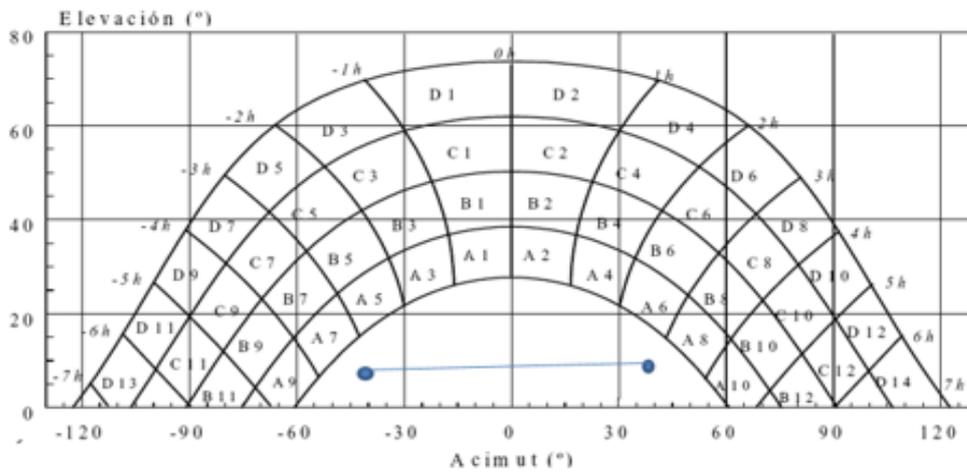


Figura 18. Sombras que generan las aristas del muro sur respecto al captador de la izquierda. (Fuente: Tabla Excel asignatura energía solar)

Se hace el mismo cálculo para el captador situado más a la izquierda:

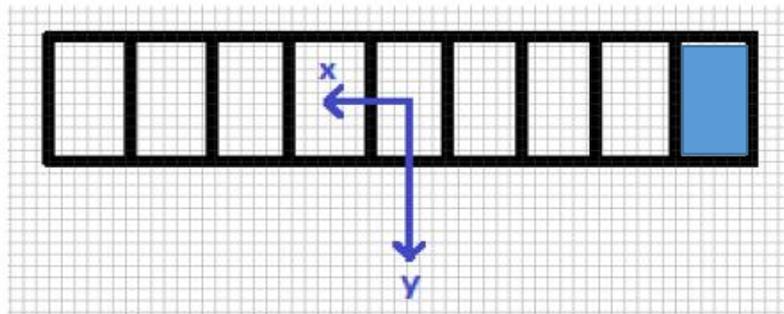


Figura 19. Orientación ejes cartesianos de la batería sur y captador a analizar. (Fuente: Word 2013)

DATOS A INTRODUCIR	Azimut captadores	0	Desviación de los captadores respect			
	X (m)	15	15	15	-3	-3
	Y (m)	30	5	5	8	8
	Z (m)	20	1.3	1.3	1.3	1.3

RESULTADOS*	Azimut(°)	27	72	72	-21	-21
	Inclinación(°)	31	5	5	9	9

Tabla 9. Azimuth e inclinación debido a la colocación del captador de la derecha (Fuente: Tabla Excel asignatura energía solar)

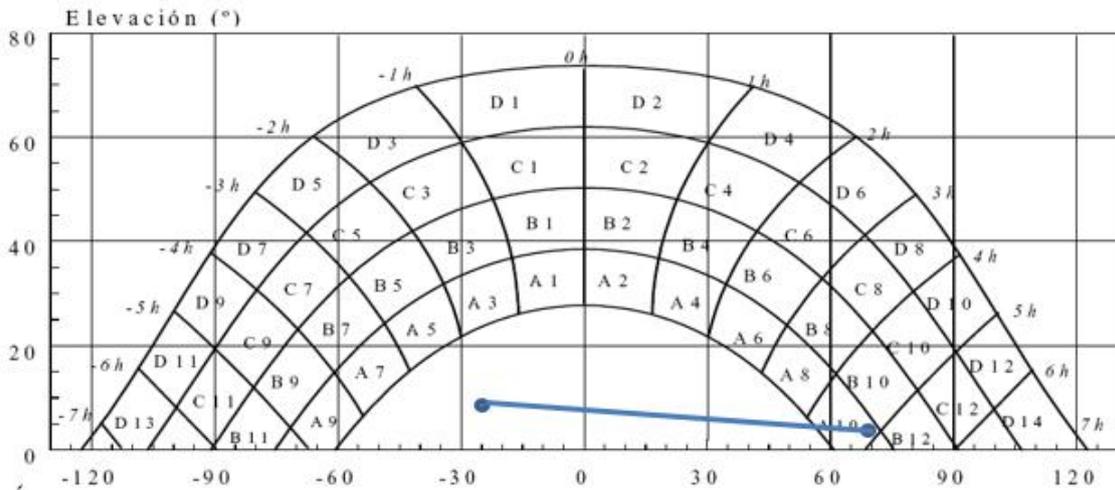


Figura 20. Sombras que generan las aristas del muro sur respecto al captador de la derecha. (Fuente: Tabla Excel asignatura energía solar)

Como se puede observar en las dos gráficas, las zonas que quedan sombreadas por los dos paneles laterales de la batería de debajo son despreciables ya que se ubican a una distancia más que necesaria del muro de 1.3m de altura y este no es capaz de producir sombras sobre ninguna de las placas.

La normativa HE4 obliga a cumplir unas condiciones mínimas en lo que sombras se refiere, tales como que en ningún momento del año se produzcan sombras en más de un 10% de su superficie de captación.

Además de ello las pérdidas que se pueden obtener debido a la inclinación y orientación nunca pueden ser mayores que el 10%.

Se puede por lo tanto decir que en este caso, la instalación cumple con dichos requisitos ya que las pérdidas por sombras son de tan solo 0,61% y las de orientación e inclinación son incluso menores.

### 4.3.5 Conexión entre captadores y anclaje

Se realizarán las conexiones entre los captadores en paralelo, de manera de que se minimicen las pérdidas de carga entre estos, siendo a su vez equivalentes las pérdidas que se producen en uno como en otro.

Es indispensable que haya un equilibrio hidráulico en el circuito, se usará para ello el sistema de retorno invertido de forma que el fluido circule igualmente por todas las partes del circuito siendo la pérdida de carga independiente de la distancia que tenga que hacer el fluido.

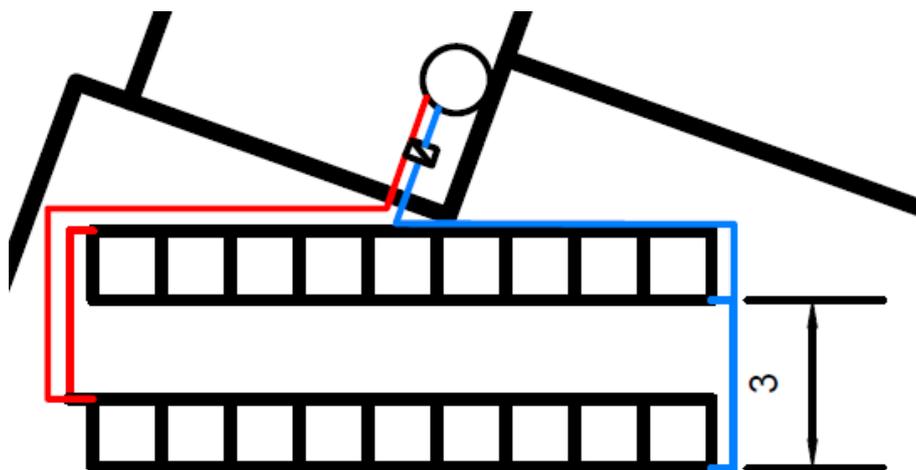


Figura 21. Plano distribución hidráulica

Para realizar los cálculos de anclaje de los captadores, no se tendrá en cuenta el peso propio, que será despreciable comparado con las fuerzas que puedan producir los vientos obre ellos. Estos sí que van a tener que ser estudiados para asegurarse en todo momento de que las condiciones más adversas de viento garantizan que no se produzca ningún desperfecto en toda la instalación.

A continuación, se muestran los valores de los vientos más considerables en Valencia desde 1980 hasta hoy en día:

CARACTERISTICA / VALOR	(Velocidad m/s)	(Velocidad Km/h)	FECHA	HORA
Racha de Viento más alta Registrada:	26.4	95.04	14-01-2010	11:10
Velocidad Media más alta Registrada:	12.8	46.08	29-10-1990	

Tabla 10. Viento en Valencia (Fuente: Datosclima.es)

Si se interpolan linealmente los vientos, relacionándolo con las fuerzas que estos ejercen sobre un área de unidad metro cuadrado:

v (m/s)	v (km/h)	P(N/m <sup>2</sup> )
5	18	15
15	54	138
28	100	479
42	151	1078
56	201	1917

Tabla 11. Relación de velocidad de vientos y cargas que ejercen.

Se obtiene de aquí que para la racha más alta de viento registrada con un valor de 95km/h, corresponde a un valor de 442 N/m<sup>2</sup>.

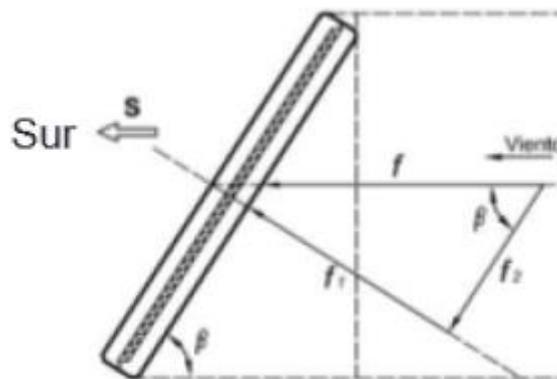


Figura 22. Fuerza del viento sobre el captador. (Fuente: asignatura energía solar térmica)

$f = 442 * \text{sen } 45^\circ * 1,96 = 737 \text{ N}$	Ecuación 4
---	------------

$$f1 = 737 * \text{sen } 45 = \mathbf{627 \text{ N}}$$

Se tiene por tanto una velocidad histórica máxima de 26 m/s y una fuerza sobre cada colector de 627 N provocada por estos fuertes vientos.

Para ello se va a necesitar un soporte rígido que asegure el anclaje correcto de todos los captadores al suelo y soporte las rachas más fuertes de viento que se pudieran dar.

Así pues, se ha escogido una estructura de Aluminio del grupo *Sunfer energy structures* con las siguientes características:

- Aluminio en AW 6005A T6 con tornillería de acero inoxidable.
- Tamaño 1650x1000x50
- Estructura atornillada regulable
- Soporta vientos de 29 m/s



*Figura 23. Estructura soporte de los captadores (Fuente: Sunfer energy structures)*

El montaje se realizará manualmente ya que son estructuras que irán atornilladas tanto a las placas como al suelo del ático y de la misma manera, atornilladas entre ellas como se muestra en la *figura 24*:



Figura 24. Uniones internas de la estructura soporte de los captadores (Fuente: Sunfer energy structures)

#### 4.3.6 Acumulador central

Como bien se ha aclarado antes, el consumo diario del bloque con los cálculos correspondientes a la norma es de 2016 litros/día, por lo tanto, se escogerá un acumulador solar comercial con una capacidad inmediatamente superior a la demanda, para que pueda satisfacerla en todo momento sin problemas.

Se ha escogido para ello un acumulador solar con capacidad de 2500L de la marca Chromagen, construido en acero al carbono con revestimiento interno de resina epoxídica adecuado para instalaciones de ACS.

Con unas dimensiones de 1450 x 2230 (mm) y un peso de 435kg, se podrá instalar sin ningún tipo de problema en el cuarto de ascensores que también ira ubicado el intercambiador de placas centralizado del cual se hablará más adelante.

ACUMULADOR (l)	1500L	2.000L	2.500L
CÓDIGO	ASUV010	ASUV011	ASUV012
MONTAJE	Vertical		
TRATAMIENTO	Resina epoxídica		
TIPO DE CIRCUITO	Directo / ACS		
PESO (Kg)	285	350	435
D x H(con aislamiento)	1.200 x 2.155	1.300 x 2.470	1.450 x 2.230
PROTECCIÓN CATÓDICA	Ánodo Electrónico		

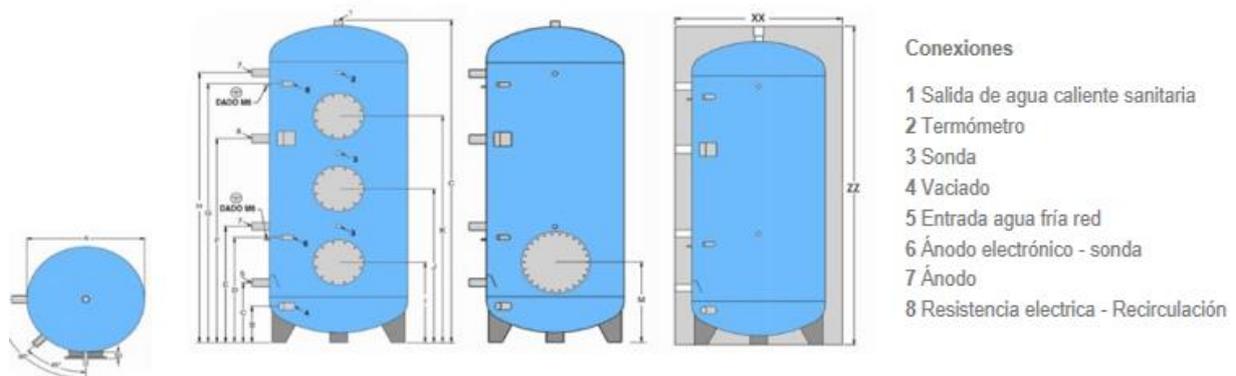


Figura 25. Especificaciones y características del acumulador centralizado. (Fuente: grupo Biosan, Chromagen)

#### 4.3.7 Fluido caloportador

Teniendo en cuenta que la instalación se ubicará en Valencia y que la temperatura mínima histórica es de  $-7,2^{\circ}\text{C}$ , por el primario va a circular un fluido compuesto por agua ( 70% ) y propilenglicol (30%), de esta manera la temperatura de congelación de la mezcla va a estar en torno a los  $-13^{\circ}\text{C}$ .

De las siguientes graficas se consigue el porcentaje en mezcla de agua y glicol, partiendo de la temperatura mínima que debe soportar sin congelarse:

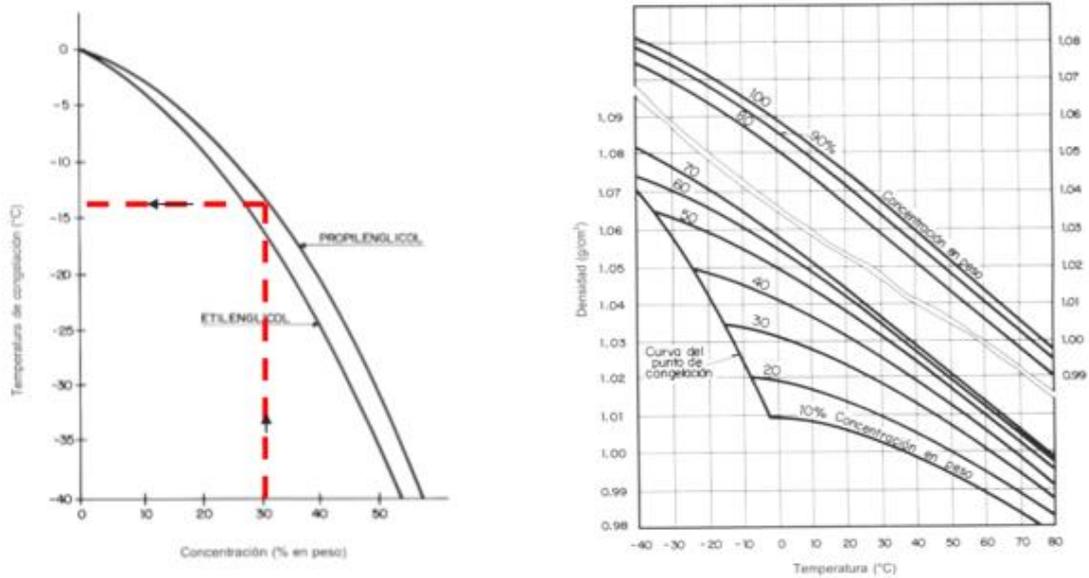


Figura 26. Graficas de la mezcla del fluido caloportador agua-propilenglicol. (Fuente: asignatura energía solar térmica)

### 4.3.8 Intercambiadores de placas

#### CENTRALIZADO

En esta instalación se va a tener un intercambiador centralizado exterior al acumulador, el tipo de intercambiador que se va a utilizar es uno de tipo placas que tienen grandes beneficios en cuanto a rendimiento y superficie de intercambio, pero tienen bastantes pérdidas de carga y su coste es elevado.

Como hemos visto en el esquema de la instalación, el agua caliente que entra al intercambiador es el que conseguimos de calentar con los captadores que entra a unos 65° y a su vez el agua fría que entra en el intercambiador, es el que sale del acumulador, completando así el ciclo de calentamiento.

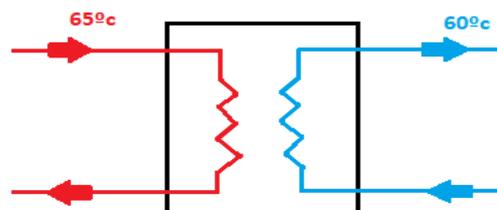


Figura 27. Temperaturas de entrada y salida del intercambiador centralizado. (Fuente: asignatura energía solar foto térmica)

El agua fría que entra al acumulador de noche sería el de red a unos 10°C, pero de día intercambia calor con el agua caliente que sale de los captadores de forma que el agua fría entra a una temperatura superior, aunque siempre inferior a los 65.

Para escoger un intercambiador de placas que satisfaga las necesidades de potencia, se sabe que el CTE obliga a que la potencia de intercambio sea superior a 500W por cada metro cuadrado de captador

$$\text{Superficie de captación} = n^{\circ} \text{placas} * \text{superficie de cada} = 18 * 1,96 = 35,28 \text{ m}^2$$

$$\text{Potencia intercambiadora requerida} = 500 \text{ W/m}^2 * 35,28 \text{ m}^2 = 17,640 \text{ KW}$$

Por lo tanto, se sabe que nuestro intercambiador debe tener una potencia de intercambio superior a 17,640 KW. Para la selección de intercambiador se ha hecho el cálculo de potencia para el mes más frío del año utilizando el calculador online de *Swep heat exchangers*:

Calculation Type: **Single Phase - Design**

Fluid Side 1: Water

Fluid Side 2: Propylene Glycol - Water 30%

Flow direction: Counter current

Exchangers: B-Types

Heat Load: Side 1: 20 kW, Side 2: [ ] kW

Inlet Temperature: Side 1: 65 °C, Side 2: 10 °C

Outlet Temperature: Side 1: [ ] °C, Side 2: 60 °C

Flow: Side 1: 0.7055 kg/s, Side 2: [ ] kg/s

Max pressure drop: Side 1: 20 kPa, Side 2: 20 kPa

Number of Passes: [ ]

Oversurfacing: [ ] %

FoulingFactor: [ ] m<sup>2</sup>·°C/kW

Auto Performance:

Compare	BPHE	A(m <sup>2</sup> )	DP1(kPa)	DP2(kPa)
<input type="checkbox"/>	BX8Tx40	0.874	20.8	0.546
<b>DUTY REQUIREMENTS</b>				
	Unit	Side 1	Side 2	
Heat load	kW	21.75		
Inlet temperature	°C	65.00		10.00
Outlet temperature	°C	57.63		64.30
Flow rate	kg/s	0.7055		0.1028
Max. pressure drop	kPa	20.0		20.0
Thermal length		0.662		4.878
<b>PLATE HEAT EXCHANGER</b>				
	Unit	Side 1	Side 2	
Total heat transfer area	m <sup>2</sup>	0.874		
Heat flux	kW/m <sup>2</sup>	24.9		
Mean temperature difference	K	11.13		
O.H.T.C. (available/required)	W/m <sup>2</sup> ·°C	2260/2240		
Pressure drop -total*	kPa	20.8		0.546
- in ports	kPa	6.09		0.123
Port diameter	mm	16.0		16.0
Number of channels		19		20
Number of plates			40	
Oversurfacing	%		1	
Fouling factor	m <sup>2</sup> ·°C/kW		0.006	
Reynolds number		2223		81.28
Port velocity	m/s	3.57		0.500



Figura 28. Características y especificaciones del intercambiador centralizado. (Fuente: Swep heat exchangers)

El intercambiador de placas escogido es el 4 B8Tx8TX40. Se sabe por tanto que en este caso, el intercambiador centralizado va a tener las siguientes características:

- Potencia de calentamiento: 21,75 KW
- Área intercambio total: 0,874 m<sup>2</sup>
- Máxima caída de presión: 20 Kpa
- Flujo calor: 25 KW/m<sup>2</sup>

## INDIVIDUAL

Además del intercambiador centralizado que se tendrá en el ático, también habrá un intercambiador individual en cada vivienda que ayudara a la caldera a minimizar más aun su consumo, ya que este intercambiara calor directamente entre el agua que viene del acumulador y el agua que llega de la red. El agua que salga de este intercambiador ira directamente a la caldera y después de calentarlo en la caldera no más de 10 grados, estará listo para su consumo como ACS.

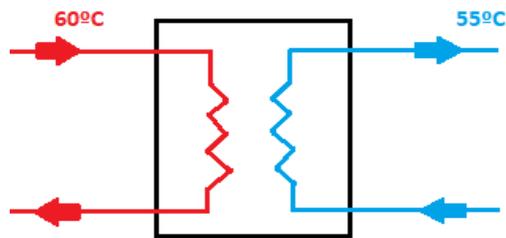


Figura 29. Temperaturas de entrada y salida del intercambiador individual. (Fuente: asignatura energía solar foto térmica)

Compare	BPHE	A(m <sup>2</sup> )	DP1(kPa)	DP2(kPa)
<input type="checkbox"/>	BX8Tx24	0.506	7.55	1.45
<b>DUTY REQUIREMENTS</b>				
	Unit	Side 1	Side 2	
Heat load	kW	19.98		
Inlet temperature	°C	60.00	10.00	
Outlet temperature	°C	42.31	54.95	
Flow rate	kg/s	0.2700	0.1144	
Max. pressure drop	kPa	20.0	20.0	
Thermal length		1.205	3.060	
<b>PLATE HEAT EXCHANGER</b>				
	Unit	Side 1	Side 2	
Total heat transfer area	m <sup>2</sup>		0.506	
Heat flux	kW/m <sup>2</sup>		39.5	
Mean temperature difference	K		14.69	
O.H.T.C. (available/required)	W/m <sup>2</sup> ,°C		2690/2690	
Pressure drop -total*	kPa	7.55		1.45
- in ports	kPa	0.871		0.151
Port diameter	mm	16.0		16.0
Number of channels		11		12
Number of plates			24	
Oversurfacing	%		0	
Fouling factor	m <sup>2</sup> ,°C/kW		0.000	
Reynolds number		1253		131.1
Port velocity	m/s	1.36		0.556



Figura 30. Características y especificaciones del intercambiador individual. (Fuente: Swep heat exchangers)

El intercambiador de placas escogido es el 4 B8Xt8x24. Se sabe por tanto que en este caso, el intercambiador centralizado va a tener las siguientes características:

- Potencia de calentamiento: 19.98 KW
- Área intercambio total: 0.5 m<sup>2</sup>
- Máxima caída de presión: 20 Kpa
- Flujo calor: 39,5 KW/m<sup>2</sup>

## 4.4 Componentes del circuito primario

### 4.4.1 Tuberías

Si se sigue lo que establece el CTE, se usaran tubos de cobre para el primario ya que es uno de los mejores materiales en cuanto a relación calidad-precio para instalaciones de ACS.

El caudal que pasa por cada captador debe estar en los rangos desde los 50 hasta los 75 l/h/m<sup>2</sup>, siendo en nuestro caso 71,42 l/h/m<sup>2</sup> por lo que se puede decir que cumplimos las exigencias del CTE.

Se tendrán 2 tramos principales de tuberías, las del circuito primario con un caudal total de 2520 l/h y un secundario con 1260 l/h, teniendo siempre en cuenta que hay unos límites que nunca se deben superar así como:

- La velocidad máxima del fluido en el circuito primario no debe sobrepasar los 2.5 m/s y debe ser superior a 0.3 m/s.
- El caudal máximo que puede circular por cada captador es el que establece el fabricante, que es de 71,42 l/h/m<sup>2</sup>. Si se multiplica este caudal por el área total de captadores de 35,28 m<sup>2</sup>, se obtiene un caudal máximo de 2520 l/h que es con el que se hará el dimensionado de tuberías.
- Las pérdidas de carga deben de ser siempre menores de 40 mmca por metro lineal de tubería, como bien limita la línea roja en la siguiente gráfica.

Así pues, con la gráfica de la *figura 31* se establecen la velocidad con la que circulara el fluido por las tuberías y el diámetro interno de las mismas, y de la misma manera con la *tabla 12* se comprobará que para el caudal máximo que hay, se escoge el diámetro mínimo que se exige.

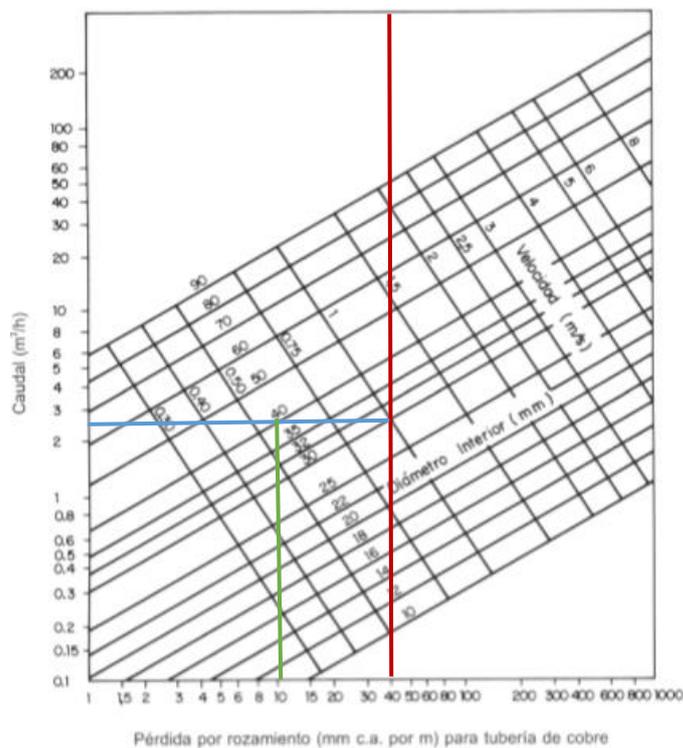


Figura 31. Gráfica de diámetros de tubería en función de la pérdida por rozamiento y caudal total Q. (Fuente: asignatura energía solar térmica)

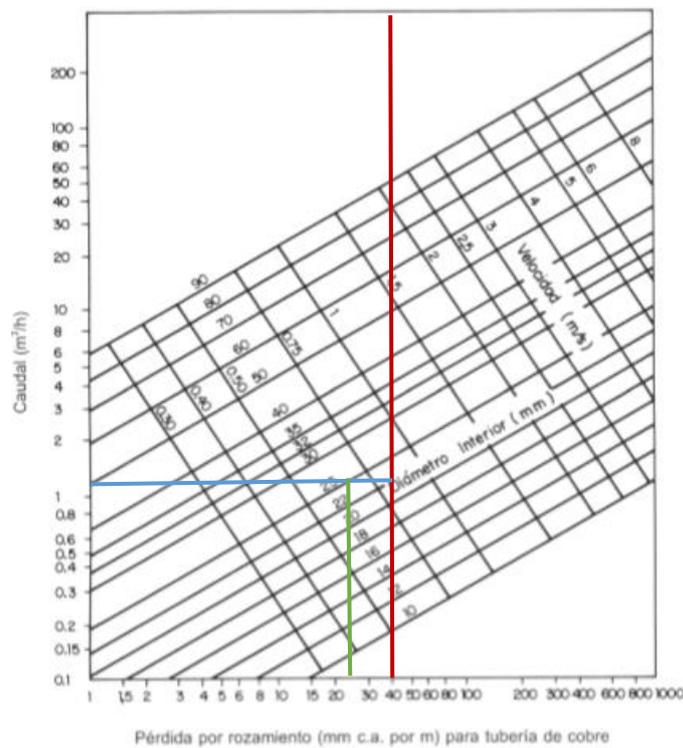
Caudal (l/h)	Diámetro tubo cobre(mm)
Menos de 800	18
De 801 a 1500	22
De 1501 a 2200	28
De 2201 a 4500	42
De 4501 a 8500	50
De 8501 a 14000	80
De 14001 a 25000	100

Tabla 12. Diámetros mínimos, en mm, para tuberías de instalaciones solares cuando la distancia del campo de captadores al local de máquinas es menor o igual a 50m

Se obtiene de la *figura 31* y *tabla 12* que para un caudal de  $Q=2,52 \text{ m}^3/\text{h}$ , debemos escoger un diámetro de tubería igual o superior a 40 mm, así pues si se escoge de la siguiente tubería:

**Dint =40 mm con pérdidas de 10 mmca por metro y una velocidad  $v= 0,6 \text{ m/s}$ .**

Toda la red de tuberías que está al sur de la batería norte, recibe la mitad de caudal que las tuberías que transportan el fluido hasta los captadores, ya que en estos puntos el caudal se divide en dos partes iguales, por lo tanto en estas tuberías el caudal será de  $Q/2 = 1,26 \text{ l/h}$ .



*Figura 32. Grafica de diámetros de tubería en función de la pérdida por rozamiento y caudal medio  $Q/2$ . (Fuente: asignatura energía solar térmica)*

Se obtiene de la *figura 31* y *tabla 12* que para un caudal  $Q/2 = 1,26 \text{ m}^3/\text{h}$ , se debe escoger un diámetro de tubería igual o superior a 22 mm, así pues se escoge la siguiente tubería:

**Dint =25 mm con pérdidas de 25 mmca por metro y una velocidad  $v= 0,7 \text{ m/s}$ .**

Se escogen unas tuberías comerciales con los diámetros obtenidos de los cálculos:

TUBO DE COBRE SANITARIO UNE-EN 1057		
Código	Diametro	Espesor
TCU012100	12	1,00 mm
TCU015100	15	1,00 mm
TCU018100	18	1,00 mm
TCU022100	22	1,00 mm
TCU028100	28	1,00 mm
TCU035100	35	1,00 mm
TCU042100	42	1,00 mm
TCU054100	54	1,20 mm
TCU064100	64	1,50 mm
TCU076150	76	1,50 mm
TCU089200	89	2,00 mm

Figura 33. Dimensiones comerciales de tubo de cobre sanitario UNE-EN 1057 (Fuente: SaneamientosDimasa.es)

Se obtiene del catálogo, que para un diámetro exterior de 42 con un espesor de 1mm, se dispondrá de una tubería de diámetro interior 40mm para el caudal principal como bien se calculó previamente.

En el caso de las tuberías para el caudal  $Q/2$ , se escogerá la tubería de diámetro 28 con espesor 1mm, teniendo un diámetro interior de 26mm. Por lo tanto:

**Caudal principal ( $Q= 2520$  l/h):  $D_{int}=40$ mm**

**Caudal secundario ( $Q/2= 1260$  l/h):  $D_{int}=26$ mm**

## AISLAMIENTO

Para evitar pérdidas en forma de calor, es muy importante centrar especial atención en el aislamiento de las tuberías.

En la instalación, se tienen tuberías de cobre de 50 y 25 mm de diámetro por las que circula un fluido a 65 grados, el espesor del aislante (de conductividad térmica 0.02 W/m K):



## LONGITUD DE TUBERIAS

### Red de salida (azul)

- Tuberías con caudal Q y Dint= 40mm:

$$L = 0,7m + 1,2m + 6m + 1,35m = 9,25m$$

- Tuberías con caudal Q/2 y Dint= 26mm:

$$L = 2*0,4m + 3m = 3,8m$$

En el circuito de salida,  $L_{tot} = 13,05m$

### Red de retorno (rojo)

- Tuberías con caudal Q y Dint= 40mm:

$$L = 0,8m + 1m + 6m + 3,4m + 0,4m = 11,6m$$

- Tuberías con caudal Q/2 y Dint= 26mm:

$$L = 2*0,4m + 3m = 3,8m$$

En el circuito de retorno,  $L_{tot} = 15,4m$

## PERDIDAS DE CARGA EN TUBERIAS

Para calcular estas pérdidas de carga, se debe tener en cuenta cual es la temperatura de funcionamiento de la instalación que en este caso es de 65°C.

Se tomará para el calculo un factor corrector ligeramente inferior al de 60° interpolándolo, como esta temperatura es superior a los 45°C, se deben usar el factor corrector de la siguiente tabla:

Temp. del agua (°C)	5	10	20	40	45	50	60	80	90	95
Factor corrector	1.24	1.18	1.09	1.02	1.00	0.99	0.96	0.92	0.91	0.91

Tabla 13. Factor de corrección k1 para temperaturas distintas a 45° (Fuente: asignatura energía solar fototérmica)

Así pues directamente se obtiene que para una temperatura de 65°C, el factor corrector  $k_1 = 0,95$ .

También es necesario tener en cuenta el factor de corrección  $k_2$  relacionado con la mezcla de nuestro fluido, para ello se usará la gráfica de la *figura 36*:

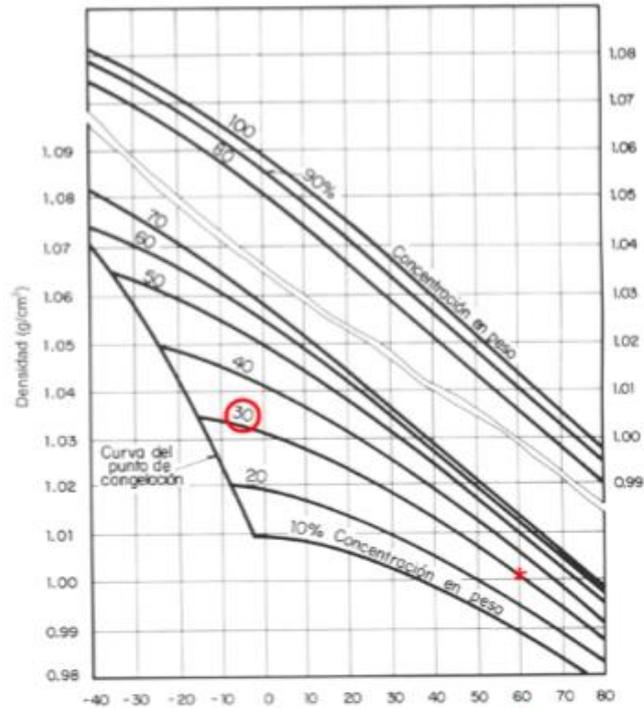


Figura 36. Densidad de una disolución de propilenglicol en función de la temperatura.

La densidad de la disolución de propilenglicol del 30% a una temperatura de 65° es de un valor muy aproximado a 1g/cm<sup>3</sup>

La viscosidad del agua a 65° es de 0,434 centipoises, por tanto partiendo de ahí y obteniendo la viscosidad de la mezcla de la *figura 37*, se podrá obtener el factor de corrección  $k_2$ .

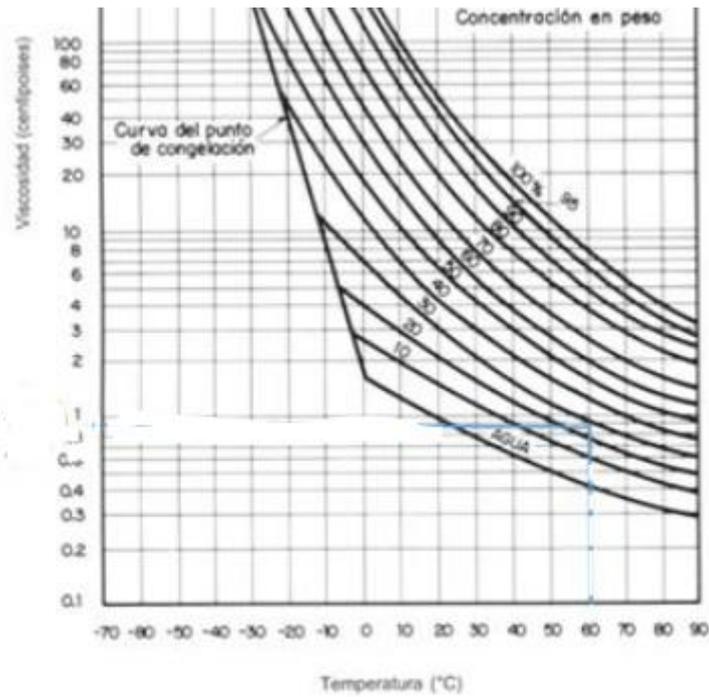


Figura 37. Viscosidad del fluido caloportador (Fuente: Asignatura energía solar fototérmica)

La viscosidad del fluido caloportador a 60° es de 0,8 centipoises y de la misma manera se puede calcular el factor corrector  $k_2$ :

$k_2 = \sqrt[4]{\frac{\text{viscosidad de la mezcla}}{\text{viscosidad del agua}}}$	Ecuación 5
---	------------

$$k_2 = \sqrt[4]{\frac{0,8}{0,434}} = 1,165$$

- Pérdidas en tuberías con caudal **Q** y **Dint= 40mm**:

$$\text{Pérdidas tot (Q)} = 10 \text{ mmca} * k_1 * k_2 = 11,06 \text{ mmca}$$

$$\text{Pérdidas tot (Q)} = 11,06 \text{ mmca} * (9,25m + 11,6m) = \mathbf{230,6 \text{ mmca}}$$

- Pérdidas en tuberías con caudal **Q/2** y **Dint = 26mm**:

$$\text{Pérdidas tot (Q/2)} = 25\text{mmca} * k1 * k2 = 27,67 \text{ mmca}$$

$$\text{Pérdidas tot (Q/2)} = 27,67 \text{ mmca} * (3,8\text{m} + 3,8\text{m}) = \mathbf{210,3 \text{ mmca}}$$

### PERDIDAS DE CARGA EN LOS CAPTADORES

Como no se tienen datos exactos que den información sobre la pérdida de carga en los captadores, se va a estimar una pérdida de 90 mmca por captador. Teniendo en cuenta que los 18 captadores se han colocado en dos baterías paralelas de 9 captadores en serie, la pérdida total por los captadores será de 180 mmca.

### PERDIDAS DE CARGA EN ACCESORIOS PRINCIPALES

Para calcular las pérdidas de carga que se tienen debido a los accesorios; de 90°, codos abiertos a 135° y accesorios en T, siendo estas:

Diámetro tubería (mm)	Codo a 90°	Curva a 135°	Codo en T en línea	Codo en T a 90°
26	1,5	0,4	0,3	1,5
40	2,4	0,6	0,4	2,4

Tabla 14. Longitudes equivalentes, en metros, de accesorios de tuberías a instalar. (Fuente: asignatura energía solar)

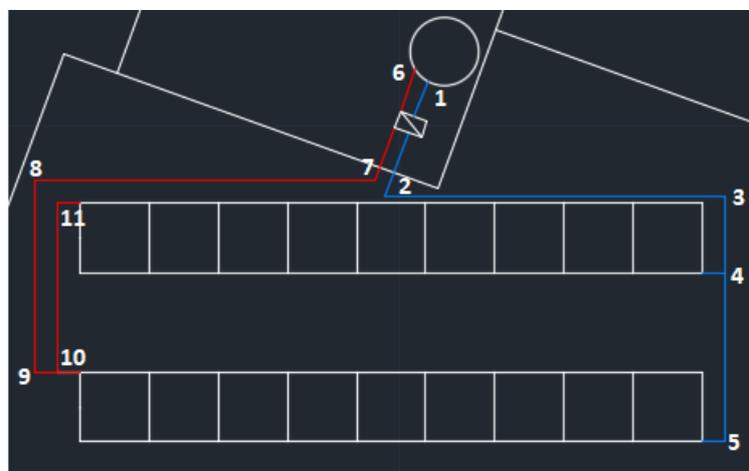


Figura 38. Tramos tuberías numeradas para cálculo de pérdidas por accesorios. (Fuente: AutoCAD 2018)

Pérdidas totales de accesorios: 380 + 30% (válvulas, pasos, disipadores y otros componentes)

- Pérdidas totales por accesorios: 494 mmca

Tramo	Caudal (l/h)	Diámetro (mm)	Longitud equivalente (m)	Perdida de carga unitaria (mmca/m)	Perdida carga total (mmca)
Codo 2 abierto (salida)	2520	40	2,8	25	70
Codo 3 90° (salida)	2520	40	2,4	25	60
Codo 4 en T (salida)	2520	40	2,4	25	60
Codo 5 90° (salida)	1260	26	2,4	10	24
Codo 7 135° (retorno)	2520	40	0,6	25	15
Codo 8 90° (retorno)	2520	40	2,4	25	60
Codo 9 90° (retorno)	2520	40	2,4	25	60
Codo 10 en T (retorno)	1260	26	1,5	10	15
Codo 11 en 90° (retorno)	1260	26	1,5	10	15
					<b>380 mmca</b>

Tabla 15. Calculo de perdida de carga total de cada accesorio del circuito hidráulica. (Fuente: asignatura energía solar térmica).

## **PERDIDAS DE CARGA EN INTERCAMBIADOR CENTRALIZADO**

Como bien se puede ver en las características de la *Figura 28*, la caída de presión máxima que se produce en este tipo de intercambiador es de 50Kpa en cada lado por lo tanto produce una pérdida total de 5102 mmca

- Pérdidas totales intercambiado central: 2000 mmca

$$P_{tot} = P_{cap} + P_{tub} + P_{acc} + P_{int} = 180 + 441 + 494 + 2000 = 3115 \text{ mmca}$$

#### 4.4.2 Vasos de expansión

Los vasos de expansión se encargan de recoger el exceso de volumen que produce el fluido caloportador cuando se calienta y se expande.

Para dimensionar el vaso de expansión cerrado, hay que tener en cuenta los siguientes factores:

- Cantidad de fluido de trabajo contenido en el circuito primario
- Temperatura del fluido de trabajo o rango de temperaturas
- Características del fluido de trabajo
- Localización del vaso de expansión en la instalación para el cálculo de la presión estática soportada por el

En la siguiente tabla se definirán los tramos según la numeración de la *Figura 38*.

Tramo	Longitud (m)	Diámetro( mm)	Volumen unitario (l/m)	Volumen Total (l)
1-2	2,18	40	1,256	2,74
2-3	6	40	1,256	7,54
3-4	1,35	40	1,256	1,7
4-5	3	26	0,53	1,6
6-7	2,10	40	1,256	2,64
7-8	6	40	1,256	7,54
8-9	3,4	40	1,256	4,27
9-10	0,4	40	1,256	0,51
10-11	3	26	0,53	1,6
Entradas a captadores	3*0,4m	26	0,53	0,64
Volumen total captadores				80
Volumen Total primario				<b>110,8</b>

Tabla 16. Cálculo de volumen total de fluido en el circuito primario. (Fuente: asignatura energía solar fototérmica)

El cálculo de vaso de expansión, de acuerdo con la norma UNE 100-155, se puede realizar utilizando la ecuación:

$V_T = (V * C_e + V_{vap}) * C_{pre}$	<i>Ecuación 6</i>
---------------------------------------	-------------------

- $V_t$ : volumen total del vaso de expansión (l)
- $V$ : contenido total de fluido en el circuito
- $C_e$ : coeficiente de expansión o dilatación del fluido
- $C_{pre}$ : coeficiente de presión (nunca inferior a 2)

$$V_t = (110,8 * 0,065 + 72) * 2,13 = 168,7 \text{ (L)}$$

Vtot del vaso de expansión: 168,7 litros.

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y DIMENSIONES

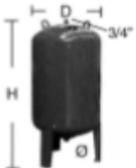
	Código	Artículo	Capacidad lts.	Presión máx. trabajo	Presión precarga bar	D mm	H mm	H1 mm	Conexión de agua Ø DIN 259
	AC 04 022	150 AMR-B90	150	8	1,5	485	1.080	–	1-1/4"
	AC 04 023	200 AMR-B90	200	8	1,5	550	1.075	–	1-1/4"
	AC 04 024	300 AMR-B160	300	8	1,5	650	1.178	–	1-1/4"

Figura 39. Catalogo vasos de expansión (Fuente: [www.salvadorescoda.com](http://www.salvadorescoda.com))

Se ha obtenido de los cálculos que se necesita un vaso de expansión con una capacidad de 168,7 litros como mínimo, por tanto se ha escogido uno comercial de 200 litros, concretamente el modelo AC 04 023 que podemos ver en la Figura 39.

#### 4.4.3 Purgadores

Es necesario colocar purgadores a lo largo del circuito para poder extraer el aire que se pueda ir acumulando dentro de este así obstruyendo el paso del fluido.

Se colocaran en las cotas más altas de las salidas de captadores y en puntos donde se pueda acumular aire. Se ha optado por el uso de purgadores manuales como el de la Figura 40.



Figura 40. Purgador de aire manual. (Fuente: www.genebre.es)

#### 4.4.4 Bomba del primario

La bomba se encargará de impulsar un caudal de fluido por todo el circuito a una presión determinada.

En este caso se dispone de un caudal máximo de  $Q=2520$  L/h con una caída de presión total de 3115 mmca que tendrá que compensar la bomba. Para escoger una adecuada se mirarán los puntos de funcionamiento de cada bomba para un caudal y una caída de presión determinados.

Las bombas que se instalarán, serán de tipo en línea y centrifugas, controladas en todo momento electrónicamente y encendiendo y parando la bomba cuando sea necesario, según lo que marque la válvula reguladora de caudal.

La bomba que se ha escogido es la ALPHA2 15-80 130 de GRUNDFOS, que permite llegar con facilidad a la altura resistiva de 3115 mmca en un rendimiento próximo al 50% con una potencia de 43,35 W.

##### Resultado dimension.

Resultado dimension.		Perfil carga					
Tipo	ALPHA2 15-80 130	1	2	3	4		
Cantidad	1	Caud	100	75	50	25	%
Caud	2520 l/h	Alt.	100	88	76	64	%
Alt.	3.114 m	P1	0.043	0.028	0.017	0.01	kW
Entrad presión mín	0.2 bar ( 60 °C, contra la atmosfera)	Total Eta	48.5	48.8	46.2	34.5	%
Pot. P1	0.043 kW	Time	410	1026	2394	3010	h/a
Bomb+motor Eta	48.5 % =Bomba Eta *motor Eta	Consumo energía	18	29	41	29	kWh/Año
Total Eta	48.5 % =Eta relativa punto de trabajo	Cantidad	1	1	1	1	
Consumo energía	118 kWh/Año						
Emisión CO2	67 kg/Año						
Prec.	569,00 EUR						
Precio+Costes energ.	1208.43						€/15Años
Cte ciclo vital	1209						€/15Años

Figura 41. Información del dimensionamiento de la bomba requerida (Fuente: Grundfos.com)

Se colocarán en paralelo dos bombas como esta para así en caso de no funcionamiento de una, tener siempre disponible la otra o incluso ir haciendo uso de ellas de forma alterna.



Figura 42. Bomba ALPHA2 15-80-130 230V.  
(Fuente: Grundfos.com)

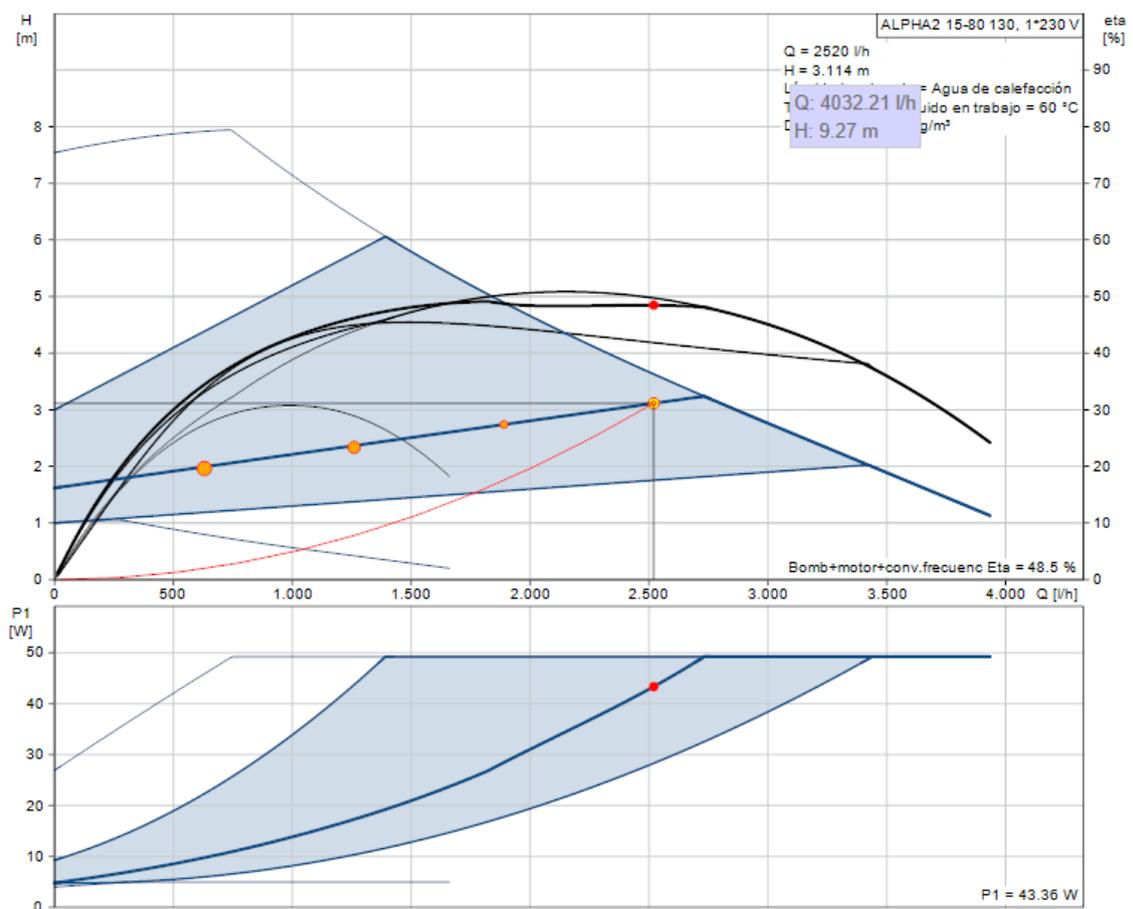


Figura 43. Curvas de funcionamiento de la bomba del circuito hidráulico de la instalación.

#### 4.4.5 Válvulas

Se usarán válvulas para tener en todo momento un control sobre el fluido que pasa por las tuberías y demás componentes de la instalación. Se asegurará que las válvulas que se instalen a lo largo de todo el circuito sean las adecuadas para soportar las presiones y temperaturas que se alcanzaran en él. Asimismo se han instalado las siguientes válvulas.

- **Válvula de corte:** Se colocaran válvulas de corte de esfera en las entradas y salidas de los diferentes tramos del circuito de manera que se pueda cortar el paso del agua en un solo tramo para poder hacer cualquier reparación o cierre.
- **Válvula reguladora:** Estas válvulas se colocaran en la entrada del circuito y serán las que nos suministren el caudal requerido en cada momento. Según si la temperatura de los captadores se eleva demasiado o el líquido se calienta más de lo requerido, se encargaran de suministrar más caudal al circuito regulándolo en todo momento gracias al caudalímetro que lleva conectado. Generan un caudal constante ajustado que prácticamente no depende de la carga y se pueden controlar a distancia electroproporcionalmente.
- **Válvula de alivio de presión:** Se instalaran este tipo de válvulas, para asegurar en todo momento de que no hay excesos de presiones que puedan ser peligrosos para la instalación y sus componentes.

## 4.5 Circuito secundario

El circuito secundario se compone por las tuberías que van desde el acumulador hasta el intercambiador, una de salida y la otra de retorno, el Diámetro de ambas está sujeto al caudal que circula por estas que ya se ha definido previamente al hacer el cálculo del primario.

### 4.5.1 Tuberías

#### PERDIDAS DE CARGA EN TUBERIAS

Para calcular estas pérdidas de carga, se debe tener en cuenta cual es la temperatura de funcionamiento de la instalación que en este caso es de 65°C. Se tomará para el cálculo un factor corrector ligeramente inferior al de 60°

Temp. del agua (°C)	5	10	20	40	45	50	60	80	90	95
Factor corrector	1.24	1.18	1.09	1.02	1.00	0.99	0.96	0.92	0.91	0.91

Tabla 17. Factor corrector según la temperatura del agua. (Fuente: asignatura energía solar térmica)

interpolándolo, como esta temperatura es superior a los 45°C, se deben usar el factor corrector de la siguiente tabla:

Así pues directamente se obtiene que para una temperatura de 65°C, el factor corrector  $k_1 = 0,95$ .

También es necesario tener en cuenta el factor de corrección  $k_2$  relacionado con la mezcla del fluido, para ello se usara la gráfica de la *figura 36*:

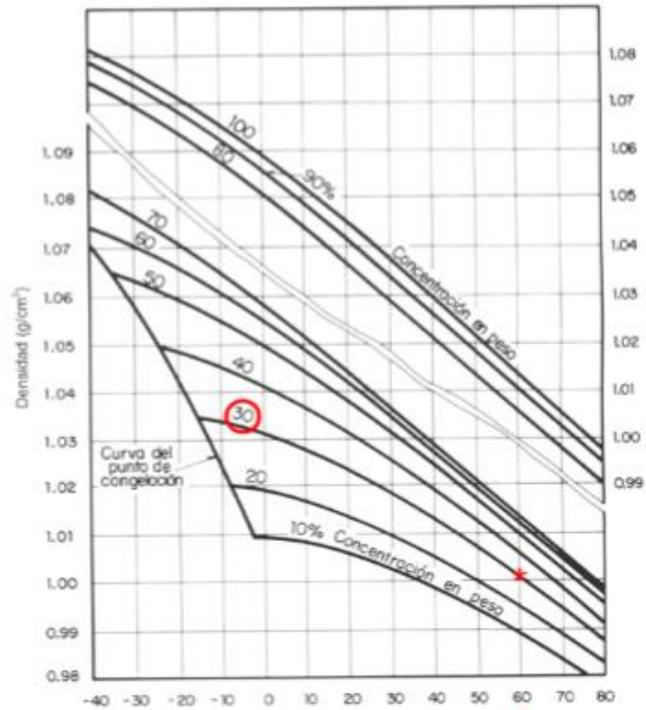


Figura 44. Densidad de una disolución de propilenglicol en función de la temperatura. (Fuente: asignatura energía solar térmica)

La densidad de la disolución de propilenglicol del 30% a una temperatura de 65° es de un valor muy aproximado a 1g/cm3

La viscosidad del agua a 65° es de 0,434 centipoises, por tanto partiendo de ahí y obteniendo la viscosidad de la mezcla de la figura 37, se podrá obtener el factor de corrección k2.

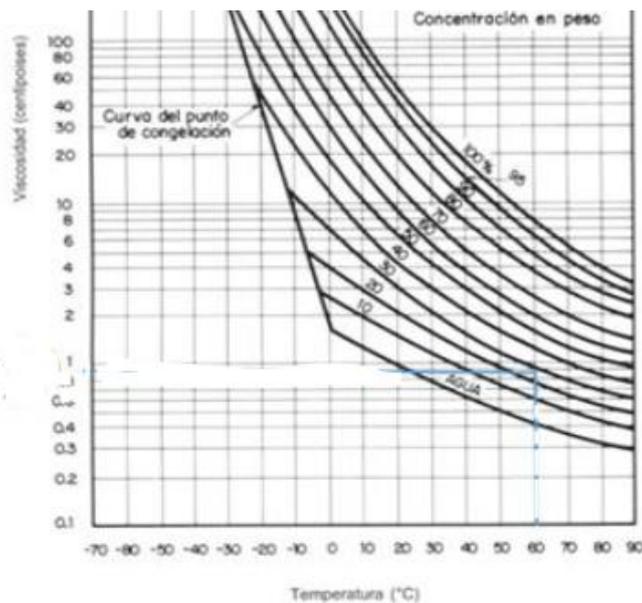


Figura 45. Viscosidad del fluido caloportador (Fuente: Asignatura energía solar fototérmica)

La viscosidad del fluido caloportador a 60° es de 0,8 centipoises y de la misma manera se puede calcular el factor corrector k2:

$$k_2 = \sqrt[4]{\frac{0,8}{0,434}} = 1,165$$

- Pérdidas en tuberías con caudal **Q** y **Dint= 40mm**:

$$\text{Pérdidas tot (Q)} = 10 \text{ mmca} * k_1 * k_2 = 11,06 \text{ mmca}$$

$$\text{Pérdidas tot (Q)} = 11,06 \text{ mmca} * (4,3m) = \mathbf{47,56 \text{ mmca}}$$

Pérdidas totales de accesorios: 47,56 + 30% (válvulas, pasos, disipadores y otros componentes)

- Pérdidas totales por accesorios: **61,8 mmca**

$$\mathbf{P_{tot} = P_{tub} + P_{acc} = 109.36 \text{ mmca}}$$

## 4.5.2 Vaso de expansión

Los vasos de expansión se encargan de recoger el exceso de volumen que produce el fluido caloportador cuando se calienta y se expande.

Para dimensionar el vaso de expansión cerrado, hay que tener en cuenta los siguientes factores:

- Cantidad de fluido de trabajo contenido en el circuito primario
- Temperatura del fluido de trabajo o rango de temperaturas
- Características del fluido de trabajo
- Localización del vaso de expansión en la instalación para el cálculo de la presión estática soportada por el

En la siguiente tabla se definirán los tramos según la numeración de la *Figura 38*.

Tramo intercambiador-acumulador	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Volumen unitario (l/m)	Volumen Total (l)
Salida	2,1	40	1,256	2,64
Retorno	2,1	40	1,256	2,64
Volumen intercambiador				2
Volumen acumulador				2500
<b>Volumen Total primario</b>				<b>2507</b>

Tabla 18. Cálculo de volumen total de fluido en el circuito primario. (Fuente: asignatura energía solar fototérmica)

El cálculo de vaso de expansión, de acuerdo con la norma UNE 100-155, se puede realizar utilizando la ecuación:

$V_T = (V * C_e + V_{vap}) * C_{pre}$	Ecuación 4
---------------------------------------	------------

- $V_t$ : volumen total del vaso de expansión (l)
- $V$ : contenido total de fluido en el circuito
- $C_e$ : coeficiente de expansión o dilatación del fluido
- $C_{pre}$ : coeficiente de presión (nunca inferior a 2)

$$V_t = (2507 * 0,065 + 72) * 2,13 = (L)$$

V<sub>tot</sub> del vaso de expansión: 500 litros.

## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y DIMENSIONES

	Código	Artículo	Capacidad lts.	Presión máx. trabajo	Presión precarga bar	D mm	H mm	H1 mm	Conexión de agua Ø DIN 259
	AA 15 227	<b>100 AMR</b>	100	16	1,5	485	805	–	1-1/2"
	AC 04 029	<b>150 AMR</b>	150	10	1,5	485	1.155	–	1-1/2"
	AC 04 030	<b>220 AMR</b>	220	10	1,5	485	1.405	–	1-1/2"
	AC 04 033	<b>350 AMR</b>	350	10	1,5	485	1.980	–	1-1/2"
	AC 04 031	<b>500 AMR</b>	500	10	1,5	600	2.065	–	1-1/2"
	AC 04 032	<b>700 AMR</b>	700	10	1,5	700	2.085	–	1-1/2"
	AC 04 027	<b>1000 AMR</b>	1000	10	1,5	850	2.225	–	2"
	AC 04 028	<b>1400 AMR</b>	1400	10	1,5	1000	2.320	–	2"

Figura 46. Características del vaso de expansión del circuito secundario. (Fuente: [www.salvadorescoda.es](http://www.salvadorescoda.es))

Se ha obtenido de los cálculos que se necesita un vaso de expansión con una capacidad de 500 litros como mínimo, por tanto se ha escogido uno comercial de la misma capacidad de 500 litros, concretamente el modelo *AC 04 031* que podemos ver en la *Figura 43*.

## 4.6 Sistema de apoyo

Es muy importante disponer de un sistema de apoyo que satisfaga la demanda de ACS que hay en todo momento como pueden ser los días más fríos y menos soleados de invierno.

Estos sistemas de apoyo serán individuales, es decir, habrá un sistema de apoyo para cada una de las 19 viviendas y serán calderas de gas de la marca Cointra. Estas calderas individuales serán de 10L y de una potencia máxima de 20kW lo que es suficiente para calentar el agua unos 20 grados más de su temperatura de entrada, pero en este caso solo se necesita calentarla unos 5 grados como mucho, ya que el resto de trabajo lo harán los captadores y los intercambiadores de placas instalados, tanto el centralizado como los individuales.

## Ficha Técnica

Tipo de encendido	Manual (tren de chispas)
Tipo de calentador	Atmosférico
Tipo de gas	Gas natural
Tipo de instalación	Interior
Producción de agua caliente	10 litros
Uso simultáneo de grifos	1 grifo
Caudal mínimo de agua	2,5 litros por minuto
Presión mínima de agua	0,75 bares
Presión máxima de agua	10 bares
Potencia útil	17,4 kW
Medidas	66 x 36 x 21 cm (alto x ancho x fondo)
Peso	12 kilos
Diámetro salida de humo	110 mm



Figura 47. Datos técnicos de calentador individual. (Fuente: [www.leroymerlin.es](http://www.leroymerlin.es))

La configuración utilizada, como bien se ha dicho antes es la de intercambiador individual, más apoyo individual. Por lo tanto se tendrá en cada vivienda una configuración como la que se muestra en la *Figura 42*.

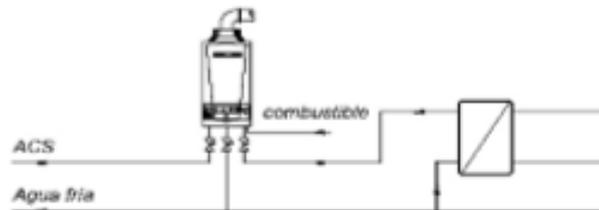


Figura 48. Configuración en cada vivienda, intercambiador + caldera. (Fuente: *asignatura energía solar*)

El sistema de calderas individuales que se ha instalado, funciona de manera que si el agua proveniente de los captadores ya está suficientemente caliente como para su consumo, la caldera no funcionara ya que no necesitara calentar más el agua.

En el caso contrario de que el agua que proviene de los captadores no alcance la temperatura necesaria para su consumo, la caldera se encargara de subir dicha temperatura hasta una adecuada para su consumo.

## 4.7 Sistemas de control y protección

Es de vital importancia dotar a la instalación de los sistemas de seguridad necesarios para tener en todos momentos controlados los rangos de funcionamiento, para ello se usaran sensores que midan las variables a controlar así como la temperatura del fluido.

También se hará uso de reguladores que generen una señal de control a partir de la variable controlada, y actuadores que son los elementos que al recibir la señal de control, actúa sobre la variable de operación regulando el flujo de materia o de energía.

### 4.7.1 Control y regulación

Como principales medidas de seguridad, se tendrán la mezcla anticongelantes en el primario y la recirculación de fluido en los circuitos evitando circulación en el secundario y poniéndose en marcha cuando la temperatura ambiente oscile los 0°C

Se instalará un termostato regulador en la instalación principal, donde se colocaran una de las sondas en la salida de los captadores y otra de las sondas en la parte inferior del acumulador, es decir, en la parte más caliente y más fría de todo el circuito.

Este termostato es un regulador de tipo todo o nada que trabaja en función de una diferencia de temperaturas entre dos puntos, activando o desactivando así la bomba del circuito según sea conveniente.

Se va a trabajar con una diferencia máxima de 7 grados entre estos dos puntos y cuando se alcance dicho valor o se supere, la bomba se pondrá en marcha hasta que la diferencia entre los dos puntos sea de 2 grados. Sera entonces cuando la bomba de circulación se desactive.

También habrá una función anti hielo para que se dé el encendido de la bomba del primario cuando la temperatura descienda de un determinado valor para así distribuir las temperaturas de manera uniforme y calentar ligeramente el circuito.

Por ultimo cabe destacar que se hará uso de disipadores de calor o aerotermos cuando haya una sobreproducción del sistema solar para evitar posibles sobrecalentamientos en el circuito primario.

## 4.7.2 Regulación antilegionela

También es muy importante tener en cuenta la posible aparición de la legionela, una bacteria que se reproduce en grandes cantidades de aguas calientes y estancadas que oscilen entre los 30°C y 45°C, por tanto hay que asegurarse de que el agua estancada no esté en ese rango de temperatura que es cuando más se desarrolla la bacteria. Su prevención y control es una obligación legal según el real decreto 865/2003, por lo que se deberán tomar medidas.

Para ello, se optara por mantener periódicamente el acumulador solar de 2500 litros a unos 70 °C, para que la bacteria muera. Basta con calentarlo a esa temperatura durante dos horas.

Durante el tiempo que el acumulador tenga que estar a esa temperatura para que la bacteria muera, quedara inactivo y las calderas individuales tendrán que trabajar mucho más para conseguir la temperatura de consumo del ACS.

## 5. ANÁLISIS ECONÓMICO

La inversión que se necesita al principio será analizada detalladamente en el apartado del presupuesto, que supone una cantidad de 28081,83 Euros.

Es posible hacer el cálculo anual de los datos que se reciben gracias a la instalación solar, en comparación con el consumo de gas natural estándar. La energía que aporta la instalación se obtiene del software CHEQ4 y es de 23087 kWh/año.

Actualmente, la tarifas de último recurso de gas natural establecida tras la subasta del OMEL que tuvo lugar el 18 de junio. Estas tarifas fueron publicadas en el BOE de este año:

Tarifa de acceso	Nivel de consumo	Término fijo	Término variable
TUR 1	Consumo ≤ 5.000 kWh/año	4,38 €/mes	0.05371 €/kWh
TUR 2	Consumo > 5.000 ≤ 50.000kWh/año	8,88 €/mes	0.04684 €/kWh

Figura 49. Tarifa del último recurso de gas en vigor

En este caso se dispone una tarifa de acceso TUR 2 con un término fijo de 8,88 €/mes y un término variable de 0,04684 €/KWh que corresponde al precio de gas natural.

Por lo tanto, el ahorro anual será;

$$8,88 \text{ €/mes} \cdot 12 \text{ meses} + 0,04684 \text{ €/kWh} \cdot 23087 \text{ kWh} / 0,85 = 1378,8 \text{ €}$$

**Periodo de retorno** = inversión/ahorro anual = 20 años

Así pues, si se considera una vida útil de la instalación de 25 años y en aproximadamente 20 años recuperamos la inversión, se puede decir que se amortiza la inversión aunque el beneficio económico será bajo.

## **6. ANÁLISIS MEDIOAMBIENTAL**

Es de vital importancia centrar especial atención en el análisis medioambiental, ya que el principal objetivo de la instalación será reducir el consumo de CO<sub>2</sub> que tiene el sistema de apoyo de gas natural con el que ya se contaba antes de llevar a cabo este proyecto. Se ha analizado y comprobado que la reducción de CO<sub>2</sub> que tiene como consecuencia la puesta en marcha de esta instalación solar. El software CHEQ4 calcula que se tendrá un valor de reducción de CO<sub>2</sub> de 5000 kg al año, por lo que, si se estiman 25 años de vida útil a la instalación, se habrá evitado la emisión de 125 toneladas de CO<sub>2</sub>.

## **7. CONCLUSIONES**

Se llega a las conclusiones de que partiendo de la base de que el uso de la energía solar térmica se plantea como una alternativa a los viejos sistemas de uso convencional con motivo de ahorro a largo plazo y cuidado medioambiental, se ha visto que es más que viable, ya que siempre será una fuente inagotable de energía de la que dispondremos de forma natural.

Para un edificio de las características del de este proyecto, la configuración de captadores centralizados con intercambiador de placas y acumulador centralizado, además de un intercambiador de placas individual en cada vivienda, es la opción más viable para la instalación.

Esta instalación cubrirá más del 50% de fracción solar mínima que exige el CTE en condiciones adversas de sombras y estando en invierno. Asimismo, cumplirá todas las condiciones como la de no superar un valor de más del 100% de fracción solar durante 3 meses consecutivos y una aportación de 23087 kWh/año.

Como no se tiene disponible el calor del sol durante las 24 horas del día, se ha optado por la instalación de un acumulador centralizado de 2500L que se encargara de mantener el agua a una temperatura superior a la de red durante toda la noche, reduciendo así el consumo de gas natural que se tenía anteriormente debido al trabajo de los sistemas de apoyo.

Es evidente que en principio supone un gasto elevado, aun así esta instalación tendrá mínimamente una vida estimada de 25 años y el periodo de retorno de inversiones será menor en cualquier caso, devolviendo en ese plazo las inversiones hechas y teniendo en presente en todo momento la contribución a la reducción de emisiones de CO2 durante todos esos años.

Se puede considerar por tanto que la instalación reúne todos los requisitos exigidos y que cumple con los objetivos esperados.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

Código técnico de edificación (CTE)

Energía solar térmica (Rafael Cuervo García)

Libro de energía solar térmica UPV Valencia

Softwares usados: CHEQ4 y AutoCAD 2018

FUENTE	WEB
Escosol sol	<a href="http://www.salvadorescoda.com">www.salvadorescoda.com</a>
Aemet	<a href="http://www.aemet.com">www.aemet.com</a>
Genebre válvulas	<a href="http://www.genebre.es">www.genebre.es</a>
Leroy merlín calentadores	<a href="http://www.leroymerlin.es">www.leroymerlin.es</a>
Sunfer energy structures	<a href="http://www.sunferenergy.com">www.sunferenergy.com</a>
Swep heat exchangers	<a href="http://www.swepheatexchangers.com">www.swepheatexchangers.com</a>
Saneamientos Dimasa tubos	<a href="http://www.saneamientosdimasa.com">www.saneamientosdimasa.com</a>
Grundfos bombas	<a href="http://www.grundfos.com">www.grundfos.com</a>
Tarifas gas natural	<a href="http://www.preciogas.com">www.preciogas.com</a>

## 9. ANEXOS

### 9.1 Catálogos de los componentes

## 3. LOS SISTEMAS SOLARES



### 3.1. Colectores planos

#### 3.1.1. ESCOSOL

Código	Artículo
SO 01 001	ESCOSOL SOL 2300
SO 01 003	ESCOSOL SOL 2300 selectivo Titán
SO 01 021	ESCOSOL SOL 2800 selectivo
SO 01 022	ESCOSOL SOL 2800 H selectivo
SO 01 054	CPC/ML - 3.0 TINOX
SO 01 011	ESCOSOL SOL 2100 XBA 2,1 m <sup>2</sup>
SO 01 012	ESCOSOL SOL 2300 XBA 2,3 m <sup>2</sup>
SO 01 013	ESCOSOL SOL 2800 XBA 2,8 m <sup>2</sup>



SOL 2300 selectivo titán

Colectores solares planos de nueva generación y tecnología, adecuados para todos los sistemas, tanto de termosifón como de circulación forzada. Su fabricación y la gran calidad de sus componentes, garantizan un excelente rendimiento y una gran durabilidad, aún en períodos de baja radiación solar.

El absorbedor se compone de una placa de cobre con tratamiento selectivo, a la que se unen tubos de cobre con tecnología láser. La carcasa en aluminio y el aislamiento térmico interior permiten minimizar al máximo las pérdidas del colector, lo que queda reflejado en las excelentes curvas de rendimiento, y aseguran una perfecta estanqueidad.

El acristalamiento, lámina de vidrio templado con bajo contenido de hierro, deja pasar más energía que el vidrio habitualmente utilizado para ventanas. Incorporan sendos orificios para alojar la sonda de temperatura.

La amplia gama de modelos, permite realizar todo tipo de configuraciones para adaptarse a las necesidades ACS. También pueden ser utilizados como apoyo a sistemas de calefacción a baja temperatura y para calentamiento de piscinas.



SOL 2800 selectivo



SOL 2800 H selectivo

#### Características técnicas:

Modelo	SOL 2100 XBA	SOL 2300 XBA	SOL 2800 XBA	SOL 2300	SOL 2300 selec. Titán	SOL 2800 selectivo	SOL 2800 H selectivo	CPC/ML 3.0 TINOX
Dimens. ext. LxAxH mm	1738x1218 x98	1903x1216 x100	2322x1217 x100	1905x1218 x107	1900x1213 x106	2307x1206 x99	1206x2307 x99	2300x1240 x77
S. Total m <sup>2</sup>	2,12	2,31	2,83	2,32	2,3	2,82	2,82	2,88
S. absorción m <sup>2</sup>	1,96	2,13	2,55	2,13	2,07	2,63	2,63	2,58
Rendimiento								
$\eta_0$	0,746	0,749	0,749	0,734	0,775	0,704	0,711	0,78
$a^1$ W/m <sup>2</sup> /K	6,53	5,819	5,819	5,668	3,67	3,555	3,168	3
Contraseña de homologación	GPS-8444	GPS-8444	GPS-8444	GPS-8086	GPS-8395	GPS-8191	GPS-8191	NPS-17909

Marca y modelo de la familia del colector de menor medida de la familia: ESCOSOL SOL 2100 XBA

Área de apertura: 1,96 m<sup>2</sup>.  
 Área total: 2,12 m<sup>2</sup>.  
 Fluido de trabajo: Agua-Propilenglicol.  
 Presión máxima: 6 bar.  
 Peso: 38,7 Kg.

Resultados de ensayo:

Rendimiento térmico:

$\eta_o$	0,746 ± 0,004	
$a_1$	6,534 ± 0,288	W/m <sup>2</sup> K
$a_2$	0,016 ± 0,005	W/m <sup>2</sup> K <sup>2</sup>
Nota: referente al área de apertura		

Potencia extraída por unidad de captador (W):

$T_m - T_s$ en K	400 W/m <sup>2</sup>	700 W/m <sup>2</sup>	1.000 W/m <sup>2</sup>
10	454	892	1.331
30	172	611	1.050
50	0	305	743



## Instalación en cubierta o suelo

### Instalación en suelo 1 línea

Artículo nº FV915

Este bastidor está diseñado para instalar 1 fila de módulos fotovoltaicos en vertical.

En un mismo soporte se puede realizar la instalación a 20°-25°-30°.

Puede instalarse sobre zapatas de hormigón o incluso sobre subestructuras en cubiertas.

Artículo	Capacidad	Tamaño de módulo	Materiales
FV915 [1x5]	5 Módulos Fotovoltaicos Disponibile de 1 a 20 módulos	1650x1000x[35,40,45,50]	Aluminio EN AW 6005A T6 Tornillería Acero Inoxidable



#### Montaje:

Estructura atornillada,  
regulable..



Detalle presor lateral



Detalle presor intermedio



Detalle pórtico



Anclaje



Cordón superior



Unión pata-cordón superior



Apoyo norte



Apoyo sur

#### Condiciones de diseño:

UNE-EN 1991-1-3:2004 Cargas de nieve. 200 N/m<sup>2</sup>

UNE-EN 1991-1-4:2007 Cargas de viento. V<sub>b</sub>: 29 m/s

Consultar la normativa vigente en el punto de instalación.

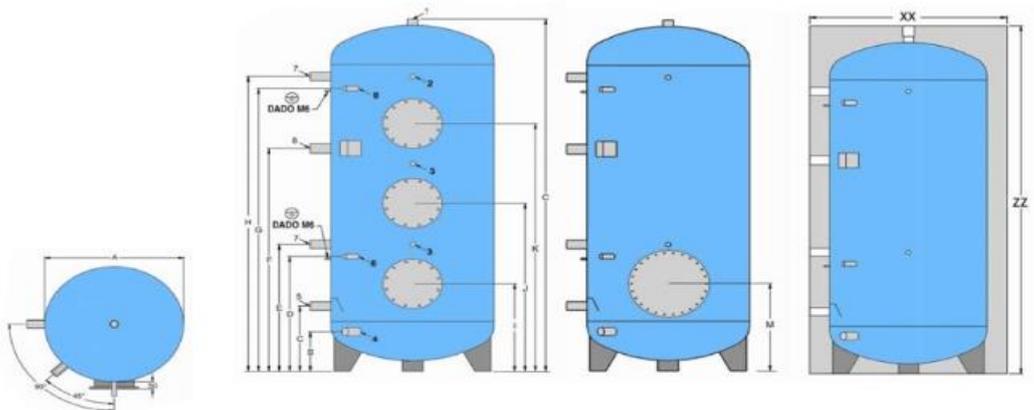
#### Nota:

Para la elección correcta del contrapeso consulte las cargas transmitidas por el soporte.

ACUMULADOR (l)	1500L	2.000L	2.500L
CÓDIGO	ASUV010	ASUV011	ASUV012
MONTAJE	Vertical		
TRATAMIENTO	Resina epoxídica		
TIPO DE CIRCUITO	Directo / ACS		
PESO (Kg)	285	350	435
D x H(con aislamiento)	1.200 x 2.155	1.300 x 2.470	1.450 x 2.230
PROTECCIÓN CATÓDICA	Ánodo Electrónico		



### ESQUEMA VERTICAL



#### Conexiones

- 1 Salida de agua caliente sanitaria
- 2 Termómetro
- 3 Sonda
- 4 Vaciado
- 5 Entrada agua fría red
- 6 Ánodo electrónico - sonda
- 7 Ánodo
- 8 Resistencia eléctrica - Recirculación

**PRODUCT SHEET**

# BX8T

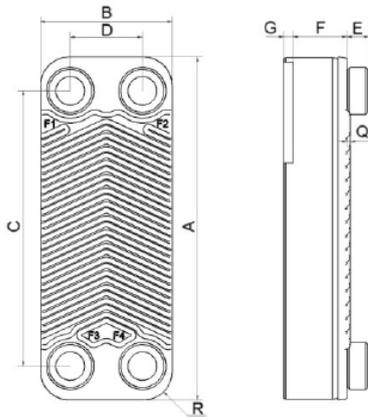
The X-marked BX8T is a good choice for a variety of one-phase and two-phase applications in many industries. Its efficient heat transfer can be utilized in applications such as container refrigeration and heat pumps. The X-plates on front and back give structural stability while being active heat transfer plates. This All-Active plate pack maximizes the material utilization and makes the product an efficient and competitive product for demanding applications.



### Basic specifications

<b>Maximum number of plates (NoP)</b>	60
<b>Max flow</b>	4 m <sup>3</sup> /h (17.61 gpm)
<b>Channel volume</b>	0.039 dm <sup>3</sup> (0.0014 ft <sup>3</sup> )
<b>Material</b>	316 stainless steel plates, copper brazing
<b>Weight excl. connections</b>	0.53+(0.075*NoP) kg 1.16+(0.165*NoP) lb

### Standard dimensions



#	MM	IN
A	315	12.4
B	73	2.87
C	278	10.94
D	40	1.57
G	7	0.28
Q	2	0.08
R	16	0.63
E_1	20.10	0.79

TUBO DE COBRE SANITARIO UNE-EN 1057

F. 171



Codigo	Diametro	Espesor	PVP
TCU012100	12	1,00 mm	5,14 €
TCU015100	15	1,00 mm	6,19 €
TCU018100	18	1,00 mm	7,63 €
TCU022100	22	1,00 mm	9,39 €
TCU028100	28	1,00 mm	12,68 €
TCU035100	35	1,00 mm	15,98 €
TCU042100	42	1,00 mm	19,50 €
TCU054100	54	1,20 mm	30,15 €
TCU064100	64	1,50 mm	49,63 €
TCU076150	76	1,50 mm	73,60 €
TCU089200	89	2,00 mm	87,40 €

**Tubo de cobre rígido y recocido para aplicaciones de agua, gas, calefacción y energía solar térmica**

*Rigid and annealed copper pipe for water, gas, heating and thermal energy applications*

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**  
**TECHNICAL SPECIFICATIONS**

Norma: UNE-EN 1057  
Composición química: CuDHP (Cu+Ag) > 99,90%  
P: 150 + 400 ppm  
Estado: Duro, semiduro y recocido

Standard: UNE-EN 1057  
Chemical composition: CuDHP (Cu+Ag) > 99,90%  
P: 150 + 400 ppm  
State: Hard, half-hard and annealed



**EMBALAJE ROLLOS (m/palet)**  
**COILS PACKAGING (m/pallet)**

Diametro (mm)	Espesor Thickness (mm)		
	0,80	1,00	1,50
6		1.400	
8		1.200	
10		1.200	
12	800	800	
14		800	
15	800	800	800
16		700	
18	600	600	800
22		350	250/400

Longitud rollos 25 y 50 m  
Length 25 and 50 m rolls

**EMBALAJE ROLLOS CROMATUB (m/palet)**  
**CROMATUB COILS PACKAGING (m/pallet)**

Espesor Thickness (mm)

**EMBALAJE TIRAS (m/fajo)**  
**LENGTHS PACKAGING (m/bundle)**

Diametro (mm)	Espesor Thickness (mm)					
	0,75	0,90	1,00	1,20	1,50	2,00
6			500			
8			500			
10			500			
12			500			
14			500			
15	1.500		1.500		900	
16			500			
18	1.500		1.000		750	
22		1.000	1.000		500	
28		500	500		450	
35			250		350	
42			200		250	
54				150	150	
64					100	
76					90	

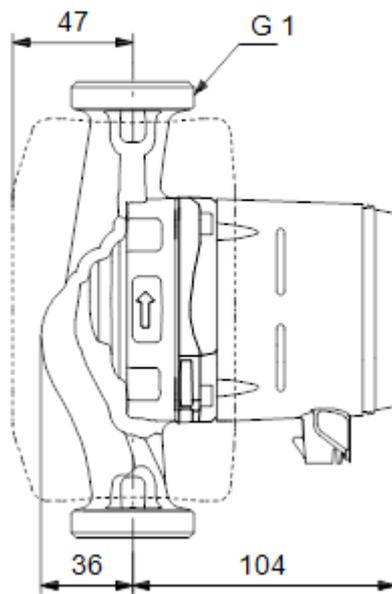
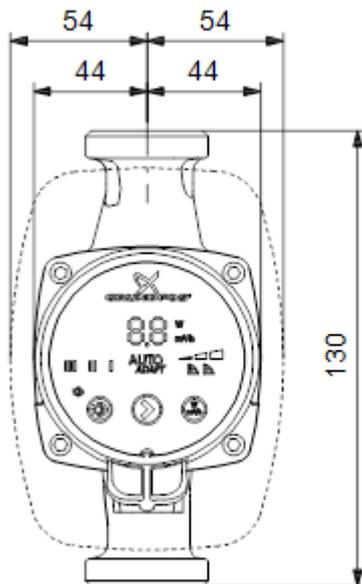
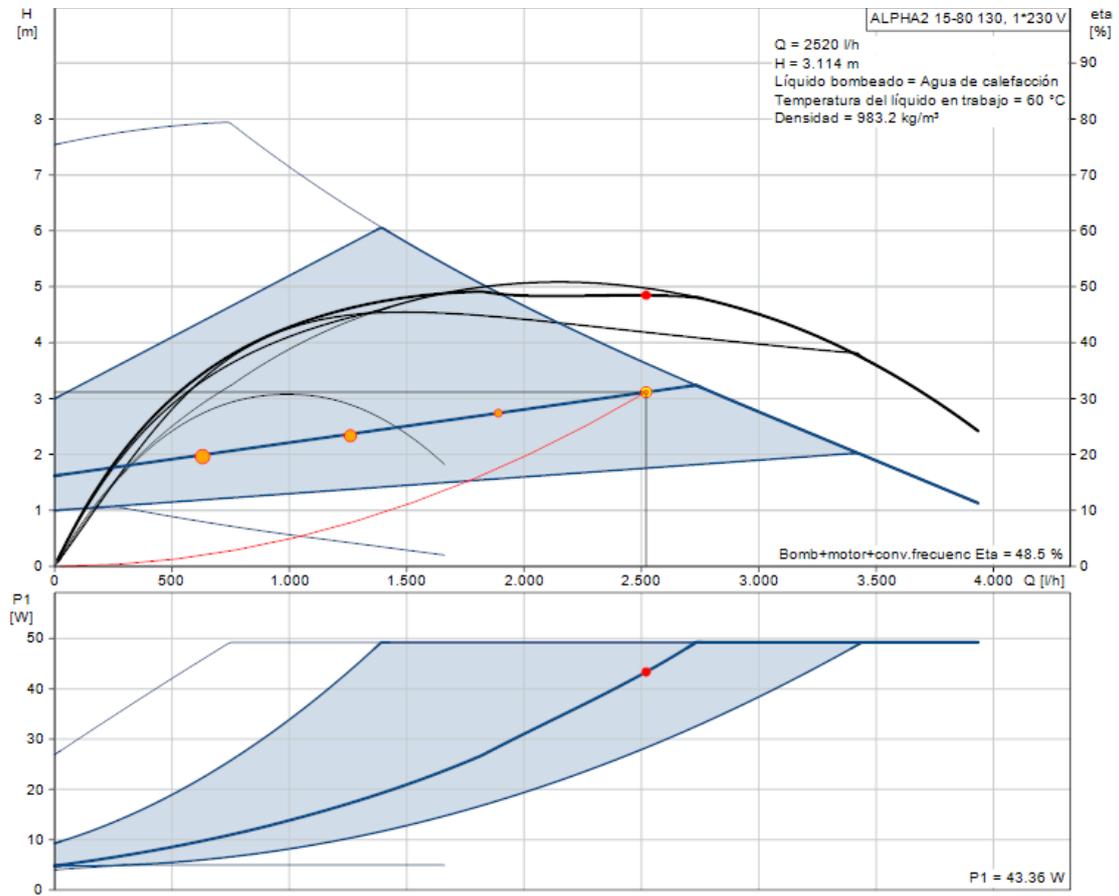
Longitud 5 m  
Length 5 m

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y DIMENSIONES**

	Código	Artículo	Capacidad lts.	Presión máx. trabajo	Presión precarga bar	D mm	H mm	H1 mm	Conexión de agua Ø DIN 259
--	--------	----------	-------------------	----------------------------	----------------------------	---------	---------	----------	----------------------------------



AC 04 022	<b>150 AMR-B90</b>	150	8	1,5	485	1.080	–	1-1/4"
AC 04 023	<b>200 AMR-B90</b>	200	8	1,5	550	1.075	–	1-1/4"
AC 04 024	<b>300 AMR-B160</b>	300	8	1,5	650	1.178	–	1-1/4"



## Especificaciones

Producto:	ALPHA2 15-80 130
Código:	98676765
Número EAN:	5711499431613
Precio	569,00 EUR €

### Técnico

Caudal real calculado	2520 l/h
Altura resultante de la bomba	3.114 m
Altura máxima	80 dm
Clase TF	110
Homologaciones en placa	VDE,GS,CE,EAC
Modelo	D

### Materiales

Cuerpo hidráulico	Fundición
Cuerpo hidráulico	EN-GJL-150
Cuerpo hidráulico	ASTM A48-150B
Impulsor	PES 30 % FIBRA VIDRIO

### Instalación

Rango de temperaturas ambientes	0 .. 40 °C
Presión de trabajo máxima	10 bar
Diámetro de conexiones	G 1
Presión	PN 10
Distancia entre conexiones de aspiración y descarga	130 mm

### Líquido

Líquido bombeado	Agua de calefacción
Rango de temperatura del líquido	2 .. 110 °C
Liquid temperature during operation	60 °C
Densidad	983.2 kg/m³
Viscosidad cinemática	1 mm²/s

### Datos eléctricos

Potencia - P1	3 .. 50 W
Frecuencia de alimentación	50 Hz
Tensión nominal	1 x 230 V
Consumo de corriente máximo	0.04 .. 0.44 A
Grado de protección (IEC 34-5)	X4D
Clase de aislamiento (IEC 85)	F
Protección del motor	Ninguno
Protección térmica	ELEC

### Paneles control

Nocturno auto.	función de ahorro nocturno automático incluida
Posición caja de terminales	6H

### Otros

Energía (IEE)	0.18
Peso neto	1.73 kg
Peso bruto	1.89 kg
Volumen	0.004 m³

## 9.2 Certificación de CHEQ4

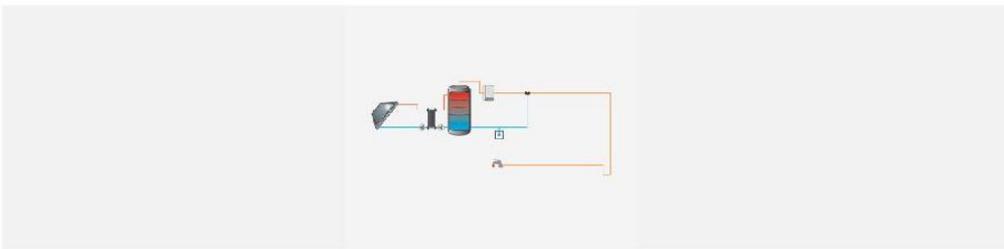


La instalación solar térmica especificada CUMPLE los requerimientos mínimos especificados por el HE4

Datos del proyecto	
Nombre del proyecto	Instalación solar termica para ACS
Comunidad	Comunidad Valenciana
Localidad	Valencia
Dirección	Poeta artola 12

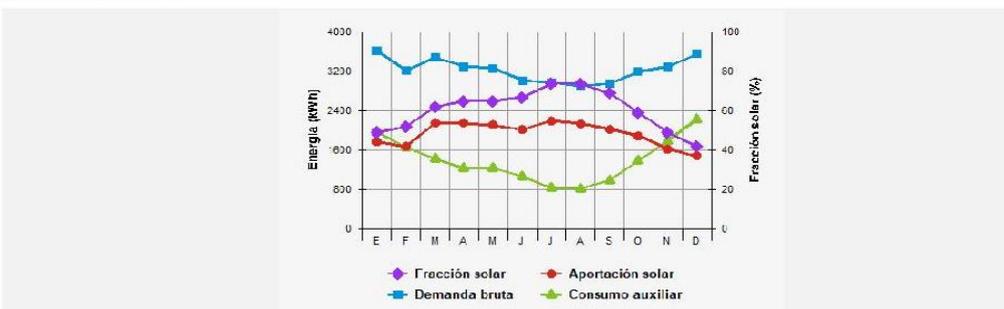
Datos del autor	
Nombre	Xabier Parada Zabala
Empresa o institución	
Email	
Teléfono	

### Características del sistema solar



Localización de referencia	Valencia (Valencia/València)
Altura respecto la referencia [m]	0
Sistema seleccionado	Instalación de consumidor único con intercambiador independiente
Demanda [l/día a 60°C]	2,016
Ocupación	Ene 100 Feb 100 Mar 100 Abr 100 May 100 Jun 100 Jul 100 Ago 100 Sep 100 Oct 100 Nov 100 Dic 100

### Resultados



Fracción solar [%]	60
Demanda neta [kWh]	38,785
Demanda bruta [kWh]	38,866
Aporte solar [kWh]	23,277
Consumo auxiliar [kWh]	16,680
Reducción de emisiones de [kg de CO2]	5,025

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

Parámetros del sistema		Verificación en obra
<b>Campo de captadores</b>		
Captador seleccionado	ESCOSOL SOL 2100 XBA ( Salvador Escoda )	<input type="checkbox"/>
Contraseña de certificación	GPS-8444 - Verificar vigencia	<input type="checkbox"/>
Número de captadores	18.0	<input type="checkbox"/>
Número de captadores en serie	1.0	<input type="checkbox"/>
Pérdidas por sombras (%)	0.1	<input type="checkbox"/>
Orientación [°]	0.0	<input type="checkbox"/>
Inclinación [°]	45.0	<input type="checkbox"/>
<b>Circuito primario/secundario</b>		
Caudal circuito primario [l/h]	2,540.0	<input type="checkbox"/>
Porcentaje de anticongelante [%]	30.0	<input type="checkbox"/>
Longitud del circuito primario [m]	28.0	<input type="checkbox"/>
Diámetro de la tubería [mm]	26.0	<input type="checkbox"/>
Espesor del aislante [mm]	45.0	<input type="checkbox"/>
Tipo de aislante	genérico	<input type="checkbox"/>
<b>Sistema de apoyo</b>		
Tipo de sistema	Caldera convencional	<input type="checkbox"/>
Tipo de combustible	Gas natural	<input type="checkbox"/>
<b>Acumulación</b>		
Volumen [l]	2,500.0	<input type="checkbox"/>
<b>Distribución</b>		
Longitud del circuito de distribución [m]	10.0	<input type="checkbox"/>
Diámetro de la tubería [mm]	42.0	<input type="checkbox"/>
Espesor del aislante [mm]	40.0	<input type="checkbox"/>
Tipo de aislante	genérico	<input type="checkbox"/>
Temperatura de distribución [°C]	60.0	<input type="checkbox"/>

# PLIEGO DE CONDICIONES

## **1. Normativa para los equipos**

Toda la instalación cumple con la normativa que exige el CTE

### 1.1 Captadores solares:

Se seleccionarán los captadores que mejor cumplan con las exigencias que tiene nuestra instalación, así como la contribución solar mínima que deben de tener, el caudal mínimo que deben trasegar o el área de calentamiento que tienen.

Los captadores se van a instalar en dos baterías paralelas de 9 unidades en cada una de forma que funcionen con el sistema de retorno invertido, ya que no se recomienda colocar más de 10 en serie.

También es esencial proteger la instalación de sobrecalentamientos y para eso la norma exige que no se permite sobrepasar bajo ningún concepto un 110% de la demanda energética en un mes o tener 3 meses que superen el 100%.

## 1.2 Soporte de captadores:

Es indispensable que la estructura cumpla con las condiciones mínimas que exige el Código técnico de la edificación, así como las dilataciones que se puedan dar por cambios de temperatura, la suficiente rigidez tanto en materiales como en anclajes para soportar fuertes vientos y obligatoriamente que ninguno de los componentes de la estructura produzca sombras sobre los captadores.

## 1.3 Acumulador:

A la hora de seleccionar la capacidad en litros del acumulador, es indispensable hacer el cálculo de la demanda que se tendrá que satisfacer

en todo momento en el edificio y asegurar que se estará siempre por encima.

Una de las características más importantes a la hora de seleccionar un acumulador, es el material del que se compone, siendo generalmente estos de acero inoxidable, acero con tratamientos especiales o acero con esmalte vitrificado.

También es muy importante reparar cual va a ser la presión y temperatura de trabajo, ya que como se puede ver en la normativa HS4 (tabla 05), hay una presión mínima con la que debe trabajar el acumulador, siendo esta de 6 bares, aunque recomendable de 8 bares.

Atendiendo a la temperatura a la que estará el agua dentro del acumulador, será imprescindible calentarla a una temperatura igual o superior a los 70 grados cada día para evitar que se reproduzca la bacteria de la legionela.

Como este depósito tiene una capacidad superior a los 750 litros, el tamaño mínimo del registro será de DN 400, permitiendo así el acceso del hombre a su interior para inspecciones o limpieza.

La salida del ACS que se va a consumir, debe estar en la parte superior del acumulador y es obligatorio instalar en esta, dispositivos de control y regulación como termómetros, manómetros, válvulas o caudalímetros.

Al tratarse de un acumulador metálico con riesgo de corrosión, se suelen proteger catódicamente.

La entrada del agua caliente que viene del intercambiador estará a una altura de  $\frac{3}{4}$  del total del acumulador, la salida del agua fría será por la parte inferior de este y el agua caliente que salga, será por la parte superior del mismo.

#### 1.4 Intercambiadores de calor

El material más frecuente de las placas de intercambiadores es el acero inoxidable AISI 316 y las temperaturas más habituales de trabajo están entre  $-180^{\circ}\text{C}$  y  $200^{\circ}\text{C}$  y una presión máxima de trabajo de 25 bares.

El intercambiador central es el que se encargara de intercambiar con el caudal que proviene de los captadores, por tanto, la normativa exige que la potencia del intercambiador, relacionada con el área de la superficie captante de los captadores, debe ser siempre mayor a  $40\text{ W/m}^2\text{ K}$ .

## 1.5 Bombas de circulación

La bomba debe estar construida con materiales que soporten la temperatura de trabajo del fluido y a su vez debe estar equipada con manómetros y válvulas que nos permitan controlar sus parámetros de trabajo, así como permitir controlar el caudal que trasiega por estas o poder actuar el caso de cualquier parada de emergencia o avería.

Asimismo, es imprescindible que las bombas tengan una mínima potencia y que sean capaces de vencer las pérdidas de carga que se dan a lo largo de todo el circuito, así como de trasegar todo el caudal necesario en casos límite de demanda máxima.

Se instalarán antes de la entrada a los captadores, en la zona de menor temperatura de todo el circuito para así evitar las cavitaciones.

## 1.6 Tuberías

Las tuberías más adecuadas para instalaciones de ACS son las de cobre. Es importante tener en cuenta que hay varios aspectos primordiales para su selección, así como:

- La compatibilidad de las tuberías con el fluido, para que no se produzcan reacciones inesperadas.
- La presión máxima que tengan que soportar las tuberías este siempre en el rango aceptable.
- Las temperaturas límites de trabajo estén siempre en el rango aceptable.

Deben ser de material adecuado y se deberán colocar de tal forma que se eviten las pérdidas térmicas, de carga y formaciones de cal u otras impurezas. Para ello se deberán usar el mínimo número de codos con ángulos pronunciados y todas las tuberías deberán tener una inclinación mínima para evitar estancamientos del fluido e impurezas.

Es de vital importancia colocarlas a una cierta distancia de cualquier tipo de elemento que pueda impedir el montaje de estas o acceso a estas para posibles reparaciones en el futuro y podrán sufrir contracciones y dilataciones térmicas sin deteriorar el resto de componentes del circuito.

Como gran parte de las tuberías están el en exterior, se recubrirán con una pintura asfáltica especial para garantizar su protección.

## 1.7 Aislamiento

Normalmente las temperaturas de distribución son menores a las de consumo, pero en el conjunto de la temporada pueden presentar pérdidas significativas de calor.

De la misma manera como para prevenir la legionela se usan temperaturas iguales o superiores a 70°C, esto implica un mayor aislamiento para mantener dichas temperaturas en los puntos más alejados. Igualmente es importante que el aislamiento este bien adherido a las tuberías y que el montaje y desmontaje sean fáciles para poder hacer reparaciones de cualquier tipo de elemento.

## 1.8 Fluido caloportador

El fluido debe ser adecuado para soportar las temperaturas más adversas que puedan llegar a alcanzar los captadores y asimismo debe tener una mezcla de agua-glicol adecuada para las temperaturas más bajas que puedan darse en el lugar de la instalación y en la situación más adversa, así evitando que se congele el cualquier punto del circuito.

## 1.9 Sobrecalentamientos

La instalación debe estar preparada para soportar las temperaturas más altas que puedan producirse debido a radiaciones solares prolongadas en los meses de máximo riesgo como pueden ser, junio, julio, agosto y septiembre.

Sera obligatorio colocar disipadores de calor, válvulas, vasos de expansión y purgadores que permitan liberar el circuito o enfriarlo en un caso de repetidos días de muy alta radiación solar.

Se colocarán para ello termómetros automáticos que midan constantemente las temperaturas en varios puntos de la instalación.

## 1.10 Vaso de expansión

Tendrá que tener un volumen suficiente de acuerdo con el caudal que circula por toda la instalación y se instalara en la aspiración de la bomba.

## 1.11 Purgadores

Se instalan purgadores en los puntos altos de la salida de captadores o donde puedan producirse acumulaciones de aire no deseadas.

Es recomendable no utilizar purgadores automáticos en caso de que haya riesgo de que se forme vapor en la instalación hidráulica, por tanto, tendrán que ser manuales.

## 1.12 Caldera de apoyo

El sistema de apoyo que se usara será de calderas convencionales e individuales de gas natural y tendrán que tener la suficiente potencia para calentar el agua hasta valores de consumo en caso de que la instalación no genere la aportación solar suficiente.

En caso de que la instalación solar genere la suficiente aportación energética para el consumo directo de ACS, no se hará uso de la caldera de apoyo.

## **2. Test para aprobación de la instalación**

Será de obligatorio cumplimiento realizar pruebas tanto hidrostáticas, como de dilataciones térmicas. Así pues, se deberán comprobar los siguientes aspectos:

- Que el circuito es estanco y que no tiene fugas por ningún lado.
- Que todas las válvulas, manómetros, termómetros etc. funcionen correctamente.
- Se sobrecalentará el fluido y se hará una prueba a mayor temperatura de la habitual de funcionamiento, para comprobar que todos los componentes de la instalación soportan la temperatura y que las dilataciones en tuberías no dañan los demás elementos del circuito.

# **PRESUPUESTO**

## **INDICE DE PRESUPUESTO**

**1 Introducción**

**2 Precios descompuestos**

**3 Resumen P.E.M**

**4 Presupuesto final**

## **1 Introducción**

Ya que se desconocen exactamente los precios exactos de algunos de los componentes del circuito, se van a estimar respecto al coste de los demás componentes y teniendo en cuenta un precio medio de dichos componentes en el mercado, igual que la mano de obra y el mantenimiento de la instalación.

Para empezar, se hace un análisis de las unidades de la instalación que forman parte del Proyecto (precios descompuestos).

Después se hace la cuantificación y valoración de las misma (medición y Presupuesto)

Al final, se calcula la cuantía completa de la instalación (resumen del presupuesto)

## 2 Precios descompuestos

Un precio descompuesto es el desglose por conceptos y cantidades (llamadas rendimientos) de todo aquello que sea necesario para la realización del bien o servicio, utilizando los precios unitarios ya definidos e incluso el uso de otros precios descompuestos dentro de la composición.

Los precios unitarios pueden ser directamente partidas del presupuesto, aunque no es lo más habitual. Los precios descompuestos pueden ser directamente partidas del presupuesto o ser precios que forman parte de otros precios, en este caso recibe el nombre de costes auxiliares o sea precios descompuestos generados para la composición de otros precios descompuestos.

1.Descompuesto Captador Solar	Ud	Descomposición	Cant	Precio unitario (€)	Precio partida (€)
	Ud	Marca y modelo de la familia del colector de menor medida de la familia: ESCOSOL SOL 2100 XBA. Área de apertura: 1,96 m2. Área total: 2,12 m2. Fluido de trabajo: Agua-Propilenglicol. Presión máxima: 6 bares. Peso: 38,7 Kg.	18	418,66	7535,88
	Ud	Estructura paneles solares sunfer energy structures con capacidad para 5 módulos. 1650x1000x[35,40,45,50] Aluminio EN AW 6005A T6 Tornillería Acero Inoxidable	6	160,93	965,58
	Ud	Purgador manual para energía solar térmica (incl. junta tórica)	2	2,13	4,26
	Ud	Válvula de seguridad	4	38,80	155,20
	l	Solución agua-glicol para relleno de captadores	28,50	4,00	114,00
	h	Oficial instalador de captadores	15,00	15,00	225,00
	h	Ayudante instalador de captadores	15,00	13,00	195,00
	%	Medios auxiliares	3	9194,40	275,83
	%	Costes indirectos	3	9470,23	284,10

	<b>Total</b>	<b>9754,34</b>
--	--------------	----------------

<b>2.Descompuesto Acumulador</b>	<b>Ud</b>	<b>Descomposición</b>	<b>Cant</b>	<b>Precio unitario (€)</b>	<b>Precio partida (€)</b>
	Ud	Depósito acumulador construido en acero al carbono con revestimiento interno de resina epoxidica adecuado para instalaciones de A.C.S., según normativa DIN 4753-3. Se suministra con sistema de protección anódica, tapa de inspección y aislamiento estándar de poliuretano flexible de 100mm. Terminación exterior con funda de skay.	1	4189,00	4189,00
	Ud	Válvula de esfera	4	21,35	85,40
	h	Oficial instalador de acumulador	3	15,00	45,00
	h	Ayudante instalador de acumulador	3	13,00	39,00
	%	Medios auxiliares	3	4358,40	130,75
	%	Costes indirectos	3	4489,15	134,67
				<b>Total</b>	<b>4623,82</b>

<b>3.Descompuesto Intercambiador de placas central</b>	<b>Ud</b>	<b>Descomposición</b>	<b>Cant</b>	<b>Precio unitario (€)</b>	<b>Precio partida (€)</b>
	Ud	Intercambiador de placas B8X8X40 Swep heat exchangers con capacidad para flujo de 4m3/h. Potencia de 21,75 KW y máxima caída de 20Kpa en ambos lados.	1	460,00	460,00
	Ud	Válvula de esfera	4	21,35	85,40
	Ud	Termómetro bimetálico para tuberías	4	11,00	44,00
	Ud	Manómetro	4	19,00	76,00

	h	Oficial instalador de intercambiador	2	15,00	30,00
	h	Ayudante instalador de intercambiador	2	13,00	26,00
	%	Medios auxiliares	3	721,40	21,64
	%	Costes indirectos	3	743,04	22,29
				<b>Total</b>	<b>765,33</b>

<b>4.Descompuesto Bomba circulación</b>	<b>Ud</b>	<b>Descomposición</b>	<b>Cant</b>	<b>Precio unitario (€)</b>	<b>Precio partida (€)</b>
	Ud	ALPHA2 15-80 130 de GRUNDFOS. Potencia de 43,35 W.	2	569,00	1138,00
	Ud	Válvula de esfera	4	21,35	85,40
	Ud	Termómetro bimetálico para tuberías	4	11,00	44,00
	Ud	Manómetro	4	19,00	76,00
	h	Oficial instalador de bomba	2	15,00	30,00
	h	Ayudante instalador de bomba	2	13,00	26,00
	%	Medios auxiliares	3	41,98	1399,40
	%	Costes indirectos	3	43,24	1441,38
				<b>Total</b>	<b>1484,62</b>

<b>5.Descompuesto Tuberías de cobre</b>	<b>Ud</b>	<b>Descomposición</b>	<b>Cant</b>	<b>Precio unitario (€)</b>	<b>Precio partida (€)</b>
	m	Tubo de cobre sanitario UNE-EN 1057 Diámetro 28mm	7,60	12,68	93,37
	m	Tubo de cobre sanitario UNE-EN 1057 Diámetro 42mm	20,85	19,50	406,58
	m	Aislante cilíndrico de lana de vidrio, abierto longitudinalmente por la generatriz, de 26 mm de diámetro interior y 40 mm de espesor.	7,60	3,40	25,85
	l	Solución agua-glicol para relleno de tuberías	30,24	4,00	120,96
	h	Oficial instalador de Tuberías	6	15,00	90,00
	h	Ayudante instalador de Tuberías	6	13,00	78,00
	%	Medios auxiliares	3	27,37	912,13
	%	Costes indirectos	3	28,18	939,50
				<b>Total</b>	<b>967,68</b>

<b>6.Descompuesto Vaso de expansión</b>	<b>Ud</b>	<b>Descomposición</b>	<b>Cant</b>	<b>Precio unitario (€)</b>	<b>Precio partida (€)</b>
	Ud	Vaso de expansión AC04031 con capacidad para 500 litros	1	570,62	570,62
	Ud	Manómetro	2	19,00	38,00

	h	Oficial instalador de Vaso de expansión	1	15,00	15,00
	h	Ayudante instalador de Vaso de expansión	1	13,00	13,00
	%	Medios auxiliares	3	19,09	636,62
	%	Costes indirectos	3	19,67	655,72
				<b>Total</b>	<b>675,40</b>

### 3 Resumen P.E.M

Numeración del descompuesto	Elemento	Coste (€)
1	Captador solar	9754,34
2	Acumulador de ACS	4623,82
3	Intercambiador central	765,82
4	Bomba hidráulica	1484,62
5	Tuberías de cobre	967,68
6	Vaso de expansión	675,40
<b>COSTE TOTAL</b>		<b>18274,68</b>

El presupuesto de ejecución material tiene un valor de dieciocho mil doscientos setenta y cuatro euros y sesenta y ocho céntimos.

## 4 Presupuesto final

<b>P.E.M</b>	<b>18274,68</b>
13% Gastos generales	2375,70
6% Base imponible	1096,48
<b>SUBTOTAL</b>	<b>21746,16</b>
21% I.V.A	4566,69
<b>PRESUPUESTO DE CONTRATA</b>	<b>26312,85</b>
<b>HONORARIOS + I.V.A</b>	
4% Proyecto	730,98
4% Dirección de obra	730,98
<b>SUBTOTAL</b>	<b>1461,97</b>
21% I.V.A	307,00
<b>HONORARIOS + I.V.A</b>	<b>1768,98</b>
<b>PRESUPUESTO FINAL</b>	<b>28081,83</b>

El presupuesto final asciende a veintiocho mil ochenta y un euros y ochenta y tres céntimos.