



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

# Diseño de una instalación solar térmica para la producción de Agua Caliente Sanitaria en un hotel.

Trabajo Fin de Grado en Ingeniería mecánica. (169)

Dirigido por: Emilio Navarro Perís.

Alumno: Aarón Cuenca Alós.

Valencia, 20 de Enero de 2.016





**Resumen:**

En el presente proyecto se va a estudiar la viabilidad técnica y económica del diseño de una Instalación Solar Térmica para el abastecimiento de Agua Caliente Sanitaria (ACS) en un hotel de tres estrellas situado en la Avenida Pío Baroja de Valencia. La instalación que se pretende realizar se caracteriza por su centralización en captación, acumulación y sistema de apoyo. Además, estará compuesta por 51 captadores solares que supondrán una contribución solar mínima del 73%. Con su instalación y puesta en funcionamiento se espera un periodo de retorno de la inversión de 18,12 años inferior a la vida útil de la misma.

**Palabras clave:** Instalación Solar Térmica, Agua Caliente Sanitaria, Centralización, Contribución Solar Mínima.

**Resum:**

En el present projecte es va a estudiar la viabilitat tècnica-econòmica del disseny d'una Instal·lació Solar Tèrmica pel l'abastiment d'Aigua Calenta Sanitaria (ACS) en un hotel de tres estrelles situat en l'Avinguda Pío Baroja de València. La instal·lació que es pretén realitzar es caracteritza per la seua centralització en captació, acumulació i sistema de recolzament. A més, estarà composta per 51 captadors solars que suposaran una contribució del 73%. Amb la seua instal·lació i el seu funcionament s'espera un període de retorn de la inversió de 18,12 anys inferior a la vida útil de la mateixa.

**Paraules clau:** Instal·lació Solar tèrmica, Aigua Calenta Sanitària, centralització, Contribució Solar Mínima.

**Abstract:**

This project is about the technical feasibility and economic of the design of a Solar thermal installation for providing Sanitary Hot Water in a three-star hotel located on the *Avenida Pio Baroja* in Valencia. The facility which intends to produce is characterized by its centralization in uptake, accumulation and support system. In addition, it will be composed of solar collectors 51 which will result in a minimum solar contribution of the 73. With their installation and commissioning is expected a period of return on investment of 18,12 years less than the useful life of it.

**Keywords:** Solar Heating System, Sanitary Hot Water, centralization, Minimum Solar Contribution.



# Índice

1. MEMORIA.	3
1.1. Objetivo del proyecto.	3
1.2. Justificación del proyecto.	3
1.3. Factores a considerar.	3
1.3.1. Factores técnicos.	3
1.3.2. Factores económicos.	4
1.3.3. Factores legales.	4
1.3.4. Factores ambientales.	5
1.4. Soluciones alternativas.	5
1.5. Solución adoptada.	7
1.6. Características de la instalación.	9
1.7. Dimensionado de la instalación solar térmica.	12
1.7.1. Demanda de energía para el ACS	12
1.7.2. Volúmenes acumulados y áreas de captación	13
1.7.3. Distancia mínima entre captadores	15
1.7.4. Cálculo de sombras	17
1.7.5. Montaje y Sujeción de los captadores solares.	20
1.7.6. Fluido de trabajo	21
1.8. Dimensionado del circuito primario	23
1.8.1. Intercambiador de calor	23
1.8.2. Depósito de acumulación	25
1.8.3. Cálculo de tuberías	25
1.8.5. Vaso de expansión	32
1.8.6. Aislamiento	36
1.9. Dimensionado del circuito secundario y terciario	38
1.9.1. Intercambiador de calor	38
1.9.2. Volumen acumulador de apoyo	38
1.9.3. Potencia de la caldera de apoyo	39
1.9.4. Bomba del secundario y terciario	40
1.10. Sistema de retorno.	40
1.10.1. Bomba del sistema de retorno.	40
1.11. Sistema de regulación	41
1.12. Sistema de seguridad	44

1.13. Plan de explotación o utilización	44
1.14. Estudio de viabilidad económica.	48
1.15. Conclusiones	51
1.16. Resumen	51
2. PLANOS	55
3. PLIEGO DE CONDICIONES.	69
3.1. Pliego de condiciones técnicas	70
3.1.1. Objeto	70
3.1.2. Materiales	70
3.1.2.1. Captadores solares	70
3.1.2.2. Estructura soporte de los captadores	70
3.1.2.3. Intercambiador	71
3.1.2.4. Depósito de acumulación	71
3.1.2.5. Tuberías	72
3.1.2.6. Válvulas del primario	75
3.1.2.7. Bomba de circulación	75
3.1.2.8. Vaso de expansión	76
3.1.2.9. Aislamiento	77
3.1.2.10. Interacumulador del secundario	79
3.1.2.11. Caldera de apoyo	79
3.1.2.12. Bombas del secundario y terciario	80
3.1.2.13. Sistemas de bombeo	81
3.1.2.14. Sistema de retorno	81
3.1.2.15. Sistema de regulación	83
3.1.2.15.1. Regulador diferencial	83
3.1.2.15.2. Sonda de temperatura	84
3.1.2.16. Sistema de seguridad	84
3.1.3. Condiciones de ejecución	85
3.1.3.1. Montaje de la estructura de soporte de los captadores solares.	85
3.1.3.2. Manipulación y montaje de los captadores solares.	85
3.1.3.3. Tuberías	86
3.1.3.4. Aislamiento	86
3.1.4. Pruebas finales, ajustes y comprobación de parámetros	86

4. PRESUPUESTO.

88

5. REFERENCIAS.

98



# **DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA LA PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA EN UN HOTEL.**

# **1. MEMORIA.**

## **1.1. Objetivo del proyecto.**

El objetivo principal de este Trabajo de Fin de Grado es definir el diseño de una instalación solar térmica para abastecer de Agua Caliente Sanitaria (ACS) a un hotel de tres estrellas, ubicado en la avenida Pío Baroja en la ciudad de Valencia, que actualmente se encuentra en fase de proyecto.

## **1.2. Justificación del proyecto.**

Un proyecto de nueva construcción, según lo establecido en el *Documento Básico HE de Ahorro de Energía Sección HE4 del Código Técnico de la Edificación*; debe cubrir mediante una instalación alternativa de energías renovables unos niveles mínimos de la demanda total de ACS, como por ejemplo: el aprovechamiento de la energía solar térmica, procesos de cogeneración, bombas de calor con un coeficiente de rendimiento superior a 2,5 o calderas de biomasa.

Entre las diferentes posibilidades de fuentes de energías renovables capaces de sustituir la totalidad o parcialidad de la demanda total de ACS, se ha decidido realizar una instalación solar térmica acorde a las necesidades y a la demanda de un hotel de tres estrellas situado en la ciudad de Valencia. La elección de este tipo de instalación en el edificio se debe a sus múltiples ventajas, especialmente las relacionadas con: su alto rendimiento, su facilidad para acoplarse a la instalación de ACS previa del edificio y su sencillo montaje.

Para poder llevar a cabo su instalación y conseguir así abastecerse de agua caliente sanitaria, la propiedad cumpliendo con lo dicho anteriormente, encarga a los técnicos la realización del presente proyecto, en el que se especificarán las características técnicas y legislativas necesarias para la ejecución de los trabajos, así como la realización de un estudio económico para obtener la viabilidad de la instalación.

## **1.3. Factores a considerar.**

### **1.3.1. Factores técnicos.**

Los factores técnicos a tener en cuenta hacen referencia a los cálculos necesarios para conocer el dimensionado de la instalación que se quiere realizar, es decir, para conocer la demanda de Agua Caliente Sanitaria que requiere el hotel. Además, se debe tener en cuenta el espacio disponible en la azotea para la instalación de los equipos, mediante la

consulta de los planos constructivos. Del mismo modo, se debe conocer las características del modelo de los equipos que se quieren instalar.

A partir de estos parámetros, se desarrolla el presente proyecto en el que se comprobará la viabilidad o no de dicha instalación. Si es posible llevar a cabo la instalación, se realizará un estudio en el que se determinarán las pérdidas que sufren estos equipos solares y se comprobará que cumple adecuadamente con la demanda de ACS requerida.

### **1.3.2. Factores económicos.**

En el presente proyecto, donde la legislación vigente exige cubrir mediante una instalación de energías renovables una porción mínima de la demanda total de ACS, los factores económicos harán referencia a la rentabilidad de la instalación. Dicha rentabilidad se obtendrá comparando la instalación a realizar con una instalación convencional constituida por una caldera de Gas Natural.

### **1.3.3. Factores legales.**

Las especificaciones a tener en cuenta en el presente proyecto están definidas por la normativa vigente en el ámbito de las instalaciones solares térmicas en edificios, que son:

- *Orden FOM/1.635/2.013, de 10 de septiembre, por la que se actualiza el Documento Básico DB-HE <<Ahorro de Energía>>, del Código Técnico de la Edificación, aprobado por el Real Decreto 314/2.006.*
- *Real Decreto 238/2013, de 5 de abril, por el que se modifican determinados artículos e instrucciones técnicas del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, aprobado por Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio. BOE, núm. 213, 05.09.2.013*
- *Decreto 112/2009, de 31 de julio, del Consell, por el que regula las actuaciones en materia de certificación de eficiencia energética de edificios. DOCV, 6.071, 04.08.2.009.*
- *Ordenanza municipal de captación de energía solar para usos térmicos, por la cual se recoge y adapta las últimas modificaciones legislativas habidas en la materia, en particular con la aprobación del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo, y el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, aprobado por Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio. BOP, 31.10.2009.*

#### **1.3.4. Factores ambientales.**

Este proyecto se basa en la utilización de una fuente de energía renovable, como es el aprovechamiento de la energía solar térmica, para evitar el agotamiento de recursos naturales, como puede ser el gasóleo o el gas natural.

Además, la elección de un determinado modelo de captador térmico vendrá determinada por el intento de minimizar en la medida de lo posible el impacto visual generado por estos.

#### **1.4. Soluciones alternativas.**

En este apartado vamos a valorar las diferentes soluciones que se podrían considerar para la realización del presente proyecto.

En un proyecto de estas características las soluciones alternativas vendrán determinadas en función del grado de centralización de los elementos que la componen y del tipo de fuente de energía utilizada en el sistema de apoyo.

En cuanto al grado de centralización de los elementos que la componen, hablaremos de:

- Consumo individual o centralizado
- Sistema de apoyo individual o centralizado
- Captación individual o centralizada

La centralización o descentralización del consumo vendrá determinado en función del número de acometidas de agua fría que presenta la instalación. Es decir, una instalación centralizada se dispondrá de una única acometida de agua fría, mientras que en una instalación descentralizada se tendrá una acometida por cada estancia.

Una instalación con un sistema de apoyo individual se caracterizará porque cada estancia dispondrá de un espacio reservado en su interior para la instalación del sistema de apoyo, proporcionando un mayor control y coste de la instalación. Por otro lado, una instalación centralizada dispondrá únicamente de un sistema de apoyo común para toda la instalación, ubicado en un recinto comunitario. Este tipo de instalación reduce los costes de la instalación y el control de la misma.

Por último, la captación también puede ser individual, de forma que cada estancia disponga de sus propios captadores, o centralizada compuesta por un campo de captadores común para todas las estancias. Una instalación centralizada permite reducir el número de captadores solares y por tanto, el espacio ocupado por ellos. Como contrapartida disminuiría el control sobre la instalación y el rendimiento.

## Memoria

Como conclusión, indicar que cuanto mayor sea el grado de centralización menor será el desembolso inicial. Como contrapartida, una mayor centralización provocará una disminución en el control de la instalación y la necesidad de disponer de espacio comunitario dentro del recinto para la instalación de todos los elementos comunes.

Respecto a las diferentes posibilidades que presenta el tipo de fuente de energía del sistema de apoyo hablaremos de:

- Energía procedente de la red eléctrica
- Combustibles fósiles (Gas Natural y Gasoleo)
- Biomasa

La energía procedente de la Red Eléctrica se caracteriza por la facilidad de acceder a ella y por ser una energía limpia en el punto de consumo, ya que su utilización no genera emisiones contaminantes. Este mismo termino no se podría emplear en cuanto a su origen, ya que esta energía podría ser obtenida a partir de energías renovables, como puede ser, la energía eólica, hidráulica, solar o a partir de energías no renovables, que si que generarán residuos y emisiones.

Como contrapartida la energía procedente de la red eléctrica será de todas las expuestas anteriormente la que menor poder calorífico presenta y la que tiene un coste más elevado.

El resto de fuentes de energía se obtienen a partir de la combustión de una serie de productos que generaran una mayor o menor cantidad de emisiones contaminante.

El Gas Natural se caracteriza por tener un poder calorífico muy elevado y por el reducido número de emisiones contaminantes que genera fruto de su combustión. Otra de las características a tener en cuenta es su facilidad para de transportarlo al lugar que se necesite.

El Gasoleo es un combustible fósil que presenta respecto al Gas Natural un poder calorífico inferior y un mayor numero de emisiones contaminante. Por otro lado, el Gasoleo requerirá de un espacio para su almacenamiento.

La biomasa es una fuente de energía renovable obtenida a partir de materia orgánica vegetal o animal. La gran ventaja que presenta respecto a los combustibles fósiles es el reducido numero de emisiones contaminantes que se producen en su combustión, consideradas como neutras ya que el CO<sub>2</sub> generado en la combustión forma parte de la atmósfera actual, es el CO<sub>2</sub> que emiten y absorben continuamente las plantas. Como

contrapartida indicar que al igual que el Gasoleo, la biomasa necesita de un espacio para el almacenamiento del combustible y su reducido poder calorífico en comparación con los combustibles fósiles.

En función de lo expuesto anteriormente, se considera que la instalación que mejor responde las necesidades de este tipo de edificación es una instalación totalmente centraliza, es decir, centralizada en consumo, captación y sistema de apoyo. Y cuya fuente de energía sea el Gas Natural.

### 1.5. Solución adoptada.

La instalación a realizar en el presente proyecto, según lo indicado en el apartado 1.4. Soluciones alternativas, se caracterizará por ser una instalación centralizada en consumo, captación y sistema de apoyo y cuya fuente de energía será el Gas Natural.

Entre las diferentes configuraciones que puede presentar una instalación, se ha optado por una instalación que se caracteriza por la inclusión de un segundo intercambiador de calor situado entre el acumulador solar o de inercia y el acumulador de apoyo, separando los circuitos, como se puede observar en la figura 1.

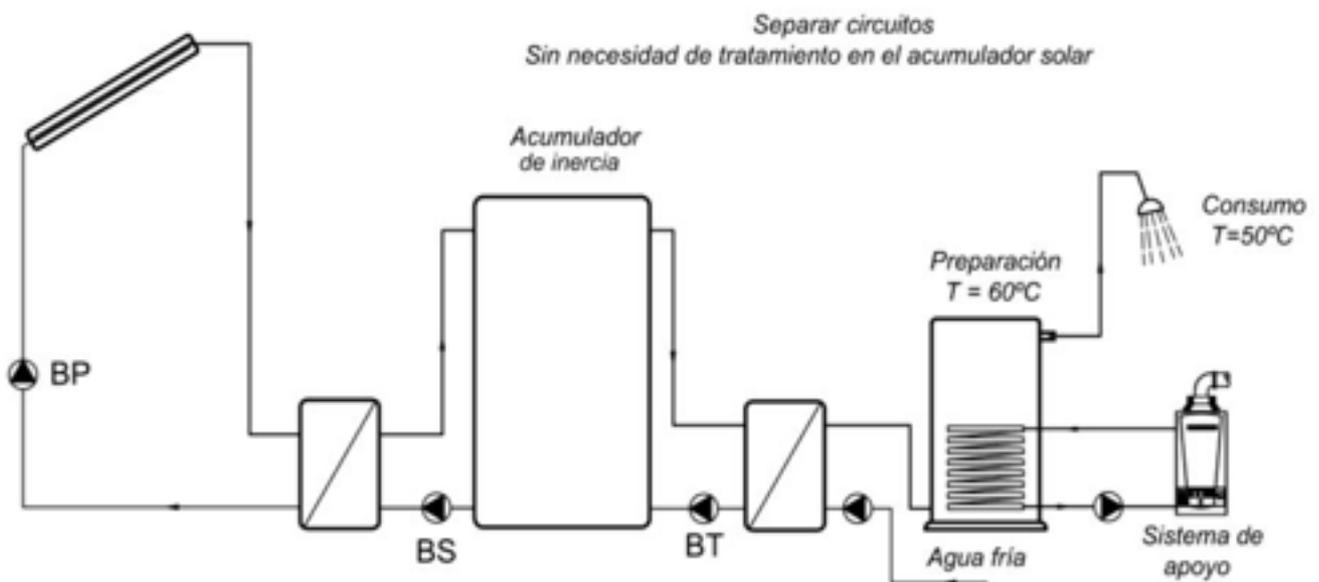


Figura 1: Esquema con intercambiador de calor exterior entre acumuladores. Separación de circuitos. (Cañada Ribera, L.J 2008, Manual de Energía Solar Térmica. Diseño y Calculo de Instalaciones P.219)

La inclusión de un segundo intercambiador de calor genera la aparición de un nuevo circuito, el circuito terciario, y de una nueva bomba de circulación, la bomba del circuito terciario (BT).

Este tipo de instalación, debido a la inclusión de los nuevos elementos, generará un mayor número de pérdidas, en torno al 10%, un aumento del 15% en el desembolso inicial y un incremento del 10% aproximadamente en el consumo de combustible.

Observando únicamente los datos mencionados, la instalación seleccionada no sería la más óptima para la realización del presente proyecto, lo que nos llevaría a escoger por una instalación solar simple, como se indica en la figura 2. Evitando los sobrecostes y el incremento de pérdidas.

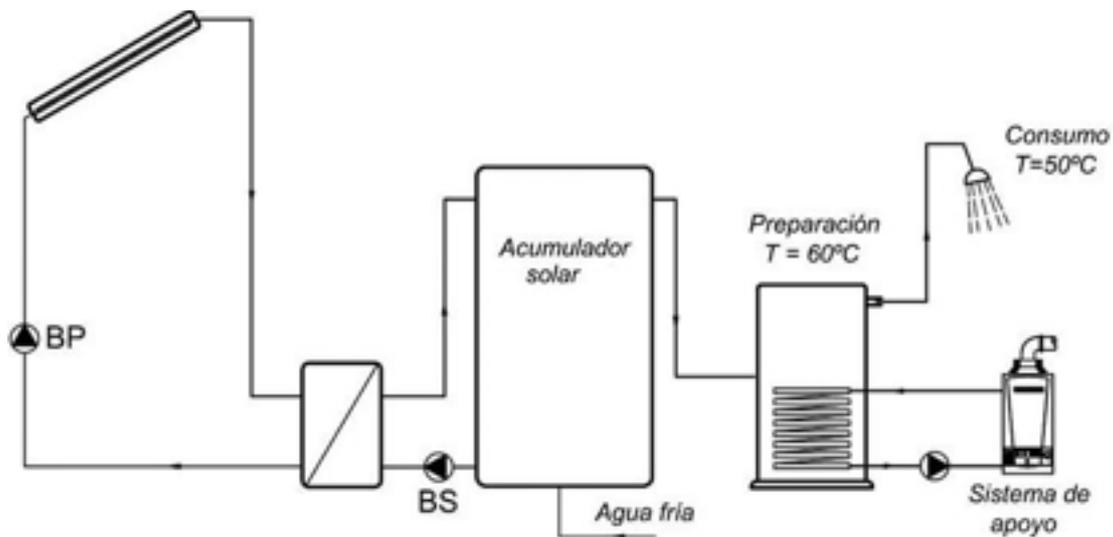


Figura 2: Esquema tipo de una instalación de ACS sin tratamiento antilegionela. (Cañada Ribera, L.J 2008, Manual de Energía Solar Térmica. Diseño y Cálculo de Instalaciones P.217)

Según lo establecido en el *Decreto 201/2.002, de 10 de diciembre, del Consell de la Generalitat, por el que se establecen medidas especiales ante la aparición de brotes comunitarios de legionelosis de origen ambiental*; el agua caliente debe mantenerse a una temperatura mínima de 50°C en el punto más alejado del circuito y el agua del depósito de acumulación ha de permanecer a una temperatura continua de 60°C.

Una instalación solar será incapaz por si sola de garantizar el cumplimiento de la legislación vigente, siendo necesaria la realización de un tratamiento térmico o una desinfección química mediante cloro.

Entre las dos opciones indicadas anteriormente, se optará por la realización de un tratamiento térmico. Dicho tratamiento será más costoso en una instalación simple que en

una instalación solar donde se halla incluido un segundo intercambiador de calor, ya que el volumen de agua destinada al consumo es superior.

En una instalación simple, el tratamiento térmico se deberá aplicar sobre el agua almacenada en el acumulador solar, mientras que en una instalación solar donde se incluya el segundo intercambiador de calor no será necesario, al encontrarse este acumulador en un circuito cerrado, donde el agua almacenada no se destina al consumo. Tratamiento que si que deberá realizarse sobre el acumulador de apoyo, ya que el agua contenida en él si que se destinará al consumo. La diferencia entre aplicar el tratamiento térmico en un depósito de acumulación o en otro, viene determinado por el volumen de estos, siendo inferior el del acumulador de apoyo.

El coste de mantener esa diferencia de volumen de agua entre un tipo de instalación u otro a la temperatura de 60°C, provoca que el rendimiento de la instalación simple sea inferior que el de una instalación, donde se incluya un segundo intercambiador de calor.

Finalmente, se optará por la configuración seleccionada al principio del presente punto, al considerarse la más correcta por presentar un rendimiento superior.

### **1.6. Características de la instalación.**

El hotel donde va a realizarse la instalación consta de: 72 camas y una capacidad de 150 clientes, un restaurante en el que se servirán una media de 45 comidas diarias, dos cafeterías que atenderán a 150 clientes por día y una serie de aseos en zonas comunes que serán utilizados por 150 clientes al día.

Para calcular la demanda necesaria de dicha instalación, se tomará como referencia los valores extraídos de la *Tabla 4.1. Demanda de referencia a 60°C, del documento básico HE de ahorro de energía, Sección HE4 del Código Técnico de la Edificación*, tal como se muestra en Tabla 1.

Tabla1. *Tabla 4.1. Demanda de referencia a 60°C, del documento básico HE de ahorro de energía, Sección HE4 del Código Técnico de la Edificación (2.013, Código Técnico de Edificación).*

<b>Criterio de demanda</b>	<b>Litros/día-unidad</b>	<b>unidad</b>
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

- El consumo unitario de ACS a 60°C en un hotel de 3 estrellas corresponde a 41 litros/día por persona, según lo indicado en el *Documento Básico HE Ahorro de Energía Sección HE4 del Código Técnico de la Edificación (CTE)*. Siguiendo este criterio, el consumo total para una ocupación hotelera del 100% será de 6.150 litros/día.
- Se considerará tal y como aparece indicado en el CTE, un consumo unitario por almuerzo en la cafetería. Para el dimensionado de la instalación, se supondrá que el hotel se encuentra al 100% de su capacidad, por tanto, se atenderán a 150 clientes/día que producirán un consumo total de 150 litros/día.

- Dado que no se dispone de datos reales para poder determinar el número de comidas servidas, se ha realizado un estudio a partir de los datos ofrecidos por el Instituto Nacional de Estadística (INE), tal y como aparece en la Tabla 2.

*Tabla2. Datos de ocupación hotelera (Instituto Nacional de Estadística, 2.009-2.013).*

<b>Año</b>	<b>Grado ocupación hoteles 3* en la Comunidad Valenciana (%)</b>	<b>Grado de ocupación hoteles 3* en España (%)</b>
<b>2009</b>	59,25	56,78
<b>2010</b>	61,67	57,84
<b>2011</b>	63,28	60,66
<b>2012</b>	61,85	59,82
<b>2013</b>	62,95	59,58

Se puede observar como el porcentaje de ocupación hotelera mostrado en la Tabla 1 permanece prácticamente constante en torno a un valor del 60% durante los últimos años. Atendiendo a estos datos, se tomará como referencia una ocupación hotelera del 60%, para la realización de los cálculos pertinentes para la viabilidad de la instalación. Teniendo en cuenta todo ello, se considerará que únicamente un tercio de las reservas hoteleras incluyen la media pensión y solamente la mitad de estos clientes optarán por la pensión completa, por lo que se considerará que el número medio de comidas que se van a dar en el hotel es de 45 por día. En cuanto al dimensionado, el CTE nos indica que el consumo a considerar es de 8 litros por comida. Obteniendo un consumo total de 360 litros/día.

- Para el dimensionado de los aseos de las zonas comunes se considerará una ocupación plena del hotel y un consumo de 3 litros por cada usuario tal y como aparece indicado en el CTE. En la instalación a realizar, el consumo correspondiente a esta actividad será de 450 litros/día.
- Las instalaciones deportivas no van a necesitar un dimensionado específico ya que el complejo sobre el que vamos a realizar la instalación de ACS carece de vestuarios o duchas colectivas que impliquen una demanda superior.

Tras lo indicado anteriormente, se procederá a sumar los respectivos consumos totales para obtener el consumo diario total del hotel, siendo este de 7.110 litros que se redondeará a 7200 litros para facilitar los cálculos.

## 1.7. Dimensionado de la instalación solar térmica.

### 1.7.1. Demanda de energía para el ACS

Según lo indicado anteriormente el consumo diario será de 7.200 litros, que deberán permanecer a una temperatura de 60°C.

La demanda media diaria de energía para calentar ese volumen de agua vendrá determinada por la siguiente expresión:  $Q = \text{consumo} \times \rho \times C_p \times (T_{\text{prep}} - T_{\text{red}})$ . En este caso los valores para cada término son:

- Consumo = 7.200 litros
- Densidad de agua:  $\rho = 1.000 \text{ Kg/m}^3$
- Calor específico del agua:  $C_p = 4,18 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{K}$
- Temperatura de preparación:  $T_{\text{prep}} = 60^\circ\text{C}$
- Temperatura media anual del agua de red de la ciudad de Valencia:  $T_{\text{red}} = 12,25^\circ\text{C}$ .

Al sustituir estos valores en la expresión anterior se obtendrá una demanda energética media diaria (de energía) de 1.437,084 MJ/día.

$$Q_{\text{promedio}} = 7.200 \text{ litros} \times 1.000 \text{ Kg/m}^3 \times 4,18 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{K} \times (60^\circ\text{C} - 12,25^\circ\text{C}) = 1.437.084.000 \text{ (KJ/día)} = 1.437,084 \text{ (MJ/día)}$$

La demanda de energía diaria considerando una ocupación hotelera anual del 100%, manteniéndose constante mes a mes vendrá expresa en la Tabla 3.

*Tabla 3. Valores de la demanda de energía diaria en los diferentes meses del año.*

Mes	Demanda ACS diaria	Temperatura agua red (°C)	Di (KJ/día)	Di (MJ/día)
Enero	7.200	8	1564992000	1564,992
Febrero	7.200	9	1534896000	1534,896
Marzo	7.200	11	1474704000	1474,704
Abril	7.200	13	1414512000	1414,512
Mayo	7.200	14	1384416000	1384,416
Junio	7.200	15	1354320000	1354,32
Julio	7.200	16	1324224000	1324,224

Mes	Demanda ACS diaria	Temperatura agua red (°C)	Di (KJ/día)	Di (MJ/día)
Agosto	7.200	15	1354320000	1354,32
Septiembre	7.200	14	1384416000	1384,416
Octubre	7.200	13	1414512000	1414,512
Noviembre	7.200	11	1474704000	1474,704
Diciembre	7.200	8	1564992000	1564,992

La demanda anual se hallará a partir del valor promedio calculado, de 1.437,084 MJ/día, y multiplicado por los 365 días del año, obteniéndose un resultado de 524.535,66 MJ/año, es decir, 145.704,35 (kWh/año).

### 1.7.2. Volúmenes acumulados y áreas de captación

Como estimación inicial se supondrá un volumen de acumulación igual al consumo medio diario de 7.200 litros, seleccionando así un depósito de 7.500 litros.

Conocido este volumen, se procederá a realizar el cálculo del área de captación, para ello, se considerará un volumen de acumulación de 75l/m<sup>2</sup> de captación, el valor del cálculo deseado se obtendrá por medio del cociente entre ambos valores, como se puede observar en la siguiente expresión.

$$100 \text{ m}^2 = \frac{7.500 \text{ litros}}{75 \text{ l/m}^2}$$

Se comprobará que el valor obtenido se encuentra dentro de los límites recomendados e indicados por el CTE que se observan en la Tabla 4.

Tabla 4. Parámetros máximo y mínimo del área de captación.

	Recomendable (60 ≤ V/S ≤ 100)	Según CTE (50 < V/S < 180)
Área mínima de captación	75	41,66
Área máxima de captación	125	150

## Memoria

De los valores mostrados en la tabla, se puede observar como la superficie de captación obtenida se encuentra dentro de los límites establecidos, cumpliendo así con las especificaciones y normativa vigente.

A continuación se seleccionará un modelo de captador. Una vez seleccionado el captador se buscará en la ficha técnica de este, los datos geométricos ofrecidos por el fabricante.

En el presente proyecto se utilizará el captador de la marca *Vaillant modelo VFK-145H*, que se puede observar en la Figura 3. La elección de estos captadores se ha realizado teniendo en cuenta la adaptación de sus características a la instalación, especialmente debido al alto rendimiento que ofrecen, entorno al 80%, y a su gran superficie de captación, 2,352 m<sup>2</sup>, que permiten reducir el número de captadores solares.

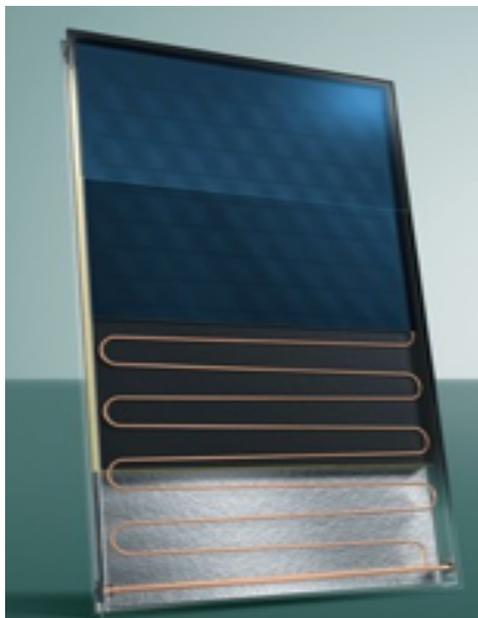


Figura 3. Captador solar, marca Vaillant modelo VFK-145H (Catálogo Vaillant, 2009, p. 20).

Del cociente entre la superficie captación obtenida anteriormente y el área de captación del captador, se obtendrá el número de captadores necesarios para cumplir con el consumo de ACS.

$$\frac{\text{Superficie de captación}}{\text{Área de captación}} = \frac{100}{2,352} = 42,517$$

En este tipo de edificaciones, las instalaciones de energía solar térmica suelen realizarse para cubrir mediante el aporte de energía solar un 70% de la demanda total de ACS, por este motivo se calculará mediante el programa CHEQ4 el número de captadores solares necesarios para obtener un aporte en torno al porcentaje indicado. El número de captadores a instalar será de 51, que producirán una contribución solar del 73% tal y como se puede observar en la figura 4.

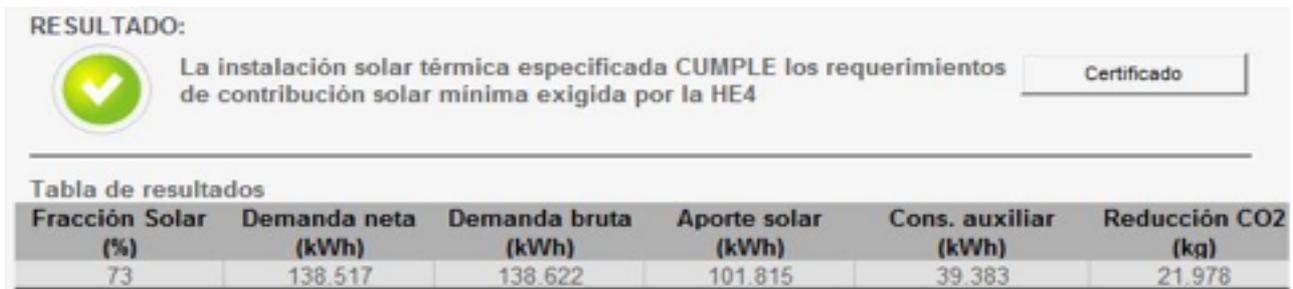


Figura 4. Contribución solar (Captura de pantalla CHEQ4).

El número total de captadores a instalar será de 51, con una superficie de captación de 119,85 m<sup>2</sup>, superficie que se encontrará dentro de los límites recomendados e indicados por el CTE, expresados anteriormente en la tabla 3. Los captadores se dispondrán en la azotea del edificio, orientados hacia el sur y con una inclinación de 45° sobre la horizontal. Estos se distribuirán en tres baterías constituidas por tres filas de colectores cada una. Dado que todas las filas de una misma batería deben estar compuestas por el mismo número de captadores, una batería estará constituida por tres filas de cinco y las otras dos estarán constituidas por tres filas de seis.

La inclinación óptima del captador sobre la horizontal coincide con la latitud del lugar, 40° para la ciudad de Valencia. Dado que la diferencia en la radiación anual es mínima si nos desplazamos en un rango de 5°, se decidirá para facilitar el montaje instalar los captadores a 45°.

### 1.7.3. Distancia mínima entre captadores

La separación mínima entre filas de captadores será tal que al mediodía solar del día más desfavorable del año, la sombra producida por la arista superior de una fila se proyecte como máximo sobre la arista inferior de la fila siguiente; tal y como se muestra en la Figura 5.

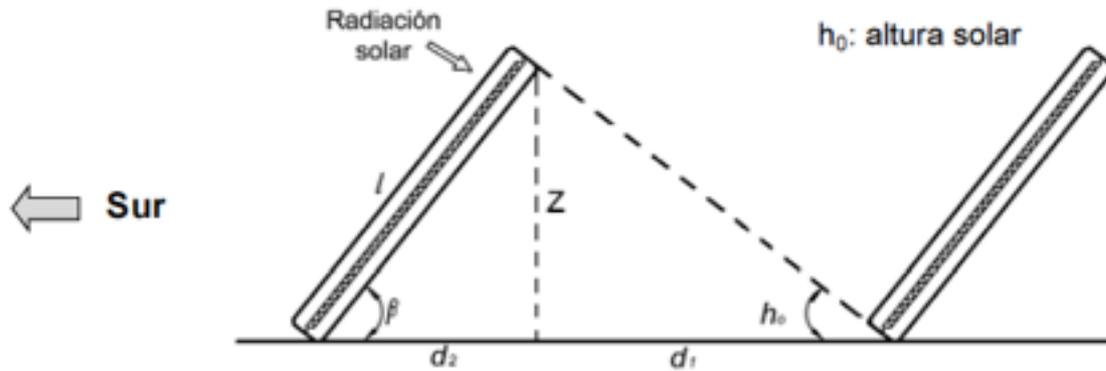


Figura 5. Distancia entre filas de captadores (Cañada Ribera, L.J 2008, Manual de Energía Solar Térmica. Diseño y Cálculo de Instalaciones, P.114)

En una instalación donde el campo de captadores está orientado hacia el sur y situado en el hemisferio norte, el día más desfavorable del año coincide con el solsticio de invierno, que se producirá el día 21 de diciembre.

La altura solar máxima ( $h_0$ ) a las 12 horas solares del día del solsticio de invierno, vendrá determinada en la siguiente expresión:  $h_0 = (90^\circ - \text{latitud}) - 23,5^\circ$ ; donde la latitud de Valencia es igual a  $39,28^\circ$ , obteniendo así un valor de altura solar máxima de:  $27,2152^\circ$ . La distancia mínima entre filas se obtendrá a partir de las siguientes expresiones:

$$Z = l \times \text{Sen}(\beta)$$

$$d = d_2 + d_1 = \frac{Z}{\tan h_0} = \frac{Z}{\tan \beta}$$

Los valores para cada término son:

- $l =$  anchura del captador = 1,233 m.
- $\beta = 45^\circ$
- $h_0 = 27,2152^\circ$

Al sustituir los valores en las expresiones anteriores se obtienen los siguientes resultados:

$$Z = l \times \text{Sen}(\beta) = 1,233 \times \text{sen}(45^\circ) = 0,872$$

Y por lo tanto la distancia mínima (d) entre filas valdrá:

$$d = d_1 + d_2 = \frac{Z}{\tan h_o} + \frac{Z}{\tan \beta} = 1,695 + 0,872 = 2,567 \text{ m}$$

Si no existen problemas de disponibilidad de espacios se recomienda aumentar en un 25% la distancia obtenida anteriormente, de esta forma quedará:  $d = 3,209\text{m}$

Finalmente, para la instalación a realizar se fijará una distancia entre captadores de 3,3 m.

#### **1.7.4. Cálculo de sombras**

El cálculo de sombras permitirá obtener cual es la porción del campo de captadores cubierta por sombras. Las pérdidas por sombra permitidas por el CTE en el día más desfavorable del año (21 de diciembre) deberán ser inferiores al 5% e inferiores al 10% en caso general.

En primer lugar se localizarán los posibles obstáculos que puedan producir sombras sobre el campo de captadores.

Debido a la gran separación que hay entre el edificio donde se realizará la instalación y los edificios colindantes, las únicas sombras que afectarán al campo de captadores serán las producidas por el cuarto de máquinas, el cuarto ascensores y por el muro perimetral del edificio.

Dado la gran superficie de captación, el estudio de sombras no se realizará de forma individual para cada captador, sino que se elegirá un punto del campo de captadores. Se ha decidido realizar el estudio de sombras sobre el punto medio de la primera fila de captadores de la batería más próxima al cuarto de maquinas, por considerarse esta la más crítica.

A continuación se fijará el eje de coordenadas sobre el punto medio del tercer captador de la primera fila de captadores, que coincide con el punto crítico fijado anteriormente. Una vez situado el eje de coordenadas se procederá a realizar las mediciones desde dicho eje a las aristas de los cuarto de máquina, cuarto de ascensores y muro perimetral. Se considerará que este último es paralelo al campo de captadores y que se sitúa a la distancia media entre ambos.

Las distancias en metros respecto del eje de coordenadas de los cuartos de máquinas, de ascensores y del muro perimetral vendrán indicados en las Tablas 5, 6 y 7.

*Tabla 5. Distancia del campo de captadores con el cuarto de máquinas.*

<b>Cuarto de Máquinas</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
<b>X</b>	-10,082	3,064	0	-5,436
<b>Y</b>	-2,433	-13,082	-17,082	-15,082
<b>Z</b>	2,564	2,564	2,564	2,564

*Tabla 6. Distancia del campo de captadores con el cuarto de ascensores.*

<b>Cuarto de Ascensores</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
<b>X</b>	-4,0825	-7,5825	-13,0825	-9,5825
<b>Y</b>	-23,436	-17,436	-21,436	-26,436
<b>Z</b>	2,064	2,064	2,064	2,064

*Tabla 7. Distancia del campo de captadores con el muro perimetral.*

	<b>Muro perimetral</b>	<b>Lineal</b>
<b>X</b>		0
<b>Y</b>		-3,536
<b>Z</b>		0,464

Estas coordenadas se colocarán en la calculadora del programa CTE-Solar, obteniéndose los correspondientes valores de Azimut e Inclinación que se pueden apreciar en las Tablas 8, 9 y 10.

*Tabla 8. Valores de Azimut e Inclinación en referencia al cuarto de máquinas.*

<b>Cuarto de Máquinas</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
<b>Az</b>	-104	-77	-90	-110

Cuarto de Máquinas	A	B	C	D
I	14	11	9	9

Tabla 9. Valores de Azimut e Inclinación en referencia al cuarto de ascensores.

Cuarto de Ascensores	A	B	C	D
Az	-170	-156	-149	-160
I	5	6	5	4

Tabla 10. Valores de Azimut e Inclinación en referencia al muro perimetral.

Muro perimetral	Lineal
Az	0
I	6

Una vez obtenidos los valores de Azimut e Inclinación para cada punto se representarán sobre el diagrama que aparece en la Figura 6. Una vez representados los valores sobre el diagrama, se procederá a colocar un índice sobre todas aquellas casillas que se encuentren total o parcialmente ocultas por el perfil de los obstáculos, a este índice se le denomina factor de llenado y representa la fracción oculta sobre el total de la porción. A la hora de indicar el factor de llenado se utilizará aquel que sea igual o inmediatamente superior a la porción oculta, siendo los valores de dicho parámetro los siguientes: 0,25, 0,50, 0,75 y 1.

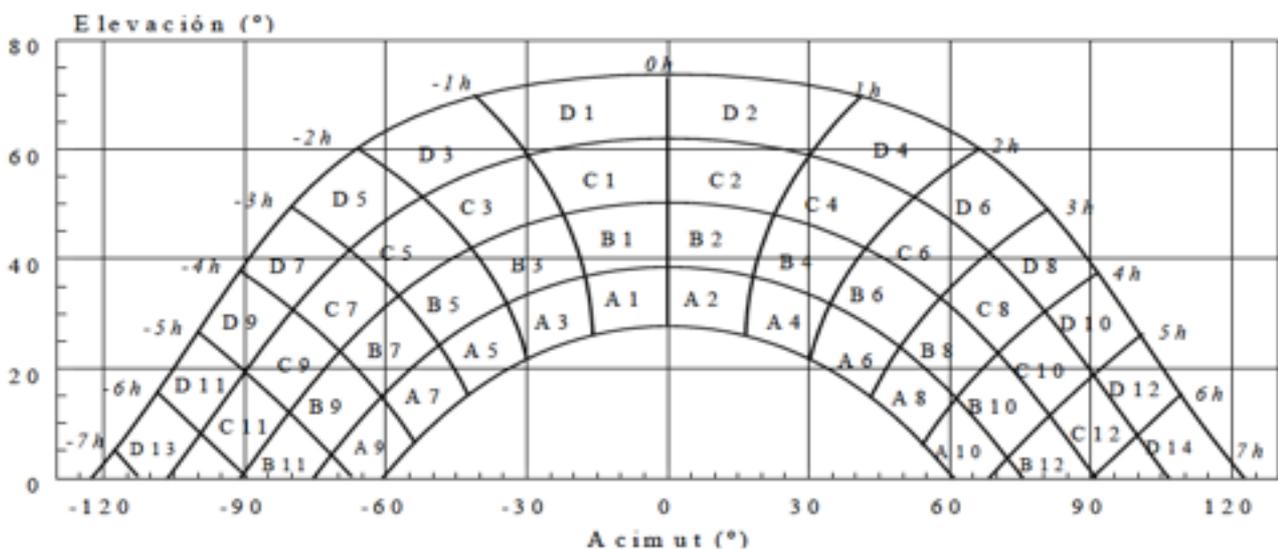


Figura 6. Diagrama trayectorias del sol (Documento Básico HE Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación, 2013, p. 103)

Por último se modificarán en caso de ser necesario los valores de orientación e inclinación. En la instalación a realizar no se necesitará hacer ningún cambio respecto de la orientación ya que los captadores están orientados hacia el sur, en cambio sí que será necesario respecto de la inclinación, ya que el programa trae por defecto el valor correspondiente a la latitud del lugar y en el proyecto se ha decidido colocar los captadores a 45° de inclinación. Toda modificación que se realice en este apartado producirá un aumento de las pérdidas.

En la Figura 7 se puede observar como las pérdidas totales producidas en la instalación son inferiores a las máximas exigidas por el CTE, pudiendo así afirmar que cumple con la normativa vigente.

PÉRDIDAS			
	Sombras	Orientación e Inclinación	Total
Límite máximo	10	10	15
Calculadas	0.445	1.2	1.645

Figura 7. Pérdidas solares totales, por sombra y orientación e inclinación de la instalación (captura de pantalla programa CTE-Solar).

### 1.7.5. Montaje y Sujeción de los captadores solares.

La estructura soporte de los captadores solares deberá resistir, con los captadores instalados las sobrecargas de viento establecidas en el Documento Básico Seguridad Estructural - Acciones en la Edificación (SE-AE) del CTE.

En la Tabla 11 se pueden observar los valores de presión frontal del viento en función de su velocidad.

Tabla 11. Valores de la presión que ejerce el viento sobre los captadores (Marcelo Romero Tous, 2009, libro Energía Solar Térmica De Baja Temperatura).

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

Según la Agencia Estatal de Meteorología (Aemet), la velocidad del viento en la ciudad de Valencia alcanza un par de veces al año los 80 o 90 km/h pudiendo llegar a superar los 100 km/h en algunas ocasiones. Con la finalidad de evitar posibles daños en la instalación cuando se alcancen rachas de viento superiores a los 100 km/h, se tomará el valor de presión frontal del viento para una velocidad de 151 km/h.

La fuerza debida al viento que actúa sobre el captador se determinará mediante la siguiente expresión:  $F = P \times S \times \text{Sen}\beta$ . Donde:

- Presión:  $P = 1078 \text{ N/ m}^2$
- Superficie:  $S = 2,51 \text{ m}^2$
- $\beta = 45^\circ$

Sustituyendo los parámetros en la expresión anterior se obtendrá la fuerza frontal que ejerce el viento sobre los captadores de 195,031Kg

$$F = P \times S \times \text{Sen}\beta = 1078 \times 2,51 \times \text{sen}(45) = 1913,257 \text{ N} = 195,031 \text{ Kg}$$

La fuerza nominal que incide sobre el plano del captador se obtendrá multiplicando la expresión anterior por  $\text{sen}\beta$  obteniendo la siguiente expresión:  $\text{FN} = F \times \text{sen}\beta$ . La fuerza nominal ejercida sobre el plano del captador corresponderá a 86,66 Kg.

$$\text{FN} = F \times \text{sen}\beta = 195,031 \times \text{sen}(45) = 86,66 \text{ Kg}$$

Se deberá realizar una estructura de sujeción de captadores capaz de soportar los 86,66Kg de fuerza, que ejerce el viento sobre estos.

### 1.7.6. Fluido de trabajo

La selección del fluido de trabajo vendrá determinada en función de la temperatura mínima histórica alcanzada en el lugar donde se realice la instalación. Siguiendo este

## Memoria

criterio se considerará una temperatura mínima histórica en la ciudad de Valencia de  $-7,2^{\circ}\text{C}$ ., tal como indica el Instituto Nacional de Meteorología (AEMET).

La temperatura mínima histórica recogida por el Instituto Nacional de Meteorología en la ciudad de Valencia es de  $-7,2^{\circ}\text{C}$ .

El fluido de trabajo seleccionado deberá cumplir con las especificaciones del CTE, es decir, la temperatura de congelación del fluido será  $5^{\circ}\text{C}$  inferior que la temperatura mínima histórica de dicho lugar. Por tanto, se deberá buscar una mezcla de agua y anticongelante cuyo punto de congelación sea inferior a  $-12,2^{\circ}\text{C}$ . A partir de este valor de temperatura y realizando una línea perpendicular al eje de abscisas por dicho valor, tal y como se muestra en Figura 8, obtenemos la concentración de propilenglicol que debe tener el fluido de trabajo. Este valor vendrá determinado por la intersección de la línea realizada con la curva de concentración representada.

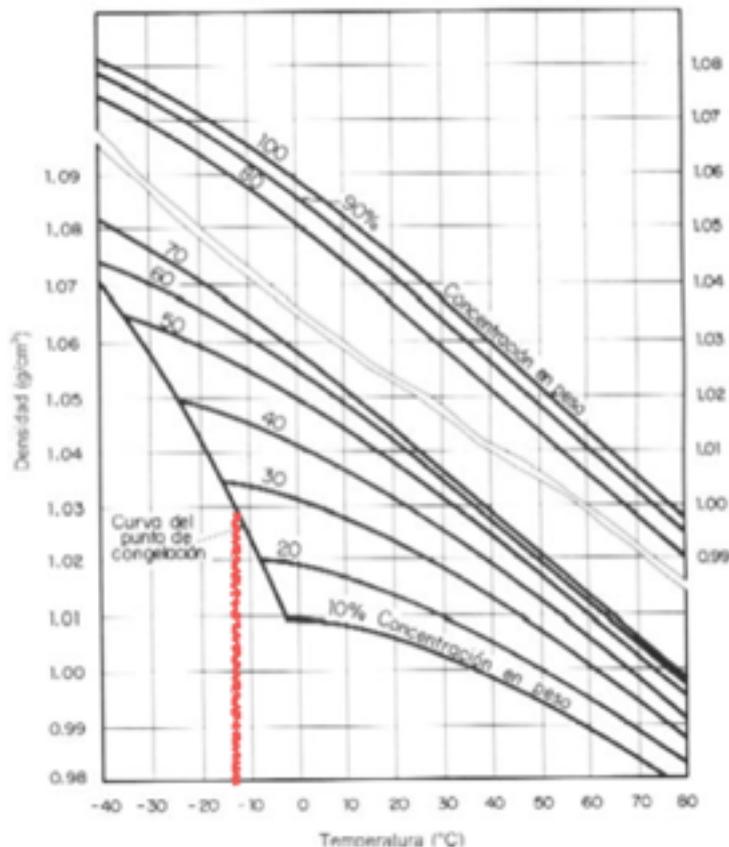


Figura 8. Densidad de una disolución con propilenglicol, en función de la temperatura (Cañada Ribera, L.J 2008, Manual de Energía Solar Térmica. Diseño y Cálculo de Instalaciones, Anexo 7 p. 409)

Se seleccionará aquella concentración de propilenglicol que quede inmediatamente superior al valor de intersección, así se tomará una mezcla de agua y propilenglicol con una concentración del 30% que presentará una temperatura de congelación aproximada de  $-14^{\circ}\text{C}$ .

El fluido que se utilizará en el circuito primario estará compuesto por una mezcla de agua y propilenglicol con una concentración del 30%, que presentará una temperatura de congelación aproximada de  $-14^{\circ}\text{C}$ .

## **1.8. Dimensionado del circuito primario**

### **1.8.1. Intercambiador de calor**

Para realizar la transferencia de energía entre dos fluidos evitando mezcla de estos, se utilizará un intercambiador de calor.

El intercambiador de calor que se instalará en el presente proyecto, se ubicará en el cuarto de máquinas junto al resto de equipos. Este será exterior al depósito de acumulación y de placas. Se ha decidido utilizar este tipo de intercambiador porque proporciona un rendimiento superior al resto debido a que posee una superficie de intercambio mayor. El intercambiador seleccionado deberá cumplir con las especificaciones indicadas en el CTE.

El CTE recomienda que los intercambiadores de placas se dimensionen de forma que la potencia térmica transferida (en kW) sea igual a dos tercios de la superficie de captadores (en  $\text{m}^2$ ).

Para la elección del intercambiador de calor se ha utilizado el programa de simulación de la marca Swep, como se muestra en la figura 9. En él, se han introducido los siguientes datos: temperatura del fluido de trabajo a la entrada y salida del intercambiador de calor del circuito primario ( $60^{\circ}\text{C}$  y  $30^{\circ}\text{C}$  respectivamente) y del circuito secundario ( $25^{\circ}\text{C}$  y  $55^{\circ}\text{C}$  respectivamente), y la potencia recomendada por el CTE (80Kw).

Calculation Type	<b>Single Phase - Design</b>	
Fluid Side 1	Propylene Glycol - Water	30% ▼
Fluid Side 2	Water	▼
Flow direction	Counter current ▼	
Exchangers	B-Types ▼	
	<b>Side 1</b>	<b>Side 2</b>
Heat Load	80 kW	
Inlet Temperature	60 °C	25 °C
Outlet Temperature	30 °C	55 °C

Figura9. Parámetros para la elección del intercambiador, simulador Swep (Captura de pantalla simulador Swep)

Entre los diferentes modelos que cumplen con las especificaciones introducidas en el simulador, se ha decidido instalar un intercambiador de placas modelo B25T con 65 placas, como se puede observar en la figura 10. Este modelo de intercambiador presentará unas pérdidas de carga entorno a los 2 metros de columna de agua en ambos circuitos, inferiores a la cantidad máxima permitida por el CTE de 3 metros de columna de agua.

La pérdida de carga en el intercambiador de calor se ha obtenido a partir de los valores de presión en función de la temperatura del fluido a la entrada y salida del intercambiador en ambos circuitos, valores facilitados por el fabricante.

La caída de presión en ambos circuitos esta en torno a los 0,17 bares, que corresponde con 1,734 metros de columna de agua para el circuito secundario y con 2,11 metros de columna de agua para el circuito primario, tras aplicarle el factor corrector de 1,22 por tratarse de una mezcla de agua más propilenglicol. Se considerarán unas pérdidas de carga de 2,1 metros de columna de agua en ambos circuitos.



*Figura 10. Intercambiador de placas Swep, modelo B25T(Catálogo de productos Swep, 2015)*

### **1.8.2. Depósito de acumulación**

El depósito de acumulación tal y como se ha indicado anteriormente deberá tener de una capacidad igual o superior a 7.500 litros.

En la instalación a realizar se instalarán dos depósitos de acumulación conectados en serie, con capacidad para 4.000 litros. La suma de ambos será de 8.000 litros, cantidad que es superior a los 7.500 litros necesarios.

### **1.8.3. Cálculo de tuberías**

El método empleado para el cálculo de tuberías recomienda el cumplimiento de los siguientes criterios:

- La pérdida de carga por metro lineal de tubería debe ser menor de 40 mm.c.a.(mm columna de agua).
- La velocidad de circulación del fluido por las tuberías debe ser mayor de 0,3 m/s y menor de 2 m/s.

El circuito hidráulico estará compuesto por tuberías de cobre por las que circulará una mezcla de agua + propilenglicol al 30% a una temperatura de 60°C.

El dimensionado de tuberías se realizará mediante el siguiente procedimiento:

1. Se señalará sobre el eje de ordenadas de la Figura11 el caudal correspondiente a cada tramo de tubería. A partir de ese caudal se trazará una línea horizontal que cortará las diferentes líneas de diámetros de tuberías. Entre todas esas tuberías se elegirá aquella de mayor diámetro comercial que presente para ese caudal unas pérdidas de carga unitaria inferiores a 40 mm c.a. (línea amarilla).

2. Se trazará una vertical desde el punto de intersección entre la horizontal realizada y la tubería seleccionada hasta el eje horizontal del ábaco, obteniéndose el valor de la pérdida de carga unitaria (línea morada del ábaco).
3. Para obtener la velocidad del fluido se realizará una paralela a las líneas oblicuas de velocidad representadas en el ábaco que pase por el punto de intersección, el valor para ese punto se obtendrá mediante la interpolación (línea verde del ábaco de la Figura 11).

Se deberán utilizar unos factores correctores ( $k_1$  y  $k_2$ ) para realizar un cálculo exhaustivo de las pérdidas de carga, ya que el ábaco sobre el que se realizarán los cálculos está constituido para agua a una temperatura de 45°C, mientras que por el circuito primario de la instalación circula una mezcla de agua y propilenglicol a una temperatura de 60°C.

El factor corrector  $k_1$ , corresponde a la corrección por temperatura y tendrá un valor de 0,96 obtenido de la Tabla 12.

4. El factor corrector  $k_2$ , corresponde con la corrección por viscosidad, que se calculará mediante la raíz cuarta del cociente entre la densidad de la mezcla (0,9 centipoises) y la del agua (0,4 centipoises) obteniéndose un valor de 1,22.

*Tabla 12. Valores del factor corrector  $K_1$  en función de la temperatura del agua (Javier Cañada Ribera, 2008, Manual de Energía Solar Térmica. Diseño y Calculo de Instalaciones)*

<b>Temp del Agua (°C)</b>	5	10	20	40	45	50	60	80	90	95
<b>Factor Corrector</b>	1,24	1,18	1,09	1,02	1,00	0,99	0,96	0,92	0,91	0,91

El valor total de las pérdidas de carga en todo un tramo, se obtendrá multiplicando el valor obtenido de pérdidas de carga unitaria por la longitud del tramo a calcular.

En la Figura 11 se representa el proceso de selección del diámetro interior de una tubería de cobre para el caudal del 5.397,84 litros, correspondiente al

tramo 0-1 del circuito primario de la instalación. En dicha figura se pueden observar los procesos indicados en los puntos anteriores, expresando mediante una línea amarilla el correspondiente al punto 1, en morado el correspondiente al punto 2 y el punto 3 corresponde con la línea verde.

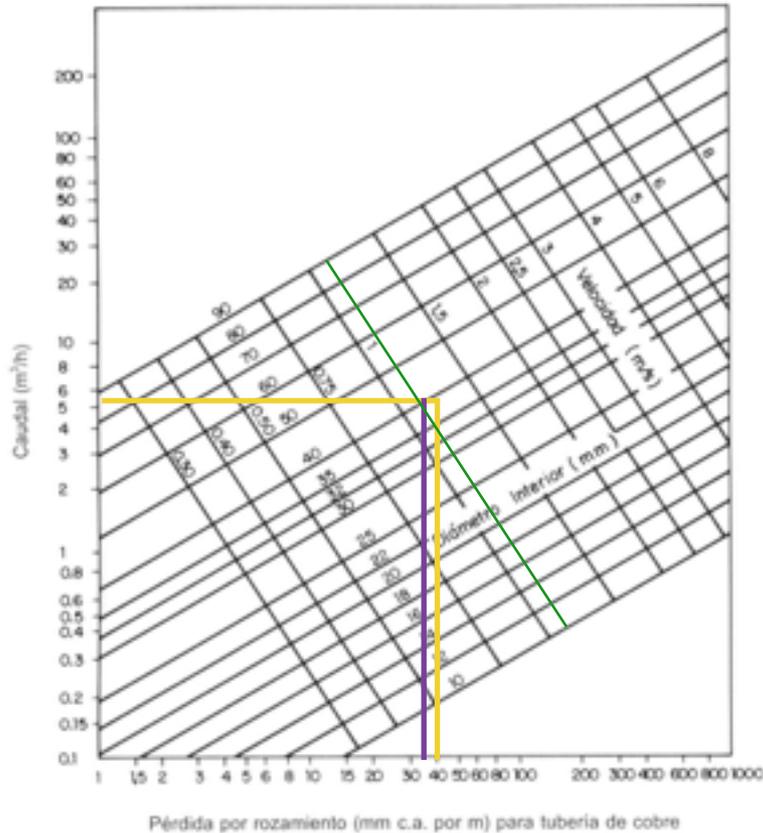


Figura 11. Pérdida de carga para tuberías de cobre, utilizando agua a 45°C (Cañadas Ribera, L.J 2008, Manual de Energía Solar Térmica. Diseño y Cálculo de Instalaciones, p.307)

El caudal que trasiega por el circuito hidráulico vendrá determinado por el producto de la superficie de captación y del caudal que circula por cada metro cuadrado de captación, caudal que deberá ser el indicado por el fabricante, de esta forma, el caudal que circulará por el circuito hidráulico en la instalación a realizar será de 5.397,84 l/h.

Resultado obtenido tras realizar el producto de los 119,952 m<sup>2</sup> de la superficie de captación y 45l/(h\*m<sup>2</sup>) indicados por el fabricante.

A continuación, en la Tabla 13, se mostrarán los valores de las pérdidas de carga en las tuberías del circuito primario obtenidos a partir del ábaco de la Figura 11, siguiendo el procedimiento anterior.

Tabla 13. Pérdidas de carga en las tuberías.

Tramo	Caudal (l/h)	Diámetro Interior (mm)	Velocidad (m/s)	Perdidas de carga (mmc.a/m)	Perdidas de carga unitaria (mmc.a/m)	Longitud (m)	Perdida de carga Total (mmc.a)
0-1	5.397,84	50	0,8	13,6	15,92	7,5	119,46
1-1'	1.587,6	25	0,8	33	38,64	0	0
1-2	1.058,4	22	0,732	33	38,64	3,3	127,54
2-3	529,2	18	0,59	24	28,109	3,3	92,76
1-4	3.810,25	35	1,00	33	38,64	20,882	806,88
4-4'	1.905,12	30	0,75	23	26,938	0	0
4'-5	1.270,08	25	0,714	20	23,42	3,3	77,29
5-6	635,04	18	0,666	34	39,82	3,3	131,41
4-7	1.905,12	30	0,75	23	26,938	22,915	617,28
7-8	1.270,08	25	0,714	20	23,42	3,3	77,29
8-9	635,04	18	0,666	34	39,82	3,3	131,41
10-11	635,04	18	0,666	34	39,82	3,3	131,42
11-12	1.270,08	25	0,714	20	23,42	3,3	77,29
12-19	1.905,12	30	0,75	23	26,938	23,732	639,29
13-14	635,04	18	0,666	34	39,82	3,3	131,41
14-15	1.270,08	25	0,714	20	23,42	3,3	77,29
15-19	1.905,12	30	0,75	23	26,938	0,817	22,01
19-20	3.810,24	35	1,00	33	38,64	22,915	886,35
16-17	529,2	18	0,59	24	28,109	3,3	92,76
17-18	1.058,4	22	0,732	33	38,64	3,3	96,62
18-20	1.587,6	25	0,8	33	38,64	0,817	31,57
20-0	5.397,84	50	0,8	13,6	15,92	17,665	281,23
						<b>Total</b>	4.640,75

Las pérdidas de carga de los colectores solares serán proporcionadas por el fabricante y dependerán del caudal, del diseño del elemento absorbente, de las conexiones y del tipo de fluido utilizado.

La instalación a realizar esta formada por 3 baterías, compuesta cada una de ellas por 3 filas conectadas en paralelo. Las filas de una batería estarán constituidas por 5 captadores mientras que las otras dos estarán constituidas por 6 captadores, conectados a su vez en paralelo, de forma que las pérdidas de carga correspondientes a una fila de captadores serán las producidas por un captador más las de la tubería de distribución que los une. Las pérdidas de carga correspondientes a la tubería de distribución se calcularán como si fuera una tubería del mismo diámetro que la del tramo 2-3 (5 captadores por fila) o 5-6 (6 captadores por fila) sobre las que circulará el caudal correspondiente al número de captadores de la fila menos uno, tal como se refleja en la Tabla 14.

*Tabla 14. Pérdida de carga de los captadores.*

<b>Baterías</b>	<b>Pérdidas de carga captador (mm c.a)</b>	<b>Caudal Nºcaptadores-1 (l/h)</b>	<b>Pérdidas de carga unitaria (mm c.a/m)</b>	<b>Longitud (m)</b>	<b>Total (mm c.a)</b>
<b>Fila de 5 captadores</b>	1000	423,36	28,109	1	1.028,109
<b>Fila de 6 captadores</b>	1000	529	39,82	1	1.039,82

El número total de pérdidas producidas por el campo de captadores solares se obtendrá al multiplicar las pérdidas de carga producidas en cada fila calculadas en la tabla 14 por el número de filas; obteniéndose el siguiente resultado:  $1.028,109 \times 3 + 1.039,82 \times 3 = 9.323,247$  mm c.a

Las pérdidas de carga en los accesorios se calcularán por el método de las longitudes equivalentes que se muestra en la Tabla 15.

*Tabla 15. Longitud equivalente de pérdidas (Pedro Rufes Martinez, 2009, libro Energía Solar Térmica, Técnicas para su aprovechamiento)*

<b>Diámetro tubería (mm)</b>	<b>Válvula de retención</b>	<b>Codo a 90°</b>	<b>T</b>	<b>Válvula de esfera</b>
<b>12</b>	1,2	0,37	0,53	0,15
<b>18</b>	1,8	0,48	0,67	0,21
<b>22</b>	2,4	0,61	0,9	0,27
<b>28</b>	3,6	0,79	1,1	0,3
<b>32</b>	3,7	0,84	2,4	0,36
<b>40</b>	4,7	0,96	3	0,44
<b>50</b>	5,7	1,27	3,6	0,55
<b>65</b>	6,9	1,48	4,2	0,69

El circuito hidráulico estará compuesto por los siguientes accesorios:

- Tramo 0-1: 2 válvulas de esfera, 1 válvula de retención y 1T
- Tramo 1-1' y 18-20: 1T
- Tramo 1'-2 y 17-18: 1T
- Tramo 2-3 y 16-17: 1 codo
- Tramo 1-4: 1 codo y 1 T
- Tramo 4-4' y 15-19: 1T
- Tramo 4'-5 y 14-15: 1T
- Tramo 5-6 y 13-14: 1 codo
- Tramo 4-7 : 1 codo y 1 T

- Tramo 7-8 y 11-12: 1T
- Tramo 8-9 y 10-11: 1 codo
- Tramo 12-19: 2T y 3 codos
- Tramo 19-20: 2 codos y 1 T

A partir del diámetro de la tubería se hallará la longitud equivalente en función del tipo y número de accesorios que tenga cada tramo. Las pérdidas de carga por accesorios se calcularán mediante el producto de la longitud equivalente y de las pérdidas de carga unitaria para cada tramo, tal como se muestra en la Tabla 16.

*Tabla 16. Longitud de equivalentes de pérdidas de accesorios.*

<b>Tramo</b>	<b>Diámetro (mm)</b>	<b>Longitud equivalente (m)</b>	<b>Pérdidas de carga unitaria (mm c.a/m)</b>	<b>Pérdidas de carga por accesorios (mm c.a)</b>
<b>0-1</b>	50	9,85	15,92	156,81
<b>1-1' y 18-20</b>	25	2	38,64	77,28
<b>1'-2 y 17-18</b>	22	1,8	38,64	69,52
<b>2-3 y 16-17</b>	18	0,96	28,109	26,98
<b>1-4</b>	35	3,5	38,64	135,24
<b>4-4' y 15-19</b>	30	3,7	26,938	96,67
<b>5-6 y 13-14</b>	18	0,96	39,82	38,23
<b>4-7</b>	30	2,67	26,938	53,88
<b>7-8 y 11-12</b>	25	2	23,42	46,84
<b>8-9 y 10-11</b>	18	0,96	39,82	38,23
<b>12-19</b>	30	5,96	26,938	160,55
<b>19-20</b>	35	4,395	38,64	169,83
			<b>Total</b>	<b>1.116,68</b>

#### **1.8.4. Bomba de circulación**

La selección de la bomba de circulación se realizará a partir del caudal y de la pérdida de carga total de la instalación.

En la instalación se ha calculado un caudal de 5.397,84 l/h y una pérdida de carga total de 17,085 metros de columna de agua (mca), correspondiente a la suma de pérdidas de cargas parciales de los diferentes elementos de la instalación: tuberías, captadores, intercambiador y accesorios.

$$\text{Pérdida de carga total} = \text{Suma de pérdidas (tuberías; captadores; intercambiador; accesorios)}$$

Sustituyendo los valores de pérdida de carga calculados en los puntos 1.8.1 y 1.8.3 en la expresión anterior se obtendrá una pérdida de carga total en la instalación de 17,085 mca como se muestra a continuación.

$$\text{Pérdida de carga total} = 4,641 + 9,228 + 2,1 + 1,116 = 17,085 \text{ mca}$$

Se seleccionará la bomba cuyo punto de funcionamiento sea el punto de corte entre ambos valores, por tanto, se seleccionará una bomba que proporcione un caudal de 5.397,84 l/h y sea capaz de vencer una pérdida de carga de 17,085 mca.

#### **1.8.5. Vaso de expansión**

El cálculo del vaso de expansión se realizará de acuerdo con la norma UNE 100-155, utilizando la siguiente expresión:  $V_t = V \times C_e \times C_{pre}$ . Donde:

- $V_t$ : Volumen total del vaso de expansión (l).
- $V$ : Volumen total de fluido contenido en el circuito (l).
- $C_e$ : Coeficiente de expansión o dilatación del fluido.
- $C_{pre}$ : Coeficiente de presión.

El volumen total de fluido contenido en el circuito,  $V$ , se calculará sumando el volumen contenido en todos los elementos del circuito primario.

Para realizar la instalación se mostrará el volumen del fluido contenido en las tuberías, en los captadores (2,16 litros por captador) y en el intercambiador de calor (3,5 litros), como se puede observar en las Tablas 17 y 18.

Tabla 17. Volumen del fluido contenido en las tuberías

<b>Tuberías</b>				
<b>Tramo</b>	<b>Longitud (m)</b>	<b>Diámetro (mm)</b>	<b>Volumen Unitario (l/m)</b>	<b>Volumen Total (l)</b>
<b>0-1</b>	7,5	50	1,96	14,726
<b>1-2</b>	3,3	22	0,380	1,254
<b>2-3</b>	3,3	18	0,2545	0,84
<b>1-4</b>	20,882	35	0,962	20,09
<b>4'-5</b>	3,3	25	0,491	1,62
<b>5-6</b>	3,3	18	0,2545	0,84
<b>4-7</b>	22,915	30	0,707	16,20
<b>7-8</b>	3,3	25	0,491	1,62
<b>8-9</b>	3,3	18	0,2545	0,84
<b>10-11</b>	3,3	18	0,2545	0,84
<b>11-12</b>	3,3	25	0,491	1,62
<b>12-19</b>	23,732	30	0,707	16,79
<b>13-14</b>	3,3	18	0,2545	0,84
<b>14-15</b>	3,3	25	0,491	1,62
<b>15-19</b>	0,817	30	0,707	0,578
<b>19-20</b>	22,915	35	0,962	22,04
<b>16-17</b>	3,3	18	0,2545	0,84
<b>17-18</b>	3,3	22	0,380	1,254
<b>18-20</b>	0,817	25	0,491	0,401
<b>20-0</b>	17,665	50	1,96	34,6234
			<b>Total</b>	<b>139,89</b>

Tabla 18. Volúmenes parciales y total del fluido

	<b>Total (l)</b>
<b>Volumen total fluido tuberías</b>	139,89
<b>Volumen captadores</b>	110,16
<b>Volumen intercambiador</b>	3,5
<b>Volumen total fluido en el circuito</b>	253,55

El coeficiente de expansión  $C_e$  representa la variación de volumen experimentado por el fluido al aumentar su temperatura. Este valor siempre será positivo y menor que la unidad. Para agua que experimenta una diferencia de temperatura en torno a los 100°C su valor será del orden de 0,05. En caso de emplear agua con anticongelante su valor se verá ligeramente incrementado. Según las expresiones de la Norma UNE 100-155 para una mezcla de agua(70%) + glicol(30%) a una temperatura de 115°C el coeficiente de expansión vale 0,065.

El coeficiente de presión  $C_{pre}$  representa la relación entre el volumen total y el volumen útil del vaso de expansión, es decir, representa la porción de volumen del vaso de expansión que puede ser ocupada por el fluido de trabajo. Este valor siempre será positivo y mayor que la unidad.

El cálculo de dicho coeficiente en vasos de expansión cerrados vendrá determinado por la siguiente expresión:

$$C_{pre} = \frac{P_{max} + 1}{P_{max} - P_{min}}$$

Donde:

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

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

La presión mínima deberá ser lo suficientemente elevada para evitar la entrada de aire en el circuito. Por este motivo se tomará un valor de presión que se encuentre dentro del intervalo recomendado [0.5 , 1.5 bar], siendo este valor de 1 bar.

Debido a que el vaso de expansión estará situado en el cuarto de máquinas, localizado en la azotea del edificio, la diferencia de cotas (h) entre el campo de captadores y el vaso de expansión será nula, por lo que no se considerará la presión estática para el cálculo de la presión mínima.

$$P_{\text{estática}} = h(\text{m}) \times 0,1 \text{ (bar/m)} = 0 * 0,1 = 0$$

$$P_{\text{min}} = 1 + P_{\text{estática}} = 1 \text{ bar}$$

La presión máxima de funcionamiento debe ser inferior a la presión de tarado de la válvula de seguridad ( $P_{\text{vs}}$ ). Aproximadamente entre 0,3 y 0,5 bares inferior, por tanto:

$$P_{\text{max}} = P_{\text{vs}} - 0,3 = 5 - 0,3 = 4,7 \text{ bar}$$

De los valores de presión anteriormente calculados, se obtendrá un coeficiente de presión de 1,54.

$$C_{\text{prep}} = (P_{\text{max}} + 1) / (P_{\text{max}} - P_{\text{min}}) = (4,7 + 1) / (4,7 - 1) = 1,54$$

Sustituyendo los parámetros obtenidos en la expresión del volumen total, se obtendrá que la capacidad del vaso de expansión deberá ser de 25,38 litros.

$$V_t = V \times C_e \times C_{\text{pre}} = 253,55 \times 0,065 \times 1,54 = 25,38 \text{ litros.}$$

La experiencia ha demostrado que en muchas ocasiones los vasos de expansión calculados mediante este procedimiento son insuficientes. Los motivos de este infradimensionado son debido al cambio de fase que presenta el fluido de trabajo al alcanzar temperaturas elevadas. Para que la expansión de este fluido pueda ser absorbida por el vaso de expansión se recomienda sumar al volumen calculado anteriormente, el volumen total del líquido que puede evaporarse, constituido por el líquido de los captadores solares y de las tuberías que se encuentran en cotas iguales o superiores a la parte inferior de los captadores.

El volumen correspondiente al líquido que puede evaporarse ( $V_{\text{vap}}$ ), corresponderá con el volumen de los captadores más el de las tuberías que salgan de estos, es decir, las que entran en el intercambiador:  $V_{\text{vap}} = V_{\text{captadores}} + V_{\text{tuberías}}$

$$V_{\text{vap}} = V_{\text{captadores}} + V_{\text{Tuberías}} = 110,16 + 81,45 = 191,61 \text{ litros}$$

Incorporando el  $V_{\text{vap}}$  a la expresión del volumen total, se obtiene un volumen de 151,24 litros como se observa en la siguiente expresión:  $V_t = (V \times C_e + V_{\text{vap}}) \times C_{\text{prep}}$

$$V_t = (V \times C_e + V_{\text{vap}}) \times C_{\text{pre}} = (253,55 \times 0,065 + 191,61) \times 1,54 = 320,46 \text{ litros}$$

El CTE indica que el vaso de expansión deberá ser capaz de compensar el  $V_{\text{vap}}$

multiplicado por 1,1, es decir, según el CTE el volumen del vaso de expansión se calculará mediante la siguiente expresión:  $V_t = (V \times C_e + V_{vap} \times 1,1) \times C_{prep}$

$$V_t = (V \times C_e + V_{vap} \times 1,1) \times C_{prep} = (253,55 \times 0,065 + 1,1 \times 191,61) \times 1,54 = 349,97 \text{ litros}$$

Debido a la gran diferencia que existe en función del método de cálculo utilizado, se decidirá utilizar el método propuesto por el CTE, por tanto, se elegirá un vaso de expansión cuyo volumen sea superior o igual al indicado mediante este procedimiento.

### 1.8.6. Aislamiento

Los espesores de aislamiento en tuberías y accesorios se calcularán a partir de los valores extraídos de la *Tabla 1.2.4.2.1. Espesores mínimos de aislamiento en (mm) en tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que circulan por el interior de edificios, del Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios*, tal como se muestra en la Tabla 19.

*Tabla 19. Espesores mínimos de aislamiento en (mm) para tuberías y accesorios en el interior de edificios, del Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (2013, Real Decreto 238/2013).*

Diámetro Exterior (mm)	Temperatura del fluido (°C)		
	40 a 60	61 a 100	101 a 180
$D \leq 35$	25	25	30
$35 < D \leq 60$	30	30	40
$60 < D \leq 90$	30	30	40
$90 < D \leq 140$	30	40	50
$140 < D$	35	40	50

Los datos de la tabla 19 han sido calculados para tuberías que se encuentren en el interior de edificios, trabajando de forma parcial y que están compuestas por materiales cuya conductividad térmica sea de 0,04 W/m K a la temperatura de 10°C.

Aquella red de tuberías que tenga un funcionamiento continuo deberá tener un espesor de aislamiento 5 mm mayor que el indicado en la tabla. Las tuberías y accesorios situados

a la intemperie, en el exterior del edificio, deberán incrementar estos valores en 10 mm, así una tubería que tenga un funcionamiento continuo y este situada en el exterior, el espesor del aislante se verá incrementado en 15 mm con respecto a los valores expresados en las tablas.

Los materiales con conductividad térmica distinta a 0,04 W/m K, el espesor mínimo "e" (en mm) que debe usarse se determinará en función del espesor de referencia e<sub>ref</sub> de la tabla (en mm), aplicando la siguiente fórmula:

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

Las tuberías y accesorios de la instalación se encontrarán en continuo funcionamiento y situados en el exterior del edificio, por tanto los espesores de aislamiento indicados en la Tabla 19 habrá que sumarle 15 mm. Asimismo, en la Tabla 20 podemos observar los espesores de aislamiento para tuberías y accesorios necesarios en cada tramo de la instalación.

*Tabla 20. Espesor del aislante para las tuberías de la instalación*

<b>Tramo</b>	<b>Diámetro interior tuberías (mm)</b>	<b>Diámetro exterior tuberías (mm)</b>	<b>Espesor aislante tuberías interior (mm)</b>	<b>Espesor aislante tuberías exterior (mm)</b>
<b>0-1</b>	50	51,5	30	45
<b>1'-2</b>	22	23,5	25	40
<b>2-3</b>	18	19,5	25	40
<b>1-4</b>	35	36,5	30	45
<b>4'-5</b>	25	26,5	25	40
<b>5-6</b>	18	19,5	25	40
<b>4-7</b>	30	31,5	25	40

<b>Tramo</b>	<b>Diámetro interior tuberías (mm)</b>	<b>Diámetro exterior tuberías (mm)</b>	<b>Espesor aislante tuberías interior (mm)</b>	<b>Espesor aislante tuberías exterior (mm)</b>
<b>7-8</b>	25	26,5	25	40
<b>8-9</b>	18	19,5	25	40
<b>10-11</b>	18	19,5	25	40
<b>11-12</b>	25	26,5	25	40
<b>12-19</b>	30	31,5	25	40
<b>13-14</b>	18	19,5	25	40
<b>14-15</b>	25	26,5	25	40
<b>15-19</b>	30	31,5	30	45
<b>19-20</b>	35	36,5	30	45
<b>16-17</b>	18	19,5	25	40
<b>17-18</b>	22	23,5	25	40
<b>18-20</b>	25	26,5	25	40
<b>20-0</b>	50	51,5	30	45

El CTE indica que el aislamiento del depósito de almacenamiento cuya superficie sea inferior a los 2m<sup>2</sup> deberá tener un espesor mínimo de 30mm, para superficies superiores el espesor mínimo será de 50mm. Por otra parte el espesor del aislamiento del intercambiador de calor no será inferior a los 20mm.

## **1.9. Dimensionado del circuito secundario y terciario**

### **1.9.1. Intercambiador de calor**

Para el circuito secundario se utilizará un intercambiador de placas exterior al depósito, con las mismas características técnicas que el instalado en el circuito primario.

### **1.9.2. Volumen acumulador de apoyo**

El volumen del acumulador de apoyo se podrá calcular a partir de la demanda diaria de ACS, suponiendo un consumo en hora punta del 70%.

$$V_{\text{apoyo}} = 70\% \times V_{\text{acumulación}} = 0,7 \times 7.500 = 5.250 \text{ litros}$$

Se seleccionará un depósito de acumulación con una capacidad igual o superior a los 5.250 litros obtenidos, que permitirá reducir la potencia nominal de la caldera, ya que el volumen de agua a calentar disminuye.

Debido a la gran capacidad que debe tener el acumulador de apoyo se ha decidido instalar 2 de menor capacidad, siendo la suma de ambos igual o superior a los 5.250 litros indicados en la expresión anterior. Se seleccionarán 2 depósitos con capacidad para 3.000 litros, cuya suma será de 6.000 litros, cantidad que es superior a los 5.250 litros obtenidos.

Los acumuladores solares seleccionados dispondrán de un serpentín en su interior para realizar el intercambio de calor con el sistema de apoyo, que será independiente para cada uno de ellos.

La inclusión de un segundo acumulador y consecuentemente otra caldera de apoyo, supondrá una mayor eficiencia y control de la instalación, como contrapartida el coste de la instalación se verá incrementado.

### **1.9.3. Potencia de la caldera de apoyo**

La potencia de las calderas de apoyo se calculará suponiendo que debe ser capaz de calentar en una hora la totalidad del volumen del acumulador de apoyo desde la temperatura media del agua de red hasta la temperatura de preparación, cálculo que se realizará mediante la siguiente expresión:  $P_{\text{calderas}} = V_{\text{apoyo}} \times C_p \times \Delta T / \text{Tiempo}$ , donde:

Calderas de apoyo:

- $V_{\text{apoyo}1} = 3.000$  litros
- $C_p = 4,18$  KJ/Kg \* °K
- $\Delta T = (T_{\text{prep}} - T_{\text{red}}) = (60 - 12,5)^\circ\text{C} = (333 - 285,5)^\circ\text{K}$
- $\text{Tiempo} = 1$  hora = 3600s

Sustituyendo los valores indicados en la expresión anterior obtendremos una potencia de la caldera de apoyo de 165,11KW.

$$P_{\text{calderas}} = V_{\text{apoyo}} \times C_p \times \Delta T / \text{Tiempo} = 3500 \times 4,18 \times [(333-285,5)/3600] = 165,11\text{KW}$$

Se seleccionarán dos calderas de apoyo cuya potencia será igual o superior a los 165,11KW obtenidos.

Las calderas de apoyo se dispondrán junto con el resto de equipos en una sala habilitada. Al tratarse de un recinto cerrado, se deberá equipar a las calderas de un sistema de extracción de gases según lo indicado en el *Real Decreto 238/2013 por el que se modifica el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios*.

#### **1.9.4. Bomba del secundario y terciario**

Se seleccionará la misma bomba para el circuito secundario y terciario, ya que ambas bombas deberán ser capaces de superar las pérdidas de carga producidas por el intercambiador y las tuberías de unión. Estas últimas serán despreciables ya que debido a las cortas distancias que hay entre los diferentes elementos de la instalación, su valor será muy pequeño para un caudal igual al del circuito primario. Por tanto, se buscará una bomba capaz de trasegar un caudal de 5.397,84 l/h, venciendo unas pérdidas de carga iguales o superiores a los 2,1 mca.

$$Q_{\text{terciario}} = Q_{\text{secundario}} = Q_{\text{primario}} = 5.397,84 \text{ l/h}$$

$$\text{Pérdidas de carga} = \text{pérdidas intercambiador} = 2,1 \text{ mca}$$

### **1.10. Sistema de retorno.**

#### **1.10.1. Bomba del sistema de retorno.**

El sistema de retorno deberá de ser capaz de transportar un 15% del caudal que trasiega por las tuberías de distribución de ACS.

Para obtener el caudal que trasiega por las tuberías de distribución de ACS, se considerará que el volumen de los dos acumuladores de apoyo se consume en una hora, obteniendo así un caudal de 900 l/h, calculados a partir de la siguiente expresión:  $\%_{\text{retorno}} \times Q_{\text{distribución}}$ , siendo:

- $\%_{\text{retorno}} = 0,15$
- $Q_{\text{distribución}} = 6.000 \text{ l/h}$

Se obtiene:

$$Q_{\text{retorno}} = \%_{\text{retorno}} \times Q_{\text{distribución}} = 0,15 \times 6.000 = 900 \text{ l/h}$$

Las pérdidas de carga correspondientes a este tramo de tubería y accesorios vendrán indicadas en las Tablas 21 y 22.

Tabla 21. Pérdidas de carga de las tuberías del sistema de retorno.

Caudal (l/h)	Diámetro (mm)	Pérdidas de carga (mm c.a/m)	Longitud (m)	Pérdidas totales (mm c.a)
900	20	38	26,6	1.010,8

Tabla 22. Pérdidas de carga de los accesorios del sistema de retorno.

Accesorio	Longitud equivalente (m)	Cantidad	Longitud total (m)	Pérdidas de carga tubería (mm c.a/m)	Pérdidas totales (mm c.a)
Codo	0,545	2	1,09	33	35,97

Las pérdidas de carga totales se obtendrán mediante la suma de las pérdidas de carga parciales de tuberías y accesorios, así: Pérdida de carga total = pérdidas parciales tuberías + pérdidas parciales de accesorios.

Sustituyendo los valores indicados en la expresión anterior, obtenemos unas pérdidas de carga de 1.046,77 mmc.a, como se puede observar a continuación.

Pérdida de carga total = pérdidas parciales tuberías + pérdidas parciales de accesorios:  
 $1.010,77 + 35,97 = 1.046,77$  mmc.a

La bomba a instalar deberá ser capaz de superar unas pérdidas de carga de 1.046,77 mmc.a, para un caudal de 900 l/h.

### 1.11. Sistema de regulación

El sistema de regulación estará formado por dos reguladores diferenciales. El primero de ellos recibirá la señal de las sondas de temperatura  $T_2$ ,  $T_1$  y  $T_3$  y enviará las órdenes de puesta en marcha o parada a las bombas del circuito primario (BP) y secundario (BS). El segundo regulador controlará la bomba del terciario (BT), para ello se necesitará medir las temperaturas  $T_2$  y  $T_4$ .

La bomba del primario (BP) se pondrá en funcionamiento cuando la diferencia de temperaturas entre la entrada en el intercambiador de calor,  $T_1$ , y la parte baja del

Memoria

depósito de almacenamiento<sup>2</sup>,  $T_3$ , sea de 6 o 7°C. Se parará cuando se alcance la temperatura máxima de protección en el acumulador<sup>1</sup>,  $T_2$ , o porque la diferencia de temperaturas entre  $T_1$  y  $T_3$  disminuye hasta los 2 o 3°C, donde se alcanzará el valor de parada.

La bomba del secundario (BS) se pondrá en marcha y se parará a la vez que la del del circuito primario.

La puesta en marcha y parada de las bombas del circuito primario y secundario se pueden observar en las figuras 11 y 12 respectivamente.

La bomba del circuito terciario (BT) se activará, tal y como se muestra en la figura.13, cuando exista consumo de ACS por el intercambiador de calor y la temperatura en la parte alta del acumulador<sup>1</sup>,  $T_2$ , sea superior, como mínimo, en 6 o 7°C a la temperatura de la red a la entrada del intercambiador,  $T_4$ .

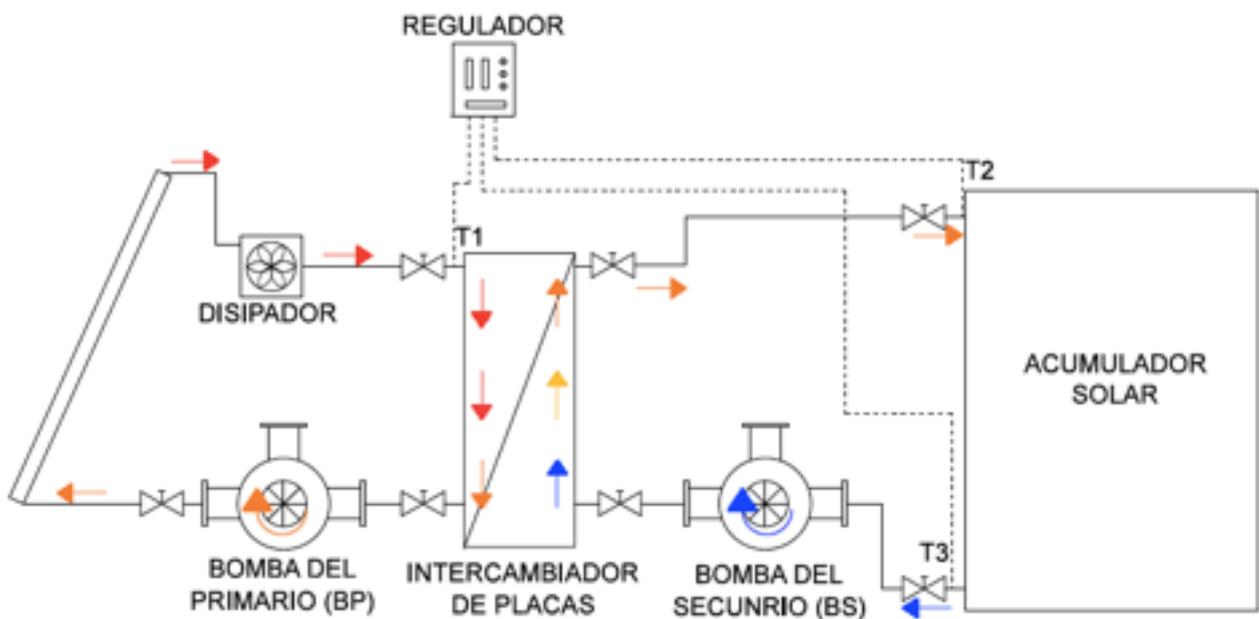


Figura12.Sistema de regulación instalación. Esquema de la instalación cuando  $T_1-T_3 \geq 6-7^\circ\text{C}$

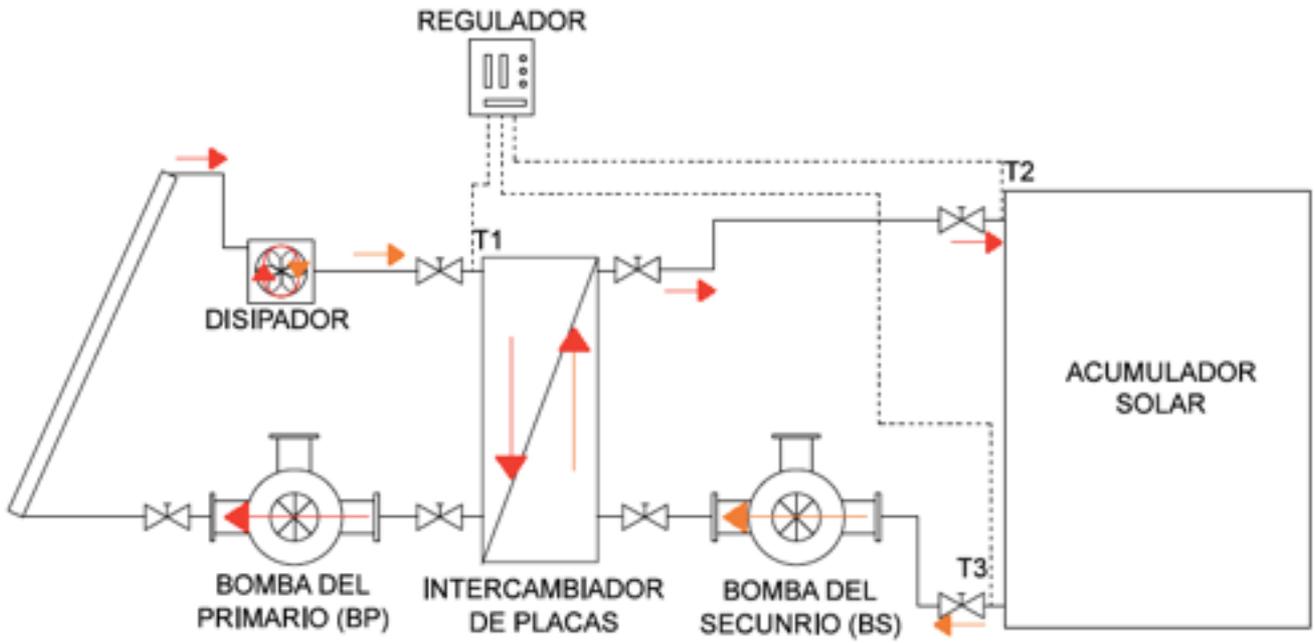


Figura13. Sistema de regulación. Esquema de la instalación cuando  $T1-T3 < 6-7^{\circ}\text{C}$  ó  $T1=T2$

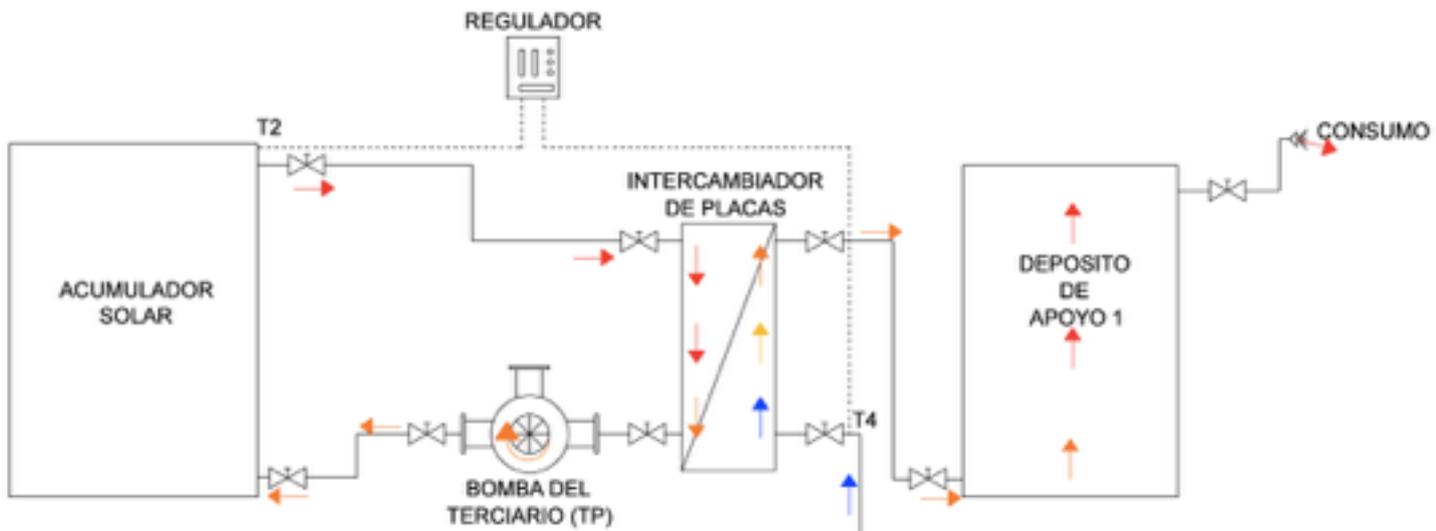


Figura 14. Sistema de regulación. Esquema de la instalación cuando hay consumo y  $T2 - T4 \Rightarrow 6-7^{\circ}\text{C}$

### **1.12. Sistema de seguridad**

Se deberá dotar a la instalación solar de dispositivos de control manuales o automáticos con el fin de evitar el sobrecalentamiento.

Para evitar el sobrecalentamiento se utilizará un disipador de calor dinámico, cuya potencia vendrá determinada por los metros cuadrados del colector. Es decir, así se seleccionará para la superficie de captación obtenida de 119,85 m<sup>2</sup> en el apartado 1.7.2 *Volúmenes acumulados y áreas de captación* un disipador con una potencia mínima de 96KW.

### **1.13. Plan de explotación o utilización**

El objeto de este apartado es definir las operaciones que deben seguirse, según lo establecido en el Documento Básico HE Ahorro de Energía Sección HE-4 del Código Técnico de la Edificación, para el adecuado mantenimiento de los equipos solares y de esta forma contribuir al buen funcionamiento, durabilidad, fiabilidad y disponibilidad de los mismos, aumentando de esta forma el ahorro energético y económico.

En el programa de mantenimiento se definen dos grados de actuación para englobar todas las operaciones necesarias a realizar durante la vida útil de la instalación.

A continuación se establecerán para cada uno de los grados de actuación, los objetivos que se deben conseguir, las acciones a realizar y quien las debe ejecutar.

- **Vigilancia**

El programa de vigilancia engloba un conjunto de operaciones que permiten asegurar que los valores operacionales de la instalación sean correctos. Dichas operaciones son definidas en el manual de uso y normalmente serán llevadas a cabo por el usuario.

Las operaciones a realizar y la frecuencia de las mismas se han obtenido de la *Tabla 5.1. Plan de vigilancia, del documento básico HE de ahorro de energía, Sección HE4 del Código Técnico de la Edificación*, tal como se muestra en Tabla 23.

Tabla23. Tabla 5.1. Plan de vigilancia, del documento básico HE de ahorro de energía, Sección HE4 del Código Técnico de la Edificación (2.013, Código Técnico de Edificación).

Elementos de la instalación	Operación	Frecuencia (meses)	Descripción
<b>Captadores</b>	Limpieza de cristales	A determinar	Con agua y productos adecuados
	Cristales	3	IV condensación en las horas centrales del día
	Juntas	3	IV agrietamientos y deformaciones
	Absorbedor	3	IV corrosión, deformación, fugas, etc.
	Conexiones	3	IV fugas
	Estructura	3	IV degradación indicios de corrosión
<b>Circuito Primario</b>	Tuberías, aislamiento y sistema de llenado.	6	IV ausencia de humedad y fugas.
	Purgador manual	3	Vaciar el aire del botellín
<b>Circuito Secundario</b>	Termómetro	Diaria	IV temperatura
	Tubería y aislamiento	6	IV ausencia de humedad y fugas.
	Acumulador solar	3	Purgado de la acumulación de lodos de la parte inferior del depósito

#### IV: Inspección Visual

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

- Plan de mantenimiento

El plan de mantenimiento son un conjunto de operaciones de inspección visual y de verificación de actuaciones, que aplicadas a la instalación permiten mantener dentro de los límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la misma.

El mantenimiento contempla, al menos una revisión cada seis meses para instalaciones con superficies de captación superior a 20 m<sup>2</sup>.

El mantenimiento será realizado por personal técnico cualificado y especializado con conocimientos de la tecnología solar térmica. La instalación tendrá un libro de mantenimiento en que se reflejen todas las operaciones realizadas.

El mantenimiento incluirá las operaciones de mantenimiento y sustitución de los materiales fungibles o desgastado por el uso, necesarias para asegurar que la instalación funcione.

A continuación en las tablas adjuntas, podemos observar de forma detallada las operaciones de mantenimiento que deben realizarse en una instalación de Energía Solar Térmica para la producción de agua caliente sanitaria como la descrita en el presente proyecto, así como, la periodicidad mínima (en meses) de las mismas y las observaciones en relación con las prevenciones a observar.

Tabla24. *Tabla 5.2. Plan de mantenimiento. Sistema de Captación, del documento básico HE de ahorro de energía, Sección HE4 del Código Técnico de la Edificación (2.013, Código Técnico de Edificación).*

<b>Equipo</b>	<b>Frecuencia (meses)</b>	<b>Descripción</b>
<b>Captadores</b>	6	IV diferencias sobre original
<b>Cristales</b>	6	IV diferencias entre captadores
<b>Juntas</b>	6	IV condensación y suciedad
<b>Absorbedor</b>	6	IV Agrietamientos, deformaciones
<b>Carcasa</b>	6	IV corrosión y deformaciones
<b>Conexiones</b>	6	IV deformaciones, oscilaciones, ventanas de respiración
	6	IV aparición fugas
<b>Estructura</b>	6	IV degradación, indicios de corrosión y apriete de tornillos

IV: Inspección Visual

Tabla25. *Tabla 5.3. Plan de mantenimiento. Sistema de acumulación, del documento básico HE de ahorro de energía, Sección HE4 del Código Técnico de la Edificación (2.013, Código Técnico de Edificación).*

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

Tabla26. Tabla 5.4. Plan de mantenimiento. Sistema de intercambio, del documento básico HE de ahorro de energía, Sección HE4 del Código Técnico de la Edificación (2.013, Código Técnico de Edificación).

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Intercambiador de Placas	12	Control de funcionamiento. Eficiencia y prestaciones
	12	Limpieza

Tabla27. Tabla 5.5. Plan de mantenimiento. Sistema de captación, del documento básico HE de ahorro de energía, Sección HE4 del Código Técnico de la Edificación (2.013, Código Técnico de Edificación)

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Fluido refrigerante	12	Comprobar su densidad y pH
Estanqueidad	24	Efectuar prueba de presión
Aislamiento al exterior	6	IV degradación, protección de uniones y ausencia de humedad
Aislamiento interior	12	IV uniones y ausencia de humedad
Purgador automático	12	Control de funcionamiento y limpieza
Purgador manual	6	Vaciar el aire del botellín
Bomba	12	Estanqueidad
Vaso de expansión cerrado	6	Comprobación de la presión
Vaso de expansión abierto	6	Comprobación del nivel
Sistema de llenado	6	Control de funcionamiento actuación
Válvula de corte	12	Control de funcionamiento actuaciones (abrir y cerrar) para evitar agarrotamiento
Válvula de seguridad	12	Control de funcionamiento actuación

IV: Inspección Visual

Tabla28. *Tabla 5.6. Plan de mantenimiento. Sistema de eléctrico y de control, del documento básico HE de ahorro de energía, Sección HE4 del Código Técnico de la Edificación (2.013, Código Técnico de Edificación).*

<b>Equipo</b>	<b>Frecuencia (meses)</b>	<b>Descripción</b>
<b>Cuadro eléctrico</b>	12	Comprobar que está siempre bien cerrado para que no entre polvo
<b>Control diferencial</b>	12	Control de funcionamiento actuación
<b>Termostato</b>	12	Control de funcionamiento actuación
<b>Verificación del sistema de medida</b>	12	Control de funcionamiento actuación

Tabla29. *Tabla 5.7. Plan de mantenimiento. Sistema de energía auxiliar, del documento básico HE de ahorro de energía, Sección HE4 del Código Técnico de la Edificación (2.013, Código Técnico de Edificación).*

<b>Equipo</b>	<b>Frecuencia (meses)</b>	<b>Descripción</b>
<b>Sistema auxiliar</b>	12	Control de funcionamiento actuación
<b>Sondas de temperatura</b>	12	Control de funcionamiento actuación

#### **1.14. Estudio de viabilidad económica.**

La viabilidad económica de la instalación se hallará comparando la instalación a realizar en el presente proyecto con una instalación convencional constituida por una caldera de Gas Natural.

En primer lugar se obtendrá el coste anual del consumo que tendría una instalación convencional constituida por una caldera de gas natural y se le restará el coste anual del consumo generado por el sistema de apoyo de la instalación a realizar, obteniendo el ahorro anual.

Finalmente, a partir del presupuesto obtenido en el capítulo 4.0 Presupuesto y tras eliminar de este todos aquellos costes comunes a una instalación convencional, se obtendrá el periodo de retorno de la instalación, dividiendo el presupuesto obtenido por el ahorro anual.

Según la resolución del 30 de septiembre del 2015, de la Dirección General de Política Energética y Minas, en la que se publica la tarifa de último recurso de gas natural, se

desprende que la tarifa a aplicar a los consumidores de gases manufacturados por canalización situados en territorios nacionales, desde las cero horas del día 1 de octubre del 2015, es la que se indica en la Tabla 30.

Tabla 30. Tarifa de Gas Natural en función de la potencia durante el año 2015(BOE, 2015, Sección 1 P. 88654).

Tarifa		Término	
		Fijo (€/cliente)/mes	Variable c€/kWh
<b>T.1</b>	Consumo inferior o igual a 5.000 kWh/año.	4,36	5,125575
<b>T.2</b>	Consumo superior a 5.000 kWh/año e inferior o igual a 50.000 kWh/año.	8,84	4,438175
<b>T.3</b>	Consumo superior a 50.000 kWh/año e inferior o igual a 100.000 kWh/año.	60,38	3,818229
<b>T.4</b>	Consumo superior a 100.000 kWh/año.	181,72	3,507729

El coste del consumo de gas natural sin la instalación solar, corresponderá a la producción de 145.704,35 kWh, valor obtenido anteriormente a partir de la demanda anual. El coste total consumido se compone de dos costes, el coste fijo y el coste variable. El coste fijo será:

$$\text{Coste fijo} = 181,72 \text{ (€/mes)} \times 12 \text{ (meses)} = 2.180,64 \text{ (€/año)}$$

El coste variable será de:

$$\text{Coste variable} = 0,03507729 \text{ (€/kWh)} \times 145.704,35 \text{ (kWh)} = 5.110,91 \text{ (€/año)}$$

Por tanto, el coste total será de:

$$\text{Coste total} = \text{Coste fijo} + \text{Coste variable} = 2.180,64 + 5.110,91 = 7.291,55 \text{ (€/año)}$$

Colocando los valores calculados en la memoria del presente proyecto en el programa de cálculo para instalaciones solares, CHEQ4, se obtiene que la instalación solar aporta un 73% del total de la potencia anual demandada, superior al 60% que se establece en el CTE. Energía aportada por la instalación solar será:

$$\text{Energía}_{\text{ACS}} = 145.704,35 \text{ (kWh/año)} \times 0,73 = 106.364,17 \text{ (kWh/año)}$$

## Memoria

A continuación se calculará el ahorro económico anual, para ello se calculará el coste del consumo de gas natural correspondiente al sistema de apoyo y se restará al obtenido anteriormente, que carecía de instalación solar.

$$\text{Energía}_{\text{apoyo}} = 145.704,35 - \text{Energía}_{\text{ACS}} = 145.704,35 - 106.364,17 = 39.340,18 \text{ (kWh/año)}$$

El coste del consumo de gas natural de la energía aportada por el sistema de apoyo estará compuesta por los costes fijos y variables.

El coste fijo será:

$$\text{Coste fijo} = 8,84 \text{ (€/mes)} \times 12 \text{ (meses)} = 106,08 \text{ (€/año)}$$

El coste variable será:

$$\text{Coste variable} = 0,0438175 \text{ (c€/kWh)} \times 39.340,18 \text{ (kWh)} = 1.723,73 \text{ (€/año)}$$

Por tanto, el coste total será de:

$$\text{Coste total} = \text{Coste fijo} + \text{Coste variable} = 106,08 + 1.723,73 = 1.829,81 \text{ (€/año)}$$

Finalmente el ahorro económico anual será:

$$\text{Ahorro económico anual} = 7.291,55 - 1.829,81 = 5.461,74 \text{ (€/año)}$$

En el capítulo del presupuesto, se estima que el coste total del presente proyecto es de 139.625,49 €. Para la realización del estudio de viabilidad se deberá eliminar del coste total de la instalación todos aquellos costes comunes a una instalación de ACS convencional, instalación sin energía solar, como: caldera, acumulador de apoyo, bomba y las válvulas de conexión entre ambos elementos, sistema de retorno, etc. Una vez eliminados todos estos costes comunes, se obtiene un coste total de la instalación solar de 98.937,99€. Dado que se ha estimado un ahorro anual de 5.461,74 (€/año), el periodo de retorno de la inversión será de:

$$\text{Periodo de retorno de la inversión} = \frac{98.937,99 \text{ €}}{5.461,74 \text{ €}} = 18,12 \text{ años}$$

## **1.15. Conclusiones**

Según la bibliografía consultada para la realización del presente proyecto la vida útil de una instalación solar es aproximadamente de entre 25 y 30 años. Teniendo en cuenta las características del proyecto se ha estimado un ahorro económico anual de 5.461,74 euros. Por otro lado, para realizar la instalación solar se ha estimado que se ha de desembolsar 98.937,99 euros.

Para los datos calculados, el periodo de retorno de la inversión es aproximadamente de 18 años, es decir, a partir de este año la inversión estaría amortizada y se generarían unos ahorros anuales de 5.461,74 euros aproximadamente.

El período de retorno se ve aumentado debido a la eliminación de las ayudas por parte del gobierno. Cabe destacar que los derivados del petróleo tienden a la desaparición y su demanda cada vez es mayor lo que lleva a esperar una subida constante de los precios de estos. Teniendo en cuenta este último factor, se puede afirmar que el periodo de retorno de la inversión sería más corto y los ahorros anuales más elevados.

A partir de todos los datos mencionados, se justifica la viabilidad económica del presente proyecto.

Desde el punto de vista empresarial, toda amortización superior a tres años no sería viable ya que no se puede asegurar que un proyecto de estas características se mantenga durante un periodo de tiempo superior al indicado en funcionamiento y en las mismas manos. Por tanto, desde este punto de vista, la realización del presente proyecto solo se llevaría a cabo con la finalidad de cumplir con la legislación vigente.

## **1.16. Resumen**

El hotel de 3 estrellas situado en la Avenida Pio Baroja de Valencia tiene una demanda diaria de consumo de agua caliente sanitaria de 7.500litros, lo que en términos de energía equivale a 145.704,35 KW·h/año.

El presente proyecto tiene una contribución solar mínima del 73%. Por lo tanto, la energía que deberá aportar la instalación solar será de 106.364,17 KW·h/año, y el sistema auxiliar aportará 39.340,18 KW·h/año.

El campo de captadores estará compuesto por 51 placas solares, orientados hacia el sur e inclinados 45 grados respecto la horizontal, y con una superficie de captación total de 119,85 m<sup>2</sup>.

El campo de colectores estará constituido por tres baterías, y cada batería por 3 filas de captadores con 5, 6 y 6 unidades de captación. Los captadores de una misma fila estarán conectados en paralelo, y las filas de placas solares de una misma batería estarán conectadas también en paralelo.

Para proteger el circuito primario de la instalación frente a heladas, se utilizará como fluido caloportador una disolución de agua con propilenglicol.

El tipo de instalación será centralizada en captación, acumulación y apoyo. Todos los elementos de la instalación estarán en la cubierta del edificio. Los equipos se dispondrán en el cuarto de maquinas protegidos de la intemperie.

El sistema de acumulación estará compuesto dos acumuladores solares de 4.000 litros y dos interacumuladores con serpentín para el intercambio con el sistema de apoyo de 3.000 litros. Los depósitos estarán conectados entre ellos en serie invertida.

Además el sistema contará con un intercambiador de placas con una potencia mínima de 80 KW para transferir la potencia del circuito primario al circuito secundario, y otro de la misma potencia para transferir la potencia del circuito secundario al circuito de consumo.

Se contará además con varias bombas circulación que permitirán la circulación del fluido por cada uno de los circuitos.

Para suministrar la potencia necesaria para elevar la temperatura del agua a la temperatura de distribución cuando el sistema solar no es capaz por sí solo, se contará con un sistema de apoyo auxiliar el cual estará compuesto por dos calderas de 165,11kW con una bomba de circulación cada una. La transferencia de calor se realizará en los interacumuladores solares.

Se instalará además un sistema de regulación y control que se encargará de controlar y optimizar el funcionamiento de la instalación.

Por último, el sistema de distribución a los puntos de consumo estará formado por el mismo sistema de distribución realizado por la empresa constructora del presente proyecto.

Por otro lado, el proyecto tiene un coste aproximado de 98.937,99 € e implicará unos ahorros anuales aproximados de 5.461,74 € en concepto de consumo de gas natural. Por lo tanto, el periodo de retorno de la inversión es de 18,12 años, sin contar con el factor de aumento creciente de los costes de los productos derivados del petróleo y su

agotamiento, mientras que la vida útil de la instalación se estima entre 25 y 30 años aproximadamente. Por lo tanto, queda justificada la viabilidad económica de la instalación. Por el contrario, desde el punto de vista empresarial, un proyecto de estas características con ese periodo de retorno no sería viable, solo se justificaría por cumplimiento de la legislación vigente

Planos.

## 2. PLANOS

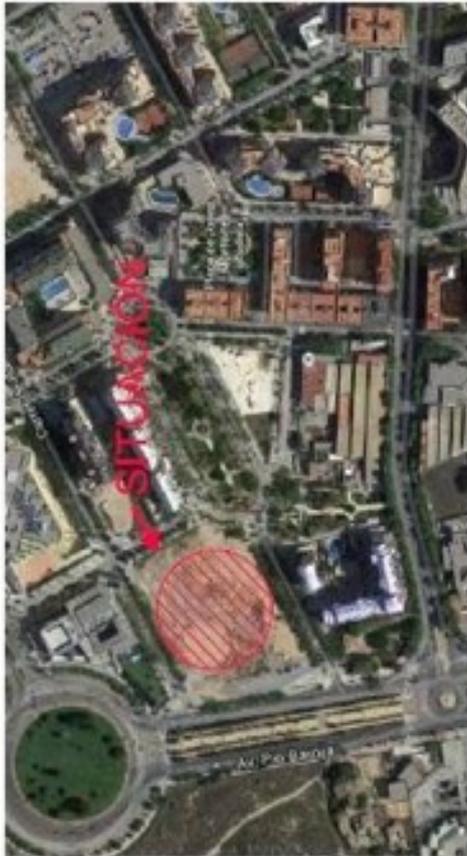


PLANO DE EMPLAZAMIENTO

COORDENADAS DEL EMPLAZAMIENTO:		
LATITUD	39° 28' 53,30" N	
LONGITUD	0° 24' 20,70" W	
COTA	30 m	

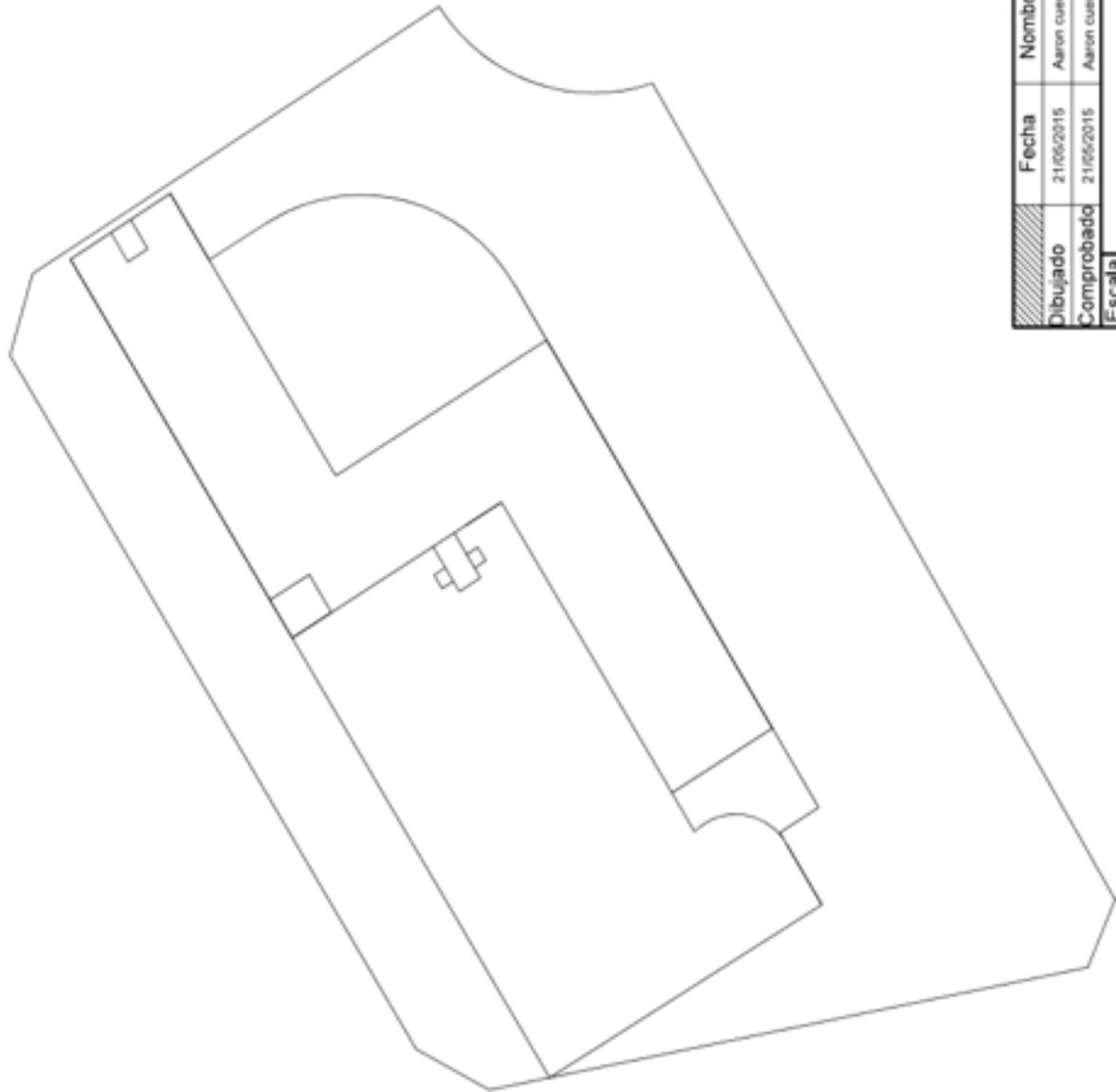


PLANO DE SITUACIÓN

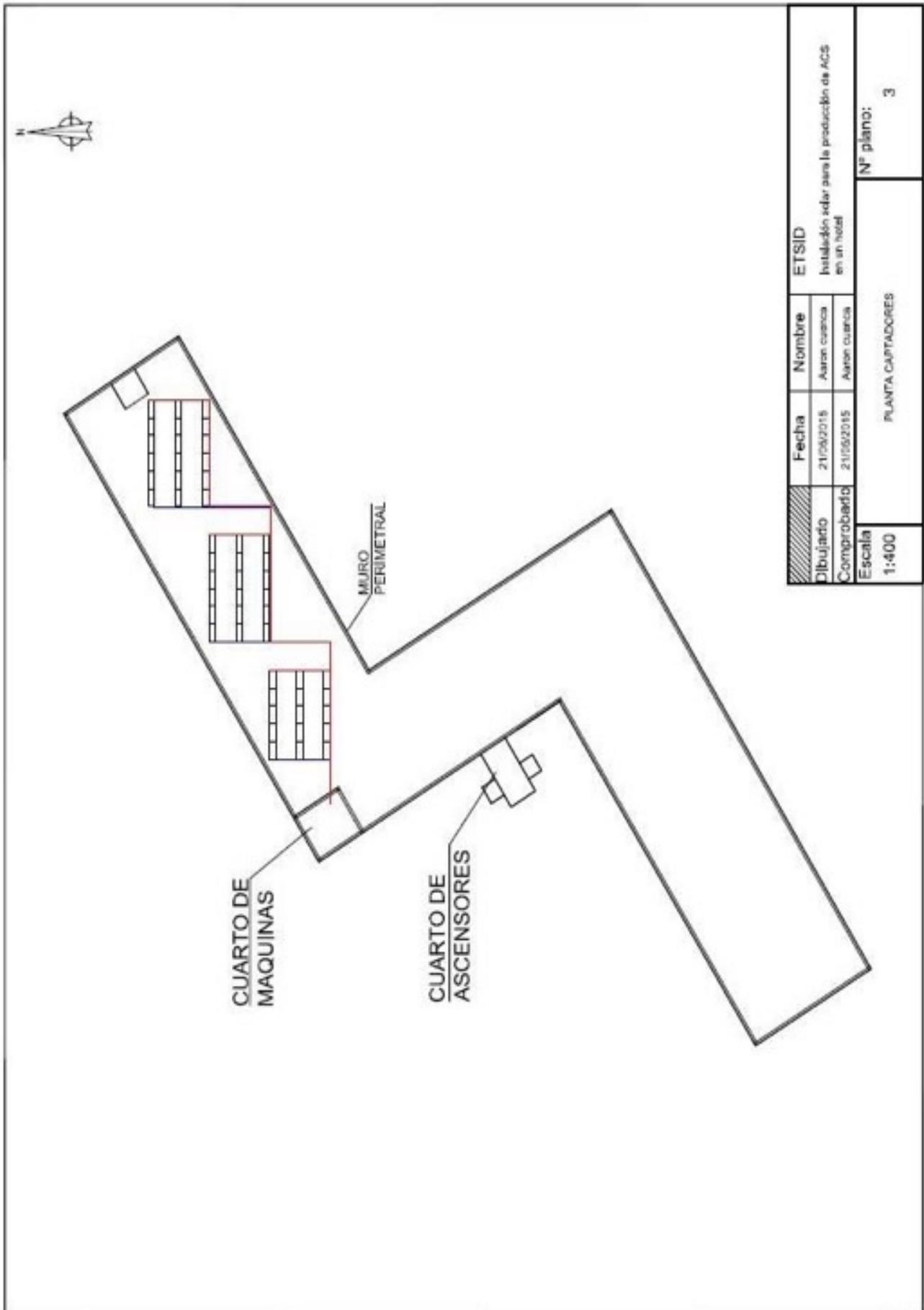


PLANO DE LOCALIZACIÓN

Fecha	Nombre	ETSID
21/06/2015	Aaron Cuarcas	Instalación solar para la producción de ACS en un hotel
21/05/2015	Aaron Cuarcas	
Escritura S/E		SITUACIÓN
		Nº plano: 1

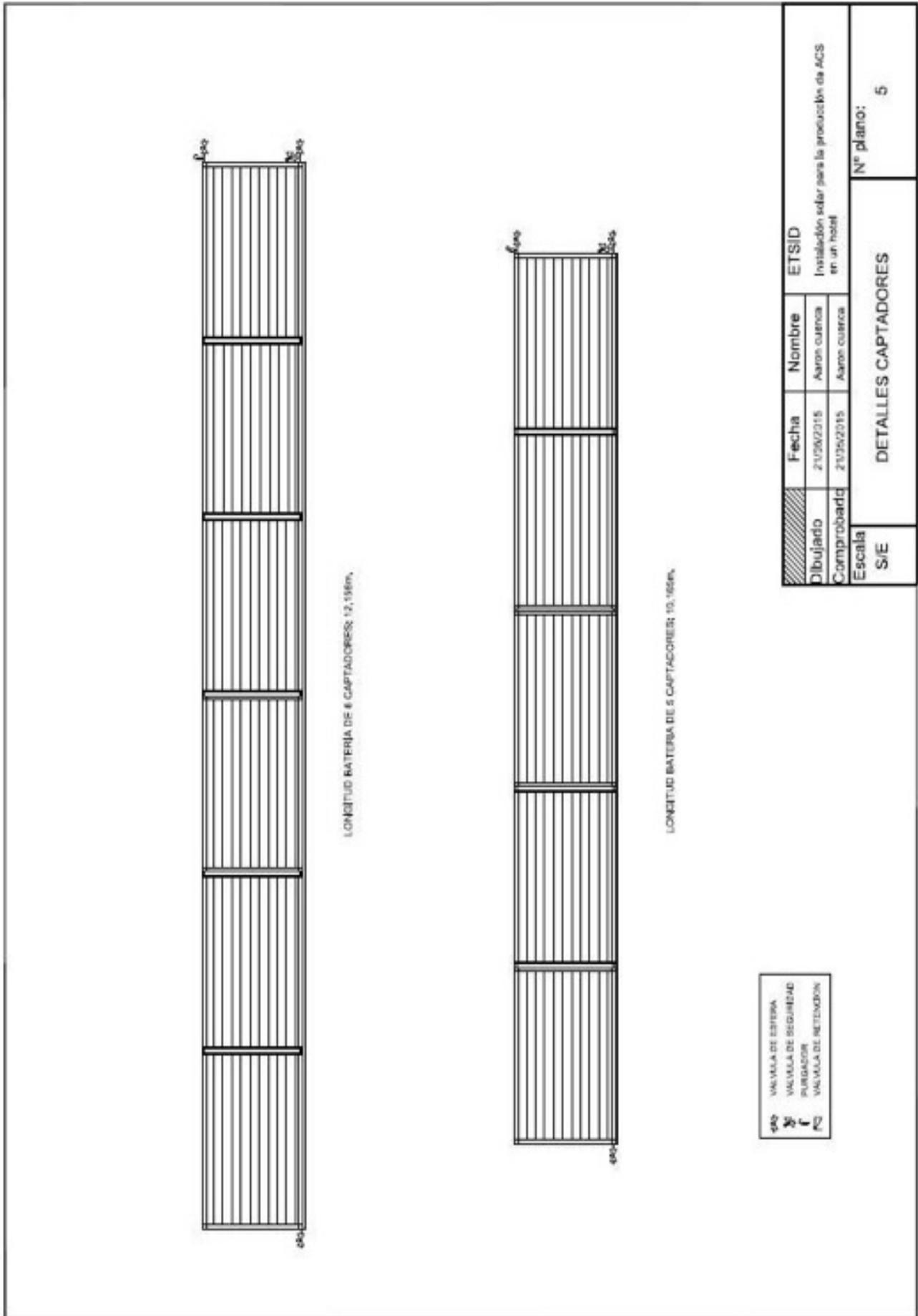


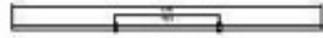
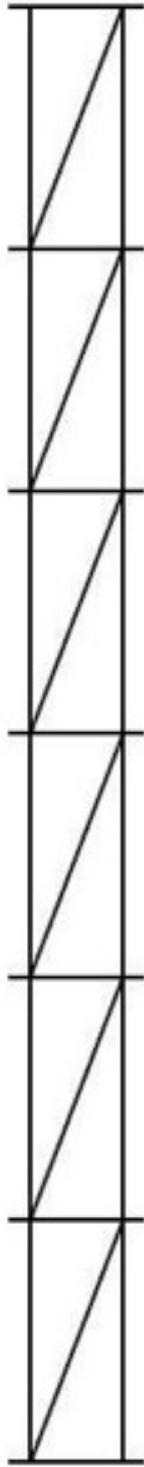
	Fecha	Nombre	ETSID
Dibujado	21/05/2015	Aaron cuenca	Diseño de una instalación solar térmica para la producción de ACS en un hotel
Comprobado	21/05/2015	Aaron cuenca	
Escala	1:600		
PLANTA GENERAL			Nº plano: 2



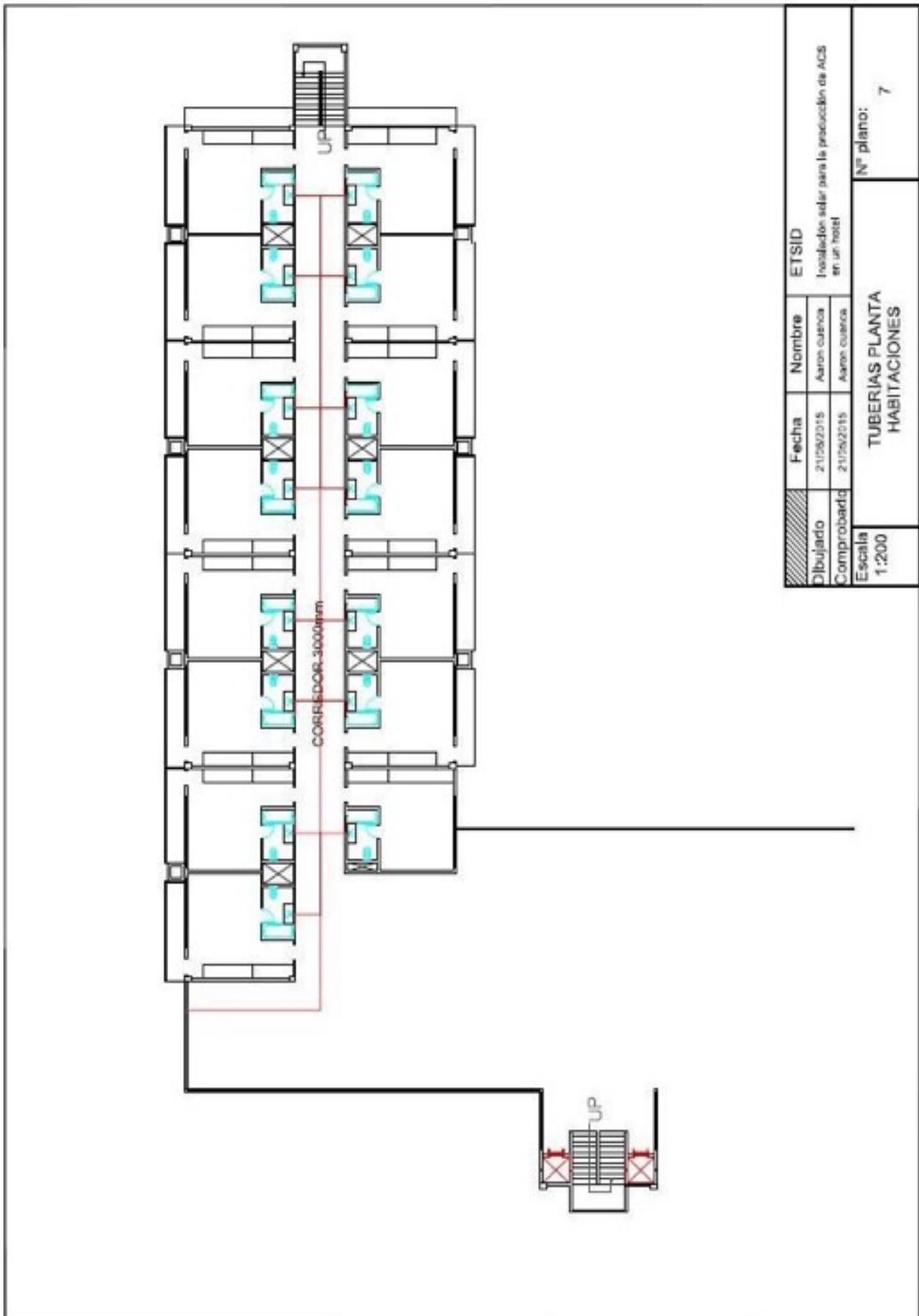
		ETSID
Dibujado	21/06/2015	Aaron Cuarcia
Comprobado	21/06/2015	Aaron Cuarcia
Escala	1:400	
PLANTA CAPTADORES		Nº plano: 3



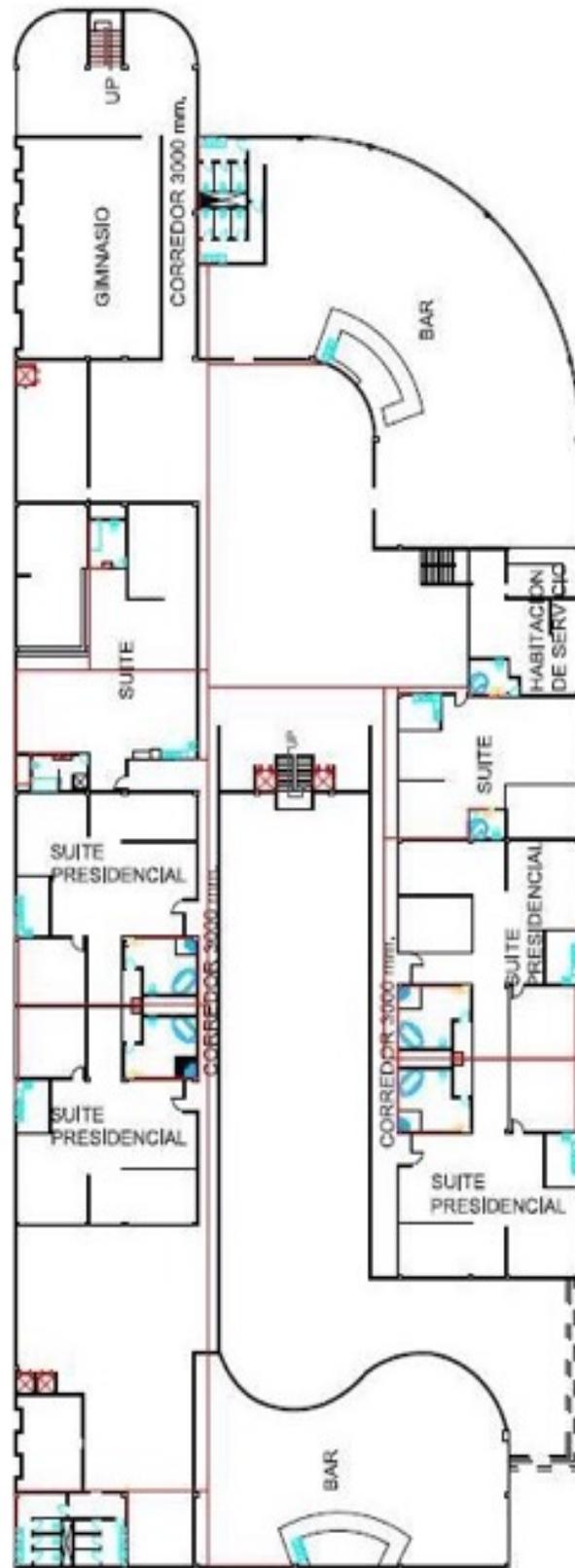




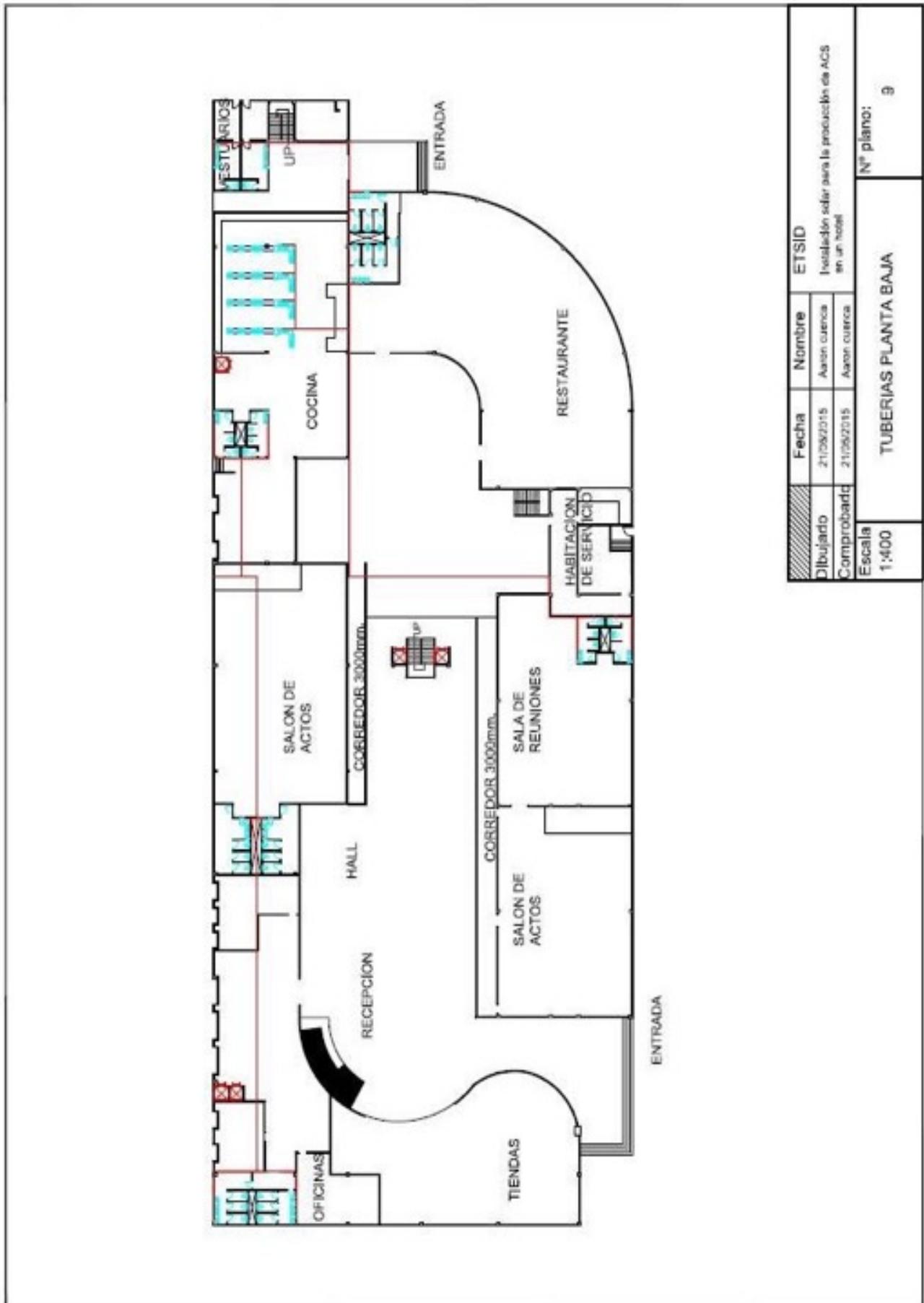
ETSID	ETSID		Instalación solar para la producción de ACS en un hotel
Dibujado	21/05/2015	Aaron Cuarcas	
Comprobado	21/05/2015	Aaron Cuarcas	
Escala S/E	DETALLE ESTRUCTURA CAPTADORES		Nº plano: 6

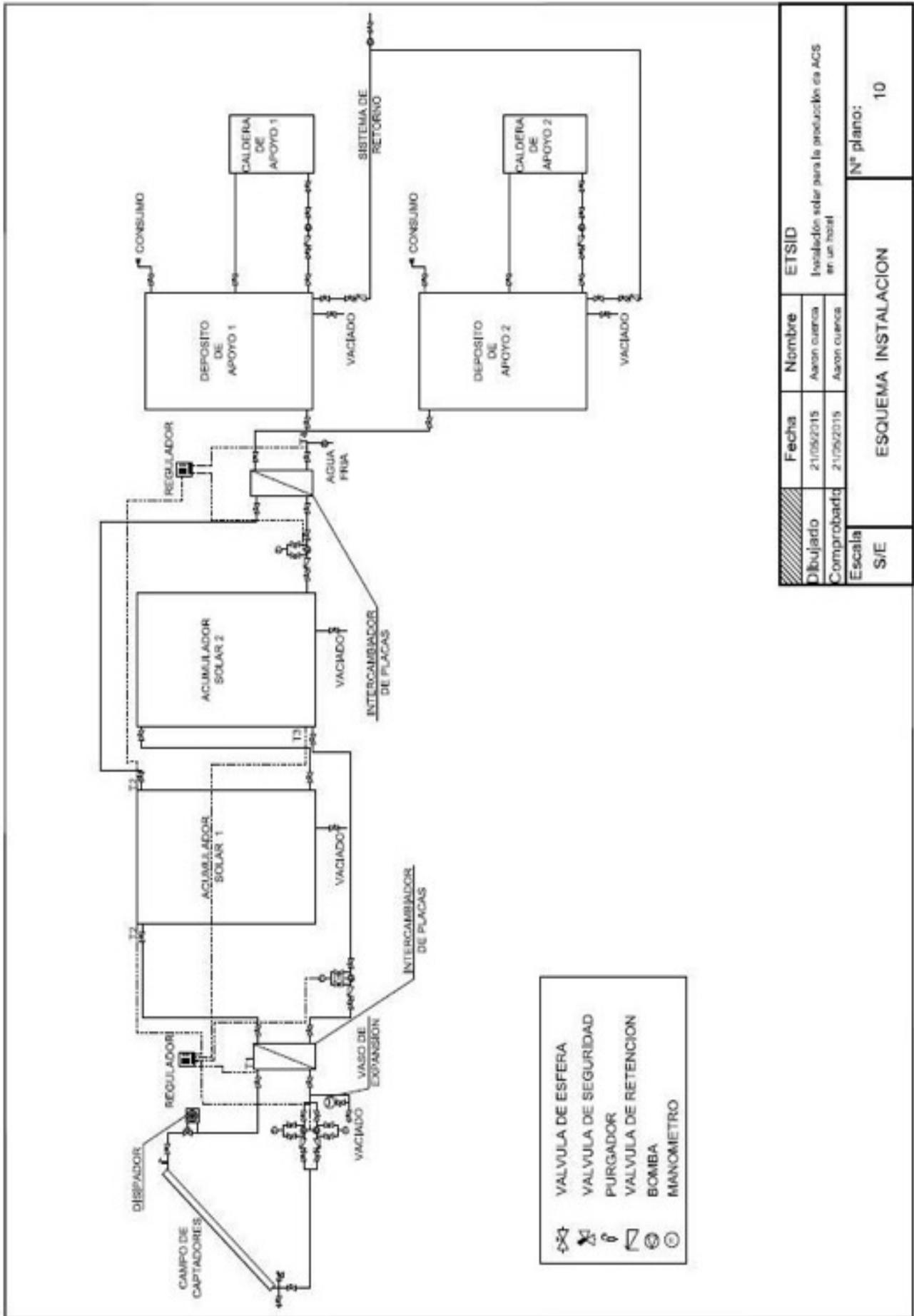


Fecha	Nombre	ETSID
Dibujado 21/09/2015	Aaron cuevas	Instalación solar para la producción de ACS en un hotel
Comprobado 21/09/2015	Aaron cuevas	
Escala 1:200	TUBERIAS PLANTA HABITACIONES	
		Nº plano: 7

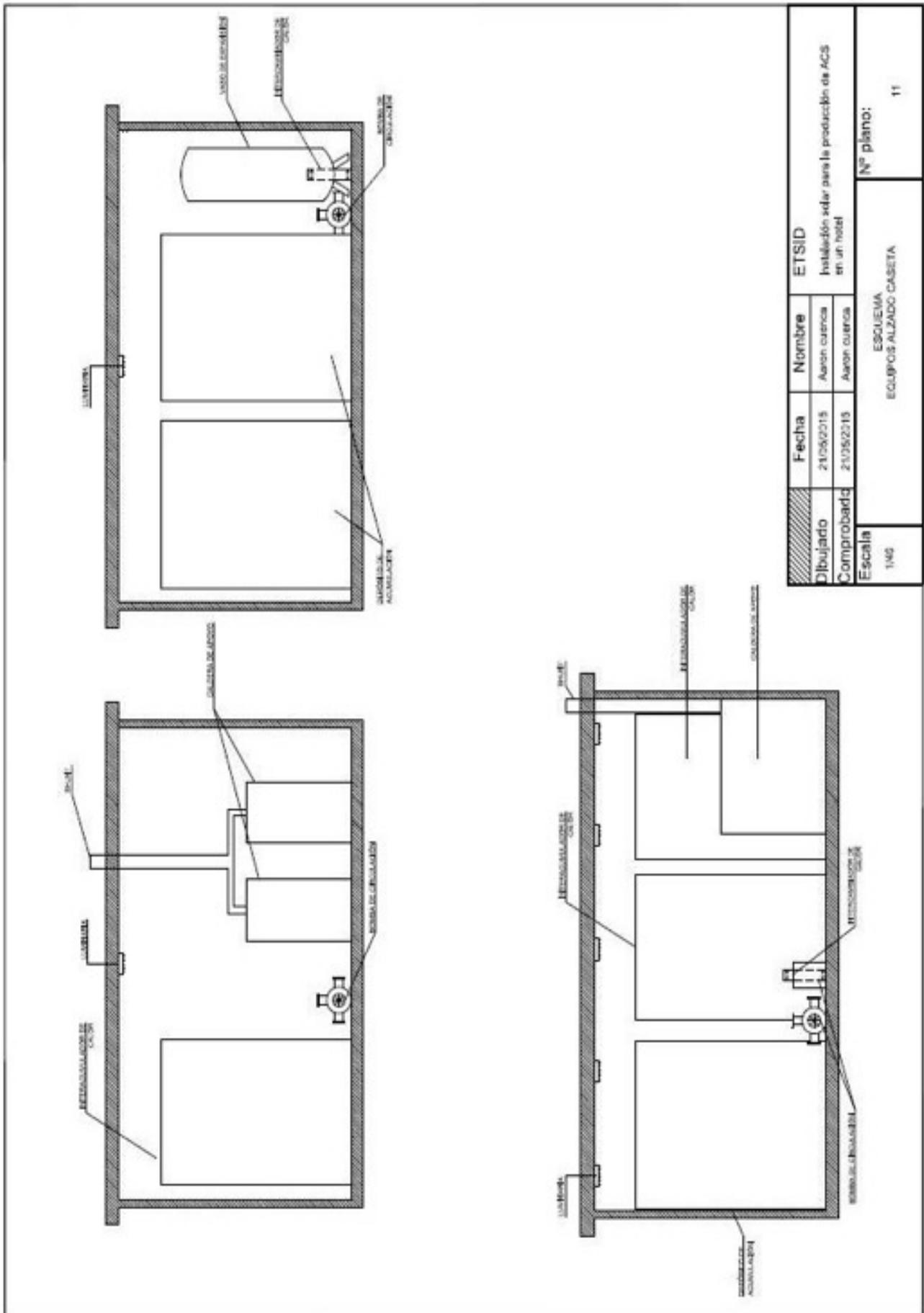


		ETSID	
Dibujante	Fecha	Nombre	Instalación solar para la producción de ACS en un hotel
Comprobador	21/05/2015	Aurón cuenca	
Escala	21/05/2015	Aurón cuenca	
1:400	TUBERIAS 1ª PLANTA		Nº plano: 8

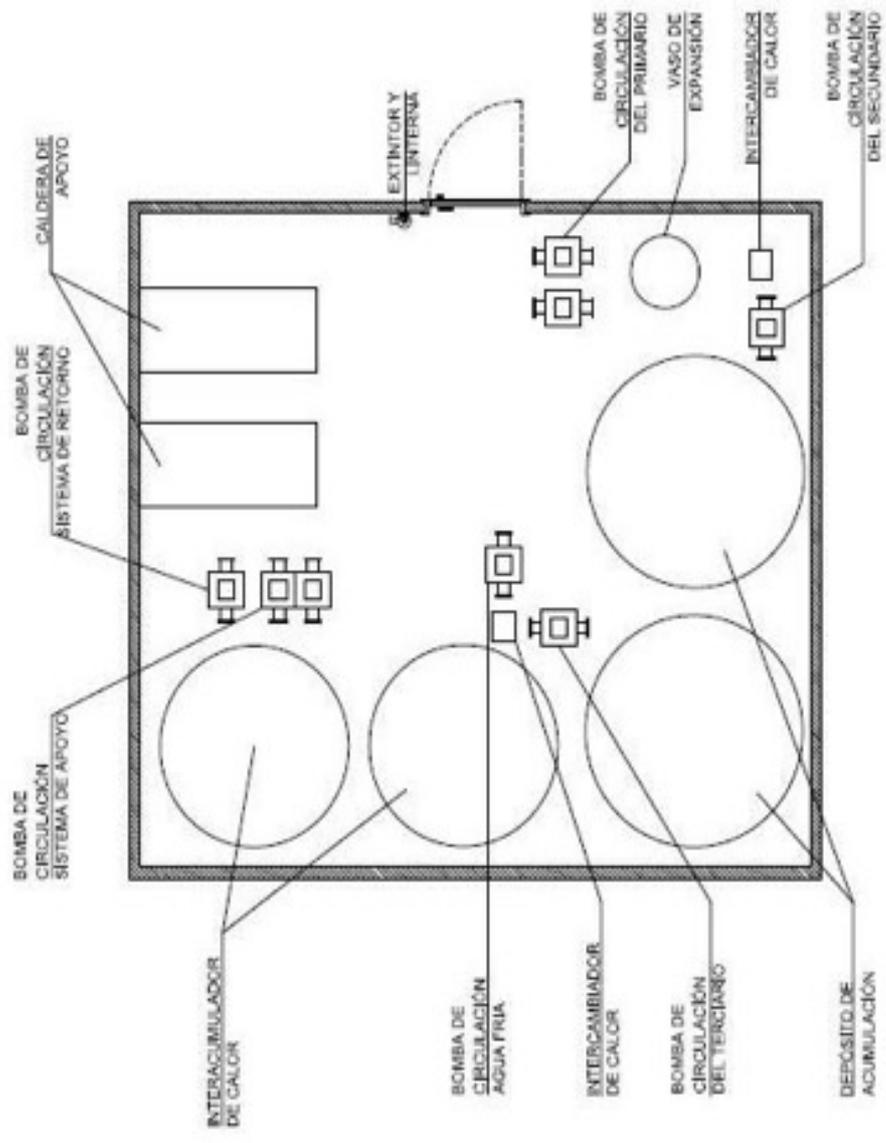




Fecha		Nombre		ETSID	
Dibujado	21/05/2015	Aaron cuenca	Aaron cuenca	Instalación solar para la producción de ACS en un hotel	
Comprobado	21/05/2015	Aaron cuenca	Aaron cuenca		
Escala		S/E		ESQUEMA INSTALACION	
				Nº plano: 10	



ETSID		ETSID	
<b>Dibujado</b>	21/05/2015	<b>Nombre</b>	Arcon cuenca
<b>Comprobado</b>	21/05/2015		Arcon cuenca
<b>Escala</b>	1/40	ESQUEMA EQUIPOS ALZADO CASETA	
			<b>Nº plano:</b> 11



ETSID	
Fecha	Nombre
21/06/2015	Auron cuarcas
21/05/2015	Auron cuarcas
Instalación solar para la producción de ACS en un hotel	
Nº plano: 12	
ESQUEMA EQUIPOS PLANTA CASETA	
Escala 1:40	

Pliego de condiciones.

### **3. PLIEGO DE CONDICIONES.**

### **3.1. Pliego de condiciones técnicas**

#### **3.1.1. Objeto**

La presente especificación técnica se refiere a la instalación de agua caliente sanitaria en un hotel de tres estrellas ubicado en la ciudad de Valencia.

Quedan excluidos todos aquellos trabajos de obra civil y ayudas de albañilería necesarios para la ejecución de las regatas y soportes de los captadores solares, que deberán ser objeto de especificación aparte y responsabilidad de la empresa constructora.

#### **3.1.2. Materiales**

##### **3.1.2.1. Captadores solares**

Los captadores solares serán de la marca *Vaillant*, modelo *VFK-145H* (ref.0010008899). La elección de estos captadores se ha realizado debido al alto rendimiento que obtienen, entorno al 80%, y a su gran superficie de captación, 2,352 m<sup>2</sup>, que permiten reducir el número de captadores solares.

El fabricante deberá acompañar los productos de las certificaciones y documentos correspondientes que muestren haber sido fabricados conforme a la legislación vigente.

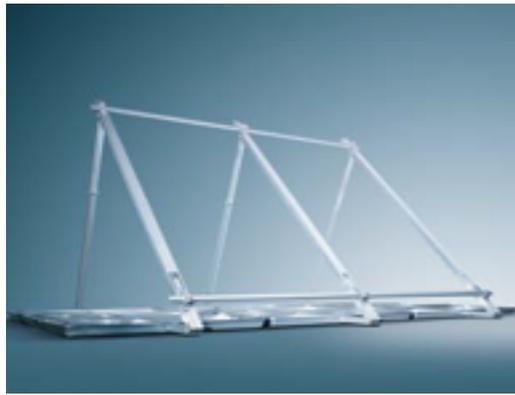
##### **3.1.2.2. Estructura soporte de los captadores**

Se utilizará una estructura para cubierta plana fabricada en aluminio con alta resistencia a la corrosión, peso reducido y diseñada de forma que permita reducir los tiempos de montaje.

Se elegirá la estructura para cubierta plana de la marca *Vaillant*, como se observa en la figura 15. Dicha estructura proporciona una carga de sujeción superior a los 86,66Kg (ochenta y seis con sesenta y seis kilogramos) calculados previamente en el punto 1.7.5. Montaje y sujeción de captadores solares.

El fabricante deberá acompañar a los productos de la documentación que muestre haber obtenido los valores resistencia al viento siguiendo el método especificado por el Documento Básico SE-AE del CTE.

Pliego de condiciones.



*Figura 15. Estructura soporte de captadores solares Vaillant (Catálogo Vaillant, 2009 p.22)*

### **3.1.2.3. Intercambiador**

Se decidirá instalar un intercambiador de placas modelo B25T de la marca *Swep* formado por 65 (sesenta y cinco) placas de acero inoxidable, capaz de producir una potencia térmica transferida superior a los 80 KW (ochenta kilovatios) establecidos por el CTE.

El fabricante deberá unir al producto todos aquellos certificados que muestren haber superado los controles necesarios para la homologación de este.

### **3.1.2.4. Depósito de acumulación**

Se instalarán dos depósitos de acumulación de acero vitrificado con capacidad para 4.000l (cuatro mil litros) de la marca *Vaillant*, modelo *VIH 4000 (ref.0010005656)*, que se puede observar en la figura 16.

Los depósitos de acumulación deberán venir acompañados de la documentación que indique que han pasado los controles de calidad exigidos.



*Figura 16. Depósito de acumulación Vaillant gama AuroSTOR, modelo VIH (Catálogo Vaillant, 2009 p36)*

### 3.1.2.5. Tuberías

Para obtener los valores de diámetro interior calculados en la memoria del presente proyecto, se deberán elegir tuberías con un diámetro comercial superior. Las tuberías del circuito primario estarán constituidas por tubos cobre de la marca Sanco de 5m (cinco metros) de longitud.

Se utilizarán tubos Sanco de cobre en barras de 5m (cinco metros) de longitud, para la construcción de las tuberías del primario. Los diámetros comerciales de las tuberías de cobre a utilizar en función del tramo, así como, las pérdidas de carga en cada uno de ellos vendrán indicados en la Tabla 31.

*Tabla 31. Diámetros comerciales de tuberías en función del tramo.*

<b>Tramo</b>	<b>Diámetro comercial (mm)</b>	<b>Diámetro interior (mm)</b>	<b>Longitud (m)</b>	<b>Pérdidas de carga (mmc.a/m)</b>	<b>Pérdidas Totales (mm c.a)</b>	<b>Referencia</b>
<b>0-1</b>	54	52,5	7,5	12	90	433454150
<b>1'-2</b>	28	26,5	3,3	16	52,8	431802100
<b>2-3</b>	22	20,5	3,3	18,5	61,05	431801100
<b>1-4</b>	42	40,5	20,882	20	417,64	431801700
<b>4'-5</b>	28	26,5	3,3	20	66	431802100
<b>5-6</b>	22	20,5	3,3	20	66	431801100
<b>4-7</b>	35	33,5	22,915	14	320,81	431801500
<b>7-8</b>	28	26,5	3,3	20	66	431802100
<b>8-9</b>	22	20,5	3,3	20	66	431801100
<b>10-11</b>	22	20,5	3,3	20	66	431801100
<b>11-12</b>	28	26,5	3,3	20	66	431802100
<b>12-19</b>	35	33,5	23,732	14	332,248	431801500
<b>13-14</b>	22	20,5	3,3	20	66	431801100
<b>14-15</b>	28	26,5	3,3	20	66	431802100
<b>15-19</b>	35	33,5	0,817	14	11,438	431801500
<b>19-20</b>	42	40,5	22,915	20	458,3	431801700
<b>16-17</b>	22	20,5	3,3	18,5	61,05	431801100

Pliego de condiciones.

Tramo	Diámetro comercial (mm)	Diámetro interior (mm)	Longitud (m)	Pérdidas de carga (mmc.a/m)	Pérdidas Totales (mm c.a)	Referencia
<b>17-18</b>	28	26,5	3,3	16	52,8	431802100
<b>18-20</b>	28	26,5	0,817	32	26,144	431802100
<b>20-0</b>	54	52,5	17,665	12	211,98	433454150
					2624,26	

El fabricante deberá acompañar al producto del certificado correspondiente que indique el cumplimiento de los controles de calidad y procesos de fabricación exigidos en la norma UNE EN 1057.

Los accesorios del primario estarán fabricados en cobre siguiendo el proceso indicado en las normativas vigentes. El número y dimensiones de estos accesorios vendrán indicados en la siguiente Tabla 32.

*Tabla 32. Dimensión y número de los accesorios del circuito primario.*

Tramo	Diámetro (mm)	Codo	T	Dimensión T	Válvula de Retención	Válvula de Esfera
<b>0-1</b>	54	0	1	54-42-28	1	2
<b>1-1' Y 18-20</b>	42	0	1	28-28-22	0	0
<b>1'-2 Y 17-18</b>	28	0	1	28-22-22	0	0
<b>2-3 Y 16-17</b>	22	1	0	0	0	0
<b>1-4</b>	42	1	1	42-35-35	0	0
<b>4-4' Y 15-19</b>	35	0	1	35-28-22	0	0
<b>4'-5 Y 14-15</b>	28	0	1	28-22-22	0	0
<b>5-6 Y 13-14</b>	22	1	0	0	0	0
<b>4-7</b>	35	1	1	35-22-22	0	0
<b>7-8 Y 11-12</b>	28	0	1	28-22-22	0	0
<b>8-9 Y 10-11</b>	22	1	0	0	0	0
<b>12-19</b>	35	3	1 1	35-28-22 42-35-35	0	0
<b>18-20</b>	42	2	1	54-42-28	0	0

A continuación, en la tabla 33 se mostrarán las pérdidas de carga en los accesorios del circuito primario para los diferentes diámetros comerciales.

*Tabla 33. Pérdidas de carga de los accesorios del circuito primario*

<b>Tramo</b>	<b>Diámetro (mm)</b>	<b>Longitud equivalente (m)</b>	<b>Pérdidas de carga unitaria (mm c.a/m)</b>	<b>Pérdidas de Carga por Accesorios (mm c.a)</b>
<b>0-1</b>	54	10,96	12	22,96
<b>1-1' Y 18-20</b>	42	6,24	31	37,24
<b>1'-2 Y 17-18</b>	28	2,2	16	18,2
<b>2-3 Y 16-17</b>	22	1,22	18,5	19,72
<b>1-4</b>	42	4,11	20	24,11
<b>4-4' Y 15-19</b>	35	5,25	14	19,25
<b>4'-5 Y 14-15</b>	28	2,2	20	44
<b>5-6 Y 13-14</b>	22	1,22	20	24,4
<b>4-7</b>	35	3,51	14	49,14
<b>7-8 Y 11-12</b>	28	2,2	20	44
<b>8-9 Y 10-11</b>	22	1,22	20	24,4
<b>12-19</b>	35	7,91	14	110,74
<b>18-20</b>	42	5,1	32	163,2
			<b>Total</b>	<b>601,36</b>

El aumento de los diámetros de las tuberías provocará una disminución en las pérdidas de carga y en la velocidad del fluido que circula por ellas, siguiendo los cálculos realizados en la memoria del presente proyecto para los nuevos diámetros, se observa que la velocidad sigue manteniéndose dentro de los parámetros establecidos por el CTE y que las pérdidas de carga disminuyen.

Tras sumar a las pérdidas de carga obtenidas en las tablas 24 y 25, las correspondientes a los captadores e intercambiador obtenemos, tal y como se muestra a continuación unas

Pliego de condiciones.

perdidas totales de carga de 14,56 mca (catorce con cincuenta y seis metros de columna de agua).

$$\text{Pérdida de carga total} = 2,624 + 9,228 + 2,1 + 0,601 = 14,56 \text{ mca}$$

### 3.1.2.6. Válvulas del primario

Las válvulas de esfera utilizadas en la presente instalación serán de la marca Arco, modelo Tajo 2000 solar DN65, como se puede observar en la figura 17. Las válvulas de esfera estarán fabricadas en latón europeo CW617N con acabado cromado, conforme lo estipulado en la norma UNE-EN 13828.



*Figura 17. Válvula de esfera Arco modelo Tajo2000 (Catálogo Tajo 2000, 2013 p.5)*

La válvula de retención será de la marca Arco, modelo DN65, fabricadas en latón europeo CW617N con conexión roscada ISO 228.

A continuación, en la figura 18 se muestra la válvula de retención a instalar en el presente proyecto.



*Figura 18. Válvula de retención Arco (Catálogo fontanería Arco 2013 p.44)*

### 3.1.2.7. Bomba de circulación

La bomba de circulación del circuito primario será el modelo *Veroline IPL 32/130-1.1/2* de la marca *Wilo*, como se observa en la figura 19.



Figura 19. Bomba de circulación VeroLine IPL (Catálogo Wilo bombas y grupos de presión, 2013 p.60)

La bomba seleccionada será capaz de vencer, tal y como se muestra en la figura 20, las pérdidas de carga del circuito primario calculas en el apartado 3.1.2.5 Tuberías, que ascienden a 14,56 mca (catorce con cincuenta y seis metros de columna de agua) para un caudal de 5.397,84l/h (cinco mil trescientos noventa y siete con ochenta y cuatro litros en una hora)

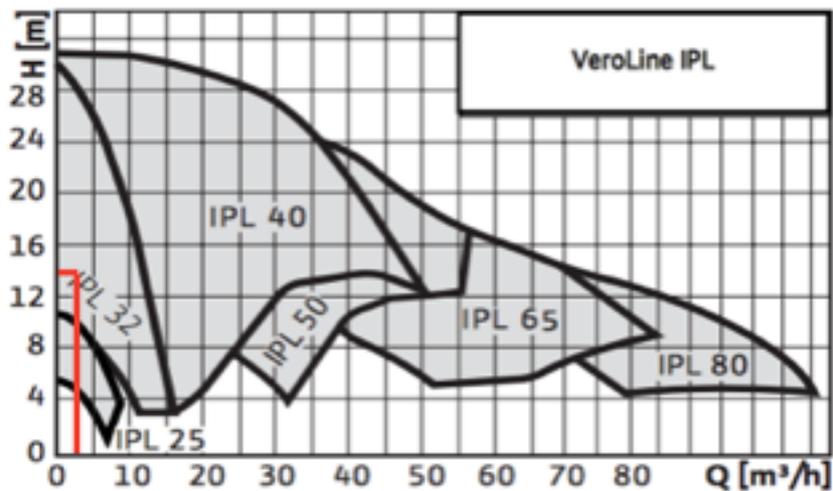


Figura 20. Diagrama de pérdidas de carga en función del caudal de las bombas Wilo modelo VeroLine IPL (Catálogo Wilo bombas y grupos de presión, 2013 p.60)

Se exigirá al fabricante que el producto venga acompañado de los correspondientes certificados que muestren haber superado los pertinentes controles.

### 3.1.2.8. Vaso de expansión

El vaso de expansión tendrá una capacidad de 500l (quinientos litros), superior a la calculada en la memoria del presente proyecto, que siguiendo el criterio establecido por el CTE ascendía a 349,97l (trescientos cuarenta y nueve con noventa y siete litros), y a la obtenida tras ajustar los diámetros calculados en la memoria del presente proyecto a los

Pliego de condiciones.

comerciales, obtenidos anteriormente en el punto 3.1.2.5 Tuberías, provocando un aumento de la capacidad hasta alcanzar los 382,06 (trescientos ochenta y dos con seis litros).

Se ha elegido un vaso de expansión de membrana recambiable con una capacidad de 500 (quinientos) litros, de *Ibérica del Calor* modelo 500SMR (ref.0690003500070), como se observa en la figura 21. El vaso de expansión deberá venir acompañado de los correspondientes documentos que muestren haber sido fabricado conforme a la legislación vigente.



*Figura 21. Vaso de expansión de Iberica del Calor, modelo 500SMR (Escoda, Salvador. Manual de Energía Solar, p.119)*

### **3.1.2.9. Aislamiento**

El aislamiento de las tuberías del primario estará compuesto por un aislante tubular flexible autoadhesivo compuesto por fibras elastómeras de Salvador Escoda.

El aislante elegido tendrá un coeficiente de conductividad térmica de 0,037W/mK a 10°C diferente a los 0,04W/mK con el que se han hecho los cálculos previos.

Como se ha explicado en la memoria, al ser el coeficiente de conductividad térmica diferente a 0,04W/mK a 10°C, se deberá realizar un ajuste en los espesor del aislante obtenidos anteriormente, en el punto 1.8.6. Aislamiento, mediante la siguiente formula:

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

Los espesores de aislante comercial que se deberá instalar para las tuberías comerciales obtenidas anteriormente en la Tabla 31, vendrán expresados en la Tabla 34.

Tabla 34. Espesores de aislante.

Tramo	Diámetro exterior (mm)	Espesor aislante tubería interior (mm)	Espesor aislante tubería exterior (mm)	Espesor aislante con lambda (0,037)	Espesor aislante comercial (mm)	Referencia
0-1	54	30	45	41,89	50	AI 04 288
1-2	28	25	40	37,08	40	AI 04 257
2-3	22	25	40	36,88	40	AI 04 206
1-4	42	30	45	41,69	50	AI 04 298
4-5	28	25	40	37,07	40	AI 04 257
5-6	22	25	40	36,88	40	AI 04 260
4-7	35	25	40	37,24	40	AI 04 258
7-8	28	25	40	37,07	40	AI 04 257
8-9	22	25	40	36,88	40	AI 04 260
10-11	22	25	40	36,88	40	AI 04 260
11-12	28	25	40	37,07	40	AI 04 257
12-19	35	25	40	37,24	40	AI 04 258
13-14	22	25	40	36,88	40	AI 04 260
14-15	28	25	40	37,07	40	AI 04 257
15-19	35	25	40	37,24	40	AI 04 258
19-20	42	30	45	41,69	50	AI 04 298
16-17	22	25	40	36,88	40	AI 04 260
17-18	28	25	40	37,07	40	AI 04 257
18-20	28	25	40	37,07	40	AI 04 257
20-0	54	30	45	41,87	40	AI 04 288

Los depósitos de acumulación se recubrirán con una plancha de espuma elastomérica autoadhesiva de 50mm (cincuenta milímetros) de espesor de ITeC (ref.EE6185G0).

Pliego de condiciones.

El aislamiento del intercambiador de calor estará compuesto por una plancha de espuma elastomérica autoadhesiva de 20mm (veinte milímetros) de espesor de ITeC (ref.EE6182A0).

Se exigirá a los fabricantes que los productos vengan acompañados de los certificados correspondientes que muestren el cumplimiento de la norma UNE EN 13501 referida a la protección ante incendios.

### 3.1.2.10. Interacumulador del secundario

Se instalarán dos interacumuladores de la marca *Vaillant*, modelo *VIH 3000S* con serpentín en su interior, como se observa en la figura 22. Los interacumuladores estarán fabricados en acero negro con una capacidad para 3.000l (tres mil litros). El fabricante deberá acompañar a los productos de la documentación que indique que han pasado los controles de calidad exigidos.



*Figura 22. Imagen exterior e interior de un depósito de acumulación de la marca Vaillant gama AuroSTOR modelo VIHS (Catálogo Vaillant, 2009 p.36)*

### 3.1.2.11. Caldera de apoyo

Se instalarán dos calderas de condensación con una potencia mínima de 165,11 KW (ciento sesenta y cinco con once kilovatios).

Para la realización del presente proyecto se instalarán dos calderas de condensación de la marca *Vaillant*, modelo *Ecocraft* con una potencia de 200kW (dos cientos kilovatios) tal y como, se observa en la figura 23.



*Figura 23. Caldera de condensación Vaillant modelo Ecocraft(Catálogo calderas Vaillant,2012 p.7)*

Las calderas de apoyo deberán venir acompañadas de las homologaciones o certificaciones correspondientes a los materiales y procesos de ejecución realizados, así como las correspondientes certificaciones energéticas establecidas en el Real Decreto 235/2013 del 5 de abril.

La salida de los gases se realizará mediante shunt o conducto de ventilación a la cubierta del cuarto de máquinas del edificio, según lo establecido en el Real Decreto 238/2013 del 5 de abril.

#### **3.1.2.12. Bombas del secundario y terciario**

La bomba de circulación utilizada para el circuito secundario y terciario será el modelo *Stratos-z 30/1-8* de *Wilo*, que se observa en la figura 24.



*Figura 24. Bomba de circulación Stratos-Z (Cátalogo Wilo bombas y grupos de presión,2014 p.39)*

A continuación en la figura 25, se muestra como la bomba selecciona es capaz de vencer unas pérdidas de carga superiores a los 2,1 mca (dos con un metros de columna de

Pliego de condiciones.

agua) calculados, para un caudal de 5.397,84l/h (cinco mil trescientos noventa y siete con ochenta y cuatro litros en una hora).

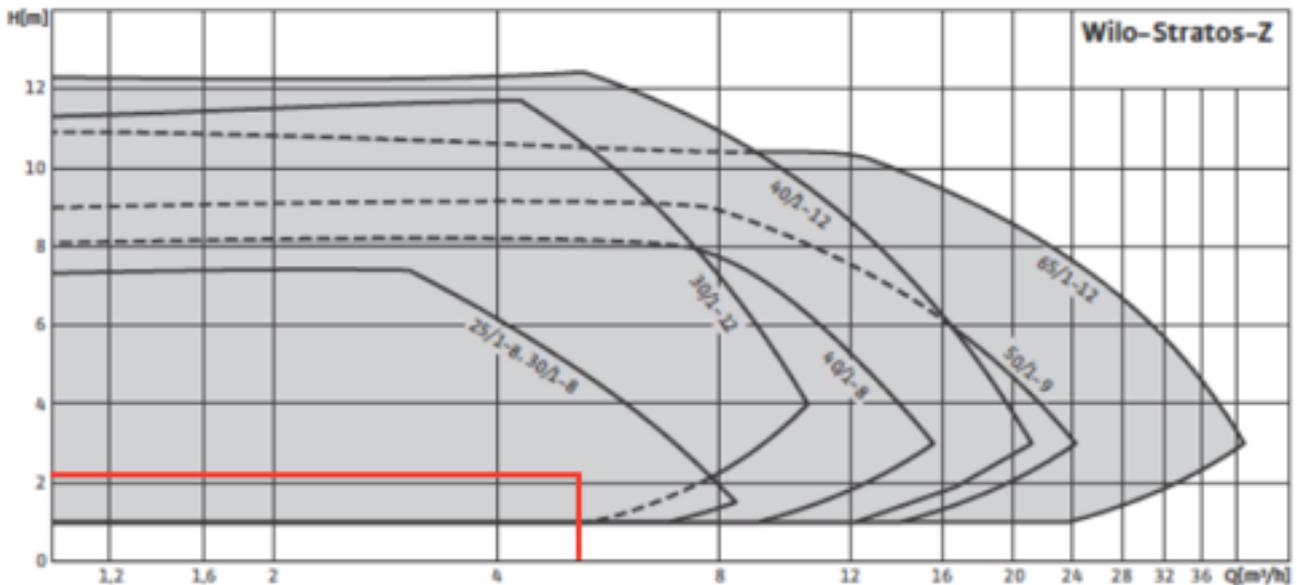


Figura 25. Diagrama de pérdidas de carga en función del caudal de las bombas Wilo modelo Stratos-Z (Catálogo Wilo bombas y grupos de presión, 2013 p.39)

El fabricante deberá unir al producto todos aquellos certificados que muestren haber superado los controles necesarios para su homologación.

### 3.1.2.13. Sistemas de bombeo

Las bombas utilizadas en el sistema de apoyo (caldera) y para la incorporación de agua fría en el segundo intercambiador serán las mismas que las instaladas en el circuito secundario y terciario, ya que el caudal de fluido no variará y las pérdidas de carga no serán superiores a las producidas en estos.

### 3.1.2.14. Sistema de retorno

La bomba del sistema de retorno deberá ser capaz de trasegar un caudal de 900 l/h (novecientos litros en una hora) superando unas pérdidas de carga para los diámetros comerciales indicados a continuación de 1.046,77 mmca (mil cuarenta y seis con setenta y siete milímetros de columna de agua), obtenido a partir de los datos que se pueden observar en las Tablas 35 y 36.

Tabla 35. Diámetro y pérdidas de carga de las tuberías comerciales del sistema de retorno.

Caudal (l/h)	Diámetro interior (mm)	Diametro interior comercial (mm)	Longitud (m)	Perdidas de carga (mm.c.a/m)	Perdidas de carga totales (mm.c.a)
900	22	20,5	26,6	38	900

Tabla 36. Longitud equivalente y pérdidas de carga de los accesorios del sistema de retorno.

Accesorios	Longitud equivalente (m)	Cantidad	Longitud equivalente total (m)	Pérdidas de carga (mm.c.a/m)	Pérdidas de carga totales (mm.c.a)
Codo	0,545	2	1,09	33	35,97

Pérdidas de carga = Pérdidas tubería + Pérdida accesorios = 1.010,8 + 35,97 = 1.046,77 mmca

Para las condiciones anteriormente indicadas, se seleccionará una bomba de Grundfos, modelo solar 25-40 (ref.59544183), como se observa en la figura 26. El producto deberá venir acompañado de los certificados que indiquen que ha superado los controles de calidad exigidos.



Figura 26. Bomba de circulación UP Solar de Grundfos(Catálogo calefacción de Grundfos,2009 p. 15)

Pliego de condiciones.

En la figura 27 se observa el punto de funcionamiento en el que trabajará la bomba seleccionada, para los valores de caudal y perdidas de carga obtenidos.

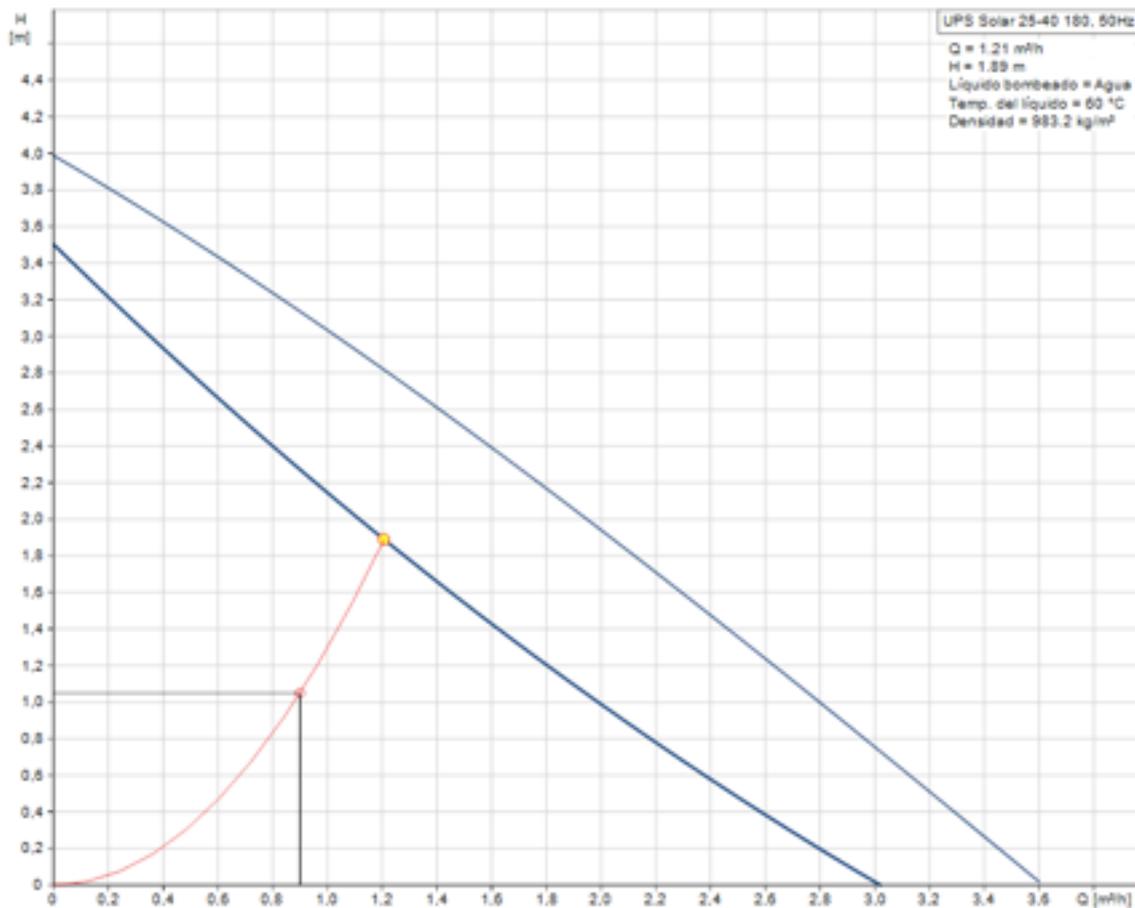


Figura 27. Punto de funcionamiento de la bomba del sistema de retorno, UP Solar 25-40 de Grundfos (Captura de pantalla, apartado selección de productos Grundfos en la Web [www.grundfos.com](http://www.grundfos.com))

### 3.1.2.15. Sistema de regulación

#### 3.1.2.15.1. Regulador diferencial

El regulador diferencial de temperatura para sistemas solares deberá disponer como mínimo de 4 (cuatro) entradas para sensores de temperatura Pt1000 y 2 (dos) salidas de relés. Se instalará, como se observa en la figura 28, un regulador diferencial de la marca *Sorel*, modelo *TDC 4* o similar previa aceptación por parte del director del proyecto o un representante autorizado de la propiedad. El fabricante deberá acompañar al producto de la documentación y certificación correspondiente que muestren haber superado los controles de calidad exigidos por la normativa vigente.



Figura 28. Regulador diferencia TDC de Sorel (Catálogo Sorel, 2010 p.2)

### 3.1.2.15.2. Sonda de temperatura

Sonda de temperatura PT1000 clase B con vaina inoxidable, la conexión con el regulador diferencial se realizará a través de un cable con dos conductores aislados recubiertos de PVC que estarán protegidos por una cubierta también de PVC.

El fabricante deberá acompañar el producto de la documentación pertinente que indique haber pasado los controles de calidad exigidos según la norma DIN EN 60 751.

### 3.1.2.16. Sistema de seguridad

Se seleccionará un disipador de calor dinámico con una potencia de disipación de 96 kW de la marca *Escosol* modelo *BD96* (ref. *SO 13 031*), como se muestra en la figura 29. El disipador deberá venir acompañado de los documentos y certificados que muestren el cumplimiento de la norma UNE-EN 12828 referida a la protección contra sobrecalentamientos.



Figura 29. Disipador de energía dinámico (Escoda, Salvador. Manual de Energía Solar, p.176)

Pliego de condiciones.

### **3.1.3. Condiciones de ejecución**

#### **3.1.3.1. Montaje de la estructura de soporte de los captadores solares.**

La estructura de sujeción de captadores está formada por perfiles de aluminio, cortados y taladrados, capaces de resistir los efectos de la corrosión. La unión entre las distintas barras que componen la estructura se realiza mediante tornillería de seguridad de acero inoxidable.

Son estructuras estándar de un captador, que se unen entre sí para formar baterías de 5 y 6 captadores.

El peso de cada panel se transmite a un triángulo soporte formado por 3 barras atornilladas entre sí. Los captadores se fijan a la estructura a través de garras de sujeción realizadas a medida.

La estructura se regulará a una inclinación de 45° (cuarenta y cinco grados) con respecto a la horizontal y se fijará a la superficie mediante anclajes de acero inoxidable de tipo S.

#### **3.1.3.2. Manipulación y montaje de los captadores solares.**

Manipulación:

- Una vez despaletizados los captadores, se deben manejar teniendo en cuenta las siguientes recomendaciones:
- No apoyar directamente los captadores sobre sus conexiones. En caso de ser necesario su almacenamiento temporal, se apilarán de manera que los taladros de aireación siempre queden en la parte inferior.
- Para apoyar varios captadores en vertical sobre una pared deben colocarse con una inclinación de entre 70° y 80°, y con la cubierta de vidrio orientada hacia arriba.

Montaje:

Los captadores solares se orientarán hacia el sur con una inclinación de 45°, colocados con los taladros de aireación hacia abajo.

Es conveniente cubrir los captadores durante la instalación y, una vez instalados, hasta el llenado del sistema, evitando así, sobre-calentamientos y quemaduras accidentales.

### **3.1.3.3. Tuberías**

- o Se evitará en la medida de lo posible la unión y corte de los tubos de cobre, en caso de ser necesaria, la unión entre las distintas tuberías o accesorios se realiza mediante soldadura de cobre.
- o La preparación previa de la superficie a soldar consistirá en lijado de los extremos de cada tubo por medio de un tela estéril o lana de acero y la aplicación de una delgada pasta para soldar (fundente).
- o La unión entre los tubos se realizará por medio de manguitos conectores (tramos rectos) o accesorios. Una vez realizada la unión de las partes se procederá a soldar mediante carrete de cobre, formando un anillo delgado de soldadura líquida en las juntas.
- o Si fuera necesario cortar los tubos de cobre, se utilizará una sierra de mano para metales o cortatubos para la realización de dicha tarea.

### **3.1.3.4. Aislamiento**

El aislante deberá colocarse de forma que envuelva toda la superficie de las tuberías, evitando que hallan zonas sin cubrir. El aislante se seccionará mediante todo tipo de herramientas de corte.

### **3.1.4. Pruebas finales, ajustes y comprobación de parámetros**

Una vez finalizados todos los trabajos de montaje, y antes de la puesta en servicio, se realizarán todas las pruebas necesarias para comprobar el correcto funcionamiento de la instalación.

Se deberá realizar una comprobación exhaustiva de las posibles fugas en el circuito hidráulico, haciendo gran hincapié en los puntos de soldadura y en las uniones. Así, como la realización de todas las pruebas o ensayos normalizados, como las correspondientes a la estanqueidad de los fluidos.

Dichos ajustes o pruebas deberán hacerse en presencia de los responsables técnicos del proyecto encargado de velar por el correcto funcionamiento de la instalación.



#### **4. PRESUPUESTO.**

Presupuesto.

En este punto del trabajo, se incluyen las tablas que muestran el presupuesto necesario para la instalación del proyecto planteado.

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Medición</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Importe Total</b>
<b>Sistema de captación</b>					
<b>1</b>	Captador Vaillant VFK-145H	ud	51	759	38.709
<b>2</b>	Estructura soporte para captadores Vaillant modelo VFK-145H para baterías de 5 captadores (ref.00 2012 6424)	ud	3	893	2.697
<b>3</b>	Estructura soporte para captadores Vaillant modelo VFK-145H para baterías de 6 captadores (ref.00 2012 6423)	ud	6	1.052	6.312
<b>4</b>	Kit básico de anclajes tipo S	ud	51	115	5.865
Subtotal					53.583
<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Medición</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
<b>Elementos de la instalación</b>					
<b>5</b>	Bomba de circulación Veroline IPL32/130-1.1/2 de Wilo	ud	2	1.343	2.686
<b>6</b>	Intercambiador de placas modelo B25T de Swep con 65 placas y una potencia térmica transferida de 80 kW.	ud	2	1.660	3.320
<b>7</b>	Depósito de acumulación Vaillant, modelo VIH 4000 de acero vitrificado con capacidad de 4000l.	ud	2	7.155	14.310

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Medición</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Importe Total</b>
<b>Sistema de captación</b>					
<b>8</b>	Vaso de expansión de 500l de capacidad de Ibérica del Calor, modelo 500SMR (ref.0690003500070).	ud	1	604,55	604,55
<b>9</b>	Interacumulador Vaillant, modelo VIH 3000S con serpentín, capacidad para 3000 litros, fabricado en acero negro.	ud	1	6.442	12.884
<b>10</b>	Bomba de circulación Yonos-Maxo 40/0,5-1 de Wilo para los circuitos secundario y terciario.	ud	2	700	1.400
<b>11</b>	Caldera de apoyo de la marca Vaillant, modelo Ecocraft con una potencia de 200kW.	ud	1	12.139	24.278
<b>12</b>	Bomba de circulación Yonos-Maxo 40/0,5-1 de Wilo para el suministro de agua fría y el sistema de apoyo (caldera)	ud	3	700	2.100
<b>13</b>	Válvula de retención DN65 de Arco.	ud	2	100,64	201,28
<b>14</b>	Válvula de esfera de Arco, modelo Tajo 2000 solar DN65	ud	2	43,52	87,04
<b>15</b>	Fluido de trabajo del primario compuesto por una mezcla de agua y propilenglicol con una concentración del 30%	l	250	7	1.750
<b>Subtotal</b>					<b>63.620,87</b>

Presupuesto.

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Medición</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
<b>Red de tuberías y accesorios del primario</b>					
<b>16</b>	Tubería de cobre constituida por tubos rígidos de 5 metros de longitud de 54 milímetros de diámetro exterior.	ud	6	145,2	871,2
<b>17</b>	Tubería de cobre constituida por tubos rígidos de 5 metros de longitud de 42 milímetros de diámetro exterior.	ud	9	108,85	979,63
<b>18</b>	Tubería de cobre constituida por tubos rígidos de 5 metros de longitud de 35 milímetros de diámetro exterior.	ud	10	92,4	924
<b>19</b>	Tubería de cobre constituida por tubos rígidos de 5 metros de longitud de 28 milímetros de diámetro exterior.	ud	5	60	300
<b>20</b>	Tubería de cobre constituida por tubos rígidos de 5 metros de longitud de 22 milímetros de diámetro exterior.	ud	4	45,45	181,8
<b>21</b>	Manguito de cobre HH (hembra-hembra) para la unión de los tubos de 54 milímetros de diámetro exterior.	ud	5	24,95	124,75
<b>22</b>	Manguito de cobre HH (hembra-hembra) para la unión de los tubos de 42 milímetros de diámetro ext.	ud	8	14,75	118

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Medición</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
<b>Red de tuberías y accesorios del primario</b>					
<b>23</b>	Manguito de cobre HH para la unión de los tubos de 35 milímetros de diámetro exterior.	ud	4	7,79	31,16
<b>24</b>	Manguito de cobre HH para la unión de los tubos de 28 milímetros de diámetro exterior.	ud	5	3,11	15,55
<b>25</b>	Manguito de cobre HH para la unión de los tubos de 22 milímetros de diámetro exterior.	ud	3	1,71	5,13
<b>26</b>	Codo de cobre HH con una curvatura de 90° para tubos de 42 milímetros diámetro exterior.	ud	3	22,41	67,23
<b>27</b>	Codo de cobre HH con una curvatura de 90° para tubos de 35 milímetros diámetro exterior.	ud	4	16,20	64,80
<b>28</b>	Codo de cobre HH con una curvatura de 90° para tubos de 22 milímetros diámetro exterior.	ud	6	3,65	21,9
<b>29</b>	T reducida de cobre HHH de 54_42_42 milímetros mas reducción HH de 42_28mm para obtener una T reducida de 54_28_42.	ud	2	239,93	479,86
<b>30</b>	T reducida de cobre HHH de 42_35_35 milímetros. (*)	ud	2	129,36	258,72
<b>31</b>	T reducida de cobre HHH de 35_28_22 milímetros.	ud	4	34,20	137,12
<b>32</b>	T reducida de cobre HHH de 28_28_22 milímetros. (*)	ud	2	28,20	56,4

Presupuesto.

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Medición</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
<b>Red de tuberías y accesorios del primario</b>					
<b>33</b>	T reducida de cobre HHH de 28_22_22 milímetros.	ud	6	21,33	127,98
Subtotal					1.990,4

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Medición</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
<b>Aislamiento</b>					
<b>34</b>	Aislante tubular flexible autoadhesivo compuesto por fibras elastómeras de 50mm de espesor. (ref. AI 04 288)	m	26	36,77	956,02
<b>35</b>	Aislante tubular flexible autoadhesivo compuesto por fibras elastómeras de 50mm de espesor. (ref. AI 04 298)	m	44	33,92	1.492,48
<b>36</b>	Aislante tubular flexible autoadhesivo compuesto por fibras elastómeras de 40mm de espesor (ref. AI 04 257).	m	21	15,59	327,39
<b>37</b>	Aislante tubular flexible autoadhesivo compuesto por fibras elastómeras de 40mm de espesor (ref. AI 04 258).	m	48	17,10	820,8
<b>38</b>	Aislante tubular flexible autoadhesivo compuesto por fibras elastómeras de 40mm de espesor (ref. AI 04 260).	m	20	13,55	271

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Medición</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
<b>Aislamiento</b>					
<b>39</b>	Recubrimiento del deposito de acumulación mediante plancha de espuma elastomérica autoadhesiva de 50mm de espesor.	m^2	40	88,26	3.530,4
<b>40</b>	Recubrimiento de los intercambiadores mediante plancha de espuma elastomérica autoadhesiva de 20mm de espesor.	m^2	2	27,72	55,44
Subtotal					7.453,53

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Medición</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
<b>Sistema de retorno</b>					
<b>41</b>	Tubería de cobre constituida por tubos rígidos de 5 metros de longitud de 22 milímetros de diámetro exterior.	ud	6	45,45	272,7
<b>42</b>	Manguito de cobre HH para la unión de los tubos de 22 milímetros de diámetro exterior.	ud	4	1,71	6,84
<b>43</b>	Codo de cobre HH con una curvatura de 90° para tubos de 22 milímetros diámetro exterior.	ud	2	3,65	7,3
<b>44</b>	Bomba de circulación de la marca Grundfos, modelo solar 25-40.	ud	1	274	274
Subtotal					560,84

Presupuesto.

<b>Código</b>	<b>descripción</b>	<b>ud</b>	<b>medición</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
<b>Sistema de Regulación</b>					
<b>45</b>	Regulador diferencial de temperatura de la marca Sorel, modelo TDC 4	ud	2	263	526
<b>46</b>	Sensores de temperatura Pt1000	ud	8	9,68	77,44
<b>47</b>	Disipador de calor DB96 Escosol con una potencia de disipación de 96kW	ud	1	2.702	2.702
				Subtotal	3.305,44

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>ud</b>	<b>medición</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
<b>Conexiones, montaje y puesta en marcha</b>					
<b>48</b>	Montaje e interconexión de los elementos de la instalación	equipo/ dia	10	289,12	2891,2
<b>49</b>	Conjunto de accesorios para el montaje e interconexión de los elementos de la instalación. Formado por válvulas de esfera, retención y seguridad, purgadores y manómetros.	ud	1	850	850
				Subtotal	3741,2

<b>Resumen</b>	
<b>Total sistema de captación</b>	53.583
<b>Total red de tuberías y accesorios del primario</b>	1.990,4
<b>Total aislamiento</b>	7.453,53
<b>Total sistema de retorno</b>	560,84
<b>Total elementos de la instalación</b>	63.620,87
<b>Total sistema de regulación</b>	3.305,44
<b>Total montaje y puesta en marcha</b>	3741,2

<b>Total presupuesto de la instalación de ACS</b>	134.255,28
<b>Honorarios Ingeniería (4%)</b>	5.370,21
<b>Total presupuesto</b>	139.625,49

El presupuesto asciende a la cantidad de ciento treinta y nueve mil seiscientos veinticinco euros con cuarenta y nueve céntimos.

Referencias.

## 5. REFERENCIAS.

## Referencias.

- Agencia Estatal de Meteorología (s.f.). Recuperado de: <http://www.aemet.es/es/portada>
- Ayuntamiento de Valencia (s. f.). Recuperado de: <http://www.valencia.es>
- Boletín Oficial del Estado (s. f.). Recuperado de: <http://www.boe.es>
- Brusola Simón, F. (1.999). *Oficina técnica y proyectos*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Cañada Ribera, L. J. (2.008). *Manual de energía solar térmica. Diseño y cálculo de instalaciones*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- *Corrección de errores del Real Decreto 238/2013, de 5 de abril, por el que se modifican determinados artículos e instrucciones técnicas del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, aprobado por Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio*. BOE, núm. 213, 05.09.2.013
- Instituto Nacional de la Energía (s. f.). Recuperado de: <http://www.idae.es>
- Instituto Nacional de Estadística (s. f.). Recuperado de: <http://www.ine.es>
- *Decreto 112/2009, de 31 de julio, del Consell, por el que regula las actuaciones en materia de certificación de eficiencia energética de edificios*. DOCV, 6.071, 04.08.2.009.
- *Decreto 201/2.002, de 10 de diciembre, del Consell de la Generalitat, por el que se establecen medidas especiales ante la aparición de brotes comunitarios de legionelosis de origen ambiental*. DOCV núm. 4.399 16.12.2.002.
- Dirección General del Catastro (s. f.). Recuperado de: <http://www.catastro.meh.es>
- Distribuidor de bombas de circulación (s. f.). Recuperado de: <http://www.grundfos.es>
- Distribuidor de captadores solares (s. f.). Recuperado de: <http://www.vaillant.es>
- Distribuidor de productos de energía solar térmica (s. f.). Recuperado de: <http://www.salvadorescoda.com>
- Distribuidor de tuberías (s. f.). Recuperado de: <http://www.kme.es/sanco>
- Navarro, E., (2.015) *Apuntes del curso del Trabajo de Fin de Grado de Energía Solar*. Universidad Politécnica de Valencia.

- Orden FOM/1.635/2.013, de 10 de septiembre, por la que se actualiza el Documento Básico DB-HE <<Ahorro de Energía>>, del Código Técnico de la Edificación, aprobado por el Real Decreto 314/2.006.
- Ordenanza municipal de captación de energía solar para usos térmicos, por la cual se recoge y adapta las últimas modificaciones legislativas habidas en la materia, en particular con la aprobación del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo, y el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, aprobado por Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio. BOP, 31.10.2009.
- Payá, J., 2013. Apuntes de la asignatura de Energía Solar Térmica. Universidad Politécnica de Valencia.
- Romero Tous, M. (2.009). *Energía solar térmica de baja temperatura*. Barcelona: Ediciones CEAC.
- Rufles Martínez, P. (2009). *Energía Solar Térmica. Técnicas para su aprovechamiento*

