



Universidad de León



Escuela Superior y Técnica  
de Ingenieros de Minas

# MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA MINERA Y DE RECURSOS ENERGÉTICOS

## TRABAJO FIN DE MASTER

### PROYECTO DE APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA PARA A.C.S Y PISCINA EN PUENTE CASTRO (LEON)

León, diciembre de 2014

Autor: Ángel Lombas García

Tutor: Alberto González Martínez

El presente proyecto ha sido realizado por D./Dña. **Ángel Lombas García**, alumno/a de la **Escuela Superior y Técnica de Ingenieros de Minas de la Universidad de León**, para la obtención del título de Máster en ingeniería Minera y Recursos Energéticos.

La tutoría de este proyecto ha sido llevada a cabo por D./Dña. **Alberto González Martínez**, profesor/a del Máster Universitario en Ingeniería Minera y Recursos Energéticos.

Visto Bueno

Fdo.: D/Dña. **Ángel Lombas García**  
Autor del Trabajo Fin de Máster

Fdo.: D./Dña. **Alberto González Martínez**  
Tutor del Trabajo fin de Máster.

## **RESUMEN**

El objeto del presente proyecto es el diseño y dimensionado, de una instalación de agua caliente sanitaria (A.C.S.) y disipación en piscina, para un polideportivo, mediante la utilización de un sistema de energía solar térmica de baja temperatura, como medio de aporte de calor.

La instalación de A.C.S. mediante energía solar, dispondrá de colectores solares planos de tecnología española, que capten la radiación solar que incida sobre su superficie y la transformen en energía térmica, elevando la temperatura del fluido caloportador, que circule por su interior.

En los alrededores del polideportivo no hay ningún obstáculo que pueda producir sombras sobre el campo de colectores.

El sistema de aprovechamiento de energía solar se utilizará en el abastecimiento de ACS para un área deportiva. Los meses de mayor demanda de ACS coinciden con el periodo escolar.

El calor sobrante del sistema solar se disipará en la piscina de baño lográndose una temperatura de agua de piscina óptima durante el periodo estival.

Uno de los objetivos en la realización del proyecto es conseguir el máximo ahorro de energía convencional y, por lo tanto, un ahorro económico, ya que éste no es a veces compatible con determinados diseños de sistemas solares térmicos en los que se hace trabajar indebidamente al sistema, causando así un pobre rendimiento a la inversión realizada.

Se ha realizado un cálculo exhaustivo del número óptimo de colectores para poder captar la energía necesaria, asimismo se eligió la inclinación idónea para aprovechar la máxima cantidad de energía solar disponible en cada mes. A la vez que se diseñó un sistema de regulación capaz de regular la captación de dicha energía para que realmente se convierta en energía útil.

Ya que es necesario medir y comparar permanentemente los niveles de temperatura en los colectores y en el almacenamiento, así como disponer de los mecanismos automáticos necesarios para que en el circuito primario se establezca o la circulación del fluido, en función de si se produce o no un incremento de la energía útil acumulada.

También se ha prestado atención a consumir prioritariamente la energía solar, así, el sistema de almacenamiento deberá trabajar de modo que favorezca el uso prioritario de la energía solar frente a la auxiliar y nunca al revés.

Se ha realizado los cálculos justificativos de la superficie necesaria de paneles solares teniendo en cuenta:

- ✓ Demanda de ACS.
- ✓ Temperatura media del agua de red.
- ✓ Inclinación y orientación óptima.
- ✓ Ocupación del centro.
- ✓ Tecnología de paneles de energía solar térmica.
- ✓ Rendimiento de paneles de energía solar.
- ✓ Normativa de referencia.

También se incluyen los cálculos de:

- ✓ Tuberías de primario y secundario.
- ✓ Bombas de circulación.
- ✓ Intercambiadores.
- ✓ Depósitos de acumulación.

Se incluye en el proyecto los planos necesarios para realizar una correcta ejecución de la instalación, entre ellos:

- ✓ Esquema de principio.
- ✓ Ubicación de colectores en cubierta
- ✓ Ubicación de componentes de instalación en sala de calderas

Se ha realizado un estudio de viabilidad



---

|   |    |
|---|----|
| 1. OBJETO DEL PROYECTO .....                                    | 5  |
| 2. REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES Y PARTICULARES..... | 5  |
| 3. DATOS DEL USUARIO.....                                       | 6  |
| 4. EMPLAZAMIENTO.....   | 7  |
| 5. DATOS DE PARTIDA.....  | 8  |
| 5.1 Condiciones de uso .....                                    | 8  |
| 5.1.1 Agua Caliente Sanitaria .....                             | 8  |
| 5.2. Condiciones climáticas. ....                               | 9  |
| 5.3. Parámetros funcionales. ....                               | 9  |
| 6. DISEÑO DEL PROCESO.....                                      | 11 |
| 6.1. Principios básicos .....                                   | 11 |
| 6.2. Subconjunto de captación.....                              | 12 |
| 6.3. Subconjunto de almacenamiento.....                         | 14 |
| 6.4.- Subconjunto de termotransferencia.....                    | 15 |
| 6.5.- Subconjunto de energía de apoyo.....                      | 17 |
| 6.6.- Subconjunto de regulación y control.....                  | 18 |
| 7. EQUIPAMIENTO.....  | 21 |
| 7.1.- Subconjunto de captación .....                            | 21 |
| 7.3.- Subconjunto de termotransferencia.....                    | 22 |
| 7.3.1.- Intercambiador .....                                    | 22 |
| 7.3.2.- Fluido caloportador .....                               | 23 |
| 7.3.3.- Conducciones .....                                      | 24 |
| 7.3.4.- Bombas de circulación .....                             | 25 |
| 7.3.5.- Vaso de expansión.....                                  | 26 |
| 7.4 Subconjunto de regulación y control.....                    | 26 |
| 7.5.- Aislamiento .....   | 27 |
| 7.6.- Estructura soporte .....                                  | 27 |
| 7.7.- Otros elementos .....                                     | 28 |
| 7.7.1.- Purgador y desaireador.....                             | 28 |
| 7.7.2.- Manómetros .....  | 28 |
| 7.7.3.- Termómetros y termostatos.....                          | 28 |
| 7.7.4.- Válvulas de paso .....                                  | 29 |
| 7.7.5.- Válvula de seguridad .....                              | 29 |
| 7.7.6.- Válvulas antiretorno .....                              | 30 |
| 7.7.7.- Válvulas de tres vías.....                              | 30 |
| 8. RESUMEN DE COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN. ....               | 31 |

---



|  |           |
|--|-----------|
| 9. DATOS DE PARTIDA .....                                      | 33        |
| 9.1. Datos de consumo de agua caliente sanitaria .....         | 33        |
| 9.2. Datos de calentamiento de piscina .....                   | 33        |
| 9.3 Datos de condiciones climáticas.....                       | 33        |
| 10. CARGA DE CONSUMO .....                                     | 34        |
| 11. SUPERFICIE DE CAPTACIÓN Y VOLUMEN DE ACUMULACIÓN.....      | 35        |
| 12. CAMPO DE CAPTADORES.....                                   | 37        |
| 13. PÉRDIDAS POR SOMBRAS, ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN .....      | 37        |
| 13.1 Pérdidas por orientación e inclinación .....              | 37        |
| 13.2 Pérdidas por sombras.....                                 | 38        |
| 13.3 Pérdidas totales.....                                     | 39        |
| 14. ACUMULACIÓN DEL CALOR SOLAR.....                           | 39        |
| 15. SISTEMA DE INTERCAMBIO.....                                | 39        |
| 16. CARGAS TRANSMITIDAS POR LA ESTRUCTURA .....                | 40        |
| 17. CALCULO DE LA DISTANCIA ENTRE LAS FILAS DE COLECTORES..... | 41        |
| 18. BOMBAS DE CIRCULACIÓN .....                                | 42        |
| 19. VASO DE EXPANSIÓN.....                                     | 42        |
| PLANOS.....  | 43        |
| PLIEGO DE CONDICIONES.....                                     | 44        |
| 1.- DISPOSICIONES PRELIMINARES .....                           | 45        |
| 2.- DESCRIPCIÓN DE LA OBRA.....                                | 47        |
| 3.- CONDICIONES DE MATERIALES Y EQUIPOS.....                   | 48        |
| 4.- EJECUCIÓN DE LA OBRA .....                                 | 48        |
| 4.1.- Generalidades .....                                      | 48        |
| 4.3.- Montaje del intercambiador exterior .....                | 51        |
| 4.4.- Montaje de las bombas.....                               | 51        |
| 4.5.- Montaje de tuberías y accesorios .....                   | 52        |
| 4.6.- Montaje del aislamiento .....                            | 55        |
| 5.- DISPOSICIONES FINALES .....                                | 55        |
| 5.1.- Condiciones de contratación .....                        | 55        |
| 5.2.- Ejecución del proyecto.....                              | <b>56</b> |
| 5.3.- Condiciones facultativas .....                           | 57        |
| 5.4.- Garantías.....   | 57        |
| 5.5.- Tramitación.....   | 59        |
| PRESUPUESTO .....  | 61        |
| 1. PRESUPUESTOS POR PARTIDAS GLOBALES .....                    | 62        |
| 2. PRESUPUESTO TOTAL.....                                      | 65        |

---



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 5.1.-Tabla de consumos

Tabla 5.2.- Características Colectores

Tabla 5.3.-Curva Rendimiento

Tabla 7.1.- Subconjunto de captación

Tabla 7.2.-Conducciones

Tabla 8.1.- Componentes de la instalación

Tabla 9.1.- Consumos de A.C.S

Tabla 9.2.- Porcentaje de utilización de la piscina

Tabla 9.3.- Condiciones Climáticas

Tabla 9.4.- Radiaciones y Temperaturas mensuales

Tabla 10.1.-Pérdidas energéticas mensuales en la piscina

Tabla 11.- Análisis Demanda-Aporte solar mensual

Tabla 12.1.- Características captador elegido

Tabla 13.1.-Pérdidas Totales

Tabla 15.1.- intercambiador A.C.S.

Tabla 15.2.- Intercambiador piscina



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 6.1.- Conexión en Serie

Figura 6.2.- Conexión en paralelo

Fig. 6.3.- Esquema de conexionado conocido como retorno invertido

Fig.6.4.- Estratificación del agua en el acumulador

Fig.6.1.- Sistemas (a) directo y (b) indirecto

Fig.6.6.- Regulación por termostato diferencial actuando sobre bomba.

Fig.6.7.- Regulación por temperatura diferencial y válvula de conmutación

Fig. 10.2.- Demanda energética mensual A.C.S y Piscina

Fig.10.2.- Aporte solar A.C.S.

Fig.10.3.-Aporte solar piscina

Fig.13.1.-Pérdidas por orientación e inclinación

Fig.13.2.-Perdidas por sombras.

Fig.17.1.- Distancia entre filas de colectores





## MEMORIA DESCRIPTIVA

### 1. OBJETO DEL PROYECTO

El objeto del presente proyecto es el diseño y dimensionado, de una instalación de agua caliente sanitaria (A.C.S.) y disipación en piscina, para un polideportivo, mediante la utilización de un sistema de energía solar térmica de baja temperatura, como medio de aportación de calor.

La instalación de A.C.S., mediante energía solar, dispondrá de colectores solares planos de tecnología española, que capten la radiación solar que incida sobre su superficie y la transformen en energía térmica, elevando la temperatura del fluido caloportador, que circule por su interior.

### 2. REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES Y PARTICULARES.

#### Normativa de aplicación

- ❖ Código Técnico de Edificación (CTE).
- ❖ Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.
- ❖ Pliego de condiciones técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura.
- ❖ Reglamento de Recipientes a Presión (RAP).
- ❖ Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) y sus Instrucciones Complementaria MI.BT, incluidas las hojas de interpretación.

#### Normativa de consulta

- ❖ UNE-EN 12975-1: *Sistemas solares térmicos y componentes. Captadores solares. Parte 1: Requisitos generales.*
  - ❖ UNE-EN 12975-2: *Sistemas solares térmicos y componentes. Captadores solares. Parte 2: Métodos de ensayo.*
  - ❖ UNE-EN 12976-1: *Sistemas solares térmicos y componentes. Sistemas solares prefabricados. Parte 1: Requisitos generales.*
  - ❖ UNE-EN 12976-2: *Sistemas solares térmicos y componentes. Sistemas solares prefabricados. Parte 2: Métodos de ensayo.*
-



- ❖ UNE-EN 12977-1: *Sistemas solares térmicos y componentes. Sistemas solares a medida. Parte 1: Requisitos generales.*
- ❖ UNE-EN 12977-2: *Sistemas solares térmicos y componentes. Sistemas solares a medida. Parte 2 Métodos de ensayo.*

### 3. DATOS DEL USUARIO

El usuario de la instalación solar térmica objeto de este proyecto cuyos datos se muestran a continuación:

- ◆ Nombre – Excmo. Ayuntamiento de León
- ◆ Domicilio – Avda. Ordoño II, 10, 24001, León
- ◆ Localidad – Puente Castro
- ◆ Teléfono – 987 89 55 00



#### **4. EMPLAZAMIENTO**

El lugar donde se ubicará la instalación será en el área deportiva de Puente Castro.

La instalación está compuesto un edificio de 2 plantas, piscinas y campos deportivos anexos. En la planta superior del edificio están situados los accesos a las gradas de la pista, y en la inferior se ubican las siguientes instalaciones: vestuarios, y los sistemas actuales de calentamiento de agua sanitaria y calefacción.

Los accesos al lugar son por carretera y no suponen obstáculo alguno, al estar integrado el área urbana de la localidad.

En los alrededores del polideportivo no hay ningún obstáculo que pueda producir sombras sobre el campo de colectores.

## 5. DATOS DE PARTIDA.

### 5.1 Condiciones de uso

El sistema de aprovechamiento de energía solar se utilizará en el abastecimiento de ACS para un área deportiva. Los meses de mayor demanda de ACS coinciden con el periodo escolar.

Como se ha mencionado anteriormente el calor sobrante del sistema solar se disipará en la piscina de baño lográndose una temperatura de agua de piscina óptima durante el periodo estival.

#### 5.1.1 Agua Caliente Sanitaria

Para asegurar la continuidad en el suministro de agua caliente sanitaria la instalación dispone de un sistema de energía auxiliar existente, siendo necesaria su adaptación para el nuevo funcionamiento del sistema. El combustible que alimenta este sistema es gasóleo.

Las necesidades de consumo anual se han establecido en 25.671 termias, que se han estimado de la siguiente manera:

- ◆ A partir de la Tabla de consumos del Documento Básico de Ahorro de energía:

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

Tabla 5.1.-Tabla de consumos

A partir de estos datos se ha estimado un consumo medio diario de 21 litros por servicio y se ha considerado una ocupación máxima de 105 personas al día.



En función del consumo unitario y la ocupación máxima tenemos que el consumo máximo diario asciende a 2 200 litros para el abastecimiento de todas las necesidades de agua caliente.

Se considera una temperatura media de uso de  $60^{\circ}\text{C}$ , por lo que la temperatura de preparación de ACS será de  $60^{\circ}\text{C}$ .

## 5.2. Condiciones climáticas.

Los valores de temperatura de entrada de agua fría son los que aparecen en cuyo valor medio anual es de  $11^{\circ}\text{C}$ .

Para el cálculo de la instalación se han tenido en cuenta los valores de radiación solar global disponible en la provincia de León cuyo valor medio anual es de  $14,31\text{ kWh/m}^2$  día y de temperaturas ambientes medias mensuales, procedentes del instituto nacional de meteorología cuya media anual es  $12,6^{\circ}\text{C}$

## 5.3. Parámetros funcionales.

A la hora de realizar el dimensionado de una instalación de energía solar térmica uno de los componentes principales es el colector solar plano, ya que a partir de la elección de este calcularemos:

- I. Superficie colectora.
- II. Volumen de acumulación
- III. Intercambiador.
- IV. Conducciones.
- V. Vaso de expansión.
- VI. Resto componentes

Para la elección del colector solar plano, premiaran las siguientes premisas:

- Rendimiento del colector.
  - Eficiencia y Calidad del colector.
  - Duración.
  - Temperatura de uso para ACS.
  - Precio
-

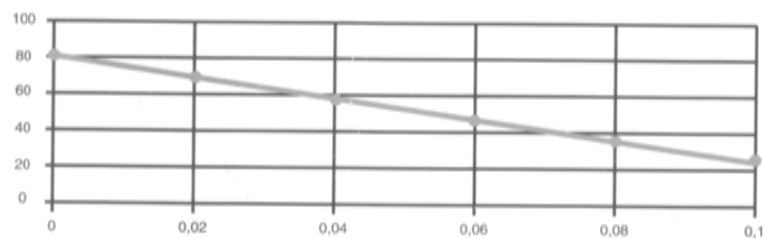
A continuación se muestran todos los parámetros funcionales de la instalación necesarios para el dimensionado de la misma:

Colector solar.

**Tabla 5.2.- Características Colectores**

| MODELO                                | CR-10DS/<br>CR-100 | CR-10S/<br>CR-110 | CR-12S/<br>CR-120 |
|---------------------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| Altura total (cm)                     | 190                | 219               | 219               |
| Anchura total (cm)                    | 109                | 109               | 129               |
| Fondo (cm)                            | 9                  | 9                 | 9                 |
| Superficie total (m <sup>2</sup> )    | 2,10               | 2,40              | 2,80              |
| Superficie efectiva (m <sup>2</sup> ) | 1,90               | 2,17              | 2,56              |
| Rel superficie Efectiva /total        | 0,90               | 0,91              | 0,92              |
| Peso (kg)                             | 39                 | 44                | 51                |
| Capacidad de fluido (l)               | 3,6                | 4,2               | 5,0               |
| Presión de timbre (bar)               | 14                 | 14                | 14                |
| Presión máxima de trabajo (bar)       | 8                  | 8                 | 8                 |
| Eficiencia térmica (X=0,050)          | 62                 | 62                | 63                |

### Curva de rendimiento



$T_m$  = Temperatura media  $(T_{salida} + T_{entrada})/2$   $X = T_m - T_a / I * (m^2 k / W)$

$T_a$  = Temperatura ambiente

$I$  = Radiación solar,  $W/m^2$

**Tabla 5.3.-Curva Rendimiento**

Los parámetros característicos del colector se justifican a través de la copia del certificado de homologación del INTA que se incluye en los Anexos de la presente memoria.



## 6. DISEÑO DEL PROCESO

### 6.1. Principios básicos

Si bien se puede diseñar la instalación con una gran variedad de variantes lo cierto es que actualmente, prácticamente la totalidad de ellos consisten en la combinación de un colector de placa plana junto a un acumulador, bien formando un conjunto o bien independientemente.

Es importante tener presente que uno de nuestros objetivos es conseguir el máximo ahorro de energía convencional y, por lo tanto, de dinero. Y esto no es a veces compatible con determinados diseños de sistemas en los que se hace trabajar indebidamente al sistema, causando así un pobre rendimiento a la inversión realizada.

Evidentemente lo primero que debemos hacer es proveer al sistema del número suficiente de colectores para poder captar la energía necesaria, asimismo debemos elegir a la inclinación idónea para aprovechar la máxima cantidad de energía solar disponible en cada mes. A la vez que será preciso regular la captación de dicha energía para que realmente se convierta en energía útil. Será pues necesario medir y comparar permanentemente los niveles de temperatura en los colectores y en el almacenamiento, así como disponer de los mecanismos automáticos necesarios para que en el circuito primario se establezca o la circulación del fluido, en función de si se produce o no un incremento de la energía útil acumulada. Es por ello que se hace imprescindible hablar del concepto de regulación diferencial.

También deberemos prestar atención a consumir prioritariamente la energía solar, así, el sistema de almacenamiento deberá trabajar de modo que favorezca el uso prioritario de la energía solar frente a la auxiliar y nunca al revés.

En todo caso hay que asegurar la correcta conjunción entre energía solar y convencional, es decir precalentar toda el agua que posteriormente sea consumida, y alcanzar la temperatura de uso con la mínima cantidad de energía auxiliar. Así como la conveniencia de evitar mezclar la energía solar con la auxiliar.

---



## 6.2. Subconjunto de captación

El subconjunto de captación es el encargado de captar la energía solar incidente y transformarla en energía térmica, y está formado por los colectores, sus elementos de sujeción y demás accesorios.

Se tendrá en cuenta:

- ❖ Orientación
- ❖ Inclinación
- ❖ Rendimiento colector
- ❖ Conexión colectores

Normalmente la curva de rendimiento de un panel solar viene dada por el fabricante según la expresión:

$$\eta = b - m \cdot [(t_m^o - t_a^o) / I]$$

Donde b y m son dos parámetros que nos indican el valor del rendimiento cuando  $t_m^o$  es igual a  $t_a^o$ , y la pendiente de la curva de rendimiento.

Una vez expuesto el funcionamiento de los colectores individualmente vamos a indicar el acoplamiento entre ellos y por consiguiente la formación del campo de colectores.

El acoplamiento **en serie** de los colectores tiene como consecuencia un aumento de la temperatura del agua, a costa de disminuir el rendimiento de la instalación, debido que al ir pasando el fluido de un colector a otro la temperatura de entrada en cada uno va aumentando y por lo tanto disminuyendo la eficacia global de sistema como se puede apreciar en la fórmula de rendimiento.

Esto es por lo que no son muchas las veces que se tiende a esta solución, sólo en algunas aplicaciones en las que es necesario una temperatura superior a la de los 50°C. En todo caso no es recomendable colocar en ese día más de tres colectores o tres filas de colectores.



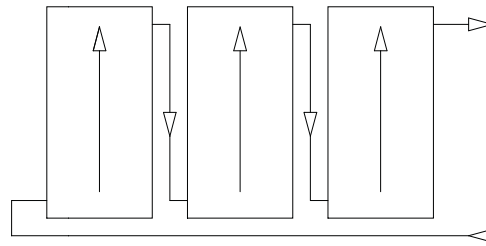


Figura 6.1.- Conexión en Serie

Lo más habitual es disponer los colectores acoplados en paralelo, o en caso de disponerse en varias filas colocarse éstas también en paralelo, de cualquier forma éstas deberán tener el mismo número de unidades y estar colocadas paralelas, horizontales y bien alineados entre sí.

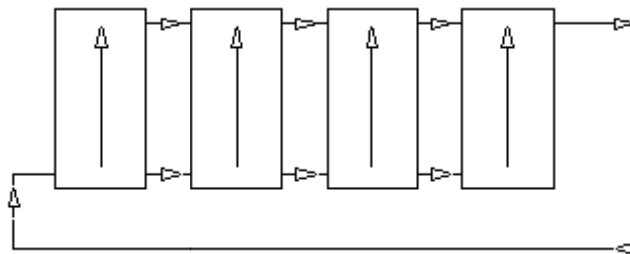


Figura 6.2.- Conexión en paralelo

El número de captadores que se pueden conectar en paralelo tendrá en cuenta las limitaciones del fabricante, debiéndose instalar válvulas de cierre en la entrada y salida de las distintas baterías de captadores y entre las bombas, de manera que puedan utilizarse para aislamiento de estos componentes en labores de mantenimiento, sustitución, etc.

La colocación del campo de colectores debe asegurar que el recorrido hidráulico sea el mismo para todos los colectores, de no ser así, los saltos térmicos de los colectores serían diferentes de unos a otros, reduciéndose el rendimiento global de la instalación. A fin de garantizar el equilibrio hidráulico es necesario disponer las conexiones de los colectores entre sí de forma que se realice el llamado retorno invertido.

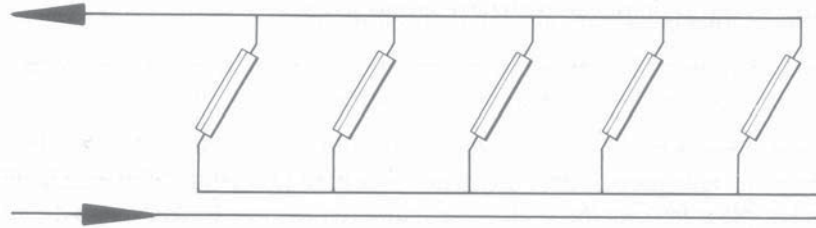


Fig. 6.3.- Esquema de conexionado conocido como retorno invertido

El caudal de los colectores no debe bajar de los 0,8 l por metro cuadrado y por minuto, así se asegura un coeficiente de transmisión de calor adecuado entre el absorbedor y el fluido, un valor óptimo situaría al caudal alrededor de 1 l por metro cuadrado y minuto.

La longitud de los circuitos debe ser la más reducidas posibles para paliar las posibles pérdidas hidráulicas y de calor en el mismo, además de intentar disminuir las pérdidas de calor e hidráulicas en todos los accesorios añadidos al circuito. Y no se debe olvidar que el diseño debe permitir montar y desmontar los colectores.

### 6.3. Subconjunto de almacenamiento

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

La forma del mismo suele ser cilíndrica, siendo la altura mayor que el diámetro, haciendo de esta manera que se favorezca el fenómeno de la estratificación. Esto es, al disminuir la densidad del agua con el aumento de la temperatura, cuanto mayor sea la altura del acumulador mayor será la diferencia entre la temperatura en la parte superior e inferior del mismo, es decir mayor será la estratificación. Por la parte superior extraemos el agua para su consumo, mientras que el calentamiento solar se aplica en la parte inferior, así hacemos funcionar a los colectores a la mínima temperatura posible y como ya dijimos se aumenta por tanto su rendimiento.

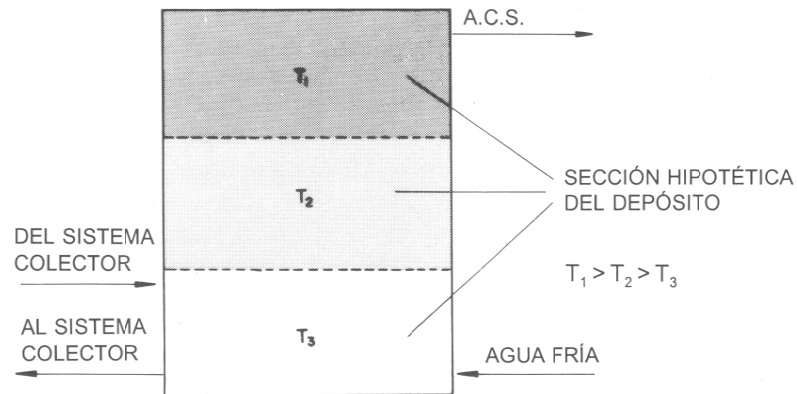


Fig.6.4.- Estratificación del agua en el acumulador

A la salida del acumulador podemos instalar una válvula termostática mezcladora, con el fin de limitar la temperatura con la que se extrae el agua caliente hacia los distintos puntos de consumo, además su colocación no influye significativamente en el rendimiento de la instalación.

#### 6.4.- Subconjunto de termotransferencia

El subconjunto de termotransferencia está formado por aquellos elementos de la instalación encargados de transferir la energía captada en los colectores solares hasta el depósito de acumulación de agua caliente sanitaria. Entre los elementos que pertenecen a este grupo está el intercambiador, tuberías, válvulas y demás piezas que forman parte integrante del sistema de transporte del calor.

Según el sistema de termotransferencia las instalaciones se clasifican en dos grupos, los de transferencia térmica directa e indirecta.

Nuestro caso y el más general se trata de un sistema indirecto, esto es que existe un intercambiador térmico tal que el fluido del primario no está en contacto con el agua caliente sanitaria.

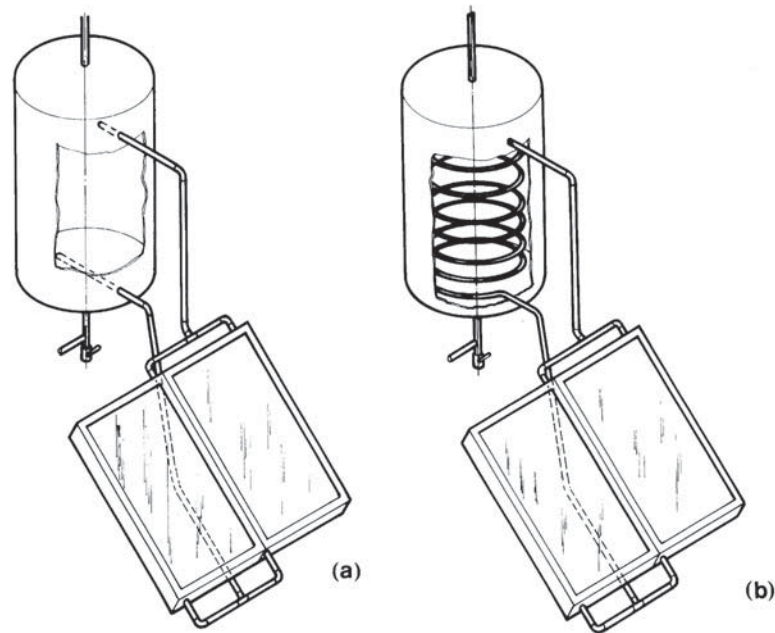


Fig.6.2.- Sistemas (a) directo y (b) indirecto

A su vez la circulación se puede realizar por dos métodos: circulación natural también llamada termosifón o por circulación forzada mediante el uso de un electrocirculador en el circuito primario. Por las características de nuestra instalación optaremos por una circulación forzada, dejando la circulación natural para aquellas instalaciones más sencillas como es el caso de las viviendas unifamiliares.

La decisión de optar por un sistema de circulación indirecta se basa en los problemas que presentan los sistemas directos, como son la necesidad de usar materiales que no contaminen el agua en el circuito de colectores, con el consiguiente riesgo de congelación al no poder añadir anticongelantes al fluido. Un mayor riesgo de vaporizaciones, incrustaciones y corrosiones en el circuito, además del hecho de que todo el circuito, incluidos los colectores, trabajaría a la presión de la red, hecho que no suele ser posible por una gran parte de los colectores. En cualquier caso existen restricciones de tipo legal para que el agua de consumo no pase a través de los colectores.

En cuanto a la elección de circulación forzada frente a la natural optaremos por la primera puesto que su uso apenas presenta inconvenientes en nuestro caso, como pueden ser la necesidad de disponer de energía eléctrica o la de regulación y control del circulador.



Por el contrario, ofrece una gran cantidad de ventajas, tales como la no necesidad de colocar el acumulador por encima de los colectores para que se produzca la circulación del fluido, el tener una mayor flexibilidad en el diseño hidráulico del circuito, así como en los diámetros de las tuberías del mismo ya que las pérdidas hidráulicas se subsanan con una mayor potencia en el dimensionado del electrocirculador. También podemos limitar la temperatura máxima del agua en el depósito, que en verano puede alcanzar elevadas temperaturas, con el consiguiente riesgo para las personas, o para el sistema por formación de incrustaciones calcáreas y corrosiones en el depósito.

La tendencia actual es hacia el uso de electrocirculadores, ya que su precio no es elevado al ser las potencias necesarias muy pequeñas, además de presentar apenas problemas o averías.

Al decantarnos por un sistema indirecto hemos de un elemento que separe el circuito primario del secundario, haciendo que estos sean independientes, esto ocurre por ejemplo en instalaciones de agua caliente sanitaria en las que no deseamos que el agua sanitaria pase por los colectores para evitar sobrepresiones en los colectores, riesgos de heladas, corrosiones, incrustaciones, etc, dicho elemento es el intercambiador.

Por contra también su colocación supone una pérdida de rendimiento del sistema ya que es necesaria una diferencia de temperatura entre los líquidos primario y secundario de 3 °C a 10 °C, que hace que los colectores deban funcionar a una temperatura superior a la del fluido secundario. Además supone en una elevación del coste de la instalación, ya que junto a su propio coste hay que añadir el de una serie de elementos que lo acompaña necesariamente.

Por último indicar otro elemento de vital importancia en el subconjunto de termotransferencia como es el depósito de expansión, cuya función es absorber las dilataciones del agua.

## **6.5.- Subconjunto de energía de apoyo**

Es evidente que no en todas ocasiones el agua del acumulador va a tener la temperatura necesaria para nuestra aplicación, es pues necesario dotar a la instalación de un sistema de apoyo que aporte la energía necesaria para cumplir nuestros objetivos.

Nosotros optaremos por el sistema de apoyo en un segundo acumulador debido a que en el área deportiva ya hay instalado un sistema de este tipo, formado por una caldera y un depósito. Este diseño aprovecha al máximo la energía solar aplicándola sobre el agua de red,

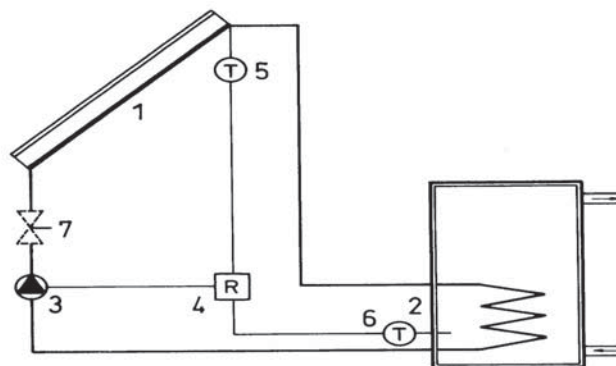
mientras que la energía convencional lo hace sólo sobre el agua precalentada por el sistema solar.

Así pues el sistema deberá asegurar el calentamiento hasta la temperatura de diseño de la totalidad del agua utilizada para el consumo previsto, y deberá tener un control de temperatura de salida de modo que esta no se eleve por encima de la temperatura de utilización prevista, que en nuestro caso no será superior a los 60°C para el ACS.

## 6.6.- Subconjunto de regulación y control

La importancia de este subconjunto es clara, puesto que si careciese de él nuestra instalación podría no aportar energía útil en los momentos en que podría hacerlo e incluso actuar de forma contraria, disipando energía acumulada al exterior.

Así pues debemos de realizar una regulación eficaz del sistema en todo momento, el método más habitual consiste en un regulador diferencial el cual compara la temperatura del colector con la existente en la parte inferior del acumulador, de modo que cuando la temperatura en los colectores sea mayor que la del acumulador en una determinada cantidad prefijada en el regulador, este pondrá en marcha el electrocirculador.



1 colector, 2 intercambiador, 3 bomba, 4 regulador diferencial, 5 y 6 sonda de temperatura, 7 válvula de estrangulación

**Fig.6.6.- Regulación por termostato diferencial actuando sobre bomba.**

Hay que tener en cuenta que la diferencia de temperaturas debe de ser lo suficientemente amplia para garantizar un beneficio en el funcionamiento, esto se debe a que se producen diferentes fenómenos que pueden inducir sino a un mal funcionamiento de la instalación.

Los más comunes son: la pérdida de temperatura en el circuito de retorno que puede ser del entorno de 1°C, las tolerancias de la sonda y del regulador alrededor de 1 o 2 °C, una diferencia mínima en el intercambiador para su correcto funcionamiento en torno a los 4°C, y

que se genere una mayor energía de la consumida por el propio electrocirculador valorada en un mínimo de 3 °C.

Esto hace que sea aconsejable utilizar un diferencial mínimo de 6°C.

Es por lo que el sistema de control debe de asegurar que en ningún caso las bombas puedan estar en marcha con diferencias de temperaturas entre la salida de colectores y el acumulador inferiores a 2 °C y que en ningún caso estén paradas con diferencias superiores a 7 °C.

En otras ocasiones puede ser aconsejable hacer una regulación diferente, más a la medida de cada instalación, esto hace que para un sistema como el nuestro de una cierta magnitud y con distancias entre colectores y acumulador significativas surge la idea de realizar una regulación por temperatura diferencial y válvula de conmutación.

En esta regulación, el regulador pone en marcha la bomba de circulación cuando se alcance la temperatura mínima utilizable, a su vez se coloca una válvula de conmutación, la cual inicialmente hace un by-pass al circuito primario, dejando cerrado el camino a través de los interacumuladores. De modo que cuando la temperatura supere la definida en el regulador, la válvula abrirá el paso del fluido a través del intercambiador.

Gráficamente se puede representar por:

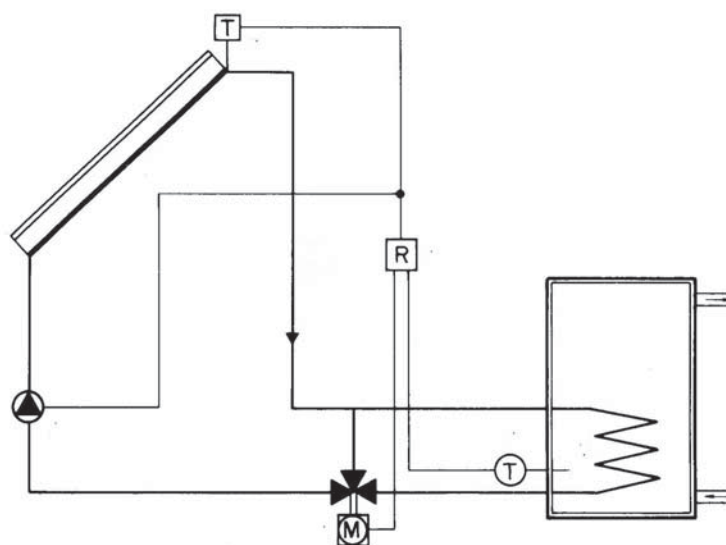


Fig.6.7.- Regulación por temperatura diferencial y válvula de conmutación



Además el sistema de control asegurará que en ningún punto la temperatura del fluido de trabajo descienda por debajo de una temperatura tres grados superiores a la de congelación del fluido.

Las sondas de temperatura para el control diferencial se colocarán en la parte superior de los captadores de forma que representen la máxima temperatura del circuito de captación, y la sonda de temperatura de la acumulación se colocará preferentemente en la parte inferior en una zona no influenciada por la circulación del circuito secundario o por el calentamiento del intercambiador si éste fuera incorporado.



## 7. EQUIPAMIENTO

### 7.1.- Subconjunto de captación

En la siguiente tabla podemos observar las características de este subconjunto, las cuales vienen detalladas en el apartado de cálculos justificativos.

| <b>SUBCONJUNTO DE CAPTACIÓN</b>     |                                   |
|-------------------------------------|-----------------------------------|
| Panel elegido                       | <b>CHROMAGEN CR 10SN</b>          |
| Nº de paneles necesarios            | <b>16</b>                         |
| Nº de baterías                      | 4 Unidades en retorno invertido   |
| Nº de paneles por batería           | 4 Conectadas en paralelo entre si |
| Orientación                         | Sur (sin desviaciones)            |
| Inclinación                         | 45 ° ( Utilización todo el año)   |
| Distancia entre filas de colectores | 3,04 m                            |
| Perdidas por sombra                 | 0 %                               |

Tabla 7.1.- Subconjunto de captación



### 7.2.- Subconjunto de almacenamiento

El sistema de almacenamiento debe de tener alta capacidad calorífica, volumen reducido, temperatura de utilización acorde con la necesidad concreta, rápida respuesta a la demanda, buena integración en el edificio, bajo coste, seguridad y larga duración. Según los cálculos realizados necesitaremos un volumen de acumulación de 2 000 litros. Por razones de espacio se pondrá dos de 1 000 litros.

Sus características principales son:

- ✓ Presión de trabajo de 8 kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Fabricado en acero ST37-2 con espesores entre 4 y 8 mm, con fondos de tipo Klopper y espesores superiores en 1 mm a la chapa envolvente. La base está formada por un faldón metálico donde va alojado el desagüe.
- ✓ Llevan incorporados uno o varios ánodos de sacrificio de magnesio para evitar la corrosión por efecto electrolítico.
- ✓ El aislamiento térmico es poliuretano ecológico de alta densidad, inyectado entre el acumulador y el forro de poliéster, y envolviendo totalmente al depósito., con un espesor de 50 mm.
- ✓ La cubierta exterior es de poliéster estratificado, con terminación en gel-coat blanco, que está sólidamente unido al aislante y al acumulador, formando un cuerpo compacto.

La colocación de los dos acumuladores se llevará a cabo en un cuarto situado al lado de la actual sala de calefacción y calderas (ver planos), y la conexión entre ambos se realizará mediante un circuito en serie (ver plano nº 5), de modo que ambos sean hidráulicamente equivalentes y se comporten como si hubiese un único depósito de 2 000 litros.

## 7.3.- Subconjunto de termotransferencia

### 7.3.1.- Intercambiador

Al decantarnos por un sistema de termotransferencia indirecto es obvia la necesidad de un intercambiador de calor, que transfiera la energía almacenada en el líquido del circuito primario al líquido del secundario.

Por su posición en la instalación, los intercambiadores pueden ser interiores o exteriores. Y por su construcción se clasifican en: de serpentín (helicoidal o haz tubular), de doble envolvente o de placas. **Utilizaremos un intercambiador exterior de placas.**



Los parámetros que deberá cumplir nuestro intercambiador son básicamente el rendimiento y la eficacia de intercambio.

- ❖ Se entiende por rendimiento la relación entre energía obtenida a la salida y la introducida en el intercambiador. Ésta no debe ser inferior a 95%.
- ❖ La eficacia se define como la relación entre la potencia calorífica realmente intercambiada y la máxima que podría intercambiarse teóricamente. Su valor no debe ser inferior a 0,7.

La potencia del intercambiador de placas saldrá de:

- Potencia del intercambiador de placas (W)  $\geq 500 * \text{Superficie colectora en m}^2$   
 $P \geq 500 * 34,08 = 17\,040 \text{ W} = 17,021 \text{ KW}$

Consultando con los fabricantes de intercambiadores de placas utilizaremos un intercambiador de 21 KW.

### 7.3.2.- Fluido caloportador

Es el encargado de pasar a través de los colectores y absorber la energía térmica de estos para luego transferirla en el intercambiador al circuito secundario. Habitualmente son cuatro los tipos de fluidos que podemos utilizar.

- **Agua natural.** Se puede usar en circuito abierto, de modo que el agua sanitaria pasa directamente por los colectores, si bien hay que usar en todo momento materiales aptos para el transporte de agua potable. En muchos casos está prohibido por la ley. También se puede utilizar en circuito cerrado, si bien puede presentar problemas de congelación, por lo que es preciso recurrir al uso de anticongelantes.
- **Agua con adición de anticongelante.** Es la solución más generalizada, si bien hay que tener en cuenta ciertas características de la mezcla como son su toxicidad, aumento de viscosidad, aumento de dilatación, disminución de la estabilidad, disminución del calor específico o aumento de su temperatura de ebullición.



- **Fluidos orgánicos.** Hay que mantener las mismas precauciones que en el caso de agua con adición de anticongelante en cuanto toxicidad, viscosidad o dilatación. Además estos fluidos orgánicos, sean sintéticos o derivados del petróleo, presentan riesgo de incendio al ser combustibles, aunque son estables a altas temperaturas.

El fluido caloportador que vamos a utilizar es agua con la adición de un anticongelante, el anticongelante suele ser a base de propilenglicol o de etilenglicol, fundamentalmente. Hay que tener en cuenta las diferencias de las propiedades físicas que va a haber entre el agua normal y nuestro fluido caloportador, como ya dijimos, de viscosidad, dilatación, estabilidad, calor específico o temperatura de ebullición.

En cualquier caso hay que recordar que debido a la toxicidad del anticongelante es preciso asegurar la imposibilidad de mezcla entre el fluido caloportador y el agua de consumo. La forma más usual de conseguir este propósito es haciendo que la presión del circuito primario sea inferior a la del secundario, de modo que un contacto entre ambos fluidos por rotura en el punto de intercambio provoque el paso del agua hacia el circuito primario pero no al revés. Además la válvula de seguridad del circuito primario deberá estar tarada a una presión inferior a la del agua de red, para proteger a los colectores de la elevada presión del agua de red.

Los cálculos realizados nos dan un fluido caloportador formado por un 27% (en peso) de propilenglicol y un 73% de agua. O, si lo preferimos, de un 23 % de etilenglicol y un 77% en agua.

### 7.3.3.- Conducciones

Los posibles materiales a usar en las conducciones o tuberías son: el cobre, el hierro galvanizado, el hierro negro y los plásticos.

El cobre es el material más aconsejable por tener unas altas prestaciones en cuanto a resistencia a la corrosión, maleabilidad, ductilidad e inocuidad, además de ser económicamente muy competitivo.

El acero galvanizado, si bien es muy utilizado en fontanería tradicional, no puede usarse como material en el circuito primario pues se deteriora su protección a temperaturas superiores a los 65 °C.



El acero negro sólo se recomienda usar en instalaciones que requieran grandes caudales. Además está prohibido su uso en la conducción de agua caliente sanitaria, por producirse oxidaciones en su estructura que perjudican la potabilidad del agua. Por tanto sólo es posible su uso en el circuito primario.

Las conducciones de plástico son una alternativa clara a las de cobre, puesto que posee propiedades muy parecidas y precios muy ajustados.

Las conducciones que vamos a colocar en la instalación son de cobre por las razones ya explicadas anteriormente. Según los cálculos realizados en el apartado de cálculos justificativos) y siguiendo la norma UNE 37.141-76 usaremos:

| <b>Circuito 1º</b>    | <b>Longitud (m)</b> | <b>D. exterior (mm)</b> |
|-----------------------|---------------------|-------------------------|
| A. Salida captadores  | 2                   | <b>22</b>               |
| B. Ida a acumulador   | 10                  | <b>28,0</b>             |
| C. Retorno a captador | 10                  | <b>35,0</b>             |
| <b>Circuito 2º</b>    | <b>Longitud (m)</b> | <b>D. exterior (mm)</b> |
| A a I                 | 3                   | <b>28,0</b>             |
| I a A                 | 3                   | <b>28,0</b>             |

Tabla 7.2.-Conducciones

La pérdida de carga lineal deberá ser menor de 40 mm de columna de agua por metro, en caso contrario habría que elegir el diámetro inmediatamente superior. Tampoco se deben admitir unas pérdidas mayores de 7 m.c.a en el primario y en el secundario.

#### 7.3.4.- Bombas de circulación

Es el responsable de vencer la resistencia que opone el fluido a su paso por el circuito. Entre los diferentes tipos de circuladores (alternativos, rotativos y centrífugos) se ha optado por los centrífugos.



Entre los diversos modelos de cada marca hemos de seleccionar aquél que mejor se adapte a los valores que hemos calculado. Observar cálculos justificativos hoja de cálculo de bombas.

### **7.3.5.- Vaso de expansión**

Su finalidad es la de absorber las dilataciones del fluido caloportador, por lo que todas las instalaciones de agua caliente sanitaria deben equiparse con depósitos de expansión. Se clasifican en depósitos de expansión abiertos o cerrados, y en cualquier caso la capacidad del mismo debe ser suficiente para admitir la expansión del líquido caloportador. Tampoco deben existir ninguna válvula en los tubos que comunican al circuito con el depósito.

Nos hemos decantado por un depósito de expansión cerrado por sus ventajas: fácil montaje en cualquier lugar de la instalación, no requiere de aislamiento, no absorbe oxígeno del aire y no elimina las pérdidas por evaporación del fluido.

El volumen mínimo del depósito de expansión necesario para nuestra instalación es de 50 l.

## **7.4 Subconjunto de regulación y control**

Se utilizara una centralita marca RESOL E1/DF, cuyas funciones fundamentales son las siguientes:

- Ser la central de cómputo y almacenamiento de información
- Generar y enviar las órdenes a los elementos eléctricos externos
- Visualizar en pantalla la temperatura de los puntos vitales de la instalación
- Realizar el control diferencial de las temperaturas de los colectores, y de los depósitos

El regulador viene con tres sondas térmicas incluidas, donde dos de ellas se utilizarán para medir la temperatura en los colectores y los acumuladores, dejando una tercera para medir la temperatura en otro punto cualquiera.

El resto de características técnicas pueden verse en el apartado de anexos.

---



## 7.5.- Aislamiento

Consiste en un elemento fundamental en la instalación cuya finalidad es la disminuir las posibles pérdidas caloríficas tanto en los colectores, el acumulador y las conducciones.

Los valores más importantes para la elección apropiada del aislamiento son: el coeficiente de conductividad, la gama de temperaturas, su resistencia, su fácil colocación y el coste.

El espesor del aislamiento debe de al menos cumplir las normas indicadas en el RITE, en la ITE 03.13.

En nuestro caso hemos escogido como tipo de aislamiento el SH/Armaflex. Consiste en un aislamiento flexible de espuma elastomérica para sistemas de calefacción e hidrosanitaria, con un coeficiente de conducción de  $0,037 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ .

Los espesores para las conducciones internas serán de 19 mm y de 27 mm para las exteriores, como hemos calculado en el apartado correspondiente.

Los ACUMULADORES también deben de estar protegidos mediante aislamiento, según la ITE 03.12 éste debe de tener un espesor mínimo de 30 mm para aquellos con superficie menor de  $2 \text{ m}^2$  y de 50 mm para el resto. En nuestro caso ambos depósitos ya vienen con el aislamiento de fábrica, cumpliendo así la norma exigida.

## 7.6.- Estructura soporte

Su función simple a la vez de vital es sujetar los colectores con la inclinación y orientación calculada en el proyecto. Las características de una buena estructura soporte son las de rapidez de montaje, coste bajo y seguridad en el anclaje y sujeción.

El tipo de anclaje dependerá de la ubicación de los colectores según estén en cubierta o terraza, y dependiendo de las fuerzas que actúen sobre él como consecuencia de la presión del viento a la que se ve sometido. Especialmente debemos de tener cuidado a los esfuerzos de tracción que se producen sobre los anclajes y originado por los vientos que vienen del Norte, debido a que nuestro campo de colectores se halla orientado hacia el Sur.

Junto con la estructura soporte en sí se debe de haber realizado previamente la construcción de los muretes sobre los que se va a apoyar la estructura metálica. Estos deben de ser de hormigón armado con varillas metálicas, y con una sección mínima de  $200 \times 200 \text{ mm}$ .



También es importante dotar a la estructura de una protección contra la corrosión, en el caso generalizado en que esta sea de hierro. Igualmente los materiales de sujeción de los colectores a la estructura deben de ser protegidos de la corrosión o se de acero inoxidable.

## **7.7.- Otros elementos**

### **7.7.1.- Purgador y desaireador**

El purgador tiene como función evacuar los gases contenidos en el fluido caloportador, los cuales pueden dar lugar a la formación de bolsas que impiden la correcta circulación del fluido, además de provocar corrosiones. Para su correcto funcionamiento hay que colocar el purgador en el punto más alto de la instalación.

El desaireador asegura que los gases disueltos en el líquido sean evacuados hacia el exterior por el purgador. La forma más sencilla de lograrlo es haciendo que la fuerza centrífuga lance el agua hacia las paredes, mientras que el aire al ser más ligero se acumula en el centro y asciendo a través del mismo, siendo evacuado por el purgador que está situado en la parte superior.

El modelo elegido de desaireador funciona como se acaba de describir y es el modelo flexair 32k de Roca, el cual incluye el purgador flexvent, también de Roca.

### **7.7.2.- Manómetros**

Son los encargados de darnos el valor de la presión en el circuito, en  $\text{kg/cm}^2$  o en metros de columna de agua. En este último caso son hidrómetros.

La escala de los mismos suele estar comprendida entre 0 y  $6 \text{ kg/cm}^2$ , si bien no debe llegarse a tales presiones debido a que elementos del circuito, como puedan ser los colectores o el depósito de expansión, no suelen soportar presiones mayores de los  $4 \text{ kg/cm}^2$ .

### **7.7.3.- Termómetros y termostatos**

Los termómetros son los encargados de calcular la temperatura del fluido. Los termostatos a su vez son los encargados de transformar una lectura de temperatura en una señal eléctrica que ponga en funcionamiento un determinado mecanismo.





Ambos se pueden clasificar en dos tipos: de contacto e inmersión. Entre los primeros encontramos los de abrazadera los cuales se colocan en contacto con la tubería a través de la citada pieza. Los de inmersión en cambio van introducidos en una vaina que se coloca en el interior de la tubería, con lo que su fiabilidad es mucho mayor al ser el contacto con el fluido mucho más directo.

#### **7.7.4.- Válvulas de paso**

Son los elementos encargados de interrumpir total o parcialmente el paso del fluido a través de las conducciones. Los diferentes tipos de las válvulas son de asiento, compuerta, de bola o esfera y de mariposa:

Las válvulas de asiento poseen como elemento obturador un disco que se cierra sobre su asiento. Produce pérdidas de carga importantes, y se utilizan para regular el caudal.

Las válvulas de compuerta tienen un elemento obturador formado por una cuña. Este tipo de válvulas se utiliza como órgano de cierre y nunca como elemento de regulación.

Las válvulas de mariposa constan de un disco que hace de obturador, y provocan una pequeña pérdida de carga.

Las válvulas de bola o esfera se basan en un elemento obturador formado por una bola de acero inoxidable, la cual posee un orificio del mismo diámetro que la tubería en la que se coloca, por lo que la pérdida de carga es mínima cuando están abiertas.

#### **7.7.5.- Válvula de seguridad**

Su función es la de limitar la presión en el circuito y así proteger los componentes del mismo. En nuestro caso los puntos más delicados son el campo de colectores y el vaso de expansión, por lo que se debe de marcar a una presión inferior a la máxima soportada por los citados elementos. Su colocación está obligada por la legislación para todos aquellos circuitos sometidos a presión y a variaciones de temperatura.

---



### **7.7.6.- Válvulas antiretorno**

Son las encargadas de permitir el paso del fluido en un sentido e impedirlo en el contrario. Fundamentalmente las hay de dos tipos, de clapeta y de obús, siendo estas últimas poco aconsejables para el circuito primario debido a su elevada pérdida de carga.

### **7.7.7.- Válvulas de tres vías**

Se usan para regular la circulación por distintas conducciones según el momento, suelen estar controladas por una señal eléctrica procedente del regulador diferencial o de un termostato

**8. RESUMEN DE COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN.**

| <b>HOJA DE COMPONENTES</b> |              |   |               |           |
|----------------------------|--------------|---|---------------|-----------|
| <b>COMPONENTE</b>          | <b>Cant.</b> | <b>MARCA/MODELO</b>                           | <b>TAMAÑO</b> | <b>UD</b> |
| COLECTOR SOLAR             | 16           | CHROMAGEN CR10 SN                             | 2,6           | m2        |
| ACUMULADOR SOLAR           | 2            | Lapesa MV 2000 R                              | 1 000         | L         |
| INTERCAMBIADOR             | 1            | Alfa Laval M3/26 placas                       | 0,904         | m2        |
| BOMBA PRIMARIO             | 1            | WILO TOP –S 30-4                              | E.T.          |           |
| BOMBA SECUNDARIO           | 2            | WILO STAR RS 25-4                             | E.T.          |           |
| TUBERÍA PRIMARIO           | 1            | Cobre C.U.                                    | 35            | mm        |
| TUBERÍA SECUNDARIO         | 1            | Cobre C.U.                                    | 35            | mm        |
| VÁLV. DE CORTE             | 15           | Estándar Hidráulica - Tajo 2.000              | 35 - 18       | mm        |
| VÁLV. DE EQUILIBRADO       | 4            | Estándar Hidráulica - Tajo 2.000              | 35 - 35       | mm        |
| VÁLV. DE VACIADO           | 6            | Estándar Hidráulica - Tajo 2.000              | 18            | mm        |
| VÁLV. DE LLENADO           | 1            | Estándar Hidráulica - Tajo 2.000              | 18            | mm        |
| VÁLV. SEGURIDAD 1º         | 4            | Estándar Hidráulica - Tajo 2.000              | 18            | mm        |
| VÁLV. SEGURIDAD 2º         | 1            | Estándar Hidráulica - Tajo 2.000              | 18            | mm        |
| VÁLV. DE RETENCIÓN         | 2            | Estándar Hidráulica - Tajo 2.000              | 35 - 18       | mm        |
| PURGADOR MANUAL            | 4            | Botellín de desaire                           | 3/4"          |           |
| EXPANSIÓN CERRADA          | 1            | Caleffi                                       | 50            | lts.      |
| AISL. DEL DEP. SOLAR       | 1            | Poliuretano rígido inyectado                  | PRI de 80mm   |           |
| AISL. TUBERÍA INT.         | 1            | Armaflex SH 09                                | 9             | mm        |
| AISL. TUBERÍA EXT.         | 1            | Armaflex SH 19                                | 19            | mm        |
| CONTROL DIFERENCIAL        | 1            | RESOL E1/DF                                   |               |           |
| TERMOSTATO MÁXIMA          | 1            | Incluido en centralita (T <sup>a</sup> >55°C) |               |           |
| TERMOSTATO ANTIHIELO       | 1            | Incluido en centralita (T <sup>a</sup> <4°C)  |               |           |

Tabla 8.1.- Componentes de la instalación





## 9. DATOS DE PARTIDA

### 9.1. Datos de consumo de agua caliente sanitaria

Se considerará un consumo diario de 2200 litros por l/día y día a una temperatura de 60 °C.

| ANÁLISIS DE LA DEMANDA POR MESES (litros/día) |       |       |       |       |       |       |     |     |       |       |     |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|-------|-------|-----|-------|
|   | Ene   | Feb   | Mar   | Abr   | May   | Jun   | Jul | Ago | Sep   | Oct   | Nov | Dic   |
| CONSUMO TOTAL ACS:                            | 47740 | 55440 | 61380 | 59400 | 61380 | 33000 | 0   | 0   | 33000 | 61380 | T   | 47740 |
| Temperatura media agua de red (°C):           | 4     | 5     | 7     | 9     | 10    | 11    | 12  | 11  | 10    | 9     | 7   | 4     |

Tabla 9.1.- Consumos de A.C.S

### 9.2. Datos de calentamiento de piscina

En esta instalación se dispone de una Piscina descubierta. La demanda energética se ha estimado en función del volumen de la misma, la utilización y la situación geográfica. La superficie de la piscina es de 40 m<sup>2</sup>.

|                            |          |                |     |     |     |      |      |      |      |     |     |     |
|----------------------------|----------|----------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|-----|-----|-----|
| Área de la piscina:        | 40       | m <sup>2</sup> |     |     |     |      |      |      |      |     |     |     |
| Temperatura de la piscina: | 26       | °C             |     |     |     |      |      |      |      |     |     |     |
| Situación:                 | exterior |                |     |     |     |      |      |      |      |     |     |     |
| Fracción mensual de uso:   | Ene      | Feb            | Mar | Abr | May | Jun  | Jul  | Ago  | Sep  | Oct | Nov | Dic |
|                            | 0%       | 0%             | 0%  | 0%  | 0%  | 100% | 100% | 100% | 100% | 0%  | 0%  | 0%  |

Tabla 9.2.- Porcentaje de utilización de la piscina

Se considera una temperatura media de utilización de la piscina de 26°C.

### 9.3 Datos de condiciones climáticas.

|                |                      |
|----------------|----------------------|
| Ciudad         | León (Puente Castro) |
| Latitud        | 42,6                 |
| Zona climática | III                  |

Tabla 9.3.- Condiciones Climáticas



|   |            |                        |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |  |
|---|------------|------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--|
| Radiación horizontal media diaria:                          | 4,0        | kWh/m <sup>2</sup> día |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |  |
| Radiación en el captador media diaria                       | 4,4        | kWh/m <sup>2</sup> día |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |  |
| Temperatura media diurna anual:                             | 13,3       | °C                     |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |  |
| Temperatura mínima histórica:                               | -18        | °C                     |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |  |
|   | <b>Ene</b> | <b>Feb</b>             | <b>Mar</b> | <b>Abr</b> | <b>May</b> | <b>Jun</b> | <b>Jul</b> | <b>Ago</b> | <b>Sep</b> | <b>Oct</b> | <b>Nov</b> | <b>Dic</b> |  |
| Radiación global horizontal (kWh/m <sup>2</sup> día):       | 1,6        | 2,4                    | 3,8        | 4,8        | 5,4        | 6,1        | 6,7        | 5,8        | 4,8        | 2,9        | 1,9        | 1,3        |  |
| Radiación en el plano de captador (kWh/m <sup>2</sup> día): | 2,9        | 3,6                    | 4,7        | 4,8        | 4,8        | 5,1        | 5,8        | 5,6        | 5,5        | 4,1        | 3,4        | 2,4        |  |
| Temperatura ambiente media diaria (°C):                     | 5          | 6                      | 10         | 12         | 15         | 19         | 22         | 22         | 19         | 14         | 9          | 6          |  |
| Temperatura media agua de red (°C):                         | 4          | 5                      | 7          | 9          | 10         | 11         | 12         | 11         | 10         | 9          | 7          | 4          |  |

Tabla 9.4.- Radiaciones y Temperaturas mensuales

Los datos de Radiación media en el plano de captadores es la radiación referida a una inclinación de 45 con respecto a la horizontal y una orientación acimut de 0 con respecto a la orientación sur.

## 10. CARGA DE CONSUMO

Se establece un consumo 2200 l/día y día a una temperatura de uso de 60°C, según CTE o en su defecto ordenanzas locales y autonómicas. El consumo Diario de Agua Total en litros es de: 2200 l/día

Para la piscina el cálculo de la demanda energética para mantener la temperatura de uso fijada de 26 °C es:

| ANÁLISIS DE LAS PÉRDIDAS ENERGÉTICAS DE LA PISCINA DETALLADO POR MESES (KWh) |     |     |     |     |     |        |        |        |        |     |     |     |         |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|--------|--------|--------|--------|-----|-----|-----|---------|
|  | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun    | Jul    | Ago    | Sep    | Oct | Nov | Dic | Total   |
| Evaporación  | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 4301,9 | 4118,8 | 4024,3 | 4509,9 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 16954,9 |
| Convección   | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 881,2  | 520,3  | 515,4  | 914,3  | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 2831,2  |
| Radiación  | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 2919,0 | 2643,1 | 2606,2 | 363,5  | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 8531,8  |
| Conducción   | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 421,9  | 379,9  | 374,1  | 443,6  | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1619,5  |
| Agua repuesta  | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 335,4  | 315,7  | 335,8  | 363,5  | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1350,4  |
| <b>Total</b>   | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 8859,4 | 7977,8 | 7855,8 | 6594,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 31287,8 |

Tabla 10.1.- Pérdidas energéticas mensuales en la piscina

Se presentan a continuación los resultados de la demanda mensual.

| ANÁLISIS DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DETALLADO POR MESES (KWh) |        |        |        |        |        |        |       |        |        |        |        |        |         |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
|   | Ene    | Feb    | Mar    | Abr    | May    | Jun    | Jul   | Ago    | Sep    | Oct    | Nov    | Dic    | Total   |
| Demanda de energía (A.C.S.):                                | 3078,6 | 3511,3 | 3746,1 | 3488,5 | 3534,1 | 1862,0 | 0,0   | 0,0    | 1900,0 | 3604,8 | 3625,3 | 3078,6 | 31429,2 |
| Demanda de energía (Piscina):                               | 0,0    | 0,0    | 0,0    | 0,0    | 0,0    | 2139,0 | 429,6 | 1331,9 | 4153,2 | 0,0    | 0,0    | 0,0    | 8053,7  |
| Demanda de energía (Total):                                 | 3078,6 | 3511,3 | 3746,1 | 3488,5 | 3534,1 | 4001,0 | 429,6 | 1331,9 | 6053,2 | 3604,8 | 3625,3 | 3078,6 | 39482,9 |

## Demanda energética (KWh)

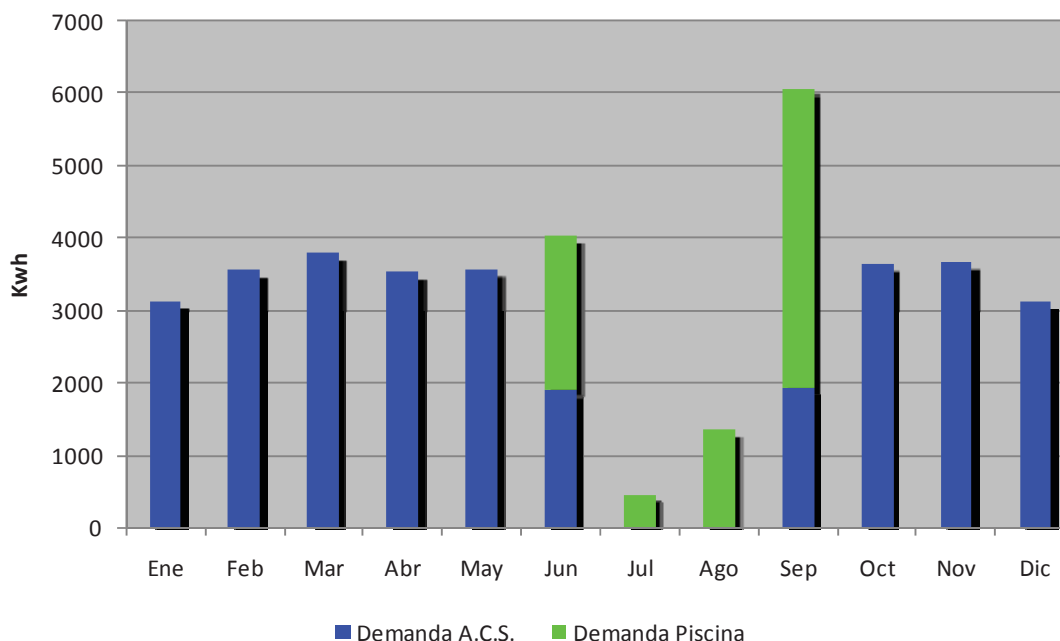


Fig. 10.2.- Demanda energética mensual A.C.S y Piscina

## 11. SUPERFICIE DE CAPTACIÓN Y VOLUMEN DE ACUMULACIÓN

La superficie de captación se dimensiona de manera que el aporte solar anual que cubra el aporte solar exigido del 50% de la demanda energética, según se indica en el “Código Técnico de la Edificación” (CTE) sin perjuicio de la normativa local o autonómica aplicable para el término municipal de Ponte Castro.

El número de captadores se ajusta de forma que se obtenga una configuración homogénea y equilibrada del campo de los mismos, lo más cercana posible en número a la superficie que cubra el requisito de demanda solar.

Para el edificio se establece una instalación de 16 captadores de 2,35 m<sup>2</sup> de superficie útil, resultando una superficie total de captación de 37,6 m<sup>2</sup>.

El grado de cobertura conseguido por la instalación de los captadores es del 67,3 %.

La acumulación de Agua Caliente Sanitaria procedente de la aportación solar se realizará mediante sistema de acumulación centralizado de 2 000 litros de capacidad total, que servirá para hacer frente a la demanda diaria.

El C.T.E., en su Documento Básico HE, Exigencia Básica HE4, Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria establece que para la aplicación de ACS, el área total de los captadores tendrá un valor tal que se cumpla la condición:  $50 < V/A < 180$

Siendo:

A la suma de las áreas de los captadores [m<sup>2</sup>];

V el volumen del depósito de acumulación solar [litros].

Este volumen de acumulación supone una relación de 53,19 litros por metro cuadrado de captadores.

A continuación se presentan los datos de aporte solares mensuales de Agua Caliente, así como una gráfica en la que se representa la necesidad mensual de energía y el aporte solar.

| ANÁLISIS DEMANDA-APORTE SOLAR DETALLADO POR MESES (KWh) |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
|   | Ene    | Feb    | Mar    | Abr    | May    | Jun    | Jul    | Ago    | Sep    | Oct    | Nov    | Dic    | Total   |
| Demanda de energía (Total):                             | 3079   | 3511   | 3746   | 3488   | 3534   | 4001   | 430    | 1332   | 6053   | 3605   | 3625   | 3079   | 3948292 |
| Aporte solar <b>A.C.S.</b> :                            | 1802,4 | 2137,9 | 2965,0 | 2857,2 | 2937,6 | 1602,0 | 0,0    | 0,0    | 539,2  | 2616,6 | 2146,8 | 1535,3 | 21140   |
| Fracción solar media <b>A.C.S.</b> :                    | -      | -      | -      | -      | -      | 86,0%  | NeuN%  | NeuN%  | 28,4%  | -      | -      | -      | 67,3    |
| Aporte solar <b>Piscina</b> :                           | -      | -      | -      | -      | -      | 3845,1 | 4520,9 | 4375,7 | 4162,6 | -      | -      | -      | 16904   |
| Fracción solar media <b>Piscina</b> :                   | 110,0% | 110,0% | 110,0% | 110,0% | 110,0% | 110,0% | 110,0% | 110,0% | 110,0% | 110,0% | 110,0% | 110,0% | 110%    |

Tabla 11.- Análisis Demanda-Aporte solar mensual

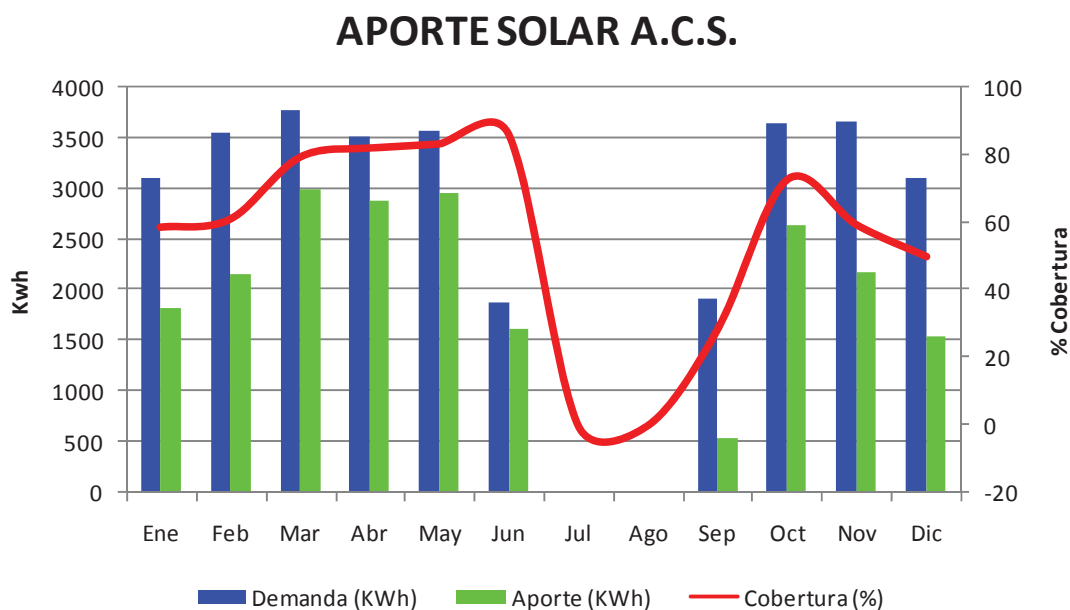


Fig.10.2.- Aporte solar A.C.S.



## APORTE SOLAR PISCINA

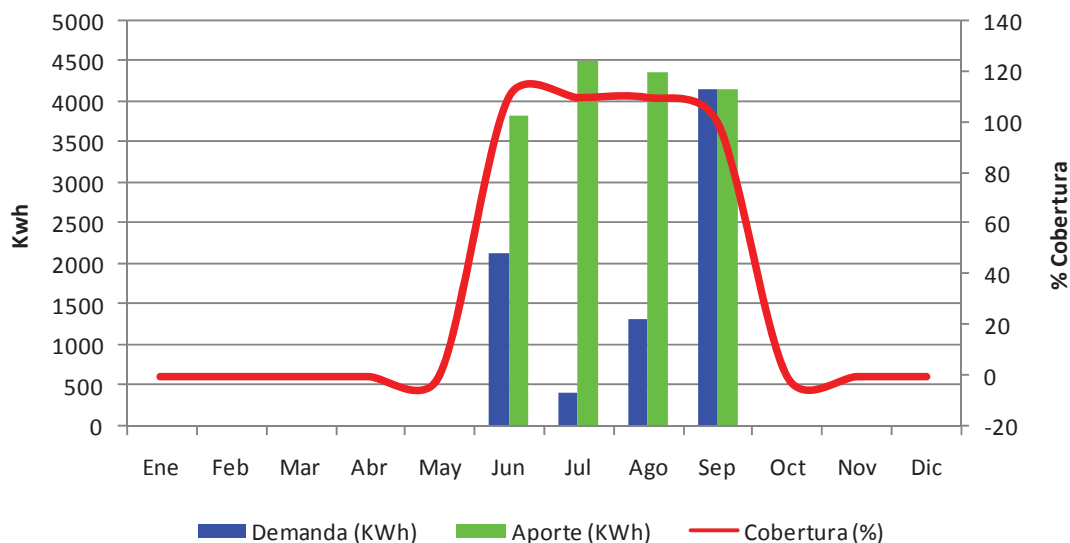


Fig.10.3.-Aporte solar piscina

## 12. CAMPO DE CAPTADORES

La instalación se ha dimensionado para 16 captadores.

|  |       |
|--|-------|
| $\eta$                                   | 0,79  |
| $K_1$ (W/m <sup>2</sup> K)               | 2,414 |
| $K_2$ (W/m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> ) | 0,049 |
| Superficie Total (m <sup>2</sup> )       | 2,51  |
| Superficie Neta (m <sup>2</sup> )        | 2,35  |

Tabla 12.1.- Características captador elegido

## 13. PÉRDIDAS POR SOMBRAS, ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN

### 13.1 Pérdidas por orientación e inclinación

Los captadores se colocarán en la cubierta del edificio, quedando orientados con una desviación de 0° con respecto al Sur y con una inclinación de 45° con respecto a la horizontal.

Se instalarán válvulas de corte a la entrada y salida de cada batería, a fin de poder aislarla del resto para posibles mantenimientos o reparaciones. Se prevén también purgadores, válvulas de seguridad y válvulas para llenado y vaciado del circuito.

La estructura soporte de los captadores se compone de perfiles prefabricados de aluminio, dimensionados por el fabricante.

La inclinación de diseño del campo de captadores es de  $\beta = 45^\circ$ . El azimut de los colectores es  $\alpha = 0^\circ$ .

Teniendo en cuenta la inclinación, la orientación del campo de captadores y la latitud de la instalación, las pérdidas debidas a la orientación e inclinación del campo son del 0,85%.

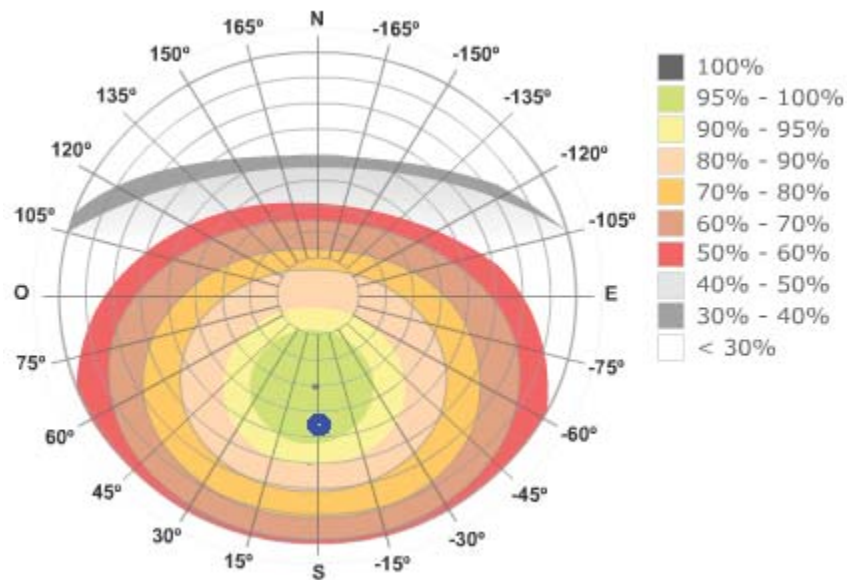


Fig.13.1.-Pérdidas por orientación e inclinación

### 13.2 Pérdidas por sombras.

Según la carta cilíndrica de la trayectoria solar (Diagrama de trayectorias del sol), una vez introducidos todos los puntos de los perfiles de los obstáculos que están situados en torno al campo de colectores, estos producirán las siguientes sombras:

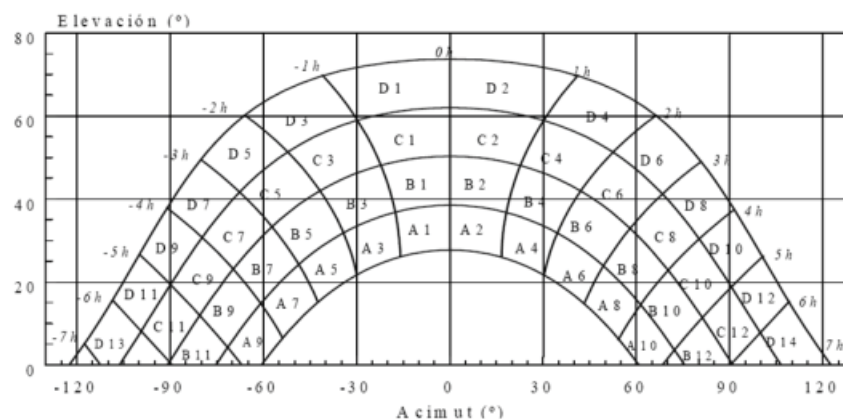


Fig.13.2.-Perdidas por sombras.

Las sombras producen unas pérdidas por sombreado a lo largo de todo el año del 0 %.



### 13.3 Pérdidas totales.

|               | SOMBRAS | ORIENTACION E INCLINACIÓN | TOTAL |
|---------------|---------|---------------------------|-------|
| Límite máximo | 10      | 10                        | 15    |
| Calculadas    | 0       | 0,85                      | 0,85  |

Tabla 13.1.-Pérdidas Totales

Según el tipo de instalación de captadores, el sumario de pérdidas por sombreado y orientación e inclinación, la instalación cumple con lo establecido en la tabla 2.4 del apartado 2.1.8 del CTE.

## 14. ACUMULACIÓN DEL CALOR SOLAR

La acumulación solar se lleva a cabo, mediante la instalación de un sistema de acumulación centralizado con un volumen de acumulación total de 2 000 litros de capacidad.

2 unidades

Acumulador de acero vitrificado

Tipo de montaje de pie

Volumen (L) 1000

Presión máxima del depósito (bar) 8

Temperatura máxima del depósito (°C) 90

Peso en vacío 200

Diámetro exterior (mm) 950

Altura (mm) 2250

Superficie del serpentín solar (m<sup>2</sup>) -

T máxima del serpentín solar (°C) -

P máxima del serpentín solar (bar) -

Diámetro de las conexiones de agua fría/caliente (pulgadas ") entrada 1-1/4"; salida 1-1/2"

## 15. SISTEMA DE INTERCAMBIO

Para realizar el intercambio de la energía absorbida por el líquido caloportador en los captadores solares al Agua Caliente Sanitaria acumulada en el depósito, se hace uso de un intercambiador de placas de de alta eficiencia.

Las condiciones nominales de diseño serán:

- Potencia: 26320,00 W
- Eficacia: 72,43 %

|                        | Circuito Primario     | Circuito Secundario |
|------------------------|-----------------------|---------------------|
| Caudal                 | 1504 l/h              | 1413 l/h            |
| Fluido de trabajo      | Agua + Propilenglicol | Agua                |
| Temperatura de entrada | 40,50 °C              | 17 °C               |
| Temperatura de salida  | 24,5 °C               | 33,00 °C            |

Tabla 15.1.- intercambiador A.C.S.

Para el circuito de piscina, se utilizará un intercambiador de placas con las siguientes características:

- Eficacia: 72,43 %

|                        | Circuito Primario     | Circuito Secundario |
|------------------------|-----------------------|---------------------|
| Caudal                 | 1504 l/h              | 1884 l/h            |
| Fluido de trabajo      | Agua + Propilenglicol | Agua                |
| Temperatura de entrada | 45 °C                 | 22 °C               |
| Temperatura de salida  | 29 °C                 | 34 °C               |

Tabla 15.2.- Intercambiador piscina

## 16. CARGAS TRANSMITIDAS POR LA ESTRUCTURA

En relación a la instalación de energía solar térmica proyectada para realizar se informa:

1. Que los captadores solares y las estructuras metálicas que las soportan, proyectadas sobre la cubierta de estos edificios suponen una carga, como peso propio de las mismas, que oscila entre los 27 y los 30 kg/m<sup>2</sup>.
2. Que estudiados el proyecto de ejecución de esta edificación se ha previsto en ella una sobrecarga de uso en el plano de cubierta de 100 kg/m<sup>2</sup> para conservación, de acuerdo con la NBE-AE-88 sobre "Acciones en la edificación".

3. Que dadas las características formales de esta instalación, la proyección horizontal ocupada por los captadores solares en cubierta no se podrá ocupar por personal de mantenimiento.
4. Que los acumuladores de Agua Caliente Sanitaria proyectados para esta instalación se sitúan sobre planta baja, no existiendo planta bajo rasante.
5. Que teniendo en cuenta todo lo anterior puede decirse que la instalación solar térmica, así proyectada no supone ningún riesgo para la estructura existente, siendo las cargas previstas inicialmente, superiores a las que resultarán una vez ejecutada la instalación solar.

## 17. CALCULO DE LA DISTANCIA ENTRE LAS FILAS DE COLECTORES

La distancia  $d$  medida sobre la horizontal entre una fila de captadores y un obstáculo de altura  $h$ , que pueda producir sombra sobre la instalación será igual o superior al valor obtenido por la expresión:

$$D = h / \text{tg}(67 - \text{latitud}) = h \times k$$

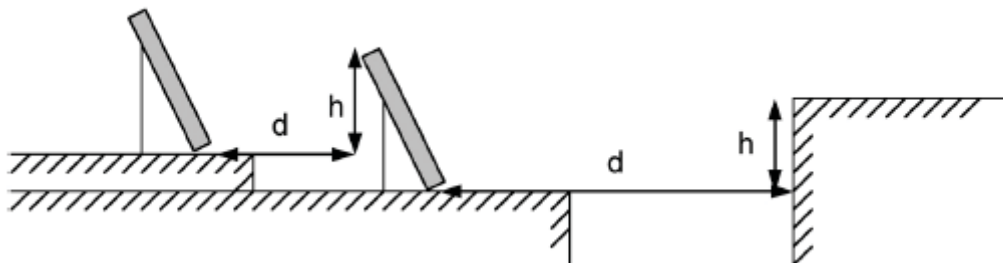


Fig.17.1.- Distancia entre filas de colectores.

$H$  es la altura del obstáculo, o diferencia de altura entre la parte alta de una fila de captadores y la baja de la siguiente.

$$D = h \times k = 1,23 \times 2,8 = 3,44 \text{ m}$$



|                |       |       |       |       |       |       |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <i>Latitud</i> | 29°   | 37°   | 39°   | 41°   | 43°   | 45°   |
| <i>k</i>       | 1,600 | 2,246 | 2,475 | 2,747 | 3,078 | 3,487 |

Tomaremos 3,50 m, como la distancia entre filas de colectores.

## 18. BOMBAS DE CIRCULACIÓN

Es el responsable de vencer la resistencia que opone el fluido a su paso por el circuito. Entre los diferentes tipos de circuladores (alternativos, rotativos y centrífugos) se ha optado por los centrífugos.

Entre los diversos modelos de cada marca hemos de seleccionar aquél que mejor se adapte a los valores que hemos calculado, es decir debe de ser capaz de suministrar una altura de 885 mm c.a en funcionamiento normal y de 1200 mm c.a en el arranque.

## 19. VASO DE EXPANSIÓN

Su finalidad es la de absorber las dilataciones del fluido caloportador, por lo que todas las instalaciones de agua caliente sanitaria deben equiparse con depósitos de expansión.

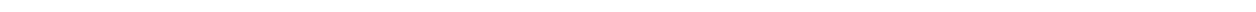
Se clasifican en depósitos de expansión abiertos o cerrados, y en cualquier caso la capacidad del mismo debe ser suficiente para admitir la expansión del líquido caloportador. Tampoco deben existir ninguna válvula en los tubos que comunican al circuito con el depósito.

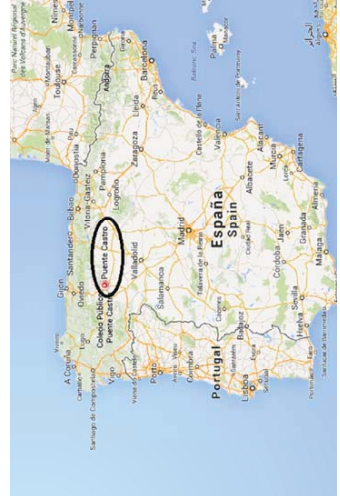
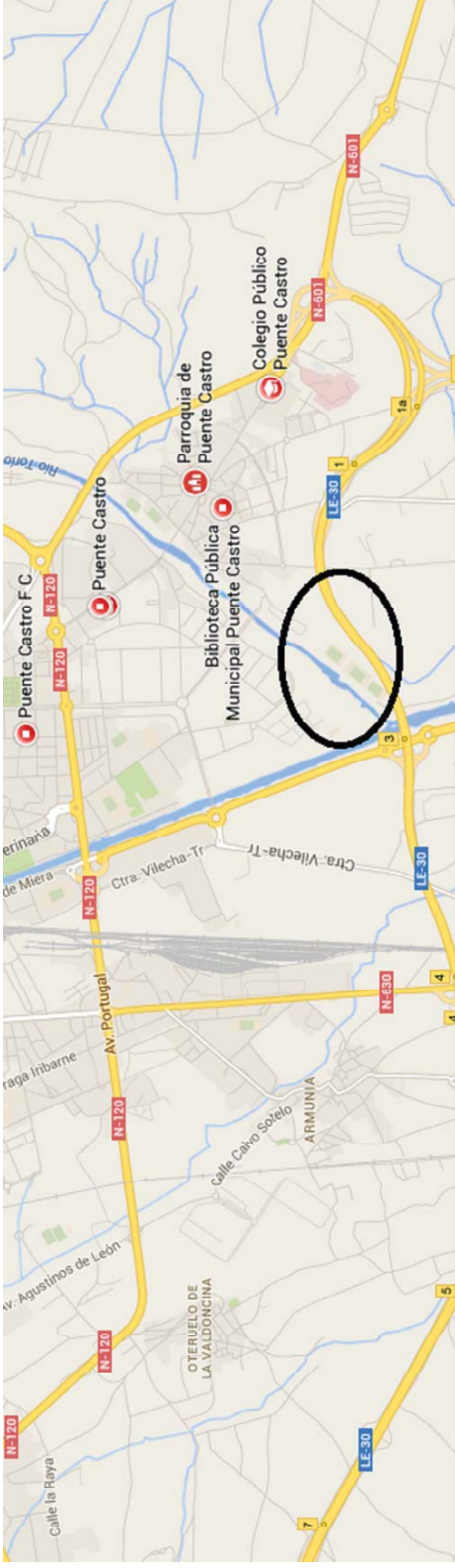
Nos hemos decantado por un depósito de expansión cerrado por sus ventajas: fácil montaje en cualquier lugar de la instalación, no requerimiento de aislamiento, no absorbe oxígeno del aire y no elimina las pérdidas por evaporación del fluido.

El volumen mínimo del depósito de expansión necesario para nuestra instalación es de 50 l



# PLANOS





UNIVERSIDAD DE LEÓN

ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS

MÁSTER EN INGENIERÍA MINERA Y DE RECURSOS ENERGÉTICOS

PROYECTO DE APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA PARA ACS Y PISCINA

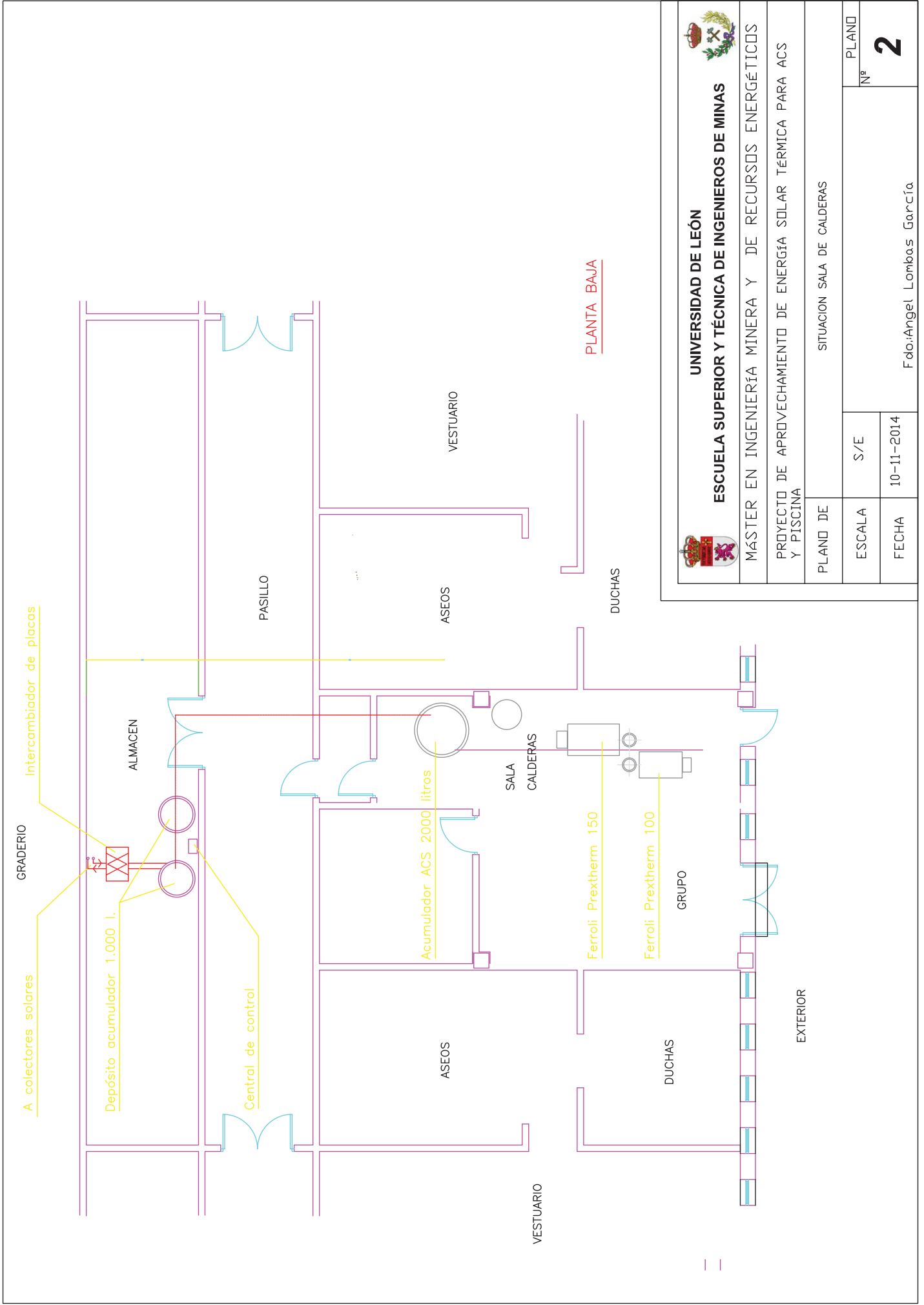
PLANO DE SITUACION

|        |            |
|--------|------------|
| ESCALA | S/E        |
| FECHA  | 10-11-2014 |

|       |    |
|-------|----|
| PLANO | Nº |
|       | 1  |

Fdo.: Angel Lombos García

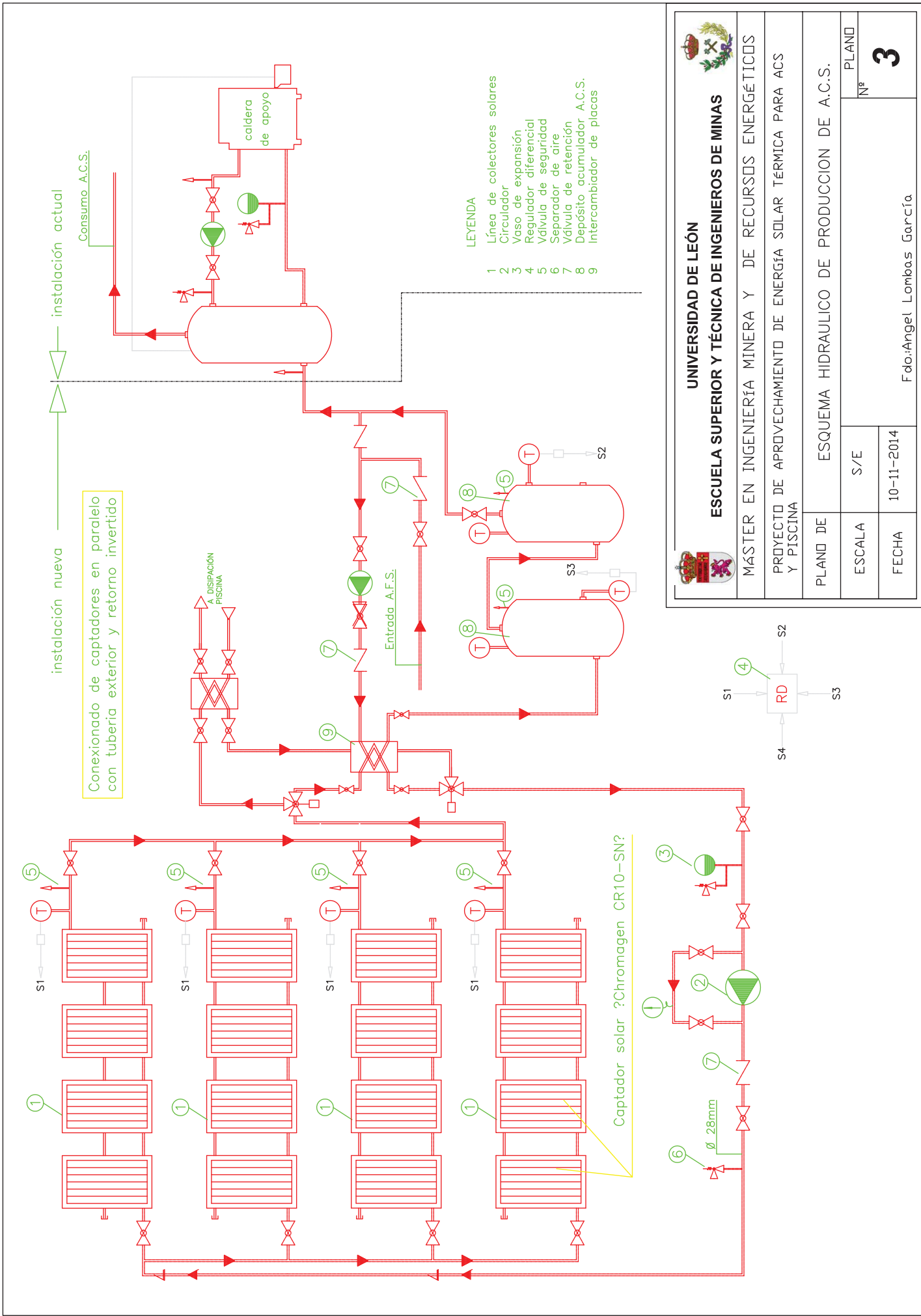





**UNIVERSIDAD DE LEÓN**  
**ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS**

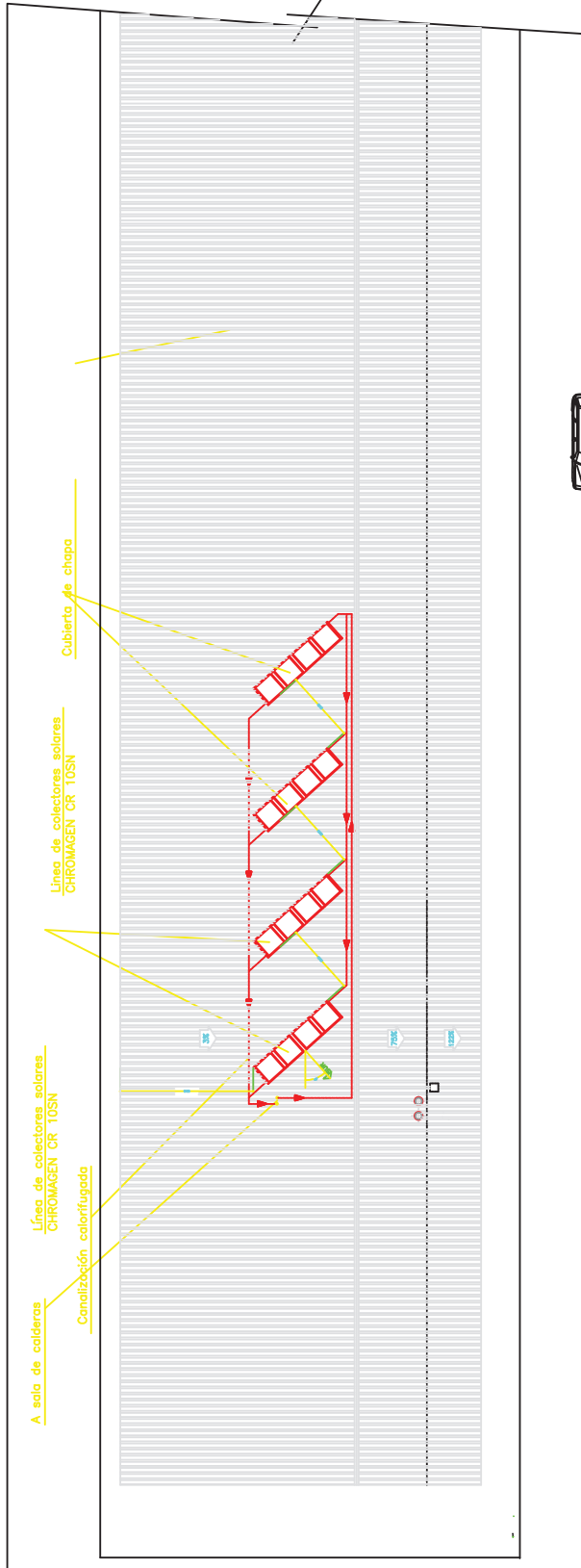


|   |                            |
|---|----------------------------|
| MASTER EN INGENIERÍA MINERA Y DE RECURSOS ENERGÉTICOS                   |                            |
| PROYECTO DE APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA PARA ACS Y PISCINA |                            |
| PLANO DE  | SITUACION SALA DE CALDERAS |
| ESCALA  | S/E                        |
| FECHA   | 10-11-2014                 |
| PLANO Nº  |                            |
| Fdo: Ángel Lombas García  |                            |
| <b>2</b>  |                            |

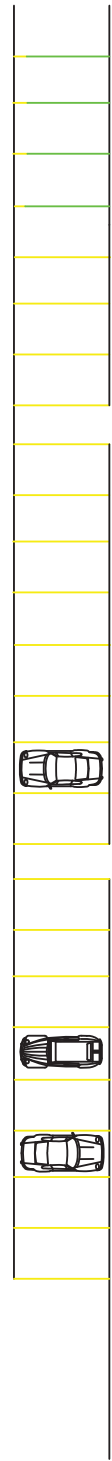


|  |  |
|--|--|
|  <b>UNIVERSIDAD DE LEÓN</b><br><b>ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS</b> |  |
| MÁSTER EN INGENIERÍA MINERA Y DE RECURSOS ENERGÉTICOS  |  |
| PROYECTO DE APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA PARA ACS Y PISCINA  |  |
| PLANO DE   | ESQUEMA HIDRAULICO DE PRODUCCION DE A.C.S. |
| ESCALA   | S/E  |
| FECHA  | 10-11-2014                                 |
| Nº   | 3  |
| Fdo.:Angel Lombos García   |  |

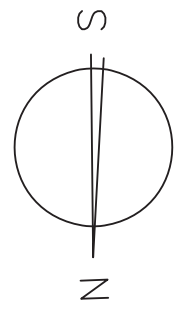
CAMPO DE FUTBOL





APARCAMIENTO



ZONA VERDE



|  |            |   |  |
|--|------------|---|--|
|  <b>UNIVERSIDAD DE LEÓN</b> |            |  |  |
| <b>ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS</b>   |            |   |  |
| <b>MÁSTER EN INGENIERÍA MINERA Y DE RECURSOS ENERGÉTICOS</b>   |            |   |  |
| <b>PROYECTO DE APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA PARA ACS Y PISCINA</b>                                 |            |   |  |
| PLANO DE   |            | SITUACION COLECTORES SOLARES EN CUBIERTA  |  |
| ESCALA   | S/E        | PLANO Nº  |  |
| FECHA  | 10-11-2014 | <b>4</b>  |  |
| Fdo: Angel Lombas García.  |            |   |  |



# PLIEGO DE CONDICIONES



## 1.- DISPOSICIONES PRELIMINARES

La legislación que deberemos de tener como punto de referencia para la realización del proyecto es la siguiente:

- Código Técnico de Edificación (CTE).
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Pliego de condiciones técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura.
- Reglamento de Recipientes a Presión (RAP).
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) y sus Instrucciones Complementaria MI.BT, incluidas las hojas de interpretación.
- Ley 31/1995 del 8 de Noviembre sobre la prevención de riesgos laborales (BOE nº 269 del 10 de Noviembre)
- Real Decreto 1627/97, de 24 de Octubre de 1997 por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción
- También se seguirá en todo lo posible otras normas como las UNE de la asociación española de normalización y certificación (AENOR), normas NTE del ministerio de obras públicas y urbanismos, y otras de organismos internacionales como las CEN o ISO, como las siguientes:
  - ✓ UNE-EN 12975-1 Sistemas solares térmicos y componentes—Captadores Solares — Parte 1: Requisitos Generales.
  - ✓ UNE-EN 12975-2 Sistemas solares térmicos y componentes—Captadores Solares — Parte 2: Métodos de Ensayo.
  - ✓ UNE-EN 12976-1. Sistemas solares térmicos y componentes—Sistemas solares prefabricados— Parte 1: Requisitos Generales
  - ✓ UNE-EN 12976-2 Sistemas solares térmicos y componentes— Sistemas solares prefabricados — Parte 2: Métodos de Ensayo.
  - ✓ UNE-EN 12977-1. Sistemas solares térmicos y componentes—Sistemas solares a medida— Parte 1: Requisitos Generales
  - ✓ UNE-EN 12977-2 Sistemas solares térmicos y componentes— Sistemas solares a medida — Parte 2: Métodos de Ensayo.
  - ✓ prEN 806-1, Specifications for installations inside buildings conveying water for human consumption — Part 1: General.



- ✓ EN 60335-1:1995, Safety of household and similar electrical appliances — Part 1: General requirements (IEC 335-1:1991 modified).
  - ✓ EN 60335-2-21, Safety of household and similar electrical appliances — Part 2: Particular requirements for storage water heaters (IEC 335-2-21:1989 + Amendments 1:1990 and 2:1990, modified).
-



## **2.- DESCRIPCIÓN DE LA OBRA**

### **Colectores**

Los colectores serán suministrados en jaulas de madera adecuadas para su traslado o elevación mediante carretillas elevadoras. Las jaulas se almacenarán depositándolas sobre suelo plano y a cubierto. En caso de almacenaje exterior, las jaulas se cubrirán para protegerlas del agua de lluvia.

En el caso de que los colectores, una vez desembalados y previamente a su montaje sobre los perfiles de apoyo, deban ser dejados de forma interina a la intemperie, se colocarán con un ángulo mínimo de inclinación de 20° y máximo de 80°, con la cubierta de cristal orientada hacia arriba. Se evitará la posición horizontal y vertical.

Hasta que los colectores no estén llenos de fluido caloportador es conveniente cubrirlos, a fin de evitar excesivas dilataciones.

### **Acumuladores de ACS y Intercambiador de placas**

Se instalarán los dos acumuladores de 1000 litros y el intercambiador de placas en un cuarto situado cerca de la sala de calderas actual.

En espera de su instalación, puede ser almacenado horizontal o verticalmente en el suelo sin desembalar, para evitar golpes.

### **Tuberías de circuitos y demás elementos**

Serán todos ellos de primera calidad, evitando que en el almacenamiento de espera para su instalación estén expuestos a daños por golpes o descubiertos de su embalaje de fábrica.

### **Materiales de acero**

Los materiales de acero empleados serán de buena calidad sin deformaciones, roturas ni otros defectos. No se admitirán empalmes ni acopladuras en las piezas que formen parte de las estructuras, tanto de las soporte-colector como de los redondos para armar el hormigón.

El límite elástico será de 24 kg/mm<sup>2</sup> como corresponde a los aceros tipo A-41



### **3.- CONDICIONES DE MATERIALES Y EQUIPOS**

#### **Materiales**

Todos los materiales serán de buena calidad y de reconocida casa comercial. Tendrán las dimensiones que indiquen los documentos del proyecto y fije la dirección facultativa.

#### **Reconocimiento de los materiales**

Los materiales serán reconocidos en obra antes de su empleo por la dirección facultativa, sin cuya aprobación no podrán ser empleados en la obra.

El contratista proporcionará a la dirección facultativa muestra de los materiales para su aprobación. Los ensayos y análisis que la dirección facultativa crea necesarios, se realizarán en laboratorios autorizados para ello.

Los accesorios, codos, latiguillos, racores, etc, serán de buena calidad y estarán igualmente exentos de defectos, tanto en su fabricación como en la calidad de los materiales empleados

### **4.- EJECUCIÓN DE LA OBRA**

#### **4.1.- Generalidades**

Las obras se ejecutarán de acuerdo con lo expuesto en el presente proyecto y a lo que dictamine la dirección de obra.

El replanteo de las instalaciones se ajustará por el director de la obra, marcando sobre el terreno claramente todos los puntos necesarios para la ejecución de la obra en presencia del instalador y según proyecto.

El instalador facilitará por su cuenta todos los elementos que sean necesarios para la ejecución de los referidos replanteos y señalamiento de los mismos, cuidando bajo su responsabilidad de la invariabilidad de las señales o datos fijados para su determinación.





Si el instalador causara algún desperfecto en las propiedades colindantes, tendrá que restaurarlas a su cuenta, dejándolas en el estado que las encontró al dar comienzo las obras de la instalación solar.

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



## **4.2.- Montaje de estructura soporte y captadores**

Deberá asegurarse la estanqueidad en los puntos de anclaje.

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

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

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

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

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

## **4.3.- Montaje del intercambiador exterior**

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

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

## **4.4.- Montaje de las bombas**

Las bombas en línea se instalarán con el eje de rotación horizontal y con espacio suficiente para que el conjunto motor-rodete pueda ser fácilmente desmontado. El



acoplamiento de una bomba en línea con la tubería podrá ser de tipo roscado hasta el diámetro DN 32.

El diámetro de las tuberías de acoplamiento no podrá ser nunca inferior al diámetro de la boca de aspiración de la bomba.

Las tuberías conectadas a las bombas en línea se soportarán en las inmediaciones de las bombas de forma que no provoquen esfuerzos recíprocos.

La conexión de las tuberías a las bombas no podrá provocar esfuerzos recíprocos (se utilizarán manguitos antivibratorios cuando la potencia de accionamiento sea superior a 700 W).

Todas las bombas estarán dotadas de tomas para la medición de presiones en aspiración e impulsión.

Todas las bombas deberán protegerse, aguas arriba, por medio de la instalación de un filtro de malla o tela metálica.

Cuando se monten bombas con prensa-estopas se instalarán sistemas de llenado automáticos.

#### **4.5.- Montaje de tuberías y accesorios**

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

Se almacenarán en lugares donde estén protegidas contra los agentes atmosféricos. En su manipulación se evitarán roces, rodaduras y arrastres que podrían dañar la resistencia mecánica, las superficies calibradas de las extremidades o las protecciones anticorrosión.



Las piezas especiales, manguitos, gomas de estanqueidad, etc., se guardarán en locales cerrados.

Las tuberías serán instaladas de forma ordenada, utilizando fundamentalmente, tres ejes perpendiculares entre sí y paralelos a elementos estructurales del edificio, salvo las pendientes que deban darse.

Las tuberías se instalarán lo más próximas posible a paramentos, dejando el espacio suficiente para manipular el aislamiento y los accesorios. En cualquier caso, la distancia mínima de las tuberías o sus accesorios a elementos estructurales será de 5 cm.

Las tuberías discurrirán siempre por debajo de canalizaciones eléctricas que crucen o corran paralelamente.

La distancia en línea recta entre la superficie exterior de la tubería, con su eventual aislamiento, y la del cable o tubo protector no deben ser inferiores a las siguientes:

- 5 cm para cables bajo tubo con tensión inferior a 1000 V.
- 30 cm para cables sin protección con tensión inferior a 1000 V.
- 50 cm para cables con tensión superior a 1000 V.

Las tuberías no se instalarán nunca encima de equipos eléctricos como cuadros o motores.

No se permitirá la instalación de tuberías en huecos y salas de máquinas de ascensores, centros de transformación, chimeneas y conductos de climatización o ventilación.

Las conexiones de las tuberías a los componentes se realizarán de forma que no se transmitan esfuerzos mecánicos.

Las conexiones de componentes al circuito deben ser fácilmente desmontables por bridas o racores, con el fin de facilitar su sustitución o reparación.



Los cambios de sección en tuberías horizontales se realizarán de forma que se evite la formación de bolsas de aire, mediante manguitos de reducción excéntricos o enrasado de generatrices superiores para uniones soldadas.

Para evitar la formación de bolsas de aire, los tramos horizontales de tubería se montarán siempre con una pendiente ascendente en el sentido de circulación, del 1%.

Se facilitarán las dilataciones de tuberías utilizando los cambios de dirección o dilatadores axiales.

Las uniones de tuberías de acero podrán ser por soldadura o roscadas. Las uniones con valvulería y equipos podrán ser roscadas hasta 2", para diámetros superiores se realizarán las uniones por bridas.

Las uniones de tuberías de cobre se realizarán mediante manguitos soldados por capilaridad.

En circuitos abiertos el sentido de flujo del agua deberá ser siempre del acero al cobre.

El dimensionado, distancia y disposición de los soportes de tubería se realizará de acuerdo con las prescripciones de UNE 100.152.

Durante el montaje de las tuberías se evitarán en los cortes para la unión de tuberías, las rebabas y escorias.

En las ramificaciones soldadas, el final del tubo ramificado no debe proyectarse en el interior del tubo principal.

Los sistemas de seguridad y expansión se conectarán de forma que se evite cualquier acumulación de suciedad o impurezas.

Las dilataciones que sufren las tuberías al variar la temperatura del fluido deben compensarse a fin de evitar roturas en los puntos más débiles, que suelen ser las uniones entre tuberías y aparatos, donde suelen concentrarse los esfuerzos de dilatación y contracción.



En las salas de máquinas se aprovecharán los frecuentes cambios de dirección, para que la red de tuberías tenga la suficiente flexibilidad y pueda soportar las variaciones de longitud.

En los trazados de tuberías de gran longitud, horizontales o verticales, se compensarán los movimientos de tuberías mediante dilatadores axiales.

#### **4.6.- Montaje del aislamiento**

El aislamiento no podrá quedar interrumpido al atravesar elementos estructurales del edificio. El manguito pasamuros deberá tener las dimensiones suficientes para que pase la conducción con su aislamiento, con una holgura máxima de 3 cm.

Tampoco se permitirá la interrupción del aislamiento térmico en los soportes de las conducciones, que podrán estar o no completamente envueltos por el material aislante.

El puente térmico constituido por el mismo soporte deberá quedar interrumpido por la interposición de un material elástico (goma, fieltro, etc.) entre el mismo y la conducción.

Después de la instalación del aislamiento térmico, los instrumentos de medida y de control, así como válvulas de desagües, volante, etc. deberán quedar visibles y accesibles.

### **5.- DISPOSICIONES FINALES**

#### **5.1.- Condiciones de contratación**

##### **Elección de componentes**

Todos los materiales utilizados en el montaje de la instalación corresponden a los de mayor fiabilidad de los que se encuentran en el mercado, cumpliendo a su vez, todas y cada una de las condiciones de trabajo a que éstos se someten.



### **Prescripciones generales de la instalación**

Se aplicarán todas las previstas en el RITE.

### **5.2.- Ejecución del proyecto**

La casa instaladora encargada de la ejecución del presente proyecto deberá tener en cuenta todas las normas que sobre el montaje existan.

Todas las obras deberán ser realizadas por personal cualificado.

#### **Plazo de ejecución**

Será fijado en el plazo de ejecución de las bases de contratación

#### **Comprobación del circuito**

Una vez terminado el montaje se efectuarán los siguientes controles:

- ✓ Verificar sentido de la bomba
- ✓ Verificar sentido de las válvulas anti-retorno
- ✓ Colocación de sondas de temperatura
- ✓ Verificar la inexistencia de fugas
- ✓ Purgar la instalación
- ✓ Comprobar la correcta puesta en marcha y parada del grupo de control
- ✓ Ajustar el caudal del circuito primario para un óptimo rendimiento
- ✓ Vigilar la presión de los circuitos y verificar, si existen o no golpes de ariete

#### **Prueba final de entrega**

Antes de dar por finalizada la ejecución del proyecto se someterá a la instalación a una prueba en iguales condiciones a las que van a ser empleadas normalmente.





### **5.3.- Condiciones facultativas**

#### **Dirección**

La dirección del montaje estará realizada en su totalidad por la persona firmante de este proyecto.

La instalación de los elementos se adecuará totalmente a los planos y documentos del presente proyecto.

Si hubiera necesidad de variar algún punto de este proyecto, será el director del montaje el único autorizado para ello.

#### **Interpretación**

La interpretación del proyecto en toda su amplitud correrá a cargo del técnico, al que la casa instaladora deberá obedecer en todo momento. Si hubiese alguna diferencia en la interpretación de las condiciones del citado proyecto, la casa instaladora deberá aceptar y obedecer la opinión del técnico.

#### **Duración de obra**

La casa instaladora abonará una determinada cantidad por cada día de retraso en la entrega de la instalación totalmente terminada.

### **5.4.- Garantías**

#### **Plazo de garantía**

El suministrador garantizará la instalación durante un periodo mínimo de 3 años, para todos los materiales utilizados y el procedimiento empleado en su montaje.



Sin perjuicio de cualquier posible reclamación a terceros, la instalación será reparada de acuerdo con estas condiciones generales si ha sufrido una avería a causa de un defecto de montaje o de cualquiera de los componentes, siempre que haya sido manipulada correctamente de acuerdo con lo establecido en el manual de instrucciones.

La garantía se concede a favor del comprador de la instalación, lo que deberá justificarse debidamente mediante el correspondiente certificado de garantía, con la fecha que se acredite en la certificación de la instalación.

Si hubiera de interrumpirse la explotación del suministro debido a razones de las que es responsable el suministrador, o a reparaciones que el suministrador haya de realizar para cumplir las estipulaciones de la garantía, el plazo se prolongará por la duración total de dichas interrupciones.

La garantía comprende la reparación o reposición, en su caso, de los componentes y las piezas que pudieran resultar defectuosas así como la mano de obra empleada en la reparación o reposición durante el plazo de vigencia de la garantía.

Quedan expresamente incluidos todos los demás gastos, tales como tiempos de desplazamiento, medios de transporte, amortización de vehículos y herramientas, disponibilidad de otros medios y eventuales portes de recogida y devolución de los equipos para su reparación en los talleres del fabricante.

Asimismo se deben incluir la mano de obra y materiales necesarios para efectuar los ajustes y eventuales reglajes del funcionamiento de la instalación.

Si en un plazo razonable, el suministrador incumple las obligaciones derivadas de la garantía, el comprador de la instalación podrá, previa notificación escrita, fijar una fecha final para que dicho suministrador cumpla con sus obligaciones. Si el suministrador no cumple con sus obligaciones en dicho plazo último, el comprador de la instalación podrá, por cuenta y riesgo del suministrador, realizar por sí mismo o contratar a un tercero para realizar las oportunas reparaciones, sin perjuicio de la ejecución del aval prestado y de la reclamación por daños y perjuicios en que se hubiere incurrido el suministrador.



La garantía podrá anularse cuando la instalación haya sido reparada, modificada o desmontada, aunque sólo sea en parte, por personas ajenas al suministrador o a los servicios de asistencia técnica de los fabricantes no autorizados expresamente por el suministrador.

Cuando el usuario detecte un defecto de funcionamiento en la instalación, lo comunicará fehacientemente al suministrador. Cuando el suministrador considere que es un defecto de fabricación de algún componente lo comunicará fehacientemente al fabricante.

Las averías de las instalaciones se repararán en su lugar de ubicación por el suministrador. Si la avería de algún componente no pudiera ser reparada en el domicilio del usuario, el componente deberá ser enviado al taller oficial designado por el fabricante por cuenta y a cargo del suministrador.

El suministrador realizará las reparaciones o reposiciones de piezas a la mayor brevedad posible una vez recibido el aviso de avería, pero no se responsabilizará de los perjuicios causados por la demora en dichas reparaciones siempre que sea inferior a 15 días naturales

### **Recepción definitiva**

Al cumplirse el plazo de garantía, se procederá a la recepción definitiva, mediante las pruebas consiguientes. Si los resultados fueran satisfactorios, se levantará acta en la que se hará constar el resultado de las demás pruebas unificadas durante el período de garantía.

## **5.5.- Tramitación**

### **Tramitación oficial**



Serán por cuenta del contratista los trámites necesarios entre los organismos interesados para la legalización de la instalación.

Todos los gastos, incluidas las copias del proyecto que se produzcan, serán también por su cuenta.

Será responsable de cualquier demora que dé lugar los fallos en esta tramitación.



# PRESUPUESTO

## 1. PRESUPUESTOS POR PARTIDAS GLOBALES

| <b>COSTE DE LOS COLECTORES</b> |                                 |                 |              |
|--------------------------------|---------------------------------|-----------------|--------------|
| CANTIDAD                       | COMPONENTE                      | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL |
| 16€                            | Colectores de placa plana solar | 518€            | 8288€        |

Tabla 1.1.- Coste Colectores

| <b>COSTE DE LA ESTRUCTURA DE ANCLAJE</b> |   |                 |              |
|--|---|-----------------|--------------|
| CANTIDAD                                 | COMPONENTE  | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL |
| 4  | Estructura para el montaje de de grupos de 4 colectores | 250€            | 1000€        |

Tabla 1.2.- Coste Estructura de anclaje

| <b>COSTE DEL DEPÓSITO ACUMULADOR Y INTERCAMBIADOR</b> |  |                 |              |
|---|--|-----------------|--------------|
| CANTIDAD  | COMPONENTE                             | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL |
| 2   | Acumulador de 100 litros               | 1800€           | 3600€        |
| 1   | Intercambiador de placas externo P21kw | 500€            | 500€         |

Tabla 1.3.-Coste Acumulador y Intercambiador

| <b>COSTE DE TUBERIA Y ACCESORIOS</b> |  |                 |              |
|--------------------------------------|--|-----------------|--------------|
| CANTIDAD                             | COMPONENTE   | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL |
| 103                                  | Tubería de cobre D= 35mm   | 6€              | 618€         |
| 15                                   | Tubería H. Galvanizado   | 6€              | 90€          |
| P.A.                                 | Diverso material de conexionado, juntas, manguitos, T, codos, curvas.. |                 | 500€         |

Tabla 1.4.- Coste Tubería y Accesorios.

| <b>COSTE DEL VASO DE EXPANSIÓN</b> |   |                 |              |
|------------------------------------|---|-----------------|--------------|
| CANTIDAD                           | COMPONENTE                                  | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL |
| 1                                  | Depósito de expansión cerrado de 50 litros. | 68,6€           | 68,6€        |

Tabla 1.5.-Coste Vaso Expansión

| <b>COSTE DEL ELEMENTO ELECTROCIRCULADOR</b> |   |                 |              |
|---|---|-----------------|--------------|
| CANTIDAD                                    | COMPONENTE                                | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL |
| 1   | Bomba de circulación Wilo Top-S 30-40     | 791€            | 791€         |
| 1   | Bomba de recirculación Wilo Star RS-25/4  | 108€            | 108€         |
| 1   | Bomba de intercambiador Wilo Star RS-25/4 | 108€            | 108€         |

Tabla 1.6.- Coste Elemento Electrocirculador

| <b>COSTE DE LAS VÁLVULAS Y OTROS ELEMENTOS DEL CIRCUITO HIDRÁULICO</b> |                                 |                 |              |
|--|---------------------------------|-----------------|--------------|
| CANTIDAD   | COMPONENTE                      | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL |
| 15   | Válvulas de bola                | 4€              | 60€          |
| 1  | Válvula de retención de clapeta | 6€              | 6€           |
| 1  | Válvula mezcladora              | 450€            | 450€         |
| 1  | Contador de calorías            | 300€            | 300€         |
| 1  | Reductora de Presión            | 70€             | 70€          |
| 4  | Purgador                        | 5,5€            | 22€          |
| 3  | Manómetro                       | 12€             | 36€          |
| 3  | Termómetro                      | 12€             | 36€          |

Tabla 1.7.- Coste Válvulas y otros elementos del Circuito Hidráulico.

| <b>COSTE DEL LÍQUIDO ANTICONGELANTE</b> |                               |                 |              |
|---|-------------------------------|-----------------|--------------|
| CANTIDAD                                | COMPONENTE                    | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL |
| 5(125 l.)                               | Líquido anticongelante (25l.) | <b>60 €</b>     | <b>300€</b>  |

Tabla 1.8.- Coste líquido anticongelante

| <b>COSTE DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL</b> |   |                 |              |
|---|---|-----------------|--------------|
| CANTIDAD  | COMPONENTE  | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL |
| 1   | Termostato diferencial con sondas de inmersión y regulación de la variación de la temperatura.  | 400€            | 400€         |
| P.A.  | Pequeño material eléctrico para la realización del automatismo, pilotos de señalización, cajas estancas, diferenciales, caja para el cuadro de mando, ... |                 | 300€         |
| P.A.  | Cable flexible de diversas secciones (3x1.5, 2x1, 3x1)  |                 | 250€         |

Tabla 1.9.- Coste sistema eléctrico y de control

| <b>COSTE DE MATERIAL DE AISLAMIENTO</b> |   |                 |              |
|---|---|-----------------|--------------|
| CANTIDAD                                | COMPONENTE  | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL |
| 103 m.                                  | Coquilla SH/ARMAFLEX de 28 mm.                                    | 4€              | 412€         |
| 5                                       | Pintura (5l.)   | 50€             | 250€         |
| P.A.                                    | Casquetes aislantes desmontables, flejes para la unión, juntas,.. |                 | 80€          |

Tabla 1.10.- Coste material de aislamiento



| <b>COSTE DE PINTURA</b> |                               |                 |              |
|-------------------------|-------------------------------|-----------------|--------------|
| CANTIDAD                | COMPONENTE                    | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL |
| 3                       | Pintura antioxidante (5 l.)   | 40€             | 120€         |
| 3                       | Pintura de imprimación ( 5l.) | 27€             | 81€          |
| 2                       | Disolvente (2 l.)             | 7€              | 14€          |

Tabla 1.11.-Coste Pintura

| <b>TRANSPORTE DE MATERIAL A PIE DE OBRA</b> |  |                 |              |
|---|--|-----------------|--------------|
| CANTIDAD                                    | COMPONENTE   | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL |
| P.A.  | Colocación de colectores y estructuras en cubierta | 600€            | 600€         |

Tabla 1.12.- Coste Transporte material

| <b>MANO DE OBRA DE LA INSTALACIÓN</b> |          |                 |              |
|---------------------------------------|----------|-----------------|--------------|
| CANTIDAD                              | CONCEPTO | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL |
| 80 horas                              | Oficial  | 25€             | 2000€        |
| 80 horas                              | Peón     | 15€             | 1200€        |

Tabla 1.13.-Coste mano de obra

| <b>COSTE PROYECTO Y DIRECCIÓN TÉCNICA</b> |                              |                 |              |
|---|------------------------------|-----------------|--------------|
| CANTIDAD                                  | CONCEPTO                     | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL |
| 1   | Proyecto y dirección de obra | 900€            | 900€         |

Tabla 1.14.- Coste Proyecto y Dirección de obra.



## 2. PRESUPUESTO TOTAL.

| <b>Presupuesto para un sistema de aprovechamiento de energía solar térmica para A.C.S y piscina en área deportiva</b> |                     |
|---|---------------------|
| <b>Partida</b>  | <b>Precio total</b> |
| Coste de los colectores   | 8288€               |
| Coste de la estructura de anclaje   | 1000€               |
| Coste del depósito acumulador y intercambiador  | 4100€               |
| Coste de tubería y accesorios   | 1208€               |
| Coste del vaso de expansión   | 68,6€               |
| Coste del elemento electrocircular  | 1007€               |
| Coste de las válvulas y otros elementos del circuito hidráulico.  | 1050€               |
| Coste del líquido anticongelante  | 300€                |
| Coste del sistema eléctrico y de control  | 950€                |
| Coste del material de aislamiento   | 742€                |
| Coste de Pintura  | 215€                |
| Transporte del material a pie de obra   | 600€                |
| Mano de obra de la instalación  | 3200€               |
| Coste Proyecto y Dirección Técnica  | 900€                |
| <b>COSTE TOTAL PRESUPUESTO</b>  | <b>23560€</b>       |
| I.V.A.  | 4947,6€             |
| <b>TOTAL</b>  | <b>28507,6€</b>     |

Tabla 2.1.- Presupuesto Total