

Universidad de **Cádiz**

Proyectos de fin de carrera de **Ingeniería Química**

Facultad: CIENCIAS

Titulación: INGENIERÍA QUÍMICA

Título: Diseño de la instalación de la calefacción
del salón de actos de la Facultad de Ciencias

Autor: José Alberto ALÍAS GAMERO

Fecha: Septiembre 2005





INTRODUCCIÓN

La realización del presente Proyecto responde a la necesidad de darle solución al problema que se plantea cuando en invierno, el frío, impide el uso habitual (con la comodidad necesaria) del Salón de Actos de la Facultad de Ciencias. No podemos olvidar que el recinto en cuestión ya dispone de aire acondicionado para la época estival. Así, para el desarrollo de las actividades para las que fue diseñada la instalación se pretende dotar de un sistema de calefacción a dicho Salón de Actos que permita su uso normal también en la época invernal.

De este modo, y después de un estudio analítico de las soluciones posibles, este Proyecto contempla la calefacción por Suelo Radiante y la calefacción mediante impulsión de Aire Caliente como las dos mejores alternativas para solucionar el citado problema.

La eficacia del sistema, el ahorro energético y el respeto por el medio ambiente son los principales criterios a favor de una calefacción por Suelo Radiante en un Salón de Actos con una altura de techo elevada. Y es que, además, el Suelo Radiante es un sistema de calefacción a baja temperatura, lo que permite su uso conjunto con captadores solares. Mientras que la calefacción por Aire Caliente tiene su principal ventaja en que requiere de una inversión inicial pequeña debido a que utiliza elementos que ya se encuentran instalados.

La calefacción mediante Suelo Radiante no es precisamente un sistema de calefacción moderno. Los primeros vestigios de sistemas por superficies radiantes datan de hace unos 3.000 años, fueron los romanos en el siglo I a.d.C. los que importaron esta técnica de la actual Turquía (Anatolia), dotando a sus termas de pavimentos calientes. En la península ibérica, sobre todo en Castilla, existen viviendas con estancias llamadas «glorias», las cuales se caldeaban, y hoy todavía lo hacen, utilizando la misma técnica del llamado «hypocausto» romano.

Las calefacciones por tuberías de agua caliente empotradas se conocen y se han ejecutado al menos desde principios del siglo XX, pero el gran desarrollo de las calefacciones por Suelo Radiante se produce con la aparición de las tuberías flexibles termoplásticas; estas tuberías presentan una mayor facilidad de manejo e instalación, e incluso más fiabilidad que las tuberías de hierro, y son más baratas que las tuberías de cobre. La posibilidad de calentar el agua en calderas y hacerla circular mediante electrobombas por las tuberías de plástico embutidas en el suelo permite la penetración comercial de esta técnica en el sector del acondicionamiento ambiental de edificios. En la actualidad es un sistema en expansión en España.

Además, como se ha dicho previamente, el presente Proyecto considera un sistema alternativo al anterior para la calefacción del Salón de Actos, este sistema de calefacción alternativo consiste en introducir una corriente de Aire Caliente a través de los conductos y elementos terminales que hay ya instalados en dicho Salón de Actos. El calentamiento de la corriente de aire se realiza gracias a la instalación de una serie de resistencias eléctricas, consiguiéndose de este modo un uso anual de la maquinaria y elementos que hasta ahora sólo tenían un uso estival.

Se trata por tanto de dos sistemas de calefacción totalmente contrapuestos, cuyas principales características se resumen a continuación:

- La distribución de temperaturas alcanzada por Suelo Radiante es la que más se aproxima a la ideal, es decir, mantiene los pies calientes y la cabeza despejada. Esto es particularmente importante en un edificio con una altura hasta el techo elevada como el Salón de Actos. Con un sistema de calefacción por aire caliente sólo conseguiríamos que el calor se acumulara en las zonas más cercanas al techo, así pues, la distribución de temperaturas es la peor en este caso.
- En un local calefactado por Suelo Radiante la temperatura es muy uniforme. No existen zonas frías y zonas calientes como ocurre en calefacciones por aire.

- Mientras que la emisión del calor mediante Suelo Radiante es principalmente por Radiación, usando una corriente de Aire Caliente sería principalmente por Convección. Los estudios demuestran que en el intervalo de temperatura ambiente de 20 a 28 °C el cuerpo humano intercambia un 30% de calor por convección frente a un 45% por radiación. Luego calentando superficies grandes aumentaremos la eficacia de los intercambios entre el cuerpo y el entorno.
- Con Suelo Radiante la velocidad de circulación del aire no supera los 0,05 m/s con lo que no hay movimientos de polvo ni ennegrecimiento de paredes y cortinas. Desde el punto de vista de la salud disminuye la probabilidad de contraer afecciones respiratorias y evita el dolor de cabeza y aturdimiento provocado por aire excesivamente caliente alrededor de la cabeza.
- Una de las principales ventajas de un sistema radiante es el ahorro energético que produce, y en un país, dependiente energéticamente del exterior, la difusión de tecnologías de ahorro energético contribuye sensiblemente a la disminución de esa dependencia y de la factura energética. Las causas de este ahorro energético se detallan en la Memoria del presente Proyecto (Cap. 7), y son:
 - Se emplea conjuntamente con Energía Solar,
 - Requiere una menor temperatura en el agua de distribución,
 - Requiere una menor temperatura del aire del ambiente del recinto a calefactar,
 - Menores temperaturas del aire en contacto con el techo,
 - Mejor aprovechamiento de las aportaciones gratuitas de calor y
 - Mayor capacidad de redistribución del calor.
- La energía solar es una energía atractiva. Representa el futuro y una actitud respetuosa con la naturaleza y el entorno humano. Promueve el beneficio al medio ambiente y, en consecuencia, también a la sociedad. El sistema de calefacción del Salón de Actos mediante Suelo Radiante, conjuntamente con el empleo de la Energía Solar, está de acorde con esta idea, porque la energía que menos contamina es la que no se utiliza.

- En este caso concreto podría incluirse una ventaja extra a la hora de instalar la calefacción mediante Suelo Radiante en el Salón de Actos de la Facultad de Ciencias, ya que dicha instalación podría utilizarse como práctica de laboratorio. Se presenta, así pues, una oportunidad única para incluir con fines didácticos dentro de las ingenierías el estudio una de las energías renovables más importantes y con más futuro a corto plazo.

No obstante lo anterior, la instalación de calefacción por Suelo Radiante requiere de una mayor inversión económica inicial en comparación con el sistema de calefacción por Aire Caliente, aunque la administración incentiva económicamente mediante subvenciones directas que reducen el precio de adquisición de la instalación y la subsidiación de gastos financieros que permiten acceder a préstamos de bajo o nulo coste. En este sentido hay que ver la calefacción por Suelo Radiante como una inversión a largo plazo, que si bien requiere una inversión inicial mayor, al cabo del tiempo estaremos obteniendo beneficios, y más teniendo en cuenta el creciente precio de la energía. Además, mientras tanto, estaremos disfrutando del mejor sistema de calefacción para nuestro Salón de Actos.

Todos estamos de acuerdo con el papel tan importante que la Universidad tiene dentro de la sociedad. Así, la Facultad de Ciencias, en representación de la Universidad de Cádiz, en este caso, dispone de una oportunidad inmejorable de dar ejemplo apostando por la diversificación y el ahorro de la energía.

En este Proyecto se desarrollan los dos sistemas elegidos, aportando los Planos y los cálculos de Cargas Térmicas, Captadores Solares, Tuberías, Intercambiador de Calor, Caldera, Bombas, etc.

Y finaliza con la valoración del Proyecto que se cifra en 18.963 € para el Suelo Radiante y en 1.984,62 € para la calefacción por Aire Caliente. Donde no están incluidos los gastos de la mano de obra, por transporte y las obras de albañilería.

ÍNDICE GENERAL

MEMORIA

	<u>Página</u>
CAPÍTULO 1.- Generalidades	16
CAPÍTULO 2.- Definición del Entorno Físico del Edificio. Descripción Arquitectónica del Edificio	20
CAPÍTULO 3.- Calidad de los Cerramientos	23
CAPÍTULO 4.- Condiciones Exteriores de Cálculo	30
CAPÍTULO 5.- Condiciones Interiores de Cálculo	34
CAPÍTULO 6.- Cálculo de Cargas Térmicas	39
CAPÍTULO 7.- Sistemas de Climatización Elegidos	42
CAPÍTULO 8.- Suelo Radiante	67
CAPÍTULO 9.- Calefacción por Impulsión de Aire Caliente	139
CAPÍTULO 10.- Comparación entre Ambos Sistemas	150
ANEXO 1.- Correspondiente al Cap. 6: Cálculo de Cargas Térmicas	157
ANEXO 2.- Correspondiente al Cap. 8: Suelo Radiante	164
APÉNDICE 1.- Correspondiente al Cap. 8: Suelo Radiante. Tablas y Gráficas de Apoyo.	179
APÉNDICE 2.- Correspondiente al Cap. 9: Calefacción por Impulsión de Aire Caliente. Gráficas y Figuras de Apoyo.	192
BIBLIOGRAFÍA	198

PLIEGO DE CONDICIONES

	<u>Página</u>
CAPÍTULO 1.- Objeto y Alcance del Proyecto, Ámbito de Aplicación y Normativa Aplicable.....	206
CAPÍTULO 2.- Pliego de Condiciones Generales.	210
CAPÍTULO 3.- Pliego de Condiciones Particulares.	243

PRESUPUESTO

CAPÍTULO 1.- Presupuesto del Suelo Radiante.	306
CAPÍTULO 2.- Presupuesto de la Calefacción por Aire Caliente.	315

PLANOS

- PLANO N° 01:** Plano General de la Facultad de Ciencias.
- PLANO N° 02:** Plano Gral. de la Planta Baja de la F. de Ciencias.
- PLANO N° 03:** Planta del Salón de Actos.
- PLANO N° 04:** Planta del Sótano del Salón de Actos.
- PLANO N° 05:** Plano de la Sección del Salón de Actos.
- PLANO N° 06:** Esquema General de la Intalación.
- PLANO N° 07:** Plano de la Sección del Salón de Actos con Filas de
Captadores.
- PLANO N° 08:** Plano del Campo de Captadores. Tejado del Salón de Actos.
- PLANO N° 09:** Distribución de las tuberías por debajo del Suelo del Salón
de Actos.
- PLANO N° 10:** Vista General 3D de la Instalación y Detalle del Almacén.
- PLANO N° 11:** Esquema de Control 1.
- PLANO N° 12:** Esquema de Control 2.
- PLANO N° 13:** Depósito de Inercia.
- PLANO N° 14:** Bombas de Impulsión.
- PLANO N° 15:** Intercambiador de Calor de Placas.

PLANO N° 16: Soportación de las Tuberías.

PLANO N° 17: Corte en Sección del Solado del Salón de Actos.

ÍNDICE DE LA MEMORIA

CAPÍTULO 1.- GENERALIDADES.

- 1.1.- ANTECEDENTES.
- 1.2.- OBJETO DEL PROYECTO.

CAPITULO 2.- DEFINICIÓN DEL ENTORNO FÍSICO DEL EDIFICIO. DESCRIPCIÓN ARQUITECTÓNICA DEL EDIFICIO.

- 2.1.- SITUACIÓN.
- 2.2.- DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO.

CAPITULO 3.- CALIDAD DE LOS CERRAMIENTOS.

- 3.1.- DEFINICIÓN DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS.
- 3.2.- CÁLCULO DEL COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSMISIÓN DE CALOR K_G DEL EDIFICIO.

CAPÍTULO 4.- CONDICIONES EXTERIORES DE CÁLCULO.

- 4.1.- INTRODUCCIÓN.
- 4.2.- VALORES DE PROYECTO.

CAPÍTULO 5.- CONDICIONES INTERIORES DE CÁLCULO.

- 5.1.- ZONA DE CONFORT.
- 5.2.- VALORES DE PROYECTO.
- 5.3.- INFILTRACIONES Y VENTILACIÓN.
- 5.4.- RUIDO.
- 5.5.- VELOCIDAD DEL AIRE.

CAPÍTULO 6.- CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS.

6.1.- TIPOS DE CARGA TÉRMICA.

6.2.- MÉTODO DE CÁLCULO EMPLEADO.

- ANEXO 1 A LA MEMORIA.

CAPÍTULO 7.- SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN ELEGIDOS.

7.1.- TIPOS DE SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN.

7.2.- ¿CÓMO SELECCIONAR EL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN?.

7.2.1.- VALORACIONES ENERGÉTICAS Y AMBIENTALES.

7.2.2.- VALORACIONES DE EXPLOTACIÓN Y CONTROL.

7.2.3.- VALORACIONES DE SEGURIDAD.

7.3.- SISTEMAS DE CALEFACCIÓN ESCOGIDOS.

7.3.1.- EL SUELO RADIANTE.

7.3.2.- CALEFACCIÓN POR IMPULSIÓN DE AIRE CALIENTE.

CAPÍTULO 8.- SUELO RADIANTE.

8.1.- CIRCUITO PRIMARIO.

8.1.1.- CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS.

8.1.2.- CÁLCULO SUPERFICIE DE CAPTADORES SOLARES.

8.1.3.- RENDIMIENTO DEL COLECTOR SOLAR.

8.1.4.- OBTENCIÓN DEL Nº DE CAPTADORES POR OTRO PROCEDIMIENTO.

8.1.5.- CÁLCULO DE LA BOMBA PARA EL CIRCUITO PRIMARIO.

8.1.6.- AISLAMIENTO DE TUBERÍAS.

8.1.7.- CÁLCULO DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR.

8.1.8.- CÁLCULO DEL VASO DE EXPANSIÓN.

8.2.- CIRCUITO SECUNDARIO.

8.2.1.- VOLUMEN DEL ACUMULADOR DE INERCIA.

- 8.2.2.- BOMBA DEL CIRCUITO SECUNDARIO.
- 8.3.- CIRCUITO DE CONSUMO DE ENERGÍA.
 - 8.3.1.- SISTEMA DE ENERGÍA DE APOYO.
 - 8.3.2.- BOMBA DEL CIRCUITO DE CONSUMO.
 - 8.3.3.- DISTRIBUCIÓN DEL TUBO PARA EL SUELO RADIANTE.
 - 8.3.4.- EL DISTRIBUIDOR.
 - 8.3.5.- CÁLCULO DE LOS CAUDALES DE AGUA.
- 8.4.- SISTEMA DE CONTROL.
 - 8.4.1.- REGULACIÓN DEL CIRCUITO PRIMARIO Y SECUNDARIO.
 - 8.4.2.- REGULACIÓN DEL SUELO RADIANTE.
- 8.5.- OPERACIONES DE MANTENIMIENTO.
 - 8.5.1.- SUPERVISIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL SISTEMA.
 - 8.5.2.- FALLOS MÁS HABITUALES DE CADA SUBSISTEMA.

- ANEXO 2 A LA MEMORIA.

- APÉNDICE 1 A LA MEMORIA.

CAPÍTULO 9.- CALEFACCIÓN POR IMPULSIÓN DE AIRE CALIENTE.

- 9.1.- CAUDALES DE AIRE Y TEMPERATURA DE IMPULSIÓN.
- 9.2.- CONEXIONADO ELÉCTRICO DE LAS BATERÍAS.
 - 9.2.1.- CONEXIONADO ELÉCTRICO DE FUERZA.
 - 9.2.2.- CONEXIONADO ELÉCTRICO DE MANIOBRA.

- APÉNDICE 2 A LA MEMORIA.

CAPÍTULO 10.- COMPARACIÓN ENTRE AMBOS SISTEMAS.

- ANEXOS**ANEXO 1.- CORRESPONDIENTE AL CAPÍTULO 6: CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS.**

1.1.- CÁLCULO DE LAS CARGAS TÉRMICAS EN INVIERNO.

ANEXO 2.- CORRESPONDIENTE AL CAPÍTULO 8: SUELO RADIANTE.

2.1.- CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS.

2.2.- CÁLCULO DE SUPERFICIE DE CAPTADORES.

2.3.- RENDIMIENTO DEL COLECTOR SOLAR.

2.4.- OBTENCIÓN DEL NÚMERO DE CAPTADORES POR OTRO PROCEDIMIENTO.

- APÉNDICES

APÉNDICE 1: CORRESPONDIENTE AL CAPÍTULO 8: SUELO RADIANTE. TABLAS Y GRÁFICAS DE APOYO.

APÉNDICE 2: CORRESPONDIENTE AL CAPÍTULO 9: CALEFACCIÓN POR IMPULSIÓN DE AIRE CALIENTE. GRÁFICAS Y FIGURAS DE APOYO.

- BIBLIOGRAFÍA

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

CAPÍTULO 1.- GENERALIDADES.

1.1.- ANTECEDENTES.

El presente proyecto, titulado “Diseño de la Instalación de Calefacción del Salón de Actos de la Facultad de Ciencias” ha sido tutorizado por el profesor Dr. D. Manuel Macías García, perteneciente al Departamento de Ingeniería Química, Tecnología de Alimentos y Tecnologías del Medio Ambiente de la Universidad de Cádiz. Tiene la consideración de Proyecto Fin de Carrera, de cara a la obtención del Título de Ingeniero Químico por parte del proyectista D. José Alberto Alías Gamero, con DNI 44038191-E.

Este proyecto se redacta de acuerdo con el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) del Real Decreto 1751/1998, de 31 de julio, y las Instrucciones Técnicas Complementarias (ITE) que lo desarrollan, así como con su modificación establecida en el Real Decreto 1218/2002, de 22 de noviembre.

En su realización se ha atendido, además, a la siguiente normativa:

- Reglamento de instalaciones de Calefacción, Climatización y Agua Caliente Sanitaria. Real Decreto 1618/1980.

- Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE), que traducen operativamente los conceptos generales contenidos en las Normas Básicas de la Edificación (NBE).

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, aprobado a través del Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto.

- Reglamento de Aparatos a Presión, aprobado por el RD 1244/1979.

- Norma Básica NBE-CPI 96, sobre las Condiciones de Protección contra Incendios en los edificios.

- Norma Básica NBE-CT 79, sobre Condiciones Térmicas de los edificios.

- Real Decreto 909/2001, de 27 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis. (BOE 28/07/01).

- Real Decreto 2643/1985, de 18 de diciembre, por el que se declara de obligado cumplimiento las especificaciones técnicas de equipos frigoríficos y bombas de calor y su homologación por el Ministerio de Industria y Energía.

- Relación de Normas UNE aplicables a las instalaciones proyectadas.

1.2.- OBJETO DEL PROYECTO.

El presente proyecto tiene la finalidad de definir la instalación de calefacción de uno de los edificios que forman parte de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Cádiz. Concretamente, se pretende dotar del sistema de calefacción al Salón de Actos de la Facultad de Ciencias y para ello se tendrán en cuenta dos métodos diferentes. Uno de ellos será mediante Suelo Radiante y el otro mediante la impulsión de Aire Caliente por los conductos de aire acondicionado que ya posee el Salón de Actos. Para el caso del Suelo Radiante la energía se obtendrá por medio de paneles solares que se instalarán en el tejado del Salón de Actos, previéndose la instalación de una caldera de apoyo para cuando las condiciones meteorológicas sean adversas, en cambio, la energía para calentar el aire que se impulsará por los conductos de aire acondicionado será suministrada por resistencias eléctricas.

Se pretende aportar toda la documentación suficiente para su instalación y puesta en marcha así como para la definición de todos sus elementos y posterior funcionamiento.

CAPÍTULO 2

DEFINICIÓN DEL ENTORNO
FÍSICO DEL EDIFICIO.
DESCRIPCIÓN ARQUITECTÓNICA
DEL EDIFICIO

CAPÍTULO 2.- DEFINICIÓN DEL ENTORNO FÍSICO DEL EDIFICIO. DESCRIPCIÓN ARQUITECTÓNICA DEL EDIFICIO.

2.1.- SITUACIÓN.

El Salón de Actos es uno de los edificios que integran la Facultad de Ciencias de la Universidad de Cádiz. La Facultad de Ciencias se encuentra localizada dentro del Campus Universitario del Río San Pedro en el Término Municipal de Puerto Real.

2.2.- DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO.

El Salón de Actos es un edificio interior, es decir, tan sólo su pared Sur da parcialmente al exterior. Su planta es de forma rectangular con unas medidas de 24,5 x 15,5 m aproximadamente, así pues se trata de aportar calefacción a una superficie de 380 m².

En la entrada principal, que se realiza por la pared Norte, el suelo es totalmente horizontal durante los primeros 1,6 m para luego adquirir una pendiente descendente del 11,5% durante 14,7 m aproximadamente. Al final de esta pendiente se encuentra otro tramo horizontal de 4 m de longitud. El último tramo, de 4,20 m de longitud, está formado por una tarima elevada 0,64 m del anterior.

La altura del techo es variable a lo largo del Salón debido a la pendiente del suelo, y va desde 6,5 m de alto en la parte más baja hasta 8,20 m en la parte más alta. La parte más baja se localiza justo a la entrada y la más alta se encuentra en el tramo de suelo horizontal que hay al final de la pendiente. Con esto, el volumen del recinto se aproxima a 2.835 m³. Cabe decir, que dicho Salón de Actos dispone de una azotea horizontal transitable totalmente diáfana que da al aire libre.

En el interior del Salón y a través de una puerta en la pared Sur puede accederse a un pequeño cuarto usado de Almacén, con una superficie de unos 22 m².

Justo debajo de la entrada del Salón de Actos, en la planta baja, se sitúa el Taller de Mantenimiento. Sus medidas aproximadas son: 4,45 x 12 x 3,20 metros. Por lo que prácticamente ocupa toda la anchura del Salón y dispone además de más de tres metros de altura de techo. Este Taller se usa principalmente como sala de Almacén.

Así pues, a modo de resumen, tenemos que la superficie a tener en cuenta para la calefacción es de 380 m² y el volumen es de 2.835 m³. Como cabe suponer el uso del Salón de Actos está destinado a conferencias, charlas, reuniones y demás actos propios del edificio.

Para obtener mayores detalles descriptivos del edificio se recomienda hacer uso de los Planos.

CAPÍTULO 3

CALIDAD DE LOS CERRAMIENTOS

CAPÍTULO 3.- CALIDAD DE LOS CERRAMIENTOS.

3.1.- DEFINICIÓN DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS.

En la Norma Básica NBE-CTE 79, en su Artículo 5º, Tabla 2, se indican los valores de los coeficientes útiles máximos de transmisión térmica K de los cerramientos, excluidos los huecos, en función de la zona climática, que en este caso es según el Mapa 2, la W. Estos valores límite son:

- *Cerramientos exteriores:*

Cubiertas:	1,2 Kcal/(h×m ² ×°C)
Fachadas ligeras (≤ 200 Kg/m ²):	1,03 Kcal/(h×m ² ×°C)
Fachadas pesadas (≥ 200 Kg/m ²):	1,55 Kcal/(h×m ² ×°C)
Forjados sobre espacio abierto:	0,86 Kcal/(h×m ² ×°C)

- *Cerramientos con locales no calefactados:*

Paredes:	1,72 Kcal/(h×m ² ×°C)
Suelos o Techos:	---- Kcal/(h×m ² ×°C)

En el caso que nos ocupa los elementos constructivos responden a las siguientes características:

- *Cerramiento exterior:* Estará compuesto por:

- 1 cm de enfoscado de mortero de cemento ($\lambda = 0,75 \text{ Kcal}/(\text{h}\times\text{m}\times^{\circ}\text{C})$)
- 6 cm de ladrillo hueco ($\lambda = 0,42 \text{ Kcal}/(\text{h}\times\text{m}\times^{\circ}\text{C})$)
- 20 cm de cámara de aire ($R = 0,19 \text{ m}^2\times\text{h}\times^{\circ}\text{C}/\text{Kcal}$)
- 12 cm de ladrillo hueco ($\lambda = 0,42 \text{ Kcal}/(\text{h}\times\text{m}\times^{\circ}\text{C})$)
- 1 cm de enfoscado de mortero de cemento ($\lambda = 0,75 \text{ Kcal}/(\text{h}\times\text{m}\times^{\circ}\text{C})$)
- 0,5 cm de enlucido de yeso ($\lambda = 0,26 \text{ Kcal}/(\text{h}\times\text{m}\times^{\circ}\text{C})$)
- 0,1 cm de moqueta ($\lambda = 0,04 \text{ Kcal}/(\text{h}\times\text{m}\times^{\circ}\text{C})$)

$$\frac{1}{K} \cong \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + \sum \frac{L}{\lambda}$$

$$\frac{1}{K} \cong 0,20 + \frac{0,01}{0,75} + \frac{0,06}{0,42} + 0,19 + \frac{0,12}{0,42} + \frac{0,01}{0,75} + \frac{0,005}{0,26} + \frac{0,001}{0,04} \cong 0,89$$

$$K \cong 1,12 \frac{\text{Kcal}}{h \times m^2 \times ^\circ C}$$

- Divisiones interiores:

- Tipo 1:
- 1 cm de enfoscado cemento ($\lambda = 0,75 \text{ Kcal}/(h \times m \times ^\circ C)$)
 - 6 cm de ladrillo hueco ($\lambda = 0,42 \text{ Kcal}/(h \times m \times ^\circ C)$)
 - 20 cm de cámara de aire ($R = 0,19 \text{ m}^2 \times h \times ^\circ C/\text{Kcal}$)
 - 12 cm de ladrillo hueco ($\lambda = 0,42 \text{ Kcal}/(h \times m \times ^\circ C)$)
 - 1 cm de enfoscado cemento ($\lambda = 0,75 \text{ Kcal}/(h \times m \times ^\circ C)$)
 - 0,5 cm de enlucido de yeso ($\lambda = 0,26 \text{ Kcal}/(h \times m \times ^\circ C)$)
 - 0,1 cm de moqueta ($\lambda = 0,04 \text{ Kcal}/(h \times m \times ^\circ C)$)

$$\frac{1}{K} \cong \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + \sum \frac{L}{\lambda}$$

$$\frac{1}{K} \cong 0,20 + \frac{0,01}{0,75} + \frac{0,06}{0,42} + 0,19 + \frac{0,12}{0,42} + \frac{0,01}{0,75} + \frac{0,005}{0,26} + \frac{0,001}{0,04} \cong 0,89$$

$$K \cong 1,12 \frac{\text{Kcal}}{h \times m^2 \times ^\circ C}$$

- Tipo 2:
- 1 cm de enfoscado de mortero de cemento
 - 8 cm de ladrillo hueco
 - 48 cm de cámara de aire
 - 6 cm de ladrillo hueco
 - 1 cm de mortero de cemento
 - 8 cm de ladrillo hueco
 - 1 cm de enfoscado de mortero de cemento
 - 0,5 cm de enlucido de yeso
 - 0,1 cm de moqueta

$$\frac{1}{K} \cong \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + \sum \frac{L}{\lambda}$$

$$\frac{1}{K} \cong 0,998$$

$$K \cong 1,002 \frac{Kcal}{h \times m^2 \times ^\circ C}$$

- Tipo 3:
- 1 cm enfoscado de mortero de cemento
 - 12 cm de ladrillo hueco
 - 6 cm de ladrillo hueco
 - 1 cm enfoscado de mortero de cemento
 - 0,5 cm de enlucido de yeso
 - 0,1 cm de moqueta

$$\frac{1}{K} \cong \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + \sum \frac{L}{\lambda}$$

$$\frac{1}{K} \cong 0,699$$

$$K \cong 1,43 \frac{Kcal}{h \times m^2 \times ^\circ C}$$

- *Cubierta:* Azotea transitable compuesta por:

- 18 cm de hormigón armado con forjados cerámicos
- 15 cm de hormigón celular
- 2 cm de mortero bastardo
- 3 cm a base de dos láminas asfálticas
- 2 cm de mortero bastardo
- 1 cm de mortero de cemento
- 1 cm de baldosas

$$K \cong 1,15 \frac{Kcal}{h \times m^2 \times ^\circ C}$$

- *Suelo del Salón de Actos:*

- 3 cm de terrazo
- 3 cm de mortero de terrazo
- 20 cm de hormigón armado (forjado)

$$K \cong 1,623 \frac{Kcal}{h \times m^2 \times ^\circ C}$$

3.2.- CÁLCULO DEL COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSMISIÓN DE CALOR K_G DEL EDIFICIO.

Las normas de aislamiento térmico que deben cumplir individualmente los elementos estructurales de cierre de los edificios (techos, muros y suelos) proporcionan las exigencias relativas que deben ser satisfechas para garantizar unas condiciones ambientales interiores de bienestar dadas, así como evitar las condensaciones sobre los paramentos. Sin embargo, estas exigencias no tienen en cuenta el consumo de la energía necesaria para la consecución de aquellos niveles de confortabilidad térmica. Para cubrir este aspecto se define un coeficiente global de transmisión de calor del edificio, K_G , cuyos valores máximos, en función del factor de forma del edificio, de la zona climática y del tipo de energía empleada en la calefacción son los que se muestran en la siguiente tabla:

Tipo de Energía para calefacción	Factor de Forma $f (m^{-1})$	Zona climática A
Caso I Combustibles sólidos, líquidos o gaseosos.	$\leq 0,25$	2,10 (2,45)
	$\geq 1,00$	1,20 (1,40)
Caso II Edificios sin calefacción o calefactados con energía eléctrica directa por efecto Joule.	$\leq 0,25$	2,10 (2,45)
	$\geq 1,00$	1,20 (1,40)

Los valores máximos de K_G están dados en $\text{Kcal/h m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ ($\text{W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$). Sólo se ha incluido la Zona climática A que es a la que pertenece Puerto Real.

Según la norma española NBE-CT-79 para el cálculo del K_G se emplea la siguiente expresión:

$$K_G = \frac{\sum K_E \cdot S_E + 0,5 \cdot \sum K_N \cdot S_N + 0,8 \cdot \sum K_Q \cdot S_Q + 0,5 \cdot \sum K_S \cdot S_S}{\sum S_E + \sum S_N + \sum S_Q + \sum S_S} \quad (\text{Kcal/h m}^2 \text{ }^\circ\text{C}) \text{ ó } (\text{W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C})$$

donde:

K_E : coeficiente de transmisión de calor de los cerramientos en contacto con el ambiente exterior, muros o paredes verticales con inclinación superior a 60° , puertas, ventanas, forjados sobre espacios exteriores.

K_N : coeficiente de transmisión de calor de los cerramientos en contacto con otros edificios o locales no calefactados, muros, medianerías, puertas, ventanas, forjados de separación con espacios de altura mayor de 1 metro.

K_Q : coeficiente de transmisión de calor de los cerramientos de techo cubierta, lucernarios, claraboyas, azoteas, cubiertas inclinadas menos de 60° con la horizontal.

K_S : coeficiente de transmisión de calor de los cerramientos de separación con el terreno, soleras, forjados sobre cámara de aire de altura menor o igual a 1 metro, muros enterrados o semienterrados.

$\sum S_E$, $\sum S_N$, $\sum S_Q$, $\sum S_S$: superficies de cada uno de los cerramientos descritos, en m^2 .

El coeficiente multiplicador 0,5 tiene en cuenta que las pérdidas hacia el terreno y hacia locales adjuntos no calefactados son aproximadamente la mitad de las que tendrían hacia el aire del ambiente exterior; del mismo

modo, el coeficiente 0,8 pretende tener en cuenta las ganancias debidas a la radiación solar.

Para el caso del Salón de Actos tenemos:

$$K_G \cong \frac{(1,12 \cdot 85) + 0,5 \cdot (1,12 \cdot 170 + 1,12 \cdot 170 + 1,002 \cdot 80 + 1,43 \cdot 39) + 0,8 \cdot (1,15 \cdot 378) + 0,5 \cdot (1,623 \cdot 378)}{85 + 170 + 170 + 80 + 39 + 378 + 378} \cong$$

$$\cong \frac{1.008,072}{1.300} \cong 0,775 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}^\circ\text{C} \cdot \text{m}^2} \cong 0,902 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

para ver nuestro límite máximo en el valor del K_G hay que calcular el factor de forma de nuestro edificio:

$$f = \frac{\sum S_E + \sum S_N + \sum S_Q + \sum S_S}{V} \cong \frac{1.300}{2.835} \cong 0,459 \text{ m}^{-1}$$

como nuestro factor de forma tiene un valor intermedio entre 0,25 y 1 para calcular el límite máximo de K_G puede usarse la siguiente expresión:

$$K_G = a \cdot \left(3 + \frac{1}{f} \right) \cong 0,30 \cdot \left(3 + \frac{1}{0,459} \right) \cong 1,55$$

donde $a=0,30$ según NBE-CT-79 ya que estamos en la Zona climática A.

El factor de forma del edificio relaciona los coeficientes volumétrico y superficial por la expresión:

$$K_{GV} = K_G \cdot f = 0,775 \cdot 0,459 = 0,356 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}^\circ\text{C} \cdot \text{m}^3} = 0,414 \frac{\text{W}}{^\circ\text{C} \cdot \text{m}^3}$$

CAPÍTULO 4

CONDICIONES EXTERIORES DE CÁLCULO

CAPÍTULO 4.- CONDICIONES EXTERIORES DE CÁLCULO.

4.1.- INTRODUCCIÓN.

Las condiciones exteriores de cálculo son aquéllas que predominan en la zona geográfica donde se ubica el edificio objeto del proyecto. Como condiciones exteriores de cálculo para invierno se tomarán los valores extremos, considerando de este modo los casos más desfavorables, que estarán basados en los niveles percentiles de temperatura.

Los niveles percentiles representan el porcentaje del número de horas de los meses que definen la estación de invierno (diciembre, enero y febrero), durante las cuales las temperaturas indicadas son iguales o superiores. Esta temperatura será la temperatura seca para el invierno.

4.2.- VALORES DE PROYECTO.

Los valores de las distintas temperaturas y otros parámetros se han extraído de la Norma UNE 100-001-85, a la cual hace referencia la ITE 02.3, y son los siguientes:

LOCALIDAD	LONGITUD LATITUD ALTURA (s.n.m.)	CONDICIONES DE INVIERNO				
		TS (°C)		GD Anuales	VIENTO DOMINANTE (año)	
		99%	97,5%		Dirección	v. media (m/s)
JEREZ (Base Aérea)	6° 8´ OESTE 36° 41´ NORTE 50 m	0,9	2,1	579	OESTE	7,2

Tabla 4.2.1

TS: Temperatura Seca

GD: Grados-día

X%: Nivel Percentil

Como puede verse, la población más cercana a Puerto Real a la que hace referencia la Norma es Jerez, y puesto que la diferencia meteorológica entre ambas poblaciones es apreciable, tendremos que usar datos de otras fuentes bibliográficas que nos proporcionen valores más representativos. En

concreto, según el “Manual de Aire Acondicionado” de Carrier y según el “Curso de Instalador de Calefacción, Climatización y A. C. S.” de Saunier Duval, ambos de reconocido prestigio, se pueden tomar los siguientes valores de proyecto:

LOCALIDAD	LONGITUD LATITUD ALTURA (s.n.m.)	CONDICIONES DE INVIERNO			
		TS (°C)	GD Anuales	VIENTO DOMINANTE (año)	
				Dirección	v. media (m/s)
CÁDIZ	6° 18' OESTE 36° 32' NORTE 10 m	3	229	SUROESTE	5,6

Tabla 4.2.2

Nótese que se ha considerado como Temperatura Seca mínima exterior 3 °C, de este modo consideraremos los requisitos más restrictivos que harán que nuestra instalación sea capaz de combatir las peores condiciones posibles.

Antes de continuar aclararemos una serie de términos que han aparecido en este capítulo:

- Los Grados-día de una localidad en un periodo determinado es la suma de las diferencias entre la temperatura interior base para el cálculo y la temperatura media de cada uno de los días del periodo en cuestión, siempre que esta diferencia sea positiva, es decir, que la temperatura media diaria exterior sea menor que la temperatura base. Los periodos utilizados habitualmente son los meses del año, y la temperatura interior base es de 15 °C. La utilización de esta temperatura se debe a que, partiendo de una temperatura interior de cálculo de 20 °C, se tiene en cuenta que las aportaciones solares, las ganancias internas y la inercia de la edificación supondrían 5 °C menos de temperatura exterior. Los Grados-día anuales los obtenemos sumando los correspondientes a cada uno de los meses del año.

- La temperatura seca es la temperatura medida con un termómetro normal.

- La temperatura húmeda es la temperatura que se lee en un termómetro cuyo bulbo está envuelto en una gasa porosa y empapada en agua, de modo que al circular por el bulbo el aire del ambiente con unas condiciones de humedad determinadas se evapora agua de la gasa llevando el aire hasta el 100 % de humedad relativa (saturación), para esta evaporación se absorbe calor del entorno bajando la temperatura del termómetro húmedo. De modo que la temperatura húmeda siempre es menor que la temperatura seca.

CAPÍTULO 5

CONDICIONES INTERIORES DE CÁLCULO

CAPÍTULO 5.- CONDICIONES INTERIORES DE CÁLCULO.

5.1.- ZONA DE CONFORT.

Las condiciones interiores a mantener dentro del local deben ser aquellas en que una mayoría de las personas se encuentren confortables en dicho ambiente. La sensación de bienestar de los ocupantes va a depender de características como son la temperatura del aire, la temperatura media radiante del recinto, la velocidad media del aire en la zona ocupada y la presión parcial del vapor de agua o la humedad relativa. Existen numerosos estudios que revelan las zonas de confort en función de algunos de estos parámetros. En el estudio realizado por la American Society of Heating and Air Conditioning Engineers (Asociación Americana de Ingenieros de Calefacción y Aire Acondicionado), conocida como ASHRAE, se obtuvo como resultado el siguiente gráfico:

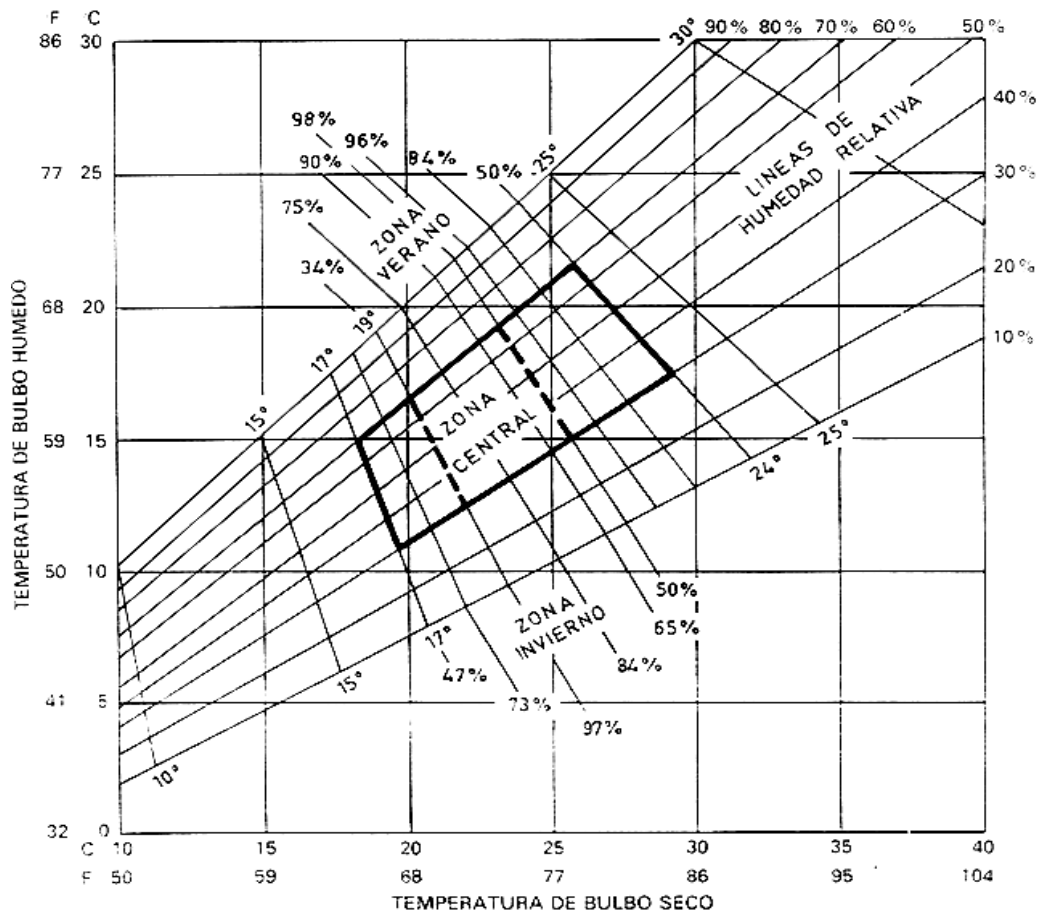


Gráfico 5.1

En este ábaco podemos ver como la temperatura seca en la que un mayor porcentaje de personas se encuentran cómodas oscila entre 20 y 25 °C variando ligeramente hacia cotas inferiores en invierno y al contrario en verano. Asimismo, los valores óptimos de humedad relativa se sitúan entre un 30% y un 70%, consignándose dentro de estos límites las magnitudes de un menor rango a las condiciones de invierno y las de mayor rango a las de verano.

Hay que tener en cuenta que hoy en día el confort en el trabajo no es un lujo, sino que se ha convertido en una necesidad, pues constituye un factor decisivo en cuanto al ajuste ergonómico del lugar de trabajo y repercute directamente en el rendimiento y productividad de los trabajadores. Además, dadas las características del edificio en que se proyecta la calefacción, parece más que justificado y necesario que se provea de un sistema que garantice unas condiciones ambientales de pleno confort.

5.2.- VALORES DE PROYECTO.

Para el Salón de Actos, se han considerado las siguientes condiciones a mantener, que conformarán la condiciones interiores de cálculo:

Local	Temperatura media (°C)	Humedad relativa
Salón de Actos	20 ^o	50 %

Tabla 5.2.1

Los valores considerados son los valores medios propuestos por la mayor parte de la bibliografía consultada y además cumplen con la normativa vigente, en concreto con la ITE 02.2.1 del Reglamento de Instalaciones Térmicas de la Edificación referente al bienestar térmico.

Estas condiciones interiores de diseño son aplicables a la zona ocupada, que queda definida por:

DISTANCIA DESDE LA SUPERFICIE INTERIOR DEL ELEMENTO (cm)		
PARED EXTERIOR CON VENTANAS O PUERTAS		100
PARED EXTERIOR SIN VENTANAS O PUERTAS Y PARED INTERIOR		50
SUELO	LÍMITE INFERIOR	10
	LÍMITE SUPERIOR	200

Tabla 5.2.2

Según la ITE 02.2, no son consideradas como zona ocupada, además de los locales que no están normalmente habitados, aquellas en que puedan darse importantes variaciones de temperatura respecto a la media, como son las zonas de tránsito, las zonas próximas a puertas de uso frecuente, a unidades terminales que impulsen aire y a aparatos con fuerte producción de calor.

5.3.- INFILTRACIONES Y VENTILACIÓN.

En cuanto a los valores de infiltración, no se han considerado dado que en general se mantendrá el local con una ligera sobrepresión, que evitará las infiltraciones.

El caudal de ventilación que se utilizará en el Salón de Actos vendrá dado por el número de ocupantes habitual o por el área del mismo. El cálculo de este caudal se detalla posteriormente en esta Memoria.

5.4.- RUIDO.

En cuanto a los niveles de ruido, la ITE 02.2.3 señala que para un local de las características del nuestro el nivel sonoro máximo no podrá sobrepasar los 45 dBA, por esto el valor máximo del nivel sonoro que

ofrecen los aparatos terminales que se han seleccionado en el proyecto están por debajo de este valor.

De igual modo, el nivel acústico que alcanza la maquinaria seleccionada y que se situará en el Almacén anexo a la pared Sur del Salón de Actos será inferior a los niveles máximos permitidos.

5.5.- VELOCIDAD DEL AIRE.

Las velocidades residuales del aire en las zonas ocupadas no excederá los 0,25 m/s. Para conseguir esto habrá que tener en cuenta factores como la altura donde se coloquen las toberas o la velocidad de salida del aire de la tobera (que dependerá a su vez del caudal y de la superficie de la sección). De este modo existen dos objetivos:

- que el nivel de ruido no sobrepase el límite establecido y
- dado que los terminales se sitúan a una altura no menor de 3 m del nivel del suelo, se obtienen valores de velocidad del aire al penetrar en la zona ocupada inferiores a los referidos antes, debido a que la caída del aire (distancia vertical desde la posición del difusor o tobera hasta el punto más bajo en el que tengamos la velocidad de 25 cm/s) indicada por las tablas que suministran los fabricantes para los difusores seleccionados para los caudales de impulsión no invade la mencionada zona.

CAPÍTULO 6

CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS

CAPÍTULO 6.- CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS.

6.1.- TIPOS DE CARGA TÉRMICA.

Las cargas son los factores que alteran la temperatura o humedad del ambiente a acondicionar. Se distinguen dos tipos de cargas: las sensibles y las latentes. Las primeras afectan a la temperatura seca, mientras que las segundas afectan a la humedad.

Las cargas variarán dependiendo de si nos encontramos en verano o en invierno, es decir, de si queremos “refrigerar” o “calefactar” el ambiente.

En verano, las cargas vendrán dadas por la transmisión de calor por conducción a través de los cerramientos (techo, suelo y paredes) debido a la más elevada temperatura en el exterior o en los locales adyacentes sin acondicionar, por la radiación solar a través de superficies no opacas (ventanas, ...) y las cargas internas debidas a personas, iluminación u otros equipos (llamados equipos de fuerza).

En invierno, que es la época que nos interesa, las cargas serán originadas de igual modo por los cerramientos y las particiones (pero en el sentido inverso), por radiación a través de acristalamientos, por ocupantes, por iluminación y por otros equipos; sin embargo, estas cuatro últimas fuentes son cargas favorables (aportan calor al local). También se considera en el cálculo la carga incluida por ventilación, es decir, el “frío” introducido por el aire que se toma del exterior para ventilación.

En el cálculo se ha obviado la carga debida a las infiltraciones, como ya se ha comentado en el capítulo anterior, debido a que en general se dotará de una ligera sobrepresión a los locales.

6.2.- MÉTODO DE CÁLCULO EMPLEADO.

El método que se ha empleado para el cálculo de cargas térmicas se ha basado en el propuesto por Carrier en su “Manual de Aire Acondicionado”, de reconocido prestigio. Dicho método diferencia las dos situaciones estacionales, de modo que hemos realizado el cálculo de cargas térmicas para la época invernal. Se tomará como condiciones base para el desarrollo del método las más desfavorables de la estación.

El cálculo de las cargas térmicas en invierno, también llamadas de calefacción, quedan explicadas en el Anexo 1 de cálculo.

CAPÍTULO 7

SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN ELEGIDOS

CAPÍTULO 7.- SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN ELEGIDOS.

7.1.- TIPOS DE SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN.

Hoy en día existen varios tipos de sistemas de aire acondicionado que pueden dar solución al problema de la climatización. El uso de uno u otro dependerá de las características y dimensiones del edificio, local o área a acondicionar.

Se pueden establecer entre otras, dos clasificaciones genéricas:

1. En función de su instalación:

- 1a) Sistemas Unitarios
- 1b) Sistemas Semicentralizados
- 1c) Sistemas Centralizados

2. En función del fluido encargado de llevar el frío y/o calor a cada local:

- 2a) Todo aire
- 2b) Todo agua
- 2c) Aire-agua
- 2d) Otros

Hablemos someramente de cada uno de estos tipos.

1a) Sistemas Unitarios

Son aquellos formados por aparatos de ventana o partidos, que son de tipo individual.

Las unidades de ventana constan de unas secciones o elementos, montados en una envolvente común, que son: condensador, evaporador,

circuito frigorífico, compresor, panel de control, filtro, ventilador y, opcionalmente, resistencias eléctricas (para cuando también proporciona calefacción). El evaporador está situado en el interior del espacio a acondicionar, y el compresor y el condensador están situados en el exterior. El condensado producido en la deshumidificación se recoge en una bandeja situada bajo el evaporador. También pueden disponer de una pequeña compuerta de toma de aire exterior.

Las unidades partidas, que son una evolución de las unidades de ventana, constan de una o varias unidades interiores, en las que van situados los evaporadores con ventiladores de tipo axial muy silenciosos, y una unidad exterior condensada por aire, además del resto de elementos. La unidad exterior va unida a las interiores con líneas de refrigerante de cobre. Las unidades interiores pueden ser de tipo consola, pared o techo.

Una variedad tanto de las unidades de ventana como de las unidades partidas es la bomba de calor, que permite invertir el ciclo.

1b) Sistemas Semicentralizados

Los equipos más característicos de estos sistemas son las unidades autónomas, que son unidades compactas con mayores potencias que los equipos unitarios, y que se utilizan en instalaciones pequeñas y medianas.

Permiten el acoplamiento de conductos y, por tanto, una distribución racional del aire, si bien en el caso de dar servicio una máquina a espacios con necesidades diferentes, sólo es posible regular las condiciones en aquél donde se sitúe el control.

Por la forma de eliminar el calor del condensador pueden ser de dos tipos (aunque también se registra algún otro tipo):

- Condensadas por aire: van situadas normalmente fuera del espacio acondicionado, debiendo disponerse de un flujo de aire que permita la evacuación del calor de condensación.

- Condensadas por agua: al tener el agua un calor específico cuatro veces superior al aire, necesitan mucho menor caudal volumétrico de agua.

Existe una variación de los sistemas autónomos compactos, que son las unidades partidas o “split”. En ellas se resuelve la eliminación del calor de condensación desplazando el condensador fuera del espacio acondicionado.

1c) Sistemas Centralizados

1c.l) Todo aire:

Son aquellos que emplean aire para acondicionar los locales. El elemento principal de estos sistemas es el climatizador o Unidad de Tratamiento de Aire (UTA). Estos equipos están provistos de modo genérico de las siguientes secciones: Retorno (con ventilador), Expulsión (con compuerta), Admisión de aire exterior (con compuerta), Filtrado, Batería de Calor, Batería de Frío, Batería de Humectación, Batería de Postcalentamiento, Impulsión (con ventilador). La combinación adecuada de las secciones permite adaptar el climatizador a nuestras necesidades.

Una de las opciones que se pueden incluir en estas combinaciones es la de *enfriamiento gratuito* con aire exterior o “*free cooling*”, que se consigue mediante la utilización de compuertas motorizadas para expulsión de aire y toma de aire exterior, y un comparador de entalpías o temperaturas (que compara las entalpías o temperaturas del aire de retorno y el aire exterior).

Dentro de los sistemas todo aire podemos encontrarnos con dos categorías principales:

- ♦ De Volumen constante y Temperatura variable: también llamado de recalentamiento terminal, es el que presenta mayor flexibilidad para controlar las condiciones de espacio, extendiéndose desde el control de capacidad de refrigeración por todo o nada, hasta un control exacto de recalentamiento. Tiene como inconveniente su desaprovechamiento energético.

- ♦ De Volumen variable y Temperatura constante: Este sistema tiene su aplicación con aire frío en las zonas centrales de los edificios. La calefacción en las zonas perimetrales se consigue con un sistema complementario de fan-coils, inductores, radiadores, etc. Como ventaja tiene que el caudal movido es el máximo simultáneo de todos los locales, y no la suma de los caudales punta de los mismos, lo que reduce el climatizador y los consumos de los ventiladores.

Existen modalidades en que se combinan estos dos modelos expuestos (caudal y temperatura variables) o bien variaciones de los mismos (caudal variable con recalentamiento, caudal variable con inducción, etc.)

Actualmente se encuentran en desuso otros sistemas todo aire como son los multizonas y los sistemas de doble conducto, en los que se acondicionaban dos flujos de aire distintos, uno frío y otro caliente, y se mezclaban en función de las necesidades del local. Esto conllevaba un bajo rendimiento energético.

En general, se puede concluir que las principales ventajas de los sistemas todo aire son las siguientes:

- Los principales equipos suelen situarse en zonas desocupadas y preferiblemente centralizadas, de tal forma que se facilitan las operaciones de servicio, mantenimiento y supervisión de todo el sistema. Esta disposición permite, además, el control de ruidos y olores, evitando la presencia en las zonas a acondicionar de tuberías de drenaje, redes eléctricas de potencia y filtros.

- El sistema permite la utilización del aire exterior como agente refrigerante, en lugar de la refrigeración mecánica, con el consiguiente ahorro energético.

- Son sistemas muy flexibles, permitiéndose grandes posibilidades de zonificación y control de la humedad bajo cualquier condicionante, con disponibilidad simultánea de calefacción y refrigeración.

- Son fácilmente adaptables a sistemas de recuperación de energía.

- Su versatilidad en el diseño es muy importante, permitiendo óptimas distribuciones de aire.

1c.II) Todo agua:

Son los que utilizan agua para acondicionar los locales. El elemento más característico de este tipo de sistema es el ventiloconvector o fan-coil. Suelen instalarse bien a dos o bien a cuatro tubos. La instalación a dos tubos lleva dos tuberías acometidas en el fan-coil: una de impulsión y otra de retorno, con funcionamiento de invierno o de verano, pero no simultáneo. La de cuatro tubos lleva dos tuberías (impulsión y retorno) para el agua enfriada y otras dos para el agua caliente, de forma que en cada unidad se puede seleccionar su funcionamiento para dar frío o calor. Disponen de un ventilador que hace circular el aire de la habitación a través de la batería del fan-coil.

Como ventaja principal de estos sistemas se encuentra su comodidad de control gracias a la sencillez de actuación sobre el caudal.

1c.III) Aire-agua:

Pretende combinar la facilidad de control de los sistemas todo agua con la calidad y movimiento del aire de los sistemas todo aire. La unidad característica de estos sistemas es el inductor. Los inductores son

climatizadores zonales pequeños, como los fan-coils, pero que no disponen de ventilador. Al salir el aire primario a través de las toberas del aparato, induce una corriente de aire secundario del propio local acondicionado, que es tratado en la batería del inductor. Los filtros empleados deben presentar muy poca resistencia al paso del aire. La instalación se completa con un climatizador para tratar el aire primario.

Este sistema resulta útil en determinados casos en los que se emplean inductores a dos tubos, funcionando en régimen de refrigeración y el climatizador de aire primario utiliza todo aire exterior, que en régimen de invierno debe compensar todas las cargas de transmisión, no siendo su uso muy extendido para el resto de situaciones.

1c.IV) Otros sistemas:

Nombrar sólo aquí que existen otros sistemas basados en otros fluidos como pueden ser refrigerantes, en donde éste es directamente utilizado como fluido caloportador a través de circuito cerrado de tuberías. Conlleva los inconvenientes del uso de una sustancia de cierto riesgo en conducciones más o menos largas, con el consecuente peligro (mayor obviamente que en el caso del agua) en caso de que se produzcan fugas y las medidas extra de seguridad a tomar.

7.2.- ¿CÓMO SELECCIONAR EL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN?

La elección del sistema de climatización requerirá el análisis de los siguientes factores:

- a) La división del sistema en subsistemas teniendo en cuenta la distribución de los espacios interiores, así como su uso y horario de funcionamiento.

- b) El reparto de los gastos de energía y mantenimiento cuando el edificio esté ocupado por múltiples unidades de consumo, pudiendo quedar implicada la separación de la producción de frío y calor.
- c) La selección de los equipos de producción de frío y calor y de movimiento de los fluidos portadores en base a su rendimiento energético e impacto sobre el medio ambiente.
- d) La adopción de subsistemas de ahorro y recuperación de energía y el aprovechamiento de energías gratuitas o renovables.
- e) La ubicación de los equipos y de las centrales de producción.

Previo a estos factores, hay que tener en cuenta las características arquitectónicas del edificio (propiedades térmicas de la envolvente, orientación de fachadas, distribución de los espacios interiores, etc.), el régimen de explotación (ocupación, usos y horarios de funcionamiento de las diferentes zonas), la disponibilidad de las fuentes de energía y su coste, la seguridad y la fiabilidad del sistema.

Hay que considerar que los locales que no estén normalmente habitados, tales como trasteros, huecos de escaleras, rellanos de ascensores, cuartos de servicio (contadores, limpieza etc), salas de máquinas, locales técnicos y locales similares no deben climatizarse, salvo cuando se empleen fuentes de energías renovables o gratuitas.

Con el fin de conseguir que la producción centralizada de calor o frío se aproxime lo más posible al régimen con rendimiento máximo, se dispondrán de generadores en número, potencia y tipo adecuados a la demanda de energía térmica de la instalación. Además, la suma de las potencias de los generadores de calor o frío se ajustará a la suma de las demandas máximas simultáneas de las instalaciones servidas por la central, dentro de la gama disponible en el mercado. Además, cuando pare un

generador deben parar también los equipos accesorios cuyo funcionamiento esté directamente relacionado con el del generador.

Las unidades terminales se dimensionarán de acuerdo con la demanda térmica máxima del local o zona en el que están situadas.

El número de unidades y ubicación por local perseguirá la correcta distribución de la energía transferida al ambiente a tratar, de acuerdo a su forma de transmisión, y al movimiento provocado, natural o artificialmente, en el volumen de aire contenido en el espacio del local.

En los sistemas de climatización con ventilo-convectores o inductores, el control de la humedad relativa máxima de los ambientes estará, preferentemente, a cargo del aire primario. En este caso, la temperatura del agua refrigerada a la entrada de las baterías de las unidades terminales será tal que no se forme condensación en las condiciones de proyecto.

Las unidades de tratamiento de aire se dimensionarán calculando, en régimen de refrigeración, el caudal de aire en juego de tal manera que se seleccionen unas condiciones de tratamiento que satisfagan, al mismo tiempo, las demandas máximas simultáneas de calor sensible y de calor latente de los locales servidos. Esta elección puede conducir a una modificación de las condiciones de humedad relativa de diseño en algunos de los locales servidos. Esta modificación es admisible siempre que las condiciones termohigrométricas de los ambientes resulten incluidas dentro de los límites de la zona de bienestar definida en UNE-EN ISO 7730.

Cuando los locales servidos por el sistema de climatización no estén dotados de unidades terminales que permitan controlar la temperatura de cada ambiente, la variación de ésta en el espacio y en el tiempo deberá resultar comprendida dentro de la zona de bienestar. En caso contrario, deberá establecerse una zonificación conveniente.

El tipo y la situación de los elementos de impulsión de aire en los locales se elegirán de manera que se efectúe un barrido completo de la zona ocupada.

La velocidad del aire en la zona ocupada se mantendrá dentro de los límites de bienestar, según lo indicado en UNE-EN ISO 7730, teniendo en cuenta la actividad de las personas.

Esta velocidad podrá ser superior en ciertos lugares del local según el tipo de distribución de aire adoptado o el tipo de unidades terminales (ventilo-convectores, inductores, rejillas en suelo o sobre muebles, aparatos autónomos etc), siempre que la vena de aire no cause molestias a los ocupantes.

7.2.1.- Valoraciones Energéticas y Ambientales.

La implantación de sistemas centralizados o descentralizados de generación de calor o frío para satisfacer las demandas térmicas de un edificio o un conjunto de edificios, deberá seleccionarse con criterios que persigan el mayor rendimiento energético y el menor impacto ambiental por el consumo de energía del conjunto de equipos implicados en satisfacer las mencionadas demandas. Se incluirá la posibilidad de aprovechamiento de la simultaneidad de funcionamiento de los diferentes subsistemas, zonas o edificios, así como la posibilidad de implantar subsistemas de ahorro de energía.

La potencia que debe suministrar la central de producción de calor o frío debe ajustarse a la suma de las cargas totales calculadas, mayoradas o minoradas en las ganancias o pérdidas de calor a través de las redes de distribución de los fluidos portadores. Las pérdidas térmicas de cada subsistema serán tenidas en cuenta para el dimensionado de los equipos de movimiento de los fluidos portadores, cambiadores de calor y equipos de producción de energía térmica, procurándose el aislamiento térmico

necesario para cumplir los requisitos de uso eficiente de la energía tal como prescribe la ITE 03.12.

El valor de la potencia obtenida se multiplicará por un coeficiente de intermitencia o simultaneidad de cargas, que dependerá de la inercia térmica del edificio, de la duración del período de puesta en régimen y de las condiciones de ocupación y uso.

En el caso de centrales de producción de frío, se tendrán en cuenta las ganancias de calor debidas al movimiento de los fluidos portadores, iguales al equivalente térmico de la potencia absorbida por los equipos propulsores, y las procedentes de la superficie de las redes de distribución de los fluidos portadores.

Las centrales de producción de calor con una potencia superior a 400 kw dispondrán de dos o más generadores de calor; y cuando se utilice maquinaria frigorífica de parcialización escalonada, el número mínimo de escalones de parcialización que debe disponerse es el indicado en UNE 86609.

Cuando la demanda instantánea pueda llegar a ser, durante más de cien horas al año, menor que el 15% de la potencia de una máquina de parcialización continua o que la potencia de un escalón de una máquina de parcialización escalonada, deberá instalarse un equipo frigorífico de potencia igual a dicha demanda.

7.2.2.- Valoraciones de Explotación y Control.

La distribución de calor o frío deberá seleccionarse con criterios que permitan a los usuarios o explotadores del edificio o conjunto de edificios, regular las demandas de las múltiples unidades de consumo en función de horarios o grados de aporte térmico diferentes. Se considerarán igualmente sistemas de reducción de costes de mantenimiento y explotación.

En cuanto al control, los sistemas de climatización formados por diferentes subsistemas deben disponer de los dispositivos necesarios para dejar fuera de servicio cada uno de los subsistemas en función del régimen de ocupación, sin afectar al resto de la instalación. Además, cada unidad terminal de una instalación de calefacción tendrá un dispositivo manual de interrupción de las aportaciones térmicas.

7.2.3.- Valoraciones de Seguridad.

Las superficies calientes de los aparatos calefactores que sean accesibles al usuario, así como las de los ramales de acometida a los mismos cuando se diseñen como elemento emisor integrado en el local, deben tener una temperatura menor que 80 °C o estar adecuadamente protegidas para que no pueda haber contactos accidentales, tal como prescribe la ITE 03.12.

Las salas de máquinas se diseñarán de forma que se satisfagan unos requisitos mínimos de seguridad para las personas y los edificios donde se emplacen y en todo caso se faciliten las operaciones de mantenimiento y conducción. En especial se tendrá en cuenta la reglamentación vigente, en este caso la CPI-96, sobre condiciones de Protección contra incendios en los edificios. Se estará a lo dispuesto en UNE 100020 en los aspectos relativos a dimensiones mínimas de la sala y separación entre máquinas para facilitar su mantenimiento, así como en lo concerniente a la adecuada protección frente a la humedad exterior y la previsión de un eficaz sistema de desagüe.

En todos los circuitos cerrados de líquidos o vapores se dispondrá, por lo menos, una válvula de seguridad cuya apertura impida el aumento de la presión interior por encima de la de timbre. Su descarga será visible y estará conducida a un lugar seguro.

Por otro lado, y dado el alarmante aumento que en casos de legionelosis se ha producido como consecuencia de instalaciones de aire acondicionado, se ha de tener en cuenta que el sistema seleccionado elimine o minimice los riesgos de crecimiento de la legionella hasta los

niveles peligrosos para la salud humana. En este sentido, se considerará el Real Decreto 909/2001, de 27 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis (BOE 28/07/01), así como lo recogido en el Real Decreto 1751/1998, de 31 de julio, por el que se establece el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y en las Notas Técnicas de Prevención (NTP) publicadas por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, concretamente las NTP 538 (Legionelosis: medidas de prevención y control en instalaciones de suministro de agua) y NTP 313 (Calidad del aire interior: riesgos microbiológicos en los sistemas de ventilación / climatización).

7.3.- SISTEMAS DE CALEFACCIÓN ESCOGIDOS.

7.3.1.- El Suelo Radiante.

Una de las formas de transmisión del calor es la radiación. Si podemos mantener alguna superficie interior del Salón de Actos, en este caso el suelo, a una temperatura controlada caliente para contrarrestar el frío que penetra transmitiéndose a través de los cerramientos y por renovaciones e infiltraciones del aire, esta superficie establecería intercambios de calor por radiación con el cuerpo humano y con el resto de superficies y elementos que se encuentran dentro de su radio de “visión” e intercambios convectivos con el aire del ambiente. Cuando el sistema de climatización se basa en lo anterior decimos que tenemos un sistema de calefacción por Superficie Radiante.

El Suelo Radiante consiste en empotrar en los elementos estructurales del suelo una red de tuberías, que suelen ser de polietileno, por las que se hace pasar agua caliente. El agua que circula por la red de tuberías calienta la losa de mortero en la que se encuentran embutidas y esta losa es la que irradia el calor necesario para calentar el recinto. El Suelo Radiante es un sistema de calefacción muy confortable y de bajo consumo de combustible. En la actualidad es un sistema en expansión en España.

Las diferencias fundamentales con el resto de los sistemas de calefacción son las siguientes:

1) La temperatura de trabajo del agua está entre los 30 y 50 °C, no superando nunca los 55 °C. Los sistemas de radiadores funcionan con agua entre 70 y 90 °C. Esto permite usar generadores de calor a baja temperatura como pueden ser las bombas de calor o los paneles solares, así como cualquier tipo de caldera eléctrica, de gas o gasoil, evitando el riesgo de quemaduras.

2) En un local calefactado por este sistema la temperatura es muy uniforme. No existen zonas frías ni zonas calientes como ocurre en calefacciones por aire o por radiadores, donde las zonas próximas a los emisores están más calientes que las alejadas o que las próximas a ventanas, formándose además bolsas de aire caliente en los techos. Las asimetrías radiantes provocadas por grandes ventanales pueden ser compensadas con un aumento de la densidad de los tubos embutidos en las zonas donde se encuentren las superficies acristaladas.

3) La ausencia en paredes y techos de emisores de calor permite más versatilidad en las propuestas de decoración y disposición del mobiliario aumentando el confort visual y la estética.

4) La velocidad de circulación del aire no supera los 0,05 m/s con lo que no hay movimientos de polvo ni ennegrecimiento de paredes y cortinas. Además, por este motivo se evita la sensación desagradable de corrientes fluctuantes de aire. Los llamados radiadores que se colocan en las paredes sólo radian entre un 10% y un 30% de su potencia calórica, el resto de la emisión la realizan por convección. En una superficie radiante la radiación representa más del 60% de su potencia calórica.

5) Desde el punto de vista de la salud disminuye la probabilidad de contraer afecciones respiratorias, al no existir prácticamente corrientes de aire y no influir de manera importante a la humedad relativa, ya que se

trabaja con una temperatura seca del aire ambiente de al menos dos grados por debajo que con otras calefacciones. En viviendas y guarderías con niños éstos contraen menos resfriados ya que buena parte del tiempo lo pasan en el suelo. Evita el dolor de cabeza y aturdimiento provocado por aire excesivamente caliente alrededor de la cabeza, *se mantienen los pies calientes y la cabeza despejada.*

6) En locales con techos altos, como es nuestro caso, el ahorro energético es sustancial, ya que, como hemos dicho, se trabaja con temperatura de aire del ambiente inferior al menos en 2 °C a los sistemas que utilizan exclusivamente aire como vehículo portador de calor. Téngase en cuenta que en estos edificios el volumen de aire a tratar es muy elevado y por circulación natural se acumula en las zonas altas de la edificación.

7) Un sistema radiante cumple mejor que ningún otro con las condiciones interiores de bienestar térmico establecidas en el RITE en su ITE 02.2.1, en lo que se refiere a gradiente térmico según la altura y la velocidad de circulación del aire.

8) Según los estudios realizados se determina que en el intervalo de temperatura ambiente de 20 a 28 °C el cuerpo humano intercambia un 30% de calor por convección, un 45% por radiación y un 25% por evapotranspiración. Luego calentando superficies grandes aumentaremos la eficacia de los intercambios entre el cuerpo y el entorno.

Además de las características enumeradas, una de las principales ventajas de un sistema radiante es el ahorro energético que produce en comparación con otros sistemas que usan el mismo tipo de energía primaria. Podemos enumerar las siguientes causas de su eficiencia energética:

A) Menor temperatura del agua de distribución. La temperatura en las tuberías generales es como mínimo 25 °C inferior a la de otros sistemas, por lo que cuando éstas pasan por dependencias o zonas que no necesitan calor disminuimos considerablemente las pérdidas.

B) Menor temperatura del techo. El techo de un recinto con calefacción por suelo radiante puede llegar a tener hasta 10 °C menos con respecto a otros sistemas de calefacción, con lo que las pérdidas por transmisión se ven reducidas notablemente.

C) Menor temperatura del aire del ambiente. En un sistema de acondicionamiento térmico por superficies radiantes podemos controlar la temperatura radiante media del entorno del sujeto e indirectamente la temperatura del aire o temperatura ambiente, es decir, lo que llamamos temperatura operativa de confort, T_o . La temperatura radiante media T_{rm} , se puede obtener mediante la siguiente expresión, que tiene en cuenta el grado de intercambio de calor por radiación entre las paredes, suelo y techo del entorno:

$$T_{rm} = \frac{T_s + 0,15 \cdot (T_{p1} + T_{p2} + T_{p3} + T_{p4}) + 0,4 \cdot T_t}{2}$$

Donde:

T_s : temperatura superficial del suelo.

T_p : temperatura superficial de las paredes 1, 2, 3 y 4.

T_t : temperatura superficial del techo.

A efectos de cálculo se puede suponer que $T_p = T_t = T_a$ donde T_a es la temperatura ambiente del aire interior. Con esto, la fórmula anterior queda:

$$T_{rm} = \frac{T_s + T_a}{2}$$

Por otra parte la temperatura operativa de confort T_o , para el cuerpo humano puede calcularse según la siguiente expresión:

$$T_o = \frac{h_r \cdot T_{rm} + h_c \cdot T_a}{h_r + h_c}$$

Donde:

h_r : coeficiente de intercambio térmico por radiación de un individuo en un entorno cerrado. Resulta el valor constante de 4 Kcal/hm² °C.

h_c : coeficiente de intercambio térmico por convección de un individuo en un entorno cerrado. Suponiendo una velocidad del aire de 0,1 m/s tenemos un valor de 3 Kcal/hm² °C.

Así, en invierno, con suelo radiante como superficie calefactora vamos a fijar un valor para la temperatura operativa T_o y vamos a darle valores a la temperatura del ambiente interior T_a , de este modo calcularemos la temperatura radiante media que debe haber en el entorno y la temperatura que debe tener el suelo para conseguirla. Si lo hacemos obtenemos los valores de la siguiente tabla:

T_o	T_a	T_{rm}	T_s
20	16	23	30
	17	22,2	27,4
	18	21,5	25
	19	20,7	22,4
	20	20	20
	21	19,3	17,6
	22	18,5	15
	23	17,8	12,6

En los valores de esta tabla puede observarse que:

1°. Subiendo la temperatura del suelo podemos admitir una temperatura del aire más baja pero teniendo la misma sensación térmica, ya que la temperatura operativa no cambia.

2°. Las situaciones sombreadas en gris claro son óptimas para una calefacción por suelo radiante.

3º. Las situaciones sombreadas en gris oscuro son típicas de calefacción por aire.

Admitiendo por tanto, que la temperatura del aire ambiente con Suelo Radiante puede ser menor (en aproximadamente 2 °C) con respecto a otros sistemas de calefacción sin perder por ello el sentimiento de confort, cuando ventilamos voluntariamente el local o se producen renovaciones incontroladas del aire interior tiramos menor cantidad de calor al exterior y por consiguiente ahorramos energía.

D) Aprovechamiento de las aportaciones gratuitas de calor. El Suelo Radiante posee bastante capacidad de autorregulación y es capaz de aprovechar las aportaciones gratuitas de calor como las procedentes de aparatos que emiten calor, de lámparas halógenas o de un aumento brusco del número de personas. Veámoslo brevemente:

La energía por unidad de superficie que cede un suelo a una estancia es la suma del intercambio convectivo y del intercambio radiativo:

$$q = q_{cv} + q_{rd} = h_c \cdot (T_s - T_a) + h_r \cdot (T_r - T_{rm})$$

A efectos de nuestra comparación podemos considerar que la temperatura radiante (T_r) del suelo es su temperatura superficial y que la temperatura radiante media (T_{rm}) es igual a la temperatura del aire del ambiente (T_a). Asignando los valores de $T_s = T_r = 24$ °C y de $T_a = T_{rm} = 20$ °C la ecuación anterior queda:

$$q_1 = h_c \cdot (24 - 20) + h_r \cdot (24 - 20) = (h_c + h_r) \cdot 4$$

Ahora supongamos que el local comienza a recibir una carga térmica repentina debida a alguno de los motivos anteriormente enumerados, subirá la temperatura de sus superficies y aumentará la temperatura ambiente. Si ésta aumentara 2 °C el calor cedido por el suelo al local sería:

$$q_2 = h_c \cdot (24 - 22) + h_r \cdot (24 - 22) = (h_c + h_r) \cdot 2$$

Relacionando ambas expresiones tenemos:

$$\frac{q_1}{q_2} = \frac{4}{2} = 2$$

Lo que demuestra que el suelo reduciría a la mitad su aporte de calor si la temperatura ambiente aumentara 2 °C. Veamos que sucedería con una calefacción mediante radiadores. En este caso, el calor que ceden éstos a la habitación puede expresarse mediante la siguiente fórmula:

$$q = P_{elm} \cdot \left(\frac{T_{ent} - T_{sal}}{2} - T_a \right)$$

Siendo:

P_{elm} : el coeficiente de potencia cedida por elemento, característico del propio emisor.

T_{ent} : temperatura de entrada al radiador.

T_{sal} : temperatura de salida del radiador.

T_a : temperatura del aire ambiente.

Para un recinto a 20 °C y una temperatura media de entrada y salida de 70 °C tenemos una emisión convectiva de:

$$q_1 = P_{elm} \cdot (70 - 20) = P_{elm} \cdot 50$$

Si la temperatura de la habitación sube a 22 °C, la temperatura media del agua de calefacción se mantendría en niveles próximos a 70 °C, quedando el calor cedido a la estancia:

$$q_1 = P_{elm} \cdot (70 - 22) = P_{elm} \cdot 48$$

Y relacionando resulta:

$$\frac{q_1}{q_2} = \frac{50}{48} = 1,04$$

De donde se deduce que la emisión varía un 4% si el ambiente sube 2 grados su temperatura. Lo que demuestra que mientras un sistema radiante ahorra en estas circunstancias un 50% de combustible otro sistema no llega a ahorrar ni un 5%.

Según lo anterior es evidente la incidencia en el consumo de combustible, sobre todo en locales como el nuestro donde irrumpe bruscamente un número considerable de personas, y en los que los sistemas convectivos tienen dificultades para adaptarse con rapidez a la nueva situación.

D) Capacidad de redistribución del calor. Aunque difícilmente cuantificable, cuando por incidencia de algún factor más o menos circunstancial se produce una aportación gratuita de calor en una zona del suelo, el sistema de tubos empotrados absorbe esta fluctuación térmica repartiéndola por el resto de circuitos o superficies, y como consecuencia entre los diferentes ambientes.

Teniendo en cuenta todos los factores que inciden en el ahorro energético de los sistemas radiantes, los calculistas y empresas que suministran o instalan estos sistemas estiman un ahorro de entre un 10 y un 20% de energía respecto a otros sistema de calefacción, suposición conservadora que la realidad suele superar ampliamente. Además, hay que tener en cuenta que en nuestro diseño emplearemos placas solares como sistema para calentar el agua, si bien, se contempla la instalación de una caldera de apoyo ya que la época invernal coincide con la época de menores horas solares.

Dicho esto, las aplicaciones del Suelo Radiante son muchas y variadas, de manera que a modo de ejemplo podemos proponer los siguientes usos:

a) Locales habitados de uso público o privado.

1. Viviendas unifamiliares.
2. Viviendas multifamiliares.
3. Centros de enseñanza.
4. Guarderías.
5. Locales de altura elevada, iglesias, naves, industrias, etc.
6. Piscinas cubiertas, para caldear las zonas de estancia y tránsito.
7. Salas y pasillos de hospitales.
8. Centros de trabajo y oficinas en general.
9. Edificios emblemáticos en rehabilitación.
10. Hoteles.
11. Edificios ya construidos en reformas.

b) Espacios cubiertos dedicados a la agricultura:

1. Invernaderos. Para mantener unas temperaturas mínimas del aire, favoreciendo la floración y fructificación.
2. Semilleros. Para acelerar la germinación y el desarrollo de los plantones.

c) Alojamientos ganaderos, para aumentar rendimientos:

1. Establos.
2. Cochineras.
3. Granjas avícolas.

d) Superficies no cubiertas:

1. Andenes de ferrocarril. Para eliminar la sensación de helor en los pies.
2. Campos de fútbol. Para evitar las escarchas y el hielo.
3. Terrazas, azoteas y tejados. Para evitar la acumulación de nieve.
4. Aparcamiento de vehículos. Para evitar placas de hielo.
5. Aceras en zonas muy frías. Para evitar accidentes.

7.3.2.- Calefacción por Impulsión de Aire Caliente.

El otro método que contemplaremos para llevar a cabo la calefacción del Salón de Actos de la Facultad de Ciencias será la impulsión de Aire Caliente. Para ello haremos uso de parte de la instalación de aire acondicionado que ya posee el Salón de Actos, así el aire será impulsado por las mismas máquinas y a través del sistema de conductos que ya está instalado.

Ahora la calefacción se consigue mediante Aire Caliente que saldrá por las toberas instaladas en las paredes del Salón de Actos, este aire será calentado por resistencias eléctricas colocadas cerca de las baterías de frío de las unidades climatizadoras interiores.

En general, cualquier sistema de calefacción cuenta con tres elementos o partes principales que son:

- Generación del calor.
- Distribución del calor.
- Emisión del calor.

Las características más deseables que deben cumplir las instalaciones de calefacción son, además de mantener la temperatura

deseada, las de ser fácilmente regulables, simples, aprovechar la energía al máximo y no contaminar el medio ambiente.

Por la forma de generar calor, podemos distinguir los siguientes tipos:

- Por energía eléctrica.
- Por combustibles líquidos, sólidos y gaseosos.
- Por empleo de energías alternativas.

Atendiendo al fluido térmico que distribuye el calor:

- Por agua caliente.
- Por vapor de agua.
- Por aire caliente.
- Por placas cerámicas.
- Por aceites térmicos.

Según las características de la emisión del calor, se pueden distinguir estos tipos:

- Por radiación.
- Por convección.

Mediante la calefacción por Suelo Radiante hacemos uso de la energía solar y de la combustión gaseosa para la generación del calor, usamos el agua caliente como medio para distribuir el calor y, finalmente, como hemos visto, la emisión del calor es principalmente por radiación.

En cambio, en este segundo sistema de calefacción el calor se generará mediante energía eléctrica, será el Aire Caliente quien distribuya el calor y la emisión será principalmente por convección.

Como podemos ver son dos sistemas completamente opuestos los que se van a tener en cuenta para realizar una misma función: la calefacción del Salón de Actos.

Como hemos dicho, la generación del calor en el sistema de calefacción por impulsión de aire caliente se hará mediante energía eléctrica. La energía eléctrica es la más limpia, entre las energías convencionales, dado que no produce ningún tipo de producto que pueda contaminar el ambiente. Además, el rendimiento de la transformación de la energía eléctrica en calor es muy alto, del 100% en el caso de resistencias eléctricas. También podemos citar como características de la energía eléctrica la simplicidad de las instalaciones, su seguridad y la facilidad de regulación. Por el contrario, esta forma de producción de calor presenta un alto precio durante las horas de día, que se corresponde con el horario normal de funcionamiento de la calefacción en el Salón de Actos.

Dada su simplicidad y ausencia de contaminantes, las instalaciones eléctricas para producción de calor requieren poco mantenimiento y son de sencillos cuidados.

El desprendimiento de calor de una resistencia eléctrica se conoce como efecto Joule, que se expresa de la siguiente forma: todo conductor al ser recorrido por una corriente eléctrica se calienta, disipando calor al medio que lo rodea si éste está a una temperatura inferior.

Recordemos que la potencia (en vatios) de una resistencia eléctrica, y que se transforma totalmente en calor, es:

$$P = V \times I = I \times R \times I = R \times I^2 \quad \text{ya que según la Ley de Ohm } V = R \times I$$

donde:

P: Potencia en vatios.

V: Tensión o diferencia de potencial.

I: Intensidad de corriente.

R: Resistencia eléctrica.

Y la energía o calor disipado en Julios será:

$$Q = P \times t = R \times I^2 \times t$$

donde t es el tiempo de funcionamiento en segundos.

CAPÍTULO 8

SUELO RADIANTE

CAPÍTULO 8.- SUELO RADIANTE.

En el presente capítulo se va a describir completamente el diseño de la calefacción por Suelo Radiante del Salón de Actos de la Facultad de Ciencias y, para ello, vamos a dividir el capítulo en tres apartados principales que son los que conforman el esquema básico de una instalación solar térmica, es decir: el circuito primario, el circuito secundario y el circuito de consumo de energía. Posteriormente veremos dos apartados más, uno relativo al sistema de control y el otro al mantenimiento.

El circuito primario está formado por los captadores solares y las tuberías que los unen, en el que el fluido de trabajo (fluido que circula por el sistema de captación) recoge la energía térmica producida en los captadores y la transfiere al circuito secundario a través de un intercambiador de calor.

En el circuito secundario se recoge la energía captada en el circuito primario y se almacena y transfiere al circuito de consumo de energía.

El circuito de consumo de energía está constituido por la red de tuberías empotradas en el suelo del Salón de Actos que son las encargadas de calefactar dicho recinto y por la caldera de apoyo.

En el documento Planos puede verse un esquema de la instalación.

8.1.- CIRCUITO PRIMARIO.

8.1.1.- Cálculo de Cargas Térmicas.

Una vez calculada la carga térmica, hay que aportar el calor que la compense. En el Suelo Radiante será el agua el encargado de transportar ese calor. Aunque ya se determinaron en el Capítulo 6 las cargas térmicas a vencer, dadas las especiales características del Suelo Radiante tenemos que hacer una serie de modificaciones.

Es importante calcular de manera precisa las pérdidas de calor ya que la función de toda calefacción es poder suministrar la misma cantidad de energía térmica que pierde el edificio calefactado en el caso más desfavorable. Así pues, de este cálculo depende la calidad final de la instalación de calefacción.

Veamos en primer lugar los cambios en el cálculo de las pérdidas por transmisión a través de los cerramientos con respecto al del Capítulo 6:

- Como ya se demostró en el Capítulo 7, un sistema de calefacción por Suelo Radiante puede trabajar con una temperatura del aire del ambiente interior $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ por debajo con respecto a otros sistemas de calefacción sin bajar el nivel de confort, ya que la temperatura operativa se mantiene constante. Por este motivo, para el cálculo de las pérdidas por transmisión a través de los cerramientos tomaremos la temperatura del aire del interior como $T_i=18\text{ }^{\circ}\text{C}$ en vez de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ como se hizo en el Capítulo 6.

- La instalación de Suelo Radiante requiere levantar el suelo actual del Salón de Actos e instalar nuevas capas de aislamiento y éstas no fueron tomadas en cuenta en el mencionado Capítulo 6.

- Como también se mencionó en el Capítulo 7, en edificios con una altura del techo importante como el Salón de Actos, la diferencia de temperatura puede llegar a ser de hasta $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ entre el aire que se encuentra cercano al techo con respecto al que se encuentra a 1 metro del suelo. En nuestro caso, con una altura media hasta el techo de más de 7 metros tomaremos una diferencia de temperaturas de: $7\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Así, con estas variaciones, las pérdidas por transmisión a través de los cerramientos quedan modificadas tal y como aparecen en el Anexo 2 de cálculo.

8.1.2.- Cálculo de la Superficie de Captadores Solares.

Para poder obtener la superficie de placas solares una de las cosas que es necesario conocer es la cantidad de radiación solar que recibe una superficie inclinada justo en la zona geográfica en la que se encuentra el Salón de Actos. Pero claro, nosotros debemos centrarnos en la radiación recibida en los meses invernales.

En el Anexo 2 de la Memoria podrá verse una tabla (B2.2) con todos los datos necesarios para la obtención de dicha superficie. En esa tabla, los datos correspondientes a la radiación solar incidente sobre superficies inclinadas se han obtenido de los valores publicados por el Centro de Estudios de la Energía de Madrid para la provincia de Cádiz. Hemos tomado, a su vez, una orientación Sur de los paneles solares y una inclinación de los mismos de 55° sobre la horizontal. Esto es así para asegurarnos de que los paneles solares reciban la mayor cantidad de radiación solar en los meses de invierno y porque la ubicación y estado del techo del Salón de Actos nos lo permite.

Es la relación entre la Energía Necesaria mensual y la Radiación Efectiva mensual la que servirá para determinar la superficie de paneles solares a instalar pero con una serie de precisiones. Si tomamos la radiación efectiva en los meses de invierno como valor para obtener la superficie de paneles solares, está claro que la instalación se verá sobredimensionada durante los meses de verano. En cambio, si tomamos la radiación efectiva captada en los meses de verano para calcular la superficie de paneles solares a instalar, entonces la instalación será insuficiente durante los meses de invierno. Tendremos por tanto que llegar a un punto de compromiso.

Por supuesto, la energía que debemos vencer para mantener las condiciones interiores óptimas coincide con la carga térmica total calculada según el apartado anterior, pero además tendremos que determinar el número medio de horas que se utiliza el Salón de Actos para obtener la Energía Diaria Necesaria.

Como hemos dicho anteriormente, todo esto puede verse en el Anexo 2 de la Memoria.

8.1.3.- Rendimiento del Colector Solar.

En este apartado veremos cómo obtener el rendimiento de un colector solar y posteriormente nos decantaremos por un modelo, así ya podremos deducir el número de placas solares que tenemos que instalar.

El rendimiento de un colector solar térmico viene expresado por una ecuación que tiene la forma matemática de una recta, y depende de la temperatura de trabajo, de la temperatura ambiente, de la intensidad de radiación incidente y de las características físicas y constructivas de los elementos que lo componen. Así, la expresión del rendimiento o eficiencia es:

$$\eta = a + b \left[\frac{T_m - T_a}{I} \right]$$

Donde:

η : rendimiento en tanto por uno.

T_a : temperatura ambiente exterior.

T_m : temperatura media del agua en el colector entre la entrada y la salida.

a : constante que depende de las características ópticas de transmitancia de la cubierta transparente y de la absorbancia de la placa absorbente.

b : constante que depende del número de cubiertas transparentes y de las características aislantes del sistema colector y de la placa absorbente (características térmicas).

I : Intensidad de radiación incidente medida en W/m^2 .

Los meses del año en los que la radiación solar es más débil, como es nuestro caso, son justamente aquellos en los que más calefacción se necesita, de aquí la enorme importancia que tiene el conseguir mejorar unos puntos el porcentaje de rendimiento de un sistema solar. Vamos a intentar

calcular el rendimiento de varios captadores solares que se encuentran en el mercado y así poder elegir uno.

A efectos de nuestro estudio vamos a establecer que la temperatura a la que sale el fluido de los captadores solares es de $T_s = 45$ °C y la temperatura del fluido a la entrada será de $T_e = 35$ °C. Los datos de temperatura ambiente media diarios son los siguientes (Ver tabla A1.3 del Apéndice 1 de la presente Memoria):

Para Enero: $T_a = 11,4$ °C

Para Febrero: $T_a = 12,5$ °C

Para Diciembre: $T_a = 12,5$ °C

Y finalmente, los datos de intensidad de radiación incidente medida en W/m^2 para una superficie inclinada 55° son los siguientes:

Para Enero: $I = 383,8$ W/m^2

Para Febrero: $I = 536,2$ W/m^2

Para Diciembre: $I = 389,5$ W/m^2

Con todos estos datos más los valores de “a” y “b”, proporcionados por el fabricante, podemos hacer una estimación de los rendimientos de los diferentes colectores que nos encontramos en el mercado. Nosotros vamos a calcular el rendimiento de uno de los modelos, como ejemplo de cálculo, y el resto se podrán ver tabulados. Estos cálculos se encuentran recogidos en el Anexo 2 de la presente Memoria.

8.1.4.- Obtención del Número de Captadores Mediante otro Procedimiento.

En este apartado vamos a emplear otro procedimiento diferente al anterior para determinar el número de captadores necesarios para la calefacción por Suelo Radiante, de este modo estaremos más seguros de

que los cálculos efectuados son correctos si es que ambos dan resultados similares.

Este nuevo método está basado en el uso de los Grados-día de calefacción en base 15 (Ver tabla A1.4 del Apéndice 1 de la presente Memoria). Ya se explicó el significado de los Grados-día en el Capítulo 4 de la presente Memoria. Pues bien, conocidos los Grados-día de una localidad podremos calcular las Necesidades Energéticas diarias de un día correspondiente a un mes determinado por la siguiente expresión:

$$Q_{diarias} = \frac{K_{GV} \cdot V \cdot 24 \cdot D_{mes-i}}{n^{\circ} \text{ días del mes } i}$$

Donde:

$Q_{diarias}$: Necesidades Energéticas diarias de calefacción en Kcal.
Puede usarse la media de los tres meses más fríos.

K_{GV} : Coeficiente global de pérdidas térmicas volumétrico. Ya se determinó su valor en el Capítulo 3 de esta Memoria: 0,356 Kcal/h°Cm³.

V: Volumen del recinto, es decir, volumen del S. de Actos: 2.835 m³.

D_{mes-i} : Los grados-día del mes considerado.

Vamos a aplicar la fórmula anterior a cada uno de los meses de invierno y luego haremos la media de los tres valores. Todos estos cálculos se encuentran recogidos en el Anexo 2 de la Memoria.

8.1.5.- Cálculo de la Bomba para el Circuito Primario.

Una bomba de circulación es el dispositivo electromecánico encargado de hacer circular el fluido de trabajo a través del circuito hidráulico de una instalación. Es uno de los componentes principales del circuito hidráulico de una instalación solar de circulación forzada.

Los parámetros fundamentales a considerar en el proceso de selección de la bomba a emplear en una instalación son el caudal de circulación y la diferencia de presiones que ha de superar. En este proceso también se han de tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Los materiales que constituyen la bomba han de ser compatibles con el tipo de fluido utilizado. En particular, en los circuitos por los que circula agua caliente sanitaria el material empleado ha de cumplir la normativa vigente relativa a la potabilidad del agua. En los circuitos en los que se utilizan líquidos anticongelantes se ha de prestar especial atención al comportamiento de las juntas de sellado.
- Adecuado comportamiento en el rango de presiones y temperatura de trabajo. Es recomendable instalar las bombas en los puntos más fríos de la instalación solar, especialmente en el circuito primario (tubería de retorno a captadores) debido a las altas temperaturas que se pueden llegar a alcanzar a la salida de los captadores.
- Baja potencia eléctrica. Con objeto de disminuir el consumo eléctrico y aumentar la eficiencia energética de las instalaciones solares, la normativa europea establece límites a la potencia nominal máxima a utilizar en una instalación solar térmica. Este límite depende del tamaño de la instalación solar y del factor óptico del captador solar utilizado. Esto puede verse al final de este apartado.
- Buen rendimiento alrededor del punto de trabajo, elevada resistencia mecánica y bajo coste.

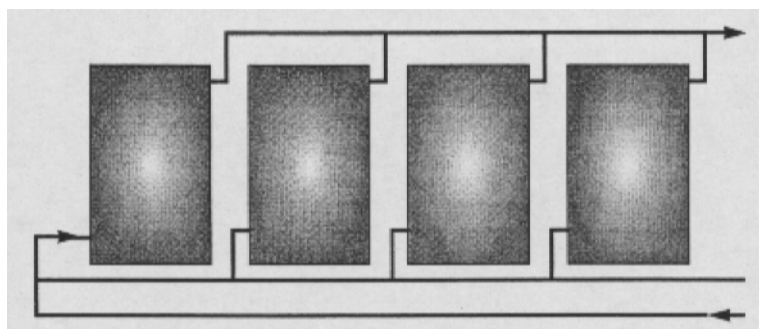
Para realizar el cálculo de la bomba, se ha diseñado en primera instancia la distribución de las redes de tuberías a lo largo de todo el edificio. Esta distribución está reflejada en el documento Planos.

La secuencia a seguir para determinar la bomba comienza estableciendo las tuberías a instalar y calculando del caudal de agua que circulará por las mismas. A continuación se deduce el diámetro de la tubería y las pérdidas de carga primarias que se producen, y finalmente se hallan las

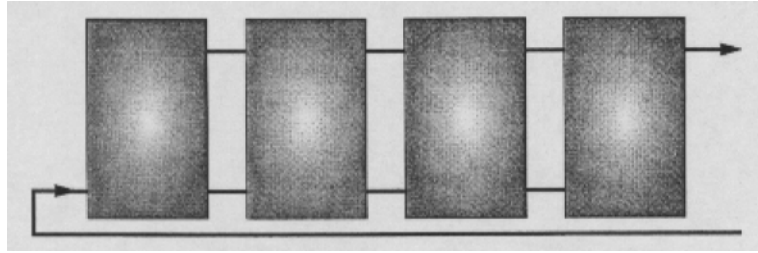
pérdidas secundarias producidas en los distintos accesorios y equipos que a lo largo de la red nos vamos encontrando.

El caudal que circula por el circuito primario viene determinado por las características técnicas del panel solar elegido y por el conexionado entre ellos. Mediante un conexionado en paralelo, que es por el que se ha optado dado el alto número de paneles solares, se pretende hacer circular el mismo caudal de fluido a través de cada captador siendo el caudal total suma de los caudales individuales que circulan por cada captador. En este tipo de conexionado habitualmente el caudal oscila entre 40 y 60 litros/(h·m²). Y como puede verse en la tabla B2.3.2 del Anexo 2 el fabricante recomienda un valor de caudal para el captador escogido de 40,2 litros/(h·m²).

En función de que los tubos distribuidores horizontales sean interiores o exteriores se diferencia entre las siguientes dos posibles formas de conexión en paralelo.



En este primer caso para conseguir una distribución uniforme de caudales en los distintos captadores basta con utilizar adecuadamente el esquema de retorno invertido, es decir, que la longitud y diámetro de las tuberías de ida y de retorno sean similares para cada uno de los distintos captadores. De esta forma se consigue que la pérdidas de carga por cada uno de los posibles caminos sea prácticamente igual y, por tanto, el sistema presente un adecuado equilibrio hidráulico.



En este caso los captadores presentan la posibilidad de conectarse en paralelo entre sí sin necesidad de utilizar tuberías exteriores lo que disminuye considerablemente el coste de la instalación. Para ello disponen de conductos distribuidores horizontales en la parte inferior y superior con diámetros superiores a los del resto del absorbedor (tuberías verticales de los absorbedores en forma de parrilla, etc.). Para un determinado caudal de circulación el número de captadores que se pueden conectar de acuerdo a esta configuración manteniendo el equilibrio hidráulico entre ellos es función del diámetro de estos conductos distribuidores. A este respecto el fabricante expresa que se pueden disponer sucesivamente sin problemas hasta 6 colectores.

Como resumen se destaca que en el conexionado en paralelo el caudal total de circulación es bastante elevado, se obtienen saltos de temperatura moderados y la pérdida de carga en captadores corresponde a la de un captador.

De este modo podemos determinar el caudal que circula por el circuito primario mediante la siguiente expresión:

$$2,5 \text{ m}^2 \times 40,2 \frac{\text{litros}}{\text{h} \times \text{m}^2} = 100,5 \frac{\text{l}}{\text{h}} \text{ por cada panel}$$

$$100,5 \frac{\text{l}}{\text{h}} \text{ por cada panel} \times 16 \text{ paneles} = 1.608 \frac{\text{litros}}{\text{h}}$$

Una vez calculados los caudales, hay que estimar un diámetro de tubería. Pero antes hay que tener en cuenta los siguientes preceptos:

- La velocidad del agua por las tuberías no debe sobrepasar los 2 m/s, para evitar niveles de ruido excesivo.
- Hay que procurar que las pérdidas de presión debidas al rozamiento en las tuberías no excedan de 40 mm.c.a./m.
- Velocidad de circulación del agua mayor de 0,3 m/s para evitar acumulaciones de aire.
- Las tuberías de conexión entre los captadores solares y entre éstos y el acumulador, el material más ampliamente utilizado es el cobre. Entre las características del cobre destacan la alta resistencia mecánica y a la corrosión, maleabilidad, elevada durabilidad, etc.

Para la determinación de los diámetros que utilizaremos, haremos uso de una gráfica tomada del *Manual de Instalaciones Solares Térmicas*, editado por la Sociedad para el Desarrollo Energético de Andalucía (SODEAN, S. A.) y que es una adaptación del correspondiente manual alemán. Esta gráfica, que ofrece datos de la pérdida de carga producida para tuberías de cobre en función del caudal y del diámetro (y por lo tanto también de la velocidad), puede verse en el Apéndice 1 de la presente Memoria como Gráfica A1.5. Seleccionaremos aquellos diámetros mínimos que nos procuren una velocidad dentro de los límites de 0,3 - 2 m/s y a su vez produzcan una pérdida de carga tan baja como sea posible y menor que los 40 mm.c.a./m comentados anteriormente.

Una vez establecidos los diámetros y las pérdidas de carga primarias, sólo queda conocer las pérdidas de carga secundarias, que son las que se producen en los accesorios (codos, curvas, estrechamientos y válvulas) que se encuentran en nuestra instalación. Esas pérdidas secundarias dependerán de las características del elemento y de la velocidad del fluido, pero para los usos normales pueden utilizarse datos tabulados en función del diámetro de tubería en que se produzca el accidente, sin que supongan un error muy grande. En este caso, la tabla A1.6 tomada del *Manual de Instalaciones Solares Térmicas*, editado por la Sociedad para el Desarrollo Energético de Andalucía (SODEAN, S. A.), nos arroja valores de longitud

equivalente en metros de tubería. Esta tabla viene recogida en el Apéndice 1 de la presente Memoria como tabla A1.6.

Si representamos mediante una tabla los valores de todos estos parámetros citados para cada uno de los tramos en que puede dividirse la tubería en el caso del circuito primario, obtendríamos:

Tramo	Caudal (L/h)	Velocidad (m/s)	Ø (mm)	ΔP Unitaria (mmca/m)	Longitud (m)	ΔP Tubería (mca)	Leq Acces. (m)	ΔP Acces. (mca)	ΔP Panel solar (mca)	ΔP Total (mca)	
0-1	1.608	0,85	28x1	30	28	0,840	8,47	0,254		1,094	
1-2	1.206	0,63	28x1	17,5	4,77	0,083	1,1	0,019		0,102	
2-3	804	0,43	28x1	9,5	4,77	0,045	1,1	0,010		0,055	
3-7	402	0,36	22x1	9,5	17,68	0,168	3,63	0,034	0,1	0,302	
1-5	402	0,36	22x1	9,5	17,63	0,167	3,63	0,034	0,1	0,301	
2-5	402	0,36	22x1	9,5	12,96	0,123	3,02	0,029	0,1	0,252	
3-6	402	0,36	22x1	9,5	12,96	0,123	3,02	0,029	0,1	0,252	
5-6	804	0,43	28x1	9,5	4,77	0,045	1,1	0,010		0,055	
6-7	1.206	0,63	28x1	17,5	4,77	0,083	1,1	0,019		0,102	
7-8	1.608	0,85	28x1	30	11,67	0,350	1,09	0,033		0,383	
Pérdida de carga en el intercambiador de calor =										0,350	
										subtotal	3,248
										Metros de subida	10,18
										TOTAL	13,43

Tabla 8.1.5.1

Se han tenido en cuenta para las pérdidas secundarias todos los codos, las tes, etc. que se han ido encontrando a lo largo de la línea, así como las distintas válvulas que precedían y seguían a la bomba, además del resto de accesorios que complementan la instalación (captadores, intercambiador de calor, etc.). Del mismo modo, se han considerado las diferencias de cota en los casos en que la distribución de tuberías así lo exigiese (subida de planta).

La bomba a seleccionar debe impulsar el caudal total que circula por el sistema de captación, que es de 1.608 litros/h. La pérdida de carga que debe ser capaz de superar la bomba es la del camino del circuito con mayor pérdida de carga. En este caso se han considerado cuatro posibles caminos para el fluido, que se corresponden con las cuatro baterías de captadores:

1. Tramo 0-1-5-6-7-8 con una pérdida de carga de 2,285 m.c.a.
2. Tramo 0-1-2-5-6-7-8 con una pérdida de carga de 2,338 m.c.a.
3. Tramo 0-1-2-3-6-7-8 con una pérdida de carga de 2,338 m.c.a.
4. Tramo 0-1-2-3-7-8 con una pérdida de carga de 2,286 m.c.a.

Como puede verse todos los caminos ofrecen aproximadamente la misma pérdida de carga y para la elección de la bomba nosotros tomaremos el mayor valor de los cuatro, es decir, la bomba deberá vencer una pérdida de carga de 2,338 m.c.a. sin olvidar que habrá que impulsar el agua a 10,18 metros de alto.

Con los datos obtenidos en el cálculo de tuberías, estamos en condiciones de poder seleccionar una bomba. A partir de catálogos elegimos para el circuito primario una bomba que nos proporcione un caudal mínimo de 1.608 L/h y una altura útil de 12,5 m. Para este caso se ha escogido de entre las bombas EBARA (se puede usar otra marca comercial similar) el modelo *LPS 25/25* a 2900 rpm, con una potencia de 0,25 Kw y una altura útil de hasta 12,5 metros.

Debido al bajo caudal y a la magnitud de la pérdida de carga de este circuito, son las bombas denominadas *LPS* las más adecuadas en este caso. Según las tablas y gráficos de este modelo, que están reproducidas en el Apéndice 1 de la Memoria, es la *electrobomba monobloc LPS 25/25* a 2900 rpm, o similar, la que ofrece los valores de los parámetros requeridos más acordes con nuestras pretensiones. Concretamente, y siguiendo la curva del gráfico caudal/altura, se observa que para el caudal necesario dicha bomba es capaz de vencer una pérdida de aproximadamente los 12,5 metros necesarios.

Identif.	Modelo	Pérdida a vencer (mca)	Presión de la Bomba (mca)	Caudal (l/h)	Potencia de la Bomba (Kw)	Potencia en Tabla (Kw)	Rend. (%)	NPSHr	r.p.m.
Circuito Primario	LPS 25/25	12,5	12,5	1.608	0,25	0,225	25	4	2900

Tabla 8.1.5.2

Veamos ahora si su NPSH requerido (proporcionado por el fabricante) es menor o igual que el NPSH disponible. Para ello se calcula antes que nada el $NPSH_d$ del circuito, que obedece a la expresión:

$$NPSH_d = \frac{P_a \times 10}{\gamma} - (\pm H_a + P_c + T_v)$$

Donde:

$NPSH_d$: Altura neta de aspiración positiva (m.c.l., en nuestro caso m.c.a.)

P_a : Presión absoluta sobre el nivel de aspiración del líquido (kg/cm^2)

γ : Peso específico del líquido (kg/L)

H_a : Altura geométrica de aspiración (m). Lleva signo positivo cuando el nivel de aspiración está por debajo del eje de la bomba, y negativo cuando está por encima.

P_c : Pérdida de carga en la aspiración (m)

T_v : Tensión del vapor correspondiente al líquido (m.c.l., en nuestro caso m.c.a.)

Los valores de cada una de estas variables son los que a continuación se exponen:

$$P_a = 1 \text{ bar} = 1,02 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$\gamma = \gamma_{\text{agua}} = 1 \text{ kg/L}$$

$$T_v = T_{v, \text{agua}} = 0,0102 \text{ kg/cm}^2 = 0,102 \text{ m.c.a.}$$

$$H_a = 0,5 \text{ m}$$

$$P_c = 0,5 \text{ m.c.a.}$$

Sustituyendo resulta:

$$NPSH_d = \frac{1,02 \times 10}{1} - (0,5 + 0,5 + 0,102) = 9,1 \text{ m}$$

Una vez hallada la altura neta positiva de aspiración disponible ($NPSH_d$), resta compararla con la $NPSH$ requerida. Este dato es facilitado por el fabricante, y en nuestro caso la bomba seleccionada dispone de un $NPSH_r = 4 \text{ m}$ (según Tabla 8.1.5.2). Así, como $NPSH_d = 9,1 \text{ m} \geq 4 \text{ m} = NPSH_r$, podemos decir que la *electrobomba monobloc LPS 25/25 a 2900 rpm* es apta para el uso en el circuito primario.

Aunque hay que tener presente que para el caso del cálculo de bombas de circulación de agua caliente, emplearemos una reducción en cuanto al $NPSH$ disponible calculado de esta forma, debido a la más elevada temperatura del agua, que hace que aumente la presión de vapor. Dichas reducciones son:

Temperatura del agua a bombear (°C)	30	50	70	80
Metros a reducir del $NPSH_d$	0,45	1,30	3,20	5,00

Tabla 8.1.5.3

Como regla general, en las instalaciones de circulación forzada la potencia eléctrica de la bomba ha de ser lo más baja posible recomendándose que no exceda del 1% de la potencia calorífica máxima que puedan suministrar los captadores solares. Esta potencia calorífica máxima se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$P_{C, \text{máx}} = \eta_0 \cdot A \cdot I_{\text{ref}}$$

Siendo:

$P_{C, \text{máx}}$: Máxima potencia calorífica (W).

η_0 : Rendimiento óptico del captador = 0,84 según Tabla B2.3.2.

A : Área total de los captadores solares.

I_{ref} : Irradiancia solar de referencia = 1.000 W/m².

Sustituyendo cada uno de los valores resulta:

$$P_{C,m\acute{a}x} = \eta_0 \cdot A \cdot I_{ref} = 0,84 \cdot 40 \cdot 1.000 = 33.600 \text{ W}$$

Y puesto que el 1% de 33.600 W resulta ser 0,336 Kw (0,25<0,336), podemos afirmar que la bomba escogida también verifica este requerimiento energético.

8.1.6.- Aislamiento de Tuberías.

El espesor del aislamiento térmico necesario para cumplir los requisitos de uso eficiente de la energía y para la seguridad contra quemaduras por contactos accidentales son los que se obtienen a partir de la aplicación del Apéndice 03.1 de la ITE 03, tal como prescribe la ITE 03.12.

Dicho Apéndice dictamina que se dispondrá de un aislamiento térmico con los espesores mínimos reseñados en el mismo en los casos en que las tuberías contengan un fluido con temperatura menor a la del ambiente o superior a 40 °C y estén situados en locales no calefactados, entre los que se deben considerar patinillos, galerías, salas de máquinas y similares.

En este sentido, es de aplicación en interiores de nuestro proyecto los siguientes espesores mínimos para tuberías, extraídos de los datos tabulados en la citada instrucción técnica:

Diámetro exterior de la tubería (mm)	Fluido interior caliente
	40 °C ≤ Tª ≤ 65 °C
D ≤ 35	20
35 < D ≤ 60	20
60 < D ≤ 90	30
90 < D ≤ 140	30
140 < D	30

Tabla 8.1.6

Para exteriores, el espesor indicado en la anterior tabla será incrementado en 10 mm.

El material aislante térmico, tal como dicta la ITE 04.6, serán materiales inorgánicos fibrosos rígidos y semirrígidos (MIF-f y MIF-s) en forma de coquillas o planchas. Las coquillas rígidas o semirrígidas se usarán para las tuberías con un diámetro nominal sin recubrimiento de hasta 200 mm (unas 8 pulgadas), mientras que para diámetros mayores, se usan fieltros, mantas o planchas semirrígidas.

Además, estos materiales aislantes deben a su vez protegerse de las acciones mecánicas e inclemencias del tiempo cuando estén expuestos a ellos, a través de un revestimiento exterior. Son susceptibles de estas protecciones las tuberías situadas en la azotea donde se ubican las placas solares. El material de estos revestimientos será uno u otro en función del lugar donde se halle la tubería a proteger, influyendo en este sentido tanto criterios de resistencia a los agentes como criterios estéticos.

8.1.7.- Cálculo del Intercambiador de Calor.

Un intercambiador de calor tiene la misión de realizar la transferencia de calor entre fluidos que, separados por una pared sólida, se encuentran a diferentes temperaturas. Mediante el uso de un intercambiador se consigue que el calor se transfiera sin que se mezclen ambos fluidos.

En una instalación solar habitualmente se emplean para transferir el calor desde el fluido que circula por los captadores solares al agua almacenada en el sistema de acumulación. También se pueden utilizar para transferir la energía previamente almacenada en un acumulador de inercia al agua de consumo. Las principales ventajas que presenta el empleo de un intercambiador en una instalación solar son:

- Posibilidad de usar como fluido de trabajo (fluido que circula por el circuito primario) una mezcla de agua con anticongelante.

- Disminución de las posibilidades de obturación de las tuberías por deposición calcárea en el circuito primario, especialmente en el sistema de captación, cuando la dureza del agua utilizada es elevada.
- Reducción del riesgo de corrosión en el circuito primario ya que, a excepción de renovaciones continuas de agua, el contenido de oxígeno disuelto en agua se encuentra limitado.

Los intercambiadores habitualmente empleados en las instalaciones solares son:

- Los incorporados en el acumulador. Se utilizan en instalaciones solares con volúmenes de acumulación relativamente pequeños (hasta 1.000 litros). Son principalmente los de tipo serpentín y los de doble envolvente.
- Los externos al acumulador o independientes. Son los intercambiadores de placas y los de carcasa y tubo.

En la actualidad, los intercambiadores exteriores se utilizan habitualmente en instalaciones solares que tienen volúmenes de acumulación solar superiores a 1.000-1.500 litros, aunque este límite ha descendido significativamente durante los últimos años debido a que la relación eficiencia/coste de este tipo de intercambiadores ha aumentado considerablemente. Los intercambiadores de placas en contracorriente son los más ampliamente utilizados en las instalaciones solares que incorporan intercambiadores exteriores y debido al tamaño de nuestra instalación será por el que optemos.

Los intercambiadores de placas consisten en una pila de placas de material metálico que se mantienen unidas mediante presión en un bastidor y selladas por medio de una junta, de manera que se forman una serie de pasillos interconectados por los que circula el correspondiente fluido.

Cada placa dispone de cuatro orificios de forma que a través de dos de ellos circula el fluido frío o el fluido caliente. Las juntas de estanqueidad, que hacen de cierre por presión entre las placas, fijan la dirección de circulación de estos fluidos a través de las placas.

Principales características de los intercambiadores externos:

- Mayor capacidad de transferencia de calor que los intercambiadores incorporados en el acumulador. También destacan por su mayor facilidad de limpieza y reparación.
- Requieren la instalación de una bomba adicional en el secundario del intercambiador.
- Presentan la capacidad de cargar térmicamente varios acumuladores con un único intercambiador. Al no necesitar emplear un intercambiador por cada acumulador, a pesar de requerir una bomba adicional en el secundario, se reduce el coste global de la instalación.
- Los intercambiadores de placas presentan altas pérdidas de carga.
- Para pequeñas potencias térmicas habitualmente resultan de mayor coste que los intercambiadores incorporados en el acumulador.

Con todo lo anterior, la marca Viessmann ofrece una gran variedad de intercambiadores de placas en función del caudal de circulación, la potencia y el rango de temperatura en el que nos movamos. De este modo, haciendo uso del catálogo de intercambiadores proporcionado por Viessmann, la serie Vitotrans 100 para estaciones de transferencia en redes de suministro de calor, para separación de sistemas en instalaciones de calefacción con Calefacción por Suelo Radiante, para la producción de Agua Caliente Sanitaria (A. C. S.) y para instalaciones de energía solar, resulta ser la serie idónea para nuestras necesidades. Dentro de la serie Vitotrans 100 existe una amplia gama de modelos, siendo el que más se ajusta a nuestras necesidades el 3003 489. Veamos en la siguiente tabla cuáles son sus características técnicas:

Vitotrans 100	Unidades	Modelo 3003 489
Dimensiones sin aislamiento térmico ni uniones roscadas		
Longitud	mm	148
Anchura	mm	123
Altura	mm	332
Dimensiones con aislamiento térmico		
Longitud Total	mm	186
Anchura Total	mm	172
Altura Total	mm	400
Peso		
Intercambiador de calor con aislamiento	Kg	6,4
Capacidad		
c. primario / c. secundario	Litros	1,14 / 1,2
Presión máx. de servicio admisible		
c. primario / c. secundario	bar	30
Temperatura de servicio admisible		
c. primario / c. secundario	° C	200
Conexiones		
c. primario / c. secundario	G (rosca ext.)	1

Tabla 8.1.7.1

Las placas del intercambiador de calor y las conexiones son de acero inoxidable de alta aleación. Además, el Vitotrans 100 ha de conectarse en contracorriente y hay que elegir una posición para su colocación que garantice una purga de aire y un vaciado perfectos. Para el montaje hay que prever una distancia a la pared de 150 mm como mínimo, pues el montaje del aislamiento térmico es posterior a la instalación del intercambiador de calor. Todas las conexiones se concentran en el mismo lado.

En el Apéndice 1 de la presente Memoria se recoge la gráfica A1.10 que relaciona el caudal de agua con la pérdida de carga. Se observa que para un caudal de 1.608 litros/h (1,6 m³/h) la pérdida de carga es de aproximadamente 35 mbar (0,350 mca).

Por último, en la siguiente tabla se relaciona las diferentes potencias térmicas con distintos saltos térmicos:

Vitotrans 100	Salto Térmico	Modelo 3003 489	Unidades
Potencia Térmica con temperatura del agua de calefacción en el circuito primario ___ / ___ °C y con temperatura del agua en el cir. secundario ___ / ___ °C.	prim. 50 / 40 °C sec. 35 / 45 °C	37	Kw
	prim. 60 / 45 °C sec. 40 / 50 °C	46	Kw
	prim. 70 / 50 °C sec. 40 / 50 °C	46	Kw
	prim. 90 / 70 °C sec. 60 / 80 °C	93	Kw
	prim. 100 / 65 °C sec. 60 / 80 °C	93	Kw
	prim. 70 / 40 °C sec. 10 / 60 °C	100	Kw

Tabla 8.1.7.2

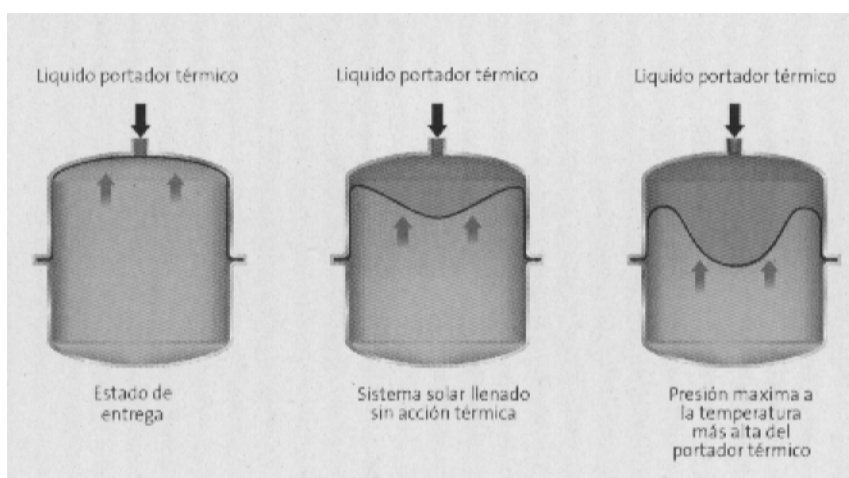
8.1.8.- Cálculo del Vaso de Expansión.

El vaso de expansión se utiliza para absorber las dilataciones y contracciones que experimenta el fluido contenido en un circuito cerrado con las variaciones de temperatura. Mediante la utilización de este elemento se evita la pérdida de fluido que tendría lugar al activarse la válvula de seguridad al alcanzarse presiones elevadas en el circuito durante los periodos de alta radiación solar. En este caso sería necesario rellenar el circuito para mantenerlo presurizado, aumentando de esta forma tanto el coste (debido a la sustitución del fluido y a la pérdida de energía asociada al fluido evacuado) como la probabilidad de creación de bolsas de aire (especialmente cuando el sistema se vuelve a enfriar).

Se diferencian entre vasos abiertos y cerrados atendiendo a que el fluido contenido en el circuito esté en comunicación directa con la atmósfera (abiertos) o no (cerrados). En las instalaciones solares habitualmente se emplean vasos de expansión cerrados que consisten en depósitos metálicos

divididos en el interior en dos partes a través de una membrana elástica impermeable. Cada una de las partes contiene un fluido diferente: aire o gas inerte en la presión de trabajo, situado por debajo de la membrana, y el fluido de trabajo o líquido portador térmico, situado por encima de la membrana, que penetra en el vaso de expansión al aumentar su temperatura y presión.

El principio de funcionamiento de un vaso de expansión cerrado se esquematiza en la figura siguiente. Al aumentar la temperatura del líquido portador térmico también aumenta la presión en el circuito y el líquido se expande en el vaso desplazando la membrana elástica hacia la parte inferior. En este proceso disminuye el volumen ocupado por el gas. Sin embargo, al disminuir la temperatura del líquido también disminuye la presión en el circuito, lo que permite aumentar el volumen ocupado por el gas y, por tanto, el desplazamiento de la membrana hacia la parte superior.



El vaso de expansión se ha de conectar al circuito hidráulico de manera que se facilite que la expansión del fluido siempre sea absorbida por el vaso. Por este motivo no se debe instalar ningún elemento que impida la circulación del fluido de trabajo (válvula de corte) en el ramal de conexión entre el vaso de expansión y el circuito hidráulico.

Los materiales del vaso de expansión han de ser resistentes al tipo de fluido empleado y a las altas temperaturas que se pueden alcanzar. Especial

atención se ha de prestar a la resistencia de la membrana elástica a los fluidos anticongelantes así como su resistencia a la temperatura y a los esfuerzos mecánicos a los que se encuentra sometida.

En el proceso de cálculo del sistema de expansión de una instalación solar térmica influyen los siguientes factores:

- Cantidad de fluido de trabajo contenido en el circuito: captadores, tuberías e intercambiador (V)
- Rango de temperaturas entre los que puede fluctuar el fluido de trabajo ($T_{\text{máx}}$ y $T_{\text{mín}}$)
- Características del fluido de trabajo
- Localización del sistema de expansión en la instalación. Tiene gran influencia en los valores de presión mínima ($P_{\text{mín}}$) y presión máxima ($P_{\text{máx}}$) a los que está expuesto el vaso de expansión.
- Posibilidad de vaporización del fluido contenido en los captadores.

De acuerdo a la instrucción UNE 100-155 Climatización: Cálculo de vasos de expansión, el cálculo de un vaso de expansión cerrado, empleado habitualmente en las instalaciones solares y que será el que nosotros instalaremos, se ha de realizar de acuerdo a la siguiente expresión:

$$V_t = V \cdot C_e \cdot C_p$$

Donde:

V_t : Volumen total del vaso de expansión en litros.

V : Contenido total de fluido de trabajo en el circuito en litros.

C_e : Coeficiente de expansión o dilatación del fluido.

C_p : Coeficiente de presión.

El coeficiente de expansión C_e físicamente representa la relación entre la variación de volumen experimentada por el fluido al aumentar su temperatura y el volumen inicialmente ocupado por el mismo. Es siempre

positivo y menor que la unidad. Depende de los niveles de temperatura y normalmente su valor es del orden de 0,05 para agua que experimenta una diferencia de temperatura en torno a 100 °C. En caso de emplear mezclas de agua con anticongelantes el valor de C_e aumenta ligeramente ($C_e=0,065$). El coeficiente de expansión también representa la relación entre el volumen útil (V_u) del vaso de expansión (que debe ser igual al volumen del fluido expansionado) y el volumen de fluido contenido en la instalación. Por tanto, $C_e = V_u / V$.

El coeficiente de presión C_p es siempre positivo y mayor que la unidad. Representa la relación entre el volumen total y el volumen útil del vaso de expansión, es decir, la proporción del volumen del vaso de expansión que puede ser ocupado por el fluido de trabajo. Así que, $C_p=V_t/V_u$. Para vasos de expansión cerrados C_p se calcula mediante la expresión:

$$C_p = \frac{P_{m\acute{a}x} + 1}{P_{m\acute{a}x} - P_{m\acute{i}n}}$$

Siendo:

$P_{m\acute{a}x}$: Máxima presión de funcionamiento admisible en el vaso de expansión (bar).

$P_{m\acute{i}n}$: Presión mínima en el vaso de expansión (bar).

Ambas presiones vienen expresadas en término de presión manométrica.

La presión mínima debe ser lo suficientemente elevada como para evitar la entrada de aire en el circuito. Por este motivo, se recomienda que esta presión sea como mínimo de 0,5 bar superior a la presión atmosférica en el punto más alto de la instalación. Debido a que el vaso de expansión se localiza en una cota inferior a los captadores solares, ha de sumarse la presión estática correspondiente a la presión mínima indicada anteriormente.

$$P_{\text{mín}} = 0,5 \text{ bar} + P_{\text{est}}$$

$$P_{\text{est}} = h \text{ (m)} \cdot 0,1 \text{ bar/m}$$

La máxima presión de funcionamiento ha de ser inferior a la presión de tarado de la válvula de seguridad (P_{VS}) en aproximadamente 0,3 bar, así:

$$P_{\text{máx}} = P_{\text{VS}} - 0,3 \text{ bar}$$

La presión de tarado de la válvula de seguridad del vaso de expansión está limitada por la máxima presión que soportan los distintos componentes y por la posición que ocupa el vaso en la instalación.

El contenido total del fluido de trabajo (V) se calcula sumando el volumen contenido en todos los elementos constitutivos del circuito primario. En la siguiente tabla se muestra el volumen contenido en tuberías, captadores e intercambiador.

Tramo	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Volumen Unitario (l/m)	Volumen Total (litros)
0-1	28	28x1	0,531	14,9
1-2	4,77	28x1	0,531	2,5
2-3	4,77	28x1	0,531	2,5
3-7	17,68	22x1	0,314	5,6
1-5	17,63	22x1	0,314	5,5
2-5	12,96	22x1	0,314	4,1
3-6	12,96	22x1	0,314	4,1
5-6	4,77	28x1	0,531	2,5
6-7	4,77	28x1	0,531	2,5
7-8	11,67	28x1	0,531	6,2
Volumen total en los 16 captadores =				35,2
Volumen total en el intercambiador =				2,34
Total				87,94 litros

Tabla 8.1.8

En la instalación tenemos que la diferencia de cotas entre el punto más alto de la instalación y el lugar donde se localiza el vaso de expansión es de 10 metros. La presión mínima en el punto más alto es de 0,5 bar y la válvula de seguridad se encuentra situada a la misma cota que el vaso de expansión y tarada a 4 bar. Por tanto:

$$P_{\min} = 0,5 \text{ bar} + 10 \text{ m} \cdot 0,1 \text{ bar/m} = 1,5 \text{ bar}$$

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

Así que:

$$C_p = \frac{P_{\max} + 1}{P_{\max} - P_{\min}} = \frac{3,7 + 1}{3,7 - 1,5} = 2,14$$

Se utiliza el valor $C_e = 0,06$ considerando que el agua puede experimentar un salto de temperatura de 120 °C. Y aplicando la ecuación se obtiene que el volumen del vaso de expansión ha de ser como mínimo:

$$V_t = V \cdot C_e \cdot C_p = 87,94 \cdot 0,06 \cdot 2,14 \cong 11,3 \text{ litros}$$

En las instalaciones solares la experiencia ha demostrado que en muchas ocasiones los vasos de expansión calculados de acuerdo a este procedimiento han resultado ser insuficientes. Los motivos de este infradimensionado hay que buscarlos en el cambio de fase de líquido a vapor que experimenta el fluido de trabajo cuando alcanza temperaturas elevadas. Para que la expansión de este líquido pueda ser absorbida por el vaso de expansión se ha de sumar al volumen calculado por el procedimiento anterior el volumen total de líquido que puede pasar de líquido a vapor: este líquido es el contenido en los captadores solares y en las tuberías que se encuentran a cotas iguales o superiores a la de la parte inferior de los captadores.

Esta consideración tiene especial interés en caso de emplearse una mezcla de agua con anticongelante como fluido de trabajo ya que en caso

contrario cuando se activase la válvula de seguridad (con mayor frecuencia debido al infradimensionado del vaso de expansión) saldría al exterior el fluido de trabajo. Esta pérdida de fluido supondría, además del coste económico, la adopción de medidas para evitar fallos en el funcionamiento de la instalación (reposición del fluido de trabajo para evitar falta de fluido en el circuito y fallos en el sistema de protección frente a heladas).

Por estas razones se recomienda dimensionar el vaso de expansión añadiendo al cálculo anterior el volumen del líquido contenido en los captadores solares y tuberías situadas por encima de la menor cota inferior de los captadores solares, V_{vap} . En este caso el volumen mínimo del vaso de expansión sería:

$$V_t = (V \cdot C_e + V_{vap}) \cdot C_p = (87,94 \cdot 0,06 + 50,2) \cdot 2,14 \cong 118,7 \text{ litros}$$

Considerando la serie estándar de vasos de expansión se elegiría uno de mayor tamaño (por ejemplo de 140 litros, que corresponde al tamaño inmediatamente superior).

8.2.- CIRCUITO SECUNDARIO.

En nuestro sistema, el circuito secundario comprende el intercambiador de calor, el depósito de acumulación y las conducciones que hay entre ambos, que junto con la bomba hace circular el fluido de trabajo que recoge la energía del intercambiador de calor y la almacena en el interacumulador.

8.2.1.- Volumen del Acumulador de Inercia (Buffer).

En una instalación solar el acumulador se encarga de almacenar la energía térmica generada por los captadores solares. Al existir frecuentes desfases temporales entre los periodos de radiación solar y los periodos en los que tiene lugar el consumo de energía térmica, la utilización de acumuladores resulta imprescindible en las instalaciones solares térmicas.

Los requisitos generales que se han de solicitar a un acumulador son:

- Elevada capacidad térmica del medio de almacenamiento
- Adecuada estratificación de temperaturas
- Alta resistencia dentro de los rangos de presión y temperatura de trabajo
- Buen aislamiento térmico
- Correcto posicionado de las tuberías de conexión
- Larga durabilidad
- Bajo coste
- Adecuadas propiedades medioambientales

Al extraer agua caliente del acumulador (normalmente por la parte superior) el agua más fría se introduce por la parte inferior, de forma que en el acumulador coexisten al mismo tiempo agua “fría”, “templada” y “caliente”. Debido a la diferencia de densidades entre estos “tipos” de agua, se crea una distribución vertical de temperaturas en el agua contenida en el acumulador, de manera que el agua situada en la parte superior, al tener menor densidad, está más caliente y el agua situada en la parte inferior queda a menor temperatura.

Para aumentar esta distribución vertical de temperaturas, denominada estratificación de temperaturas, se recomienda emplear acumuladores de configuración vertical con una relación altura/diámetro tan alta como sea posible. Con esta medida se consigue alcanzar una mayor diferencia de temperatura entre la parte superior e inferior del acumulador, aspecto que afecta positivamente al funcionamiento de una instalación solar térmica ya que permite:

- Que el agua extraída por la parte superior del acumulador, cuando existe demanda de agua caliente, salga a la mayor temperatura disponible en el acumulador y por tanto se requiera más tardíamente el empleo del sistema de energía de apoyo.

- Que el agua almacenada en la parte inferior del acumulador se encuentre a la menor temperatura disponible. De esta manera se consigue que la temperatura de entrada a los captadores solares sea más baja y por tanto aumente el rendimiento de los captadores.

La estratificación de temperaturas alcanzada en un acumulador también depende de otros factores como posición y diseño de las tuberías de entrada y salida, caudal de circulación, etc.

Las pérdidas térmicas en un acumulador solar que presente un defectuoso aislamiento térmico pueden ser muy significativas, llevando incluso a disminuir considerablemente el rendimiento de una instalación solar. Por este motivo se han de tomar medidas adecuadas para disminuir las pérdidas térmicas, entre las que destacan:

- Utilizar materiales aislantes apropiados.
- Aislar todo el acumulador (parte lateral, superior e inferior).
- Aislar las tuberías de conexión y los diferentes accesorios.
- Instalar adecuadamente las tuberías de conexión para evitar las pérdidas térmicas debidas a la circulación natural del agua por el interior de estas tuberías.
- Minimizar la relación entre la superficie exterior del acumulador y el volumen de éste.

Los materiales aislantes empleados han de satisfacer la reglamentación vigente y deben ser medioambientalmente adecuados por lo que se recomienda que no contengan elementos clorofluorcarbonados ni PVC. Deben tener bajos coeficientes de conductividad térmica, buena resistencia mecánica, elevada estabilidad, etc.

Entre los elementos aislantes habitualmente empleados en los acumuladores solares se encuentran: espuma rígida de poliuretano inyectado, lana de roca, fibra de vidrio, etc. Sobre estos materiales se recomienda colocar algún tipo de protección mecánica o de revestimiento

exterior como una capa de poliéster, funda de skay, etc., que sirva de protección frente a la radiación y/o humedad, etc. La selección del tipo de elemento protector externo depende en gran medida del lugar donde se ubique el acumulador.

En un acumulador también se puede definir un valor k como el cociente entre la conductividad térmica λ y el espesor de aislamiento térmico D . El valor de $k = \lambda/D$ se expresa en $W/(m^2 \cdot K)$ resultando las pérdidas térmicas en un acumulador proporcionales al producto del valor k por la superficie total del acumulador A . Se recomienda que el valor $k \cdot A$ sea menor de 4 W/K. Como regla general se recomienda aislar todo el acumulador (parte lateral, superior e inferior) con al menos 30 mm de un material cuya conductividad térmica λ sea inferior a 0,040 W/m·K.

A partir del área de captación calculada se puede obtener el volumen de acumulación teniendo en cuenta que la relación V/A se encuentre comprendida entre 60 y 100 litros/ m^2 . Nosotros, para nuestro sistema, vamos a tomar un poco menos del valor medio, es decir:

$$\frac{V}{A} = 75 \frac{l}{m^2} \rightarrow V = 75 \frac{l}{m^2} \times 40 m^2 = 3.000 \text{ litros}$$

El depósito elegido para este fin es el modelo MV-3000-I de la serie Master Inercia de la compañía LAPESA. Se trata de un depósito de gran capacidad para su instalación vertical en circuitos cerrados de calefacción. Las características técnicas se ven resumidas en la tabla 8.2.1 siguiente:

Material de fabricación	Acero St.44.2
Aislante	80 mm de espuma de poliuretano inyectado. Libre de CFC
Temperatura máxima	110 °C
Presión máxima	8 bar
Peso en vacío	694 Kg
Diámetro exterior	1.660 mm
Altura total	2.325 mm
Protección frente a corrosión	Ánodo de sacrificio de magnesio

Tabla 8.2.1

8.2.2.- Bomba del Circuito Secundario.

La bomba a instalar en el circuito secundario debe ser capaz de impulsar un caudal igual al del circuito primario, es decir, 1.608 L/h. Aunque también podrá ser inferior hasta en un 10%, nunca será superior al caudal que circule por el primario.

Con el valor de caudal establecido y el cálculo de la pérdida de carga en el circuito secundario se puede elegir la bomba, de hecho el procedimiento de cálculo es igual al seguido para establecer la bomba en el circuito primario. Los resultados en este caso son:

Tramo	Caudal (L/h)	Velocidad (m/s)	Ø (mm)	ΔP Unitaria (mmca/m)	Longitud (m)	ΔP Tubería (mca)	Leq Acces. (m)	ΔP Acces. (mca)	ΔP Total (mca)
1-2	1.608	0,85	28x1	30	2,43	0,075	2,25	0,070	0,145
2-3	1.608	0,85	28x1	30	3,50	0,105	1,58	0,050	0,155
Pérdida de carga en el intercambiador de calor =									0,350
subtotal									0,650
Metros de subida									1,70
TOTAL									2,35

Tabla 8.2.2.1

La bomba que mejor se adapta a estos datos es la LPS 25/08 de EBARA.

Identif.	Modelo	Pérdida a vencer (mca)	Presión de la Bomba (mca)	Caudal (l/h)	Potencia de la Bomba (Kw)	Potencia en Tabla (Kw)	Rend. (%)	NPSHr	r.p.m.
Circuito Secundario	LPS 25/08	2,35	6	1.608	0,08	0,11	25	4	2900

Tabla 8.2.2.2

8.3.- CIRCUITO DE CONSUMO DE ENERGÍA.

8.3.1.- Sistema de Energía de Apoyo.

La instalación de un sistema de energía de apoyo es esencial para asegurar el suministro de agua caliente de forma continua. Las características de los sistemas convencionales de producción de agua caliente se indican a continuación.

Como sistema de energía de apoyo se suelen emplear sistemas convencionales de producción de agua caliente que se clasifican en:

- *Instantáneos*: Se prepara o calienta el caudal de agua demandado a medida que se va consumiendo.
- *Con acumulación*: Previamente a producirse el consumo de agua se prepara una determinada cantidad de agua que se almacena en un acumulador desde el que se distribuye el agua al consumo. El tiempo de preparación suele ser superior a una hora.

Entre los sistemas de producción instantáneos tenemos:

A) Calentador de Gas Instantáneo. Básicamente consiste en un calentador de agua alimentado por gas (butano, propano, natural) que produce agua caliente de forma instantánea. El agua procedente del acumulador solar entra en el calentador, siempre que no esté lo suficientemente caliente, y éste le suministra la energía necesaria en el tiempo que tarda en pasar por su interior.

Los calentadores instantáneos se diferencian en la potencia nominal, forma de encendido y capacidad de regulación de potencia, caudal y temperatura.

La inflamación del gas se consigue con una llama piloto que normalmente permanece siempre encendida, si bien algunos modelos disponen de un dispositivo electrónico de encendido automático con el que pueden obtenerse notables economías de

combustible. Algunos calentadores están dotados de quemadores modulantes que permiten adaptar la potencia calorífica liberada en cada instante. Mediante la reducción del consumo de gas se evitan sobrecalentamientos innecesarios del agua de consumo y, por tanto, se consiguen considerables ahorros de energía.

- B) Calentador eléctrico instantáneo. Este sistema consiste en una tubería de agua con una resistencia eléctrica cuya potencia eléctrica está comprendida entre 3,5 Kw y 36 Kw. No se recomienda el empleo de este tipo de calentadores ya que el consumo de energía primaria es muy elevado además de perturbar el abastecimiento eléctrico toda vez que se requiere un suministro elevado de potencia eléctrica durante intervalos de tiempo muy pequeños. Requieren generalmente su propio circuito eléctrico y un caudal mínimo para su funcionamiento.

Los sistemas de producción con acumulación proporcionan agua caliente de forma inmediata tras el vaciado del agua contenida en la red de tuberías de distribución. En estos sistemas es fácil regular el caudal y la temperatura de acuerdo a los requisitos de los usuarios. Permiten más de un uso y a temperatura casi constante puesto que el agua se mantiene a una determinada temperatura de preparación en el interior del acumulador. Como inconveniente destaca que la continuidad del caudal de agua caliente se encuentra limitada por la capacidad del acumulador.

Se diferencian los siguientes tipos:

- 1) Termo eléctrico. Consiste en un acumulador de agua caliente en el que el agua aumenta su temperatura mediante la activación de resistencias eléctricas inmersas en el mismo. La temperatura de preparación se encuentra limitada por un termómetro que activa y/o desactiva la resistencia eléctrica en función de que se alcance o no la temperatura de consigna previamente establecida. No son recomendables por las mismas razones que antes: el derroche

implícito al transformar directamente energía de alta calidad como es la electricidad en energía de baja calidad como es el agua caliente.

- 2) Termoacumulador a gas de calentamiento directo. Acumulador de agua atravesado por un conducto-chimenea por el que circulan los gases de combustión procedentes de un quemador atmosférico o de tiro forzado. Normalmente se alimenta con gas butano, propano o natural.
- 3) Termoacumulador a gas de calentamiento indirecto. Consiste en un acumulador en el que se prepara el agua mediante el intercambio de calor con el fluido caliente procedente de una caldera o de una bomba de calor. El dispositivo calefactor puede ser un serpentín sumergido en el agua que se desea preparar o bien una doble envolvente que rodea al acumulador.
- 4) Generadores de agua caliente sanitaria. Es el dispositivo más utilizado en los sistemas centralizados. Se compone de un quemador de combustible donde en su interior se realiza la mezcla de aire y combustible que garantiza la combustión completa del gas o gasóleo, y de una caldera que es donde se produce la transferencia de energía entre los gases de combustión y el agua contenida en el mismo. Estos generadores se seleccionan en función del perfil de consumo de la instalación, del caudal de consumo y de la temperatura de preparación. Estos parámetros definen el volumen de acumulación y la potencia térmica necesaria para satisfacer la demanda de agua caliente sanitaria.

Además del tipo de sistema de energía de apoyo empleado, la forma de acoplamiento entre la instalación solar y el sistema de apoyo influye en el funcionamiento global de la instalación de producción de agua caliente. Entre los aspectos a considerar en la selección del acoplamiento destacan:

- Maximizar el rendimiento de la instalación global
 - Máximas prestaciones de la instalación solar
 - Mínimo consumo de energía convencional
- Prestar servicio adecuado

Se recomienda que el sistema de apoyo se conecte en serie con la instalación solar, con objeto de optimizar las prestaciones de la misma. Mediante este conexionado se consigue que el agua destinada a consumo sea calentada inicialmente por la instalación solar y, en caso de que sea necesario, en segundo lugar es el sistema de apoyo quien se encarga de realizar el calentamiento final hasta la temperatura deseada. Para evitar que, cuando está suficientemente caliente, el agua calentada exclusivamente por la instalación solar deba pasar por el sistema de apoyo se recomienda disponer de una tubería (denominada by-pass) que permita el conexionado directo entre la instalación solar y el circuito de consumo sin necesidad de pasar a través del sistema de apoyo.

Según la Directiva Europea sobre el Rendimiento de Combustión, uno de los principales objetivos de la política comunitaria es el ahorro energético. Como instrumento se ha desarrollado la denominada Directiva de Calderas de Calefacción o Directiva de Rendimientos de Combustión, en la que se definen los tipos de calderas y se establecen los requisitos mínimos para el aprovechamiento energético. Su ámbito de aplicación incluye las calderas de hasta 400 Kw.

Las calderas estándar, calderas de baja temperatura y calderas de condensación se definen de la siguiente manera:

- Calderas de calefacción estándar son aquéllas cuya temperatura de servicio puede estar limitada por su diseño. Este tipo de calderas tan sólo cumplen los requisitos mínimos de aprovechamiento energético.
- Calderas de calefacción de Baja Temperatura son aquéllas que pueden funcionar de forma continua con temperaturas de retorno

de entre 35 y 40 °C y en las cuales puede producirse, en algunas circunstancias, la condensación del vapor de agua contenido en los gases de combustión.

- Calderas de Condensación son aquéllas concebidas para que una gran parte del vapor de agua contenido en los gases de combustión se condense.

En nuestro afán de diseñar un sistema de calefacción eficaz y respetuoso con el medio ambiente, nos hemos decantado por la instalación de una caldera de condensación a gas mural de sólo calefacción. En concreto hemos elegido la caldera de condensación modelo Vitotrans 300 de Viessmann. Sus características generales pueden verse en la tabla siguiente:

CALDERA DE CONDENSACIÓN A GAS	VITODENS 300
Potencia térmica nominal	De 6,6 a 66 Kw
Modo de funcionamiento	Estanco o Atmosférico
Combustible	Gas Natural o líquido
Medidas	
Longitud	550 mm
Anchura	600 mm
Altura	900 mm
Rendimiento estacional	Hasta 109 %
Emisiones contaminantes	Por debajo de los valores límites del "Ángel Azul"
Superficie de calefacción	Inox-Radial de Acero inoxidable
Quemador	Compacto Matrix modulante
Margen de modulación	1:4
Ventilador de corriente alterna	Regulación en dependencia de la velocidad.

Como puede comprobarse el rendimiento se ve considerablemente aumentado con el empleo de la técnica de condensación, que supera los límites de las calderas convencionales y las de baja temperatura. Una parte considerable del calor que en las calderas convencionales se pierde, junto con los gases de combustión, por la chimenea, es aprovechado por la técnica de condensación, que destaca por su funcionamiento especialmente económico y sus mínimas emisiones de sustancias contaminantes.

El calor latente de los gases de combustión (calor de condensación), se libera durante la condensación del vapor de la combustión y se transmite al agua de la caldera. En la combustión de gas natural, el rendimiento estacional puede, en comparación con una caldera de baja temperatura, aumentarse en hasta un 15 %. El resultado es un consumo energético mucho menor para la generación del volumen de calor deseado.

El factor que determina en gran medida la eficacia del aprovechamiento de la condensación es la temperatura de retorno del sistema de calefacción. El diseño de un sistema de calefacción con temperaturas de retorno entre 40/30 °C presenta las condiciones ideales, permitiendo un funcionamiento con condensación durante todo el periodo de calefacción y, por tanto, máximos rendimientos estacionales. Aunque un funcionamiento eficaz con condensación no sólo es posible con un sistema de calefacción a baja temperatura como el Suelo Radiante, sino también en diseños de sistemas de calefacción convencionales en los que, con temperaturas exteriores muy variadas, las temperaturas de retorno descienden por debajo del punto de rocío del vapor de agua.

En la gráfica A1.11 del Apéndice 1 de la Memoria se muestra la curva característica de los rendimientos estacionales con diversas temperaturas en el sistema de calefacción.

El volumen de agua condensada depende, fundamentalmente, de la composición del combustible y del enfriamiento de los humos. En la práctica el volumen máximo de agua condensada alcanzable en instalaciones de condensación, para calderas a gas es de 0,14 Kg/Kwh de combustible. Este agua tiene un pH ácido entre 4-5 aproximadamente y según la ATV-A251, la evacuación a la red pública de aguas residuales del agua condensada procedente de instalaciones de condensación con combustión de gas se permite sin neutralización hasta 200 Kw.

De entre todos los modelos de calderas de condensación Vitodens 300 nosotros tenemos que elegir aquella que sea capaz de proporcionarnos 33.366 Kcal/h (38,8 Kw) de potencia nominal y que además sea capaz de tratar un caudal de 3.336 litros/h, como veremos más adelante. Según el fabricante, las características técnicas del modelo que más conviene para nuestro sistema se muestran en la siguiente tabla:

Caldera mural a gas de sólo calefacción		VITODENS 300
Margen de potencia térmica útil		
$T_I / T_R = 50/30$ °C	Kw	12,2 – 49
$T_I / T_R = 80/60$ °C	Kw	11 – 44,6
Carga térmica nominal	Kw	11,5 – 46,3
Presión de alimentación de gas		
Gas Natural	mbar	20
GLP	mbar	50
Presión máx. de alimentación de gas		
Gas Natural	mbar	25
GLP	mbar	57,5
Potencia eléctrica máx. absorbida	W	85
Peso	Kg	90
Capacidad del intercambiador de calor	litros	9,5
Caudal volumétrico máximo	litros/hora	3.500
Presión máxima de servicio admisible	bar	3
Conexiones		
Impulsión y retorno de caldera	G (rosca ext.)	1½
Válvula de seguridad	G (rosca ext.)	1
Conexión de gas	R (rosca ext.)	3/4
Valores de conexión referidos a la carga máx.		
Con Gas Natural E de PCI = 9,45 Kwh/m ³ = 34,01 MJ/m ³	m ³ /h	4,90
GLP con PCI = 12,79 Kwh/m ³ = 46,04 MJ/m ³	Kg/h	3,62

Índice de humos		
TEMPERATURA		
Para $T_R = 30\text{ °C}$		
- Con potencia térmica útil	°C	35
- Con carga parcial	°C	33
Para $T_R = 60\text{ °C}$	°C	65
CAUDAL MÁSSICO		
Para Gas Natural		
- Con potencia térmica útil	Kg/h	81,2
- Con carga parcial	Kg/h	21,1
Para GLP		
- Con potencia térmica útil	Kg/h	78,2
- Con carga parcial	Kg/h	18,0
PRESIÓN DE IMPULSIÓN DISPONIBLE		
	Pa	100
	mbar	1,0
Rendimiento estacional a		
$T_I / T_R = 40/30\text{ °C}$	%	109
$T_I / T_R = 75/60\text{ °C}$	%	104
Cantidad media de condensados con gas natural		
$T_I / T_R = 50/30\text{ °C}$	litros/día	14-19
$T_I / T_R = 80/60\text{ °C}$	litros/día	11-15
Diámetro interior de la tubería		
Al depósito de expansión	DN	20
Válvula de seguridad	DN	20
Conexión de condensados	Boquilla Ø mm	20-24
Toma de salida de humos	Diámetro interior Ø mm	100

Además, en el Apéndice 1 de la presente Memoria podemos ver la gráfica A1.12, donde se muestra la pérdida de carga en función del caudal.

8.3.2.- Cálculo de la Bomba del Circuito de Consumo.

El procedimiento de cálculo ya lo hemos visto con la bomba del circuito primario. Los resultados en este caso quedan reflejados en la siguiente tabla:

Tramo	Caudal (L/h)	Velocidad (m/s)	Ø (mm)	ΔP Unitaria (mmca/m)	Longitud (m)	ΔP Tubería (mca)	Leq Acces. (m)	ΔP Acces. (mca)	ΔP Caldera (mca)	ΔP Total (mca)	
1	3.336	1,25	35x1,5	45	16	0,72	26,88	1,210	5	6,93	
Pérdida de carga en el circuito de tuberías empotradas en el suelo =										3,164	
										subtotal	10,1
										Metros de subida	2,25
										TOTAL	12,35

Hay que decir que tanto el dato de caudal como el de la pérdida de carga en el circuito de tuberías empotradas en el suelo se calcularán más adelante. La bomba que mejor se adapta en este caso es la LPS 32/40 de la compañía EBARA. Las características son:

Identif.	Modelo	Pérdida a vencer (mca)	Presión de la Bomba (mca)	Caudal (l/h)	Potencia de la Bomba (Kw)	Potencia en Tabla (Kw)	Rend. (%)	NPSHr	r.p.m.
Circuito Secundario	LPS 32/40	12,35	13,5	3.336	0,4	0,36	35	4	2900

8.3.3.- Distribución del Tubo para el Suelo Radiante.

La distribución del tubo debajo de la solería del Salón de Actos no debe ser aleatoria, procuraremos que la disposición del tubo embutido en la capa de mortero repercuta en un reparto homogéneo del calor por toda la superficie del solado. Esto se consigue determinando la separación entre tubos y manteniendo un mínimo espesor de la capa de mortero por encima de la generatriz superior del tubo (nosotros hemos tomado 4 cm).

Aunque las primeras tuberías que se utilizaron en Suelos Radiantes fueron metálicas, hierro primero y cobre después, actualmente las instalaciones se realizan con tuberías de plástico resistentes a temperaturas de trabajo incluso superiores a los 100 °C, son las llamadas tuberías termoplásticas. Está ya extendido el uso de tres tipos de tubos de plásticos, éstos son: polipropileno copolímero (PP-c), polibutileno (PB) y polietileno reticulado (PER o VPE). En las condiciones de presión y temperatura de trabajo de una calefacción radiante suelen tener garantías de los fabricantes de 50 años, aunque las pruebas de durabilidad dan resultados muy superiores.

Algunas de las características físicas de las tuberías de plástico pueden verse en la siguiente tabla:

Característica	Unidad	Polibutileno (PB)	Polipropileno (PP-c)	Polietileno Reticulado (PER o VPE)
Densidad	g/cm ³	0,93	0,91	0,94
Resistencia a la rotura	N/mm ²	33	45	23
Alargamiento hasta rotura	%	280	1.100	250
Módulo de Elasticidad	N/mm ²	350	1.000	750
Conductividad Térmica	W/m K	0,22	0,22	0,38
Coefficiente de dilatación lineal	mm/m K	0,13	0,18	0,19

Tabla 8.3.3.1

El tubo de polipropileno tiene la gran ventaja de que puede soldarse con facilidad por polifusión. Como hemos dicho, el Suelo Radiante se configura como una red de tuberías empotradas en la obra, por ello para aumentar la seguridad y disminuir los riesgos de fugas, no debemos realizar uniones roscadas en tramos que vayan a quedar embutidos. Al poder realizar uniones soldadas del tubo de polipropileno aprovechamos hasta el último metro de rollo sin tener que desechar nada. El tubo de polipropileno es el más rígido de los tres plásticos, por lo que para la realización de curvas cerradas es necesario llenarlo de agua caliente o insuflarle aire caliente.

La tubería de polibutileno presenta gran resistencia a la temperatura, pudiendo trabajar hasta 80 °C sin problemas de envejecimiento. Su gran ventaja estriba en la mayor flexibilidad respecto de los otros dos plásticos mencionados, lo que hace más fácil el montaje.

Por otro lado, el polietileno reticulado es el más resistente a la temperatura, tiene una flexibilidad intermedia y presenta la mayor conductividad térmica, por su relación calidad/precio es el más usado en la actualidad en este tipo de instalaciones y será el que tendremos en cuenta para nuestra instalación. Actualmente, algunos fabricantes presentan sistemas de unión entre tramos rectos de tubo de polietileno reticulado mediante uniones mecánicas con manguitos y un anillo de compresión corredizo, que pueden empotrarse en la obra con suficientes garantías de estanqueidad.

Los diámetros comerciales útiles y habituales para este tipo de instalaciones son el de 12/16 mm y el de 16/20 mm, correspondiendo en esta nomenclatura el primer número al diámetro interior y el segundo número al diámetro exterior. El tubo de 12/16 es el que más se utiliza en instalaciones de menos de 150 m², pero cuando la instalación tiene una cierta envergadura, superficies de más de 200 m², como la del Salón de Actos (con 306 m²) se utiliza la tubería de 16/20.

Los tubos se suministran habitualmente en rollos de 50, 120 ó 200 metros, según el fabricante o bajo pedido. Naturalmente, un buen ajuste de los rollos necesarios de cada longitud conduce a ahorros económicos y a limitar el número de uniones mecánicas que queden empotradas.

Ahora que ya conocemos el tipo de tubo que vamos a usar en nuestra instalación, PER de 16 mm de diámetro interior y 20 mm de diámetro exterior, vamos a calcular la separación entre las tuberías. Para esto vamos a comenzar por calcular la potencia térmica necesaria por unidad de superficie calefactora:

$$P = \frac{33.366 \frac{Kcal}{h}}{306 m^2} = 109 \frac{Kcal}{h \times m^2} = 126,8 \frac{W}{m^2}$$

A continuación vamos a calcular la temperatura media superficial del pavimento, ésta es función únicamente de la demanda térmica que consideraremos igual a la carga térmica del local y de la temperatura el ambiente interior de diseño, y para ello vamos a hacer uso de la siguiente ecuación:

$$P \left[\frac{W}{m^2} \right] = \alpha \times (T_{ms} - T_a)$$

Donde:

P: potencia térmica necesaria por unidad de superficie.

T_{ms} : Temperatura media superficial del suelo.

T_a : Temperatura del ambiente interior de diseño.

α : coeficiente de transmisión de calor del suelo [$W/m^2 \text{ } ^\circ C$] que en el rango de temperaturas en el que nos movemos su valor varía entre 10 y 12 [$W/m^2 \text{ } ^\circ C$]. Tiene dos componentes: coeficiente de transmisión por radiación y coeficiente de transmisión por convección.

Sustituyendo tenemos:

Con $\alpha=10$

$$P \left[\frac{W}{m^2} \right] = \alpha \times (T_{ms} - T_a) \rightarrow 126,8 = 10 \times (T_{ms} - 18) \rightarrow T_{ms} = 30,7 \text{ } ^\circ C$$

Con $\alpha=12$

$$P \left[\frac{W}{m^2} \right] = \alpha \times (T_{ms} - T_a) \rightarrow 126,8 = 12 \times (T_{ms} - 18) \rightarrow T_{ms} = 28,6 \text{ } ^\circ C$$

Estos valores pueden corroborarse al ver que empleando la gráfica A1.13 del Apéndice 1, que relaciona la temperatura de la superficie del suelo en función de su emisividad térmica, resulta un valor similar.

Finalmente, para establecer la distancia de separación entre tubos vamos a establecer cuatro hipótesis de cálculo, según que las temperaturas de ida sean de 35, 40, 45 ó 50 °C. Nos referimos a las temperaturas del agua que llega al suelo. Para cada temperatura de ida asignamos una de retorno y una temperatura media del agua en el circuito, así fijamos los valores de la tabla 8.3.3.2; como puede verse se tiene en cuenta que a menor temperatura de ida menor salto térmico, lo que implicaría necesariamente mayor caudal de circulación.

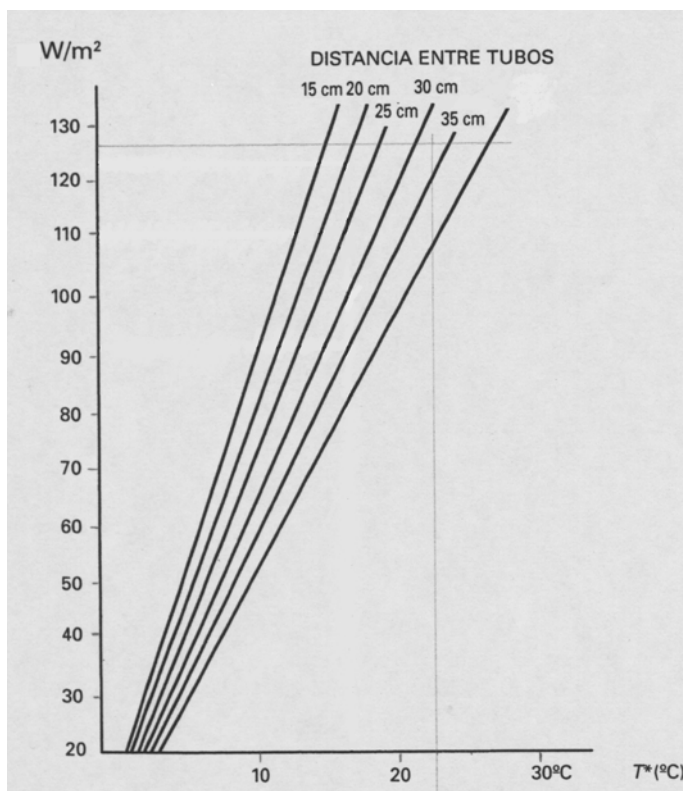
T_{ida}	$T_{retorno}$	T_m	ΔT	T^*
35	29	32	6	14
40	32	36	8	18
45	35	40	10	22
50	38	44	12	26

Tabla 8.3.3.2

La última columna, marcada con T^* , hace referencia al salto térmico entre la temperatura media del agua en los circuitos T_m y la temperatura del ambiente interior de diseño. Para cada una de las hipótesis sería:

$$T^* = T_m - T_a = T_m - 18$$

Usando la Tabla 8.3.3.2 y la gráfica siguiente, donde se relaciona la emisión térmica del suelo en función del salto térmico T^* y la distancia de separación entre tubos de 16/20, podremos determinar ésta.



El Suelo Radiante posee una gran versatilidad en cuanto a la potencia por metro cuadrado que puede suministrar. La distancia de separación entre tubos de 30 cm puede aportar potencias entre 15 y 130 W/m^2 , actuando sobre el caudal o sobre la temperatura del agua del circuito. Esta propiedad de suministrar potencias tan dispares con un mismo emisor es debida a su baja temperatura y a su gran superficie de transmisión, y no la poseen los demás sistemas de calefacción. Permite que el Suelo Radiante se regule con una gran facilidad, pues con sólo variar unos pocos grados la temperatura del agua o modificar ligeramente el caudal a través de las llaves del distribuidor, obtenemos unos cambios considerables en la potencia suministrada.

La experiencia de muchas instalaciones demuestra que con tubo de 16/20, la distancia de 30 cm entre ellos cubre las necesidades energéticas de todos los locales de edificios con niveles de aislamiento que cumplan la NBE-CT-79, respetando las excepciones hechas para locales con grandes ventanales y para cuartos de baño, siempre que estos edificios estén situados en una zona climática cuya temperatura mínima sea superior a -5

°C. Por tanto, una distancia de 30 cm entre tubos es el módulo universal que suele aplicarse en todas las instalaciones bien aisladas que no se encuentren en las regiones más frías de la meseta o en zonas montañosas. Además, esta afirmación se ve respaldada por los cálculos anteriores que demuestran que la distancia entre tubos para el Salón de Actos de la Facultad de Ciencias es de 30 cm.

La tabla siguiente muestra los metros lineales necesarios por m² de circuito en función de la distancia de separación entre tubos, y superficie máxima recomendada del circuito en función de la distancia de separación entre tubos y el diámetro del tubo:

d		5	8	10	15	16	20	25	30
m/m ²		23	14	12	8,4	8	6,5	5,5	4
S _{máx} (m ²)	12/16	5	8	9,5	13	14	17	20	25
	16/20	6	9,5	11	16	16,5	20,5	24	30

Tabla 8.3.3.3

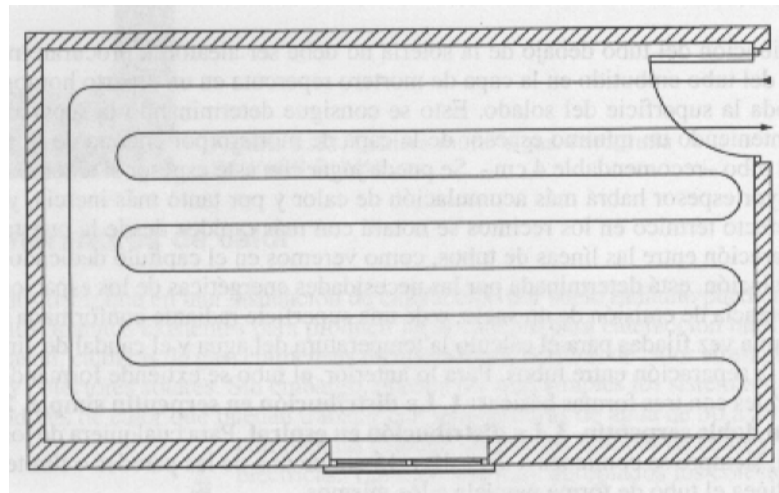
Según la tabla 8.3.3.3 necesitaremos para el Salón de Actos 4 metros lineales de tubo de 16/20 por cada metro cuadrado de superficie y obtenemos una superficie máxima recomendada para cada circuito de 30 m².

Así pues, podemos saber aproximadamente qué longitud total de tubería necesitaremos sin más que hacer este producto:

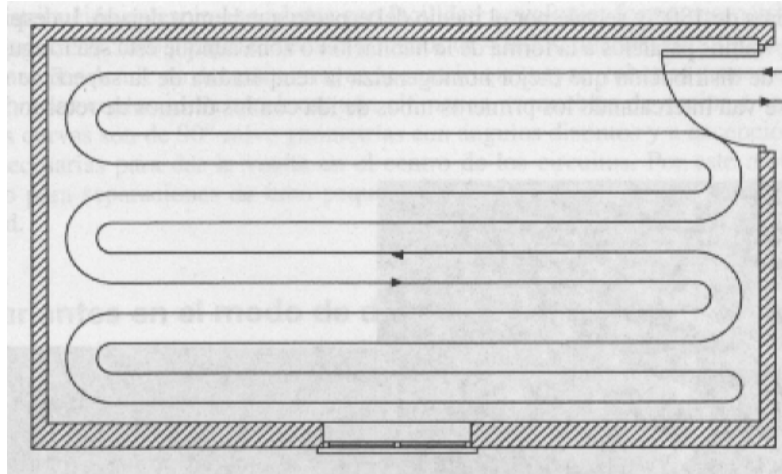
$$4 \text{ m/m}^2 \times 306 \text{ m}^2 \approx 1.225 \text{ m}$$

Pero, como dijimos al principio de este apartado, la distribución del tubo debajo de la solería no debe ser aleatoria sino que debemos procurar distribuirlo de manera que reparta el calor homogéneamente. Para lo anterior, el tubo debe extenderse formando serpentines o espirales con tres formas básicas:

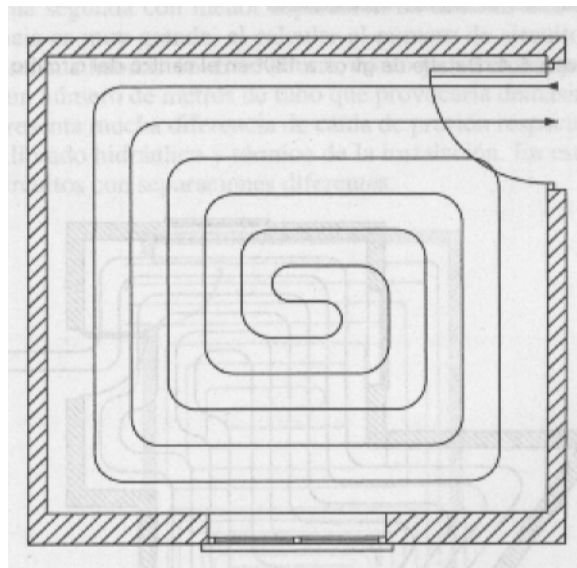
1º) La distribución en serpentín simple. Consiste en desliar el tubo formando líneas paralelas de ida y vuelta manteniendo la equidistancia de cálculo entre ellas. Es la forma más fácil, pero para separaciones entre líneas inferiores a 24 cm las curvas de 180º presentan dificultades de ejecución, esto es así porque estamos limitados por el mínimo radio de curvatura para que el tubo no se tronche. Este sistema es el más sencillo pero presenta la desventaja de que se calienta más la solera al principio del recorrido que al final, por lo que se crean diferenciales de temperatura en las estancias. Los sistemas en serpentín se adaptan a espacios alargados y son adecuados cuando las distancias de separación son superiores a 20 ó 24 cm, según que el tubo a instalar sea de 16 ó 20 mm de diámetro exterior.



2º) Distribución en doble serpentín. Se ejecuta intercalando una línea de ida con otra de retorno. De este modo lo que tenemos son dos tubos paralelos con fluido de ida seguidos de otros dos con fluido de retorno, por este motivo podrían provocarse franjas de solado más calientes y franjas más frías.



3º) La distribución en espiral. Consiste en desliar el tubo desde los límites exteriores hacia el centro de la habitación, dejando entre líneas paralelas dos distancias de separación para poder volver con el tubo por entre cada dos líneas y que al final todas las líneas disten la misma distancia unas de otras. Una vez que se llega al centro se hacen dos giros de 180° y se sale por el medio del espacio que hemos dejado. La espiral debe seguir tramos paralelos a la forma del recinto. Es el modo de distribución que mejor homogeniza la temperatura de la superficie radiante, pues se van intercalando los primeros tubos de ida con los últimos de retorno.



En la siguiente tabla puede verse los radios de curvatura a 20 °C para los diferentes tipos de tuberías termoplásticas:

TIPO DE TUBERÍA TERMOPLÁSTICA	R
Polipropileno copolímero	10 x d
Polibutileno	8 x d
Polietileno reticulado	5 x d
d: diámetro exterior de la tubería	

Tabla 8.3.3.4

El modo de distribución de los diferentes circuitos, como puede verse en el documento Planos, es en espiral y la longitud total de tubería embutida en el suelo asciende a aproximadamente 1.110 metros. Esta cifra es inferior a la predicha anteriormente de 1.225 metros y es debido a la buena localización final del distribuidor, éste se ha colocado justamente en el centro del edificio lo que disminuye las distancias a los circuitos.

En el documento Planos puede comprobarse también que existen 8 circuitos en total, prácticamente iguales dos a dos. Es decir, los dos circuitos que están más alejados del distribuidor son iguales y por tanto tienen la misma longitud. Lo mismo sucede con los dos circuitos que están más cerca del distribuidor, también son iguales. Y, por último, los circuitos intermedios también son iguales dos a dos. Veamos las longitudes de cada uno de ellos:

Circuitos 1 y 5: Más alejados del distribuidor y tienen 136 m.

Circuitos 2 y 6: Anteriores al circuito 1 y 5 y miden 139 m.

Circuitos 3 y 7: Tienen 140 m.

Circuitos 4 y 8: Más próximos al distribuidor y miden 138 m.

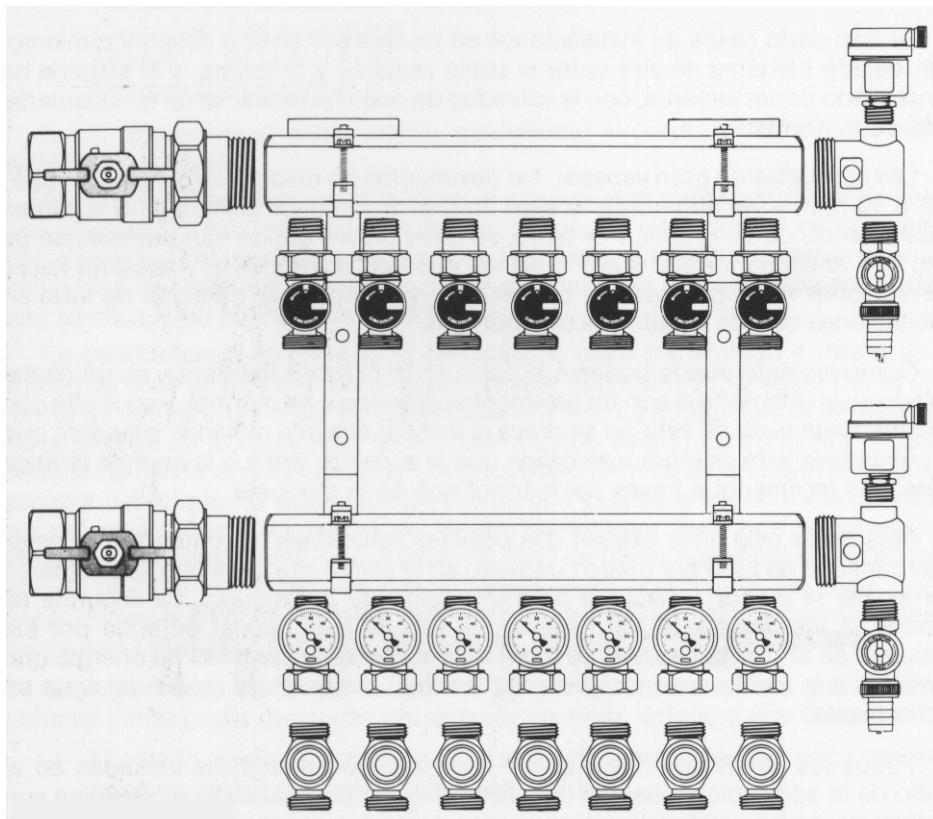
Longitud total = $(2 \times 136) + (2 \times 139) + (2 \times 140) + (2 \times 138) \approx 1.110$ m.

Como podemos apreciar los circuitos del Suelo Radiante son de diferentes longitudes. Los que tienen más metros de tubo provocan una pérdida de presión mayor, debido a que el agua necesita hacer un recorrido más largo por ellos. En la primera puesta en marcha estas diferencias de presión no están compensadas, y el agua tiende a circular por los circuitos más cortos, produciendo un sobrecalentamiento de los mismos. Por el

contrario, los de mayor longitud serán sensiblemente más fríos debido a que circula menos agua caliente por ellos. Estas diferencias de presión entre circuitos se equilibran a través de los detentores pero ya desde el diseño se ha procurado que no haya mucha diferencia entre las longitudes de los diferentes circuitos.

8.3.4.- El Distribuidor.

Como su nombre indica su misión es distribuir el agua de la tubería general que lleva el agua caliente a cada uno de los circuitos emisores del Salón de Actos, y recoger el agua de los circuitos para devolverla por una tubería general al generador. El distribuidor está compuesto de dos tuberías horizontales paralelas sujetas a la pared mediante un soporte, a estas tuberías llamadas colectores se les acoplan en derivación válvulas, detentores, purgadores, termómetros, grifos de vaciado y caudalímetros, y de ellos parten los tubos hacia el suelo. Uno de los tubos colectores es el de ida y el otro el de retorno.



Un detentor es una llave sin cabezal manual, es decir, que no se puede regular con la mano. Para manejar este tipo de llave es preciso un destornillador o una llave Allen pues incorpora un cabezal de tornillo o de tuerca interior, oculto tras una tapadera. El detentor se instala con el fin de que sólo sea manipulado por el técnico. Tanto el termómetro como el detentor juegan un papel fundamental en la regulación de la instalación.

Los distribuidores deben llevar un detentor por circuito para que el técnico pueda regular el caudal de paso a cada uno de ellos, realizando un equilibrado hidráulico de la instalación. Las válvulas micrométricas de doble reglaje pueden cumplir la función de detentor y al mismo tiempo son manipulables por el usuario, permitiendo a éste llevar la calefacción al mínimo.

Las dos tuberías horizontales o colectores, se unen a las tuberías generales de la instalación a través de las piezas roscadas en que acaban. Estos colectores pueden estar realizados en tres clases de metal: hierro, cobre o latón. Los distribuidores de hierro actualmente no se encuentran en el mercado, debido a su gran peso y a su lentitud de fabricación. Los de cobre son de fabricación rápida, pero algo endebles para el uso al que se destinan. Los de latón son más costosos que los anteriores, pero se imponen por su robustez y durabilidad. Hoy en día también se comercializan distribuidores de plástico totalmente modulares, es decir, se va acoplando cada accesorio según el número de circuitos que tengamos.

Otros mecanismos imprescindibles que debe incorporar el distribuidor son los purgadores. Los purgadores permiten la evacuación del aire de las instalaciones, y pueden ser manuales o automáticos; debe situarse uno en el colector de ida y otro en el de retorno, o al menos uno en el tubo colector que esté situado más alto, que será preferiblemente el de retorno.

A cada uno de los tubos colectores, con objeto de poder independizarlos del resto de la instalación, se le conectarán unas llaves de esfera, una a la entrada del colector de ida y otra a la salida del de retorno.

En general el distribuidor se fija con tornillos y tacos a unos 60 cm de altura, en un tabique que esté centrado en el recinto y suelen alimentar desde uno hasta doce circuitos, y por cada circuito incluyen un ramal de ida, otro de retorno, una llave, un termómetro y un detentor.

Los distribuidores se pueden clasificar según los elementos de medida que tengan montados, de este modo vamos desde los más simples que no incorporan termómetros ni a la ida ni al retorno, hasta los más completos que incorporan información de temperatura de ida, de caudal por circuito y de temperatura de retorno por circuito. Claro está, cuantos más datos tengamos mejor ajuste de la instalación podremos hacer.

Así, para el caso de un distribuidor con información de temperatura de ida, de caudal por circuito y de temperatura de retorno por circuito podemos aplicar la siguiente fórmula:

$$P = C \cdot C_p \cdot (T_{ida} - T_{retorno})$$

Donde:

P: Potencia en Kcal/h ó en W.

C: Caudal en l/h.

C_p: Capacidad calorífica del fluido portador de calor. Si es agua 1 Kcal/ l °C ó 1,16 W/ l °C.

T_{ida}: Temperatura de ida en °C.

T_{retorno}: Temperatura de retorno de cada circuito.

Conociendo estos datos podemos controlar, actuando sobre los detentores y variando el caudal, o actuando sobre la caldera y el sistema de

regulación para variar la temperatura de ida, la potencia cedida en cada circuito, haciendo un ajuste muy fino de la instalación.

8.3.5.- Cálculo de los Caudales de Agua.

En este apartado se calcularán los caudales de agua que deben pasar por los diferentes circuitos.

Para calcular el caudal de agua caliente que debe pasar por el circuito de tuberías empotradas debajo del suelo del Salón de Actos tenemos que aplicar la siguiente fórmula:

$$Q_{Total} = m \times C_e \times \Delta T \quad \rightarrow \quad m = \frac{Q_{Total}}{C_e \times \Delta T}$$

donde:

m: Caudal másico de agua caliente total que llega al distribuidor en Kg/h.

C_e: Calor específico del agua = 1 Kcal/(Kg · °C).

Q_{Total}: Carga térmica total del local a combatir = 33.366 Kcal/h.

ΔT: Salto térmico del agua. Diferencia entre la temperatura de ida y la de retorno. Según tabla 8.3.3.2 nosotros vamos a considerar 10 °C.

Si lo que queremos es hallar el caudal volumétrico, sólo tenemos que aplicar el valor de la densidad del agua (ρ), que consideraremos constante y con un valor de 1 kg/L. Teniendo en cuenta que ρ = m/C (donde C es el caudal volumétrico), nos quedaría sustituyendo que:

$$C = \frac{Q_{Total}}{C_e \times \Delta T}$$

Si tomamos la aproximación de que la capacidad calorífica no varía en la franja de temperatura en que nos movemos, y consideramos a ésta

con un valor de 1 kcal/(kg×°C), entonces podremos hallar la magnitud del flujo volumétrico de agua tan sólo con relacionar la carga térmica y el incremento de temperatura que se produce en el agua:

$$C = \frac{33.366 \text{ Kcal/h}}{1 \times 10} = 3.336,6 \frac{l}{h}$$

Siendo éste el caudal de agua total que llega al distribuidor. En este distribuidor el caudal agua se reparte en los ocho circuitos que están embutidos debajo del suelo del Salón de Actos. Puesto que los ocho circuitos están formados por tubos del mismo diámetro 16/20, entonces el caudal que circulará por cada uno de ellos será el total dividido entre ocho, es decir:

$$C_{\text{circuito}} = \frac{3.336,6 \frac{l}{h}}{8} = 417,08 \frac{l}{h}$$

a una velocidad del agua de 0,576 m/s.

Conocido el caudal de los circuitos podemos determinar la pérdida de carga o caída de presión que debe vencer la bomba, para ello nos fijaremos en la gráfica A1.14 del Apéndice 1 de la presente Memoria. En esa gráfica están representadas las curvas de pérdida de carga del tubo de 12/16 y de 16/20, en milímetros de columna de agua por metro lineal de tubería en función del caudal en litros por hora que circula por ellos. Para determinar la pérdida de carga en un circuito, el más largo, extraemos de la gráfica el valor de mmca/m en función del caudal del circuito en cuestión y lo multiplicamos por los metros de tubo que se ha calculado que se gastarán en ese circuito.

Así pues, usando la gráfica resulta:

$$22,6 \text{ mmca/m} \times 140 \text{ m} = 3.164 \text{ mmca} = 3,164 \text{ mca.}$$

8.4.- SISTEMAS DE CONTROL.

En este apartado describiremos los diferentes sistemas de control que actuarán en cada uno de los circuitos (primario, secundario y de consumo de energía). El sistema de control tiene como objetivo principal optimizar el funcionamiento de la instalación solar, para lo que se encarga de regular el flujo de energía entre los distintos sistemas de la instalación: captación, acumulación, consumo, etc.

8.4.1.- Regulación del Circuito Primario y Secundario.

El elemento principal es la centralita diferencial. Entre las funciones desempeñadas por este dispositivo destaca maximizar la cantidad de energía aportada por el sistema de captación al sistema de acumulación para lo que, en base a un control diferencial de temperaturas estándar, la centralita pone en funcionamiento o para las bombas.

En el circuito primario, para realizar el control diferencial de temperaturas estándar indicado se emplean dos sensores de temperatura, situado uno de ellos en la parte superior de los captadores y el otro en la parte inferior del acumulador solar. Los valores de temperatura medidos por estos sensores son comparados en la centralita diferencial que, de acuerdo a la diferencia de temperaturas existente entre ambos sensores, activa o desactiva la bomba de circulación. En la figura A1.15 del Apéndice 1 se muestra un ejemplo de la evolución de temperaturas en el captador y en el acumulador y cómo influye esta diferencia de temperaturas en la activación de la bomba de circulación del circuito primario.

El valor de la diferencia de temperaturas que activa el funcionamiento de la bomba suele estar comprendido entre 5 y 8 °C. Debido a la gran longitud de tubería existente entre los captadores y el acumulador nosotros tomaremos 6 °C. Habitualmente, la bomba se desactiva cuando esta diferencia de temperaturas disminuye a 2 °C.

El hecho de parar la bomba cuando existe una diferencia de temperaturas aún positiva se debe a que, en términos globales, no se consigue una ganancia neta de energía considerable ya que, en general, con esta diferencia de temperatura el aumento de energía interna de tipo térmico en el acumulador no compensa el consumo de energía eléctrica asociado al funcionamiento de la bomba.

La bomba del circuito secundario también se controla de igual forma, si bien, en nuestro caso, donde el circuito primario es de largo recorrido se recomienda activarla en función de la diferencia de temperaturas entre la entrada caliente al intercambiador por el lado primario y la parte inferior del acumulador solar. De esta forma se evita la disminución de energía térmica en el sistema de acumulación durante los primeros instantes de funcionamiento de esta bomba de circulación. En este caso el valor de la diferencia de temperatura para la activación de la bomba será de 5 °C, y de 2 °C para la desactivación.

Además, la centralita de control deberá poseer un control de la temperatura máxima en el acumulador. Para ello se situará un sensor de temperatura en la parte superior del acumulador que, aparte de permitir conocer la temperatura del agua en la parte superior del acumulador y, por tanto de forma aproximada la temperatura del agua que sería consumida en ese instante, también se emplea para desactivar las bombas de ambos circuitos cuando se alcanza la temperatura máxima que puede admitir el acumulador que, previamente ha debido ser consignada en la centralita. En estos casos, aunque la diferencia de temperaturas entre la sonda de captadores y la sonda situada en la entrada caliente del intercambiador por el lado primario (y la situada en la parte inferior del acumulador) sean superiores a las de consigna, ambas bombas han de estar paradas con objeto de evitar posibles deterioros en el acumulador originados por el exceso de temperatura en el mismo.

La centralita de control también debe permitirnos proteger el sistema frente a las heladas. El fluido de trabajo que circula por el circuito primario es

agua sin ninguna mezcla de anticongelantes ya que debido a la zona geográfica en la que se encuentra la instalación es muy extraño que se produzcan heladas. Aún así, debido a que las heladas son muy peligrosas ya que dañan irremediablemente los captadores solares, la centralita de control pondrá en funcionamiento la bomba del circuito primario cuando el sensor de temperaturas, situado en la parte superior de los captadores, detecte una temperatura ligeramente superior a la de congelación del fluido de trabajo. Como nuestro fluido de trabajo es agua y su temperatura de congelación es de cero grados centígrados, se establecerá como temperatura mínima de consigna $+3\text{ }^{\circ}\text{C}$, de esta forma se consigue evitar una eventual congelación del fluido de trabajo. Este sistema de protección frente a heladas tiene el inconveniente de aumentar el consumo de energía eléctrica en la instalación debido al mayor tiempo de funcionamiento de la bomba.

En una instalación solar térmica se pueden alcanzar niveles de temperatura elevados que, caso de no tomar medidas adecuadas, pueden afectar negativamente a la durabilidad y fiabilidad de la instalación. Por este motivo, se recomienda que todos los componentes de la instalación soporten adecuadamente las máximas temperaturas que se puedan alcanzar en los mismos evitándose de esta forma la adopción de medidas especiales para que la instalación vuelva a la situación original. Las temperaturas máximas que se pueden alcanzar en la instalación varían dependiendo de la parte del circuito considerada. Adicionalmente, la centralita de control también nos puede servir para limitar la temperatura máxima en los captadores, de manera que cuando se alcance una temperatura lo suficientemente elevada en el captador, inferior a la temperatura de ebullición del fluido de trabajo aunque superior a la temperatura máxima admisible en el acumulador, la centralita pondría en funcionamiento la bomba del circuito primario. De esta forma se consigue enfriar el captador.

El correcto funcionamiento de la centralita diferencial depende en gran medida del montaje y funcionamiento de los sensores de temperatura empleados. En el caso del funcionamiento básico de la centralita diferencial,

el sensor que mide la temperatura en el captador será un sensor de inmersión, localizado en el interior de la parte superior o tubería de salida del captador. El sensor que mide la temperatura en el acumulador solar se instalará en la parte inferior de éste y también se empleará un sensor de inmersión.

Dado que las centralitas diferenciales suelen venir preparadas para trabajar con las sondas de temperatura suministradas no deben emplearse otros sensores diferentes. La utilización de otros sensores aumenta la probabilidad de cometer errores en la medida debido a la posible diferente resistencia eléctrica que presenten a la variación de temperatura.

Los requisitos respecto a los niveles máximos de temperatura que han de soportar los sensores han de ser bastante exigentes en previsión de los altos valores que se pueden alcanzar, al menos, para el sensor localizado en la parte superior del captador. Adicionalmente, los sensores han de ser duraderos, estables y tener una precisión elevada con objeto de cuantificar correctamente los valores de temperatura.

Entre los sensores de temperatura habitualmente empleados destacan las resistencias de platino Pt 100 o Pt 1000 cuyas características principales se detallan a continuación.

Pt 100, Pt 1000: Son termorresistencias de platino formadas por una cabeza detectora de temperatura, en cuyo interior se encuentra la resistencia, y un cable transmisor de señal. Su rango de trabajo se encuentra comprendido entre $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $850\text{ }^{\circ}\text{C}$ por lo que se emplean también en los captadores solares. En las termorresistencias a medida que aumenta la temperatura también aumenta la resistencia eléctrica (tipo PTC). Estas sondas también presentan un buen comportamiento trabajando a altas presiones.

Normalmente los sensores Pt 100 (100 ohmios a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$) son suministrados con cuatro cables mientras que los sensores Pt 1000 (1000 ohmios a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$) disponen de dos cables. En función del rango de

temperaturas de trabajo y de la precisión exigida en la medida se clasifican los sensores en los de calidad tipo A y los de calidad tipo B. Para medidas muy precisas normalmente se emplea la calidad tipo A conjuntamente con los denominados sensores pareados que se caracterizan porque están constituidos por dos sensores de temperatura. Estos sensores, bien calibrados, permiten medidas muy precisas en todo el rango de temperaturas de trabajo. Pero normalmente los sensores empleados en los sistemas de control de las instalaciones solares son los de tipo B. La precisión de estos sensores es aproximadamente $\pm (0,3 + 0,005n)$ °C, siendo n el valor de la temperatura a medir expresada en °C.

La centralita diferencial elegida para nuestro sistema será el modelo SKSR2 de la compañía Sonnenkraft. Dicha centralita realiza el control de dos circuitos, tiene el siguiente equipamiento básico: pilotos de control, interruptor manual, display de texto de 4 líneas con guía de usuario de manejo por menú, 2 regulaciones diferenciales, 2 limitaciones de la temperatura del regulador, 3 temperaturas diferenciales ajustables, 3 salidas de relé (2 de ellas salidas para bombas con control del régimen de giro), 3 intervalos de tiempo ajustables para cada salida, 6 entradas para sondas de temperatura Pt1000 e indicación de fallos de funcionamiento entre otras opciones.

La tercera salida es un relé estándar libre de potencial y se utilizará para actuar sobre una válvula motorizada de 3 vías que se encargará de hacer pasar el agua por la caldera si ésta sale del interacumulador con una temperatura menor de 40 °C, o de by-pasarla si el agua sale del interacumulador con una temperatura de 40 °C o más.

Ver esquema en el documento Planos.

8.4.2.- Regulación del Suelo Radiante.

Previamente a la prueba de estanqueidad de las tuberías y uniones realizadas, con los circuitos aislados por encontrarse sus válvulas cerradas, se efectuará una limpieza de las conducciones generales con agua de la red al modo descrito en la ITE 06.2.1 del RITE. A continuación se realizará la prueba de presión, que resulta imprescindible, pues es la única garantía para el instalador y los usuarios de que la instalación es absolutamente estanca y de que no existirán problemas derivados de fugas en las tuberías generales y en el suelo. De hecho, el gran miedo de los usuarios que se deciden a poner una calefacción por suelo, es que se produzcan fugas en los tubos que les obliguen a levantar el suelo con las consiguientes incomodidades y perjuicios económicos que tendrían que soportar. Si una vez acabadas las instalaciones no se realizase una dura prueba de presión, este temor estaría justificado. La prueba de presión es la parte más importante del montaje.

La ITE 06.4.1 exige probar las instalaciones a una presión en frío equivalente al menos a una vez y media la de trabajo, con un mínimo de 6 bar. Terminada la inspección de las tuberías generales y de los elementos y válvulas hidráulicas se abrirán los circuitos uno a uno, introduciendo el agua por el distribuidor de ida y, para evitar la formación de burbujas en el interior del circuito, dejaremos salir el aire y el agua por un grifo de vaciado abierto previamente en el distribuidor de vuelta, al que se le habrá conectado una tubería para conducir la salida a un desagüe de evacuación de agua para no inundar el suelo. Una vez que no se observan burbujas de aire en el circuito se cierra el grifo de vaciado. Se abre la válvula o grifo de vaciado del siguiente circuito en el distribuidor de vuelta y se procede a su llenado a través del distribuidor de ida, igual que antes. Cuando estén llenos los ocho circuitos se meterá presión en toda la instalación, según lo establecido al principio de este párrafo, y se volverá a inspeccionar. Se debe dejar la instalación a la presión de prueba mientras se cubren los tubos con la mezcla de mortero.

No es conveniente que los tubos permanezcan descubiertos durante mucho tiempo. Caminar por encima de ellos, tropezar, mover carretillas de mano o trabajar con herramientas pesadas que pudieran caerse son causas de deterioro accidental de los tubos que deben evitarse.

Después de enjuagada y purgada la instalación y de que se haya realizado la prueba de presión con un resultado satisfactorio, y los tubos queden cubiertos por el mortero y el solado definitivo, puede ponerse en marcha la instalación de la siguiente manera.

Se efectuará un calentamiento progresivo, así los dos primeros días se mantendrá la temperatura del agua a un máximo de 25 °C. Los siguientes dos días puede subirse la temperatura hasta 30 °C. Los días quinto y sexto se ascenderá hasta 35 °C. El calentamiento progresivo es especialmente importante si se realiza durante el periodo de fraguado del mortero que dura unos 30 días.

El primer calentamiento de la edificación es muy lento, ya que gran cantidad de la energía térmica emitida por el Suelo Radiante se consume en el proceso de evaporación del agua acumulada en los materiales de construcción. Por este motivo, durante el primer calentamiento es muy frecuente que se desprenda una gran cantidad de humedad. Es necesario dejar algún punto de ventilación para que ésta salga.

Debido a la inercia térmica del Suelo Radiante, la regulación de esta calefacción es laboriosa. El dato más indicativo para regular los circuitos es la temperatura a la que vuelve el agua de los diferentes circuitos. Los distribuidores tendrán un termómetro para cada circuito, pero si no lo tuviesen podría utilizarse un termómetro digital.

Teniendo en cuenta que la temperatura de ida es igual para todos, pues es la del agua que sale de la caldera, la temperatura de retorno marcará hasta qué punto se ha enfriado el agua en cada uno de los circuitos. Estas mediciones se realizarán cuando la instalación esté ya a régimen, es

decir, cuando hayan transcurrido ya un par de días desde que se puso en marcha la calefacción, y haya dado tiempo a que el calor se reparta perfectamente por todo el Salón de Actos.

Para equilibrar el aporte de calor a las diferentes superficies leeremos la temperatura de retorno de cada circuito y cerraremos progresivamente los detentores de los circuitos que tienen una temperatura más elevada, hasta lograr igualar las temperaturas de retorno de todos los circuitos. Como la temperatura de ida es la del agua que viene de la caldera, y las temperaturas de retorno han quedado igualadas, la temperatura media del agua es la misma en los ocho circuitos.

Finalmente sólo nos queda medir la temperatura ambiente del Salón de Actos y comprobar que marca los 18 °C de diseño, si es inferior tendríamos que abrir un poco más los detentores de todos los circuitos y, en caso de que fuese mayor, cerrarlos. De esta manera habríamos equilibrado definitivamente la instalación.

A continuación veremos las posibles regulaciones automáticas que podemos instalar para una calefacción por Suelo Radiante:

- Colocación de un termostato en el local. Un termostato es un mecanismo que abre o cierra un circuito eléctrico dependiendo de que la temperatura a regular esté por encima o por debajo de un valor prefijado. Debido a las características del Suelo Radiante, no todos los sistemas de regulación se adaptan al mismo. Los termostatos de ambiente (que equilibran la temperatura ambiente de un local), no son un medio de regulación adecuado para las calefacciones por suelo, porque el termostato reacciona de una forma instantánea a los cambios de temperatura, y el Suelo Radiante posee una inercia térmica bastante elevada. Cuando el termostato da la orden de parar la caldera por exceso de temperatura, el suelo, que está caliente, sigue emitiendo energía térmica hasta que se enfría. Cuando el termostato detecta que la

temperatura ambiente ha bajado y manda poner en marcha la caldera, el suelo se ha enfriado, y tarda un tiempo en calentarse durante el cual la temperatura ambiente del local sigue descendiendo, porque no recibe suficiente calor por parte del pavimento radiante. Aunque la regulación por termostato no sea la más adecuada para el Suelo Radiante, pues provoca oscilaciones en la temperatura ambiente, es el sistema más económico.

- Un termostato y una electroválvula por cada circuito. Es una variante del anterior. Se sitúa una electroválvula por cada circuito de la instalación, y su apertura o cierre depende de la señal eléctrica recibida por su termostato. Las electroválvulas se colocan en los distribuidores, en sustitución de las válvulas de los circuitos, o detrás de las mismas. En este sistema se dan las mismas deficiencias que en la regulación anterior, pero tiene la ventaja de que detecta las variaciones de temperatura que se producen en cada zona del Salón de Actos, como por ejemplo un aumento de temperatura producido por la presencia de numerosas personas en una zona concreta del Salón de Actos.
- Válvulas termostáticas. Una válvula termostática es una llave que permite abrir o cerrar el paso del agua que por ella circula, dependiendo de la temperatura ambiente registrada por un sensor que incorpora en su cabezal. La regulación a través de válvulas termostáticas para Suelo Radiante es más complicada que para radiadores, debido a que es necesario subir un tubo del circuito del suelo a la pared, enlazarlo a la válvula, y volverlo a bajar, para que haga el recorrido del suelo. Además, es necesario instalar una caja registrable en dicho enlace, porque el circuito requiere un purgador para expulsar el aire que pueda llegar a este punto alto del circuito. Este método de regular es comparable al anterior, con la ventaja de que no es necesario llevar cables desde cada circuito al distribuidor.
- Control en función de la temperatura exterior. Este es, sin duda, el sistema idóneo para calefacciones por Suelo Radiante, pues permite acompañar la regulación a la inercia térmica de la

instalación, manteniendo muy estable la temperatura ambiente interior. El sistema regula la temperatura del agua que llega al Suelo Radiante, haciéndola aumentar o disminuir en función de las variaciones que se produzcan en la temperatura exterior. La inercia térmica del Suelo Radiante se ve compensada por el retardo con que las variaciones de la temperatura exterior son recibidas en el interior del Salón de Actos. Este retardo es causado por la inercia del edificio, debida principalmente a los aislamientos del mismo. El principio de funcionamiento se basa en que el tiempo que tarda una variación de temperatura exterior en sentirse dentro del edificio, es muy similar al que tarda una variación de la temperatura de los tubos en traspasar el suelo y notarse en el ambiente interior. Si a cada modificación de la temperatura exterior, le sigue una variación de la temperatura del agua en sentido contrario, el sistema se equilibra, manteniéndose estable la temperatura interior.

El control por compensación de la temperatura exterior está compuesto de los siguientes elementos: una sonda (ya hemos visto que es un dispositivo que incorpora una resistencia en su interior cuyo valor resistivo varía con la temperatura), que lee la temperatura existente en el exterior del Salón de Actos; otra sonda, que lee la temperatura a la que sale el agua de la caldera; y una centralita electrónica, que registra la lectura de las sondas, y hace una integración entre ambas a partir de unos valores prefijados.

El proceso por el que esto se produce es el siguiente: Con el propósito de regular perfectamente el sistema, se ha puesto a punto una Centralita de Regulación expresamente estudiada y realizada para este tipo de instalaciones que regula la temperatura de ida en función de las condiciones exteriores en base a curvas de trabajo memorizadas. Las curvas de regulación han sido expresamente estudiadas para instalaciones por Suelo Radiante con el fin de obtener un funcionamiento del sistema confortable, seguro y económico. La centralita, alimentada a 220 V, recibe

las señales de entrada provenientes de la sonda exterior y de la sonda de impulsión, emite una señal de mando para el motor proporcional instalado sobre la válvula mezcladora a tres vías con el fin de regular la temperatura de impulsión del agua a la instalación. De esta manera, el resultado es una temperatura ambiente muy constante en el interior del Salón de Actos.

Estos valores de la temperatura del agua para distintas temperaturas exteriores, serán prefijados a través de las curvas características de la centralita, y dependen fundamentalmente del grado de aislamiento del edificio.

8.5.- OPERACIONES DE MANTENIMIENTO.

Se definen las siguientes tres etapas de actuación para englobar todas las operaciones a realizar durante la vida útil de la instalación que permitan asegurar el correcto funcionamiento, aumentar la fiabilidad y prolongar la durabilidad de la instalación. Estas etapas son:

- Vigilancia
- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento correctivo

El plan de vigilancia son operaciones que permiten asegurar que los valores operacionales de la instalación sean correctos. Es un plan de observación simple de los parámetros funcionales principales destinado a verificar el correcto funcionamiento de la instalación. Debe ser llevado a cabo, normalmente, por el usuario.

Debe incluir los siguientes aspectos:

- Temperaturas de funcionamiento: valores habituales de la temperatura del acumulador solar, en verano e invierno.
- Operaciones de vigilancia en:
 - Captadores (cristales, conexiones y estructura)
 - Acumulador (conexiones)
 - Circuito (aislamiento exterior, válvulas de seguridad, bomba de circulación y sistema de control)
- Consumo de energía auxiliar en condiciones normales de funcionamiento.

El plan de mantenimiento preventivo consiste en una serie de operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otros, que aplicados a la instalación deben permitir mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la instalación.

En el caso del plan de mantenimiento correctivo son operaciones realizadas como consecuencia de la detección de cualquier anomalía en el funcionamiento de la instalación, en el plan de vigilancia o en el de mantenimiento preventivo.

Es recomendable realizar las operaciones de mantenimiento en un día soleado, para verificar las prestaciones de la instalación, preguntándole al usuario si está satisfecho con el funcionamiento.

Los resultados de las revisiones quedarán registradas en el correspondiente manual de instrucciones de la instalación, en el apartado correspondiente al mantenimiento periódico.

A continuación se definen las operaciones de mantenimiento preventivo que deben realizarse en todas las instalaciones de energía solar térmica, la periodicidad mínima (en meses) y comentarios en relación con las prevenciones a observar.

En lo que sigue, aparecen las siguientes abreviaturas:

- IV: Inspección Visual
- CF: Control de Funcionamiento

Componente			Tarea
Sistema de captación			
Captadores	6	IV	Diferencias sobre original Diferencias entre captadores
Cristales	6	IV	Condensaciones y suciedad
Juntas	6	IV	Agrietamientos, deformaciones, degradación
Absorbedor	6	IV	Corrosión, deformaciones
Carcasa	6	IV	Deformación, oscilaciones
Conexiones	6	IV	Aparición de fugas
Estructura	6	IV	Degradación, indicios de corrosión y apriete de tornillos
Sistema de acumulación			
Depósito	12		Presencia de lodos en el fondo
Ánodo de sacrificio	12		Comprobación del desgaste
Aislamiento	12		Comprobar que no hay humedad
Sistema de intercambio			
Intercambiador de placas	12	CF	Eficiencia y prestaciones
Circuito hidráulico			
Estanqueidad	12		Efectuar prueba de presión
Aislamiento exterior	6	IV	Degradación de la protección, uniones y ausencia de humedad
Aislamiento interior	12	IV	Uniones y ausencia de humedad
Purgador automático	12	CF	Limpieza
Purgador manual	6		Vaciar el aire del botellín
Bomba	12		Estanqueidad
Depósito expansión	6		Comprobación de la presión
Sistema de llenado	6	CF	Actuación
Válvulas de corte	12	CF	Actuaciones (abrir y cerrar) para evitar agarrotamiento
Válvula de seguridad	12	CF	Actuación
Sistema eléct. y de control			
Armario eléctrico	12		Comprobar que esté siempre bien cerrado
Diferencial	12	CF	Actuación
Termostato	12	CF	Actuación

La posible corrosión en el circuito primario se puede determinar de forma indirecta a partir de la medición del pH del fluido de trabajo. Si el valor del pH es inferior al valor original (que figura en el informe inicial de aceptación) e inferior a 7, el fluido de trabajo al ser ácido facilita la corrosión en el circuito por lo que debe ser sustituida la mezcla de agua con anticongelante siempre y cuando se use anticongelante.

La eficacia del magnesio del ánodo de sacrificio se puede realizar bien con un lector de carga o mediante un comprobador de tensión.

- El lector de carga consiste en una lámpara de señalización que al activarse informa de que el ánodo ha de ser reemplazado.
- En caso de emplear un comprobador de tensión se ha de colocar para medir tensión en corriente continua (cc). La pinza positiva se coloca en el tornillo de fijación del ánodo al acumulador y la pinza negativa en la masa. Si el ánodo funciona correctamente el comprobador marca un valor de tensión comprendido entre 1,45 y 1,70 V. En caso contrario se ha de proceder a la revisión del ánodo desmontándolo del acumulador.

En caso de emplearse un sistema de corriente impresa o de emisión de corriente, la comprobación del correcto funcionamiento de la protección contra la corrosión se reduce a observar la activación del correspondiente visualizador (LED).

8.5.1.- Supervisión de los Parámetros del Sistema.

Debe verificarse la temperatura, presión y el correcto funcionamiento del sistema de control.

La presión, al depender de la temperatura, varía con la instalación en funcionamiento. Una vez realizado el purgado de la instalación, la presión no debe disminuir más de 0,3 bar del valor de presión establecido.

En cuanto a las temperaturas, la diferencia entre entrada y salida de captadores, con elevados niveles de radiación solar, no debe ser superior a 20 °C (podría ser debido a la existencia de aire en los captadores, caudal inferior al de diseño, incrustaciones, etc.) ni inferior a 5 °C, en instalaciones de circulación forzada con caudal elevado.

Debe ser verificado el correcto funcionamiento del sistema de control, en función de las consignas de temperatura establecidas para el accionamiento (marcha/paro) de la bomba de circulación.

Si se dispone de la instrumentación necesaria, deben quedar registrados los datos del funcionamiento y prestaciones de la instalación:

- Horas de funcionamiento de la bomba de circulación
- Aporte solar
- Consumo de agua caliente
- Consumo de energía auxiliar

8.5.2.- Fallos Más Habituales de Cada Subsistema.

Los fallos más frecuentes en los diferentes componentes de la instalación, son los siguientes:

Captadores solares

- Goteras en el techo, debido a una deficiente colocación de las tejas reemplazadas.
- Incorrecta colocación del sensor de temperatura, que hace que el control actúe demasiado tarde.
- Uso de materiales diferentes e incompatibles, produciendo corrosión.
- Sombras, que reducen notablemente la temperatura de salida de los captadores.
- Inexistencia de purgador, que impide la correcta evacuación del aire del circuito.

- Aislamiento no resistente a la radiación, temperatura, humedad, etc. En este caso se produce el deterioro del aislamiento con el consiguiente aumento de las pérdidas térmicas.
- Si se alcanzan y mantienen con cierta frecuencia los valores de temperatura de estancamiento se pueden producir deterioros en algunos elementos. Esta situación es especialmente delicada durante periodos de elevada radiación solar y cuando se ha realizado un dimensionado excesivo de la superficie de captadores solares.
- Inaccesibilidad para realizar el mantenimiento, limpieza y reparación.

Circuito primario

- Purgado ineficiente. El aire que contiene la instalación dificulta notablemente la transferencia de calor.
- Caudal de circulación demasiado bajo que reduce las prestaciones energéticas.
- Incorrecta conexión a desagüe de las válvulas de seguridad.
- Insuficiente espesor de aislamiento o falta del mismo en algunos tramos que producirían importantes pérdidas térmicas.
- Si el llenado del circuito se realiza con elevados niveles de radiación, la formación de vapor puede impedir un completo llenado.
- Si la presión del sistema es demasiado baja, no sólo la transferencia de calor es menos eficiente sino que podría llegar a interrumpirse, eventualmente, la circulación del fluido de trabajo.
- Vaso de expansión demasiado pequeño, que hará que la válvula de seguridad funcione con más frecuencia de la deseada.

Acumulador

- Defectuoso aislamiento y protección exterior inadecuada (ejemplo: utilización de fundas de espuma flexibles en exteriores, etc.)
- Sensor de temperatura en posición incorrecta (demasiado alto o demasiado bajo).

- Conexión incorrecta de las tuberías de entrada y salida que disminuyan la cantidad de energía cedida al acumulador, faciliten la mezcla de temperaturas en el acumulador, aumenten la temperatura de entrada al captador y por tanto disminuyan el rendimiento de éste, etc.
- Sobredimensionamiento del sistema de acumulación, provocando que el sistema de energía auxiliar funcione con más frecuencia de lo habitual.

Sistema de control

- Consignas inadecuadas que hacen que la bomba de circulación funcione cuando no le corresponde.

CAPÍTULO 9

CALEFACCIÓN POR IMPULSIÓN DE AIRE CALIENTE

CAPÍTULO 9.- CALEFACCIÓN POR IMPULSIÓN DE AIRE CALIENTE.

Como solución al problema de la calefacción, se habían propuesto dos técnicas, y una de ellas del tipo todo aire. En ésta, las cargas térmicas serán contrarrestadas por caudales de aire caliente que combatirán las pérdidas térmicas producidas. Se abordarán a continuación los cálculos necesarios para el diseño de este sistema de calefacción en el Salón de Actos.

9.1.- CAUDAL DE AIRE Y TEMPERATURA DE IMPULSIÓN.

Una vez determinada la carga de la zona a acondicionar, se introduce en la misma un caudal de aire de impulsión (V_i) a una temperatura tal que se mantengan las condiciones interiores establecidas en el proyecto. En calefacción, esta temperatura será superior a la reinante en el local.

En el diseño y cálculo de este sistema de calefacción para el Salón de Actos se usarán la mayoría de los elementos y unidades que ya hay instalados para el aire acondicionado, es decir, se hará uso de las mismas unidades de tratamiento, ventiladores, filtros, conductos, elementos terminales de impulsión, etc. Con esto conseguiremos que la instalación sea usada durante todo el año.

Según la ITE 03.9 tanto las unidades de tratamiento como el diseño de las redes de distribución de conductos se dimensionan cuando se trabaja en régimen de refrigeración. Esto se debe a que las condiciones establecidas para trabajar en dicho régimen son más severas y por tanto se da por sentado que no habrá inconvenientes cuando la instalación trabaje en modo calefacción. Con esto, es muy importante que conozcamos las características técnicas de las unidades de tratamiento que hay instaladas en el Salón de Actos además de cómo funcionan. La siguiente tabla muestra las principales características técnicas de dichas unidades.

MODELO	CARRIER 40AB024K9
Código	EXEY720K933
Refrigeración	71,7 Kw
Calefacción	----
Caudal de aire de impulsión	3.250 litros/s (11.700 m ³ /h)
Refrigerante	R22
Peso en funcionamiento	325 Kg
Datos eléctricos	380-415 V 50 Hz 3 Fases
Consumo nominal	32,7 Kw
Consumo del ventilador	4,8 Kw

Tabla 9.1

En el Salón de Actos hay instaladas dos unidades de tratamiento de aire iguales, una impulsa aire frío por las toberas de la pared Oeste y la otra impulsa aire frío por las toberas de la pared Este. Puesto que ambas unidades son equivalentes nos centraremos en una de ellas.

Se trata de unidades de expansión directa donde el condensador (unidad condensadora) se sitúa en el tejado y el evaporador (climatizadora interior) en el sótano. El condensador no es más que un intercambiador de calor entre el refrigerante y el aire exterior donde el refrigerante cede calor al aire exterior. El proceso principal que tiene lugar en este elemento es la condensación del refrigerante gaseoso que procede del compresor con alta temperatura y presión, cediendo básicamente su calor latente de condensación. Esto se producirá cuando los gases del refrigerante se encuentren en unas determinadas condiciones de presión y temperatura. La temperatura estándar de condensación elegida para el funcionamiento de la maquinaria para climatización es de 40 °C, que para el refrigerante utilizado (R22) corresponde a una presión manométrica de 15 Kg/cm² aproximadamente. Como los gases del refrigerante salen del compresor a una temperatura superior a los 40 °C indicados (entre 70 y 90 °C) y a la presión de 15 Kg/cm², al ceder calor al aire exterior se produce primeramente un enfriamiento de los gases (cediendo calor sensible), hasta alcanzar la mencionada temperatura de 40 °C, en cuyo momento y al seguir

cediendo calor se produce la condensación (cediendo calor latente). A partir de este momento la temperatura se mantiene constante.

Luego el refrigerante pasa por el elemento de expansión, que tiene por misión reducir la presión y temperatura del refrigerante líquido que sale del condensador, hasta las condiciones de baja presión y temperatura requeridas a la entrada del evaporador. Para realizar esta disminución de presión y temperatura se hace pasar el refrigerante líquido a través de una restricción en la cual se reducirá la presión, debido a la pérdida de carga producida en ese elemento. El fenómeno de expansión propiamente dicho se produce por el aumento de volumen brusco que experimenta el líquido a la salida de la restricción mencionada.

El evaporador es también básicamente un intercambiador de calor entre el fluido refrigerante y el medio que le rodea, en este caso, dicho medio es una corriente de aire impulsada por un ventilador centrífugo y que por medio de unos conductos se dirige directamente al Salón de Actos. El refrigerante entra en el evaporador en estado líquido a baja temperatura y presión, como el medio que le rodea está a una temperatura superior, coge calor de éste y se evapora, dado que está en las condiciones de temperatura y presión adecuadas para que, en lugar de aumentar su temperatura, el calor que coge se emplea en cambiar de estado físico. En consecuencia, el calor que el refrigerante toma del medio que le rodea hace que éste se enfríe. En la maquinaria para aire acondicionado se ha establecido una temperatura estándar de evaporación de 4 °C, que se corresponde con una presión manométrica aproximada de 4,8 Kg/cm² para el R22.

Finalmente el compresor tiene la misión dentro del circuito frigorífico de aumentar la temperatura y presión del refrigerante gaseoso que sale del evaporador, para que esté en las condiciones necesarias para poder ceder calor en el condensador.

Es importante señalar que el aire antes de ser impulsado por el ventilador se produce una mezcla de aire entre el que proviene de retorno

del Salón de Actos y el que proviene del exterior para ventilación. De esta manera se consigue ahorrar energía y mantener unos niveles de ventilación adecuados.

Ahora que ya conocemos las principales características técnicas de las unidades y sabemos cómo funciona el sistema vamos a centrarnos en el diseño de la calefacción. Recordemos que en el Capítulo 6 ya se calcularon las pérdidas de cargas térmicas a vencer para mantener las condiciones interiores de proyecto, y cuyo valor era 45.513 Kcal/h (\approx 53 Kw). Además, en este mismo capítulo se determinó el caudal de aire exterior de ventilación necesario, cuyo valor era de 5.031 m³/h. Con estos datos y con el dato del caudal de impulsión de la Tabla 9.1 anterior podemos poner lo siguiente:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Caudal de aire de retorno} = 9.184,5 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \\ \text{Caudal de aire exterior} = 2.515,5 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \end{array} \right\} = \text{Caudal de impulsión} = 11.700 \text{ m}^3/\text{h}$$

donde el caudal de aire exterior es $\frac{5.031}{2}$ ya que los cálculos tan sólo tienen en cuenta una de las unidades, como dijimos anteriormente. Para la otra unidad los cálculos son idénticos.

Teniendo en cuenta que ambos caudales se mezclan y que como en cualquier mezcla, las condiciones del aire resultante serán intermedias entre las de los que se mezclan, podemos resolver aritméticamente el problema de este modo:

$$\left. \begin{array}{l} V_I = V_R + V_E \\ V_I \times T_I = V_R \times T_R + V_E \times T_E \end{array} \right\} \rightarrow T_I = \frac{V_R \times T_R + V_E \times T_E}{V_I}$$

donde

V_I : Caudal de aire de impulsión en m^3/h .

V_R : Caudal de aire de retorno en m^3/h .

V_E : Caudal de aire exterior en m^3/h .

T_I : Temperatura del aire de impulsión en $^{\circ}\text{C}$.

T_R : Temperatura del aire de retorno en $^{\circ}\text{C}$.

T_E : Temperatura del aire exterior en $^{\circ}\text{C}$.

Sustituyendo resulta:

$$T_I = \frac{V_R \times T_R + V_E \times T_E}{V_I} = \frac{9.184,5 \times 20 + 2.515,5 \times 11,4}{11.700} = 18,2^{\circ}\text{C}$$

Donde $11,4^{\circ}\text{C}$ es la temperatura media diaria del mes de Enero. Este proceso de mezcla puede verse en el diagrama psicrométrico al final del Apéndice 2.

Antes de continuar, hay que tener en cuenta que para el proceso de calefacción sólo usaremos la función de ventilación de las unidades de tratamiento que hay instaladas en el Salón de Actos, es decir, el refrigerante no realizará el ciclo. En la época invernal sólo se usarán las unidades para que el ventilador proporcione el caudal de aire necesario y justo pegada a la batería de tubos que forman la parrilla de frío (por donde circula el refrigerante en verano) se instalará una batería de resistencias eléctricas que se encargarán en este caso de ceder el calor necesario a la corriente de aire que pasará a su través. Veamos con más detalle la instalación de estas baterías eléctricas.

Cabe señalar primeramente que dichas baterías eléctricas son proporcionadas por la propia compañía de las unidades climatizadoras que hay instaladas en el Salón de Actos, es decir, las baterías eléctricas necesarias para la calefacción del aire son un accesorio suministrado por la marca Carrier justamente para el modelo de climatizadora que hay instalada. En la figura A2.1 del Apéndice 2 puede verse una fotografía a título orientativo de dichas resistencias eléctricas.

Puesto que la unidad climatizadora ya está instalada no podemos realizar el montaje de las resistencias por la parte superior, así que la instalación de las baterías eléctricas de calor se hará por el lateral izquierdo o derecho de la unidad. Los térmicos de la batería deberán quedar situados hacia el lateral donde se instala la caja eléctrica de la batería y situados en su posición de suministro, zona superior de la batería.

La caja eléctrica de la batería se montará al lado contrario en el que se encuentra el motor del ventilador y el sistema de transmisión (poleas-correas). Además, será preciso montar en el medio de la batería eléctrica, un cabezal intermedio y unas bridas de fijación a las varillas de la batería eléctrica.

Como se ha comentado previamente, las baterías eléctricas para la calefacción van instaladas en el interior de la unidad, más concretamente, enfrentadas con los cabezales de la batería refrigerante. Las figuras A2.2 y A2.3 del Apéndice 2 muestran la situación.

Recordemos que los térmicos de calor deben quedar situados al lado contrario al que se encuentra el motor del ventilador y la transmisión de poleas y correas, y siempre en la parte superior de la batería. En las figuras anteriores, los números hacen referencia a la situación de los tornillos de sujeción. Además de estos tornillos, es preciso colocar en el bastidor de las resistencias, punto medio aproximadamente, un angular intermedio de sujeción y unas bridas de fijación de dicho angular a las varillas de las resistencias. En las figuras A2.4 y A2.5 del Apéndice 2 podrá verse un detalle de esto.

Finalmente, los cabezales de las baterías deben fijarse a los soportes que hay en la base de la unidad climatizadora y en el techo de la misma.

Junto con las baterías de resistencias eléctricas también debe incorporarse una caja eléctrica de control y maniobra, que se montará dentro

de la unidad gracias a unos angulares. Las cajas eléctricas de las baterías de calor se instalarán en el lateral contrario en el que se encuentre el motor del ventilador de interior y la transmisión de poleas y correas.

Antes de montar la caja eléctrica en su lugar es necesario e imprescindible incorporar a las mismas los interruptores magnetotérmicos de acuerdo a la potencia (Kw) de la batería eléctrica.

La compañía Carrier comercializa, dentro de los Accesorios Opcionales, para la climatizadora instalada en el Salón de Actos los siguientes tipos de resistencias eléctricas en función de la potencia:

1ª) 18,0 Kw (9,0 + 9,0) a 220 ó 380V / 3 Ph.

2ª) 24,0 Kw (12,0 + 12,0) a 220 ó 380V / 3 Ph.

3ª) 36,0 Kw (18,0 + 18,0) a 220 ó 380V / 3 Ph.

Puesto que debemos vencer una potencia de 53 Kw tenemos tres opciones para elegir: podemos instalar en una de las climatizadoras resistencias con un valor de potencia eléctrica igual a 36,0 Kw y en la otra climatizadora 18,0 Kw (suma = 54 Kw), podemos instalar en ambas climatizadoras resistencias equivalentes de 24,0 Kw cada una (suma = 48 Kw) y finalmente también podemos instalar resistencias equivalentes pero de 36 Kw con lo que la suma saldría 72 Kw.

Elegir diferentes potencias para cada una de las climatizadoras, en una 18 y en la otra 36 Kw no es recomendable, ya que mientras que la de menor potencia estaría continuamente en funcionamiento y prácticamente no daría abasto, la otra de mayor potencia tendría un funcionamiento intermitente, y este desequilibrio no favorece una calefacción homogénea del Salón de Actos.

En cuanto a la elección de instalar dos resistencias equivalentes de 36 Kw cada una pensamos que estaríamos desperdiciando energía y dinero ya que la diferencia entre la potencia necesaria y la instalada es excesiva.

Finalmente, nos decidimos por la instalación de resistencias de 24 Kw en cada una de las climatizadoras, que si bien no alcanzan la potencia calculada, la empresa distribuidora Terclimasur, S. L. (Carrier Shop) nos asegura que la diferencia no es suficientemente significativa y que por lo tanto es la mejor de las opciones.

Ahora que ya tenemos determinada las potencias de las resistencias eléctricas a instalar en las climatizadoras podemos determinar la temperatura a la que sale el aire después de pasar por dichas resistencias. Para ello emplearemos la siguiente fórmula:

$$T_S = T_E + \frac{P}{V_I \times 0,3}$$

Donde:

T_S : Representa en este caso la temperatura del aire a la salida de las resistencias, es decir, después de pasar por ellas.

T_E : Representa en este caso la temperatura del aire a la entrada de las resistencias, es decir, antes de pasar por ellas. Se corresponde con la temperatura de impulsión calculada previamente (= 18,2 °C).

P : No es más que la potencia de las resistencias elegidas en Kcal/h.

V_I : Caudal de impulsión de aire en m³/h.

Así que sustituyendo por los valores numéricos obtenemos, para cada climatizadora:

$$T_S = T_E + \frac{P}{V_I \times 0,3} = 18,2 + \frac{24 \cdot 860}{11.700 \cdot 0,3} \approx 24^\circ C$$

Este proceso de calentamiento también queda descrito en el diagrama psicrométrico al final del Apéndice 2.

Según la potencia de las baterías eléctricas se instalarán en nuestro caso dos interruptores magnetotérmicos de 40 Amp. Serán interruptores magnetotérmicos tipo curva C. Podrá verse un esquema de la caja eléctrica en la figura A2.6 del Apéndice 2.

Junto con las resistencias también se incluye una placa de ampliación para el control de las resistencias (Master Link-I). Esta placa de ampliación se instalará en la caja eléctrica de la unidad.

9.2.- CONEXIONADO ELÉCTRICO DE LAS BATERIAS.

9.2.1.- Conexionado Eléctrico de Fuerza.

Una vez efectuado el montaje de las baterías eléctricas y la caja eléctrica de calor es preciso efectuar primero el conexionado eléctrico de fuerza de las mismas. El esquema del conexionado de fuerza de las baterías eléctricas de calor de dos etapas se muestra en la figura A2.7 del Apéndice 2.

Todos los cables a instalar serán de tres, en este caso, de sección 25 mm². Cables de cobre con aislamiento para la máxima temperatura del conductor en condiciones normales de 70 °C y para una temperatura en ambiente de 50 °C.

La caída de tensión en la alimentación eléctrica, para modelos con las unidades remotas, no debe ser superior al $\pm 5\%$ de la tensión nominal.

9.2.2.- Conexionado Eléctrico de Maniobra.

En el esquema de la figura A2.8 del Apéndice 2 se puede ver el conexionado eléctrico de maniobra, donde por líneas discontinuas se identifica en cableado a realizar entre los distintos elementos (Protectores

térmicos, bobinas de contactores, placa principal y de ampliación, borna, relés, etc).

Las baterías eléctricas de calor incorporan un protector térmico de rearme automático de disco al aire que actúan:

- Temperatura de apertura o corte: $60\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$.
- Temperatura de rearme o cierre: $54\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$.

Las temperaturas de corte y rearme indicadas son las adecuadas para la unidad funcionando en calor con filtros de aire limpios, batería de refrigerante de la unidad limpia, batería eléctrica limpia y caudal de aire y presión estática nominales.

Las baterías eléctricas de calor se alimentarán aguas abajo del interruptor general de la unidad. Es decir, la alimentación eléctrica de la batería se efectuará desde dicho interruptor.

Cuando en una unidad ya instalada, como es nuestro caso, se le incorpore la batería de calor, es preciso variar la instalación eléctrica general de alimentación de la unidad en:

- a) Sección de los cables de alimentación eléctrica general a la unidad antes del interruptor general de la misma.
- b) Incorporar nuevos fusibles generales de protección de las unidades de amperios según tensión de alimentación y consumo de la unidad con la batería eléctrica de calor.
- c) Sustituir, si hay, un interruptor general fuera de la unidad, por otro de amperios de acuerdo al nuevo consumo de la unidad.

CAPÍTULO 10

COMPARACIÓN ENTRE AMBOS SISTEMAS

CAPÍTULO 10.- COMPARACIÓN ENTRE AMBOS SISTEMAS.

A estas alturas, las diferencias entre ambos sistemas de calefacción elegidos son manifiestas. En este capítulo, sin embargo, trataremos de ver las diferencias en cuanto a los costes de funcionamiento de ambos sistemas, así podremos hacernos una idea más certera de cuál conviene más al Salón de Actos de la Facultad de Ciencias y, como no, deducir aproximadamente en cuanto tiempo amortizaríamos la instalación solar con respecto a la de resistencias eléctricas.

Para poder equiparar ambos sistemas vamos a tomar como base un funcionamiento medio de los sistemas de calefacción de tres horas diarias. Vamos a realizar el cálculo suponiendo que usaremos la calefacción durante los seis meses más fríos del año, esto es, de octubre a marzo ambos inclusive. Finalmente tomaremos los siguientes precios:

- Precio del Kwh de energía eléctrica = 0,12 €
- Precio del Kwh de energía procedente del Gas Natural = 0,09 €

En el caso del Suelo Radiante los principales gastos de operación son los relativos a la potencia eléctrica consumida por las bombas centrífugas y a la energía consumida por la caldera, tanto eléctrica como de Gas Natural. En concreto, para calcular la energía consumida por la caldera en forma de Gas Natural haremos uso de los datos de la Tabla B2.2 del Anexo 2, fijándonos en la última columna que hace referencia a la Energía Auxiliar Mensual.

Los gastos de operación se calcularán aplicando la siguiente fórmula:

$$G = E \times P \times H \times D \times M$$

Donde:

G: Gasto total en Euros al año.

E: Precio de la energía considerada, en Euros.

P: Potencia en Kw.

H: Número de horas diarias.

D: Número de días al mes.

M: Número de meses al año.

Para el Suelo Radiante dividimos el cálculo en:

a) Precio del consumo eléctrico.

$$G_1 = 0,12 \frac{\text{€}}{\text{Kwh}} \times 1 \text{ Kw} \times 3 \text{ horas} \times 22 \text{ días} \times 6 \text{ meses} = 47,52 \text{ €al año}$$

b) Precio del consumo en Gas Natural. Para ello sumaremos los valores de la Tabla B2.2 correspondientes a la Energía Auxiliar Mensual necesaria en los meses de octubre a marzo. Hay que tener en cuenta que el rendimiento estacional de la caldera es superior al 100 %.

Suma de la Energía Auxiliar durante los 6 meses = 2.415.308 Kcal.

$$G_2 = 0,09 \frac{\text{€}}{\text{Kwh}} \times \frac{2.415.308 \text{ Kcal}}{860} = 252,76 \text{ €al año}$$

$$\mathbf{G = G_1 + G_2 = 300,28 \text{ €al año}}$$

En cambio, para el sistema de calefacción por aire caliente queda claro que los principales gastos de funcionamiento son debidos al consumo eléctrico de las resistencias y al consumo del ventilador centrífugo. Aplicando la fórmula se obtiene:

$$G = 0,12 \frac{\text{€}}{\text{Kwh}} \times 57,6 \text{ Kw} \times 3 \text{ horas} \times 22 \text{ días} \times 6 \text{ meses} = 2.737,15 \text{ €al año}$$

En el siguiente gráfico puede verse la evolución año a año de estos costes según las condiciones anteriormente descritas. En el primer año se ha incluido el coste inicial de cada sistema de calefacción estudiado, cuyos datos se desglosan en el documento Presupuesto. En azul aparecen los datos relativos al Suelo Radiante y en rojo a la calefacción con resistencias eléctricas.

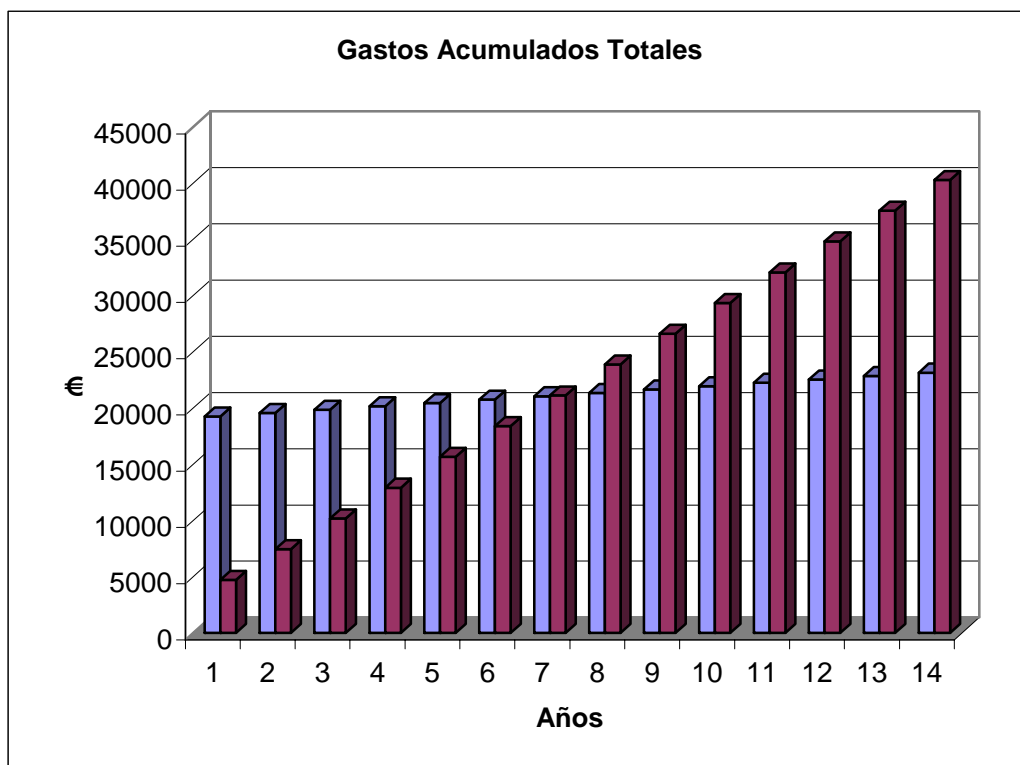


Gráfico 10.1

Como puede verse claramente a partir del séptimo año se va recuperando la inversión inicial hecha en el Suelo Radiante. Si sólo hubiéramos tenido en cuenta tres meses en vez de seis: Enero, Febrero y Diciembre, manteniendo el resto de datos iguales, obtendríamos que la inversión inicial hecha en el Suelo Radiante se recuperaría a partir del año decimotercero.

Antes de continuar vamos a precisar una serie de cosas.

Las empresas encargadas de montar instalaciones solares normalmente establece que por término medio el periodo de amortización de un equipo solar doméstico es de 10 años, y teniendo en cuenta que la vida media de la instalación ronda los 25 años se puede decir que el usuario estaría obteniendo beneficios durante 15 años. No hay que olvidar que un equipo solar doméstico tiene un uso anual, en cambio, en nuestra instalación para calefacción sólo estamos considerando un uso trimestral, en la peor de las situaciones, y aún así el periodo de amortización es semejante en ambos casos. Lo cual es debido al alto costo de operación que presenta la calefacción por resistencias eléctricas. Hay que tener presente que, si bien, la instalación de Suelo Radiante está diseñada principalmente para calefacción, se puede disponer del agua caliente para otros múltiples usos durante el resto del año, factor éste que no se ha tenido en cuenta a la hora del cálculo de la amortización. Esto, sin duda, es un beneficio que una calefacción por resistencias eléctricas no podría ofrecer.

España es uno de los países de la Unión Europea especialmente favorecido por la radiación solar gracias a su privilegiada situación y climatología (y dentro de España, Andalucía). Pero a pesar de este elevado potencial solar, existen muy pocas instalaciones de captación solar en España, donde el ratio de superficie de captación solar térmica por cada mil habitantes está por debajo de la media europea, con sólo 8,7 m² frente a 19,9 m² del resto de Europa. Durante los últimos años la Unión Europea ha adoptado importantes decisiones sobre política energética, con el fin de reducir el consumo de energías contaminantes y apostar por el consumo de renovables como la energía solar. Así, la UE establece como objetivo para el año 2010 que todos sus países miembros reduzcan al menos en un 15% las emisiones de gases causantes del efecto invernadero. También exige que el 12% de las fuentes energéticas de todos los estados sean renovables.

Por el momento la situación de España no es muy buena, más aún si tenemos en cuenta las enormes posibilidades de un país con mucho sol. Si se quieren cumplir estas exigencias europeas (no podemos olvidar, además, que España ha ratificado su compromiso con el protocolo de Kioto), España

debe hacer un gran esfuerzo, puesto que durante los próximos 5 años tendría que incrementar su superficie de captación solar térmica hasta los 4,5 millones de m² que supone un ratio de 115 m² por cada mil habitantes. Según el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), una cuarta parte de ese mercado podría corresponder a viviendas unifamiliares y el resto a viviendas multifamiliares y otras aplicaciones.

Este es, sin duda, un magnífico momento para apostar por una instalación solar térmica, no sólo por sus beneficios medioambientales y la calidad que ofrecen, que ya de por sí deberían ser suficientes, sino porque el Estado, consciente de ello, promueve más que nunca mediante ayudas económicas la adquisición de estos equipos.

Todos estamos de acuerdo con el papel tan importante que la Universidad tiene dentro de la sociedad. Así, la Facultad de Ciencias, en representación de la Universidad de Cádiz, en este caso, dispone de una oportunidad inmejorable de dar ejemplo apostando por la diversificación y el ahorro de la energía.

ANEXO 1
A LA MEMORIA,
CORRESPONDIENTE
AL CAPÍTULO 6:

CALCULO DE CARGAS TERMICAS

**ANEXO 1 A LA MEMORIA, CORRESPONDIENTE AL CAPÍTULO 6:
CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS.****ANEXO 1.- CÁLCULO DE LAS CARGAS TÉRMICAS EN INVIERNO.**

Como ya se comentó en la Memoria, las cargas térmicas son los factores que alteran la temperatura o humedad del ambiente a acondicionar y en invierno representan pérdidas de calor que habrá que compensar. Los principales agentes que las originan son:

- a) los cerramientos, (techo, suelo y paredes)
- b) la ventilación
- c) la ocupación
- d) la iluminación y los equipos de fuerza.

Calculamos cada una de ellas a continuación:

- a) Pérdidas de calor por transmisión a través de los cerramientos

Para este cálculo aplicaremos la siguiente expresión:

$$Q = K \times S \times (t_i - t_e) \times C_1 \times C_2$$

Donde:

Q: Necesidades caloríficas del Salón de Actos (Kcal/h)

K: Coeficiente de transmisión de los distintos elementos de separación (Kcal/(h×m²×°C))

S: Superficie del cerramiento considerado (m²)

t_i: Temperatura seca interior de cálculo (°C)

t_e: Temperatura seca exterior de cálculo (°C)

C₁: Coeficiente de mayoración por orientación

C₂: Coeficiente de mayoración por intermitencia

Los valores de los distintos parámetros los describimos ahora:

- Según los valores expuestos en el Capítulo 4 de la Memoria, la temperatura seca del exterior se tomará como $t_e = 3 \text{ }^\circ\text{C}$.

- Según los valores expuestos en el Capítulo 5 del documento Memoria, y de acuerdo con la ITE 02.2, la temperatura seca interior es $t_i = 20 \text{ }^\circ\text{C}$.

- Para el coeficiente de transmisión de los elementos separadores hay que considerar los elementos constructivos de los mismos. Todo esto se detalla en los cálculos reflejados en el Capítulo 3 de la Memoria. El valor del coeficiente para el muro exterior es de $K = 1,12 \text{ Kcal}/(\text{h}\times\text{m}^2\times^\circ\text{C})$, mientras que para la cubierta es de $K = 1,15 \text{ Kcal}/(\text{h}\times\text{m}^2\times^\circ\text{C})$, de igual modo tenemos para los diferentes cerramientos interiores $K = 1,12$; $K = 1,002$ y $K = 1,43 \text{ Kcal}/(\text{h}\times\text{m}^2\times^\circ\text{C})$ y por último para el suelo $K = 1,623 \text{ Kcal}/(\text{h}\times\text{m}^2\times^\circ\text{C})$.

- La superficie de los cerramientos son: para el muro exterior $S = 85 \text{ m}^2$, para los cerramientos interiores $S = 170 \text{ m}^2$, $S = 80 \text{ m}^2$ y $S = 39 \text{ m}^2$, para la cubierta y el suelo $S = 378 \text{ m}^2$.

- El coeficiente de mayoración por orientación tiene en cuenta el incremento de las pérdidas debido a la orientación. Para la orientación Norte se tomará un $C_1 = 1,10$; para las orientaciones Este y Oeste se tomará un coeficiente de $1,05$; y para la orientación Sur, se toma un $C_1 = 1$.

- El coeficiente de mayoración por intermitencia considera que la temperatura de los locales desciende si es que se para en algún momento del día el sistema de calefacción, por lo que se necesita un incremento de potencia adicional para alcanzar las condiciones normales de régimen.

Pueden tomarse los siguientes valores:

$C_2 = 1,10$ para calefacciones con parada nocturna

$C_2 = 1,05$ para calefacciones con reducción de temperatura nocturna

En nuestro caso tomaremos $C_2 = 1,10$.

Una vez concretadas todas las variables de la ecuación, sólo queda sustituir.

- Para la pared que da al exterior:

$$Q = K \cdot S \cdot (T_i - T_e) \cdot C_1 \cdot C_2 = 1,12 \cdot 85 \cdot (20 - 3) \cdot 1 \cdot 1,10 = 1.780 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

- Para la cubierta:

$$Q = K \cdot S \cdot (T_i - T_e) \cdot C_1 \cdot C_2 = 1,15 \cdot 378 \cdot (20 - 3) \cdot 1 \cdot 1,10 = 8.129 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

- Para los cerramientos interiores: el cálculo es idéntico pero con la salvedad de que ahora no se considera el coeficiente de mayoración por orientación C_1 . Además, en este caso la t_e será la del local no acondicionado y estará en función de la temperatura exterior. Según datos tabulados por *Saunier Duval* (empresa de reconocida solvencia en el sector de la climatización), para nuestro caso correspondería una temperatura $t_e = 12 \text{ }^\circ\text{C}$.

Una vez concretados todos los cambios en las variables de la ecuación, sólo queda sustituir. Pero antes hay que hacer una ligera variación en la expresión, pues es necesario incluir la participación de varios términos en lo que a tipo de cerramientos se refiere (partición, paredes y suelo). Con esta modificación quedaría como sigue:

$$Q = \sum_j (K_j \cdot S_j) \cdot (t_i - t_e) \cdot C_2$$

donde "j" representa cada una de las paredes, partición y suelo.

Se obtiene operando:

$$Q = (1,12 \cdot 170 + 1,12 \cdot 170 + 1,002 \cdot 80 + 1,43 \cdot 39 + 1,623 \cdot 378) \cdot (20 - 12) \times 1,10 = 9.946 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

b) Pérdidas de calor por ventilación

Para hallar estas pérdidas haremos uso de la ecuación:

$$Q_v = m \cdot C_e \cdot (t_i - t_e)$$

Donde:

Q_v : Pérdidas de calor en Kcal/h

m : Caudal másico de aire en Kg/h

C_e : Calor específico aire: 0,24 Kcal/(Kg \times °C) en nuestras condiciones

t_i : Temperatura interior de cálculo en °C

t_e : Temperatura exterior de cálculo en °C

Como el volumen específico del aire se puede considerar en esas condiciones como 0,8 m³/Kg y podemos decir que $m = \frac{v}{0,8}$, entonces:

$$Q_v = \frac{v}{0,8} \cdot 0,24 \cdot (t_i - t_e) = v \cdot 0,3 \cdot (t_i - t_e)$$

donde "v" representa el caudal volumétrico en m³/h.

El caudal volumétrico de aire exterior no es más que el aire de ventilación calculado para el recinto en cuestión. Considerando que se trata de un Salón de Actos, el Manual de Aire Acondicionado de Carrier propone un valor recomendado de renovación por aire exterior de 13 m³/h por persona. Esta tasa de renovación necesaria de aire exterior es la recomendable para obtener unas condiciones más que satisfactorias teniendo en cuenta que dentro del Salón de Actos está prohibido fumar.

Teniendo en cuenta que el aforo del Salón de Actos de la Facultad de Ciencias es de 387 personas, obtenemos:

$$13 \frac{m^3}{h \times persona} \times 387 personas = 5.031 \frac{m^3}{h}$$

Sustituyendo:

$$Q_v = 5.031 \times 0,3 \times (20 - 3) = 25.658 \frac{Kcal}{h}$$

c) Ganancias de calor debidas a la ocupación

En este caso estamos hablando de ganancias ya que el calor disipado por los ocupantes va a favorecer nuestro proceso de calefacción. Utilizaremos los valores de calor facilitados por el manual de ASHRAE. En nuestro caso, al tratarse de un Salón de Actos, el grado de actividad se corresponde con personas adultas sentadas y en reposo. Para este grado de actividad el manual establece un calor disipado de 100 W/persona. Por lo que tendremos:

$$Q_{ocupación} = 387 personas \cdot 100 \frac{W}{persona} = 38.700W = 33.284 \frac{Kcal}{h}$$

d) Ganancias de calor debidas a la iluminación y equipos de fuerza

Se incluyen aquí las aportaciones de calor por el alumbrado y lo que denominaremos a partir de ahora como "fuerza". Este término de fuerza comprende todas aquellas máquinas que disipan calor al ambiente, como pueden ser ordenadores, retroproyectors, etc. En general, se puede considerar que la disipación causada por estos equipos coincide con su consumo eléctrico.

Así pues, teniendo en cuenta que en el Salón de Actos hay instaladas 26 lámparas y que cada lámpara contiene 3 tubos fluorescentes de 65 W cada uno, sale un total:

$$Q_{iluminación} = 26 \cdot 3 \cdot 65W \cdot 1,25 = 6.337,5W = 5.450 \frac{Kcal}{h}$$

El factor 1,25 resulta de tener en cuenta el calor emitido por la reactancia o resistencia limitadora, que representa un 25% de la energía absorbida por la lámpara.

De este modo, podemos resumir como cargas (pérdidas) de invierno las siguientes:

Pérdidas de calor por transmisión a través de cerramientos (Kcal/h)	Pérdidas de calor por ventilación (Kcal/h)	Ganancias de calor debido a la ocupación (Kcal/h)	Ganancias de calor por iluminación (Kcal/h)	Pérdidas totales (Kcal/h)
19.855	25.658	33.284	5.450	6.779

De estas cargas, las ocasionadas por los ocupantes, la iluminación y equipos de fuerza, son cargas favorables (aportan calor al local) y de tenerlas en cuenta darían como resultado una instalación más pequeña, por lo que, salvo que pueda asegurarse que van a estar presentes en las condiciones más desfavorables, no se van a considerar en el cálculo. Así pues, sólo dos tipos de cargas será necesario considerar:

- 1) Pérdidas de calor por transmisión a través de los cerramientos y
- 2) Pérdidas de calor por ventilación.

Teniendo presente esto, finalmente tenemos que las pérdidas de calor totales serán:

$$Q_T = 19.855 + 25.658 = 45.513 \text{ Kcal/h}$$

ANEXO 2
A LA MEMORIA,
CORRESPONDIENTE
AL CAPÍTULO 8:

SUELO RADIANTE

ANEXO 2 A LA MEMORIA, CORRESPONDIENTE AL CAPÍTULO 8: SUELO RADIANTE.

ANEXO 2.1.- CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS.

Teniendo presente las modificaciones comentadas en el Capítulo 8, apartado 8.1.1, el cálculo de cargas térmicas para el Suelo Radiante queda:

1º) Para la pared Sur:

$$Q = K \cdot S \cdot (T_i - T_e) \cdot C_1 \cdot C_2 = 1,12 \cdot 85 \cdot (18 - 3) \cdot 1 \cdot 1,10 = 1.571 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

para el tramo de pared que da al exterior.

$$Q = K \cdot S \cdot (T_i - T_e) \cdot C_2 = 1,43 \cdot 39 \cdot (18 - 12) \cdot 1,10 = 368 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

para la porción de pared que da al Almacén.

2º) Para la pared Este:

$$Q = K \cdot S \cdot (T_i - T_e) \cdot C_2 = 1,12 \cdot 170 \cdot (18 - 12) \cdot 1,10 = 1.257 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

3º) Pared Oeste:

$$Q = K \cdot S \cdot (T_i - T_e) \cdot C_2 = 1,12 \cdot 170 \cdot (18 - 12) \cdot 1,10 = 1.257 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

4º) Pared Norte:

$$Q = K \cdot S \cdot (T_i - T_e) \cdot C_2 = 1,002 \cdot 80 \cdot (18 - 12) \cdot 1,10 = 529 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

5º) Para la cubierta:

$$Q = K \cdot S \cdot (T_i - T_e) \cdot C_1 \cdot C_2 = 1,15 \cdot 378 \cdot (11 - 3) \cdot 1 \cdot 1,10 = 3.825 \frac{Kcal}{h}$$

6º) Pérdidas por transmisión a través del suelo:

Para poder instalar el Suelo Radiante será necesario quitar el enlosado y el mortero que se encuentra debajo hasta llegar al hormigón (forjado). La superficie de la losa de hormigón deberá quedar lo más regular posible y para ello habrá que eliminar todas las posibles irregularidades que aparezcan, debe estar barrido y limpio. Si hubiera hondonadas no se rellenarán nunca con arena sino con un mortero pobre en cemento y arena.

En la zona inferior de las paredes y perimetralmente va colocada una banda de material aislante flexible de no más de 1 centímetro de espesor, que llegará hasta el nivel de la solería. Esta tira lateral elimina la unión sólida del mortero y el solado con las paredes. Luego, sobre el forjado van colocadas planchas de aislamiento, con espesor de 2 a 4 cm, de material sintético o mineral con densidad suficiente como para soportar sobradamente las cargas de presión.

Al aplicar el mortero fresco, para evitar su penetración por los intersticios entre paneles aislantes o entre los paneles y la franja perimetral se suele usar una lámina delgada de plástico que se coloca sobre el aislante. Cuando la humedad pueda penetrar por el forjado y ser absorbida por el aislamiento ganando éste conductividad, se puede usar también una capa delgada de plástico como barrera antivapor.

Sobre el aislamiento se distribuyen las tuberías, normalmente de no más de 20 mm de diámetro. El mortero formado por la mezcla de cemento, arena, agua y un aditivo especial las envuelve, quedando una capa por encima de ellas con un mínimo de 4 cm. Y por último se sitúa la solería de cualquier material de los usados habitualmente. Lo que no debe hacerse nunca es colocar una tarima que deje una cámara de aire entre el mortero y

el solado, por tanto optaremos por la instalación del Suelo Radiante en todo el suelo del Salón de Actos excepto la tarima elevada. Por consiguiente, la estructura del suelo quedaría del siguiente modo:

- 3 cm de terrazo ($\lambda = 0,9 \text{ Kcal}/(\text{h}\times\text{m}\times^\circ\text{C})$)
- 1 cm de mortero de terrazo ($\lambda = 0,75 \text{ Kcal}/(\text{h}\times\text{m}\times^\circ\text{C})$)
- 4 cm de la losa de mortero ($\lambda = 1,2 \text{ Kcal}/(\text{h}\times\text{m}\times^\circ\text{C})$)
- 3 cm de porexpan ($\lambda = 0,03 \text{ Kcal}/(\text{h}\times\text{m}\times^\circ\text{C})$)
- 20 cm forjado ($\lambda = 1,4 \text{ Kcal}/(\text{h}\times\text{m}\times^\circ\text{C})$)

$$\frac{1}{K} \cong \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + \sum \frac{L}{\lambda}$$

$$K \cong 0,616 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}\times\text{m}^2 \times^\circ\text{C}}$$

$$Q = K \cdot S \cdot (T_i - T_e) \cdot C_2 = 0,616 \cdot 306 \cdot (18 - 12) \cdot 1,10 = 1.244 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

Por el suelo de la tarima serán:

$$Q = K \cdot S \cdot (T_i - T_e) \cdot C_2 = 1,623 \cdot 63 \cdot (18 - 12) \cdot 1,10 = 675 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

7º) Finalmente sólo quedan las pérdidas de calor por ventilación:

$$Q_v = 5.031 \times 0,3 \times (18 - 3) = 22.640 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

En la siguiente tabla resumen se pueden ver finalmente las cargas térmicas totales que debe vencer nuestro sistema de calefacción por Suelo Radiante, dadas en Kcal/h:

Pared Sur	Pared Este	Pared Oeste	Pared Norte	Cubierta	Suelo	Ventilación	TOTAL (Kcal/h)
1.939	1.257	1.257	529	3.825	1.919	22.640	33.366

Tabla B2.1

ANEXO 2.2.- CÁLCULO DE LA SUPERFICIE DE CAPTADORES.

Para que los datos de la tabla posterior (B2.2) queden claros vamos a realizar los cálculos para el mes de Enero, para los demás meses los cálculos son idénticos.

En primer lugar hemos optado por considerar un uso medio del Salón de Actos de 3 horas diarias. Por tanto, la Energía Diaria Necesaria será:

$$Q_{diaria} = 3 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \times 33.366 \frac{\text{Kcal}}{\text{hora}} = 100.098 \frac{\text{Kcal}}{\text{día}}$$

Si la cantidad anterior la multiplicamos por el número medio de días laborables que tiene el mes obtendremos la Energía Necesaria mensual. Esto es así ya que habitualmente la Facultad de Ciencias no abre los fines de semana y por tanto el Salón de Actos no se usa.

En cuanto a los datos de Radiación Horizontal diaria y Radiación Inclinada (55°) diaria, como ya se dijo antes, están sacados del libro "Radiación Solar sobre Superficies Inclinadas" publicado por el Centro de Estudios de la Energía de Madrid. Estas tablas están recogidas en el Apéndice 1 de la presente Memoria, en concreto son las tablas A1.1 y A1.2.

Los valores de Radiación Efectiva mensual se calculan multiplicando los valores de Radiación Inclinada (55°) diaria por el número de días de funcionamiento:

$$22 \text{ dias} \times 3.301 \frac{\text{Kcal}}{\text{dia} \times \text{m}^2} = 72.622 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2}$$

La relación entre Energía Necesaria mensual y Radiación Efectiva mensual es la que nos proporciona la superficie total de captadores que hay que instalar. Pero antes hay que hacer una salvedad, y es que el rendimiento de los captadores solares nunca es del 100% por lo que debemos multiplicar el rendimiento del captador solar por la Radiación Efectiva mensual y así tener la Radiación Real mensual por metro cuadrado de captador solar. Un estudio más detallado del rendimiento de los captadores solares planos se verá en el apartado siguiente, nosotros hemos tomado en la tabla posterior (B2.2) un rendimiento medio del 50% para los meses de invierno. Esto significa que si queremos calcular la superficie de paneles solares tendremos que multiplicar por 0,5 los valores de Radiación Efectiva mensual.

A continuación vamos a ver los diferentes valores de superficie de captadores que salen según los meses considerados:

a) Considerando sólo el mes de Enero. Como se trata del mes que menos Radiación Efectiva recibe obtendremos la mayor superficie de captadores a instalar:

$$\text{Superficie} = \frac{2.202.156 \text{ Kcal}}{0,5 \times 72.622 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2}} = 60,6 \text{ m}^2$$

b) Considerando sólo el mes de Octubre. Como se trata del mes que más Radiación Efectiva recibe resultará la menor superficie de captadores a instalar:

$$\text{Superficie} = \frac{2.202.156 \text{ Kcal}}{0,5 \times 165.300 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2}} = 26,6 \text{ m}^2$$

c) Considerando los meses de Diciembre, Enero, y Febrero. Que resultan ser los meses de invierno y por tanto los que a nosotros nos interesan:

$$\text{Superficie} = \frac{3 \times 2.202.156 \text{ Kcal}}{0,5 \times (72.622 + 101.444 + 73.694) \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2}} = 53,3 \text{ m}^2$$

d) Teniendo en cuenta los meses de Agosto, Septiembre y Octubre. Que son los tres meses con mayor Radiación Efectiva:

$$\text{Superficie} = 33,2 \text{ m}^2$$

e) Si tuviéramos presente todos los meses del año resultaría una superficie de:

$$\text{Superficie} = 42,3 \text{ m}^2$$

f) Finalmente, si consideramos sólo los seis meses donde supuestamente podría hacer más frío: Enero, Febrero, Marzo, Octubre, Noviembre y Diciembre:

$$\text{Superficie} = 44,4 \text{ m}^2$$

Pero claro, nosotros hemos calculado la carga térmica a vencer durante los meses de invierno que es lo que nos interesa para deducir la calefacción, lo que significa que en el resto de meses la carga térmica será diferente y por tanto la Energía Necesaria mensual también será diferente. Es por esto que los datos que aparecen con un asterisco en la tabla siguiente no son en modo alguno representativos (sobre todo cuanto más nos acerquemos a meses estivales) y por tanto para calcular la superficie de captadores solares sólo tendremos presente los meses de Diciembre, Enero y Febrero. Y para evitar que la instalación resulte sobredimensionada tomaremos el 75% del valor de la superficie de captadores solares que salga al tener en cuenta sólo los meses de invierno. Este porcentaje se encuentra dentro del intervalo propuesto por la bibliografía consultada, que suele proponer como porcentaje de cobertura entre un 60% y un 80%.

Así pues, según el apartado c) anterior, que tenía en cuenta sólo los meses de Diciembre, Enero y Febrero, resulta una superficie total de:

$$53,3 \text{ m}^2 \cdot 0,75 = 39,9 \text{ m}^2 \approx 40 \text{ m}^2$$

Y ahora ya podemos calcular el Aporte Solar mensual del siguiente modo:

$$\text{Aporte Solar en Enero} = 40 \text{ m}^2 \cdot (0,5 \cdot 72.622 \text{ Kcal/m}^2) = 1.452.338 \text{ Kcal}$$

La cantidad de Energía Auxiliar que será necesario aportar en el citado mes de Enero será la resta entre la Energía Necesaria mensual y el Aporte Solar mensual, es decir:

$$2.202.156 \text{ Kcal} - 1.452.338 \text{ Kcal} = 749.818 \text{ Kcal}$$

CÁDIZ	DÍAS	DÍAS DE FUNCIONAMIENTO	ENERGÍA NECESARIA DIARIA (Kcal)	ENERGÍA NECESARIA MENSUAL (Kcal)	RADIACIÓN HORIZONTAL DIARIA (Kcal/m²)	RADIACIÓN INCLINADA DIARIA (55°) (Kcal/m²)	RADIACIÓN EFECTIVA MENSUAL (Kcal/m²)	APORTE SOLAR MENSUAL (Kcal)	ENERGÍA AUXILIAR MENSUAL (Kcal)
ENE	31	22	100.098	2.202.156	2.005	3.301	72.622	1.452.338	749.818
FEB	28	22	100.098	2.202.156	3.169	4.611	101.444	2.028.733	173.423
MAR	31	22	100.098*	2.202.156*	3.931	4.516	99.363	1.987.112*	215.044*
ABR	30	22	100.098*	2.202.156*	5.320	4.940	108.686	2.173.567*	28.589*
MAY	31	22	100.098*	2.202.156*	6.123	4.744	104.366	2.087.171*	114.985*
JUN	30	22	100.098*	2.202.156*	6.527	4.646	102.211	2.044.078*	158.078*
JUL	31	22	100.098*	2.202.156*	6.503	4.796	105.522	2.110.294*	91.862*
AGO	31	22	100.098*	2.202.156*	6.142	5.293	116.443	2.328.702*	-126.546*
SEP	30	22	100.098*	2.202.156*	4.903	5.298	116.559	2.331.014*	-128.858*
OCT	31	22	100.098*	2.202.156*	3.487	7.514	165.300	3.305.757*	-1.103.601*
NOV	30	22	100.098*	2.202.156*	2.329	3.758	82.681	1.653.509*	548.647*
DIC	31	22	100.098	2.202.156	1.882	3.350	73.694	1.473.780	728.376

Tabla B2.2

ANEXO 2.3.- RENDIMIENTO DEL COLECTOR SOLAR.

Como decimos, a efectos de nuestro estudio vamos a establecer que la temperatura a la que sale el fluido de los captadores solares es de $T_s = 45$ °C y la temperatura del fluido a la entrada será de $T_e = 35$ °C.

Para Enero: $T_a = 11,4$ °C

Para Febrero: $T_a = 12,5$ °C

Para Diciembre: $T_a = 12,5$ °C

Donde T_a es la temperatura ambiente media diaria.

Y finalmente, los datos de intensidad de radiación incidente medida en W/m^2 para una superficie inclinada 55° son los siguientes:

Para Enero: $I = 383,8$ W/m^2

Para Febrero: $I = 536,2$ W/m^2

Para Diciembre: $I = 389,5$ W/m^2

Con todos estos datos más los valores de “a” y “b”, proporcionados por el fabricante, podemos hacer una estimación de los rendimientos de los diferentes colectores que nos encontramos en el mercado. Nosotros vamos a calcular el rendimiento de uno de los modelos, como ejemplo de cálculo, en concreto el colector modelo Viessmann Vitosol S 2.5 en el mes de Enero:

$$T_m = \frac{T_e + T_s}{2} = \frac{35 + 45}{2} = 40 \text{ } ^\circ C$$

$$\eta = a + b \left[\frac{T_m - T_a}{I} \right] = 0,8280 - 4,4410 \times \left[\frac{40 - 11,4}{383,8} \right] = 0,497 \rightarrow 49,7 \%$$

A continuación recogeremos en una tabla el resto de modelos que podemos encontramos en el mercado:

	m ²	a	b	Ene (55°)	Feb (55°)	Dic (55°)
AMCOR AM 2122 P	2,160	0,7200	4,5000	38,5%	48,9%	40,2%
CHROMAGEN-LORDAN CR 10 DS	1,890	0,7883	6,2630	32,2%	46,7%	34,6%
CHROMAGEN-LORDAN CR 10 S	2,170	0,7883	6,2630	32,2%	46,7%	34,6%
CHROMAGEN-LORDAN CR 12 S	2,560	0,7883	6,2630	32,2%	46,7%	34,6%
CHROMAGEN-LORDAN CR 10 SN	2,180	0,6715	3,1410	43,7%	51,0%	45,0%
CHROMAGEN-LORDAN CR 12 SN	2,600	0,7132	4,3960	38,6%	48,8%	40,3%
CPC ML 2.0. TINOX	1,840	0,7400	4,5000	40,5%	50,9%	42,2%
CPC ML 3.0. TINOX	2,660	0,7500	3,5000	48,9%	57,0%	50,3%
DISOL SX 2016 L	1,930	0,7400	5,4000	33,8%	46,3%	35,9%
ESCOSOL SOL 2500 SELECTIVO	2,320	0,6800	5,1000	30,0%	41,8%	32,0%
FRIGICOLL CO 2000 EC	1,880	0,6990	4,1520	39,0%	48,6%	40,6%
ISOFOTÓN ISONOX	2,160	0,7514	4,1380	44,3%	53,9%	45,9%
ISOFOTÓN ISONOX II	1,900	0,7283	5,0070	35,5%	47,2%	37,5%
ISOFOTÓN FERROLI ECOUNIT PLUS	1,900	0,7283	5,0070	35,5%	47,2%	37,5%
JUNKERS FK 240	2,310	0,6691	5,7060	24,4%	37,6%	26,6%
MADE 4000 E	2,100	0,7978	6,1670	33,8%	48,2%	36,2%
MADE 5000 S	2,100	0,6863	5,3820	28,5%	41,0%	30,6%
NIMROD AC 2	2,290	0,6726	5,4780	26,4%	39,2%	28,6%
PMP V1-H2	1,850	0,7743	6,9440	25,7%	41,8%	28,4%
PROMASOL TITANIO H2/V1	1,870	0,7400	4,9000	37,5%	48,9%	39,4%
RAYOSOL V-18 AS	1,910	0,7501	4,3940	42,3%	52,5%	44,0%
KAPLAN K-1	1,980	0,7026	5,5315	29,0%	41,9%	31,2%
SOLAHART M	1,870	0,7300	4,9000	36,5%	47,9%	38,4%
SOLAHART B	1,870	0,7800	3,6000	51,2%	59,5%	52,6%
TAKAMA T2 INOX	1,800	0,7100	6,1000	25,5%	39,7%	27,9%
TERMICOL T 105 S	2,090	0,6700	4,3000	35,0%	44,9%	36,6%
TERMICOL T 130 S	2,600	0,6700	4,2000	35,7%	45,5%	37,3%
VELUX U10 CLI 2000	1,860	0,8000	4,2000	48,7%	58,5%	50,3%
VELUX CLI S08 2000	1,340	0,8300	4,2000	51,7%	61,5%	53,3%
VISSMANN VITOSOL S 1.7	1,606	0,8020	4,7810	44,6%	55,7%	46,4%
VISSMANN VITOSOL W 1.7	1,600	0,7949	4,4880	46,0%	56,5%	47,8%
VISSMANN VITOSOL W 2.5	2,500	0,8090	3,7060	53,3%	61,9%	54,7%
VISSMANN VITOSOL S 2.5	2,500	0,8280	4,4410	49,7%	60,0%	51,4%
WOLF IBÉRICA TOPSON TX	2,010	0,7594	4,6190	41,5%	52,3%	43,3%
MAX WEISHAUPT GMBH WTS-F	2,320	0,7300	5,2000	34,3%	46,3%	36,3%
STIEBEL ELTRON SOL 25 S	2,600	0,6900	4,5000	35,5%	45,9%	37,2%
SONNENKRAFT SK 500 N / 2001	2,340	0,7000	4,1000	39,4%	49,0%	41,1%
WAGNER & CO EURO C20 AR	2,380	0,7600	3,2000	52,2%	59,6%	53,4%
WAGNER & CO EURO C20 HTF	2,370	0,7400	3,0000	51,6%	58,6%	52,8%
DUNPHY COMBUSTION WASCO	1,750	0,7300	4,0000	43,2%	52,5%	44,8%
ROCA PS	1,780	0,6700	4,4000	34,2%	44,4%	35,9%
SOLAR ISI ST-40/400	2,250	0,7500	4,5000	41,5%	51,9%	43,2%

Tabla B2.3.1

Como puede verse la variedad es grande. Nosotros optaremos en principio por el modelo Viessmann Vitosol 100 (S 2.5), que es el colector al que hemos calculado el rendimiento más arriba, como ejemplo. Este colector

tiene un área de absorción de 2,5 m² lo que significa que necesitaremos un total de:

$$40 \text{ m}^2 / 2,5 \text{ m}^2 = 16 \text{ colectores solares.}$$

Las características técnicas de este captador solar pueden verse en la tabla siguiente:

DATOS TÉCNICOS	Unidades	VITOSOL 100 S 2.5
Superficie Bruta	m ²	2,71
Superficie de Absorción	m ²	2,5
Superficie de Abertura	m ²	2,5
Dimensiones		
Anchura	mm	1.138
Altura	mm	2.385
Profundidad	mm	102
Rendimiento Óptico	%	84
Peso	Kg	60
Volumen de fluido	litros	2,2
Presión máx. de servicio	bar	6
Temp. de inactividad máx.	°C	211
Conexión	Ø mm	22
Caudal de diseño	litros/(h · m ²)	40,2
Pérdida de Carga	m.c.a.	0,1
Posición		Vertical

Tabla B2.3.2

El interconexionado de los colectores será en paralelo, tendremos concretamente, cuatro filas (1, 2, 3 y 4) con cuatro colectores cada una (A, B, C y D). Ya que las filas o grupos en paralelo deben estar compuestas del mismo número de colectores y conectadas entre sí con el retorno invertido. En general, el conexionado debe realizarse de manera que de modo natural el caudal que circule por cada colector o fila sea el mismo, es decir, que

estén equilibrados hidráulicamente. Para mayor detalle de la posición final de los colectores puede verse el documento Planos.

ANEXO 2.4.- OBTENCIÓN DEL NÚMERO DE CAPTADORES POR OTRO PROCEDIMIENTO.

- Enero. Para el mes de enero en Cádiz tenemos que $D_{\text{Enero}} = 90$ así que sustituyendo:

$$Q_{\text{diarias}} = \frac{K_{GV} \cdot V \cdot 24 \cdot D_{\text{Enero}}}{n^{\circ} \text{ días de Enero}} = \frac{0,356 \cdot 2.835 \cdot 24 \cdot 90}{31} = 70.322 \text{ Kcal}$$

- Febrero. Para el mes de febrero en Cádiz tenemos que $D_{\text{Febrero}} = 48$ así que sustituyendo:

$$Q_{\text{diarias}} = \frac{K_{GV} \cdot V \cdot 24 \cdot D_{\text{Febrero}}}{n^{\circ} \text{ días de Febrero}} = \frac{0,356 \cdot 2.835 \cdot 24 \cdot 48}{28} = 41.523 \text{ Kcal}$$

- Diciembre. Para el mes de Diciembre tenemos que $D_{\text{Dic}} = 66$ así que sustituyendo:

$$Q_{\text{diarias}} = \frac{K_{GV} \cdot V \cdot 24 \cdot D_{\text{Febrero}}}{n^{\circ} \text{ días de Febrero}} = \frac{0,356 \cdot 2.835 \cdot 24 \cdot 66}{31} = 51.569 \text{ Kcal}$$

El valor medio de los tres meses de invierno resulta ser:

$$Q_{\text{medio}} = \frac{70.322 + 41.523 + 51.569}{3} = 54.471 \text{ Kcal}$$

Este Q_{medio} puede usarse para el cálculo del tamaño de la superficie captadora de placas solares sin más que aplicar la siguiente expresión:

$$S_{\text{captadora}} = \frac{Q_{\text{Total}}}{I \cdot \eta} \cdot f = \frac{Q_{\text{medio}} + Q_{\text{ventilación}}}{I \cdot \eta} \cdot f$$

Donde:

$S_{\text{captadora}}$: Superficie necesaria de colectores en m^2 .

I : Media de los tres meses más fríos de los valores diarios medios mensuales de la energía recibida de la radiación solar por unidad de superficie para una inclinación de 55° . Valores sacados de la Tabla B2.2 ($Kcal/m^2$).

η : rendimiento del colector solar. Ya visto en el apartado anterior.

f : Factor de cobertura en tanto por uno.

Puesto que todos los valores son conocidos podemos sustituir, resultando:

$$S_{\text{captadora}} = \frac{Q_{\text{medio}} + Q_{\text{ventilación}}}{I \cdot \eta} \cdot f = \frac{54.471 + (22.640 \times 3)}{3.754 \cdot 0,5} \cdot 0,75 = 38,9 \text{ m}^2$$

Donde las pérdidas de calor por ventilación se multiplican por tres debido a que hemos considerado un uso medio del Salón de Actos de tres horas diarias.

APÉNDICE I

SUELO RADIANTE: TABLAS Y GRÁFICAS DE APOYO

APÉNDICE 1 A LA MEMORIA, CORRESPONDIENTE AL CAPÍTULO 8: SUELO RADIANTE.

APÉNDICE 1.1.- TABLAS Y GRÁFICAS DE APOYO.

- A continuación se han recogido las tablas que representan los datos de radiación solar sobre superficies inclinadas para una orientación sur y para la provincia de Cádiz. Los datos vienen dados en KJ/m².

Posteriormente se pueden ver las tablas que recogen las temperaturas medias diarias y los grados-día según el servicio meteorológico nacional.

PENDIENTE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
0	8394	13264	16458	22270	25630	27322	27222	25710	20528	14594	9750	7878	6669958
5	9218	14324	17220	22808	25784	27304	27284	24088	21366	16848	10680	8764	6933198
10	9990	15298	17800	23214	25788	27122	27190	26356	22078	19000	11550	9600	7157436
15	10704	16176	18454	23482	25640	26784	26934	26520	22654	21032	12350	10384	7340736
20	11358	16962	18912	23612	25402	26298	26550	26520	23094	22932	13076	11102	7483392
25	11938	17642	19256	23604	25024	25728	26054	26358	23392	24684	13726	11754	7584584
30	12450	18210	19408	23452	24496	25012	25404	26036	23550	26276	14290	12334	7640004
35	12890	18668	19606	23162	23830	24152	24610	25556	23562	27698	14770	12838	7649952
40	13246	19006	19604	22738	23026	23156	23670	24924	23428	28930	15152	13266	7612974
45	13522	19228	19486	22178	22092	22022	22596	24142	23150	29974	15446	13602	7530038
50	13714	19326	19254	21490	21032	20772	21396	23218	22734	30816	15638	13854	7401952
55	13818	19302	18906	20680	19858	19448	20078	22156	22178	31452	15732	14022	7230586
60	13838	19158	18446	19748	18624	18098	18756	20968	21484	31870	15726	14098	7022704
65	13768	18890	17882	18708	17332	16458	17342	19660	20666	32082	15624	14084	6775250
70	13614	18506	17210	17566	15958	15136	15836	18310	19722	32068	15422	13982	6489866
75	13376	18006	16442	16336	14502	13548	14264	16870	18664	31842	15124	13790	6167994
80	13058	17390	15502	15058	12984	11962	12620	15338	17502	31396	14732	13510	5813668
85	12654	16670	14638	13708	11416	10462	11068	13736	16236	30740	14248	13144	5435656
90	12176	15850	13612	12294	9966	8930	9526	12064	14884	29880	13674	12696	5034780

Tabla A1.1

HORA SOLAR	INCLINACION : 55										ORIENTACION SUR					TOTAL
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18			
ENERO	0	0	427	979	1496	1897	2110	2110	1897	1496	979	427	0	0	13818	
FEBRERO	0	0	695	1448	2079	2571	2858	2858	2571	2079	1448	695	0	0	19302	
MARZO	0	204	719	1420	1975	2429	2706	2706	2429	1975	1420	719	204	0	18906	
ABRIL	0	237	844	1570	2148	2623	2918	2918	2623	2148	1570	844	237	0	20680	
MAYO	65	231	828	1503	2055	2482	2765	2765	2482	2055	1503	828	231	65	19858	
JUNIO	94	232	809	1466	2010	2416	2697	2697	2416	2010	1466	809	232	94	19448	
JULIO	78	218	832	1518	2082	2511	2800	2800	2511	2082	1518	832	218	78	20078	
AGOSTO	24	235	904	1680	2304	2807	3124	3124	2807	2304	1680	904	235	24	22156	
SEPTIEMBRE	0	234	875	1678	2311	2836	3155	3155	2836	2311	1678	875	234	0	22178	
OCTUBRE	0	5968	724	1479	2096	2584	2875	2875	2584	2096	1479	724	5968	0	31452	
NOVIEMBRE	0	0	514	1138	1702	2137	2375	2375	2137	1702	1138	514	0	0	15732	
DICIEMBRE	0	0	444	978	1512	1931	2146	2146	1931	1512	978	444	0	0	14022	

Tabla A1.2

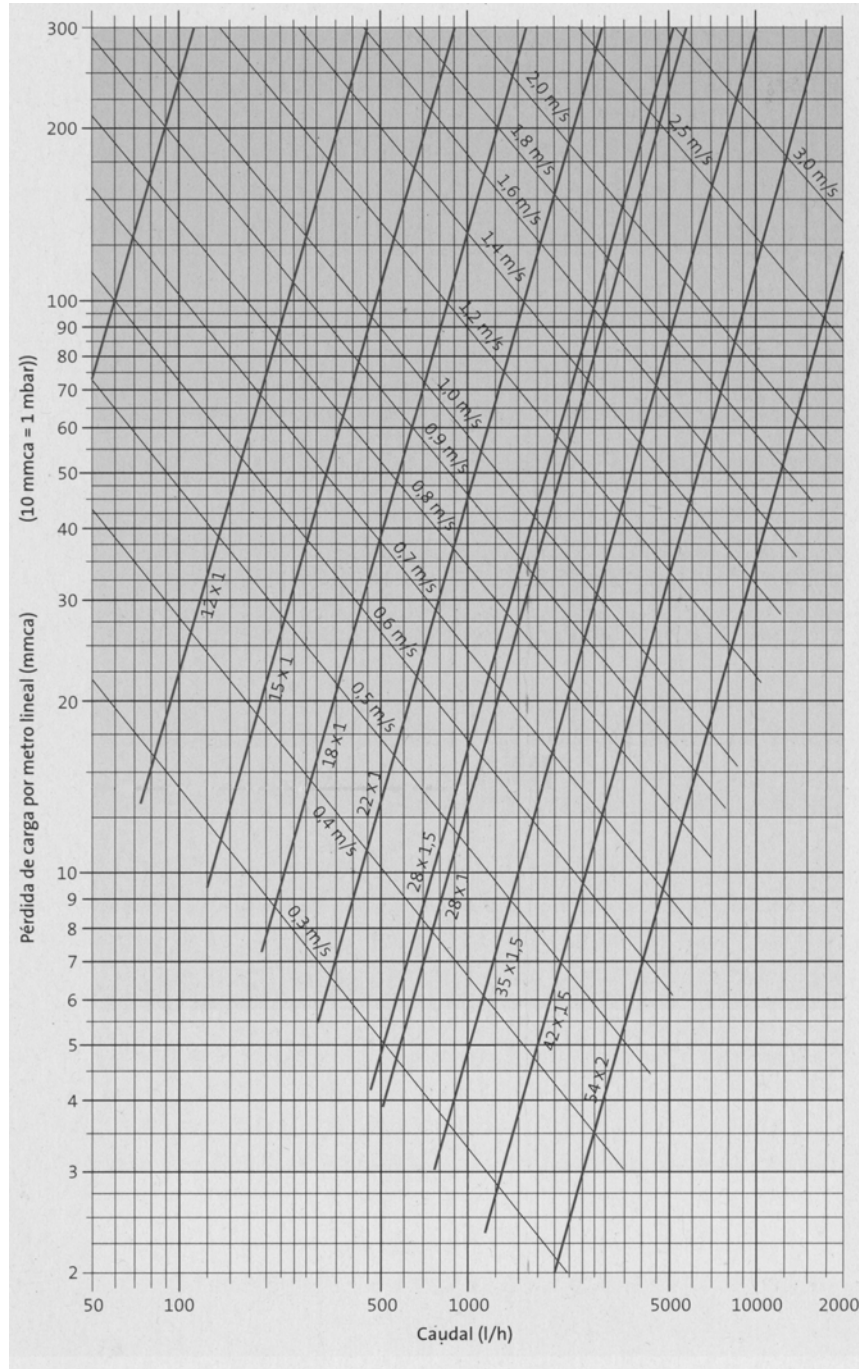
SERVICIO METEOROL. NACIONAL	TEMPERATURAS MEDIAS DIARIAS MENSUALES EN GRADOS CENTÍGRADOS											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Álava	4,6	5,4	8,6	10,4	13,0	16,6	18,8	19,4	16,8	12,7	8,3	5,4
Albacete	4,2	5,6	9,0	11,0	15,3	21,6	24,1	23,8	17,8	13,7	8,7	5,2
Alicante	11,0	11,8	14,0	15,9	19,0	22,8	25,5	26,1	23,7	19,3	15,2	12,0
Almería	11,7	11,8	14,1	16,1	18,4	22,0	24,7	25,3	23,4	19,4	15,6	12,8
Ávila	2,4	3,3	6,2	8,7	12,2	16,4	20,0	19,8	16,3	10,6	6,0	3,2
Badajoz	8,6	9,9	12,7	15,2	18,0	22,8	25,8	25,5	22,6	17,8	12,6	9,1
Baleares	10,5	10,5	12,2	14,5	17,4	21,4	24,1	24,5	22,6	18,4	14,3	11,6
Barcelona	9,4	9,9	12,3	14,6	17,7	21,6	24,4	24,2	21,7	17,5	13,5	10,2
Burgos	2,5	4,8	7,1	9,2	12,2	16,2	19,0	18,8	16,2	11,3	6,5	3,4
Cáceres	7,7	9,1	11,7	14,4	17,4	22,5	26,0	25,6	22,3	16,9	11,7	8,1
Cádiz	11,4	12,5	14,6	16,6	18,9	22,2	24,5	24,9	23,4	19,5	15,6	12,5
Castellón	10,4	11,1	13,1	14,9	17,8	21,6	24,3	24,7	22,6	18,6	14,3	11,1
Ciudad Real	5,4	7,3	10,4	12,9	16,3	21,2	25,5	24,8	21,0	14,8	8,9	6,2
Córdoba	9,1	10,7	13,5	16,3	19,4	24,4	27,9	27,6	24,3	18,6	13,6	9,6
Coruña	9,9	9,8	11,5	12,4	14,0	16,5	18,2	18,9	17,8	15,3	12,4	10,2
Cuenca	3,1	4,2	7,3	10,0	13,3	18,1	21,9	21,4	18,0	12,0	7,2	4,1
Gerona	7,1	8,4	11,1	13,4	16,8	20,7	23,5	23,3	20,9	16,0	11,3	8,0
Granada	7,0	8,4	11,0	13,3	16,3	21,8	25,7	25,3	21,8	16,0	11,6	7,7
Guadalajara	3,5	5,9	9,5	11,9	15,6	20,2	24,3	23,5	19,8	13,7	8,4	5,5
Guipúzcoa	7,8	7,7	10,7	11,8	-	16,8	15,1	19,0	18,1	14,7	10,7	8,0
Huelva	11,1	12,3	14,4	18,4	18,9	22,4	25,0	25,2	23,3	19,4	15,2	11,9
Huesca	4,6	6,1	10,2	12,5	15,9	19,9	22,8	22,5	19,3	14,0	8,9	5,4
Jaén	8,2	9,6	12,3	14,1	18,3	23,8	27,7	27,3	23,4	17,6	12,7	8,9
León	2,8	4,2	7,6	9,9	12,5	17,2	19,7	19,5	16,6	11,8	7,0	3,6
Lérida	4,9	9,5	11,3	11,9	16,1	19,6	24,1	24,4	21,9	14,9	8,3	7,3
Logroño	5,1	6,5	9,7	11,9	14,9	19,1	21,8	21,5	19,0	13,8	8,9	6,1
Lugo	6,0	6,9	9,4	11,0	13,1	16,3	18,1	16,8	16,6	13,2	8,8	6,2
Madrid	4,9	6,5	10,0	13,0	15,7	20,6	24,2	23,6	19,8	14,0	8,9	5,6
Málaga	12,5	12,9	15,0	16,3	19,3	22,8	25,2	25,6	23,5	19,7	15,8	13,3
Murcia	10,7	11,6	14,2	16,0	19,5	23,4	26,0	26,3	23,8	18,9	14,4	11,6
Navarra	4,6	5,4	9,0	11,1	14,4	17,8	20,2	19,7	18,3	13,4	8,2	5,5
Orense	6,6	7,2	10,7	12,6	16,1	19,1	21,8	21,2	18,7	13,9	9,5	7,3
Palencia	3,3	4,6	8,2	10,5	13,5	18,1	21,0	20,8	17,6	12,2	7,2	3,9
Oviedo	9,3	9,4	11,3	12,3	14,1	17,0	19,6	19,5	18,1	15,1	12,0	10,1
Las Palmas	18,3	19,6	19,1	19,6	20,3	21,4	23,8	23,6	25,9	23,3	22,1	19,9
Pontevedra	9,2	10,1	12,3	14,2	15,6	18,1	20,2	20,5	18,2	14,9	11,9	9,5
Salamanca	3,7	4,9	8,1	10,5	13,7	18,4	21,5	21,2	18,1	11,9	7,4	4,2
S.C. Tenerife	17,4	17,5	18,2	19,2	20,4	22,4	24,2	24,7	24,1	22,7	20,5	18,4
Santander	9,3	9,2	11,5	12,3	14,2	16,9	18,8	19,3	18,2	15,3	12,2	9,9
Segovia	2,0	4,0	7,6	10,1	13,2	18,2	21,7	21,3	17,5	11,8	6,6	3,1
Sevilla	10,5	12,3	14,6	17,2	19,9	24,8	27,9	27,8	24,8	19,8	15,0	11,4
Soria	2,3	3,5	6,6	8,9	11,9	16,5	19,6	19,5	16,4	10,9	6,2	3,1
Tarragona	8,9	10,1	11,6	13,7	16,6	20,3	22,9	23,2	21,1	17,7	13,2	10,3
Teruel	1,6	3,5	6,7	9,1	12,9	17,2	19,2	18,9	16,7	11,1	6,6	3,3
Toledo	5,9	7,4	10,6	13,4	16,9	22,1	26,1	25,3	21,2	15,2	9,9	6,4
Valencia	10,3	11,0	13,1	14,8	17,8	21,9	23,9	24,5	22,4	18,3	14,4	11,1
Valladolid	3,3	5,1	8,6	11,0	14,1	18,5	21,3	20,4	17,8	12,9	7,7	4,4
Vizcaya	7,5	11,4	10,8	11,5	13,7	16,2	18,4	19,3	18,3	15,8	11,9	12,2
Zamora	3,8	5,3	8,6	11,2	14,2	18,6	21,6	21,2	18,0	12,8	7,5	4,3
Zaragoza	6,1	7,6	11,3	13,7	17,0	21,2	23,1	23,7	20,6	15,4	10,2	6,7

Tabla A1.3

	GRADOS DÍA EN BASE DE 15 °C								Grados-día acumulados
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Octubre	Noviem.	Diciem.	
Albacete	323	247	199	105	0	25	189	292	1.380
Alicante	118	84	53	0	0	0	0	84	339
Almería	75	56	22	0	0	0	0	56	209
Ávila	391	331	301	219	93	143	282	269	2.029
Badajoz	214	152	93	18	0	0	96	190	763
Barcelona	205	132	97	33	0	0	54	137	658
Bilbao	199	163	137	84	0	0	93	146	822
Burgos	385	320	283	210	90	134	273	357	2.052
Cáceres	255	185	146	57	0	0	132	230	1.005
Cádiz	90	48	25	0	0	0	0	66	229
Castellón	140	107	69	9	0	0	27	103	452
Ciudad Real	310	238	190	99	0	13	182	283	1.315
Córdoba	199	126	81	9	0	0	72	177	664
Cuenca	366	299	252	177	38	93	243	363	1.831
Gerona	239	177	134	66	0	0	111	214	941
Granada	258	196	155	69	0	0	132	233	1.043
Guadalajara	320	250	208	132	0	50	207	304	1.471
Huelva	137	87	47	0	0	0	21	112	404
Huesca	320	244	190	99	0	19	186	295	1.353
Jaén	217	166	124	39	0	0	93	193	832
La Coruña	171	143	140	99	31	10	99	137	830
León	403	334	298	204	81	165	291	369	2.145
Lérida	335	210	115	36	0	0	183	358	1.237
Logroño	317	241	196	129	0	47	195	283	1.408
Lugo	329	264	264	204	75	105	228	295	1.764
Madrid	317	247	193	102	0	44	204	301	1.408
Málaga	84	62	38	0	0	0	0	66	250
Murcia	149	93	44	0	0	0	27	121	434
Orense	245	168	137	57	0	0	141	221	969
Oviedo	245	194	180	138	47	38	153	208	1.203
Palencia	363	283	242	171	38	90	252	345	1.784
P.de Mallorca	155	126	87	24	0	0	24	112	528
Pamplona	326	266	217	147	25	59	204	292	1.536
Pontevedra	202	157	137	81	4	16	120	177	894
Salamanca	351	280	233	144	13	81	240	323	1.665
Santander	159	132	124	90	0	0	84	137	726
San Sebastián	308	180	143	99	7	0	111	168	1.016
Segovia	369	300	261	177	53	103	258	348	1.869
Sevilla	152	96	38	0	0	0	27	128	441
Soria	382	320	283	198	75	97	270	357	1.982
Tarragona	171	97	42	0	0	60	140	625	1.135
Teruel	369	303	258	165	41	87	240	341	1.804
Toledo	286	208	169	69	0	0	165	264	1.161
Valencia	155	118	75	6	0	0	42	121	517
Valladolid	360	278	233	150	22	93	240	335	1.711
Vitoria	314	255	227	168	56	62	222	298	1.602
Zamora	335	261	199	132	7	59	333	289	1.615
Zaragoza	292	210	152	75	0	7	162	255	1.153

Tabla A1.4

- En esta Gráfica pueden verse las pérdidas de carga que ofrecen las tuberías de cobre en función del diámetro y del caudal. Esta gráfica procede del Manual de Instalaciones Solares Térmicas editado por SODEAN, S. A. para la Junta de Andalucía. Se trata de una adaptación del correspondiente manual alemán (Asociación Alemana de Energía Solar, DGS LV Berlín-Brb).



Gráfica A1.5

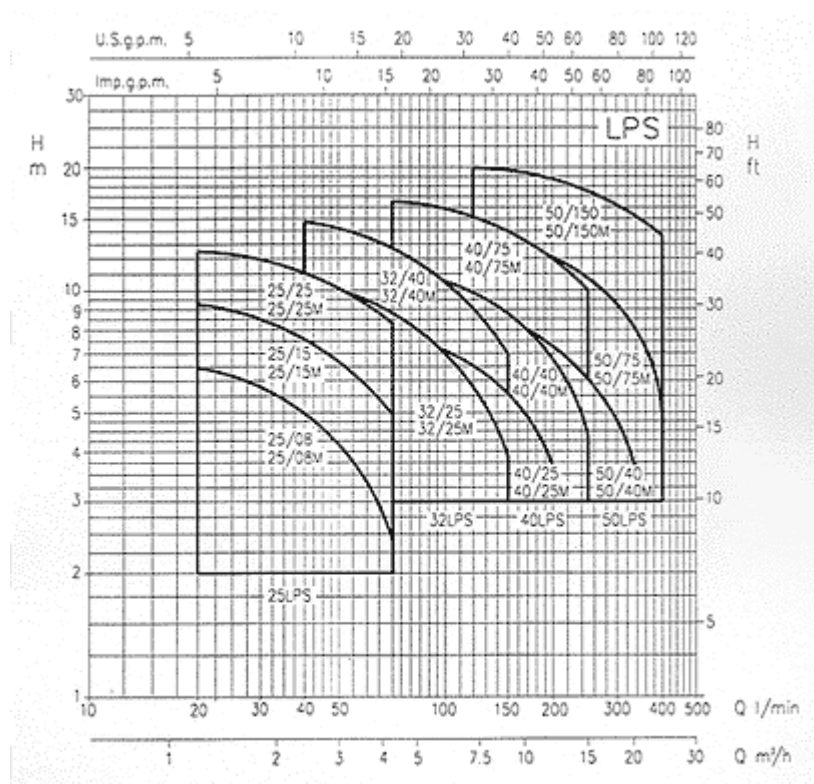
- Pérdidas por rozamiento en accesorios y válvulas (longitud equivalente en metros de tubería). Tabla procedente del Manual de Instalaciones Solares Térmicas editado por SODEAN, S. A. para la Junta de Andalucía.

Diámetro	Válv. Retención	Codo 90°	T	Válv. Esfera
12 x 1	1,2	0,37	0,53	0,15
15 x 1	1,5	0,42	0,6	0,18
18 x 1	1,8	0,48	0,67	0,21
22 x 1	2,4	0,61	0,9	0,27
28 x 1	3,6	0,79	1,1	0,3
35 x 1,5	4,2	1,0	1,52	0,46
42 x 1,5	4,8	1,2	1,75	0,54
54 x 2	6,1	1,5	2,2	0,7

Tabla A1.6

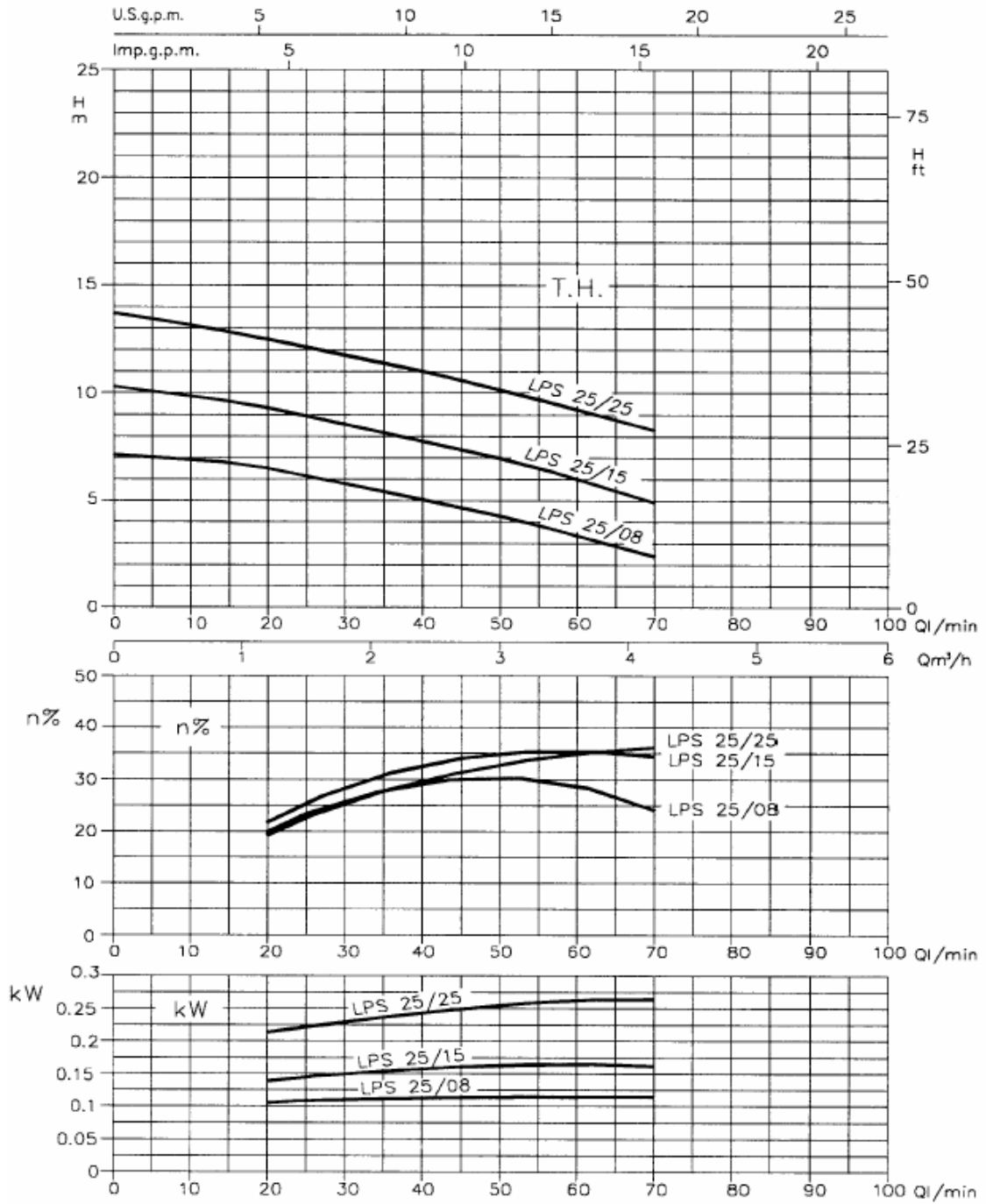
- Tablas procedentes del Catálogo de Bombas *Ebara*.

Curva inicial. Bombas tipo LPS.



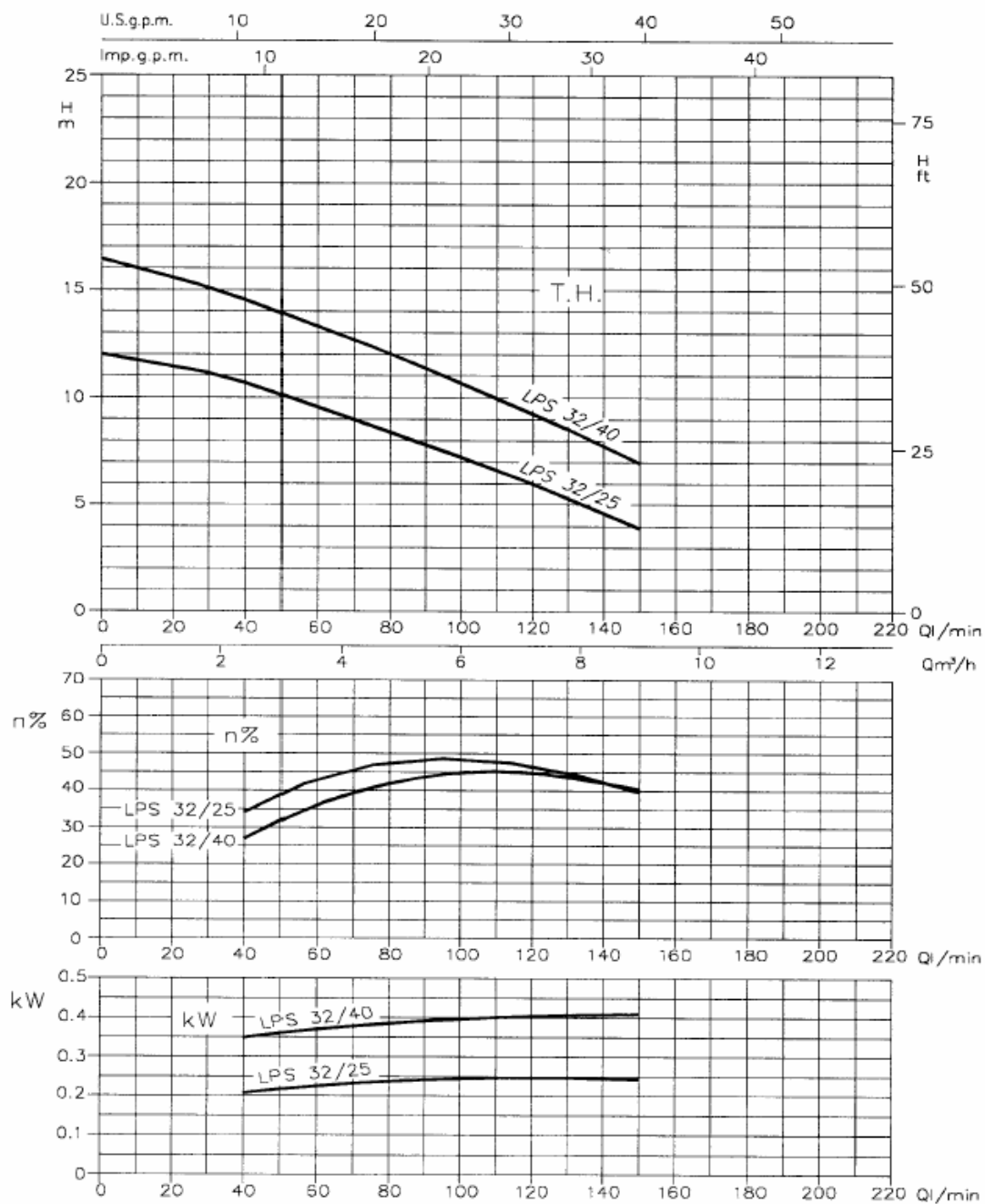
Gráfica A1.7

Curvas Bombas LPS 25



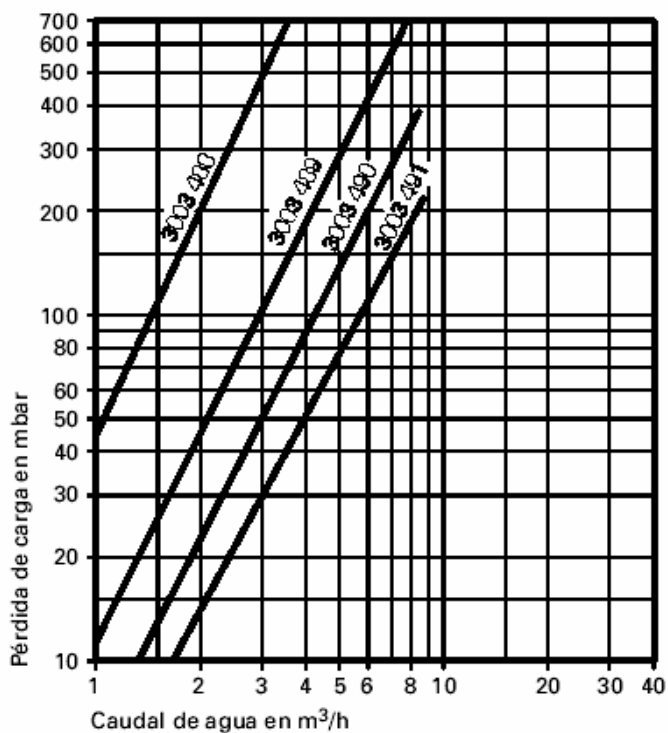
Gráficas A1.8

Curvas Bombas LPS 32



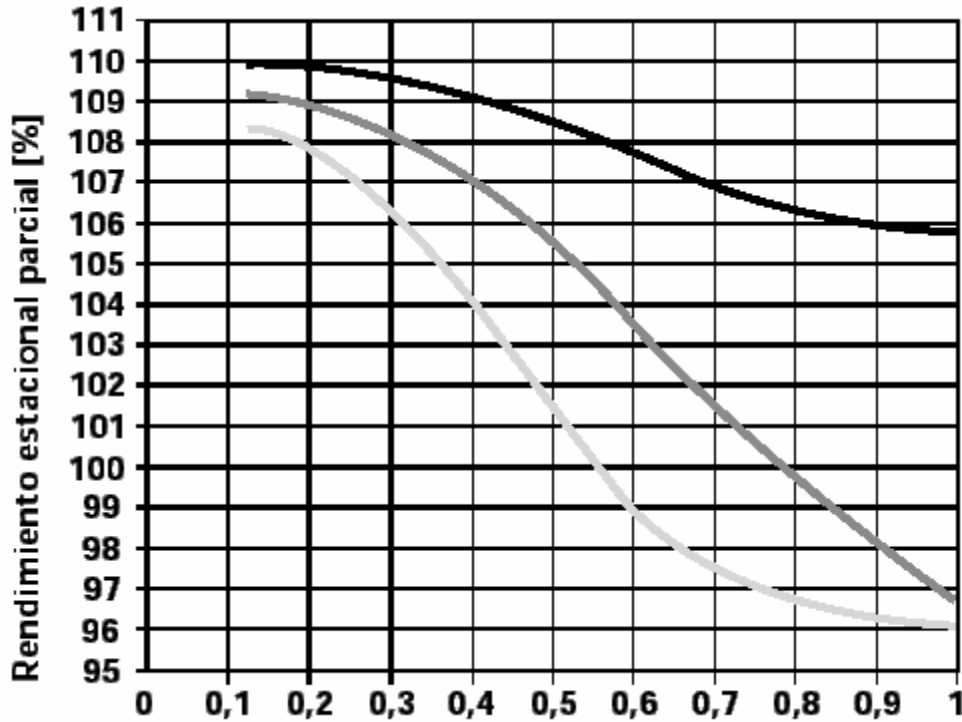
Gráficas A1.9

- La siguiente gráfica está sacada del catálogo de Viessmann y representa la pérdida de carga producida en el intercambiador de placas en función del caudal.

Pérdida de carga**Nº pedido de 3003 488 a 3003 491****del circuito primario y secundario**

Gráfica A1.10

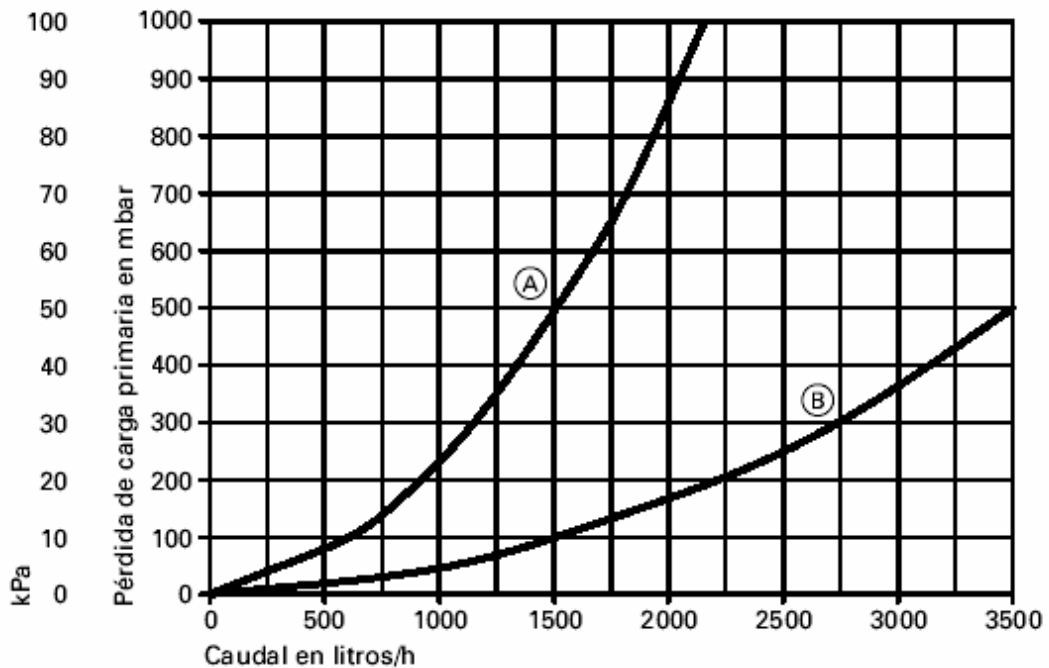
- En la gráfica siguiente se muestra la curva característica de los rendimientos estacionales con diversas temperaturas en el sistema de calefacción.



Gráfica A1.11

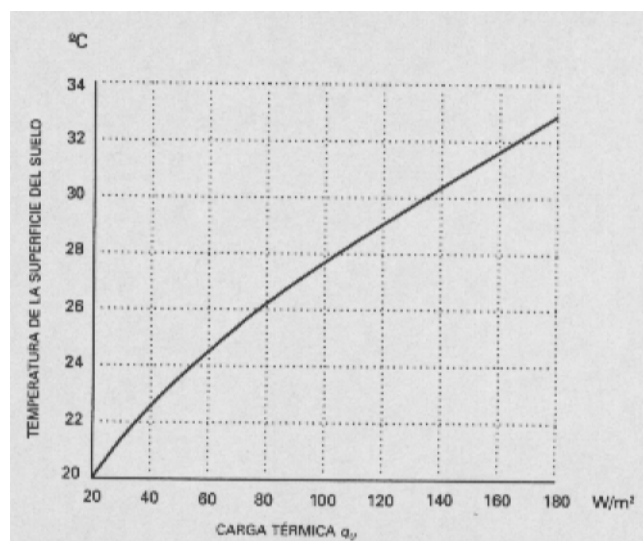
En el eje de abcisas se representa el porcentaje de plena carga con el que trabaja la caldera. Cada curva representa diferentes sistemas de calefacción, así, la curva superior (la más oscura) representa un sistema de calefacción donde la temperatura de ida del agua de calefacción es de 40 °C y la temperatura de retorno de 30 °C. La curva central (de tonalidad más gris) hace referencia a un sistema de calefacción donde la temperatura de ida del agua es de 75 °C y la de retorno de 60 °C. Por último, la curva más baja (con la tonalidad más clara) se corresponde con un sistema de calefacción que emplea una temperatura de ida del agua de 90 °C y una de retorno de 70 °C.

- En la gráfica A1.12 se muestra la pérdida de carga en función del caudal. La curva A es para Vitodens 300 hasta 35 Kw y la curva B, que es la que nosotros tomaremos en cuenta, para Vitodens 300 a partir de 35 Kw.



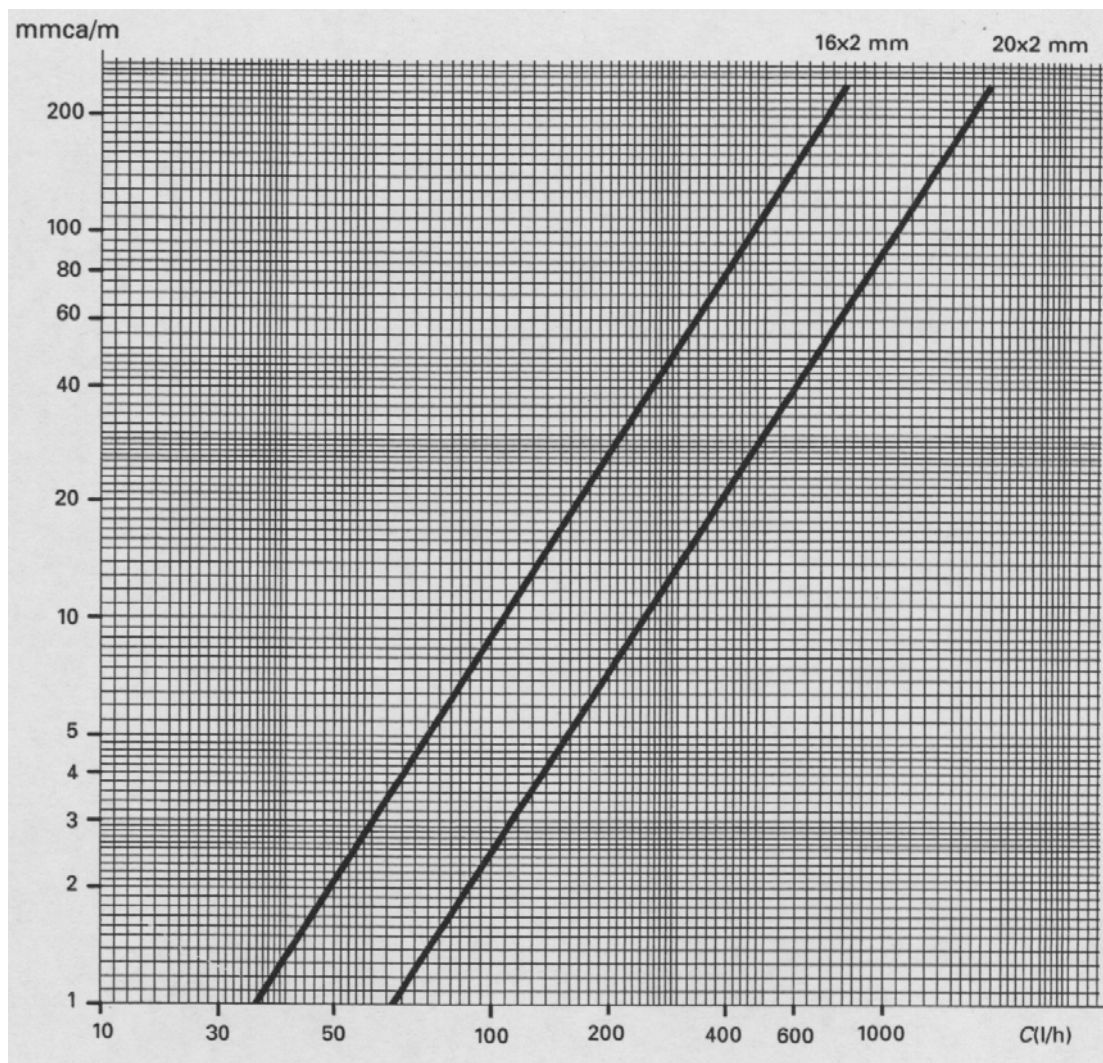
Gráfica A1.12

- La siguiente gráfica relaciona la temperatura de la superficie del suelo en función de su emisividad térmica.



Gráfica A1.13

- En la siguiente gráfica están representadas las curvas de pérdida de carga del tubo de 12/16 y de 16/20, en milímetros de columna de agua por metro lineal de tubería en función del caudal en litros por hora que circula por ellos.



Gráfica A1.14

- Evolución de temperaturas en el captador y en el acumulador y cómo influye esta diferencia de temperaturas en la activación de la bomba de circulación del circuito primario.

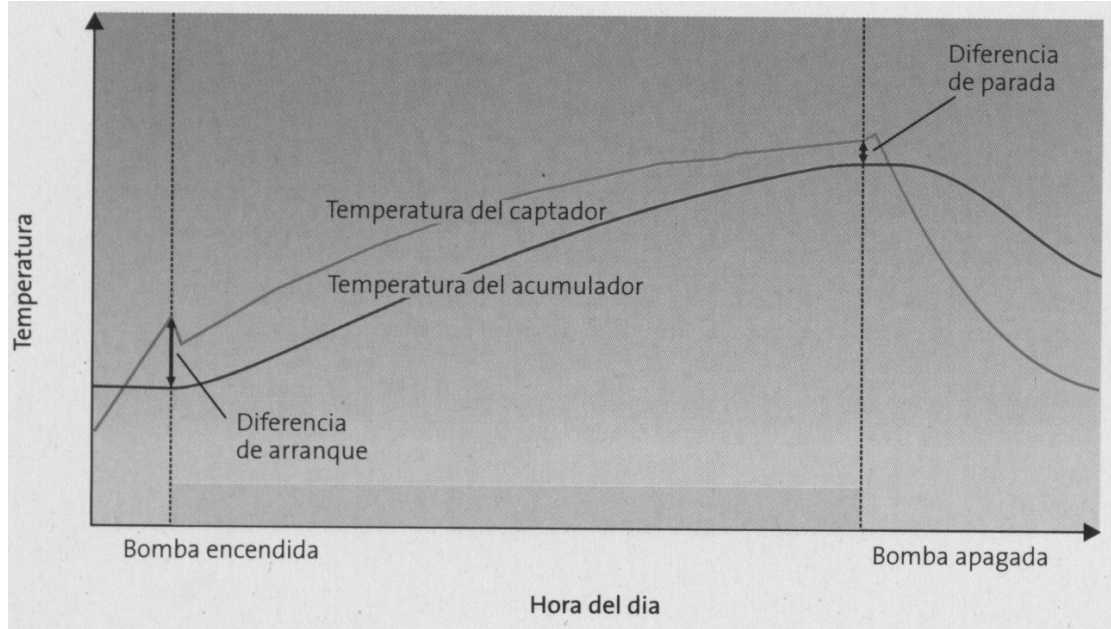


Figura A1.15

- Tabla de equivalencias entre unidades.

1	e.v	Erg	J	cal	Kj	B.T.U.	Wh	Kcal	Mj	CVh	HPH	Kwh	th	Tep
e.v.	1	$1,6 \cdot 10^{-12}$	$1,6 \cdot 10^{-19}$	$3,83 \cdot 10^{-20}$	$1,6 \cdot 10^{-22}$	$15,2 \cdot 10^{-23}$	$4,45 \cdot 10^{-23}$	$3,83 \cdot 10^{-23}$	$1,6 \cdot 10^{-25}$	$0,603 \cdot 10^{-25}$	$5,95 \cdot 10^{-26}$	$4,45 \cdot 10^{-26}$	$3,83 \cdot 10^{-26}$	$3,83 \cdot 10^{-30}$
Erg	$6,24 \cdot 10^{11}$	1	10^{-7}	$2,389 \cdot 10^{-8}$	10^{-10}	$9,48 \cdot 10^{-11}$	$2,778 \cdot 10^{-11}$	$2,389 \cdot 10^{-10}$	10^{-13}	$0,377 \cdot 10^{-13}$	$3,72 \cdot 10^{-14}$	$2,778 \cdot 10^{-14}$	$2,389 \cdot 10^{-14}$	$2,389 \cdot 10^{-18}$
J	$6,28 \cdot 10^{18}$	10^7	1	0,2389	10^{-3}	$9,48 \cdot 10^{-4}$	$2,778 \cdot 10^{-4}$	$2,389 \cdot 10^{-4}$	10^{-6}	$0,377 \cdot 10^{-6}$	$3,722 \cdot 10^{-7}$	$2,778 \cdot 10^{-7}$	$2,389 \cdot 10^{-7}$	$2,389 \cdot 10^{-9}$
Cal	$2,61 \cdot 10^{19}$	$4,186 \cdot 10^7$	4,186	1	$4,186 \cdot 10^{-3}$	$3,969 \cdot 10^{-3}$	$1,163 \cdot 10^{-3}$	10^{-3}	$4,186 \cdot 10^{-6}$	$1,581 \cdot 10^{-6}$	$1,559 \cdot 10^{-6}$	$1,163 \cdot 10^{-6}$	10^{-6}	10^{-9}
Kj	$6,24 \cdot 10^{21}$	10^{10}	10^3	238,9	1	0,948	0,2778	0,2389	10^{-3}	$0,3774 \cdot 10^{-3}$	$3,722 \cdot 10^{-4}$	$2,778 \cdot 10^{-4}$	$2,389 \cdot 10^{-4}$	$2,389 \cdot 10^{-6}$
B.T.U.	$6,58 \cdot 10^{21}$	$1,055 \cdot 10^{10}$	1,0548	252	1,0548	1	0,293	0,252	1,0548	$3,984 \cdot 10^{-4}$	$3,929 \cdot 10^{-4}$	$2,93 \cdot 10^{-4}$	$0,252 \cdot 10^{-3}$	$0,252 \cdot 10^{-7}$
Wh	$2,25 \cdot 10^{22}$	$3,6 \cdot 10^{10}$	$3,6 \cdot 10^3$	$8,60 \cdot 10^7$	36	3,413	1	0,860	$3,6 \cdot 10^{-3}$	$13,59 \cdot 10^{-4}$	1,341	10^3	860	$8,60 \cdot 10^{-2}$
Kcal	$2,61 \cdot 10^{22}$	$4,186 \cdot 10^{10}$	$4,186 \cdot 10^3$	10^3	4,186	3,969	1,163	1	$4,186 \cdot 10^{-3}$	$1,581 \cdot 10^{-3}$	$1,559 \cdot 10^{-3}$	$1,163 \cdot 10^{-3}$	10^3	10^7
Mj	$6,24 \cdot 10^{24}$	10^{13}	10^6	$2,389 \cdot 10^5$	10^3	948	277,8	238,9	1	0,3774	0,3772	0,2778	0,2389	$2,389 \cdot 10^{-5}$
CVh	$1,66 \cdot 10^{25}$	$2,65 \cdot 10^{13}$	$2,65 \cdot 10^6$	$6,326 \cdot 10^5$	$2,65 \cdot 10^3$	2,510	736	632,6	2,65	1	0,9863	0,736	0,6326	$6,326 \cdot 10^{-5}$
HPH	$1,68 \cdot 10^{25}$	$2,684 \cdot 10^{13}$	$2,684 \cdot 10^6$	$6,413 \cdot 10^5$	$2,684 \cdot 10^3$	2,545	745,7	641,3	2,684	1,014	1	0,7457	0,6413	$6,413 \cdot 10^{-5}$
Kwh	$2,25 \cdot 10^{25}$	$3,6 \cdot 10^{13}$	$3,6 \cdot 10^6$	$8,60 \cdot 10^5$	$3,6 \cdot 10^3$	3,413	10^3	860	3,6	1,359	1,341	1	0,860	$8,60 \cdot 10^{-5}$
Th	$2,6 \cdot 10^{25}$	$4,186 \cdot 10^{13}$	$4,186 \cdot 10^6$	10^6	$4,186 \cdot 10^3$	$3,97 \cdot 10^3$	1,163	10^3	4,186	1,580	1,559	1,163	1	10^{-4}
Tep	$2,6 \cdot 10^{29}$	$4,186 \cdot 10^{17}$	$4,186 \cdot 10^{10}$	10^{10}	$4,186 \cdot 10^7$	$3,97 \cdot 10^7$	$1,163 \cdot 10^7$	10^7	$4,186 \cdot 10^4$	$1,58 \cdot 10^4$	$1,559 \cdot 10^4$	$1,163 \cdot 10^4$	10^4	1

e.v.: Electrón voltios.

Erg: Ergios.

J: Julios.

cal: Calorías.

Kj: Kilojulios.

B.T.U.: Unidades térmicas británicas.

Wh: vatios horas.

Kcal: Kilocalorías.

Mj: Megajulios.

CVh: Caballos de vapor hora.

HPH: Caballos de vapor ingleses hora.

Kwh: Kilovatios hora.

th: Termia.

Tep: Tonelada equivalente de petróleo.

Tabla A1.16

APÉNDICE II

CALEFACCIÓN POR IMPULSIÓN DE AIRE CALIENTE: GRÁFICAS Y FIGURAS DE APOYO

APÉNDICE 2 A LA MEMORIA, CORRESPONDIENTE AL CAPÍTULO 9: CALEFACCIÓN POR IMPULSIÓN DE AIRE CALIENTE.

APÉNDICE 2.1.- GRÁFICAS Y FIGURAS DE APOYO.

- En la siguiente figura se muestra una de las resistencias que se instalarían en las climatizadoras del Salón de Actos.

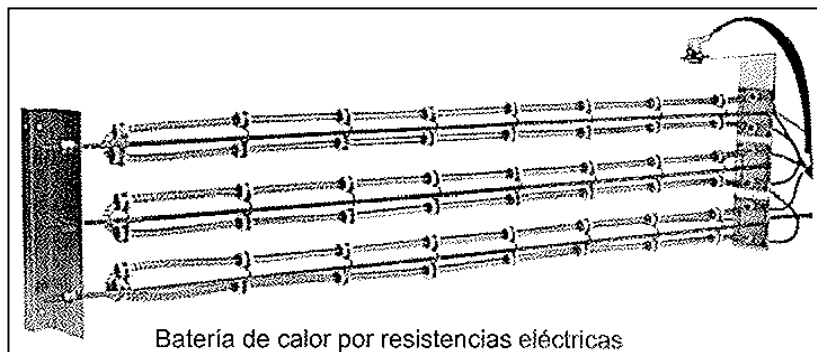


Figura A2.1

- En las siguientes figuras se muestra la situación de las resistencias eléctricas que se instalarían en el interior de las climatizadoras del Salón de Actos.

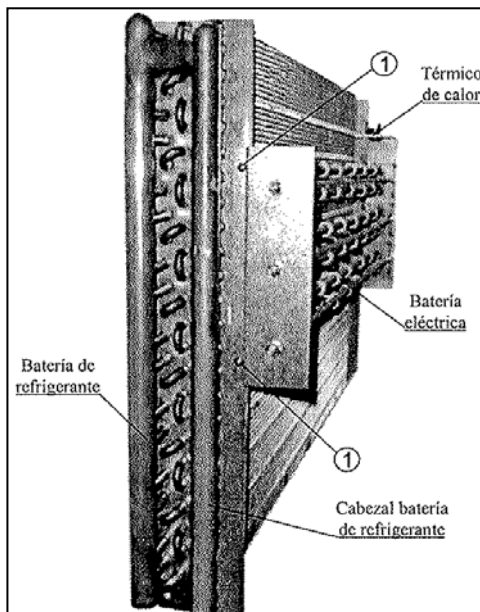


Fig. A2.2 Sujeción de Batería Eléctrica a la Batería Refrigerante.

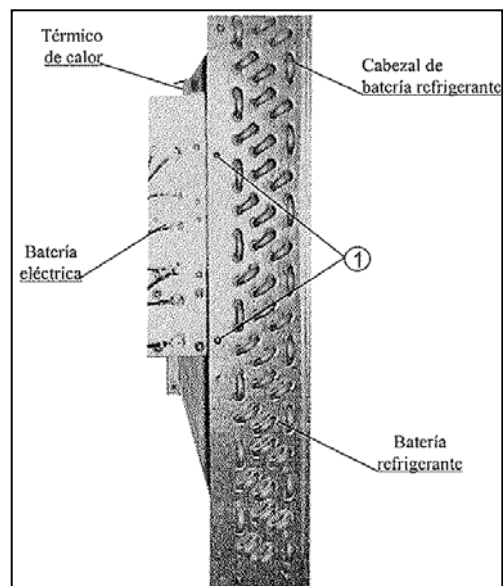


Fig. A2.3 Sujeción de Batería Eléctrica a la Batería Refrigerante.

- En las siguientes figuras se muestra un detalle del angular intermedio de sujeción, de las bridas de fijación y de los térmicos.

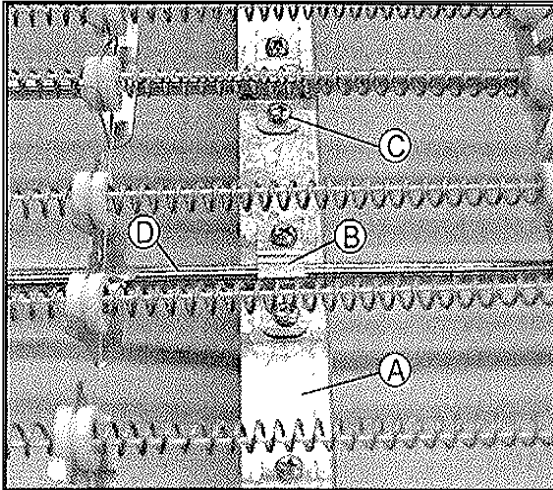


Fig. A2.4 Detalle del montaje del cabezal intermedio A, bridas B y tornillos C sobre las varillas de las resistencias D.

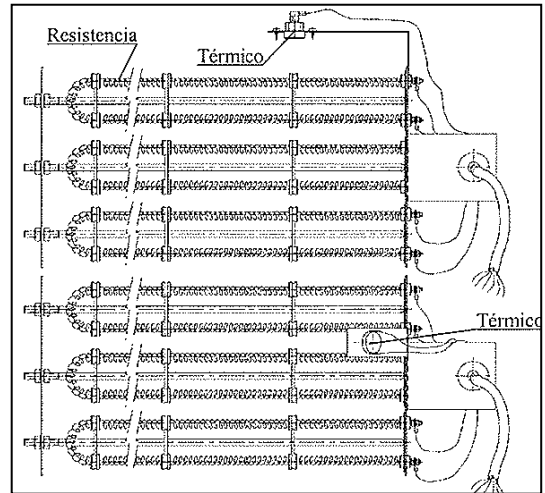


Fig. A2.5 Vista de la batería eléctrica de resistencias con los térmicos.

- En la siguiente figura se muestra un esquema de la caja eléctrica.

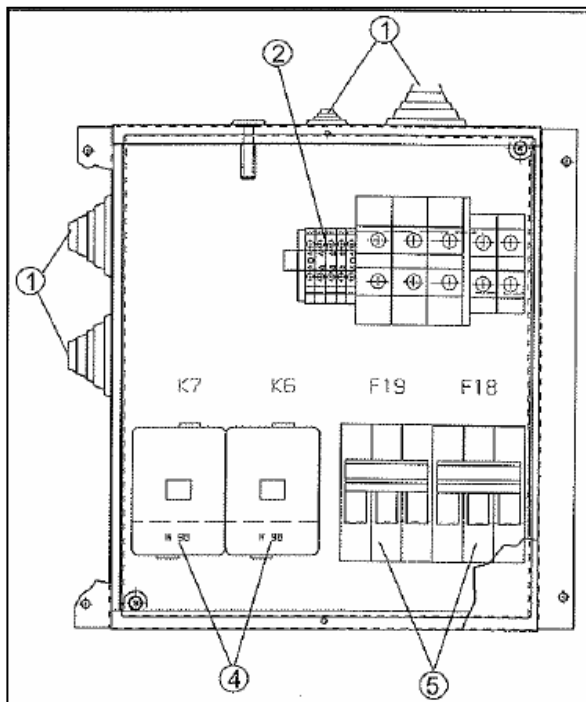


Fig. A2.6

- 1 Pasamuros de Goma.
- 2 Bornas de interconexión.
- 4 Contactores de calor.
- 5 Interruptores magnetotérmicos de calor a incorporar en montaje.

- En la siguiente figura se muestra el esquema del conexionado de fuerza de las baterías eléctricas de calor de dos etapas.

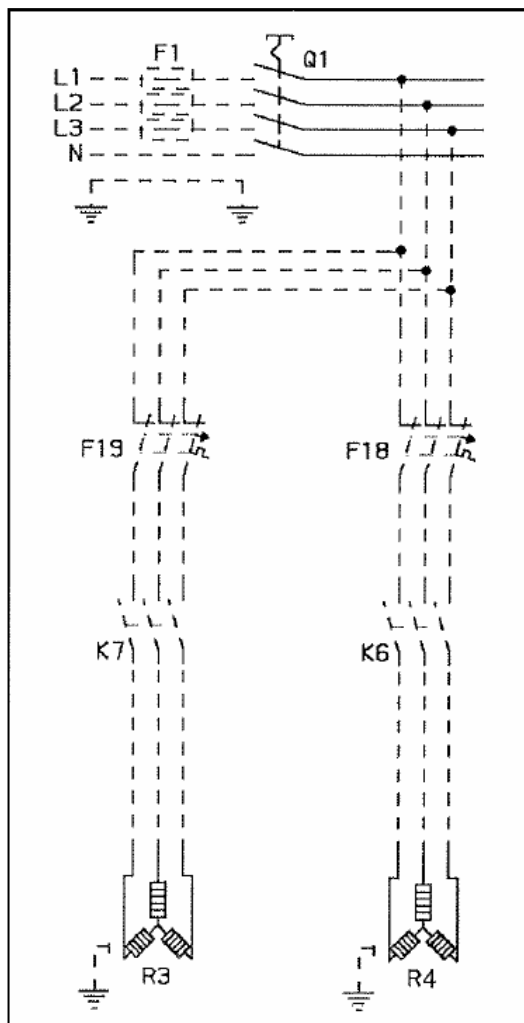


Figura A2.7

Donde:

F1 = fusibles generales (instalador).

Q1 = Interruptor general de la unidad.

F18 y F19 = Interruptores magnetotérmicos (a instalar en campo).

K6 y K7 = Contactores de calor.

R3 y R4 = Resistencias eléctricas.

- En el esquema de la figura A2.8 siguiente se puede ver el conexionado eléctrico de maniobra, donde por líneas discontinuas se identifica en cableado a realizar entre los distintos elementos (Protectores térmicos, bobinas de contactores, placa principal y de ampliación, borna, relés, etc).

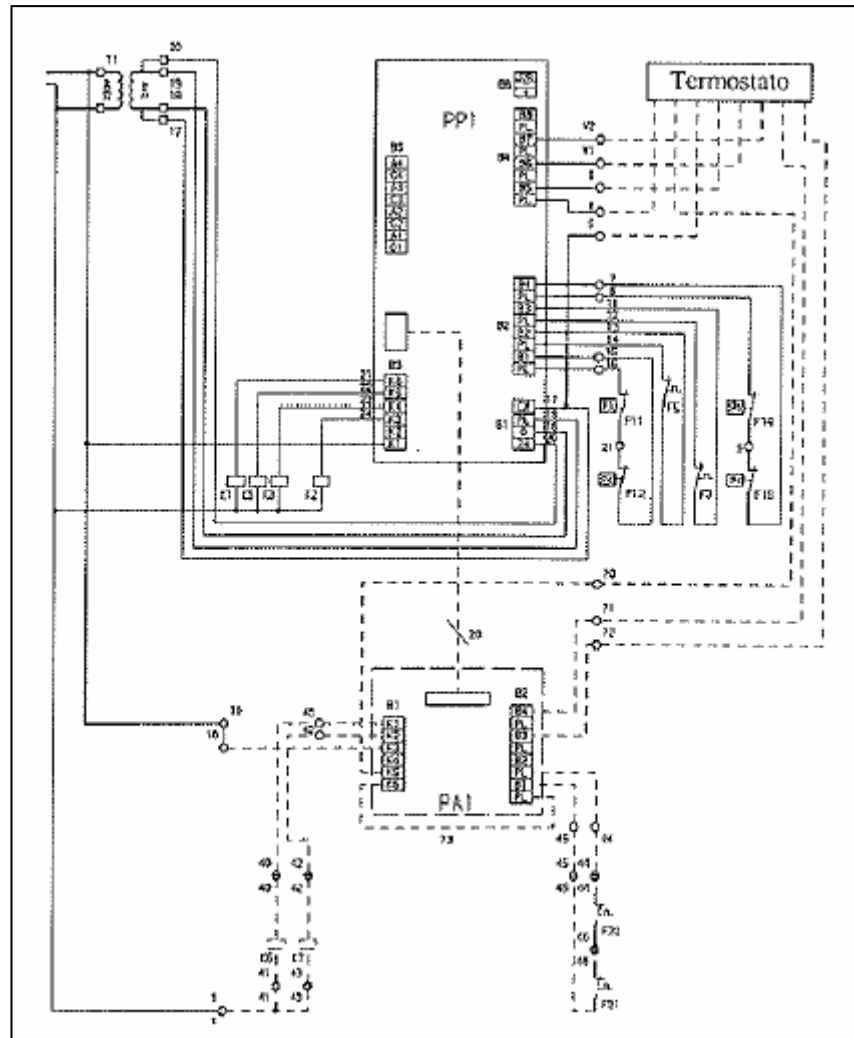
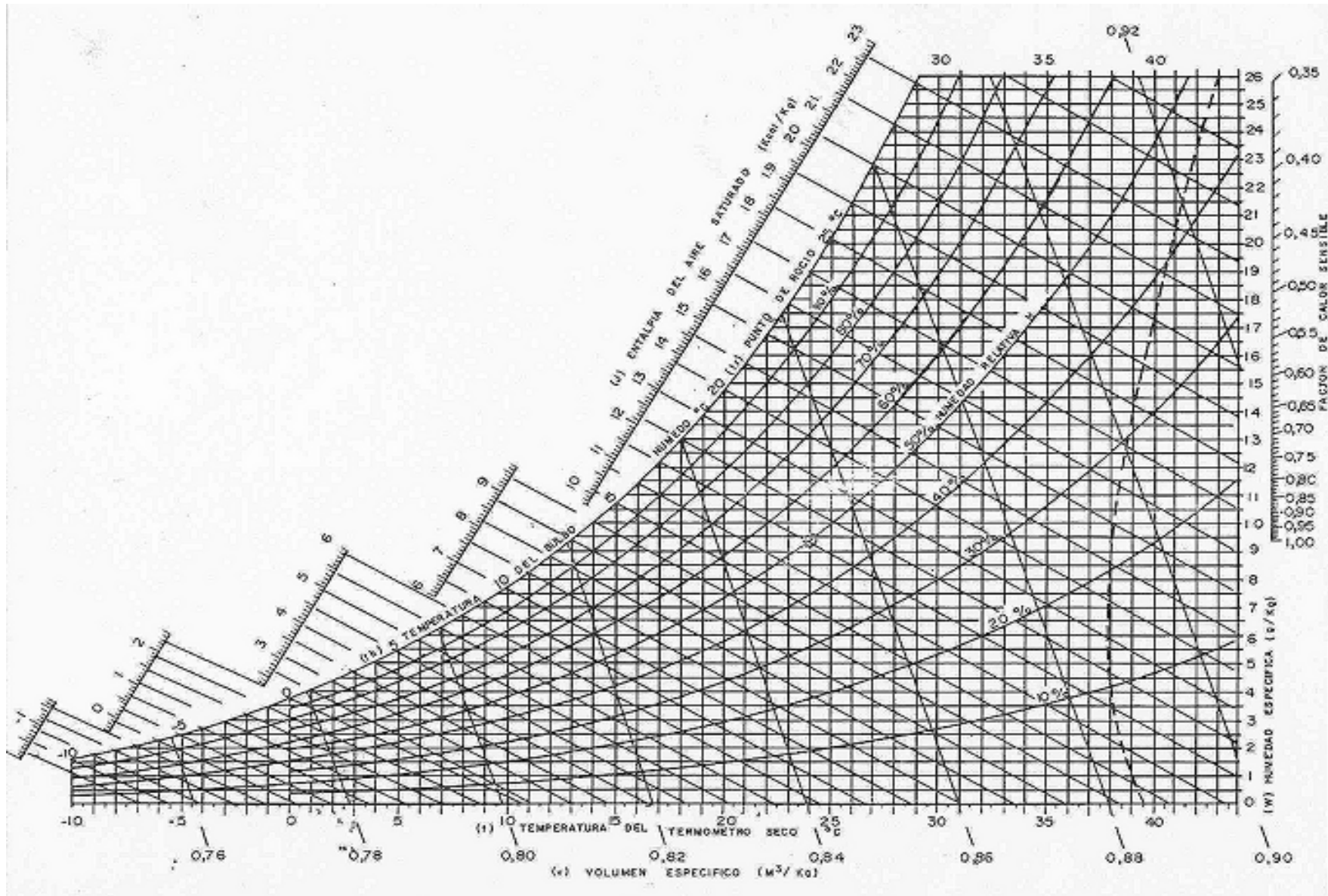


Figura A2.8

- En la siguiente figura podemos ver el diagrama psicrométrico. En éste, el punto marcado como "A" identifica las propiedades del aire interior del Salón de Actos. En cambio, el punto marcado como "B" representa las características del aire exterior. La mezcla de ambos da como resultado un aire con unas características intermedias a la de ambos, representado en este caso por el punto "C". Este aire con propiedades intermedias es calentado al pasar por la batería de resistencias, este calentamiento se representa por la línea que va desde "C" hasta "D".



BIBLIOGRAFÍA

Carrier Air Conditioning Company. *Manual de aire acondicionado*; Ed. Marcombo, 1970 (nueva edición 1999).

T. Calvo Villamarín, F. Galdón Trillo. *Curso de instalador de calefacción, climatización y A.C.S.*; Saunier Duval.

Interclisa/Carrier S.A.. *Ideas básicas sobre acondicionamiento de aire*; Interclisa S.A.

Germán López Lara, Bernd-Rainer Kasper, Bernhard Weyres-Borchert. *Instalaciones Solares Térmicas. Manual para uso de Instaladores, Fabricantes, Proyectistas, Ingenieros y Arquitectos, Instituciones de Enseñanza y de Investigación*; Editado por SODEAN, S. A. y DGS LV Berlin- Brb. 1ª Edición 1994.

Mario Ortega Rodríguez, Antonio Ortega Rodríguez. *Calefacción y Refrescamiento por Superficies Radiantes*; Ed. Paraninfo, 2001.

Francisco Sánchez Quintana. *Instalaciones de Calefacción por Suelo Radiante*; Ed. PROGENSA, 1989.

REVISTAS

“*Andalucía Económica*”, nº 157. Julio / Agosto 2004.

“*El instalador*”, nº 345 y 346.

CATÁLOGOS

Catálogo de la Compañía Ebara.

Catálogo de la Compañía Grundfos.

Catálogo de la Compañía Viessmann.

Catálogo de la Compañía Carrier.

SOPORTE DIGITAL

[http:// www.energuia.com](http://www.energuia.com)

[http:// www.carrier.es](http://www.carrier.es)

[http:// www.viessmann.es](http://www.viessmann.es)

[http:// www.uponorhispania.es](http://www.uponorhispania.es)

[http:// www.sodean.es](http://www.sodean.es)

[http:// www.salvadorescoda.com](http://www.salvadorescoda.com)

[http:// www.inelsacontrols.com](http://www.inelsacontrols.com)

[http:// www.esak.es](http://www.esak.es)

[http:// www.wirsbo.es](http://www.wirsbo.es)

[http:// www.oventrop.es](http://www.oventrop.es)

[http:// www.censolar.es](http://www.censolar.es)

[http:// www.sonnenkraft.com](http://www.sonnenkraft.com)

[http:// www.giacomini.com](http://www.giacomini.com)

[http:// www.lineasolar.com](http://www.lineasolar.com)

[http:// www.soliclima.com](http://www.soliclima.com)

[http:// www.blansol.es](http://www.blansol.es)

[http:// www.aplicacionesolar.com](http://www.aplicacionesolar.com)

[http:// www.caloryfrio.com](http://www.caloryfrio.com)

[http:// www.alb.es](http://www.alb.es)

PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE DEL PLIEGO DE CONDICIONES

CAPÍTULO 1.- OBJETO Y ALCANCE DEL PROYECTO, ÁMBITO DE APLICACIÓN Y NORMATIVA APLICABLE.

CAPÍTULO 2.- PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES.

2.1.- PLIEGO GENERAL DE CONDICIONES TÉCNICAS.

- 2.1.1.- Obligaciones y derechos del contratista.
- 2.1.2.- Facultades de la Dirección de obra.
- 2.1.3.- Libro de órdenes.
- 2.1.4.- Replanteo.
- 2.1.5.- Planificación.
- 2.1.6.- Controles de calidad , ensayos y pruebas.
- 2.1.7.- Trabajos y materiales defectuosos.
- 2.1.8.- Cambios por causa de fuerza mayor.
- 2.1.9.- Partidas alzadas.
- 2.1.10.- Recepción provisional.
- 2.1.11.- Plazo de garantía.
- 2.1.12.- Recepción definitiva.

2.2.- PLIEGO GENERAL DE CONDICIONES ECONÓMICAS.

- 2.2.1.- Fianzas. Trabajos a cargo de la fianza y devolución de la misma.
- 2.2.2.- Multas y premios.
- 2.2.3.- Composición de los precios unitarios de ejecución material y de contrata.
- 2.2.4.- Composición de los precios contradictorios.
- 2.2.5.- Mejoras y modificaciones de la instalación.

- 2.2.6.- Revisión de precios.
- 2.2.7.- Valoraciones, medición y abono de las certificaciones.
- 2.2.8.- Plazos.
- 2.2.9.- Seguros y conservación de la instalación.

2.3.- PLIEGO GENERAL DE CONDICIONES LEGALES.

- 2.3.1.- Tipo de contrato.
- 2.3.2.- Condiciones legales que debe reunir el contratista para poder ofertar.
- 2.3.3.- Concurso y adjudicación.
- 2.3.4.- Arbitraje y jurisdicción.
- 2.3.5.- Responsabilidades del contratista.
- 2.3.6.- Subcontratas.
- 2.3.7.- Impuestos.
- 2.3.8.- Seguridad y salud; accidentes de trabajo.
- 2.3.9.- Causas de rescisión de contrato.

CAPÍTULO 3.- PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES.

3.1.- GENERALIDADES.

- 3.1.1.- Condiciones de montaje y ejecución.
 - 3.1.1.1.- Generalidades.
 - 3.1.1.2.- Particularidades.
- 3.1.2.- Pruebas, puesta en marcha y recepción.

3.2.- PRESCRIPCIONES TÉCNICAS CORRESPONDIENTES A TUBERÍAS.

- 3.2.1.- Generalidades.
- 3.2.2.- Tipos de tubería: materiales.
- 3.2.3.- Conexiones y uniones.
- 3.2.4.- Manguitos pasamuros.

- 3.2.5.- Pendientes.
- 3.2.6.- Purgas de aire.
- 3.2.7.- Soportes.
- 3.2.8.- Compensadores de dilatación.
- 3.2.9.- Pintura.

3.3.- PRESCRIPCIONES TÉCNICAS CORRESPONDIENTES A VALVULERÍA Y ACCESORIOS.

- 3.3.1.- Generalidades.
- 3.3.2.- Tipos de válvulas.
- 3.3.3.- Manómetros.
- 3.3.4.- Depósitos de expansión.

3.4.- PRESCRIPCIONES TÉCNICAS CORRESPONDIENTES AL SISTEMA DE CAPTACIÓN SOLAR.

- 3.4.1.- Generalidades.
- 3.4.2.- Características de los captadores solares.
- 3.4.3.- Clasificación y configuraciones básicas de los captadores solares.
- 3.4.4.- Características del fluido de trabajo.
- 3.4.5.- Características del depósito de acumulación.
- 3.4.6.- Características del intercambiador de calor.
- 3.4.7.- La estructura soporte.

3.5.- PRESCRIPCIONES TÉCNICAS CORRESPONDIENTES A AISLAMIENTOS.

- 3.5.1.- Generalidades.
- 3.5.2.- Materiales y características.
- 3.5.3.- Colocación.
- 3.5.4.- Aislamiento de tuberías.
- 3.5.5.- Aislamiento de conductos.

3.5.6.- Aislamiento de equipos, aparatos y accesorios.

**3.6.- PRESCRIPCIONES TÉCNICAS CORRESPONDIENTES A
BOMBAS Y CALDERAS.**

3.6.1.- Bombas.

3.6.2.- Calderas.

CAPÍTULO 1

OBJETO Y ALCANCE DEL PROYECTO, ÁMBITO DE APLICACIÓN Y NORMATIVA APLICABLE

CAPÍTULO 1.- OBJETO Y ALCANCE DEL PROYECTO, ÁMBITO DE APLICACIÓN Y NORMATIVA APLICABLE.

El alcance de estas especificaciones tiene como objeto definir las calidades de los componentes de las instalaciones no suficientemente definidos por sus modelos y marcas, así como las exigencias mínimas para su aplicación y correcto montaje.

El cómputo de estas especificaciones comprende el suministro de materiales, equipos, transporte, dirección, mano de obra y otros objetos que no se mencionan pero que sea preciso fabricar, instalar, o aplicar en los trabajos de las instalaciones mecánicas y que se presupuestan.

Las condiciones generales de índole técnica, económica y legal se incluyen a continuación y forman parte también de estas especificaciones.

Se excluyen de estas especificaciones todas las obras de albañilería, tales como bancadas, apertura y cierre de rozas, pasos de muros y forjados y ayudas en general, salvo las contempladas en los sucesivos apartados.

Las ofertas estarán en estricto acuerdo con este Pliego de Condiciones y con las especificaciones de marcas, modelos y características indicadas en la Memoria o en el Presupuesto, si bien la Dirección Facultativa podrá admitir cualquier otra alternativa o variante, cuando se justifique suficientemente la razón por la cual se realiza, y siempre con su consentimiento previo.

La oferta incluirá además del importe total los precios unitarios que corresponden a los distintos capítulos del Presupuesto.

Estas especificaciones cubren cuanto se indique en Planos o en Memoria, aunque no se encuentre explícitamente indicado en este documento.

A su vez pretende aclarar que el espíritu de la instalación solicitada contempla no solamente el logro de las instalaciones de confort fijadas en las

condiciones de proyecto, sino también el cumplimiento con cuantas Normas y Reglamentos vigentes afecten a las instalaciones objeto del mismo.

Los ofertantes se responsabilizarán por entero del buen funcionamiento de las instalaciones, o en el caso de no estar de acuerdo con el Proyecto en alguna de sus partes, deberán indicarlo en su oferta presentando una oferta complementaria, justificando sus razones técnicas con los oportunos cálculos y planos de detalle que avalen las modificaciones.

Para la redacción del Proyecto y posterior ejecución de las instalaciones deberán tenerse en cuenta las siguientes Normas y Reglamentos vigentes:

- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) del Real Decreto 1751/1998, de 31 de julio, y las Instrucciones Técnicas Complementarias (ITE) que lo desarrollan, así como con su modificación establecida en el Real Decreto 1218/2002, de 22 de noviembre.

- Reglamento de instalaciones de Calefacción, Climatización y Agua Caliente Sanitaria. Real Decreto 1618/1980.

- Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE), que traducen operativamente los conceptos generales contenidos en las Normas Básicas de la Edificación (NBE).

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, aprobado a través del Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto.

- Reglamento de Aparatos a Presión, aprobado por el RD 1244/1979.

- Norma Básica NBE-CPI 96, sobre las Condiciones de Protección contra Incendios en los edificios.

- Norma Básica NBE-CT 79, sobre Condiciones Térmicas de los edificios.

- Real Decreto 909/2001, de 27 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis. (BOE 28/07/01).

- Relación de Normas UNE aplicables a las instalaciones proyectadas.

CAPÍTULO 2

PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

CAPÍTULO 2.- PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES.

2.1.- PLIEGO GENERAL DE CONDICIONES TÉCNICAS.

2.1.1.- Obligaciones y Derechos del Contratista.

El Contratista tiene la obligación de ejecutar esmeradamente, todas las instalaciones y cumplir estrictamente las condiciones estipuladas y cuantas órdenes verbales o escritas la sean dadas por la Dirección Facultativa.

El Contratista deberá obtener, a su costa, todos los permisos o licencias necesarias para la ejecución de las obras, con excepción de las correspondientes a las expropiaciones, servidumbres y servicios definidos en el Contrato.

Si, a juicio de la Dirección Facultativa, hubiese alguna parte de la instalación mal ejecutada, tendrá la obligación el Contratista de desmontarla y ejecutarla cuantas veces sea necesaria hasta que merezca la aprobación de la Dirección Facultativa, no dándole derecho estos aumentos de trabajo a percibir indemnización de ningún género, aunque las malas condiciones de éstas se hubieran notado después de la recepción provisional.

En la ejecución de las instalaciones que hayan contratado, el Contratista será el único responsable, no teniendo derecho a indemnización alguna por el mayor precio a que pudiera costarle, ni por las erradas maniobras que cometiesen durante el montaje, siendo de su cuenta y riesgo e independientemente de la inspección de la Dirección Facultativa.

Asimismo, será responsable el Contratista, ante los Tribunales, de los accidentes que, por inexperiencia o descuido, sobreviniesen, tanto en el montaje como en los elementos auxiliares de montaje, ateniéndose en un todo a las disposiciones de Policía Urbana y Leyes comunes sobre la materia. El Contratista es responsable de las condiciones de seguridad e higiene en los trabajos, estando obligado a adoptar y hacer aplicar, a su costa, las

disposiciones vigentes sobre estas materias, en las medidas que dicte la Inspección de Trabajo y demás organismos competentes, así como las normas de seguridad complementarias que correspondan a las características de las obras contratadas.

A tal efecto el Contratista debe establecer un Plan de Seguridad, Higiene y Primeros Auxilios que especifique con claridad las medidas prácticas que, para la consecución de las precedentes prescripciones, estime necesario tomar en la obra. Este plan debe precisar las formas de aplicación de las medidas complementarias que correspondan a los riesgos de la obra con el objeto de asegurar eficazmente la seguridad de su propio personal, del de la empresa y de terceros, la higiene y primeros auxilios a enfermos y accidentados y la seguridad de las instalaciones.

Es obligación del Contratista ejecutar cuanto sea necesario para la buena construcción y aspecto de las obras, aunque no se halle expresamente determinado en este Pliego, siempre que, sin separarse de su espíritu de recta interpretación, lo disponga la Dirección Facultativa.

El Contratista queda obligado a cumplir todas las órdenes de tipo social dictadas o que se dicten en cuanto tengan relación con la presente instalación.

Se supone que el Contratista ha hecho un estudio de los documentos que componen este Proyecto y por lo tanto, al no haber hecho ninguna observación sobre posibles errores o equivocaciones en el mismo, se entiende que no da lugar a discusión alguna en cuanto afecte a mediciones o precios, de tal suerte que si la instalación ejecutada con arreglo al Proyecto contiene mayor número de unidades de las previstas, no tiene derecho a reclamación alguna.

El Contratista tiene derecho a sacar copias a su costa, de los Pliegos de Condiciones, Presupuestos y dejar documentos de la Contrata. El Ingeniero Director de la obra, si el Contratista solicita éstos, autorizará las copias después de contratadas las obras.

El Contratista podrá dar a destajo o en subcontrato cualquier parte de la obra, pero con la previa autorización del Ingeniero Director de las obras, el cual está facultado para decidir la exclusión de un subcontratista, por ser el mismo incompetente o no reunir condiciones idóneas para realizar el trabajo correspondiente. Comunicada la decisión al Contratista, éste deberá tomar las medidas precisas e inmediatas para la rescisión del trabajo con el subcontratista.

2.1.2.- Facultades de la Dirección de Obra.

La interpretación técnica del Proyecto corresponde a la Dirección Facultativa, a la que el Contratista deberá obedecer en todo momento.

De todos los materiales que estime oportuno la Dirección Facultativa se presentarán muestras y con arreglo a ellas se ejecutará la instalación.

Es misión específica del Director de obra la dirección y vigilancia de los trabajos que en las obras se realicen, bien por sí o por medio de sus representantes técnicos, y ello con autoridad técnica legal, completa e indiscutible.

Toda instalación que a juicio de la Dirección Facultativa, sea defectuosa o no esté con arreglo a este Pliego, será desmontada e instalada de nuevo por el Contratista, sin que pueda servirle de excusa el que la Dirección Facultativa haya examinado la instalación durante su montaje, aunque haya sido abonada en liquidaciones parciales.

Si hubiera alguna diferencia en la interpretación de las condiciones de este Pliego, el Contratista deberá siempre aceptar la interpretación de la Dirección Facultativa.

2.1.3.- Libro de Órdenes.

El Contratista tendrá el libro de órdenes, en el que se anotarán las que el Ingeniero Director de obra precise dar en el transcurso de la misma. El cumplimiento de las órdenes expresadas en dicho libro es tan obligatorio para el Contratista como las que figuran en el Pliego de Condiciones.

2.1.4.- Replanteo.

Antes de comenzar los trabajos de montaje, la empresa instaladora deberá efectuar el replanteo de todos y cada uno de los elementos de la instalación. El replanteo deberá contar con la aprobación del director de la instalación.

2.1.5.- Planificación.

Dentro de los treinta días siguientes a la fecha en que se notifique la adjudicación definitiva al Contratista de las obras, deberá presentar el Programa de Trabajo, en el que se especificarán los plazos parciales y fecha de terminación de las clases de obra previstas ajustándose a las anualidades contractuales previstas. El programa una vez aprobado por el Director de las obras tendrá carácter de compromiso formal para el cumplimiento de los plazos en él establecidos.

2.1.6.- Controles de Calidad, Ensayos y Pruebas.

Los ensayos de suministros fabricados deberán realizarse previamente a su expedición a obra. Aquellos que la Dirección de las obras así lo disponga, deberán efectuarse bajo la inspección de un delegado de Laboratorio Homologado en la misma fábrica o Laboratorio que se designe.

Los ensayos y análisis que durante la ejecución de las obras dicte la Dirección de las mismas se ejecutarán en el Laboratorio Homologado que de acuerdo con el Contratista se designe.

La Empresa Adjudicataria aportará todos los medios humanos y materiales necesarios para efectuar tanto las pruebas parciales como finales de la instalación adjudicada. Las pruebas parciales comenzarán con una comprobación de los materiales y equipos en el momento de su recepción en obra.

Cuando el material o componente llegue a obra con certificados de origen industrial, que lleve implícito el cumplimiento de la normativa en vigor, su recepción se realizará comprobando sus características aparentes. Cuando el material o componente esté instalado, se comprobará que el montaje cumple las exigencias marcadas en la respectiva especificación (conexiones hidráulicas, fijación a la estructura del edificio, accesibilidad, etc.). Sucesivamente cada material y componente se someterá a las pruebas parciales y totales del conjunto de la instalación (estanqueidad, funcionamiento, puesta a tierra, aislamiento, ruidos, vibraciones, etc.).

2.1.7.- Trabajos y Materiales Defectuosos.

Cuando el Ingeniero Director o su representante en la obra adviertan vicios o defectos en los trabajos efectuados, o en los materiales empleados, o los aparatos colocados no reúnen las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos, o finalizados éstos y antes de verificarse la recepción definitiva de la obra, podrán disponer que las partes defectuosas sean sustituidas de acuerdo con lo contratado, y todo ello a expensas de la contrata.

No se procederá al empleo y colocación de los materiales y de los aparatos sin que antes sean examinados y aceptados por el Ingeniero Director, en los términos que prescriben los Pliegos de Condiciones, depositando al efecto el Contratista, las muestras y modelos necesarios, previamente contraseñados, para efectuar con ellos comprobaciones, ensayos o pruebas preceptuadas en el Pliego de Condiciones, vigente en la obra.

Cuando los materiales o aparatos no fueran de la calidad requerida o no estuviesen perfectamente preparados, el Ingeniero Director dará orden al Contratista para que los reemplace por otros que se ajusten a las condiciones requeridas en los Pliegos o, a falta de éstos, a las órdenes del Ingeniero Director.

2.1.8.- Cambios por Causa de Fuerza Mayor.

Cuando se produjeran daños en las obras por causa de fuerza mayor, si su prevención o minoración hubiera correspondido a las partes, la que hubiese sido negligente soportará sus consecuencias.

Si fuese por completo ajena a la actuación del Contratista el riesgo sobre la obra ejecutada será soportado por el Promotor en cuanto a las unidades de que se hubiese hecho previa medición.

Si por causa de fuerza mayor no imputable al Contratista hubiese de sufrir demora el curso de la obra, lo pondrá en conocimiento de la empresa con la prontitud posible, concretando el tiempo en que estima necesario prorrogar los plazos establecidos. La empresa deberá manifestar su conformidad o reparos a la procedencia y alcance de la prórroga propuesta en un plazo igual al que hubiese mediado entre el hecho originario y la comunicación del Contratista.

2.1.9.- Partidas Alzadas.

Las partidas alzadas consignadas en los presupuestos para obras o servicios se abonarán por su importe una vez realizados totalmente dichos trabajos.

2.1.10.- Recepción Provisional.

Para proceder a la recepción provisional de las obras será necesaria la asistencia del Propietario, del Ingeniero Director de la obra y del Contratista o su representante debidamente autorizado.

Si las obras se encuentran en buen estado y han sido ejecutadas con arreglo a las condiciones establecidas, se darán por percibidas provisionalmente y comenzando a correr en dicha fecha el plazo de garantía que se considerará de un año si en el contrato no se estipula otro de mayor duración.

Cuando las obras no se hallen en estado de ser recibidas se hará constar en el acta y se especificarán en la misma las precisas y detalladas instrucciones que el Ingeniero Director debe señalar al Contratista para remediar los defectos observados, fijando un plazo para subsanarlos, expirado el cuál, se efectuará un nuevo reconocimiento en idénticas condiciones a fin de proceder a la recepción provisional de la obra.

Después de realizar un escrupuloso reconocimiento de la obra y se estuviese conforme con las condiciones de este Pliego, se levantará un acta por duplicado, a la que acompañarán los documentos justificantes de la liquidación final. Una de las actas quedará en poder de la Propiedad y la otra se le entregará al Contratista.

Si transcurrido el plazo concedido al Contratista, no se hubieran subsanado dichos defectos, el Promotor podrá proceder a su realización, bien directamente, bien por medio de otros contratistas, con cargo al fondo de garantía, y si éste no bastase, con cargo a la fianza definitiva.

2.1.11.- Plazo de Garantía.

Una vez terminadas las obras, se efectuará la recepción provisional de las mismas, a partir de cuyo momento comenzará a contar el plazo de garantía, al final del cual se llevará a cabo la recepción definitiva.

Durante este plazo, que será de un año si en el contrato no se estipula otro de mayor duración, será de cuenta del Contratista la conservación y reparación de las obras, así como todos los desperfectos que pudiesen ocurrir en las mismas, desde la terminación de éstas, hasta que se efectúe la recepción definitiva, excepción hecha de los daños que se deriven del maltrato o uso inadecuado de las obras por parte del propietario.

Si el Contratista incumpliese lo estipulado en el párrafo anterior, el propietario podrá encargar a terceros la realización de dichos trabajos o ejecutarlos directamente por Administración, deduciendo su importe del fondo de garantía, y si no bastase, de la fianza definitiva, sin perjuicio de las acciones legales a que tenga derecho el propietario en el caso de que el monto del fondo de garantía y de la fianza no bastasen para cubrir el importe de los gastos realizados en dichos trabajos de reparación.

2.1.12.- Recepción Definitiva.

Terminado el plazo de garantía, se verificará la recepción definitiva con las mismas condiciones que la provisional, y si las obras están bien conservadas y en perfectas condiciones, el Contratista quedará relevado de toda responsabilidad económica. En caso contrario se retrasará la recepción definitiva hasta que, a juicio del Ingeniero Director de la obra, y dentro del plazo que se marque, queden las obras del modo y forma que se determinen en este Pliego.

Si el nuevo reconocimiento resultase que el Contratista no hubiese cumplido, se declarará rescindida la contrata con pérdida de la fianza, a no ser que la propiedad crea conveniente conceder un nuevo plazo.

2.2.- PLIEGO GENERAL DE CONDICIONES ECONÓMICAS.

2.2.1.- Fianzas. Trabajos a Cargo de la Fianza y Devolución de la Misma.

A la firma del contrato, el Contratista deberá constituir una fianza por un importe de hasta el 10% del Presupuesto Total de adjudicación.

La fianza se constituirá en efectivo o por Aval Bancario realizable bajo satisfacción del propietario. En el caso de que el Aval Bancario sea prestado por varios Bancos, todos ellos quedarán obligados solidariamente con el propietario y con renuncia expresa a los beneficios de división y exclusión. El modelo de Aval Bancario será facilitado por el propietario, debiendo ajustarse obligatoriamente el Contratista a dicho modelo.

La fianza tendrá carácter de irrevocable desde el momento de la firma del contrato, hasta la liquidación final de las obras y será devuelta una vez realizada ésta.

Dicha liquidación seguirá a la recepción definitiva de la obra, que tendrá lugar una vez transcurrido el plazo de garantía a partir de la fecha de la recepción provisional. Esta fianza inicial responde del cumplimiento de todas las obligaciones del Contratista, y quedará a beneficio del propietario en los casos de abandono del trabajo o de rescisión por causa imputable al Contratista.

Si el Contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para utilizar la obra en las condiciones contratadas, el Ingeniero Director, en nombre y representación del propietario, los ordenará ejecutar a un tercero, o directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones legales a que tenga derecho el propietario en el caso de que el importe de la fianza no baste para abonar el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fueran de recibo.

La fianza depositada será devuelta al Contratista en un plazo que no excederá de 8 días, una vez firmada el acta de recepción definitiva de la obra, siempre que el Contratista haya acreditado que no existe reclamación alguna contra él por los daños y perjuicios que sean de su cuenta o por deudas de los jornales o materiales, ni por indemnizaciones derivadas de accidentes ocurridos en el trabajo.

2.2.2.- Multas y Premios.

En el caso de incumplimiento de los plazos fijados por causas directamente imputables al Contratista, éste satisfará las multas que se indiquen en el Pliego de Condiciones, con cargo a las certificaciones, fondo de retenciones o fianza definitiva, sucesivamente, sin perjuicio de la responsabilidad por daños.

Si el retraso producido en el cumplimiento de los plazos ocasionara a su vez retrasos en otros contratistas, lesionando los intereses de éstos, el propietario podrá hacer repercutir sobre el Contratista las indemnizaciones a que hubiera lugar por tales perjuicios.

Cuando el propietario advierta la posibilidad de que un retraso en la ejecución de las obras o en el montaje no va a repercutir en la puesta en marcha de la instalación ni causar perjuicios a terceros, podrá acordar libremente la supresión de multas, o la ampliación de los plazos de ejecución.

En el Pliego Particular de Condiciones, el propietario podrá establecer premios en el caso de cumplimiento de los plazos parciales y total contratados y/o un sistema de primas para premiar los posibles adelantos sobre dichos plazos de terminación de obras. El propietario especificará las condiciones que deberán concurrir para que el Contratista pueda obtener dichos premios y/o primas.

El propietario podrá supeditar el pago de los premios, siempre que así lo indique expresamente, al cumplimiento estricto de los plazos, incluso en el caso de retrasos producidos por causas no imputables al Contratista o de fuerza mayor.

El Contratista no tendrá derecho a indemnización por causas de pérdidas, averías o perjuicios ocasionados en las obras, sino en los casos de fuerza mayor. Para los efectos de este artículo, se consideran como tales casos únicamente los que siguen:

- Los incendios causados por electricidad atmosférica.
- Los daños producidos por terremotos y maremotos.
- Los producidos por vientos huracanados, mares y crecida de los ríos superiores a las que sean de prever en el país, y siempre que exista constancia inequívoca de que el Contratista tomó las medidas posibles, dentro de sus medios, para evitar o atenuar daños.
- Los que provengan de movimientos del terreno en que estén construidas las obras.
- Los destrozos ocasionados violentamente, a mano armada, en tiempo de guerra, movimientos insurgentes populares o robos tumultuosos.

La indemnización se referirá exclusivamente, al abono de las unidades de obra ya ejecutadas o materiales acopiados a pie de obra; en ningún caso comprenderá medios auxiliares, maquinaria o instalaciones, etc. propiedad de la contrata.

2.2.3.- Composición de los Precios Unitarios de Ejecución Material y de Contrata.

Los precios de las distintas partidas que componen la obra a realizar incluyen los gastos de transporte, las indemnizaciones o pagos que hayan de hacerse por cualquier concepto, así como todo tipo de impuestos fiscales y cargas sociales. También se consideran incluidos los honorarios, tasas y

gravámenes que se originen con ocasión de las inspecciones, aprobación y comprobación de las instalaciones y/o las obras.

En el precio de cada partida se consideran comprendidos todos los materiales, accesorios, operaciones y ayudas necesarias para dejar la instalación terminada y en disposición de ser recibida.

2.2.4.- Composición de los Precios Contradictorios.

Si ocurriese algún caso por virtud del cual fuese necesario fijar un nuevo precio, se procederá a estudiarlo y convenirlo contradictoriamente de la siguiente forma:

El Adjudicatario formulará por escrito, bajo su firma, el precio que a su juicio, debe aplicarse a la nueva unidad.

La Dirección Técnica estudiará el que, según su criterio, deba utilizarse.

Si ambos son coincidentes se formulará por la Dirección Técnica el acta de avenencia, igual que si cualquier pequeña diferencia o error fuesen salvados por simple exposición y convicción de una de las partes, quedando así formalizado el precio contradictorio.

Si no fuera posible conciliar por simple discusión los resultados, el Director de obra propondrá a la propiedad que adopte la resolución que estime conveniente, que podrá ser aprobatoria del precio exigido por el Adjudicatario o, en otro caso, la segregación de la obra o instalación nueva, para ser ejecutada por administración o por otro adjudicatario distinto.

La fijación del precio contradictorio habrá de proceder necesariamente al comienzo de la nueva unidad, puesto que, si por cualquier motivo, ya se hubiese comenzado, el Adjudicatario estará obligado a aceptar el que

buenamente quiera fijarle el Director de obra, y a concluir la satisfacción de éste.

2.2.5.- Mejoras y Modificaciones de la Instalación.

El propietario podrá introducir en el proyecto, antes de empezar las obras o durante su ejecución, las modificaciones que sean precisas para la normal construcción de las mismas, aunque no se hayan previsto en el proyecto y siempre que no varíen las características principales de las obras.

También podrá introducir aquellas modificaciones que produzcan aumento o disminución y aún supresión de las unidades de obra marcadas en el Presupuesto, o sustitución de una clase de fábrica por otra, siempre que ésta sea de las comprendidas en el contrato.

Cuando se trata de aclarar o interpretar preceptos de los Pliegos de Condiciones o indicaciones de los Planos o dibujos, las órdenes o instrucciones se comunicarán exclusivamente por escrito al Contratista, estando obligado éste a su vez a devolver una copia suscribiendo con su firma el enterado.

Todas estas modificaciones serán obligatorias para el Contratista, y siempre que, a los precios del contrato, sin ulteriores omisiones, no alteren el Presupuesto Total de Ejecución Material contratado en más de un 35%, tanto en más como en menos, el Contratista no tendrá derecho a ninguna variación en los precios ni a indemnización de ninguna clase.

Si la cuantía total de la certificación final, correspondiente a la obra ejecutada por el Contratista, fuese a causa de las modificaciones del Proyecto, inferior al Presupuesto Total de Ejecución Material del Contrato en un porcentaje superior al 35%, el Contratista tendrá derecho a indemnizaciones.

Para fijar su cuantía, el Contratista deberá presentar al propietario en el plazo máximo de dos meses a partir de la fecha de dicha certificación final, una petición de indemnización con las justificaciones necesarias debido a los posibles aumentos de los gastos generales e insuficiente amortización de equipos e instalaciones, y en la que se valore el perjuicio que le resulte de las modificaciones introducidas en las previsiones del Proyecto. Al efectuar esta valoración el Contratista deberá tener en cuenta que el primer 35% de reducción no tendrá repercusión a estos efectos.

Si por el contrario, la cuantía de la certificación final, correspondiente a la obra ejecutada por el Contratista, fuese, a causa de las modificaciones del Proyecto, superior al Presupuesto Total de Ejecución Material del Contrato y cualquiera que fuere el porcentaje de aumento, no procederá el pago de ninguna indemnización ni revisión de precios por este concepto.

No se admitirán mejoras de obra más que en el caso de que la Dirección de la obra haya ordenado por escrito, la ejecución de trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados.

Tampoco se admitirán aumentos de obra en las unidades contratadas, salvo caso de error en las mediciones del Proyecto, o salvo que la Dirección de obra ordene también por escrito la ampliación de las contratadas. Se seguirá el mismo criterio y procedimiento, cuando se quieran introducir innovaciones que supongan una reducción apreciable en las unidades de obra contratadas.

2.2.6.- Revisión de Precios.

Contratándose las obras a riesgo y ventura, es natural por ello, que no se debe admitir la revisión de los precios contratados. No obstante y dada la variabilidad continua de los precios de los jornales y sus cargas sociales, así como la de los materiales y transportes, que es característica de determinadas épocas anormales, se admite, durante ellas, la revisión de los

precios contratados, bien en alza o en baja y en anomalía con las oscilaciones de los precios en el mercado.

Por ello y en los casos de revisión en alza, el Contratista puede solicitarla del propietario, en cuanto se produzca cualquier alteración de precio, que repercuta, aumentando los contratos. Ambas partes convendrán el nuevo precio unitario antes de comenzar o de continuar la ejecución de la unidad de obra en que intervenga el elemento cuyo precio en el mercado ha variado, y se justificará, especificándose y acordándose, también previamente, la fecha a partir de la cual se aplicará el precio revisado y elevado, para lo cual se tendrá en cuenta y cuando así proceda, el acopio de materiales de obra, en el caso de que estuviesen total o parcialmente abonados por el propietario.

Si el propietario o el Ingeniero Director, en su representación, no estuviere conforme con los nuevos precios de los materiales, transportes, etc., que el Contratista desea percibir como normales en el mercado, aquél tiene la facultad de proponer al Contratista, y éste la obligación de aceptarlos, los materiales, transportes, etc., a precios inferiores a los pedidos por el Contratista, en cuyo caso lógico y natural, se tendrán en cuenta para la revisión, los precios de los materiales, transportes, etc. adquiridos por el Contratista merced a la información del propietario.

Cuando el propietario o el Ingeniero Director, en su representación, no estuviere conforme con los nuevos precios de los materiales, transportes, etc. concertará entre las dos partes la baja a realizar en los precios unitarios vigentes en la obra, en equidad por la experimentada por cualquiera de los elementos constitutivos de la unidad de obra y la fecha en que empezarán a regir los precios revisados.

Cuando, entre los documentos aprobados por ambas partes, figurese el relativo a los precios unitarios contratados descompuestos, se seguirá un procedimiento similar al perpetuado en los casos de revisión por alza de precios.

2.2.7.- Valoraciones, Medición y Abono de las Certificaciones.

Servirán de base para la medición y posterior abono de las obras los datos de replanteo general y los replanteos parciales que haya exigido el curso de la obra, los vencimientos y demás partes ocultas de las obras, tomados durante la ejecución de los trabajos y autorizados con las firmas del Contratista y del Director de obra; la medición que se lleve a efecto de las partes descubiertas de las obras de fábrica y accesorios y, en general, los que convengan al procedimiento consignado en el Pliego Oficial.

En ningún caso podrá alegar el Contratista los usos y costumbres del país respecto de la aplicación de los precios o de la forma de medir las unidades de obra ejecutadas cuando se hallen en contradicción con las normas establecidas a estos efectos en el Pliego Particular de la obra, o en su defecto, con las establecidas en el presente Pliego de Condiciones Generales.

Las mediciones con los datos recogidos de los elementos cualitativos que caracterizan las obras ejecutadas, los acopios realizados, o los suministros efectuados, construyen comprobación de un cierto estado de hecho y se recogerán por el propietario en presencia del Contratista. La ausencia del Contratista, aún habiendo sido avisado previamente, supone su conformidad a los datos recogidos por el propietario.

En caso de presencia del Contratista las mediciones serán avaladas con la firma de ambas partes.

El Contratista no podrá dejar de firmar las mediciones. En caso de negarse a hacerlo, podrá levantarse acta notarial a su cargo. Si las firmara con reservas, dispondrá de un plazo de 10 días a partir de la fecha de redacción de las mismas para formular por escrito sus observaciones. Pasado ese plazo, las mediciones se suponen aceptadas sin reserva alguna.

En el caso de la firma con reserva, se redactará un acta en la que se hará constar los motivos de disconformidad, acta que se unirá a la correspondiente medición.

En el caso de reclamación del Contratista las mediciones se tomarán a petición propia o por iniciativa del propietario, sin que estas comprobaciones prejuzguen, en ningún caso, el reconocimiento de que las reclamaciones están bien fundamentadas.

El Contratista estará obligado a exigir a su debido tiempo la toma contradictoria de mediciones para los trabajos, prestaciones y suministros que no fueran susceptibles de comprobación o de verificaciones ulteriores, a falta de lo cual, salvo pruebas contrarias que deben proporcionar a su costa, prevalecerán las decisiones del propietario con todas sus consecuencias.

Las unidades de obra se medirán mensualmente sobre las partes realmente ejecutadas con arreglo al Proyecto, modificaciones posteriores y órdenes de la Dirección de obra, y de acuerdo al Pliego de Condiciones.

La medición de la obra realizada en un mes se llevará a cabo en los ocho primeros días siguientes a la fecha de cierre de certificaciones. Dicha fecha se determinará al comienzo de las obras.

Las valoraciones efectuadas servirán para la redacción de certificaciones mensuales al origen, de las cuales se tendrá el líquido de abono.

Corresponderá al propietario en todo caso, la redacción de las certificaciones mensuales.

Las certificaciones y abonos de las obras no suponen aprobación ni recepción de las mismas.

Las certificaciones mensuales se deben entender siempre como abonos a buena cuenta, y en consecuencia, las mediciones de unidades de obra y los precios aplicados no tienen el carácter de definitivos, pudiendo surgir modificaciones en certificaciones posteriores y definitivamente en la liquidación final.

Si el Contratista rehusase firmar una certificación mensual o lo hiciese con reservas por no estar conforme con ella, deberá exponer por escrito y en el plazo máximo de diez días, a partir de la fecha de que se le requiera para la firma, los motivos que fundamenten su reclamación e importe de la misma. El propietario considerará esta reclamación y decidirá si procede atenderla.

Los retrasos en el cobro, que pudieran producirse como consecuencia de esta dilación en los trámites de certificación, no se computarán a efectos de plazo de cobro ni de abono de intereses de demora.

Terminado el plazo de diez días señalado en el párrafo anterior, o si hubiese variado la obra en forma tal que les fuera imposible recomprobar la medición objeto de discusión, se considerará que la certificación es correcta, no admitiéndose posteriormente reclamación alguna en tal sentido.

Tanto en las certificaciones, como en la liquidación final, las obras serán en todo caso abonadas a los precios que para cada unidad de obra figuren en la oferta aceptada, o a los precios contradictorios fijados en el transcurso de la obra, de acuerdo con lo provisto en el epígrafe siguiente.

Los precios de unidades de obra, así como los de los materiales, maquinaria y mano de obra que no figuren entre los contratados, se fijarán contradictoriamente entre el Director de obra y el Contratista, o su representante expresamente autorizado a estos efectos.

Estos precios deberán ser presentados por el Contratista debidamente descompuestos.

La Dirección de obra podrá exigir para su comprobación la presentación de los documentos necesarios que justifique la descomposición del precio presentado por el Contratista.

La negociación del precio contradictorio será independiente de la ejecución de la unidad de obra de que se trate, viniendo obligado el Contratista a realizarla, una vez recibida la orden correspondiente. A falta de acuerdo se certificará provisionalmente a base de los precios establecidos por el propietario.

Cuando circunstancias especiales hagan imposible el establecer nuevos precios, o así le convenga al propietario, corresponderá exclusivamente a esta Sociedad la decisión de abonar estos trabajos en régimen de Administración, aplicando los baremos de mano de obra, materiales y maquinaria, aprobados en el contrato.

Cuando así lo admita expresamente el Pliego de Condiciones Particulares, o el propietario acceda a la petición en este sentido formulada por el Contratista, podrá certificarse a cuenta de acopios de materiales en la cuantía que determine dicho Pliego, o en su defecto la que estime oportuno la Dirección de obra.

Las cantidades abonadas a cuenta por este concepto se deducirán de la certificación de la unidad de obra correspondiente, cuando dichos materiales pasen a formar parte de la obra ejecutada.

En la liquidación final no podrán existir abonos por acopios, ya que los excesos de materiales serán siempre por cuenta del Contratista.

El abono de cantidades a cuenta en concepto de acopio de materiales no presupondrá, en ningún caso, la aceptación en cuanto a la cantidad y demás especificaciones técnicas de dicho material, cuya comprobación se realizará en el momento de su puesta en obra.

El abono de cada certificación tendrá lugar dentro de los 120 días siguientes de la fecha en que quede firmada por ambas partes la certificación y que obligatoriamente deberá figurar en la antefirma de la misma. El pago se efectuará mediante transferencia bancaria, no admitiéndose en ningún caso el giro de efectos bancarios por parte del contratista.

Si el pago de una certificación no se efectúa dentro del plazo indicado, se devengarán al Contratista, a petición escrita del mismo, intereses y demora.

Estos intereses se devengarán por el periodo transcurrido del último día del plazo tope marcado (120 días) y la fecha real del pago, siendo el tipo de interés el fijado por el Banco de España, como tipo de descuento comercial para ese periodo.

2.2.8.- Plazos.

El propietario establecerá los plazos parciales y plazo final de terminación, a los que el Contratista deberá ajustarse obligatoriamente.

Los plazos parciales corresponderán a la terminación y puesta a disposición de determinados elementos, obras o conjuntos de obras, que se considere necesario para la prosecución de otras fases de la construcción o del montaje.

Estas obras o conjunto de obras que condicionan un plazo parcial, se definirán bien por un estado de dimensiones, bien por la posibilidad de prestar en ese momento y sin restricciones, el uso, servicio o utilización que de ellas se requiere.

En consecuencia, y a efectos del cumplimiento del plazo, la terminación de la obra y su puesta a disposición, será independiente del importe de los trabajos realizados a precio de contrato, salvo que el importe

de la obra característica realizada supere como mínimo en un 10% el presupuesto asignado para esa parte de la obra.

Para valorar a estos efectos la obra realizada, no se tendrá en cuenta los aumentos del coste producidos por revisiones de precios y sí únicamente los aumentos reales del volumen de obra.

En el caso de que el importe de la obra característica realizada supere en un 10% al presupuesto para esa parte de obra, los plazos parciales y final se prorrogarán en un plazo igual al incremento porcentual que exceda de dicho 10%.

2.2.9.- Seguros y Conservación de la Instalación.

Si el Contratista, siendo su obligación, no atiende a la conservación de la instalación durante el plazo de garantía, en el caso de que la misma no haya sido utilizada por el propietario, procederá a disponer todo lo que se precise para que se atienda a la guardería, limpieza y todo lo que fuere menester para su buena conservación, abonándose todo aquello por cuenta de la contrata.

Al abandonar el Contratista la instalación, tanto por buena terminación de las obras, como en el caso de rescisión de contrato, está obligado a dejarlo en buenas condiciones y limpio en el plazo que el Ingeniero Director fije.

Después de la recepción provisional de la instalación y en el caso de que la conservación de la misma corra a cargo del Contratista, no deberá haber en ella más herramientas, útiles, materiales, muebles, etc., que los indispensables para su guardería y limpieza y para los trabajos que fuere preciso realizar.

En todo caso, utilizada o no la instalación, está obligado el Contratista a revisar y repasar la obra durante el plazo expresado, procediendo en la forma prevista en el presente Pliego de Condiciones.

El Contratista está obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución hasta la recepción definitiva; la cuantía del seguro coincidirá en todo momento, con el valor que tengan por contrata los objetos asegurados. El importe abonado por la Sociedad Aseguradora, en caso de siniestro, se ingresará a cuenta y nombre del propietario para que con cargo a ella, se abone la instalación que se construya y a medida que ésta se vaya realizando.

El reintegro de la cantidad al Contratista se efectuará por certificaciones, como el resto de los trabajos de la instalación. En ningún caso, salvo conformidad expresa del Contratista, hecha en documento público, el propietario podrá disponer de dicho importe para menesteres ajenos a los de la instalación de la parte siniestrada; la infracción de lo anteriormente expuesto será motivo suficiente para que el Contratista pueda rescindir la contrata, con devolución de la fianza, abono completo de gastos, materiales acopiados, etc. y una indemnización equivalente al importe de los daños causados al Contratista por el siniestro y que no le hubiesen abonado, pero eso en proporción equivalente a lo que suponga la indemnización abonada por la Compañía Aseguradora, respecto al importe de los daños causados por el siniestro, que serán tasados a estos efectos por el Ingeniero Director.

En las obras de reforma o reparación se fijará, previamente, la proporción de la instalación que se debe asegurar y su cuantía, y si nada se previese, se entenderá que el seguro ha de comprender toda parte de la instalación afectada por la obra.

Los riesgos asegurados y las condiciones que figuran en la póliza de seguros, los pondrá el Contratista antes de contratarlos en conocimiento del propietario, al objeto de recabar de éste su previa conformidad o reparos.

2.3.- PLIEGO GENERAL DE CONDICIONES LEGALES.

2.3.1.- Tipo de Contrato.

El Contratista, dentro de los treinta días siguientes a la comunicación de la adjudicación y a simple requerimiento de la EMPRESA, depositará la fianza definitiva y formalizará el contrato en el lugar y fecha que se le notifique oficialmente.

El contrato tendrá carácter de documento privado, pudiendo ser elevado a público a instancias de una de las partes, siendo en este caso a cuenta del Contratista los gastos que ello origine.

Una vez depositada la fianza definitiva y firmando el contrato, el propietario procederá, a petición del interesado, a devolver la fianza provisional, si la hubiera, que se depositó en la fase de oferta.

Cuando por causas imputables al Contratista, no se pudiera formalizar el contrato en el plazo, el propietario podrá proceder a anular la adjudicación, con incautación de la fianza provisional que se hubiera hecho en la fase de oferta.

A efectos de los plazos de ejecución de las obras, se considerará como fecha de comienzo de las mismas la que se especifique en el Pliego Particular de Condiciones y en su defecto, de la orden de comienzo de los trabajos. Esta orden se comunicará al Contratista en un plazo no superior a 90 días a partir de la fecha de la firma del contrato.

El contrato será firmado por parte del Contratista, por su representante legal o apoderado, quien deberá poder probar este extremo con la presentación del correspondiente poder acreditativo.

2.3.2.- Condiciones Legales que Debe Reunir el Contratista para Poder Ofertar.

- Capacidad para concurrir. Las personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras que se hallen en plena posesión de su capacidad jurídica y de obrar.

No obstante, serán de aplicación a las Empresas extranjeras las normas de ordenación de la industria y las que regulen las inversiones de capital extranjero, así como las que dicte el Gobierno sobre concurrencia de dichas empresas, antes de la licitación de estas obras.

- Documentación justificativa para la admisión previa:

- Documento oficial o testimonio notarial del mismo, que acredite la personalidad del solicitante.

- Documento notarial justificativo de la representación ostentada por el firmante de la propuesta, así como documento oficial acreditativo de su personalidad.

- Documento que justifique haber constituido la fianza provisional en las formas que se determinan en presente Pliego General de Condiciones.

- Carné de “Empresa con Responsabilidad”.

- Documento acreditativo de que el interesado está al corriente en el pago del impuesto industrial en su modalidad de cuota fija o de Licencia Fiscal, (o compromiso, en su caso, de su matriculación en éste, si resultase adjudicatario de las obras).

- Documento oficial acreditativo de hallarse al corriente de pago de las cuotas de la Seguridad Social y, concretamente, el de cobertura de riesgo de accidentes de trabajo.

2.3.3.- Concurso y Adjudicación.

La licitación de la obra se hará por Concurso Restringido, en el que el promotor o propietario convocará a las Empresas que estime oportuno.

Los concursantes enviarán sus ofertas por triplicado, en sobre cerrado y lacrado, según se indique en la carta de petición de ofertas, a la dirección de la empresa promotora.

No se considerarán válidas las ofertas presentadas que no cumplan los requisitos citados anteriormente, así como los indicados en la Documentación Técnica enviada.

Los Contratistas, por sí o a través de sus representantes, podrán retirar dicha documentación de las oficinas de la empresa promotora cuando ésta no les hubiese sido enviada previamente.

La empresa promotora se reserva el derecho de exigir para la retirada de la documentación un depósito, que será reintegrado en su totalidad a los Contratistas que no hubiesen resultado adjudicatarios de la obra, previa devolución de dicha documentación.

Antes de transcurrido la mitad del plazo estipulado en las bases del Concurso, los Contratistas participantes podrán solicitar por escrito a la empresa promotora las oportunas aclaraciones, en el caso de encontrar discrepancias, errores u omisiones en los Planos, Pliegos de Condiciones o en otros documentos de Concurso, o si se les presentasen dudas en cuanto a su significado.

La empresa promotora estudiará las peticiones de aclaración e información recibidas y las contestará mediante una nota que remitirá a todos los presuntos licitadores, si estimase que la aclaración solicitada es de interés general.

Si la importancia y repercusión de la consulta así lo aconsejara, la empresa promotora podrá prorrogar el plazo de presentación de ofertas, comunicándolo así a todos los interesados.

Las empresas que oferten en el Concurso, deberán presentar una fianza provisional como garantía de mantenimiento de la oferta durante el plazo establecido en cada caso. Es potestativo de la empresa promotora la sustitución de la fianza en metálico por un aval bancario.

No se considerará válida ninguna oferta que se presente fuera del plazo señalado en la carta de invitación, o anuncio respectivo, o que no conste de todos los documentos que se señalan en apartado 2.3.2 del presente Pliego.

Los concursantes se obligan a mantener la validez de sus ofertas durante un periodo mínimo de 90 días a partir de la fecha tope de recepción de ofertas, salvo que en la documentación de petición de ofertas se especifique otro plazo.

La empresa promotora procederá a la apertura de las propuestas presentadas por los licitadores y las estudiará en todos sus aspectos. El propietario tendrá alternativamente la facultad de adjudicar el Concurso a la propuesta más ventajosa, sin atender necesariamente al valor económico de la misma, o declarar desierto el concurso. En este último caso el promotor podrá libremente suspender definitivamente la licitación de las obras o abrir un nuevo concurso, pudiendo introducir las variaciones que estime oportunas, en cuanto al sistema de licitación y relación de Contratistas ofertantes.

Transcurriendo el plazo establecido desde la fecha límite de presentación de oferta, sin que la empresa promotora hubiese comunicado la resolución del concurso, podrán los licitadores que lo deseen, proceder a retirar sus ofertas, así como las fianzas depositadas como garantía de las mismas.

La elección del adjudicatario de la obra por parte de la empresa promotora es irrevocable y, en ningún caso, podrá ser impugnada por el resto de los contratistas ofertantes.

La empresa promotora comunicará al ofertante seleccionado la adjudicación de las obras, mediante una carta de intención. En el plazo máximo de un mes a partir de la fecha de esta carta, el Contratista a simple requerimiento del promotor se prestará a formalizar el contrato definitivo. En tanto no se firme éste y se constituya la fianza definitiva, la empresa promotora retendrá la fianza provisional depositada por el Contratista, a todos los efectos derivados del mantenimiento de la oferta.

2.3.4.- Arbitraje y Jurisdicción.

Para cuantas cuestiones, litigios o diferencias pudieran surgir durante o después de los trabajos, las partes se someterán a juicio de amigables componedores nombrados en número igual por ellas y presidido por el Ingeniero Director de la obra y en último término, a los Tribunales de Justicia del lugar en que radique la propiedad, con expresa renuncia del fuero domiciliario.

El Contratista es responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas en el contrato y en los documentos que componen el Proyecto.

El Contratista se obliga a lo establecido en la Ley de Contratos de Trabajo y además a lo dispuesto por la de accidentes de trabajo, subsidio familiar y seguros sociales.

2.3.5.- Responsabilidades del Contratista.

La Empresa Adjudicataria deberá suscribir una póliza de seguros de cuantía suficiente sobre los materiales y componentes que se instalarán, así como cubrir los riesgos de daños a terceros, por cualquier accidente que se produzca, y resarcir de los propios de las instalaciones y del edificio.

2.3.6.- Subcontratas.

El Contratista podrá subcontratar o destajar cualquier parte de la obra, previa autorización de la Dirección de la misma, para lo cual deberá informar con anterioridad a ésta del alcance y condiciones técnico-económicas del Subcontrato.

El Promotor, a través de la Dirección de la obra, podrá en cualquier momento requerir del Contratista la exclusión de un Subcontratista por considerar al mismo como incompetente, o que no reúne las necesarias condiciones, debiendo el Contratista tomar las medidas necesarias para la rescisión de este Subcontrato, sin que por ello pueda presentar reclamación alguna a la empresa promotora.

En ningún caso podrá deducirse relación contractual alguna entre los Subcontratistas o destajistas y el Promotor, como consecuencia de la ejecución por aquéllos de trabajos parciales correspondientes al contrato principal, siendo siempre responsable el Contratista ante la empresa promotora de todas las actividades del Subcontratista y de las obligaciones derivadas del cumplimiento de las condiciones expresadas en este Pliego.

Los trabajos específicos que requieran una determinada especialización y que no estuviesen incluidos en el Presupuesto del Contrato, bien porque aún estando previstos en la Memoria y/o Planos de Concurso, no se hubiese solicitado para ellos oferta económica, bien porque su necesidad surgiese a posteriori durante la ejecución del contrato, podrán ser adjudicados por el Promotor directamente a la empresa que libremente

elija, debiendo el Contratista prestar las ayudas necesarias para la realización de los mismos.

2.3.7.- Impuestos.

Todos los impuestos de cualquier orden, que por disposición del Estado, Provincia o Municipio se deriven del contrato, y estén vigentes en la fecha de la firma del mismo, serán por cuenta del Contratista con excepción del IVA.

Las modificaciones tributarias establecidas con posterioridad al contrato afectarán al sujeto pasivo directo, sin que las partes puedan repercutirlas entre sí. En ningún caso podrá ser la causa de revisión de precios la modificación del sistema tributario vigente a la firma del contrato.

2.3.8.- Seguridad y Salud; Accidentes de Trabajo.

La Empresa Adjudicataria, conocedora de la normativa vigente en materia de Prevención de Riesgos Laborales para los trabajadores y operarios a su servicio, queda obligada al estricto cumplimiento de las disposiciones dictadas al respecto, siendo la responsable total de los accidentes que del incumplimiento de las mismas puedan derivarse, ya que se considera que en los precios contratados están incluidos todos los gastos precisos para cumplimentar debidamente dichas disposiciones legales.

El Contratista está obligado a adoptar todas las medidas de seguridad que las disposiciones vigentes preceptúan para evitar, en lo posible, accidentes a los instaladores o terceras personas.

2.3.9.- Causas de Rescisión de Contrato.

Cuando a juicio de la empresa promotora el incumplimiento por parte del Contratista de alguna de las cláusulas del contrato, pudiera ocasionar graves trastornos en la realización de las obras, en el cumplimiento de los

plazos, o en su aspecto económico, la EMPRESA podrá decidir la resolución del contrato, con las penalidades a que hubiera lugar. Así mismo, podrá proceder la resolución con pérdida de fianza y garantía suplementaria si la hubiera, de producirse alguno de los supuestos siguientes:

- Cuando no se hubiese efectuado el montaje de las instalaciones y medios auxiliares o no se hubiera adoptado la maquinaria relacionada en la oferta o su equivalente en potencia o capacidad en los plazos previstos incrementados en un 25%, o si el Contratista hubiese sustituido dicha maquinaria en sus elementos principales sin la previa autorización del Promotor.

- Cuando durante un periodo de tres meses consecutivos y considerados conjuntamente, no se alcanzase un ritmo de ejecución del 50% del programa aprobado para la obra característica.

- Cuando se cumpla el plazo final de las obras y falte por ejecutar más del 20% del presupuesto de la obra. La imposición de las multas establecidas por los retrasos sobre dicho plazo, no obligará a la empresa promotora a la prórroga del mismo, siendo potestativo por su parte elegir entre la resolución o la continuidad del contrato.

Será asimismo causa suficiente para la rescisión del contrato alguno de los hechos siguientes:

- La quiebra, fallecimiento o incapacidad del Contratista. En este caso, la empresa promotora podrá optar por la resolución del contrato, o porque se subroguen en el lugar del Contratista los indicios de la quiebra o sus representantes.

- La disolución, por cualquier causa, de la sociedad, si el Contratista fuera una persona jurídica.

Procederá asimismo la rescisión, sin pérdida de fianza por el Contratista, cuando se suspenda la obra comenzada, y en todo caso, siempre que por causas ajenas al Contratista, no sea posible dar comienzo a la obra adjudicada, dentro del plazo de 3 meses, a partir de la fecha de adjudicación.

En el caso de que se incurriese en las causas de resolución del contrato conforme a las cláusulas de este Pliego General de Condiciones, o del Particular de la instalación, la empresa promotora se hará cargo de las obras en la situación en que se encuentren, sin otro requisito que el del levantamiento de un Acta Notarial o simple, si ambas partes prestan su conformidad, que refleje la situación de la obra, así como de acopios de materiales, maquinaria y medios auxiliares que el Contratista tuviese en ese momento en el emplazamiento de los trabajos. Con este acto del Promotor, el Contratista no podrá poner interdicto ni ninguna otra acción judicial, a la que renuncie expresamente.

Siempre y cuando el motivo de la rescisión sea imputable al Contratista, éste se obliga a dejar a disposición de la empresa promotora hasta la total terminación de los trabajos, la maquinaria y medios auxiliares existentes en la obra que el Promotor estime necesario, pudiendo el Contratista retirar los restantes.

La empresa promotora abonará por los medios, instalaciones y máquinas que decida deben continuar en obra, un alquiler igual al estipulado en el baremo para trabajos por administración, pero descontando los porcentajes de gastos generales y beneficio industrial del Contratista.

El Contratista se compromete como obligación subsidiaria de la cláusula anterior, a conservar la propiedad de las instalaciones, medios auxiliares y maquinaria seleccionada por la empresa promotora o reconocer como obligación preferente frente a terceros, la derivada de dicha condición.

La empresa promotora comunicará al Contratista, con treinta días de anticipación, la fecha en que desea reintegrar los elementos que venía utilizando, los cuales dejará de devengar interés alguno a partir de su devolución, o a los 30 días de notificación, si el Contratista no se hubiese hecho cargo de ellos. En todo caso, la devolución se realizará siempre a pie de obra, siendo por cuenta del Contratista los gastos de su traslado definitivo.

En los contratos rescindidos, se procederá a efectos de garantías, fianzas, etc., a efectuar las recepciones provisionales y definitivas de todos los trabajos ejecutados por el Contratista hasta la fecha de la rescisión.

CAPÍTULO 3

PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES

CAPÍTULO 3.- PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES.

3.1.- GENERALIDADES.

3.1.1.- Condiciones de Montaje y Ejecución.

3.1.1.1.- Generalidades.

La empresa que resulte adjudicataria se compromete a suministrar y montar todas las máquinas, equipos, componentes y materiales que forman la instalación de acuerdo al número, características, tipos y dimensiones especificados en el presente Pliego de Prescripciones.

Deberán estar incluidos en los trabajos a realizar, los materiales usuales omitidos, pero necesarios para el correcto funcionamiento de la instalación a realizar, tales como: oxígeno, acetileno, electrodos, pinturas, patillas, manguitos pasamuros, lubricantes, bridas, cáñamo, tornillos, tuercas, y toda clase de soportes.

Todos los materiales y equipos suministrados por la empresa que resulte adjudicataria deberán ser totalmente nuevos y de la calidad exigida en este Pliego de Prescripciones. En caso de no estar reflejados, serán siempre de primera calidad.

Los trabajos incluirán el transporte de los materiales y equipos a pie de obra; asimismo la mano de obra necesaria para el montaje de los mismos, protocolos de pruebas y pruebas de recepción, así como las debidas herramientas, utensilios e instrumentos de medida necesarios.

Será por cuenta de la Empresa Adjudicataria, la modificación parcial o total de los elementos arquitectónicos que sean necesarios, para llevar a cabo la instalación y montaje de las máquinas, equipos, componentes y materiales que componen el presente Pliego de Prescripciones.

En el precio de cada unidad de obra se consideran comprendidos todas las máquinas, equipos, componentes, materiales, accesorios, elementos arquitectónicos, ayudas de otras especialidades y operaciones necesarias para dejar la obra terminada y en disposición de ser recibida.

En estos precios se consideran igualmente incluidos los gastos de transporte, las indemnizaciones o pagos que hayan de hacerse por cualquier concepto, así como todo tipo de impuestos fiscales y cargas sociales. También se consideran incluidos los honorarios, tasas y gravámenes que se originen como ocasión de las inspecciones, aprobación y comprobación de las instalaciones del edificio, y/o de los trabajos.

La Empresa Adjudicataria a quien se encomiende la ejecución de los trabajos a que se refiere el presente documento, deberá atender en todo momento las órdenes verbales o escritas que le trasmita el representante de la Propiedad.

La Empresa Adjudicataria queda obligada a comunicar a la Propiedad, cualquier anomalía que pudiera observarse durante la marcha y ejecución de los trabajos.

La Empresa Adjudicataria queda obligada a hacer todo lo que sea necesario para la buena realización de los trabajos e instalaciones, incluso en el caso en que no esté textualmente expresado en el Presente Pliego de Prescripciones, siempre que sin separarse de las normas de una buena ejecución, le sea solicitado por el representante de la propiedad.

La Empresa Adjudicataria pondrá al frente de la dirección de los trabajos, y por su cuenta, un técnico responsable, suficientemente capacitado, que será quien vigile, sincronice y organice, de acuerdo con las órdenes recibidas, los trabajos a realizar, firmando el enterado al pie de dichas órdenes, en caso de serle transmitidas por escrito.

La Empresa que resulte Adjudicataria presentará, oportunamente, muestras de cada material y/o componente para su aprobación por el representante de la Propiedad, teniendo en cuenta que deberán ser retirados todos aquellos materiales y/o componentes que hayan sido instalados sin la mencionada aprobación previa.

A requerimiento del representante de la Propiedad, y siempre que éste lo estime necesario, serán efectuadas por cuenta de la Empresa Adjudicataria las pruebas y análisis necesarios sobre los materiales y equipos a emplear.

Cuando haya sido ejecutada cualquier obra de construcción o instalación que no se ajuste a este Pliego de Prescripciones, o que al leer y entender del representante de la Propiedad, no cumple las condiciones especificadas, éste podrá rechazarla, estando entonces obligada la Empresa Adjudicataria a volver a efectuar la obra de construcción o instalación defectuosa, cuantas veces sea necesario, sin aumento alguno del precio total presupuestado.

No podrán realizarse trabajos que den motivo a la ocultación de otros, antes de que estos hayan sido examinados y aceptados por el representante de la propiedad, pudiendo dar lugar al incumplimiento de lo aquí señalado a su demolición, todo ello por cuenta de la Empresa Adjudicataria.

3.1.1.2.- Particularidades.

- Acopio de materiales: La empresa instaladora irá almacenando en lugar establecido de antemano todos los materiales necesarios para ejecutar la obra, de forma escalonada según necesidades.

Los materiales procederán de fábrica convenientemente embalados al objeto de protegerlos contra los elementos climatológicos, golpes y malos tratos durante el transporte, así como durante su permanencia en el lugar de almacenamiento.

Cuando el transporte se realice por mar, los materiales llevarán un embalaje especial, así como las protecciones necesarias para evitar toda posibilidad de corrosión marina.

Los embalajes de componentes pesados o voluminosos dispondrán de los convenientes refuerzos de protección y elementos de enganche que faciliten las operaciones de carga y descarga, con la debida seguridad y corrección.

Externamente al embalaje y en lugar visible se colocarán etiquetas que indiquen inequívocamente el material contenido en su interior.

A la llegada a obra se comprobará que las características técnicas de todos los materiales corresponden con las especificadas en proyecto.

- Cooperación con otros contratistas: La empresa instaladora deberá cooperar plenamente con los otros contratistas, entregando toda la documentación necesaria a fin de que los trabajos transcurran sin interferencias ni retrasos.

- Protección de los materiales: Durante el almacenamiento en la obra y una vez instalados se deberán proteger todos los materiales de desperfectos y daños, así como de la humedad.

Las aberturas de conexión de todos los aparatos y equipos deberán estar convenientemente protegidos durante el transporte, almacenamiento y montaje, hasta tanto no se proceda a su unión. Las protecciones deberán tener forma y resistencia adecuada para evitar la entrada de cuerpos extraños y suciedades, así como los daños mecánicos que pueden sufrir las superficies de acoplamiento de bridas, roscas, manguitos, etc.

Si es de temer la oxidación de las superficies mencionadas, éstas deberán recubrirse con pinturas antioxidantes, grasas o aceites que deberán ser eliminados en el momento del acoplamiento.

Especial cuidado se tendrá hacia los materiales frágiles y delicados, como materiales aislantes, aparatos de control y medida, etc., que deberán quedar especialmente protegidos.

- Limpieza: La Empresa Adjudicataria realizará los servicios de limpieza, policía y conservación de las obras durante su ejecución.

Durante el montaje de la instalación, la Empresa Adjudicataria deberá retirar de la obra todos los materiales sobrantes de los trabajos realizados con anterioridad, en particular, retales de tuberías, materiales aislantes y otros.

Finalizadas las obras e instalaciones, deberá limpiar perfectamente todos los materiales y componentes instalados, así como los instrumentos de medida y control de cualquier suciedad, dejándolos en perfecto estado.

Igualmente, cualquier avería que se pueda producir en las instalaciones por motivos imputables a los materiales o a su ejecución, durante el periodo de garantía, deberá ser subsanado inmediatamente por la Empresa Adjudicataria.

- Ruidos y vibraciones: Toda instalación debe funcionar, bajo cualquier condición de carga, sin producir ruidos o vibraciones que puedan considerarse inaceptables o que rebasen los niveles máximos establecidos en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE).

Las correcciones que deban introducirse en los equipos para reducir su ruido o vibración deben adecuarse a las recomendaciones del fabricante del equipo y no deben reducir las necesidades mínimas especificadas en proyecto.

- Accesibilidad: Los elementos de medida, control, protección y maniobra se deben instalar en lugares visibles y fácilmente accesibles, sin necesidad de desmontar ninguna parte de la instalación, particularmente cuando cumpla funciones de seguridad.

Los equipos que necesiten operaciones periódicas de mantenimiento deben situarse en emplazamientos que permitan la plena accesibilidad de todas sus partes, ateniéndose a los requerimientos mínimos más exigentes entre los mandados por la reglamentación vigente y las recomendaciones del fabricante.

Para aquellos equipos dotados de válvulas, compuertas, unidades terminales, elementos de control, etc., que, por alguna razón, deban quedar ocultos, se preverá un sistema de acceso fácil por medio de puertas, mamparas, paneles u otros elementos. La situación exacta de estos elementos de acceso será suministrada durante la fase de montaje y quedará reflejada en los planos finales de la instalación.

- Señalización: Las conducciones de la instalación deben estar señalizadas con franjas, anillos y flechas dispuestos sobre la superficie exterior de las mismas y de su aislamiento térmico, en el caso de que lo tengan, de acuerdo con lo indicado en UNE 100100.

En la sala de máquinas se dispondrá el código de colores, junto al esquema de principio de la instalación.

- Andamios, aparejos y grúas: la Empresa Adjudicataria deberá suministrar la mano de obra, aparatos y máquinas, tales como andamios, aparejos y grúas necesarias para los movimientos tanto verticales como horizontales de los elementos que componen la instalación.

- Instalaciones auxiliares y trabajos anexos: La ejecución de los trabajos a realizar, requerirán las instalaciones auxiliares que, a juicio de la

propiedad, sean necesarias para la buena marcha de dichas obras y el cumplimiento de los plazos establecidos.

La fijación de soportes, mediante medios mecánicos o por soldadura, a elementos de albañilería o estructura será efectuado por la Empresa Adjudicataria. Todos estos trabajos deberán realizarse bajo la responsabilidad de la Empresa Adjudicataria.

- Identificación de equipos: Al final de la obra los aparatos, equipos y cuadros eléctricos que no vengan reglamentariamente identificados con placa de fábrica, deben marcarse mediante una chapa de identificación, sobre la cual se indicarán el nombre y las características técnicas del elemento.

En los cuadros eléctricos los bornes de salida deben tener un número de identificación que se corresponderá al indicado en el esquema de mando y potencia.

La información contenida en las placas debe escribirse en lengua castellana, por lo menos, y con caracteres indelebles y claros, de altura no menor que 5 mm.

Las placas se situarán en un lugar visible y se fijarán mediante remaches, soldadura o material adhesivo resistente a las condiciones ambientales.

3.1.2.- Pruebas, Puesta en Marcha y Recepción.

- Condiciones de realización de las pruebas: La empresa instaladora dispondrá de los medios humanos y materiales necesarios para efectuar las pruebas parciales y finales de la instalación.

Las pruebas parciales estarán precedidas por una comprobación de los materiales en el momento de su recepción en obra.

Una vez que la instalación se encuentre totalmente terminada, de acuerdo con las especificaciones del proyecto, y haya sido ajustada y equilibrada conforme a lo indicado en UNE 100010, deben realizarse las pruebas finales del conjunto de la instalación que se indican en este Pliego, independientemente de aquellas otras que considere necesarias el Director de obra.

Todas las pruebas se efectuarán en presencia del Director de obra o persona en quien delegue, quien deberá dar su conformidad tanto al procedimiento seguido como a los resultados.

- Limpieza interior de las redes de tuberías: Las redes de distribución de agua deben ser limpiadas internamente antes de efectuar las pruebas hidrostáticas y la puesta en funcionamiento, para eliminar polvo, cascarillas, aceites y cualquier otro material extraño.

Las tuberías, accesorios y válvulas deben ser examinadas antes de su instalación y, cuando sea necesario, limpiadas.

Las redes de distribución de fluidos portadores deben ser limpiadas interiormente antes de su llenado definitivo para la puesta en funcionamiento para eliminar polvo, cascarillas, aceites y cualquier otro material extraño.

Durante el montaje se evitará la introducción de materias extrañas dentro de las tuberías, los aparatos y los equipos protegiendo sus aberturas con tapones adecuados.

Una vez completada la instalación de una red, ésta se llenará con una solución acuosa de un producto detergente, con dispersantes orgánicos compatibles con los materiales empleados en el circuito, cuya concentración será establecida por el fabricante.

A continuación, se pondrán en funcionamiento las bombas y se dejará circular el agua durante dos horas, por lo menos. Posteriormente, se vaciará totalmente la red y se enjuagará con agua procedente del dispositivo de alimentación.

En el caso de redes cerradas, destinadas a la circulación de fluidos con temperatura de funcionamiento menor que 100 °C, se medirá el pH del agua del circuito.

Si el pH resultara menor que 7,5 se repetirá la operación de limpieza y enjuague tantas veces como sea necesario. A continuación se pondrá en funcionamiento la instalación con sus aparatos de tratamiento.

Los filtros de malla metálica puestos para protección de las bombas se dejarán en su sitio por lo menos durante una semana de funcionamiento, hasta que se compruebe que ha sido completada la eliminación de las partículas más finas que puede retener el tamiz de la malla. Sin embargo, los filtros para protección de válvulas automáticas, contadores, etc. se dejarán en su sitio.

- Limpieza interior de las redes de conductos: La limpieza interior de las redes de distribución de aire se efectuará una vez completado el montaje de la red y de la unidad de tratamiento de aire, pero antes de conectar las unidades terminales y montar los elementos de acabado y los muebles.

Se pondrán en marcha los ventiladores hasta que el aire a la salida de las aberturas parezca, a simple vista, no contener polvo.

- Comprobación de la ejecución: Independientemente de los controles de recepción y de las pruebas parciales realizadas durante la ejecución, se comprobará la correcta ejecución del montaje y la limpieza y cuidado en el buen acabado de la instalación.

Se realizará una comprobación del funcionamiento de cada motor eléctrico y de su consumo de energía en las condiciones reales de trabajo, así como de todos los cambiadores de calor, climatizadores y demás equipos en los que se efectúe una transferencia de energía térmica, anotando las condiciones de funcionamiento.

- Pruebas hidrostáticas de redes de tuberías: Todas las redes de circulación de fluidos portadores deben ser probadas hidrostáticamente, a fin de asegurar su estanquidad, antes de quedar ocultas por obras de albañilería, material de relleno o por el material aislante.

Independientemente de las pruebas parciales a que hayan sido sometidas las partes de la instalación a lo largo del montaje, debe efectuarse una prueba final de estanquidad de todos los equipos y conducciones a una presión en frío equivalente a vez y media la de trabajo, con un mínimo de 10 bar, de acuerdo a UNE 100151.

Las pruebas requieren inevitablemente, el taponamiento de los extremos de la red, antes de que estén instaladas las unidades terminales. Los elementos de taponamiento deben instalarse en el curso del montaje, de tal manera que sirvan, al mismo tiempo, para evitar la entrada en la red de materiales extraños.

Posteriormente se realizarán pruebas de circulación de agua, poniendo las bombas en marcha, comprobando la limpieza de los filtros y midiendo presiones y, finalmente, se realizará la comprobación de la estanquidad del circuito con el fluido a la temperatura de régimen.

Por último, se comprobará el tarado de todos los elementos de seguridad.

- Pruebas de redes de conductos: Los conductos de chapa se probarán de acuerdo con UNE 100104.

Las pruebas requieren el taponamiento de los extremos de la red, antes de que estén instaladas las unidades terminales. Los elementos de taponamiento deben instalarse en el curso del montaje, de tal manera que sirvan, al mismo tiempo, para evitar la entrada en la red de materiales extraños.

Las pruebas en los circuitos de aire, se realizarán por medio de un ventilador con un caudal de unos 5000 m³/h, y una presión de 120 mm.c.a.

El ventilador se conectará con la red de conductos en prueba y se medirá el caudal por medio de un dispositivo constituido por un manómetro diferencial y una chapa perforada de la cual se conoce la curva característica caudal vs. pérdida de presión.

La prueba se considerará satisfactoria cuando el dispositivo de medida indique una pérdida de caudal en la red en prueba inferior al tres por ciento del caudal de la misma.

En caso de que las fugas de aire sean superiores a lo indicado anteriormente, se procederá al sellado de los conductos con masilla inalterable en los puntos en los que se aprecien fugas, hasta alcanzar el valor inferior a lo indicado.

- Pruebas de libre dilatación: Una vez que las pruebas anteriores hayan sido satisfactorias y se hayan comprobado hidrostáticamente los elementos de seguridad, las instalaciones equipadas con bombas de calor se llevarán hasta la temperatura de tarado de los elementos de seguridad, habiendo anulado previamente la actuación de los aparatos de regulación automática.

Durante el enfriamiento de la instalación y al finalizar el mismo, se comprobará visualmente que no han tenido lugar deformaciones apreciables en ningún elemento o tramo de tubería y que el sistema de expansión ha funcionado correctamente.

- Pruebas finales: Por último, se comprobará que la instalación cumple con las exigencias de calidad, confortabilidad, seguridad y ahorro de energía de éstas preceptuados en las ITE.

Antes de realizarse la Recepción Provisional de las instalaciones, éstas serán sometidas a:

- Pruebas de medidas y regulación de caudales de aire de climatizadores, conductos y difusores o rejillas.

- Pruebas de regulación de caudales de agua en los circuitos de refrigeración y de condensación.

- Pruebas de funcionamiento de los aparatos de regulación.

- Pruebas de pureza del aire después de los filtros, comprobando su funcionamiento, estanqueidad y rendimiento.

- Pruebas de nivel acústico en los ambientes acondicionados.

- Pruebas de temperatura y humedad en los espacios acondicionados.

Todas las pruebas finales se realizarán en presencia del representante de la propiedad.

Durante el periodo de garantía, entre la Recepción Provisional y la Definitiva, se realizarán pruebas de temperatura y humedad en los espacios acondicionados, aprovechando situaciones climatológicas exteriores y de carga interior lo más próximas posibles a las del proyecto. Las mediciones se efectuarán en 10 puntos de cada planta, uniformemente repartidas, a una altura de 1,2 metros del suelo.

La prueba se considerará satisfactoria cuando las temperaturas y humedades alcancen las de proyecto, con tolerancias permitidas.

Caso de observarse alguna deficiencia en los valores previstos, se procederá a su corrección, actuando sobre los órganos de regulación hasta dejar la instalación en perfectas condiciones de funcionamiento.

- Pruebas de prestaciones térmicas: Se realizarán las pruebas que a criterio de la Dirección Técnica sean necesarias para comprobar el funcionamiento normal en régimen de invierno o verano, obteniendo un estadillo de condiciones higrotérmicas interiores para unas condiciones exteriores debidamente registradas.

Cuando la temperatura medida en las habitaciones sea igual o superior a la contractual corregida, como se especifica a continuación en función de las condiciones meteorológicas exteriores, se dará como satisfactoria la eficacia térmica de la instalación.

- Condiciones climatológicas exteriores: La mínima del día registrada no será inferior en 2 °C o superior en 10 °C a la contractual exterior.

- La temperatura de las habitaciones se corregirá como sigue: Se disminuirá en 0,5°C por cada °C que la temperatura mínima del día haya sido inferior a la temperatura exterior contractual. Se aumentará en 0,15°C por cada °C que la temperatura mínima del día haya sido superior a la temperatura exterior contractual.

- Certificado de la instalación: Para la puesta en funcionamiento de la instalación es necesaria la autorización del organismo territorial competente, para lo que se deberá presentar ante el mismo un certificado suscrito por el director de la instalación.

En el certificado se expresará que la instalación ha sido ejecutada de acuerdo con el presente proyecto y que cumple con los requisitos exigidos en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. Se harán constar también los resultados de las pruebas realizadas.

- Recepción: Después de realizadas las pruebas finales y dentro del mes siguiente de haberse producido realización del objeto del contrato, con resultados satisfactorios, se procederá al acto de Recepción Provisional de la Instalación de acuerdo con el Reglamento de Instalaciones Térmicas de Edificios en su ITE 06, con lo que se da por finalizado el montaje de las instalaciones, comenzando en ese momento el plazo de garantía que se fija en un año.

La Empresa Adjudicataria entregará por escrito a la Propiedad, un certificado de garantía contra todo defecto de fabricación de montaje de las instalaciones por un período de un año, a partir de la recepción de la instalación.

En el Acta de Recepción Provisional, la Empresa Adjudicataria hará entrega a la Propiedad de los documentos expresados en la ITE 06.5.2 del Reglamento de Instalaciones Térmicas de Edificios.

En el caso que la Empresa Adjudicataria no reparase las averías o defectos de funcionamiento producidas durante el periodo de garantía, en un plazo superior a quince días naturales contados a partir de la fecha en que la propiedad le notificase por escrito o por fax la anomalía producida, ésta procederá a la reparación de la misma quedando expuesta, la Empresa Adjudicataria, a las penalizaciones legales a que hubiera lugar.

Transcurrido el plazo de garantía, que será de un año si en el contrato no se estipula otro de mayor duración, la recepción provisional se transformará en recepción definitiva, salvo que por parte del titular haya sido cursada alguna reclamación antes de finalizar el periodo de garantía.

3.2.- PRESCRIPCIONES TÉCNICAS CORRESPONDIENTES A TUBERÍAS.

3.2.1.- Generalidades.

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

Las tuberías se instalarán de forma ordenada, disponiéndolas, siempre que sea posible, paralelamente a tres ejes perpendiculares entre sí y paralelos a los elementos estructurales del edificio, salvo las pendientes que deben darse a los elementos horizontales.

La separación entre la superficie exterior del recubrimiento de una tubería y cualquier otro elemento será tal que permita la manipulación y el mantenimiento del aislante térmico, si existe, así como de válvulas, purgadores, aparatos de medida y control, etc.

La distancia mínima entre tuberías y elementos estructurales u otras tuberías será de 5 cm. Las tuberías, cualquiera que sea el fluido que transportan, correrán siempre por debajo de las canalizaciones eléctricas.

El órgano de mando de las válvulas no deberá interferir con el aislante térmico de la tubería. Las válvulas roscadas y las de mariposa deben estar correctamente acopladas a las tuberías, de forma que no haya interferencia entre éstas y el obturador.

La alineación de las canalizaciones en uniones, cambios de sección y derivaciones se realizará sin forzar las tuberías, empleando los correspondientes accesorios o piezas especiales.

Para la realización de cambios de dirección se utilizarán preferentemente piezas especiales, unidas a las tuberías mediante rosca, soldadura, encolado o bridas.

Cuando las curvas se realicen por cintrado de la tubería, la sección transversal no podrá reducirse ni deformarse; la curva podrá hacerse corrugada para conferir mayor flexibilidad. El cintrado se hará en caliente cuando el diámetro sea mayor que 2" (ó DN 50) y en los tubos de acero soldado se hará de forma que la soldadura longitudinal coincida con la fibra neutra de la curva.

El radio de curvatura será el máximo que permita el espacio disponible. Las derivaciones deben formar un ángulo de 45 grados entre el eje del ramal y el eje de la tubería principal. El uso de codos o derivaciones con ángulos de 90 grados está permitido solamente cuando el espacio disponible no deje otra alternativa o cuando se necesite equilibrar un circuito.

Las tuberías se identifican por la clase de material, el tipo de unión, el diámetro nominal DN (en mm o pulgadas), el diámetro interior (en mm) y la presión nominal de trabajo PN (en bar), de la que depende el espesor del material.

La presión máxima de trabajo PT a la que la tubería podrá estar sometida será una fracción de la presión nominal PN; el valor fraccionado depende de la temperatura máxima que puede alcanzar el fluido conducido.

Las tuberías llevarán marcadas de forma indeleble y a distancias convenientes la norma según la cual están fabricadas.

3.2.2.- Tipos de Tubería: Materiales.

La instalación contará con varias posibilidades de materiales de construcción de las tuberías, en función del uso y la ubicación de éstas. Estas tuberías serán:

- Tubería de acero negro: No se utilizarán tuberías de acero negro para circuitos de agua sanitaria. Será según norma DIN 2440.

Las conexiones a las tuberías de válvulas, máquinas, accesorios, etc. con diámetro superior a 2" se realizarán con bridas; y se realizarán roscadas para tuberías de diámetro 2" o inferior. La unión entre bridas se hará con anillos corrugados de latón o *Klingerit* o similar.

Reductores, curvas, etc. serán prefabricadas. Los accesorios roscados serán de hierro negro maleable. Las curvas serán según norma DIN-2605 (N-3 D) o DIN-2606 (N-5 D) realizadas con tubo de acero sin soldadura. Serán siempre usadas curvas de radio amplio, Norma 5, a no ser que existan limitaciones de espacio.

Todas las tuberías de acero serán protegidas en la obra por dos manos de pintura anticorrosiva, que deberá ser aprobada por la Dirección técnica.

- Tubería de acero galvanizado: Toda la tubería galvanizada será según DIN 2440. Podrá usarse tubería de acero galvanizado cuando expresamente se indique en la Memoria o lista de materiales.

No se utilizarán cuando se prevea que el agua caliente que circule por su interior pueda superar los 53 °C. A estos efectos se considera que el circuito primario puede superar significativamente los 53 °C.

- Tubería de cobre: Toda la tubería de cobre estará de acuerdo como mínimo en las calidades mínimas exigidas en las normas UNE 37107, 37116, 37117, 37131 y 37141.

Las dimensiones y espesores de los tubos estarán conforme a dichas normas y dependerán del servicio particular del que se trate.

Los tubos de cobre serán tubos estirados en frío y uniones por capilaridad. UNE 37153.

Las uniones cobre – acero se realizarán por medio de accesorios de aleaciones de cobre, instalando manguitos electrolíticos y latiguillos de 200 mm de longitud entre los puntos de unión.

La tubería de cobre se usará para los servicios de distribución de agua sanitaria, tanto en el circuito primario como en el secundario.

- Tubería de PVC: se destina a usos de desagües de aparatos, o bien cuando se indique en planos o lista de materiales.

Los distintos espesores de la tubería de PVC dependen del servicio a que se destinen. Para tubería de desagüe gravitacional a la presión atmosférica, el espesor de la tubería se calculará para una presión mínima de trabajo de 2 Kg/cm².

- Tubería de materiales plásticos: Desde hace más de 25 años se vienen utilizando tuberías de materias plásticas como intercambiadores de calor para calefacciones por Suelo Radiante, con resultados plenamente satisfactorios. La norma que rige el empleo de tubos para Suelo Radiante es la IT.IC. (Instrucciones Técnicas de las Instalaciones de Calefacción). En su apartado 17.4.7 “Paneles por tubos empotrados” establece las siguientes prescripciones para las tuberías de Suelo Radiante:

- a) Los tubos de material plástico deberán estar homologados.
- b) El curvado de los tubos podrá hacerse en frío cuando el radio de curvatura sea al menos 5 veces el diámetro de la tubería.
- c) Los tubos se recubrirán con un espesor mínimo de 2 cm de cemento.

El uso de estos materiales plásticos deberán estar acreditados aptos para la aplicación en cuestión a que se destinen.

3.2.3.- Conexiones y Uniones.

Las conexiones de los equipos y los aparatos a las tuberías se realizarán de tal forma que entre la tubería y el equipo o aparato no se transmita ningún esfuerzo, debido al peso propio y las vibraciones.

Las conexiones deben ser fácilmente desmontables a fin de facilitar el acceso al equipo en caso de reparación o sustitución. Los elementos accesorios del equipo, tales como válvulas de interceptación y de regulación, instrumentos de medida y control, manguitos amortiguadores de vibraciones, filtros, etc., deberán instalarse antes de la parte desmontable de la conexión, hacia la red de distribución.

Se admiten conexiones roscadas de las tuberías a los equipos o aparatos solamente cuando el diámetro sea igual o menor que 2" (ó DN 50).

Según el tipo de tubería empleada y la función que ésta deba cumplir, las uniones pueden realizarse por soldadura, encolado, rosca, brida, compresión mecánica o junta elástica. Los extremos de las tuberías se prepararán de forma adecuada al tipo de unión que se debe realizar.

Antes de efectuar una unión, se repasarán y limpiarán los extremos de los tubos para eliminar las rebabas que se hubieran formado al cortarlos o aterrararlos y cualquier otra impureza que pueda haberse depositado en el interior o en la superficie exterior, utilizando los productos recomendados por el fabricante. La limpieza de las superficies de las tuberías de cobre y de materiales plásticos debe realizarse de forma esmerada, ya que de ella depende la estanquidad de la unión.

Las tuberías se instalarán siempre con el menor número posible de uniones; en particular, no se permite el aprovechamiento de recortes de tuberías en tramos rectos.

Entre las dos partes de las uniones se interpondrá el material necesario para la obtención de una estanquidad perfecta y duradera, a la temperatura y presión de servicio.

Cuando se realice la unión de dos tuberías, directamente o a través de un accesorio, aquellas no deben forzarse para conseguir que los extremos coincidan en el punto de acoplamiento, sino que deben haberse cortado y colmado con la debida exactitud.

No deberán realizarse uniones en el interior de los manguitos que atraviesen muros, forjados u otros elementos estructurales.

Los cambios de sección en las tuberías horizontales se efectuarán con manguitos excéntricos y con los tubos enrasados por la generatriz superior para evitar la formación de bolsas de aire.

En las derivaciones horizontales realizadas en tramos horizontales se enrasarán las generatrices superiores del tubo principal y del ramal.

No se permite la manipulación en caliente a pie de obra de tuberías de materiales plásticos, salvo para la formación de abocardados y en el caso de que se utilicen los tipos de plástico adecuados para la soldadura térmica.

El acoplamiento de tuberías de materiales diferentes se hará por medio de bridas; si ambos materiales son metálicos, como por ejemplo acero y cobre, la junta será dieléctrica. El sentido de flujo del agua deberá ser siempre del acero al cobre.

3.2.4.- Manguitos Pasamuros.

Los manguitos pasamuros deben colocarse en la obra de albañilería o de elementos estructurales cuando éstas se están ejecutando.

El espacio comprendido entre el manguito y la tubería debe rellenarse con una masilla plástica, tipo *mástic* o similar, aprobado por la dirección técnica y que selle totalmente el paso y permita la libre dilatación de la conducción. En algunos casos, puede ser necesario que el material de relleno sea impermeable al paso de vapor de agua.

Los manguitos deben acabarse a ras del elemento de obra, salvo cuando pasen a través de forjados, en cuyo caso deben sobresalir unos 2 cm por la parte superior.

Los manguitos se construirán con un material adecuado y con unas dimensiones suficientes para que pueda pasar con holgura la tubería con su aislante térmico. La holgura no puede ser mayor que 3 cm.

Los pasamuros serán fijados de forma segura en pisos y paredes de forma que no se desplacen cuando se vierta el hormigón o cuando algún tipo de construcción se alce junto a él.

Cuando el manguito atraviere un elemento al que se le exija una determinada resistencia al fuego, la solución constructiva del conjunto debe mantener, como mínimo, la misma resistencia.

Se considera que los pasos a través de un elemento constructivo no reducen su resistencia al fuego si se cumple alguna de las condiciones establecidas a este respecto en la NBE-CPI, Condiciones de Protección contra Incendios en los edificios, vigente.

3.2.5.- Pendientes.

La colocación de la red de distribución del fluido caloportador se hará siempre de manera que se evite la formación de bolsas de aire.

En los tramos horizontales las tuberías tendrán una pendiente ascendente hacia el purgador más cercano o hacia el vaso de expansión,

cuando éste sea de tipo abierto y, preferentemente, en el sentido de circulación del fluido. El valor de la pendiente será igual al 1% como mínimo, tanto cuando la instalación esté fría como cuando esté caliente.

No obstante, cuando, como consecuencia de las características de la obra, tengan que instalarse tramos con pendientes menores que las anteriormente señaladas, se utilizarán tuberías de diámetro inmediatamente mayor que el calculado.

3.2.6.- Purgas de Aire.

Todo el sistema de distribución de tubería deberá tener purgas de aire en sus puntos altos. Estas purgas serán manuales, si no viene indicado en los planos de otra manera. Los grifos de desaire se situarán en puntos de fácil manejo y entretenimiento.

Cuando se usen purgadores automáticos, éstos serán de tipo flotador y adecuados para la presión de servicio, y se usarán en combinación con una válvula de compuerta.

En los puntos altos de la salida de baterías de captadores se colocarán sistemas de purga constituidos por botellines de desaire y purgador manual o automático. El volumen útil del botellín será de 15 cm³ por m² de batería.

3.2.7.- Soportes.

La tubería será soportada en forma limpia y precisa. Siempre que sea posible las tuberías podrán agruparse para ser soportadas conjuntamente. Las tuberías verticales también deberán ser soportadas.

Los soportes se construirán con perfiles normalizados y su sujeción se realizará con varillas roscadas de acero cadmiado fuertemente fijadas a la estructura del edificio cuando se trate de tuberías fijadas al techo.

Cuando las tuberías hayan de ser fijadas en paredes verticales, se realizará mediante la fijación de pies de perfiles normalizados fijados a la pared por medio de soldaduras a placas de anclaje ya previstas en la estructura y en su defecto por tiros. Los dos perfiles se unirán por medio de un tercero transversal que soporte la tubería mediante un asiento deslizante aprobado por la dirección técnica.

En ningún caso se permitirá el uso de flejes, alambres o cadenas como colgadores de tubería.

Los puntos fijos y deslizantes de la tubería serán realizados de forma adecuada y llevarán la aprobación de la Dirección Técnica.

Los apoyos en tuberías en general serán los suficientes para que, una vez calorifugadas, no se produzcan flechas superiores al 2 por mil, ni ejerzan esfuerzo alguno sobre elementos o aparatos a que estén unidas, como calderas, intercambiadores, bombas, etc.

La sujeción se hará con preferencia en los puntos fijos y partes centrales de los tubos, dejando libre zona de posible movimiento, tales como curvas.

Los elementos de sujeción y guiado, permitirán la libre dilatación de la tubería y no perjudicará al aislamiento de la misma.

El sistema de sujeción de soporte estará constituido preferentemente por elementos metálicos.

En el caso de apoyos simples o de deslizamiento, el contacto entre soporte y tubería deberá realizarse de tal manera que esta tenga libertad de efectuar movimientos axiales y, al mismo tiempo, se le impidan movimientos radiales.

La perfilería utilizada para la conformación del soporte estará normalizada (Comisión Técnica CT36- Siderurgia de IRANOR), así como los elementos accesorios (tuercas, arandelas, tornillos, etc.) según CT 17- Medios de Fijación. Todo el material que conforma el soporte deberá ser resistente a la oxidación, por medio de recubrimientos protectores dados en obra (dos manos de pintura antioxidante) o en fábrica (varillas roscadas, tuercas cadmiadas, etc.).

El soporte deberá ser fácilmente desmontable, debiéndose utilizar uniones roscadas con tuercas y arandelas de latón, excepto cuando se trate de un punto fijo soldado.

A fin de asegurar un apoyo uniforme entre el tubo y la abrazadera, se interpondrá una tira de goma u otro material flexible, con espesor mínimo de 2 mm. El material interpuesto tendrá también funciones de amortiguar la transmisión de vibraciones y de proteger los tubos metálicos de acciones agresivas. Las grapas y abrazaderas serán de forma tal que permitan un desmontaje fácil de los tubos.

Existirán, al menos, dos soportes entre cada unión de dos tuberías y, con preferencia, se colocarán estos al lado de cada unión.

Para tuberías de cobre y PVC, las distancias a considerar entre soportes son las estipuladas en la Norma UNE 100.152.

3.2.8.- Compensadores de Dilatación.

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 las tuberías, donde suelen concentrarse los esfuerzos de dilatación y contracción.

En los tendidos de tuberías de gran longitud, horizontales o verticales, habrá que compensar los movimientos de la tubería por medio de dilatadores axiales.

Los compensadores de dilatación han de ser instalados allí donde indique el plano y en su defecto donde se requiera según la experiencia del instalador, adaptándose a las recomendaciones del Reglamento e Instrucciones Técnicas correspondientes.

La situación será siempre entre dos puntos fijos garantizados como tales, capaces de soportar los esfuerzos de dilatación y de presión que se originan.

Los extremos del compensador serán de acero al carbono preparados para soldar a la tubería con un chaflán de 37° 30' y un talón de 1,6 mm cuando el diámetro nominal de la tubería sea hasta 2" inclusive. Para tuberías de diámetro superior las conexiones serán por medio de bridas de acero al carbono según normas DIN 2502 ó DIN 2503 según las presiones sean de 6 y 10 ó 16 Kg/cm². Estas bridas irán soldadas a los cuellos del compensador por los procedimientos recomendados para la soldadura de piezas en acero al carbono de espesores medios.

El compensador siempre que sea posible será instalado cerca de un punto fijo. Si no fuera posible esta instalación, se situará una guía en cada extremo del compensador, siguiendo el criterio anteriormente expuesto.

3.2.9.- Pintura.

Todos los elementos metálicos no galvanizados o no cadmiados, ya sean tuberías, soportes, o bien accesorios, o que no estén debidamente protegidos contra la oxidación por su fabricante, se les aplicará dos capas de pintura antioxidante. Las dos manos se darán la primera fuera de obra y la segunda con el tubo instalado.

La marca de pintura elegida será normalizada y de solvencia reconocida; sólo se admitirán los envases de origen debidamente precintados. No se permitirá el uso de disolventes.

Antes de la aplicación de la pintura deberá procederse a una cuidadosa limpieza y sucesivo secado de los elementos metálicos a proteger.

En las tuberías que lleven aislamiento, antes de la aplicación de este último, deberá procederse a su pintado según lo indicado anteriormente.

El subcontratista identificará todas las tuberías a través de toda la instalación excepto cuando estén escondidas y en lugares no accesibles, por medio de flechas direccionales y bandas.

Las flechas y bandas serán pintadas o en su lugar colocadas cintas de plástico adhesivas. Las cintas de plástico se colocan cuando el tubo esté revestido de aluminio y otro forro.

La pintura deberá ser adecuada para la temperatura máxima de servicio de la superficie a la cual se ha de aplicar.

El código de colores para instalaciones genéricas es:

-Agua cal. calefacción:	Naranja-1 Banda.
-Agua cal. sanitaria:	Naranja-2 Bandas.
-Incendios:	Rojo-1 Banda.
-Drenaje baterías:	Negro-2 Bandas.
-Aire:	Amarillo-1 Banda.
-Desagües sanitarios:	Blanco- Todo el tubo.

Los colores que se aplican de forma continua a todo el tubo, indican materiales peligrosos (úsense con cuidado).

Las bandas se colocarán cada 5 metros y serán de 40 mm de anchura, la identificación de la dirección del flujo en la tubería se realizará por medio de flechas del mismo color que las bandas. Las flechas se colocarán cada 5 metros, y serán legibles desde el suelo. Las flechas tendrán las siguientes dimensiones:

- Para tuberías hasta 5" (incluyendo aislamiento si se usa), 25 mm de ancha por 300 mm de longitud.

- Para tuberías de 6" y superiores (incluyendo aislamiento si se usa), 50 mm de ancha por 300 mm de longitud.

Cuando el material aislante de tuberías y accesorios sea de fibra de vidrio deberá cubrirse con una protección no inferior a la proporcionada por un recubrimiento de venda y escayola. En los tramos que discurren por el exterior será terminada con pintura asfáltica.

3.3.- PRESCRIPCIONES TÉCNICAS CORRESPONDIENTES A VALVULERÍA Y ACCESORIOS.

3.3.1.- Generalidades.

Esta sección cubre el suministro e instalación de todas las válvulas y accesorios en estricto acuerdo con la lista de materiales y los dibujos.

Todas las válvulas y accesorios serán nuevos y estarán libres de defectos.

Los volantes de las válvulas serán de diámetro apropiado para permitir manualmente un cierre perfecto sin aplicación de palancas especiales y sin dañar el vástago, asiento o disco de la válvula.

Las superficies de los asientos serán mecanizadas y terminadas perfectamente, asegurando total estanqueidad al servicio especificado, haciendo un asiento libre y completo.

Todas las válvulas roscadas serán diseñadas de forma que al conectarse con equipos, tubería o accesorios, no pueda ser acarreado ningún daño a ninguno de los componentes de la válvula.

Hasta 2" como norma general las válvulas se suministrarán roscadas, mientras que para diámetros mayores de 2" serán embridadas, a no ser que explícitamente se indique lo contrario en la lista de materiales.

Las válvulas se definirán en este proyecto por su diámetro nominal DN y su presión nominal PN. La presión nominal mínima de todo tipo de válvulas y accesorios deberá ser igual o superior a 4 Kg/cm².

A los efectos de estas especificaciones no se permitirá la utilización de válvulas de compuerta.

La elección de las válvulas se realizará, de acuerdo con la función que desempeñan y las condiciones extremas de funcionamiento (presión y temperatura).

3.3.2.- Tipos de Válvulas.

Los posibles tipos de válvulas a incluir en el presente proyecto y sus características y materiales se detallan a continuación:

⇒ Válvulas de asiento

- Aplicación:

Como válvulas reguladoras o de cierre en fluidos y para el equilibrado de circuitos.

- Materiales:

Cuerpo de bronce (hasta 2") o de fundición de hierro o acero. Tapa del mismo material que el cuerpo.

Obturador en forma de pistón o de asiento plano con cono de regulación de acero inoxidable y aro de teflón. No será solidario al husillo.

El asiento será integral en bronce o en acero inoxidable según sea el cuerpo de la válvula.

Prensa-estopas del mismo material que cuerpo y tapa, y estopada de amianto lubricado.

⇒ Válvulas de bola

- Aplicación:

Estas válvulas se usarán en los bucles de by-pass vinculados a cada equipos terminal o accesorio para el mantenimiento y montaje del mismo, así como para aquellos bucles destinados a la alternancia de funcionamiento de varios equipos con la misma finalidad.

- Condiciones de servicio:

Presión de servicio: 10 Kg/cm².

Fluido: Agua.

- Construcción:

La bola rotando 90° entre dos asientos flexibles aprietan el cierre al aumentar la presión diferencial. Un diafragma flexible unirá el cuerpo con el eje e impedirá cualquier fuga a la atmósfera a través del eje.

El diseño de la válvula se realizará en forma que no exista desgaste en los asientos de la válvula.

- Materiales:

a.- Hasta 2".

Cuerpo: Latón.

Bola: Latón.

Asiento: PTFE.

b.- Superiores a 2".

Cuerpo: Acero al carbono.

Bola: Acero inoxidable.

Asiento: PTFE.

⇒ Válvulas de retención

Existen de dos tipos: válvulas de disco de doble compuerta o de clapeta.

- Aplicación:

Estas válvulas permiten interrumpir el paso de fluido en un sentido.

- Condiciones de servicio:

PN-16 y PN-25

Temperatura máxima de servicio: 205 °C.

Fluidos: Agua y vapor.

- Materiales:

Cuerpo y tapa de bronce o latón.

Asiento y clapeta de bronce.

Conexiones rosca hembra.

⇒ Válvulas de seguridad

- General:

Las válvulas de seguridad se tararán a una presión superior en 0,5 Kg/cm² a la máxima presión de servicio.

Las válvulas de seguridad deberán estar calculadas para descargar en la totalidad del fluido generado de modo y manera que nunca la sobrepresión pueda alcanzar un valor superior al 5-7 % de la presión de timbre.

- Construcción:

Las válvulas de seguridad serán de resorte, de carrera corta para fluidos no compresibles (agua, etc.) y de carrera larga para fluidos compresibles (vapor, aire, etc.)

Las válvulas de seguridad serán de paso angular o recto según convenga a la instalación y de escape conducido. Este escape conducido en fluidos compresibles tendrá que ser ampliado mediante un cono al objeto de tener en cuenta el aumento de volumen que se produce en la descarga a la atmósfera.

- Materiales:

Cuerpo de hierro fundido o acero al carbono con escape conducido.

Obturador y vástago de acero inoxidable.

Prensa-estopas de latón y estopada de amianto grafitado.

Resorte en acero especial para muelle.

Las válvulas de seguridad, por su importante función, deben ser capaces de derivar la potencia máxima del captador o grupo de captadores, incluso en forma de vapor, de manera que en ningún caso sobrepase la máxima presión de trabajo del captador o del sistema.

Aparte de todo lo anteriormente mencionado respecto a las válvulas, también se tendrá presente lo siguiente:

El circuito primario deberá ir provisto de válvula de seguridad tarada a una presión que garantice que en cualquier punto del circuito no se superará la presión máxima de trabajo de los componentes.

La descarga de las válvulas de seguridad debe garantizar, en caso de apertura, la no provocación de accidentes o daños.

Se colocarán sistemas antirretorno en los circuitos primario y secundario para evitar la circulación inversa, así como en la entrada del agua fría del acumulador solar.

Se montarán válvulas de corte, para facilitar la sustitución o reparación de componentes sin necesidad de realizar el vaciado completo de la instalación, que independicen baterías de captadores, el intercambiador, el acumulador, la bomba, etc.

De acuerdo con el párrafo anterior se instalarán válvulas que permitan el vaciado total o parcial de la instalación.

Se instalarán válvulas de corte a la entrada de agua fría y salida de agua caliente del depósito de acumulación solar.

En cada zona de las baterías de captadores en que se hayan situado válvulas de corte se instalarán válvulas de seguridad.

Se hará un uso limitado de las válvulas para el equilibrado de circuitos, debiéndose concebir, en fase de diseño, un circuito de por sí equilibrado.

Los diámetros libres en los asientos de las válvulas tienen que ser correspondientes con los diámetros nominales de las mismas y en ningún caso inferiores a 12 mm.

Las válvulas llevarán impreso de forma indeleble el diámetro nominal y la presión de ajuste.

3.3.3.- Manómetros.

Se instalarán manómetros en todas las tuberías de aspiración e impulsión de bombas.

Se montarán sobre válvula de bola o grifo de bronce conexionando el conjunto en la tubería a través de un bucle.

La esfera de los manómetros será de 60 mm de diámetro y la conexión a 1/2". La graduación de la esfera estará en Kg/cm² o metros de columna de agua y sus valores estarán de acuerdo con los valores de la presión a medir.

La posición de los manómetros será tal, que permita una rápida y fácil lectura, y su conexión a la tubería estará situada en tramos rectos, lo más alejado posible de codos o curvas de tubería.

3.3.4.- Depósitos de Expansión.

Son dispositivos que permiten absorber las variaciones de presión en un circuito cerrado producidas por las variaciones de temperatura del fluido circulante. Puede ser abierto o cerrado, según esté o no en comunicación con la atmósfera.

Estos depósitos deberán ajustarse totalmente al “Reglamento de Recipientes a Presión” y llevarán en sitio bien visible el timbre de la Delegación de Industria correspondiente, para la presión de trabajo.

El dispositivo de expansión se diseñará para un volumen de dilatación como mínimo igual al 4,3% del volumen total del fluido en el circuito primario.

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

Se suministrarán dotados de los siguientes elementos:

- Soportes de sujeción.
- Indicador de nivel.
- Válvula de seguridad.
- Grifo macho de desagüe.
- Alimentador automático de agua con válvulas de corte en doble paso.
- Válvula de retención.
- Botella de nitrógeno a presión, con válvula de seguridad.
- Reductor regulador a presión.
- Accesorios para la alimentación de nitrógeno.

Estarán dotados de válvula de seguridad y manómetro con su parte proporcional de tubería.

3.4.- PRESCRIPCIONES TÉCNICAS CORRESPONDIENTES AL SISTEMA DE CAPTACIÓN SOLAR.

3.4.1.- Generalidades.

Estas prescripciones podrán aplicarse a las instalaciones de captadores solares térmicos que cumplan las siguientes condiciones:

- a) Instalaciones para producción de agua caliente de uso sanitario o en procesos industriales.
- b) Instalaciones cuyo fluido caloportador sea líquido.

El captador solar o captadores solares seleccionados deberán estar homologados por el Ministerio de Industria y Energía de acuerdo con lo señalado en el Real Decreto 891/1980 de 14 de Abril, sobre homologación de los paneles solares y en la Orden de 20 de Julio de 1980 por la que se aprueban las normas e instrucciones técnicas complementarias para la homologación de los paneles solares.

El captador llevará de forma claramente visible e indeleble el modelo y nombre del fabricante, además, el fabricante deberá aportar los siguientes datos técnicos:

- Dimensiones principales: alto, ancho y largo.
- Área de la superficie transparente.
- Material y transmisividad de la cubierta transparente.
- Tipo de configuración del absorbedor.
- Materiales y tratamiento del absorbedor.
- Situación y dimensiones de las tomas de entrada y salida.
- Materiales de las juntas de estanqueidad de la cubierta y de las salidas de las conexiones del circuito.
- Material de la carcasa.
- Tipo de cierre de la cubierta transparente.
- Situación y configuración de los puntos de amarre.
- Materiales aislantes.
- Esquema general del captador.

3.4.2.- Características de los Captadores Solares.

El captador solar térmico es un sistema capaz de transformar la radiación solar incidente en energía térmica de un fluido de trabajo y está formado principalmente por:

- Absorbedor: es la parte del captador solar que transforma en energía interna la radiación solar que incide sobre ella.
- Apertura: es la máxima proyección plana de la superficie del captador transparente a la radiación solar.
- Área total expuesta: es la máxima proyección plana del captador expuesta a la radiación solar incidente.
- Cubierta: es el elemento de material transparente a la radiación solar que cubre la apertura, para disminuir las pérdidas de calor y proteger el absorbedor del medio ambiente.
- Fluido de transparencia de calor o fluido de trabajo: es el fluido encargado de recoger y transmitir la energía captada por el absorbedor.
- Carcasa: es el componente del captador que conforma su superficie exterior, fija la cubierta, contiene y protege a los restantes componentes del captador y soporta los anclajes.
- Materiales aislantes: son aquellos materiales de bajo coeficiente de conductividad térmica, cuyo empleo en el captador solar tiene por objeto reducir las pérdidas de calor por la parte posterior y laterales.
- Junta de cubierta: es un elemento de material elástico cuya función es asegurar la estanqueidad de la unión carcasa-cubierta.

Sólo se utilizarán captadores que se ajusten a las siguientes características:

El material de la cubierta transparente será de vidrio normal o templado de espesor no inferior a 3 mm y transmisividad mayor o igual a 0,8. La utilización de un material de otras características requiere el informe de un organismo acreditado que garantice las características funcionales y de durabilidad del captador.

La distancia media entre el absorbente y la cubierta transparente no será inferior a 2 cm ni superior a 4 cm.

El material del absorbedor será metálico. Se admitirán materiales de caucho para el calentamiento de agua de piscinas.

En ningún caso el tratamiento del absorbedor se aplicará sobre acero galvanizado.

La pérdida de carga del captador para un caudal de 1 l/min por m² será inferior a 1 m.c.a.

El captador llevará un orificio de ventilación de diámetro no inferior a 4 mm situado en la parte inferior de forma que puedan eliminarse acumulaciones de agua en el captador. El orificio se realizará de forma que el agua pueda drenarse en su totalidad sin afectar al aislamiento.

No podrán utilizarse captadores de más de un vidrio.

Todos los captadores que integren la instalación serán del mismo modelo. Los captadores se orientarán al sur, admitiéndose desviaciones respecto al sur de $\pm 45^\circ$. En instalaciones de uso anual la inclinación respecto del plano horizontal será de 45° aunque se admiten desviaciones de $\pm 15^\circ$. Serán admisibles instalaciones apoyadas en cubierta cuya inclinación respecto al plano horizontal esté comprendida entre 15° y 60° .

En instalaciones de uso estival la inclinación respecto del plano horizontal será de 30° pero se admitirán desviaciones de $\pm 15^\circ$.

La distancia entre comienzos de filas de captadores que estén al mismo nivel no será inferior a la obtenida por la expresión:

$$d = k \times L$$

siendo: L = altura del captador.

k = un coeficiente obtenido de la siguiente tabla.

INCLINACIÓN	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°
COEFICIENTE k	1,532	1,638	1,732	1,813	1,879	1,932	1,970	1,992

La distancia entre la primera fila de captadores y los obstáculos que puedan producir sombras sobre la instalación será superior al valor obtenido por la expresión:

$$d = 1,732 \times h$$

donde h es la altura del obstáculo.

La conexión entre sí de los captadores asegurará igual recorrido hidráulico en todos ellos.

Los captadores podrán conexiarse entre sí formando grupos en paralelo o en serie y si fuera necesario, los grupos de captadores a su vez también podrán conexiarse en serie o en paralelo.

El número de captadores que se pueden conexionar en paralelo tendrá en cuenta las limitaciones del fabricante pero el número de captadores conexiados en serie no será en ningún caso superior a cuatro.

3.4.3.- Clasificación y Configuraciones Básicas de los Captadores Solares.

En consideración con los diferentes objetivos, se aplicarán los siguientes criterios de clasificación:

- 1) La configuración, definida por el principio de circulación, los componentes y la conexión entre los mismos.
- 2) La aplicación a que vaya a ser destinada la instalación.
- 3) El carácter público o privado de la utilización de la instalación.

Así, atendiendo a la configuración se clasifican a su vez:

a) Según el principio de circulación:

- Instalaciones por termosifón. Aquí el fluido de trabajo circula por convección libre.
- Instalaciones por circulación forzada. Se trata de instalaciones equipadas con dispositivos que provocan la circulación forzada del fluido de trabajo.

b) Atendiendo al sistema de transferencia de calor entre los captadores y el acumulador solar:

- Instalaciones de transferencia directa sin intercambiador de calor. Son aquellas en las que el fluido de trabajo es el propio agua de consumo que pasa por los captadores.
- Instalación con intercambiador de calor en el acumulador solar.
- Instalaciones con intercambiador de calor independiente.

En instalaciones con intercambiador de calor, ya sea independiente o en el acumulador, el fluido de trabajo se mantiene en un circuito cerrado, sin posibilidad de ser distribuido al consumo. En este tipo de instalaciones se tienen pues dos circuitos diferenciados. Uno, el *circuito primario*, formado por los captadores y las tuberías que los unen, en el que el fluido de trabajo recoge la energía solar y la transmite al acumulador solar mediante el intercambiador de calor. Y dos, el *circuito secundario*, en el que el fluido de trabajo recoge la energía transferida del circuito primario para ser distribuida a los puntos de consumo.

c) Atendiendo al sistema de aporte de energía auxiliar:

- Sistema de energía auxiliar en depósito secundario individual.
- Sistema de energía auxiliar en depósito secundario centralizado.
- Sistema de energía auxiliar en depósitos secundarios distribuidos.

- Sistema de energía auxiliar en línea centralizado.
- Sistema de energía auxiliar en línea distribuido.

Según la aplicación a que vaya a ser destinada la instalación ésta se clasifica a su vez en:

- Instalación de producción de agua caliente para uso sanitario.
- Instalación de producción de agua caliente para procesos industriales y agrícolas.

La combinación de todos los criterios anteriores proporciona diferentes configuraciones básicas del circuito primario y secundario:

Configuración N° 1: se incluyen en este grupo las instalaciones por termosifón directas, sin intercambiador entre el captador y el depósito acumulador.

Configuración N° 2: instalaciones por termosifón indirectas, con intercambiador en el depósito acumulador, tipo cambiador interno o acumulador de doble envolvente.

Configuración N° 3: instalaciones por circulación forzada directo sin intercambiador de calor, con o sin depósito de acumulación.

Configuración N° 4: instalaciones por circulación forzada con intercambiador de calor en el depósito tipo serpentín o depósito de doble envolvente.

Configuración N° 5: instalaciones por circulación forzada con intercambiador de calor separado.

Las configuraciones se completan con los sistemas de aporte de energía auxiliar mencionados anteriormente.

Las configuraciones básicas anteriores admiten dos variantes según que el circuito primario sea abierto a la atmósfera o cerrado.

En instalaciones con volumen de acumulación superior a 500 litros es aconsejable no utilizar las configuraciones N° 1 y 2.

En instalaciones con volumen de acumulación superior a 5.000 litros es aconsejable usar la configuración N° 5.

A partir de 10 m² de superficie útil de captación, sólo serán admisibles circuitos indirectos, tanto en instalaciones como en equipos solares domésticos. Se utilizarán por tanto las configuraciones N° 2, 4 y 5.

3.4.4.- Características del Fluido de Trabajo.

Podrá utilizarse como fluido de trabajo en el circuito primario agua o agua con aditivos según las características climatológicas del lugar de ubicación de la instalación y del agua utilizada.

La utilización de otros fluidos térmicos requerirá incluir su composición, calor específico y la certificación favorable de un laboratorio acreditado. En todo caso su calor específico no será inferior a 0,7 Kcal/Kg°C.

Podrá utilizarse agua sola o agua desmineralizada con aditivos estabilizantes y anticorrosión en las zonas sin riesgos de heladas. En todo caso el pH estará comprendido entre 5 y 12 y el contenido en sales se ajustará a:

- la salinidad del agua del circuito primario no excederá de 500 mg/l totales de sales solubles.
- El contenido en sales de calcio no excederá de 200 mg/l expresados como contenido en carbonato cálcico.
- El límite de dióxido de carbono libre contenido en el agua no excederá de 50 mg/l.

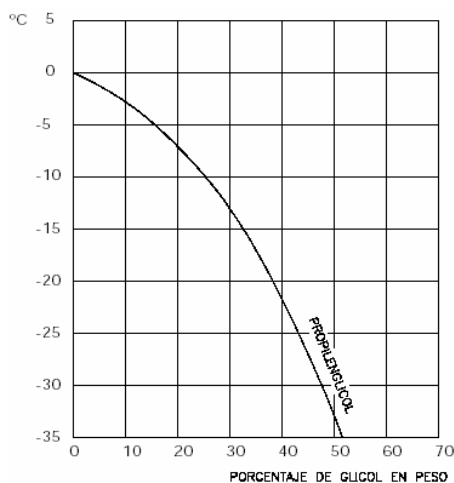
Fuera de estos valores el agua deberá ser tratada.

En las zonas con riesgos de heladas se utilizarán sistemas de protección adecuados para evitar la posible rotura de cualquier parte de la instalación. Se considerarán zonas con riesgo de heladas aquellas en las que se hayan registrado en período de 20 años temperaturas inferiores a 0 °C de temperatura ambiente.

Cuando el sistema antihelada sea un sistema indirecto con mezcla anticongelante se utilizará agua desmineralizada con anticongelantes. Como anticongelantes podrán usarse los productos que cumplan la reglamentación vigente. La proporción de anticongelante de las mezclas propilenglicol y agua se determinará utilizando la curva adjunta y en ningún caso será inferior al 10%. La temperatura de congelación se fijará 5° por debajo de la temperatura mínima local registrada.

El anticongelante deberá estar perfectamente mezclado.

Las mezclas anticongelantes no se degradarán o se separarán los componentes de la mezcla para las temperaturas por debajo de ebullición del agua. Cuando se utilicen mezclas anticongelantes e inhibidores preparados comercialmente, el fabricante especificará la composición del producto y su duración o tiempo de vida en condiciones estables. Como aditivos podrán utilizarse los productos que cumplan la reglamentación vigente.



3.4.5.- Características del Depósito de Acumulación.

El depósito estará fabricado de acuerdo con lo especificado en el Reglamento de Aparatos a Presión, Instrucción Técnica Complementaria MJE-AP11 y probado con una presión igual a dos veces la presión de trabajo y homologado por el Ministerio de Industria y Energía.

Se especificará el tipo de acumulador utilizado y las siguientes características técnicas:

- Volumen cubicado real.
- Principales dimensiones.
- Presión de máximo trabajo.
- Situación y diámetros de las bocas de conexión.
- Situación y especificación de los puntos de sujeción o apoyos.
- Máxima temperatura de utilización.
- Tratamiento y protección.
- Material y espesor de aislamiento y características de su protección.

El acumulador llevará una placa de identificación situada en lugar claramente visible y escrita con caracteres indelebles en la que aparecerán los siguientes datos:

- Nombre del fabricante y razón social.
- Contraseña y fecha de registro de tipo.
- Número de fabricación.
- Volumen neto de almacenamiento en litros.
- Presión máxima de servicio.

Cuando el intercambiador esté incorporado al sistema de acumulación, la placa de identificación indicará además de lo especificado antes, lo siguiente:

- Superficie de intercambio térmico en m².
- Presión máxima de servicio, del circuito primario.

Los depósitos vendrán equipados de fábrica con las bocas necesarias soldadas antes de efectuar el tratamiento de protección interior.

Al objeto de estas prescripciones podrán utilizarse depósitos de las siguientes características y tratamientos:

- Depósitos de acero galvanizado en caliente de cualquier tamaño, con espesores de galvanizado no inferiores a los especificados en la Norma UNE 37.501.
- Depósitos de acero vitrificado de volumen inferior a 500 litros.
- Depósitos de acero con tratamiento epoxídico.
- Depósitos de acero inoxidable de cualquier tamaño.
- Depósitos de cobre de cualquier tamaño.

A ser posible, el sistema de acumulación solar estará constituido por un solo depósito que además será, preferentemente, de configuración vertical. Cuando sea necesario que el sistema de acumulación solar esté formado por más de un depósito, éstos se conectarán en serie invertida en el circuito de consumo o en paralelo con los circuitos primarios y secundarios equilibrados.

Las conexiones de entrada y de salida se situarán de forma que se evite la formación de caminos preferenciales en el fluido.

La conexión de entrada de agua caliente procedente del intercambiador o de los captadores al acumulador se realizará por la parte superior de éste. La conexión de salida de agua fría del acumulador hacia el intercambiador o los captadores se realizará por la parte inferior de éste.

La entrada de agua caliente de los captadores en depósitos con aporte de energía auxiliar en su parte superior, estará situada por debajo del volumen destinado a dicho aporte.

Cuando se incorpore un intercambiador tipo serpentín en el acumulador, dicho intercambiador se situará en la parte inferior del depósito.

En depósitos de acumulación horizontales las tomas de agua caliente y fría se situarán en extremos opuestos.

Cuando exista alimentación de agua fría directamente al depósito ésta se conectará por la parte inferior, por el contrario, la extracción de agua caliente del depósito se realizará por la parte superior.

El sensor de la temperatura del acumulador del sistema de control se situará en la parte inferior del depósito.

El acumulador solar preferentemente se ubicará en zonas interiores.

3.4.6.- Características del Intercambiador de Calor.

En acumuladores solares con intercambiador incorporado al acumulador se especificará la superficie de intercambio y la relación entre esta superficie de intercambio y el área de captadores no será inferior a 0,15.

En instalaciones con intercambiador independiente se especificará la potencia y la eficiencia de éste. Los caudales de diseño de los circuitos primario y secundario no diferirán en más de un 10% y en ningún caso el caudal del secundario será superior al del primario.

La pérdida de carga de diseño en el intercambiador de calor no será superior a 3 m.c.a. tanto en el circuito primario como en el secundario.

Tipo, potencia, efectividad o superficie de intercambio, fabricante y modelo de cambiador serán los datos que se incluirán en la memoria de diseño así como datos de sus características de actuación medidos por el propio fabricante o por un laboratorio acreditado.

El intercambiador seleccionado resistirá la presión máxima de la instalación. En particular se prestará especial atención a los cambiadores que, como en el caso de los depósitos de doble pared, presentan grandes superficies expuestas por un lado a la presión, y por otro a la atmósfera, o bien, a fluidos a mayor presión.

Los materiales del cambiador de calor resistirán temperaturas de 110 °C y serán compatibles con el fluido de trabajo. Los cambiadores de calor utilizados en circuitos de agua sanitaria serán de acero inoxidable o cobre.

El diseño del cambiador de calor permitirá su limpieza utilizando productos líquidos.

Los tubos de los intercambiadores de calor tipo serpentín sumergido en el depósito para sistemas con circulación por bombeo, tendrán diámetros interiores inferiores o iguales a una pulgada.

Los tubos de los intercambiadores de calor tipo serpentín sumergido en el depósito para sistemas por termosifón, tendrán un diámetro mínimo de media pulgada.

El factor de ensuciamiento del intercambiador de calor no será inferior a lo especificado en la tabla adjunta para cada tipo de agua utilizada como fluido de trabajo.

TABLA

Circuitos de consumo	m.K/W
Agua blanda y limpia.....	0,0006
Agua dura.....	0,0012
Agua muy dura y/o sucia.....	0,0018
Circuitos cerrados.....	0,0008

Será el fabricante del intercambiador de calor quien aporte estos datos.

3.4.7.- La Estructura Soporte.

La estructura soporte de captadores se calculará para resistir, con los captadores instalados, las sobrecargas de viento y nieve, de acuerdo con lo indicado en la normativa básica de la edificación NBE-AE-88 “Acciones en la Edificación”.

El anclaje de la estructura se dimensionará de forma que resista las cargas indicadas en el párrafo anterior.

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

La estructura se protegerá superficialmente contra la acción de los agentes ambientales. Las estructuras de acero podrán protegerse mediante galvanizado por inmersión, pinturas orgánicas de zinc o tratamientos anticorrosivos equivalentes.

El diseño de la estructura tendrá en cuenta el ángulo de inclinación especificado para el captador, su orientación y la facilidad de montaje, desmontaje y acceso de los captadores.

La estructura se diseñará y construirá de forma que los apoyos de sujeción del captador sean suficientes en número y tengan el área de apoyo y posición relativa adecuada de forma que no se produzcan flexiones del captador superior a las permitidas por el fabricante.

El conjunto de la estructura se diseñará para que su peso por m² de superficie proyectada en el plano horizontal no supere 100 Kg/m².

Para el cálculo de la estructura se tendrá en cuenta lo señalado en las Normas Técnicas de la Edificación que fueran aplicables.

La realización de taladros en la estructura se llevarán a cabo antes de proceder al galvanizado o protección de la estructura.

Los topes de sujeción de captadores y la propia estructura no arrojará sombra sobre los captadores.

3.5.- PRESCRIPCIONES TÉCNICAS CORRESPONDIENTES A AISLAMIENTOS.

3.5.1.- Generalidades.

El aislamiento térmico de equipos y conducciones deberá cumplir las siguientes funciones:

- Reducir la transmisión de calor entre el fluido y el ambiente, con el fin de ahorrar energía.

- Evitar la formación de condensaciones, que podrían dañar la superficie sobre la que se producen.

- Proteger contra contactos accidentales con superficies a temperatura elevada.

El nivel de aislamiento que ha de emplearse depende de la función que cumple.

Cuando la temperatura en algún punto de la masa del aislamiento térmico pueda descender por debajo del punto de rocío del aire del ambiente, con consecuente formación de condensaciones, la cara exterior del aislamiento deberá estar protegida por una barrera antivapor.

El aislamiento no podrá quedar interrumpido en correspondencia del paso de 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 correspondencia de los soportes de las conducciones, que podrán estar o no completamente envueltas por el material aislante.

Las franjas y flechas que distinguen el tipo de fluido transportado en el interior de las conducciones y el sentido del flujo se pintarán sobre la superficie exterior del aislamiento.

Cualquier material aislante que muestre evidencia de estar mojado o, simplemente, de contener humedad, antes o después del montaje, será rechazado.

Todo el material aislante que se haya instalado en una jornada de trabajo deberá tener aplicado, en la misma jornada, la barrera antivapor, si ésta fuera necesaria.

3.5.2.- Materiales y Características.

Los materiales aislantes se identifican en base a las siguientes características: conductividad térmica; densidad aparente; permeabilidad al vapor de agua; absorción de agua por volumen o peso; propiedades

mecánicas, resistencia o compresión y flexión, módulo de elasticidad; envejecimiento ante la presencia de humedad, calor y radiaciones; coeficiente de dilatación; comportamiento frente a parásitos, agentes químicos y fuego.

El fabricante del material aislante garantizará las características de conductividad, densidad aparente, permeabilidad al vapor de agua y todas las demás antes mencionadas mediante etiquetas o marcas.

El material de aislamiento no contendrá sustancias que se presten a la formación de microorganismos en él. No desprenderá olores a la temperatura a que va a estar sometido, no sufrirá deformaciones como consecuencia de las temperaturas ni debido a una accidental formación de condensaciones.

Será compatible con las superficies a que va a ser aplicado, sin provocar corrosión de las tuberías en las condiciones de uso.

La conductividad térmica del aislamiento será la especificada por la Norma NBE-CT Condiciones Térmicas en los Edificios.

En cualquier caso, se recomienda la utilización de materiales incombustibles.

3.5.3.- Colocación.

Antes de su colocación deberá haberse quitado de la superficie aislada toda materia extraña, herrumbre, etc.

A continuación se dispondrán dos capas de pintura antioxidante en todos los elementos metálicos que no estén debidamente protegidos contra la oxidación.

El aislamiento se efectuará a base de mantas, filtros, placas, segmentos y coquillas, soportadas de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Deberá cuidarse con particular esmero que el material aislante haga un asiento compacto y firme sobre la superficie aislada, sin cámaras de aire, y que el espesor se mantenga uniforme.

Cuando para la obtención del espesor de aislamiento se requiera la instalación de varias capas se procurará que las juntas longitudinales y transversales de las capas no coincidan y que cada capa quede firmemente fijada.

El material aislante se protegerá mediante un revestimiento exterior cuando esté expuesto a acciones mecánicas o a las inclemencias del tiempo. Dicha protección -que será enlucido de yeso, cartón o enlucido bituminoso, enlucido de cemento o protecciones metálicas o de plásticos, según el caso- deberá aplicarse siempre en estos casos:

- En equipos, aparatos y tuberías situados en la sala de máquinas.
- En tuberías situadas en pasillos de servicio, a la vista.
- En equipos, aparatos y conducciones instalados al exterior.

3.5.4.- Aislamiento de Tuberías.

El aislamiento térmico de tuberías aéreas o empotradas deberá realizarse siempre con coquillas. El aislamiento de tubería de acero será a base de coquilla de fibra de vidrio, manta o *armaflex*.

El aislamiento se adherirá perfectamente a la tubería. Para ello, las coquillas se atarán con venda y sucesivamente con pletinas galvanizadas (se prohíbe el uso de alambre que penetraría en la coquilla cortándola).

Las curvas y codos se realizarán con trozos de coquilla cortados en forma de gajos. En ningún caso el aislamiento con coquillas presentará más de dos juntas longitudinales.

Cuando la temperatura de servicio de la tubería sea inferior a la temperatura del ambiente, las coquillas deberán ser encoladas sobre la tubería y entre ellas, por medio de breas, materiales bituminosos o productos especiales.

Los casquetes se sujetarán por medio de abrazaderas de cinta metálica, provistas de cierre de palanca para que sea sencillo su montaje y desmontaje.

Delante de las bridas se terminará el aislamiento con collarines metálicos (de zinc o aluminio), de tal forma que sea fácil manipular la junta.

Los espesores mínimos del aislamiento estarán de acuerdo con las tablas expuestas en la ITE 03.12.

3.5.5.- Aislamiento de Conductos.

Todos los conductos de aire irán aislados térmicamente por medio de manta de fibra de vidrio de 12 Kg/m³ de densidad, recubierta de papel alquitranado tipo *Kraft* o similar, que actúa como soporte y barrera de vapor.

Los conductos de chapa metálica se aislarán exteriormente con mantas o fieltros; la junta longitudinal coincidirá con la parte inferior del conducto.

El aislamiento se sujetará fuertemente al conducto por medio de malla metálica de 25 × 25 como máximo y en conductos con alguna dimensión superior a 1500 mm además de malla, el aislamiento se fijará al conducto con tiras de chapa galvanizada, ancladas al conducto.

Los espesores mínimos del aislamiento estarán de acuerdo con las tablas expuestas en la ITE 03.12.

3.5.6.- Aislamiento de Equipos, Aparatos y Accesorios.

Todos los accesorios de la red de tuberías, como válvulas, bridas, dilatadores, etc, deberán cubrirse con el mismo nivel de aislamiento que la tubería, incluida la eventual barrera antivapor; el aislamiento será fácilmente desmontable para las operaciones de mantenimiento sin deterioro del material aislante.

Entre el casquillo del accesorio y el aislamiento de la tubería se dejará el espacio suficiente para actuar sobre los tornillos.

En ningún caso el material aislante podrá impedir la actuación sobre los órganos de maniobra de las válvulas, ni la lectura de los instrumentos de medida y control.

En el caso de accesorio para reducciones, la tubería de mayor diámetro determinará el espesor del material a emplear.

Los aparatos se aislarán exteriormente con mantas flexibles o planchas semirrígidas, con o sin barrera antivapor según sea la temperatura del fluido en contacto con la superficie exterior del aparato, o bien mediante inyección de material en estado líquido y recubrimiento metálico exterior de protección.

Para estos revestimientos se emplearán chapas de aluminio. Las chapas se aplicarán después de haber sido recortadas, bordeadas y molduradas, con solapas de 30 a 50 mm. Las chapas se fijarán por medio de tornillos o remaches. Los elementos que forman las piezas especiales se contornarán por gajos. Para recubrimientos exteriores las juntas deberán sellarse con una masilla plástica (*mástic*) apropiada, elástica y resistente, procurando que haya sólo una junta longitudinal y que esta coincida con la generatriz inferior de la conducción.

Cuando el material aislante sea manta de fibra de vidrio o lana de roca, la fijación del material se hará por medio de agujas soldadas o pegadas a la superficie exterior del aparato o a unas abrazaderas transversales, en la manera que dicta la UNE 100171.

Cuando el material esté constituido por planchas de un material orgánico celular, la fijación a la superficie se hará por medio de un adhesivo de las características indicadas por el fabricante.

En el caso de depósitos, el espesor del aislante será de 30 mm para superficies de 2 m² como máximo (depósitos de acumulación con volumen inferior a 300 litros), y de 50 mm para superficies de a partir de 2 m², tal y como se indica en la ITE 03.12.

El espesor del aislamiento del intercambiador de calor no será inferior a 20 mm.

3.6.- PRESCRIPCIONES TÉCNICAS CORRESPONDIENTES A BOMBAS Y CALDERAS.

3.6.1.- Bombas.

Los materiales serán de primera calidad y estarán exentos de todos los defectos que puedan afectar a la eficacia del producto acabado.

Los cuerpos de las bombas tendrán capacidad para soportar una presión hidrostática de 1,5 veces la presión máxima de trabajo, sin que esta presión de prueba baje de 5 atmósferas.

Las partes componentes del grupo llevarán el nombre o la marca del fabricante en una placa firmemente fijada en un lugar bien visible. En lugar de la placa, el nombre o la marca del fabricante, podrán estar fundidos formando el cuerpo con las piezas componentes del equipo, ir estampadas o marcadas previamente sobre ellas de otro modo cualquiera. Asimismo, en

placa timbrada por el fabricante y fijada a la bomba, deberán figurar las características especificadas bajo las cuales trabaja cada bomba.

Todas las piezas del equipo estarán fabricadas de modo que sean intercambiables con las piezas de repuesto del mismo fabricante.

Las características de funcionamiento incluirán, como mínimo, los siguientes puntos:

- Tipos de fluido compatibles con la bomba.
- Caudal volumétrico (l/h).
- Altura manométrica (m.c.a.)
- Temperatura máxima del fluido 110 °C.
- Presión de trabajo.
- Velocidad de rotación (r.p.m.)
- Potencia absorbida (kW).
- Características de la acometida eléctrica (nº de fases, tensión y frecuencia).
- Clase de protección del motor (IP 44 ó IP 54).
- Acoplamientos hidráulicos (tipo y diámetros).
- Marca, tipo y modelo.

Las bombas podrán ser del tipo en línea, de rotor seco o húmedo o de bancada. Siempre que sea posible se utilizarán bombas tipo circuladores en línea.

En circuitos de agua caliente para usos sanitarios, los materiales de la bomba serán resistentes a la corrosión.

Los materiales de la bomba del circuito primario serán compatibles con las mezclas anticongelantes y en general con el fluido de trabajo utilizado.

Las bombas serán resistentes a las averías producidas por efecto de las incrustaciones calizas.

Las bombas serán resistentes a la presión máxima del circuito.

Preferentemente se utilizarán bombas con capacidad de regulación del caudal por variación de la potencia consumida.

La bomba permitirá efectuar de forma simple la operación de desaireación o purga.

La bomba se seleccionará de forma que el caudal y la pérdida de carga de diseño se encuentren dentro de la zona de rendimiento óptimo especificado por el fabricante.

Siempre que sea posible las bombas se montarán en las zonas más frías del circuito y las bombas en línea en tramos de tuberías verticales, evitando las zonas más bajas del circuito.

En instalaciones superiores a 100 m² se montarán dos bombas idénticas en paralelo, una de reserva, tanto en el circuito primario como en el secundario. En este caso se preverá el funcionamiento alternativo de las mismas, de forma manual o automática.

Las bombas que se han seleccionado son del tipo electrobombas centrífugas in-line, y pertenecen a la casa *Ebara*; más concretamente corresponde al modelo "LPS". Se instalarán bombas de esta marca o bien de otras con características similares.

Las características de estas bombas en cuanto a funcionamiento, aplicaciones, materiales de las que están fabricadas, parámetros eléctricos, etc., se detallan a continuación:

⇒ Modelo LPS:

- Características:

- Centrífuga vertical, de un solo impulsor
- Fabricación en Acero Inoxidable AISI 304.
- Ejecución tipo In-Line, orificios de aspiración e impulsión en línea y de iguales dimensiones
- Cierre mecánico.
- Impulsor radial cerrado.

- Aplicaciones:

- Circuitos de Calefacción bajo presión.
- Circuitos de refrigeración y aire acondicionado.
- Circuitos de agua fría y caliente.

- Prestaciones:

- Caudal máximo: 24 m³/h.
- Altura máxima: 19 m.c.a.
- Temperaturas límite del líquido: -10°C/100 °C.
- Presión de trabajo: 10 bar.
- NPSH_r: 4 m.
- Máxima presión de aspiración positiva: 2 bares para monofásico y para trifásico 25 LPS; 4 bares para trifásico 32-40-50 LPS.

- Materiales:

- Cuerpo de impulsión e impulsor: Acero Inoxidable AISI 304.
- Eje motor: Acero Inoxidable AISI 303.
- Carcasa de motor: Aluminio.
- Cierre mecánico: Carbón / Cerámica / NBR.

- Datos técnicos:

- Motor asíncrono, 2 polos.
- Aislamiento Clase F.
- Protección IP55.
- Monofásica 230V $\pm 10\%$ 50 Hz.
- Trifásica 400V $\pm 10\%$ 50Hz.
- Condensador y protección termoamperimétrica de rearme automático incorporados (monofásica).
- Bridas de Asp./Imp.: PN 10

3.6.2.- Calderas.

Los generadores de calor cumplirán con el Real Decreto 275/1995, de 24 de febrero por el que se dictan normas de aplicación de la Directiva del Consejo 92/42/CEE relativa a los requisitos mínimos de rendimiento para las calderas nuevas de agua caliente alimentadas con combustibles líquidos o gaseosos y válida para calderas con una potencia nominal comprendida entre 4 a 400 Kw. Las calderas de potencia superior a 400 Kw tendrán un rendimiento igual o superior al exigido para las calderas de 400 Kw.

Quedan excluidas de este cumplimiento las calderas alimentadas por combustibles sólidos, líquidos o gaseosos cuyas características o especificaciones difieran de la de los combustibles comúnmente comercializados y su naturaleza corresponda a recuperaciones de efluentes, subproductos o residuos cuya combustión no se vea afectada por limitaciones relativas al impacto ambiental (por ejemplo: gases residuales, biogases, biomasa, etc.).

Las calderas de gas se atenderán en todo caso a la reglamentación vigente, a lo establecido en la ITE 04.9 y particularmente al Real Decreto 1428/1992 de 27 de noviembre por el que se aprueban las disposiciones de aplicación de la Directiva 90/396/CEE sobre aparatos de gas.

El fabricante de la caldera deberá suministrar la documentación exigible por otras reglamentaciones aplicables y además, como mínimo, los siguientes datos:

- a) Información sobre potencia y rendimiento requerida por el Real Decreto 275/1995, de 24 de febrero por el que se dictan medidas de aplicación de la Directiva del Consejo 92/42/CEE.
- b) Condiciones de utilización de la caldera y condiciones nominales de salida del fluido portador.
- c) Características del fluido portador.
- d) Capacidad óptima de combustibles del hogar en las calderas de carbón.
- e) Contenido de fluido portador de la caldera.
- f) Caudal mínimo de fluido portador que debe pasar por la caldera.
- g) Dimensiones exteriores máximas de la caldera y cotas de situación de los elementos que se han de unir a otras partes de la instalación (salida de humos, salida y entrada de fluido portador, etc.).
- h) Dimensiones de la bancada.
- i) Pesos en transporte y en funcionamiento.
- j) Instrucciones de instalación, limpieza y mantenimiento.
- k) Curvas de potencia-tiro necesario en la caja de humos para las condiciones citadas en el Real Decreto 275/1995, por el que se dictan medidas de aplicación de la Directiva del Consejo 92/42/CEE.

Independientemente de las exigencias determinadas por el Reglamento de Aparatos a Presión u otros que le afecten, con toda caldera deberá incluirse:

- Utensilios necesarios para limpieza y conducción, si procede
- Aparatos de medida (manómetros y termómetros)

Los termómetros medirán la temperatura del fluido portador en un lugar próximo a la salida por medio de un bulbo que, con su correspondiente

vaina de protección, penetre en el interior de la caldera. No se admiten los termómetros de contacto.

Los aparatos de medida irán situados en lugar visible y fácilmente accesible para su entretenimiento y recambio, con las escalas adecuadas a la instalación.

Las calderas estarán sometidas a la reglamentación vigente en materia de aparatos a presión.

ÍNDICE DEL PRESUPUESTO

CAPÍTULO 1.- PRESUPUESTO SUELO RADIANTE.

CAPÍTULO 2.- PRESUPUESTO CALEFACCIÓN POR AIRE CALIENTE.

CAPÍTULO 1

PRESUPUESTO DEL SUELO RADIANTE

CAPÍTULO 1.- PRESUPUESTO SUELO RADIANTE.

El presente presupuesto se refiere a los costes que suponen los materiales y equipos necesarios para conformar la instalación que da solución al problema de la calefacción del Salón de Actos de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Cádiz.

No se consideran incluidos sin embargo los honorarios, tasas y gravámenes que se originen con ocasión de las inspecciones, aprobación y comprobación de las instalaciones y/o las obras.

Asimismo, no se consideran en el presente presupuesto los gastos de transporte de los diferentes equipos ni las obras de albañilería.

A continuación se expone de forma tabulada el presupuesto.

Tipo de material, equipo o accesorio	Descripción del material	Unidades	Precio (Euros)	
			Unitario	Total
CAPTADORES SOLARES	VISSMANN VITOSOL 100 S 2.5	16	842	13.472
	SOPORTE PARA 2 PLACAS SOLARES	8	116	928
INTERCAMBIADOR	VISSMANN VITOTRANS 100 (Mod. 3003 489)	1	783	783
DEPOSITOS	DEPÓSITO EXPANSIÓN CERRADO DE 140 L.	1	187	187
	ACUMULADOR DE INERCIA DE 3000 L.	1	3.607	3.607
BOMBAS CENTRÍFUGAS	ELECTROBOMBA MONOBLOC IN-LINE LPS 25/08 0,08 KW	1	326	326
	ELECTROBOMBA MONOBLOC IN-LINE LPS 25/25 0,25 KW	1	384	384
	ELECTROBOMBA MONOBLOC IN-LINE LPS 32/40 0,40 KW	VER MÁS ADELANTE		
VÁLVULAS	VÁLVULA DE CORTE 22x1	8	3,88	31
	VÁLVULA DE CORTE 28x1	11	5,66	62
	VÁLVULA DE CORTE 35x1,5	5	7,06	35
	VÁLVULA RETENCIÓN 28x1	3	4,56	14
	VÁLVULA RETENCIÓN 35x1,5	1	6,67	7
	VÁLVULA SEGURIDAD CON MANÓMETRO 28x1	1	18,48	19
	VÁLVULA SEGURIDAD CON MANÓMETRO 35x1,5	1	71,32	71
	VÁLVULA 3 VÍAS MOTORIZADA DE ZONA (230V) 35x1,5	1	136,46	136
	PURGADORES AUTOMÁTICOS	4	27,26	109
VÁLVULA DIFERENCIAL DE PRESIÓN	1	107	107	
CALDERA	VITODENS 300	1	4.626	4.626

Tipo de material, equipo o accesorio	Descripción del material	Unidades	Precio (Euros)	
			Unitario	Total
TUBERÍAS Y ACCESORIOS	TUBERÍA DE COBRE RÍGIDO DE Ø (mm) 28x1	66	5,02	331
	TUBERÍA DE COBRE RÍGIDO DE Ø (mm) 22x1	25	3,31	83
	TUBERÍA DE COBRE RÍGIDO DE Ø (mm) 35x1,5	22	6,13	135
	TUBERÍA PER DE Wirsbo-EvalPEX DE 16/20	1.110	1,38	1.430
	PANEL AISLANTE DE POLIESTIRENO EXPANDIDO	57	4,20	238
	GRAPAS DE SUJECCIÓN DE LA TUBERÍA SOBRE PANEL	1.224	0,17	0,68
	BANDA PERIMETRAL DE POLIETILENO	3	1,15	3,45
	FILM DE POLIETILENO BARRERA ANTIVAPOR	1	1	1
	DISTRIBUIDOR 8 CIRCUITOS	1	306	306
	ADITIVO PARA MORTERO	1	5,68	5,68
AISLAMIENTOS	CALORIFUGADO DE TUBERÍA 22x1	25	5,63	141
	CALORIFUGADO DE TUBERÍA 28x1	66	5,67	374
	CALORIFUGADO DE TUBERÍA 35x1,5	22	5,82	128
SISTEMAS CONTROL	BOMBA LPS 32/40 CON CENTRALITA DE REGULACIÓN Y VÁLVULA MEZCLADORA DE 3 VÍAS CON SONDAS.	1	1.272	1.272
	SONNENKRAFT SKSR2	1	355	355
PRESUPUESTO FINAL (EUROS)				29.708

El coste total de la instalación – con los conceptos que se excluyen al inicio del documento Presupuesto – asciende a **VEINTINUEVE MIL SETECIENTOS OCHO** Euros.

La Junta de Andalucía viene fomentando el uso de las energías renovables mediante diversas disposiciones, encontrándose actualmente vigente la Orden de 5 de Abril de 2000, por la que se hacen públicas las normas reguladoras de la concesión de ayudas del Programa andaluz de promoción de instalaciones de energías renovables (PROSOL) para el periodo 2000-2006.

El PROSOL dispone de dos fuentes de financiación: Por una parte, se encuadra dentro de las acciones del marco de apoyo que financia el Fondo Europeo de Desarrollo Regional, FEDER, y por otra parte se financia con fondos propios de la Junta de Andalucía asignados a esta Consejería en el presupuesto de la Comunidad Autónoma. Las ayudas se destinan a las empresas promotoras de las instalaciones de energías renovables, es decir, aquéllas que comercializan, instalan, mantienen y venden estos equipos o la energía producida por ellos, fomentando la creación de empleo estable y el desarrollo tecnológico andaluz.

Podrán ser objeto de subvención, entre las instalaciones de energías renovables, las promociones de instalaciones Solares Térmicas para producción de agua caliente, cualquiera que sea su uso.

Se ha designado a la Sociedad para el Desarrollo Energético de Andalucía (SODEAN, S. A.), empresa que pertenece en su totalidad al sector público andaluz, para realizar las tareas materiales del Programa PROSOL, colaborando en las siguientes áreas:

a) En el alcance de los objetivos de promoción de las energías renovables dentro del programa.

b) En las tareas materiales de gestión de los expedientes, realizando cálculos, informes, verificación del cumplimiento de las condiciones necesarias para la concesión de las ayudas y cuantas tareas le encargue el órgano instructor.

c) Verificando, en su caso, el cumplimiento y efectividad de las condiciones determinantes para su otorgamiento.

d) En la tramitación de la restitución de las subvenciones otorgadas en los supuestos en que concurra causa de reintegro, y conforme a las normas que se establezcan.

e) Revisando la correcta ejecución de las instalaciones.

f) Remitiendo, en su caso, la documentación e información entre Promotores, Usuarios y Administración.

Así pues, el coste final de nuestra instalación no será el determinado anteriormente, sino que se verá favorecido por la subvención que otorga la Junta de Andalucía. Por ello, a continuación vamos a determinar la cuantía de dicha subvención para establecer definitivamente cuál sería el presupuesto final.

A la hora de determinar la subvención aplicable se introduce el concepto de Precio de Referencia de la Inversión (PRI), que va a tener en cuenta los siguientes aspectos a la hora de estimar la subvención que se propone para una instalación:

1.- El coste de una instalación depende fundamentalmente del tamaño de dicha instalación, caracterizado por la superficie de captación y el volumen de acumulación.

2.- Se exigirá un nivel mínimo de calidad a captadores y equipos, de forma que los que estén por debajo del mínimo, no serán subvencionados.

3.- Criterio de fiabilidad y durabilidad. Este criterio se incorpora de dos formas: mediante el factor FT que potenciará las instalaciones y equipos solares térmicos indirectos frente a los directos, y, mediante un contrato de garantía de dos años adicionales a los tres años originales.

4.- Criterio de integración arquitectónica. Se potenciarán más aquellas que para la mayoría de los ciudadanos “están muy integradas en el edificio”. Este criterio se incorpora a través del factor FI.

Teniendo en cuenta los conceptos anteriormente mencionados, se procede a:

1º) Clasificar la instalación.

Nuestra instalación se recoge dentro del Grupo 8, es decir, como una instalación de circulación forzada indirecta, debido a su tamaño: 40 m² de superficie de captación y 3.000 litros de acumulación.

2º) Establecer el criterio de integración arquitectónica.

Para una instalación como la nuestra, situada en una azotea plana con pretil de menos de 0,95 metros y con una superficie de captación de 40 m², la integración arquitectónica no está cuantificada.

3º) Determinar el Precio de Referencia de la Inversión (PRINV).

Responde a la fórmula:

$$\text{PRINV} = (\text{Inversión} + \text{Eficiencia Energética} + \text{Integración})$$

Para nuestra instalación tenemos:

$$\text{Inversión} = \text{PRI}_B * \text{FT} = 398,662 \text{ €/m}^2 * 40 \text{ m}^2 * 1,25 = 19.933,50 \text{ €}$$

Integración = No contabiliza.

$$\text{Eficiencia Energética} = E * \text{PRI}_B * \text{FT} = 0,12 * 19.933,50 = 2.392,02 \text{ €}$$

El valor de PRI_B es función del tamaño de la instalación.

Sustituyendo:

$$\text{PRINV} = 19.933,50 + 2.392,02 = 22.325,52 \text{ €}$$

4º) Determinar el Precio de Referencia de la Garantía y mantenimiento (PRG).

Es el 10 % del PRINV si el plazo de garantía es de 5 años. Por tanto:

$$\text{PRG} = 0,1 * \text{PRINV} = 2.232,55 \text{ €}$$

5º) Determinar el PRI como suma del PRINV y PRG.

$$\text{PRI} = 22.325,52 + 2.232,55 = 24.558,07 \text{ €}$$

6º) Determinar la Cantidad a Subvencionar (CS) y a Financiar (CF).

A nuestra instalación le corresponde:

$$\text{CS} = 0,363 * 22.325,52 = 8.104,16 \text{ €}$$

$$\text{CF} = (1-0,363) * 22.325,52 + 2.232,55 = 16.453,91 \text{ €}$$

7º) Ayuda Pública Total (APT).

La empresa instaladora recibe el total de ayudas públicas como suma de la cantidad subvencionada (CS), más los gastos de financiación, y más el seguro, que deducirá del precio de la instalación, indicándolo expresamente en la factura.

En nuestro caso:

$$\text{APT} = 8.104,16 + 0,1429 * \text{CF} + 0,00975 * 29.708 = 10.745,07 \text{ €}$$

Así, el Presupuesto Final de la instalación sería:

$$\text{Presupuesto Final} = 29.708 - 10.745,07 = 18.963 \text{ €}$$

CAPÍTULO 2

PRESUPUESTO CALEFACCIÓN POR AIRE CALIENTE

CAPÍTULO 2.- PRESUPUESTO CALEFACCIÓN POR AIRE CALIENTE.

El presupuesto para la calefacción por aire caliente sólo incluye el coste de las resistencias eléctricas con todos sus accesorios. Así, los elementos incluidos en el Opcional Batería de Calor por Resistencias Eléctricas son los siguientes:

- Bastidor con resistencias eléctricas.
- Protector térmico de calor, uno o dos según el número de etapas de la batería.
- Caja eléctrica de calor con carril DIN, contactor y bloque de contactos según el modelo.
- Placa de ampliación Master Link-I, de referencia "MM291RP", y áncoras de montaje.
- Cabezal de suplemento y bridas de sujeción en chapa.
- Angulares de sujeción de la caja eléctrica.
- Manguera de conexión entre batería eléctrica de calor y su caja eléctrica.
- Tornillos rosca chapa en la cantidad necesaria para el montaje de la batería.
- Manual de Instalación.

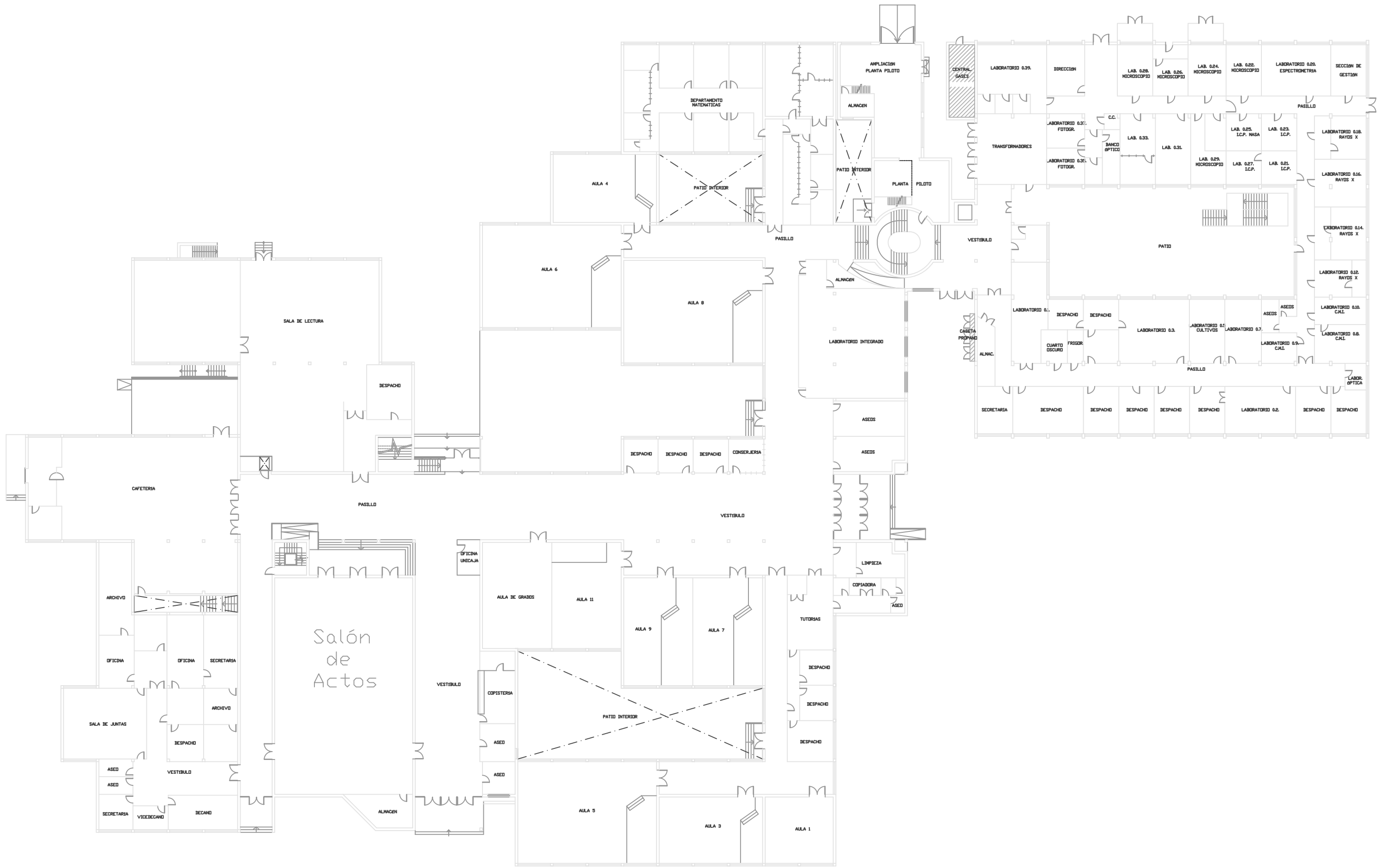
Tras consultar con la empresa distribuidora Terclimasur, S. L. (Carrier Shop) los precios actualizados son los siguientes:

- 1) El precio de venta al público de las resistencias de 18 Kw con todos sus accesorios asciende a 827,51 €
- 2) El precio de venta al público de las resistencias de 24 Kw con todos sus accesorios asciende a 992,31 €
- 3) El precio de venta al público de las resistencias de 36 Kw con todos sus accesorios asciende a 1.233,74 €

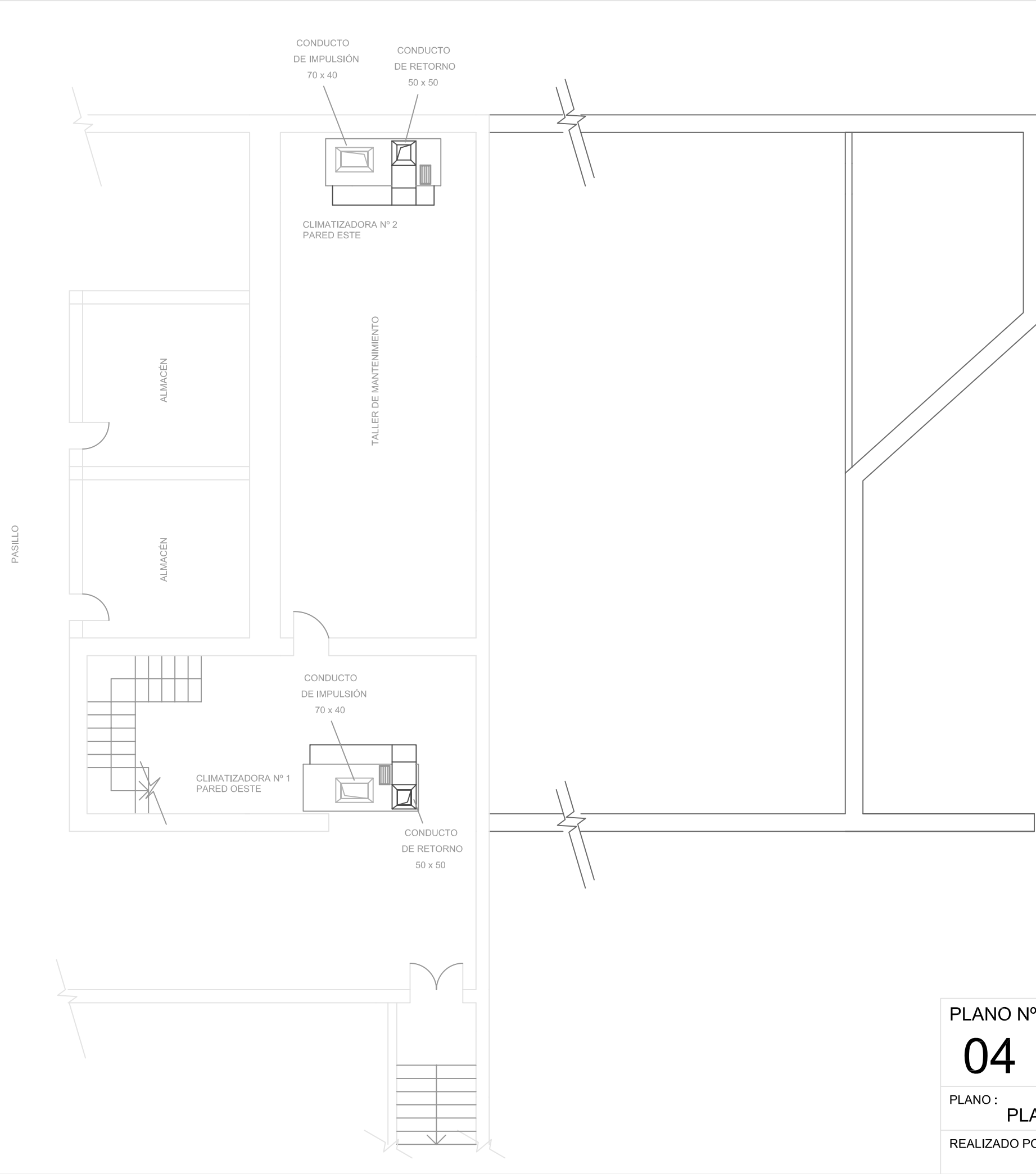
Estos precios no incluyen los gastos por transporte y de instalación.

Puesto que en nuestro Proyecto se ha elegido instalar dos resistencias de 24 Kw cada una, el Presupuesto final asciende a:

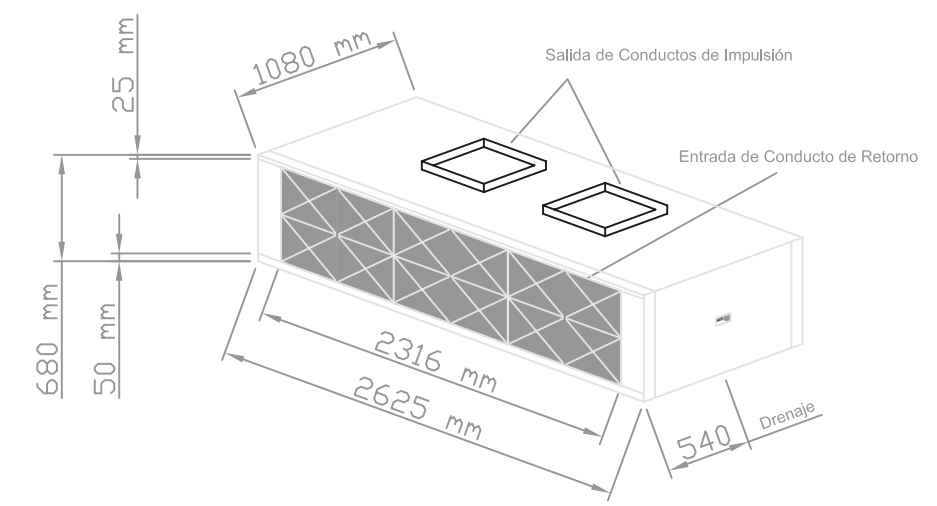
$$\text{Presupuesto Final} = 2 \times 992,31 = 1.984,62 \text{ €}$$



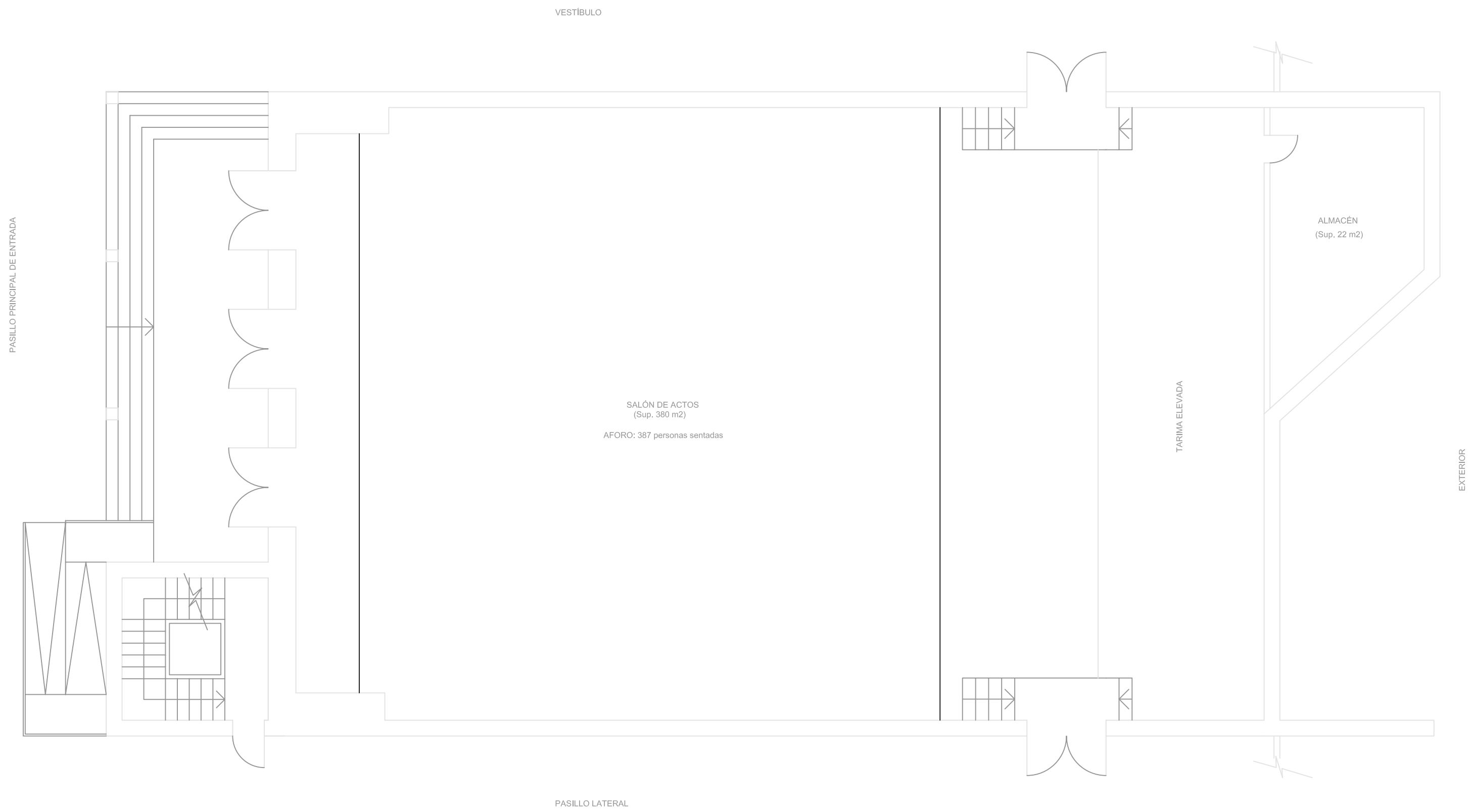
PLANO N°:	01	
	PROYECTO CALEFACCIÓN SALÓN DE ACTOS DE LA F. CIENCIAS	
PLANO GENERAL DE SITUACIÓN		ESCALA
J. ALBERTO ALÍAS GAMERO		DIBUJADO: JUN. 05



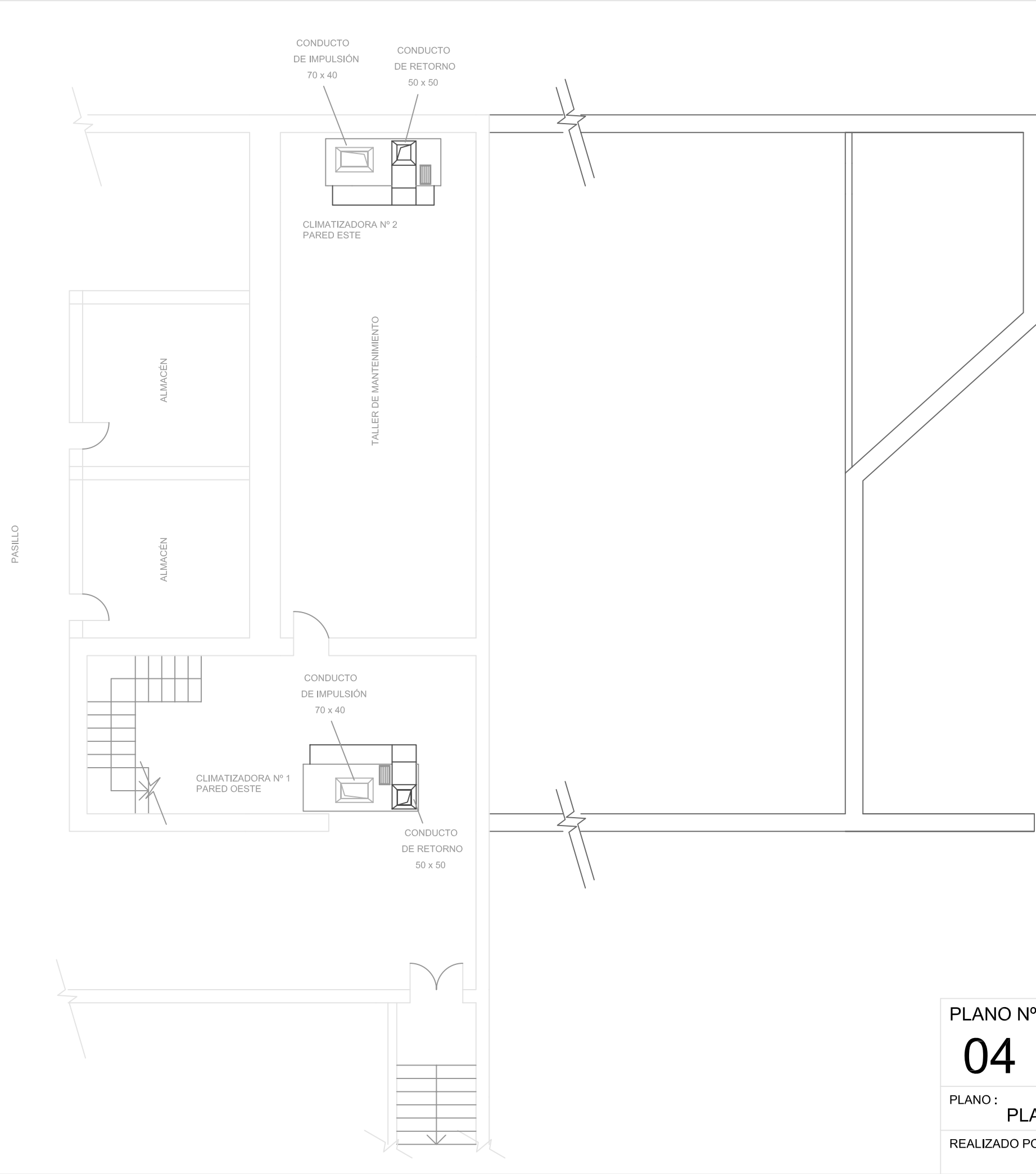
DETALLE DE LA UNIDAD CLIMATIZADORA CARRIER QUE SE ENCUENTRA EN EL SÓTANO DEL SALÓN DE ACTOS.



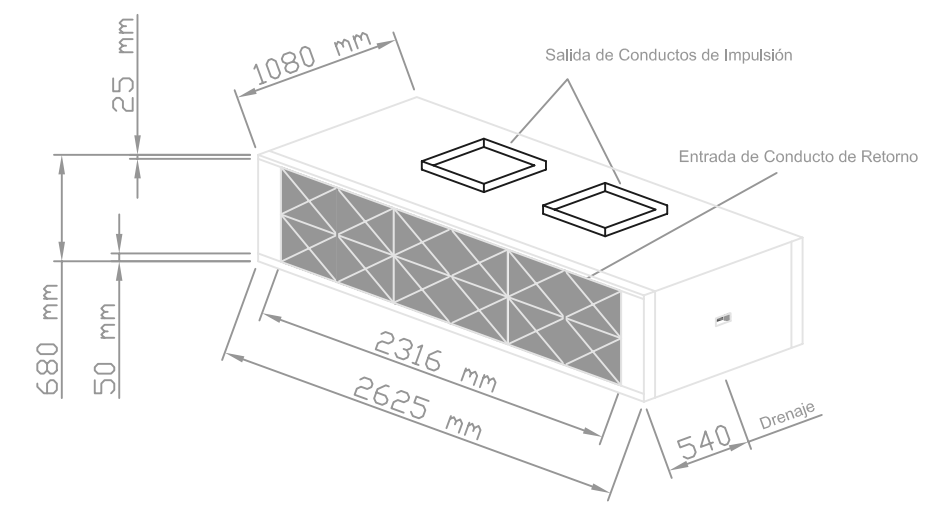
PLANO Nº 04	DISEÑO DE LA INSTALACIÓN PARA CALEFACCIÓN DEL SALÓN DE ACTOS DE LA F. DE CIENCIAS	
PLANO : PLANTA BAJA. ZONA DEL SALÓN DE ACTOS.	ESCALA 1:100	
REALIZADO POR : J. Alberto Alías Gamero	FECHA : JUN. 05	



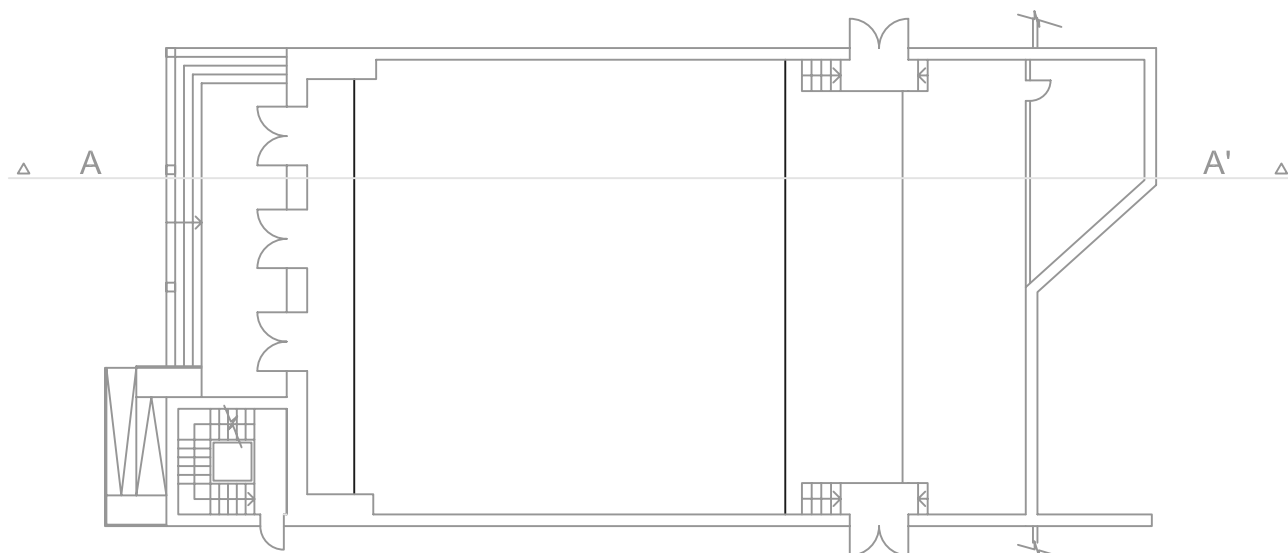
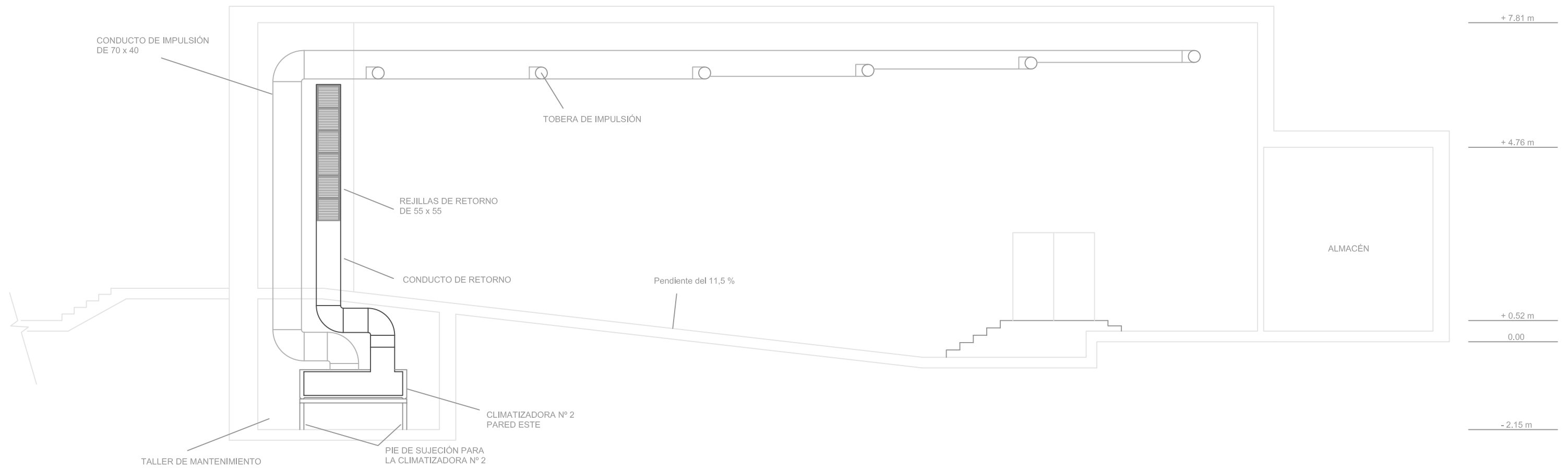
PLANO N° 03	DISEÑO DE LA INSTALACIÓN PARA CALEFACCIÓN DEL SALÓN DE ACTOS DE LA F. DE CIENCIAS	
PLANO : PLANTA DEL SALÓN DE ACTOS	ESCALA 1:100	
REALIZADO POR : J. Alberto Alías Gamero	FECHA : JUN. 05	



DETALLE DE LA UNIDAD CLIMATIZADORA CARRIER QUE SE ENCUENTRA EN EL SÓTANO DEL SALÓN DE ACTOS.





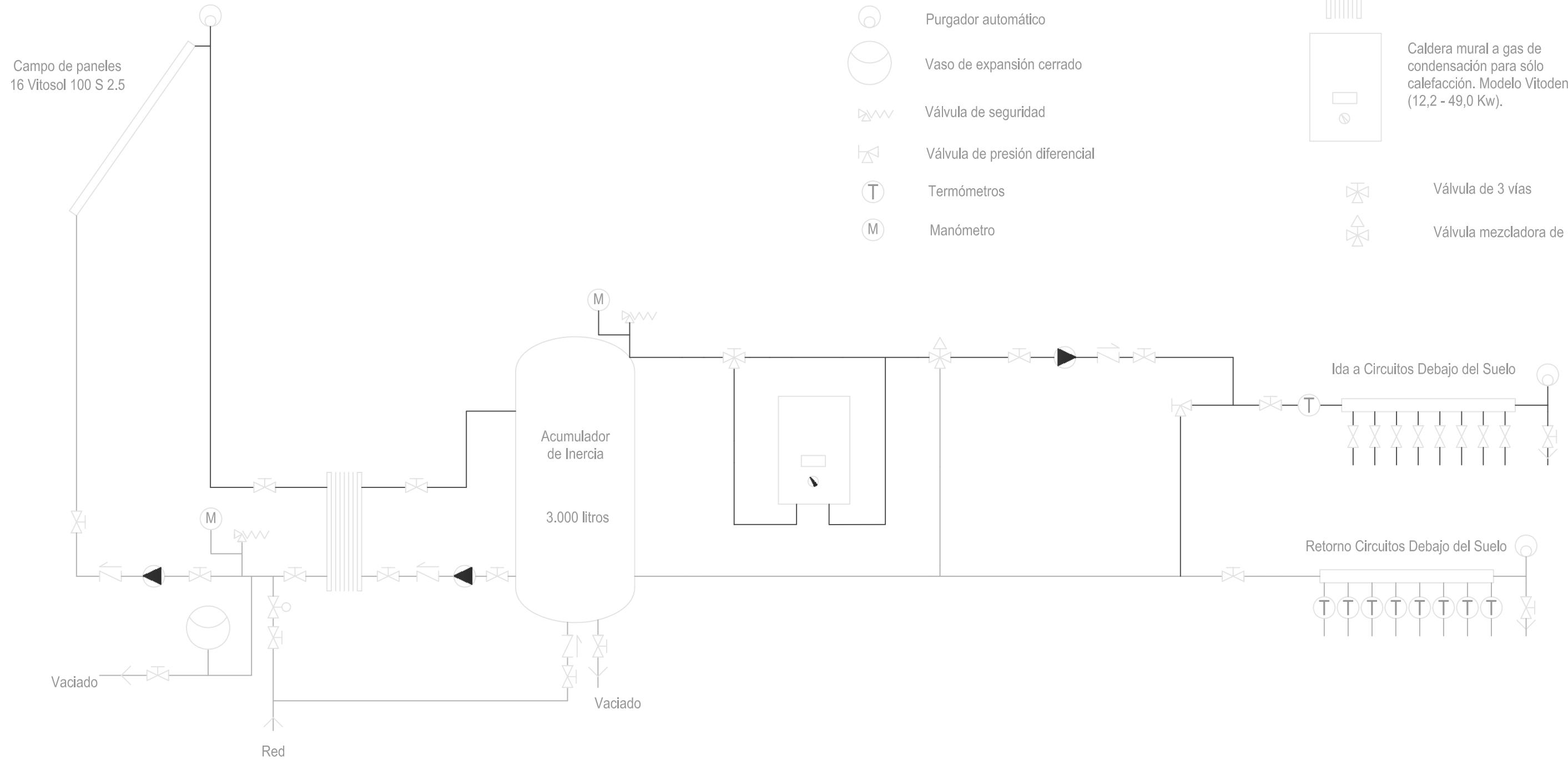
PLANO Nº 04	DISEÑO DE LA INSTALACIÓN PARA CALEFACCIÓN DEL SALÓN DE ACTOS DE LA F. DE CIENCIAS	
PLANO : PLANTA BAJA. ZONA DEL SALÓN DE ACTOS.	ESCALA 1:100	
REALIZADO POR : J. Alberto Alías Gamero	FECHA : JUN. 05	



PLANO Nº 05	DISEÑO DE LA INSTALACIÓN PARA CALEFACCIÓN DEL SALÓN DE ACTOS DE LA F. DE CIENCIAS	
PLANO : SECCIÓN A-A' DEL SALÓN DE ACTOS	ESCALA 1:100	
REALIZADO POR : J. Alberto Alías Gamero	FECHA : JUN. 05	

LEYENDA

-  Válvula de esfera
 -  Válvula de retención
 -  Válvula de llenado automático
 -  Bomba de circulación
 -  Purgador automático
 -  Vaso de expansión cerrado
 -  Válvula de seguridad
 -  Válvula de presión diferencial
 -  Termómetros
 -  Manómetro
-
-  Intercambiador de calor de placas. Modelo Vítotrans 100 (3003 489).
 -  Caldera mural a gas de condensación para sólo calefacción. Modelo Vítodens 300 (12,2 - 49,0 Kw).
 -  Válvula de 3 vías
 -  Válvula mezcladora de 3 vías

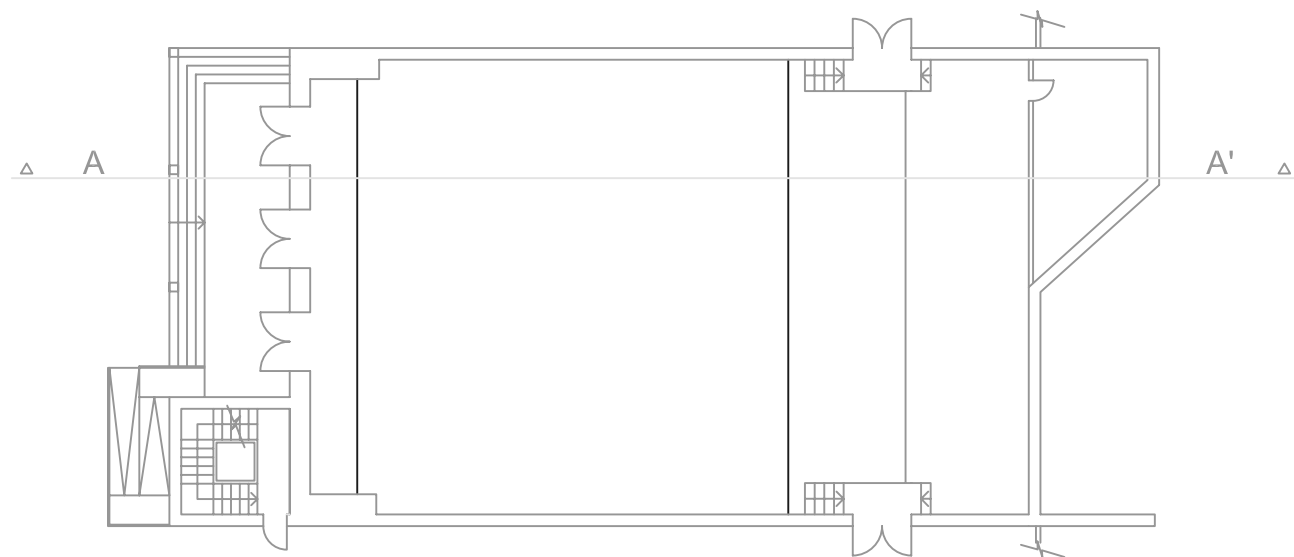
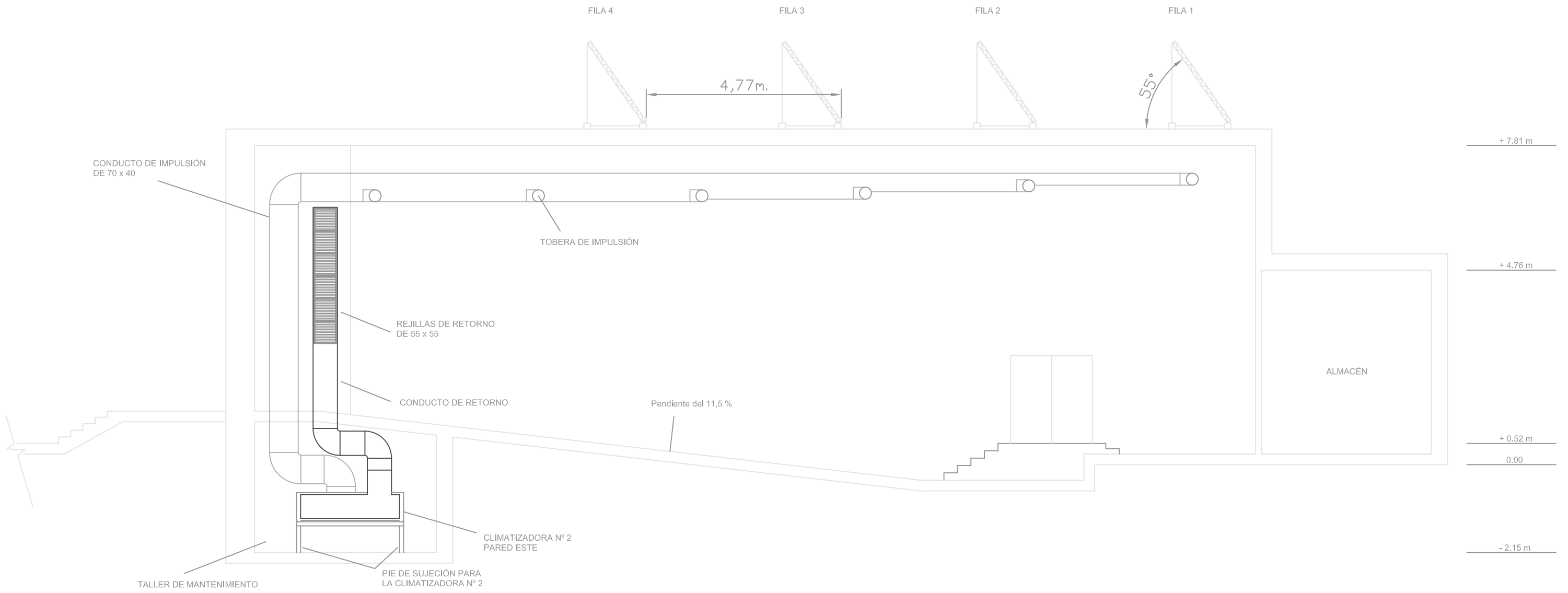


CIRCUITO PRIMARIO

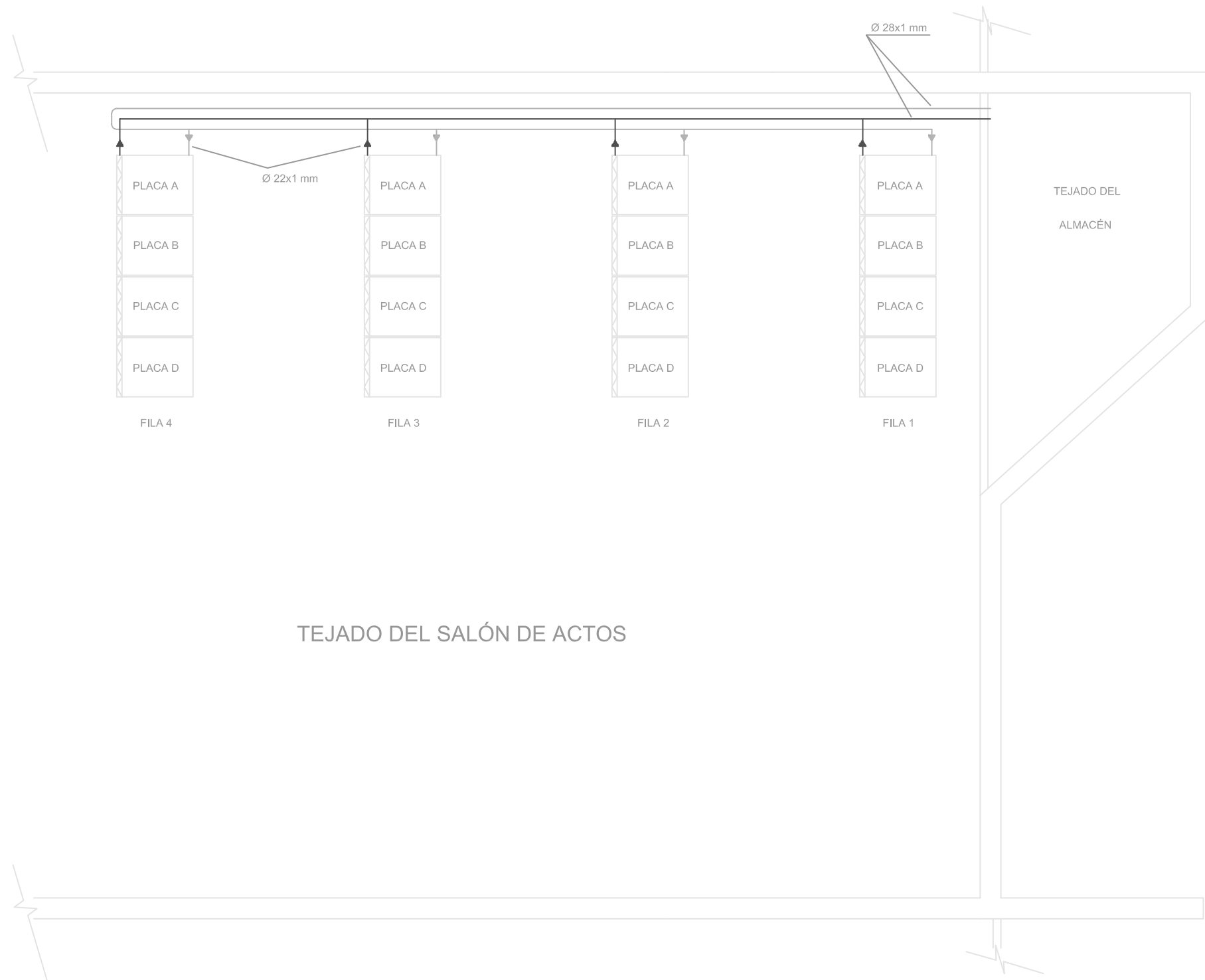
CIRCUITO SECUNDARIO

CIRCUITO DE CONSUMO

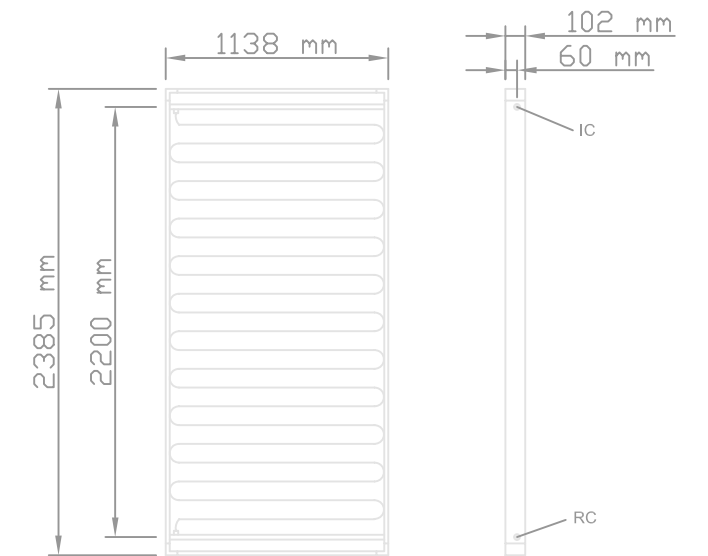
PLANO N° 06	DISEÑO DE LA INSTALACIÓN PARA CALEFACCIÓN DEL SALÓN DE ACTOS DE LA F. DE CIENCIAS	
PLANO : ESQUEMA PRINCIPAL DE LA INSTALACIÓN	ESCALA S/E	
REALIZADO POR : J. Alberto Alías Gamero	FECHA : JUN. 05	



PLANO Nº	DISEÑO DE LA INSTALACIÓN PARA CALEFACCIÓN DEL SALÓN DE ACTOS DE LA F. DE CIENCIAS	
07		
PLANO:	SECCIÓN A-A' CON LAS FILAS DE CAPTADORES	ESCALA 1:100
REALIZADO POR:	J. Alberto Alías Gamero	FECHA: JUN. 05



DETALLE DEL COLECTOR SOLAR
VITOSOL S 2.5 DE VISSMANN





RC Retorno del Colector (ENTRADA)

IC Impulsión del Colector (SALIDA)

TEJADO DEL SALÓN DE ACTOS

TEJADO DEL
ALMACÉN

LEYENDA

-  TUBERÍAS DE AGUA FRÍA
-  TUBERÍAS DE AGUA CALIENTE

PLANO N°
08

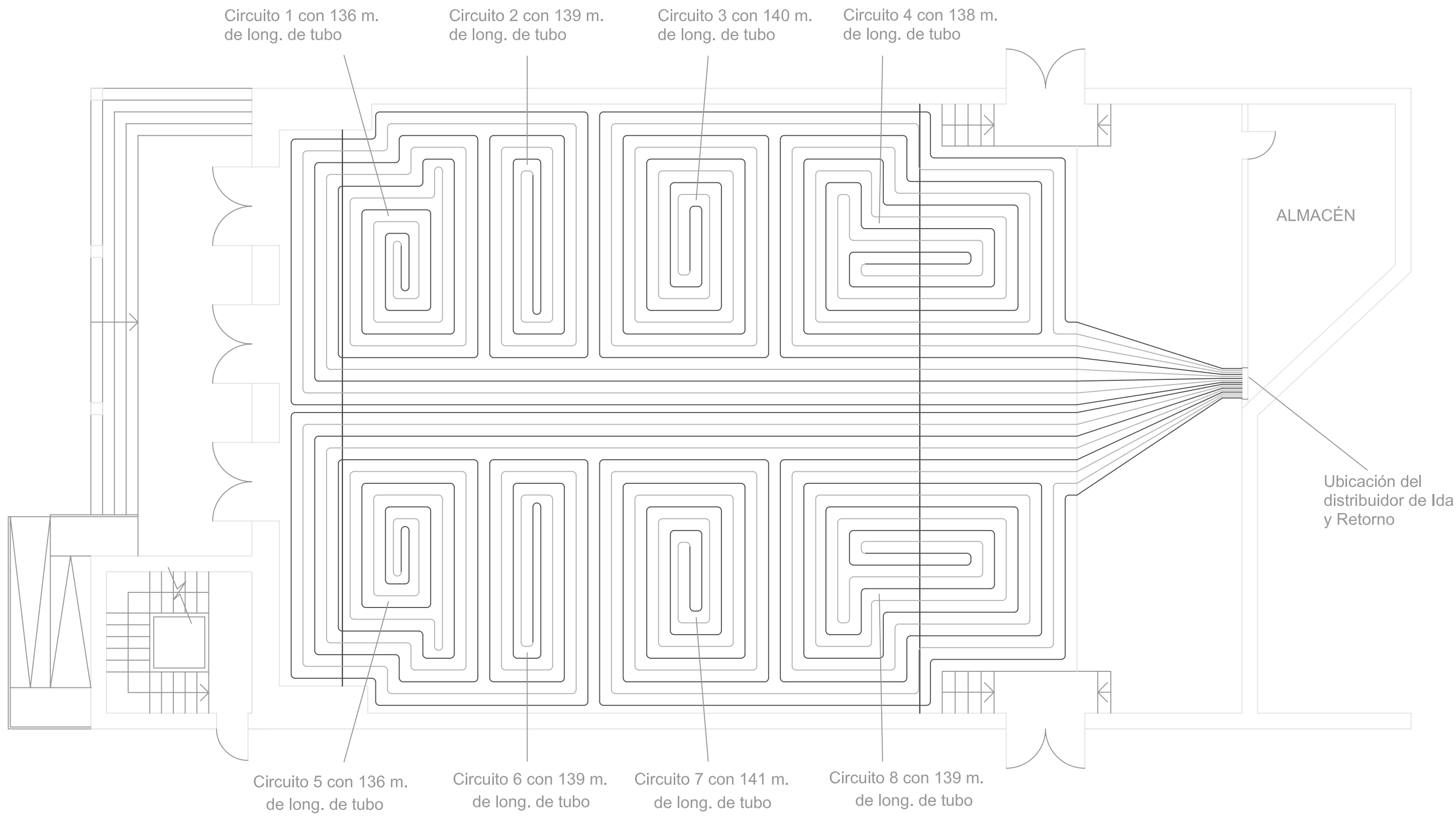
DISEÑO DE LA INSTALACIÓN PARA CALEFACCIÓN
DEL SALÓN DE ACTOS DE LA F. DE CIENCIAS

PLANO :
CAMPO DE CAPTADORES

ESCALA
1:100

REALIZADO POR :
J. Alberto Alías Gamero

FECHA :
JUN. 05



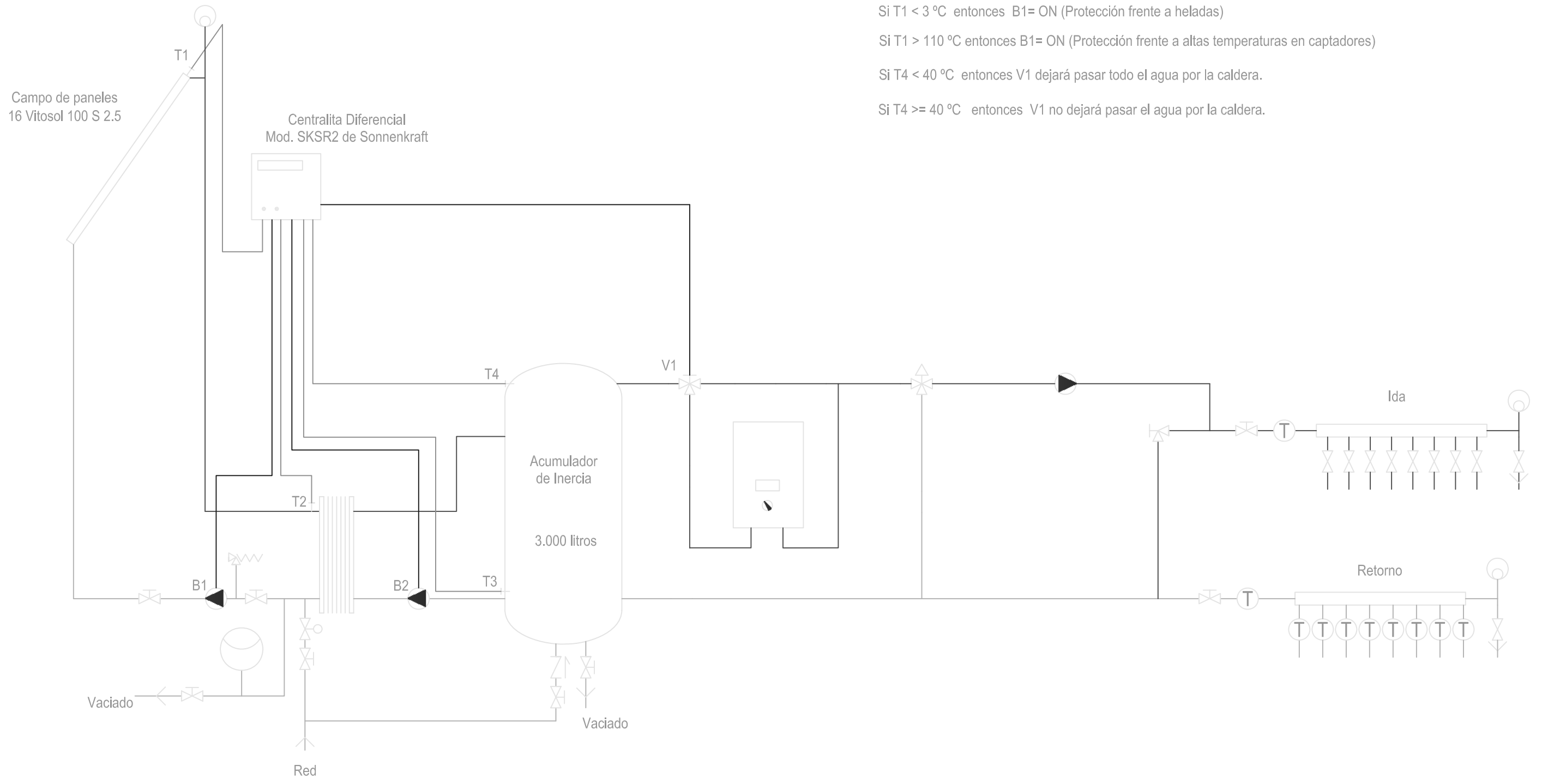
LEYENDA

- Tramo de tubo PER (16/20) de Ida
- Tramo de tubo PER (16/20) de Retorno

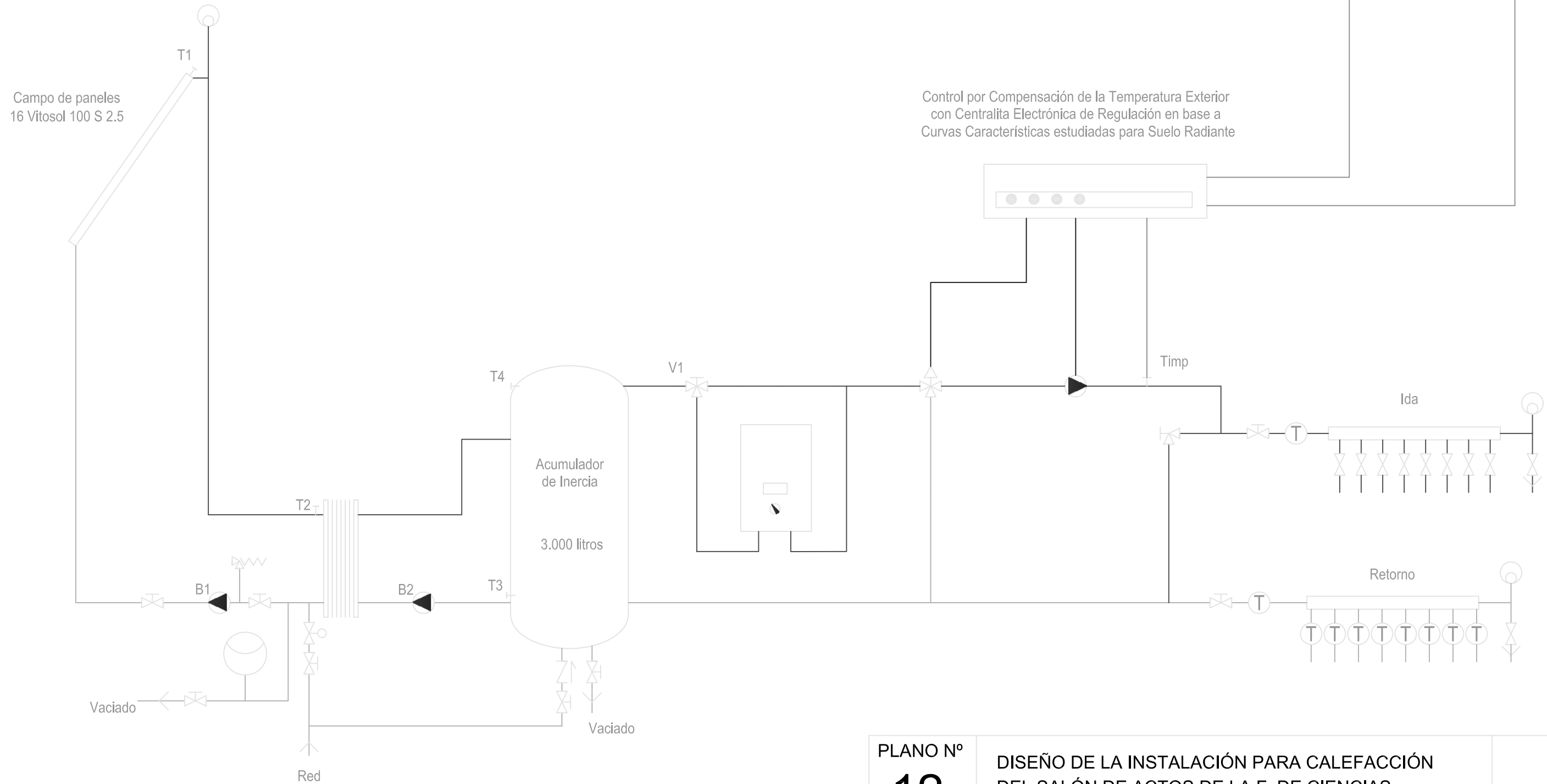
PLANO N° 09	DISEÑO DE LA INSTALACIÓN PARA CALEFACCIÓN DEL SALÓN DE ACTOS DE LA F. DE CIENCIAS	
PLANO: DISTRIBUCIÓN DE LOS TUBOS DEBAJO DEL SUELO	ESCALA 1:100	
REALIZADO POR: J. Alberto Alías Gamero	FECHA: JUN. 05	

CONTROL

- Si $(T1-T3) > 6\text{ }^{\circ}\text{C}$ entonces B1= ON ; Cuando $(T1-T3) < 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ entonces B1= OFF
- Si $(T2-T3) > 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ entonces B2= ON ; Cuando $(T2-T3) < 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ entonces B2= OFF
- Si $T4 > 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ entonces B1=B2= OFF aunque $(T1-T3)$ y $(T2-T3)$ indiquen lo contrario. (Protección del interacumulador)
- Si $T1 < 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ entonces B1= ON (Protección frente a heladas)
- Si $T1 > 110\text{ }^{\circ}\text{C}$ entonces B1= ON (Protección frente a altas temperaturas en captadores)
- Si $T4 < 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ entonces V1 dejará pasar todo el agua por la caldera.
- Si $T4 \geq 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ entonces V1 no dejará pasar el agua por la caldera.

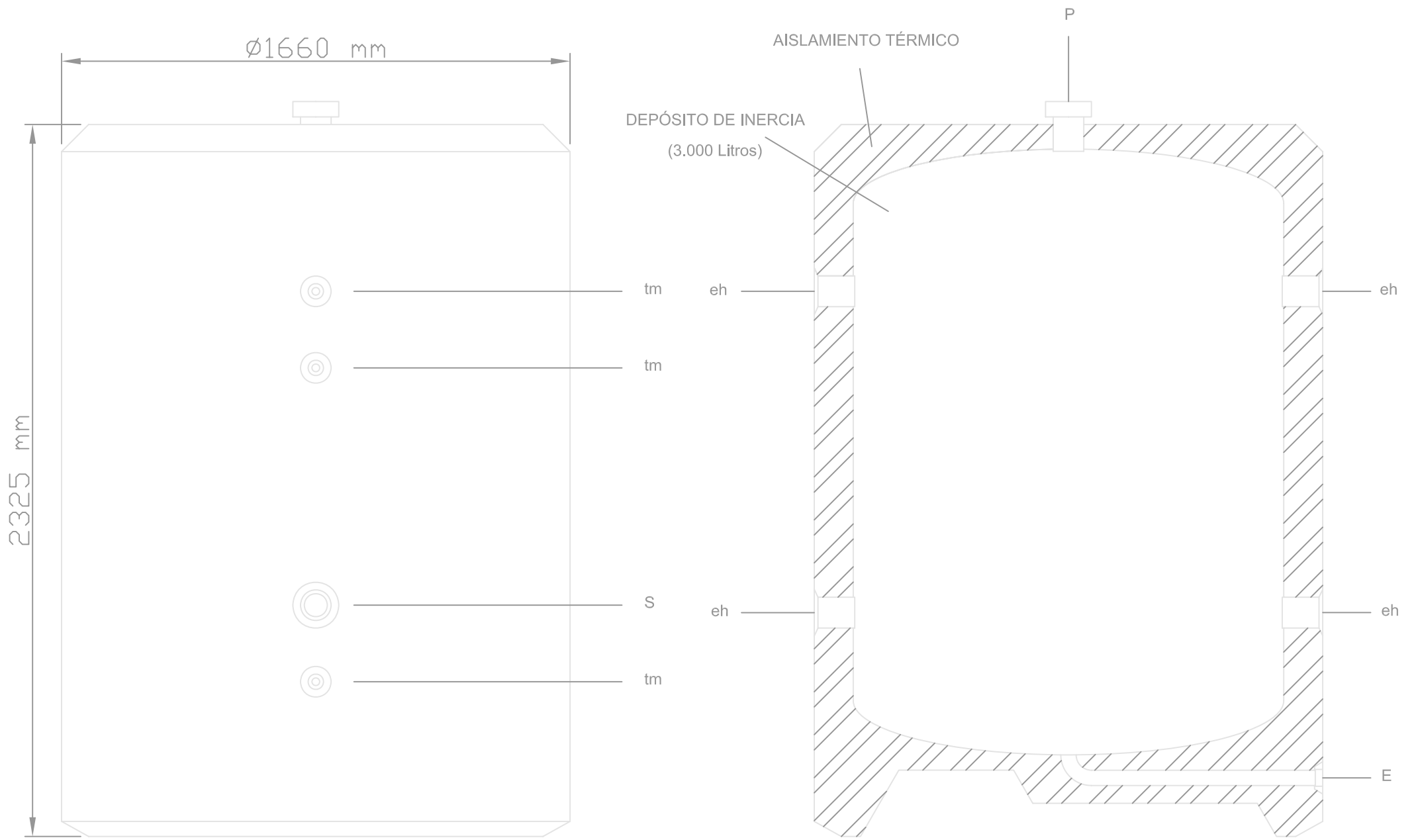


PLANO N° 11	DISEÑO DE LA INSTALACIÓN PARA CALEFACCIÓN DEL SALÓN DE ACTOS DE LA F. DE CIENCIAS	
PLANO : ESQUEMA DE CONTROL 1	ESCALA S/E	
REALIZADO POR : J. Alberto Alías Gamero	FECHA : JUN. 05	



PLANO N° 12	DISEÑO DE LA INSTALACIÓN PARA CALEFACCIÓN DEL SALÓN DE ACTOS DE LA F. DE CIENCIAS	
PLANO: ESQUEMA DE CONTROL 2	ESCALA S/E	
REALIZADO POR: J. Alberto Alías Gamero	FECHA: JUN. 05	

DETALLE DEL DEPÓSITO DE INERCIA



LEYENDA

eh:	Conexión lateral	"GAS/H	4
E:	Conexión lateral	"GAS/H	1-1/4
P:	Conexión superior	"GAS/H	2
tm:	Conexión lateral	"GAS/H	1/2
S:	Conexión lateral	"GAS/H	1-1/2

PLANO N°

13

DISEÑO DE LA INSTALACIÓN PARA CALEFACCIÓN
DEL SALÓN DE ACTOS DE LA F. DE CIENCIAS

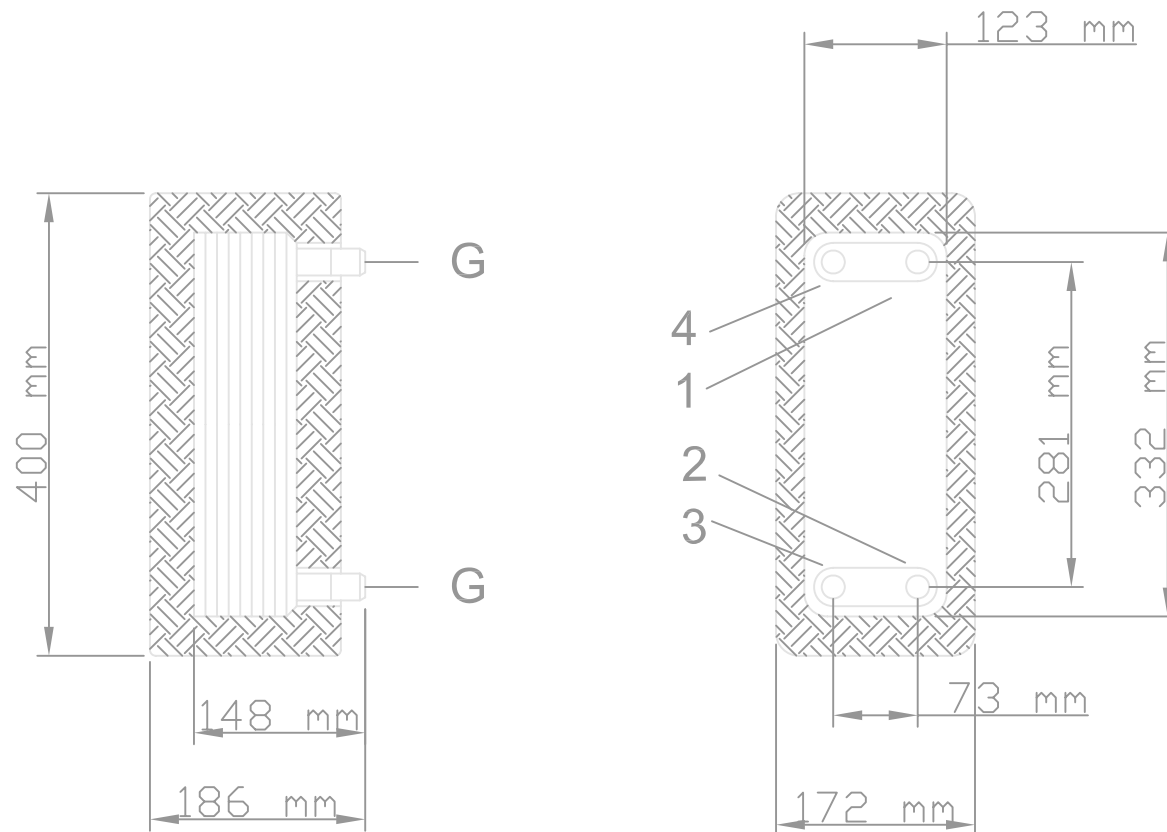
PLANO :
DEPÓSITO DE INERCIA

ESCALA
S/E

REALIZADO POR :
J. Alberto Alías Gamero

FECHA :
JUN. 05

DETALLE DEL INTERCAMBIADOR DE PLACAS



LEYENDA

Conexión: "G" 1

Conexiones posibles:

	Entrada	Salida
Primario	1	2
Secundario	3	4
Primario	2	1
Secundario	4	3
Primario	3	4
Secundario	1	2
Primario	4	3
Secundario	2	1

PLANO N°

15

**DISEÑO DE LA INSTALACIÓN PARA CALEFACCIÓN
DEL SALÓN DE ACTOS DE LA F. DE CIENCIAS**

PLANO :

INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS

ESCALA

S/E

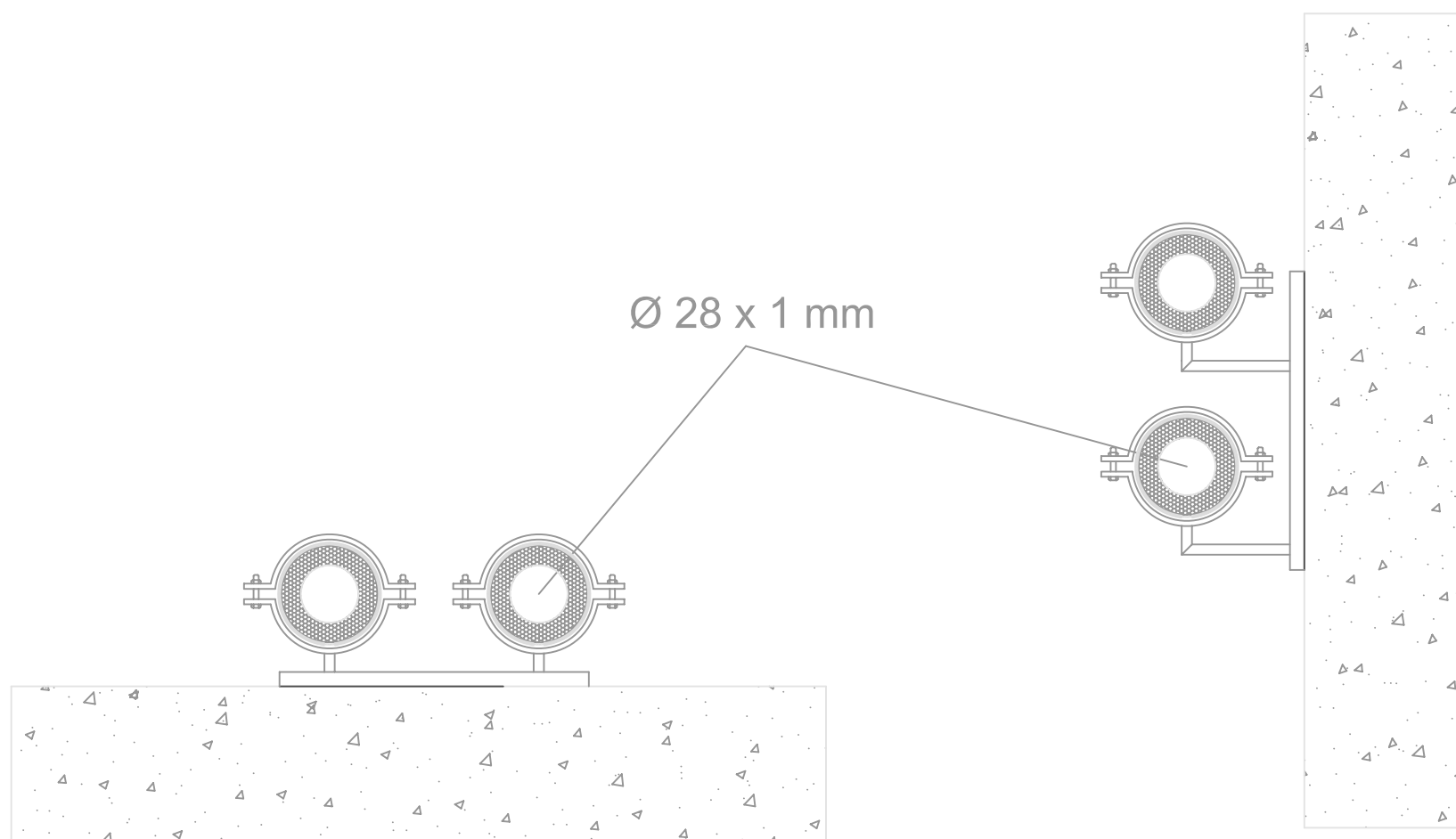
REALIZADO POR :

J. Alberto Alías Gamero

FECHA :

JUN. 05

DETALLE DE LA SOPORTACIÓN DE LAS TUBERÍAS



SOPORTACIÓN DE TUBERÍA AISLADA AL SUELO

SOPORTACIÓN DE TUBERÍA AISLADA A MURO

PLANO N°

16

DISEÑO DE LA INSTALACIÓN PARA CALEFACCIÓN DEL SALÓN DE ACTOS DE LA F. DE CIENCIAS

PLANO :

SOPORTACIÓN DE LAS TUBERÍAS

ESCALA

S/E

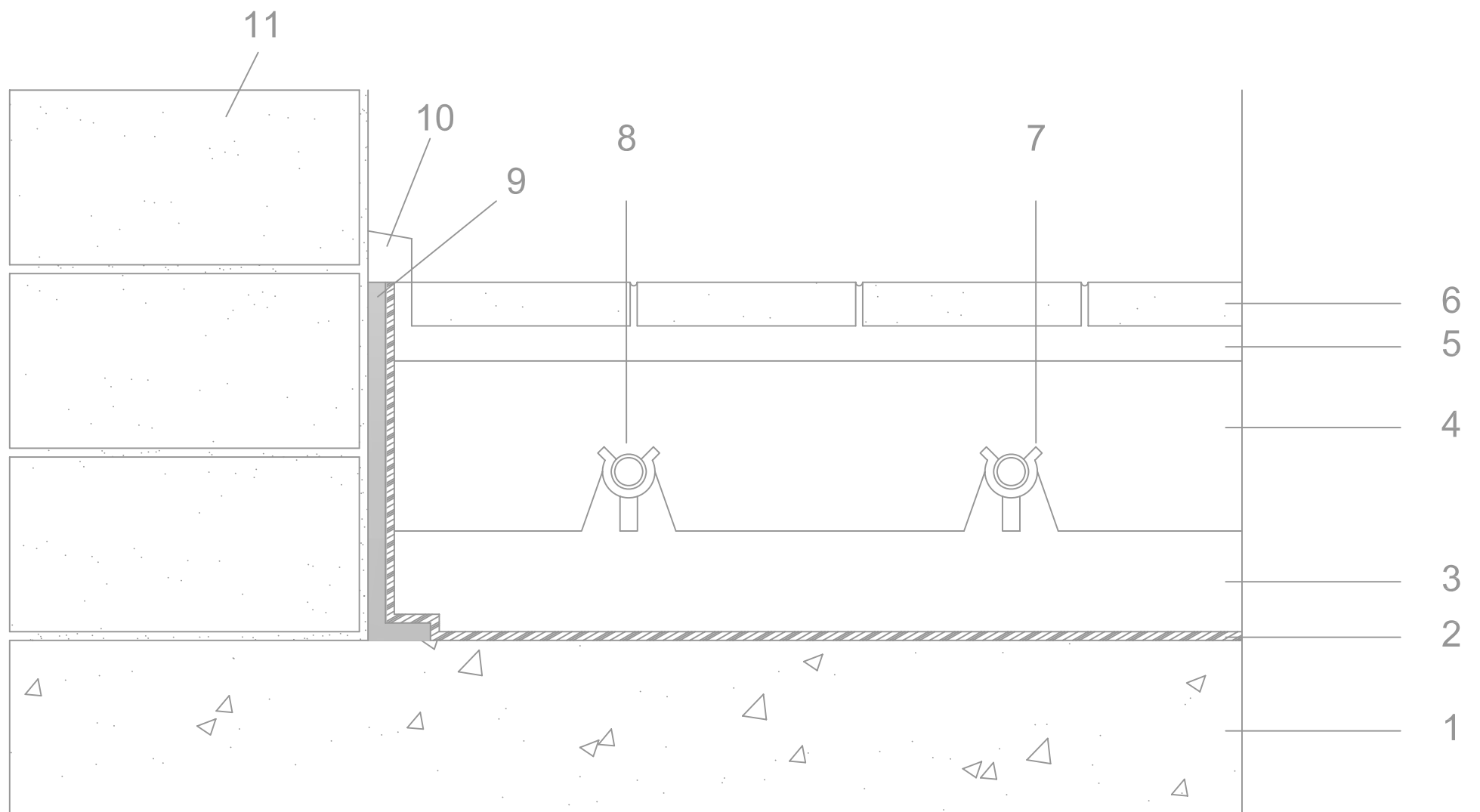
REALIZADO POR :

J. Alberto Alías Gamero

FECHA :

JUN. 05

CORTE EN SECCIÓN DEL SOLADO DEL SALÓN DE ACTOS



- 1 Forjado (20 cm)
- 2 Lámina de Polietileno de 0,2 mm
- 3 Aislamiento de Porexpan (3 cm)
- 4 Losa de mortero con aditivos, especial para Suelo Radiante (4 cm)
- 5 Mortero de cemento (1 cm)
- 6 Solado (3 cm)
- 7 Grapa de sujeción
- 8 Tubo PER de 16/20
- 9 Franja lateral aislante (1 cm)
- 10 Zocalillo o rodapié
- 11 Pared o muro

PLANO N°

17

DISEÑO DE LA INSTALACIÓN PARA CALEFACCIÓN
DEL SALÓN DE ACTOS DE LA F. DE CIENCIAS

PLANO :

CORTE EN SECCIÓN DEL SOLADO DEL SALÓN

ESCALA

S/E

REALIZADO POR :

J. Alberto Alías Gamero

FECHA :

JUN. 05

