

Trabajo de Fin de Grado

Grado en Ingeniería de las Tecnologías Industriales

Instalación para la producción de ACS  
en un edificio de apartamentos turísticos.

Autor: Vicente de Bethencourt Gil-Delgado

Tutor: Jose Julio Guerra Macho

Departamento de Ingeniería Energética

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2019





Trabajo Fin de Grado  
Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales

# Instalación para la producción de ACS en un edificio de apartamentos turísticos.

Autor:

Vicente de Bethencourt Gil-Delgado

Tutor:

D. José Julio Guerra Macho

Catedrático de Universidad

Dep. de Ingeniería Energética  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2019



Proyecto Fin de Grado: *Instalación para la producción de ACS en un edificio de apartamentos turísticos.*

Autor: Vicente de Bethencourt Gil-Delgado

Tutor: José Julio Guerra Macho

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

El Secretario del Tribunal

Sevilla, 2019

*A mi familia.*

*A mis compañeros y profesores.*

*En memoria de Agustín de Betancourt y Molina (1758-1824), el olvidado padre de la ingeniería.*

# Índice

Índice .....	5
Índice de Tablas.....	9
Índice de Figuras .....	11
1. Memoria descriptiva.....	13
1.1 Objeto del proyecto. ....	13
1.2 Antecedentes.....	13
1.3 Método de cálculo. CHEQ4. ....	14
1.3.1. Localización.....	15
1.3.2. Configuración. ....	15
1.3.3. Demanda. ....	17
1.3.4. Solar/Apoyo.....	17
1.3.5. Otros parámetros. ....	18
1.3.6. Resultados.....	18
1.4. Introducción a la Aerotermia y calderas de Biomasa. ....	19
1.4.1 Descripción de instalación de Aerotermia.....	20
1.4.2 Descripción de instalación de Biomasa. ....	21
1.5 Descripción del edificio.....	21
1.5.1 Antecedentes históricos y arquitectónicos.....	22
1.5.2 Localización del edificio. ....	22
1.5.3 Distribución de los apartamentos. ....	23
1.5.4 Características técnicas del edificio.....	25
1.6 Descripción de la instalación de Aerotermia. ....	25
1.7 Descripción de la instalación de biomasa.....	28
1.8 Elección de entre las instalaciones alternativas.....	30
1.8.1. Desventajas de la Aerotermia. ....	30
1.8.2. Desventajas de la Caldera de Biomasa. ....	31
1.8.3. Elección. ....	31
1.9 Características técnicas de los elementos de la instalación. ....	31
1.9.1. Acumulador del sistema primario. ....	31
1.9.2. Equipo bomba de calor Aerotermia.....	33
1.9.3. Acumulador del sistema auxiliar. ....	34
1.9.4. Sistema de energía auxiliar (Caldera de condensación). ....	36
1.9.5. Vaso de expansión en Acumuladores.....	38

1.9.6. Valvulería y tuberías.....	39
1.10. Normativa.....	39
1.10.1. Código técnico de la Edificación HE-4.....	40
1.10.2. Norma UNE.....	40
1.10.3. Reglamento de instalaciones térmicas en la edificación (RITE).....	41
1.10.4. Ordenanza de Sevilla.....	41
1.11. Bibliografía.....	42
2. Memoria de cálculo.....	43
2.1. Introducción.....	43
2.2. Datos de partida.....	43
2.2.1. Parámetros generales del edificio.....	43
2.2.2. Parámetros climáticos.....	44
2.3. Cálculo de la demanda.....	45
2.3.1. Calculo de la demanda de ACS.....	45
2.3.2. Demanda energética.....	46
2.3.3. Fracción de demanda anual cubierta por el sol.....	47
2.3.4. Instalación solar de referencia.....	48
2.4. Equipo de Aerotermia.....	50
2.4.1. Acumulador del equipo de Aerotermia.....	50
2.4.2. Bomba de calor equipo Aerotermia.....	52
2.5. Equipo auxiliar.....	54
2.5.1. Acumulador del equipo Auxiliar.....	54
2.5.2. Sistema Auxiliar de energía.....	54
2.6. Cálculos Hidráulicos.....	56
2.6.1. Circuito primario de Aerotermia.....	56
2.6.2. Circuito primario del sistema Auxiliar.....	61
2.6.2. Sistema de conexión circuito aerotermia y auxiliar.....	67
2.6.3. Sistema de distribución de ACS.....	68
2.7. Dimensionado del vaso de expansión.....	69
2.7.1. Vaso de expansión Aerotermia.....	69
2.7.2. Vaso de expansión Auxiliar.....	71
2.7.3. Vaso de expansión Acumuladores.....	72
2.8. Cálculo de espesores de aislamiento.....	74
2.8.1. Aislamiento de Tuberías.....	74
2.8.2. Aislamiento de Acumuladores.....	75

2.9. Sistemas de control electrónico y de seguridad.....	75
3. Justificaciones.....	77
3.1. Justificación de la Aerotermia como energía renovable.....	77
3.2. Justificación del porcentaje de energía cubierta por la Aerotermia.....	80
3.3. Justificación de la reducción de emisiones de CO <sub>2</sub> y el consumo de energía primaria no renovable.....	80
3.3.1. Calculo de necesidades de ACS. ....	81
3.3.2. Reducción de energía primaria y emisiones de CO <sub>2</sub> . ....	81
3.3.3. Conclusión. ....	83
4. Pliego de condiciones. ....	85
4.1. Objeto. ....	85
4.2. Normativa aplicable.....	85
4.3. Condiciones de materiales y equipos. ....	86
4.3.1. Accesorios. ....	86
4.3.2. Válvulas. ....	88
4.3.3. Aislamiento.....	90
4.3.4. Vasos de expansión. ....	90
4.3.5. Bombas .....	91
4.3.6. Sistema eléctrico y de control.....	92
4.3.7. Aparatos de medida. ....	92
4.3.8. Acumuladores.....	94
4.3.9. Intercambiadores de calor.....	95
4.4. Provisión del material.....	95
4.5. Condiciones de montaje.....	96
4.6. Pruebas, puesta en marcha y recepción. ....	96
4.6.1. General. ....	96
4.6.2. Pruebas parciales. ....	96
4.6.3. Pruebas finales.....	97
4.6.4. Ajustes y equilibrado.....	97
4.6.5. Recepción. ....	98
4.7. Mantenimiento.....	99
4.7.1. Vigilancia. ....	99
4.7.2. Mantenimiento preventivo.....	99
4.7.3. Mantenimiento correctivo. ....	100
5. Presupuesto.....	101

5.1. Equipos .....	101
5.2. Sistema hidráulico. ....	102
5.3. Sistema de Control. ....	103
5.4. Coste de la instalación. ....	104
6. Planos. ....	105

## Índice de Tablas

Tabla 2.1 Datos del inmueble.....	43
Tabla 2.2. Parámetros climáticos.....	44
Tabla 2.3 Demanda de ACS para diferentes inmuebles.....	45
Tabla 2.4 Demanda energética mensual.....	46
Tabla 2.5 Contribución solar mínima para ACS en %.....	47
Tabla 2.6 Influencia del número de captadores.....	49
Tabla 2.7 Pérdida de carga en tuberías de Aerotermia.....	59
Tabla 2.8 Pérdida de carga en tuberías de Aerotermia 2.....	60
Tabla 2.9 Pérdida de carga en Accesorios.....	60
Tabla 2.10 Perdida de carga en Accesorios de Aerotermia.....	61
Tabla 2.11 Perdida de carga en tuberías de Auxiliar.....	65
Tabla 2.12 Pérdida de carga en tuberías de Auxiliar 2.....	65
Tabla 2.13 Perdida de carga en Accesorios.....	65
Tabla 2.14 Perdida de carga en accesorios de Auxiliar.....	66
Tabla 2.15 Espesor de Aislamiento para tuberías interiores.....	74
Tabla 2.16 Espesor de Aislamiento en tuberías exteriores.....	74
Tabla 2.17 Espesores de Aislamiento en instalación.....	75
Tabla 3.1 Necesidades de ACS según CHEQ4.....	81
Tabla 3.2 Consumo y emisiones de CO2 en Captadores según CHEQ4.....	82
Tabla 3.3 Consumo y emisiones de CO2 en Alternativa.....	83
Tabla 5.1 Coste de equipos.....	102
Tabla 5.2 Coste del sistema hidráulico.....	103
Tabla 5.3 Coste del sistema de control.....	104



# Índice de Figuras

Figura 1.1. Localización de la instalación.....	16
Figura 1.2 Configuración de la instalación.....	16
Figura 1.3 Demanda para consumo único.....	17
Figura 1.4 Demanda para consumo múltiple.....	18
Figura 1.5 Principio de funcionamiento: Bomba de Calor.....	20
Figura 1.6 Principio de funcionamiento: Caldera de Biomasa.....	21
Figura 1.7 Localización de edificio.....	22
Figura 1.8 Planta baja del edificio.....	23
Figura 1.9 Entre-planta del edificio.....	24
Figura 1.10 Planta primera del edificio.....	24
Figura 1.11 Cubiertas del edificio.....	25
Figura 1.12 Esquema de principio y control de la instalación.....	27
Figura 1.13 Ciclo del CO <sub>2</sub> en Caldera de Biomasa.....	28
Figura 1.14 Acumulador del sistema de Aerotermia.....	32
Figura 1.15 Medidas del acumulador Sistema de Aerotermia.....	33
Figura 1.16 Toshiba Estia 17 Monoblock con módulo hidráulico.....	34
Figura 1.17 Medidas de Toshiba Estia 17 Monoblock.....	35
Figura 1.18 Acumulador Sistema Auxiliar.....	35
Figura 1.19 Medidas del Acumulador Sistema Auxiliar.....	36
Figura 1.20 Caldera de condensación Therma Condens.....	37
Figura 1.21 Medidas de la caldera de condensación.....	38
Figura 1.22 Vaso de expansión IBAIONDO.....	39
Figura 1.23 Válvulas de retención, corte y seguridad.....	39
Figura 2.1 Instalación de referencia de CHEQ4.....	49
Figura 2.2. Circuito primario Aerotermia.....	58
Figura 2.3 Circuito primario Auxiliar.....	62
Figura 2.4 Presión vencida por bomba de Auxiliar.....	66

Figura 2.5 Sistema de conexión entre Aerotermia y Auxiliar.....	67
Figura 2.6 Distribución y retorno de ACS.....	68
Figura 5.1 Desglose de Presupuesto de instalación.....	104

# 1. Memoria descriptiva.

## 1.1 Objeto del proyecto.

Este proyecto tiene como objetivo el dimensionado de una instalación para la producción de agua caliente sanitaria (ACS) en un complejo de apartamentos turísticos ubicado en la ciudad de Sevilla. La particularidad del mismo reside en que esta instalación sustituye a la teórica instalación de energía solar térmica que se debería prever de acuerdo con el CTE DBH4, debido a que, por pertenecer al Casco Histórico Antiguo, el ayuntamiento de Sevilla no admite la instalación de captadores solares térmicos. Para llevarlo a cabo, se comenzará haciendo un estudio de las condiciones climatológicas de la zona, incluyendo la radiación solar que dicha ubicación recibe. Una vez conocida la contribución solar mínima establecida en el CTE (y por ende el ahorro en combustible y disminución de emisiones) se proyectarán distintas instalaciones alternativas. Asimismo, se analizará la demanda diaria de ACS para, por ende, poder establecer el dimensionamiento de la instalación, teniendo en cuenta siempre el código técnico pertinente.

## 1.2 Antecedentes.

Es indiscutible el hecho de que el cambio climático se ha convertido en el problema más relevante al cual se enfrenta hoy día la especie humana ya que sus consecuencias son actualmente más que notables en ciertas regiones del mundo. De igual forma, tampoco es coherente intentar abolir el uso de combustibles fósiles y menos aun si no se tienen recursos para sustituir la energía demandada. Aun así, si es posible, y además necesario, aprovechar toda tecnología que se tenga a disposición para reducir el impacto que las energías no renovables tienen en nuestro planeta.

España, país que tradicionalmente ha tenido que importar combustibles fósiles de otros lugares, debido a la escasez de yacimientos dentro de sus fronteras, ha apostado en los últimos años por formas de energía limpias. Estas son aquellas denominadas energías renovables, ya que además de no contribuir al cambio climático, son inagotables. Hoy día, aunque más del 80 % de la energía primaria utilizada en España es generada utilizando recursos de origen fósil (Petróleo y gas natural mayoritariamente), si es cada vez más común el uso de energías renovables para ciertos ámbitos, tales como la producción eléctrica con turbinas eólicas o la producción de ACS utilizando captadores solares.

La Directiva 2012/27/UE, relativa a la eficiencia energética, indica que los edificios representan el 40 % del consumo de energía final de la Unión Europea (y por ende de España), por ello la reducción del consumo de energía y el uso procedente de fuentes renovables en el sector de la edificación son importantes para reducir la dependencia energética del país y las emisiones de gases de efecto invernadero.

En este proyecto se refleja el proceso de diseño de dos alternativas a una instalación para la producción de agua caliente sanitaria utilizando captadores de energía solar térmica.

La primera de ellas, un equipo de Aerotermia, aprovecha la energía térmica contenida en el aire que una bomba de calor es capaz de extraer. La Aerotermia es considerada una fuente de energía renovable ya que saca provecho de la energía contenida en el aire que nos rodea, energía que podemos utilizar para producir Agua Caliente Sanitaria e incluso Calefacción. Esto se debe a que la energía contenida en el aire de manera natural, en forma de temperatura, está siempre disponible y es virtualmente inagotable, ya que es capaz de regenerarse por medios naturales (calentamiento por la energía del sol).

La segunda alternativa será la instalación de una caldera de biomasa que utilizará como combustible hueso de aceituna, procedente de los muchos molinos de aceite distribuidos por la provincia de Sevilla. El hueso de aceituna es un combustible de unas características excepcionales debido a su elevada densidad y su alto poder calorífico (4.5 kcalorías/gramo), similares a otros combustibles como el pellet de madera de pino. Desde el punto de vista medioambiental, se trata de un producto totalmente natural, que genera bajas emisiones contaminantes y puede considerarse totalmente neutro en el balance de CO<sub>2</sub>.

Estos sistemas de producción energética, por su naturaleza renovable, reportan una serie de ventajas a diferentes escalas:

- Aumentan eficiencia energética de los edificios tanto de nueva construcción como de edificios ya existentes.
- A nivel estatal, disminuyen la dependencia de combustibles fósiles y por ende, dan mayor autonomía en materia de energía.
- A nivel de usuario, ahorro en las facturas de gas, gasóleo o electricidad destinadas a la producción de agua caliente sanitaria.
- Por el hecho de ser fuentes de energía renovable, no está sujetas a fluctuaciones de mercado y sus precios permanecen constantes.
- Suponen una reducción sustancial de emisiones contaminantes.

Además, las ventajas que estas instalaciones reportan suponen una necesidad si se tienen en cuenta los objetivos que la Unión Europea fijó para los países comunitarios en el marco de clima y energía para 2030:

- 40 % de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (en relación a 1990).
- Al menos 27 % de cuota de energías renovables.
- Al menos 27 % de mejora de la eficiencia energética.

### 1.3 Método de cálculo. CHEQ4.

Aunque este proyecto no se centra en el diseño de una instalación de captadores solares térmicos, si es necesario conocer la instalación solar de referencia, para así poder calcular la contribución energética que un hipotético campo de captadores debería

suministrar, extrapolando dicho porcentaje a nuestra instalación alternativa. Para ello contaremos con la herramienta que se describe a continuación.

Contaremos con la ayuda del software CHEQ4. Desarrollado por la empresa Aiguasol para IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) y ASIT (Asociación Solar de la Industria Térmica), CHEQ4 permite validar el cumplimiento de la contribución solar mínima de agua caliente sanitaria exigida en la sección HE4 del CTE (Código Técnico de la Edificación) siempre que las características de la instalación se encuentren incluidas en su rango de aplicación. Es, por tanto, una herramienta de comprobación y no de diseño. Su correcta aplicación es suficiente para acreditar el cumplimiento, desde el punto de vista energético, de los requisitos establecidos en la sección HE4.

Utilizando la metodología de cálculo denominada MetaSol, CHEQ4 combina la rapidez y simplicidad de métodos como f-Chart con la precisión de programas de simulación dinámica como TRANSOL, teniendo siempre como prioridad el cumplimiento de la normativa española en este campo. Partiendo de modelos detallados del programa de simulación dinámica, CHEQ4 realiza un número elevado de simulaciones que permite establecer relaciones entre los resultados obtenidos y los datos clave del sistema (radiación, temperatura ambiente, demanda, etc).

La herramienta CHEQ4 se diferencia del método de cálculo f-Chart en aspectos relevantes como el que el primero de ellos otorga al permitir definir la configuración del sistema, tan necesario a la hora de proyectar una instalación que será diferente dependiendo del edificio. CHEQ4 permite definir una amplia variedad de instalaciones solares introduciendo un mínimo de parámetros del proyecto, asociados a cada configuración del sistema, y de esta manera, obtener la cobertura solar que ese sistema proporciona sobre la demanda de energía para ACS y piscina del edificio. Otro aspecto en el que ambos métodos difieren es que mientras que f-Chart no contabiliza las pérdidas térmicas a lo largo del sistema de distribución, el software CHEQ4 si las tiene en cuenta a la hora de realizar los cálculos.

Los datos y parámetros requeridos por CHEQ4, que encontraremos especificados en las casillas derechas de la ventana que encontramos al iniciar el software son los siguientes:

### 1.3.1. Localización.

Será necesario especificar el lugar en el que se encuentra la instalación. Una vez determinado, la herramienta se encargará de obtener los datos climáticos más relevantes para dicha zona tal y como se muestra en la figura 1.1.

### 1.3.2. Configuración.

La pestaña “Configuración” permite al usuario seleccionar el tipo de instalación que más se ajuste al sistema que desea validar. Internamente, CHEQ4 seleccionará las

curvas MetaSol correspondientes a dicha instalación y cuáles son los parámetros que la definen. Una vez accedamos a esta sección encontraremos 8 tipos de instalación diferenciadas en dos grupos bien visibles: consumo único y consumo múltiple.

**CHEQ4** Herramienta para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas

Provincia: Sevilla | Municipio: Sevilla | Zona climática: Zona V | Latitud: 37° 22'

Mapa provincia

	Rad(MJ/m2)	T.Red (°C)	T.Amb (°C)
Enero	9.8	11.0	10.7
Febrero	13.2	11.0	11.9
Marzo	18.1	13.0	14.0
Abril	22.1	14.0	16.0
Mayo	25.2	16.0	19.6
Junio	28.4	19.0	23.4
Julio	29.2	21.0	26.8
Agosto	25.9	21.0	26.8
Septiembre	20.8	20.0	24.4
Octubre	14.5	16.0	19.5
Noviembre	10.5	13.0	14.3
Diciembre	8.4	11.0	11.1
Promedio	18.8	15.5	18.2

Altura municipio seleccionado (m): 12

Altura de la instalación (m): 12

Localización

Configuración

Demanda

Solar/Apoyo

Otros parámetros

Resultados

Figura 1.1 Localización de la instalación

**CHEQ4** Herramienta para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas

CONSUMO ÚNICO

- Instalación con sistema prefabricado
- Instalación con intercumulador
- Instalación con intercambiador independiente
- Instalación con intercambiador y piscina cubierta

CONSUMO MÚLTIPLE

- Instalación con todo centralizado
- Instalación con apoyo distribuido
- Instalación con acumulación distribuida
- Instalación con intercambio distribuido

SELECCIONE UN SISTEMA

Localización

Configuración

Demanda

Solar/Apoyo

Otros parámetros

Resultados

Figura 1.2 Configuración de la instalación.

### 1.3.3. Demanda.

Llegados a este punto debemos especificar el consumo de ACS total del edificio. Dependiendo del tipo de configuración seleccionada (Consumo único o Consumo múltiple), los parámetros a introducir serán unos u otros.

- Consumo único: Aplicación (hospital, vivienda, hotel, etc) y número de personas (figura 1.3).
- Consumo múltiple: Número de viviendas y número de dormitorios (figura 1.4).

Tras introducir los datos necesarios, la herramienta proporcionará la demanda de ACS (l/día) a 60 °C.

The screenshot shows the CHEQ4 software interface for calculating ACS demand. The main section is titled 'CONSUMO ÚNICO'. It includes a dropdown menu for 'Aplicación' set to 'Vivienda', a text input for 'Número de personas' set to '50', and a calculated 'Demanda calculada (l/día a 60 °C)' of '1 400'. Below this, there is a section for 'CONSUMO MÚLTIPLE' with input fields for 'Viviendas' (13) and 'Dormitorios' (3) for 'Tipo A', and 'Tipo B' (2) and 'Tipo C' (0). The 'CONSUMO TOTAL' section shows 'Otras demandas (l/día a 60°C)' as an empty field and 'Demanda total (l/día a 60°C)' as '1 400'. A table for 'OCUPACIÓN ESTACIONAL (%)' shows 100% for all months from Ene to Dic. At the bottom, there are buttons for 'Caso general FS 60%' and 'Caso piscina FS 70%'. The right sidebar contains icons for 'Localización', 'Configuración', 'Demanda', 'Solar/Apoyo', 'Otros parámetros', and 'Resultados'.

Figura 1.3 Demanda para consumo único.

### 1.3.4. Solar/Apoyo.

En esta sección tendremos que facilitarle al software parámetros relacionados con:

- La empresa que fabrica los captadores y el modelo de estos.
- Características del campo de captadores (número de captadores, orientación, inclinación, etc.).
- Características del circuito primario / secundario (caudal primario, anticongelante, etc.)

- Sistema de apoyo (producción de ACS convencional con combustible fósil).

**CHEQ4** Herramienta para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas

RSIT IDAE

**CONSUMO ÚNICO**  
 Aplicación: Vivienda  
 Número de personas: 50  
 Demanda calculada (l/día a 60 °C)

**CONSUMO MÚLTIPLE**

	Viviendas	Dormitorios	Personas	Litros/día
Tipo A	13	3	52.0	1 310
Tipo B	2	4	10.0	252
Tipo C	0	0	0.0	0
Tipo D	0	0	0.0	0
Demanda calculada (l/día a 60 °C)			1 562	

**CONSUMO TOTAL**  
 Otras demandas (l/día a 60°C):  
 Demanda total (l/día a 60°C): 1 562

**OCUPACIÓN ESTACIONAL (%)**

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
	100	100	100	100	100	100
	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
	100	100	100	100	100	100

**CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA EXIGIDA**

Caso general FS 60%      Caso piscina FS 70%

Figura 1.4 Demanda para consumo múltiple

### 1.3.5. Otros parámetros.

Deberemos especificar los parámetros propios de cada configuración llegados a este punto. Tales como:

- Volumen de acumulación.
- Distribución.
- Características de la piscina cubierta (Esta sección permanecerá vacía.).

### 1.3.6. Resultados.

La última pestaña de CHEQ4 corresponde al cálculo y visualización de los resultados. Al acceder a esta pestaña, el programa calcula las ganancias y pérdidas de la instalación especificada siguiendo la metodología de cálculo MetaSol.

Un indicador situado en la parte superior izquierda de la ventana permite al usuario conocer rápidamente si el sistema especificado cumple o no cumple mediante este procedimiento los requerimientos de contribución solar mínima exigida por el HE4 (según HE4-2.2.1.2 y HE4-2.2.1.3).

En el apartado “Tabla de resultado” se muestran los valores anuales de los siguientes indicadores y resultados:

- Fracción solar (%): Fracción entre los valores anuales de la energía solar aportada exigida y la demanda energética anual.
- Demanda neta (kWh): Demanda energética anual sin tener en cuenta las pérdidas en acumulación y en distribución.
- Demanda bruta (kWh): Demanda energética anual teniendo en cuenta las pérdidas en acumulación y em distribución.
- Aportación solar al sistema (kWh): Energía solar aportada por la instalación.
- Consumo de energía primaria auxiliar (kWh): Energía aportada por la instalación auxiliar de apoyo para satisfacer la demanda total.
- Reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> asociada a la utilización del sistema solar térmico (kg)

También se muestran gráficamente los valores mensuales de fracción solar, demanda bruta, fracción solar y consumo auxiliar.

El programa CHEQ4 en la pestaña de “*Resultados*” dispone de un botón denominado “*Sistema referencia*” en él se determina el consumo de energía primaria y las emisiones de CO<sub>2</sub> máximas de la instalación solar y su sistema auxiliar de referencia calculado conforme se describe en la sección básica HE4. La instalación alternativa a la instalación de energía solar y su sistema auxiliar de referencia, incluyendo junto a la instalación alternativa todos sus sistemas auxiliares, no debe superar el consumo de energía primaria y emisiones de CO<sub>2</sub> calculado.

## 1.4. Introducción a la Aerotermia y calderas de Biomasa.

Según en CTE sección HE4 hay que incorporar una instalación de captadores solares que cubra un porcentaje mínimo de la demanda de ACS, pero debido a las características especiales del edificio (Catalogación A – Sector 9 – San Lorenzo – San Vicente) y con el objetivo de cumplir la Ordenanza Municipal del Ayuntamiento de Sevilla, se proyecta una instalación alternativa aplicando los apartados *HE4-2.2.1.4.* y *HE4-2.2.1.5.*

-*HE4-2.2.1.4.* La contribución solar mínima para ACS y/o climatización de piscinas cubiertas podrá sustituirse parcial o totalmente mediante una instalación alternativa de otras energías renovables, procesos de cogeneración o fuentes de energía residuales procedentes de la instalación de recuperadores de calor ajenos a la propia instalación térmica del edificio; bien realizada en el propio edificio o bien a través de la conexión a una red de climatización urbana.

-*HE4-2.2.1.5.* Para poder realizar la sustitución se justificará documentalmente que las emisiones de dióxido de carbono y el consumo de energía primaria no renovable, debidos a la instalación alternativa y todos sus sistemas auxiliares para cubrir completamente la demanda de ACS, o la demanda total de ACS y calefacción si se considera necesario, son iguales o inferiores a las que se obtendrían mediante la

correspondiente instalación solar térmica y el sistema de referencia que se deberá considerar como auxiliar de apoyo para la demanda comparada.

Se plantean entonces dos alternativas, una instalación de Aerotermia, que mediante una bomba de calor extrae energía del aire, y una caldera de biomasa que utiliza como combustible hueso de aceituna.

### 1.4.1 Descripción de instalación de Aerotermia.

El principio del funcionamiento consiste en que una bomba de calor se aprovecha del aire del exterior para recuperar las calorías presentes en este, transformando esta energía en calor y la transfiriéndola al circuito de ACS o calefacción del edificio.

El mecanismo utilizado es el inverso del que se utiliza en los frigoríficos: un fluido refrigerante, mediante cambios de estado, extrae el calor contenido en el aire a temperatura inferior y lo cede al agua a temperatura superior, convirtiendo así el flujo natural del calor.

Concretamente, el principio de funcionamiento de la aerotermia es la combinación de una bomba de calor con modulo hidronico y un acumulador que utiliza el calor del agua para producir agua caliente:

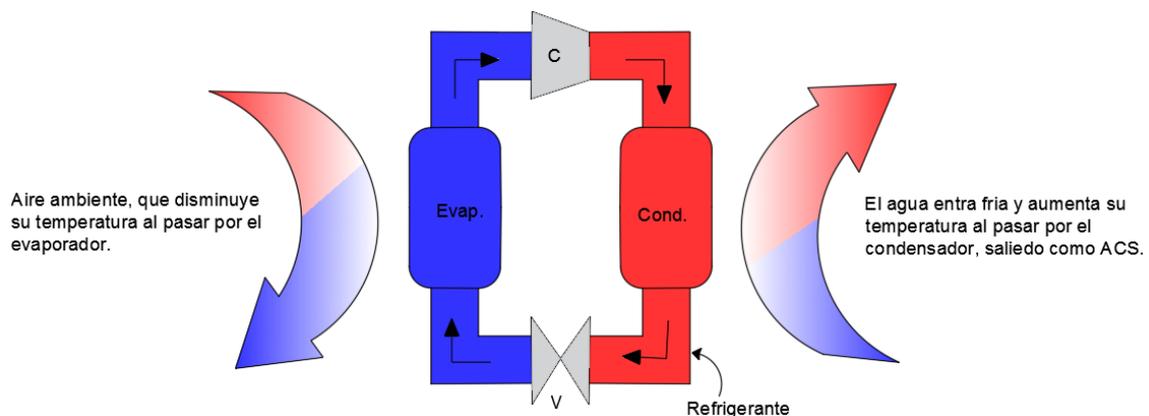


Figura 1.5 Principio de funcionamiento: Bomba de Calor

1) El aire exterior es aspirado hacia el interior de la bomba de calor por un ventilador. Al pasar por la batería aleteada del evaporador el aire cede su calor, pierde alrededor de 10°C y es expulsado.

2) El fluido refrigerante pasa por el evaporador (Evap.) y absorbe el calor cedido por el aire. Este proceso hace que el refrigerante cambie de estado evaporizando a presión y temperatura estables (0°C; 5 bar típicamente).

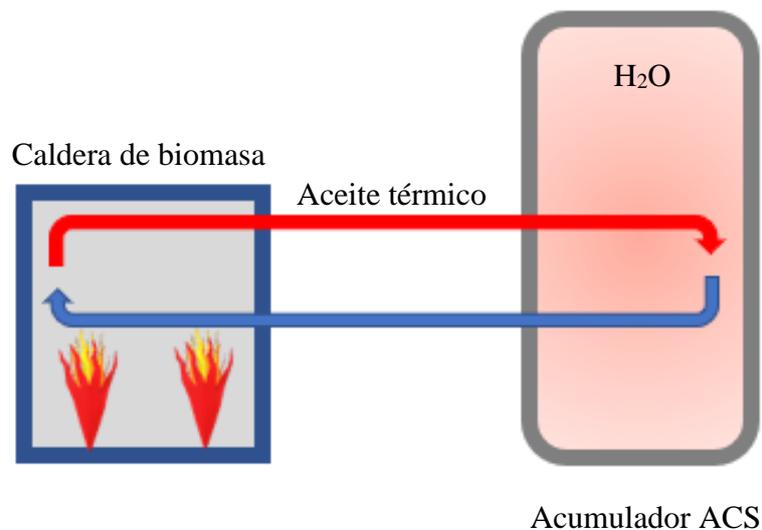
3) El gas refrigerante pasa por el compresor (C) donde el aumento de presión implica un aumento de temperatura, elevándose a estado de vapor sobrecalentado (70°C; 20 bar típicamente).

4) En el condensador (Cond.) el refrigerante cede su calor al agua contenida en el acumulador. Este proceso hace que el refrigerante pase de vapor sobrecalentado al estado líquido, condensando a presión constante pero con una gran pérdida de temperatura (70-40°C; 20 bar)

5) El líquido refrigerante pasa por la válvula de expansión (V), pierde temperatura y presión y vuelve a las condiciones de presión y temperatura iniciales. El ciclo termodinámico vuelve a empezar.

### 1.4.2 Descripción de instalación de Biomasa.

El principio de funcionamiento de una caldera de biomasa consiste en la oxidación de un combustible (en este caso hueso de aceituna). Los gases calientes producidos en el proceso de combustión (gases de combustión) se encargarán de calentar un serpentín por el cual circula un aceite térmico que se calienta. Este aceite es bombeado a un acumulador (donde se acumula el ACS) el cual recorre a través de otro serpentín interno a este. A la salida del acumulador el aceite vuelve a la caldera de biomasa donde vuelve a calentarse.



*Figura 1.6 Principio de funcionamiento en caldera de biomasa.*

### 1.5 Descripción del edificio.

El objeto del presente proyecto, como se ha mencionado anteriormente es describir las características técnicas y reglamentarias de la instalación para producción de ACS ubicadas en el edificio de C/Santa Clara, nº 23, Sevilla, compuesto por 15 apartamentos turísticos recientemente remodelados, de acuerdo con la reglamentación y normas en vigor a este efecto.

### 1.5.1 Antecedentes históricos y arquitectónicos.

Edificada a finales del siglo XVII esta casa palacio es uno de los mejores ejemplos del barroco civil sevillano de dicha época. Fue construida por los Bucarelli, generales del ejercito y armada, dando lugar a que este tramo de la calle se conociera en su tiempo como de los Generales, paso mas tarde a ser propiedad de los Condes de Santa Coloma, familia que aún lo habita. Hasta fechas muy recientes conservo su distribución original, alternándose solo a partir de la ocupación de algunas zonas de su planta baja por locales comerciales y posteriormente por el Colegio Julio Cesar en el año 1985.

Protección del inmueble:

- Declarado Bien de Interés Cultural, Decreto 3267/1968 de 12 de diciembre.
- Nivel de protección A (Integral) en el Plan General de Ordenación Urbana 29-12-1987 (BOJA 5-1-88).
- Edificio incluido dentro del Conjunto Histórico de Sevilla. Ampliación de la declaración: R.D. 2-11-1990.

Recientemente, y tras de que el Colegio Julio Cesar cerrase sus puertas definitivamente durante la primera década del siglo actual, la zona del edificio que ocupó este ha sido remodelada en varias ocasiones con la intención de adecuar el inmueble para albergar espacios culturales en la planta baja y apartamentos turísticos repartidos entre la planta baja, entre-planta y planta alta.

### 1.5.2 Localización del edificio.

Como se ha mencionado anteriormente, el inmueble objeto del presente proyecto se ubica en la C/ Santa Clara, nº 23 de Sevilla. En la imagen inferior se muestra el edificio perimetrado en rojo, con un sombreado del mismo color en la zona que alberga los apartamentos turísticos.



*Figura 1.7 Localización del edificio.*

### 1.5.3 Distribución de los apartamentos.

En planta baja se sitúan los apartamentos 1,2,3,4,5 y 6, recepción, vestíbulo principal, patios interiores, un aseo para los clientes y un local técnico.

En planta primera se ubican los otros 9 apartamentos (7 a 15) y un office de uso común para los clientes.

En la entreplanta se ubican dos almacenes, un cuarto para el personal y un local técnico, dónde se instalarán los acumuladores de ACS. Encima de dicha entreplanta, en la cubierta, se dispone de una terraza en la cual se ubicarán las maquinarias del edificio.

La superficie construida del edificio es de 1.251 m<sup>2</sup>.

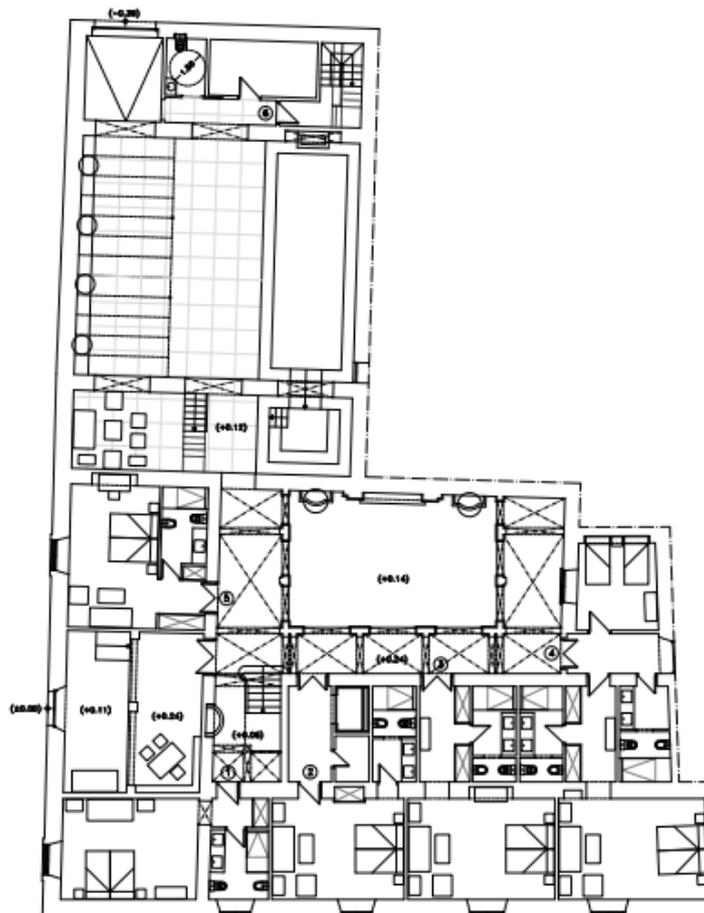


Figura 1.8 Planta baja del edificio.

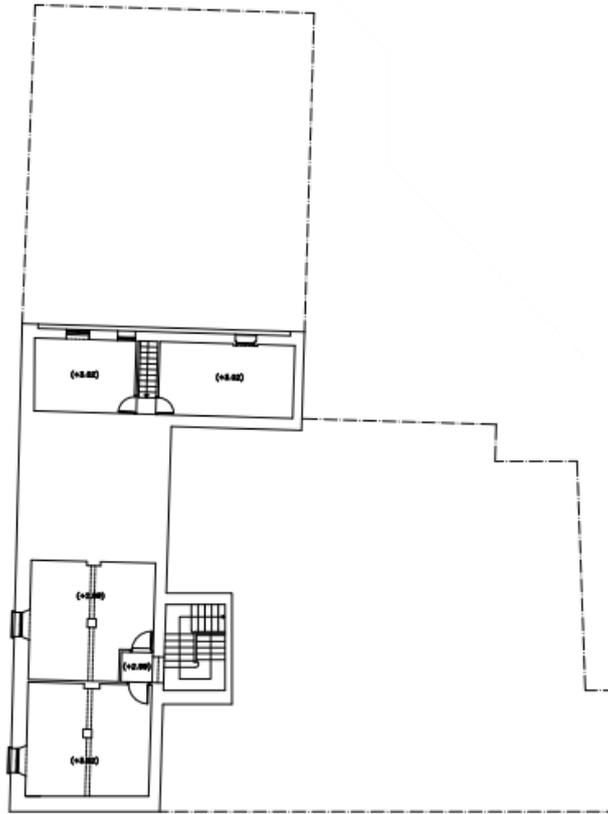


Figura 1.9 Entre-planta del edificio.

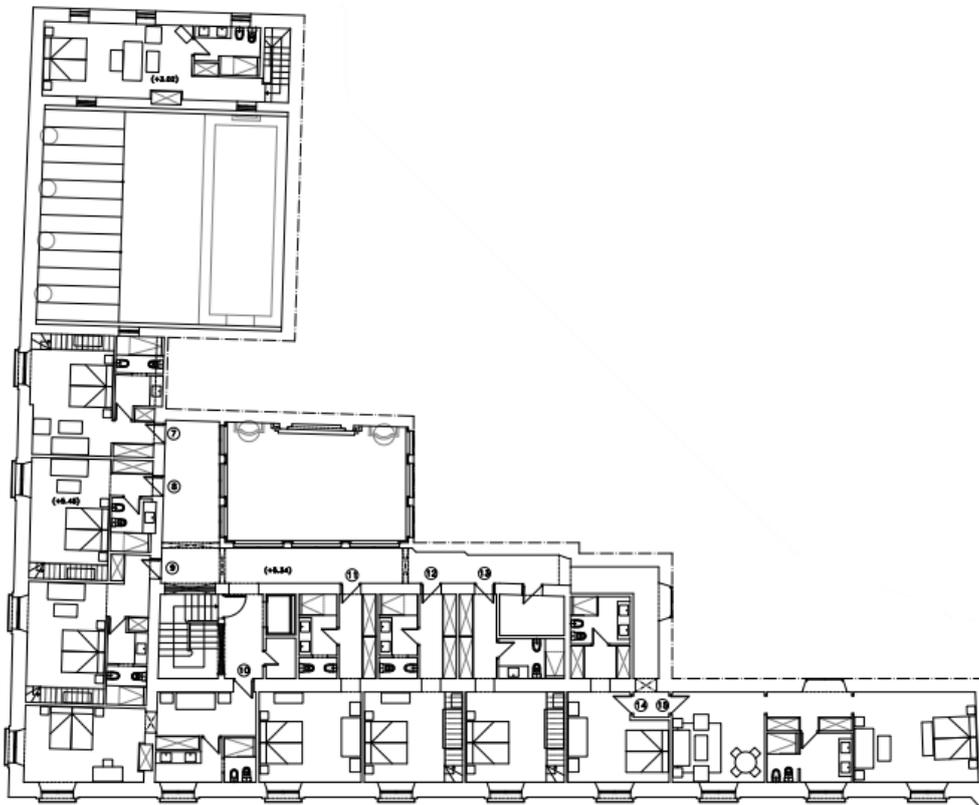
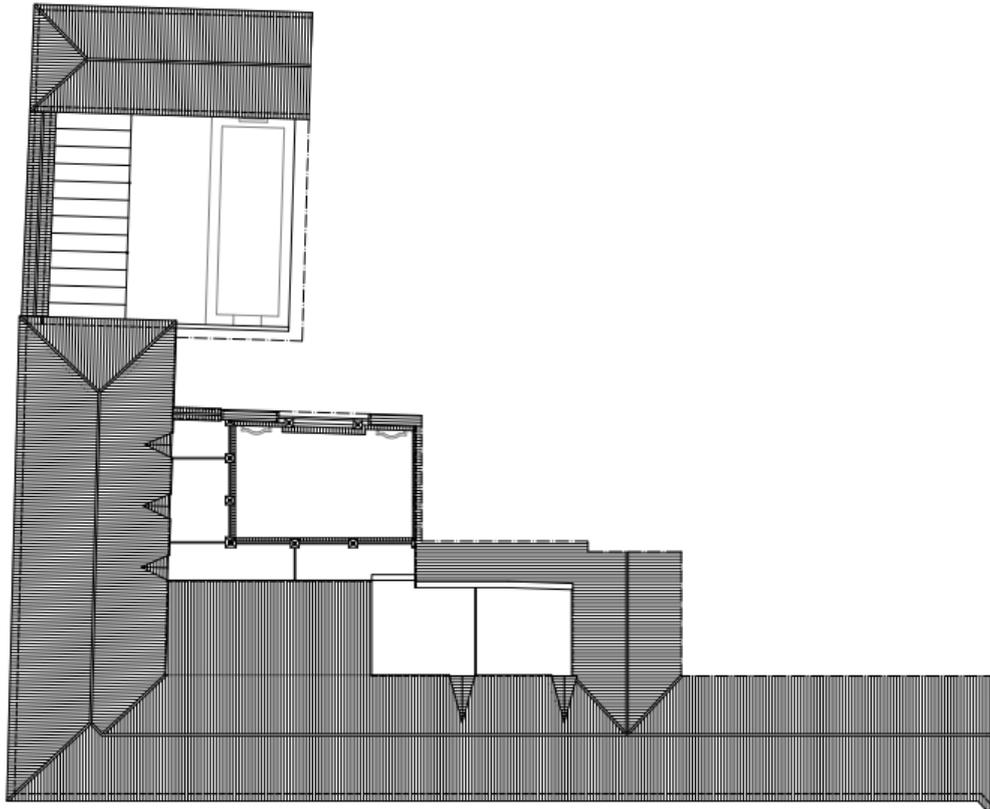


Figura 1.10 Planta primera del edificio.



*Figura 1.11 Cubiertas del edificio.*

#### 1.5.4 Características técnicas del edificio.

Antes de que el edificio tuviese como fin un complejo de apartamentos turísticos y como ya se ha mencionado albergaba el Colegio Julio Cesar, cuyo sistema de producción de ACS (producción de ACS con calderas convencionales) queda tras la reforma del inmueble anticuado e insuficiente. Es por ello por lo que lo sustituimos por completo.

#### 1.6 Descripción de la instalación de Aerotermia.

La primera instalación que se ha planteado es un equipo de Aerotermia. La aerotermia es el sistema de energía renovable más ventajoso en su relación inversión necesaria / tiempo de amortización. Además, gracias al compacto sistema exterior, no es necesario que la vivienda cuente con una parcela para poder realizar la instalación. Así podríamos resumir sus mayores ventajas:

- Es una fuente de energía natural, renovable e inagotable.

- La bomba de calor no contamina.
- Alta rentabilidad: hasta un 75% de ahorro energético.
- Se compone de un sistema exterior compacto que necesita poco espacio.
- Es un sistema adaptable a casi cualquier clima.

Un único sistema vale para calefacción, refrigeración y para la producción de agua caliente sanitaria (ACS).

Como sistema de apoyo se utilizará un sistema mediante caldera de condensación de gas natural, teniendo que cubrir la aerotermia al menos el 85% de la demanda anual de ACS y la caldera de gas natural el 15% restante para de esta forma cumplir con la Ordenanza de Sevilla.

La instalación principal se compone de un equipo exterior de aerotermia ubicado en la terraza de instalaciones del edificio y un acumulador de 750 litros ubicado en el cuarto de instalaciones. La instalación dispone de un sistema primario cerrado y un sistema de intercambio térmico entre el circuito primario (bomba de calor aerotermia) y el acumulador de ACS. Esta instalación acumula agua a 55°C.

La instalación dispone también de un sistema de control que servirá para comandar el aporte térmico en función de las temperaturas de consigna. Se miden las temperaturas en los acumuladores y el sistema de control actúa a conveniencia sobre la bomba de calor y la caldera. Además se miden temperaturas de impulsión y retorno en los circuitos primarios así como la presión de estos para comprobar el correcto funcionamiento de los equipos.

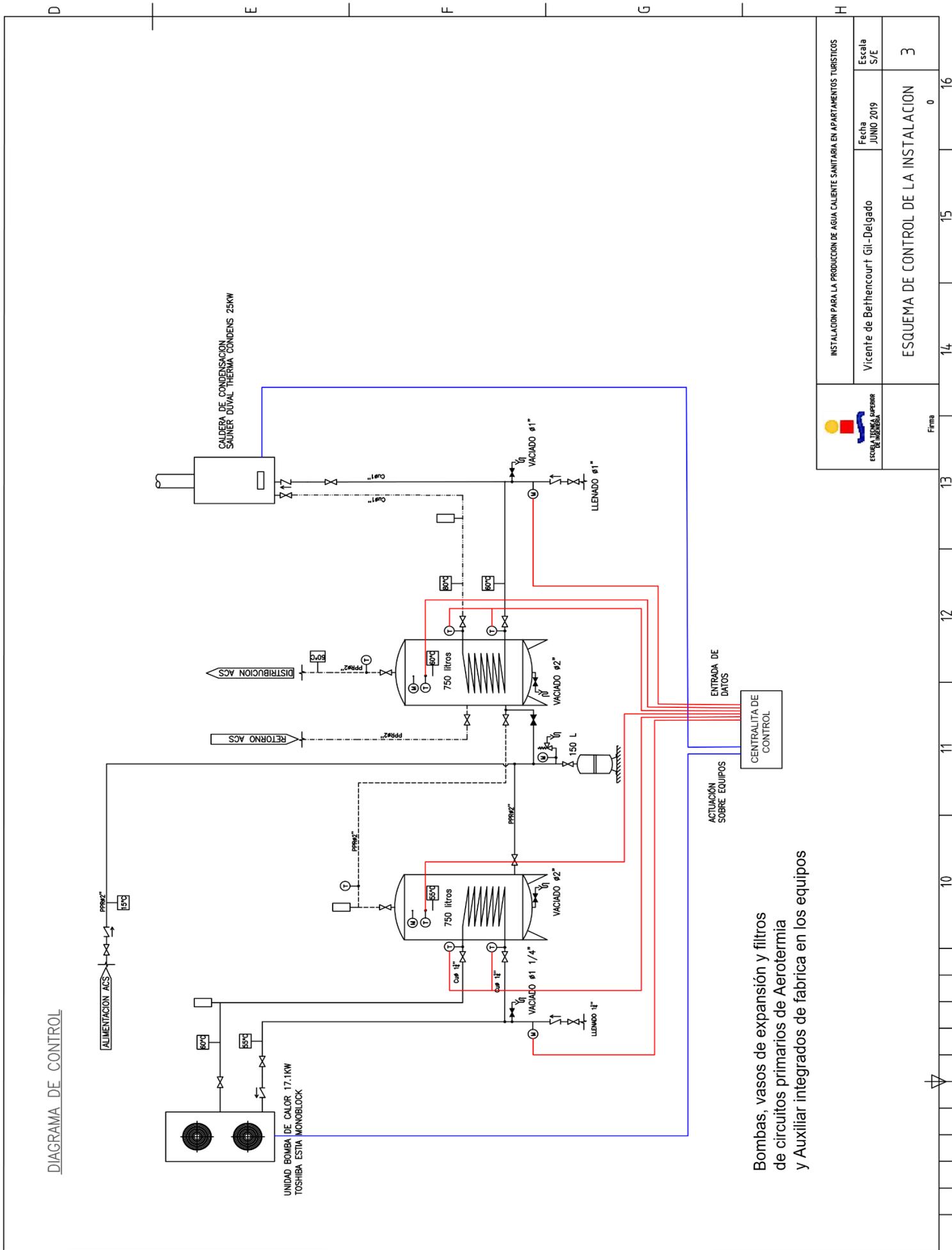
La Producción de ACS auxiliar se realiza mediante la caldera mixta de condensación alimentada a gas natural. En dicho sistema tenemos un acumulador de ACS (tarado a temperatura de consigna igual a 60°C) de 750 litros para la acumulación de ACS. Este acumulador se alimenta desde el acumulador de aerotermia. La misión de la caldera auxiliar es calentar el agua del sistema de aerotermia de 55 a 60 °C, con objeto de cubrir la normativa antilegionela sin que la energía producida por la caldera suponga más del 15 % de la demanda anual energética, límite establecido por la normativa de Sevilla como se ha mencionado antes.

Se instala en la impulsión de ACS una válvula mezcladora termostática para establecer la temperatura de consigna deseada de ACS. Se diseña, además, una red de retorno de ACS que se conecta al acumulador del sistema auxiliar.

La instalación consta, por lo tanto, de los siguientes componentes, equipos, y circuitos hidráulicos:

- Sistema de Aerotermia
- Circuito Primario de Aerotermia
- Acumulación de ACS por Aerotermia
- Sistema Auxiliar de Energía
- Circuito Primario del Sistema Auxiliar
- Acumulación final de ACS
- Sistema de distribución de ACS

A continuación se muestra el Esquema de Principio de la instalación (*Figura 1.12*)



Bombas, vasos de expansión y filtros de circuitos primarios de Aerothermia y Auxiliar integrados de fabrica en los equipos

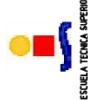
	INSTALACION PARA LA PRODUCCION DE AGUA CALIENTE SANITARIA EN APARTAMENTOS TURISTICOS	
	Vicente de Bethencourt Gil-Delgado	Fecha JUNIO 2019
ESQUEMA DE CONTROL DE LA INSTALACION		3
Firma	14	15
		16

Figura 1.12 Esquema de Principio y Control de la instalación

## 1.7 Descripción de la instalación de biomasa.

La segunda instalación alternativa planteada, consiste en una instalación de ACS utilizando una caldera de biomasa, alimentada en este caso utilizando como combustible hueso de aceituna, proveniente de la molienda de este fruto en los molinos para la producción de aceite.

La biomasa es materia orgánica resultado de un proceso biológico, espontáneo o provocado, que se puede utilizar como combustible para obtener energía, es decir, cualquier sustancia orgánica de origen vegetal o animal, incluyendo los materiales que resultan de su transformación natural o artificial. En este sentido la biomasa se considera una materia prima de tipo renovable de origen biológico que no ha sufrido un proceso de mineralización en formaciones geológicas como los combustibles fósiles, y que se comercializa según diversas tipologías, cada una de las cuales presenta características distintas en función de su origen.

El uso de biomasa como combustible reporta una serie de beneficios importantes:

- 1) Balance neutro desde el punto de vista del ciclo del carbono, ya que las emisiones que se producen por la combustión de la biomasa, proceden del CO<sub>2</sub> absorbido que forma parte de la atmósfera, es decir CO<sub>2</sub> que es absorbido y liberado continuamente por plantas y árboles durante su crecimiento y período de vida en bosques, y por lo tanto dentro del mismo ciclo biológico. En este sentido el uso de la biomasa como combustible, no contribuye al cambio climático por emisiones de CO<sub>2</sub> siempre que sustituya a un combustible fósil, cuyo CO<sub>2</sub> liberado en este caso proviene de formaciones geológicas donde ha sido capturado durante miles de años. Además su gestión tiene que ser equilibrada y sostenible.

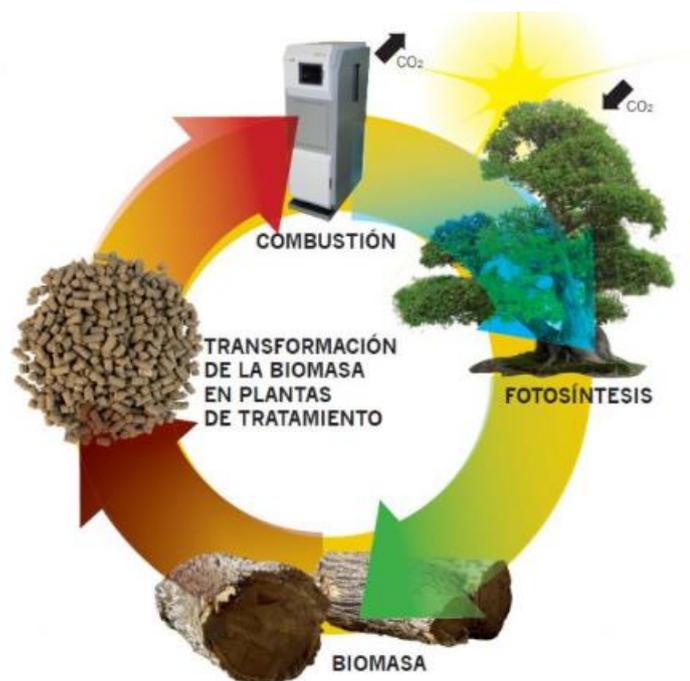


Figura 1.13 Ciclo del CO<sub>2</sub> en Caldera de Biomasa

- 2) Menor precio de la biomasa y en principio más estable en comparación con otros combustibles convencionales y contaminantes.
- 3) Operación y mantenimiento sencillo con sistemas automáticos de control electrónico.
- 4) Alta resistencia al desgaste por parte de calderas que utilizan biomasa, larga vida útil y rendimiento energético en el punto de consumo de entre un 75-90% según el equipo.
- 5) La biomasa está reconocida por el RITE como cualquier combustible sólido, líquido o gaseoso, no fósil, compuesto por materia vegetal o animal, producido a partir de la misma mediante procesos físicos o químicos, susceptible de ser utilizado en aplicaciones energéticas, como por ejemplo, las astillas, el metiléster de girasol, o el biogás procedente de una digestión anaerobia. Respecto de los biocombustibles sólidos la definición del RITE es la misma pero limitada a combustibles sólidos no fósiles como los huesos de aceituna, las cáscaras de almendra, los pelets, las astillas o los orujillos.

El éxito de la instalación consiste en la elección adecuada del combustible. Para la elección del combustible de la caldera de biomasa es necesario tener en cuenta una serie de factores.

- Debemos asegurar un suministro constante y fiable de combustible de un proveedor cercano.
- Calidad alta del combustible.
- Buen precio del combustible.
- Garantizar la eficiencia energética de la instalación térmica.

Es por todo lo anterior por lo que hemos seleccionado el hueso de aceituna. Dada su elevada densidad y su alto poder calorífico (4.5 kcalorías/gramo), así como un buen suministro en la provincia de Sevilla, garantizado por los muchos productores de aceite.

La instalación está compuesta por un depósito de hueso de aceituna, desde donde el combustible es trasladado a través de un sistema de alimentación a una caldera. Desde la caldera existe un sistema cerrado por el cual circula el aceite térmico (donde encontramos también un vaso de expansión) que calienta el agua en un intercambiador de calor dentro de un acumulador. Dentro del acumulador encontramos un intercambiador de resistencia eléctrica auxiliar, que a través del efecto Joule podría calentar el agua hasta los 60 °C en caso de necesidad. El acumulador estará conectado al sistema de distribución de ACS.

También encontraremos una centralita de regulación, necesaria para el control de los equipos.

- Depósito de combustible.
- Sistema de alimentación de combustible.
- Centralita de Regulación.
- Circuito de aceite térmico.
- Vaso de expansión.
- Acumulador
- Sistema de distribución de ACS

Es necesario en este punto hacer una serie de menciones con respecto al depósito de hueso de aceituna y el sistema de alimentación:

- 1) Depósito de combustible: El RITE regula el almacenamiento de biocombustibles sólidos, así como legislaciones autonómicas por Comunidad Autónoma. El almacenamiento puede llevarse a cabo dentro o fuera del edificio y debe ser de uso exclusivo para este fin; se puede realizar en superficie o bien subterráneo cuando se realiza fuera del edificio. El tipo de almacenamiento condiciona el suministro de biomasa y su transporte al punto de consumo. En nuestro edificio el combustible se almacenará en una estancia existente adaptada donde se descargará el hueso de aceituna desde un camión cisterna. Además, el depósito deberá garantizar la ausencia de humedad para evitar que la biomasa aumente de volumen y reduzca su eficiencia como combustible. En edificios nuevos, hay que disponer de una capacidad mínima para cubrir el suministro de biomasa correspondiente a dos semanas de máximo consumo, y precisan de un silo de almacenamiento en habitación distinta a la sala de calderas, desde donde se conduce el combustible hasta la caldera utilizando un sistema de alimentación.
- 2) Sistema de alimentación: como el depósito de hueso de aceituna está en una estancia distinta a la de caldera y acumulador (se encuentra en la habitación colindante, en la entre planta del edificio), será necesario un sistema de transporte del combustible para alimentar la caldera. El sistema de alimentación será un tornillo sin fin flexible que atravesará de uno de los cuartos de instalaciones al otro.

## 1.8 Elección de entre las instalaciones alternativas.

Siendo las ventajas que las dos instalaciones planteadas en las secciones 1.5. y 1.6. indiscutibles, a la hora de diseñar la instalación, será necesario tener en cuenta las posibles desventajas que cada una de las instalaciones pueda reportar. De esta forma, sabremos cual de las dos alternativas es la mejor opción en nuestro inmueble.

### 1.8.1. Desventajas de la Aerotermia.

Encontramos en los equipos de aerotermia las siguientes desventajas:

- Necesidad de un sistema auxiliar de apoyo, debido a que el agua sale del acumulador del sistema primario a 55 °C.
- Necesita una unidad exterior, con los problemas de espacio y de estética que ello supone.
- La inversión inicial es elevada debido al gran número de componentes de la instalación.
- Consume electricidad.

## 1.8.2. Desventajas de la Caldera de Biomasa.

Encontramos en los equipos de aerotermia las siguientes desventajas:

- Es necesario que haya una persona responsable que se encargue de la adquisición y el control de calidad de la biomasa, del control del sistema y de la documentación de la operación de la instalación, de la limpieza y de la extracción de las cenizas de forma periódica.
- La inversión inicial es elevada debido al tamaño de la instalación, así como la adecuación de una sala para almacenar el combustible.
- Riesgo de filtración de agua o humedad dentro de la estancia de combustible que arruinen el combustible o requieran de un tratamiento de secado.
- Las calderas de biomasa deben respetar, al igual que otras clases de instalaciones de combustión, unos límites de emisión de contaminantes a la atmósfera, lo cual puede suponer un problema con respecto al cumplimiento de la Ordenanza en Sevilla respecto a las emisiones de CO<sub>2</sub>.

## 1.8.3. Elección.

Tras lo planteado en las secciones 1.7.1 y 1.7.2. llegamos a la conclusión de que debido a costes e implicaciones de un operario directas con el funcionamiento de la caldera de biomasa (necesidad de rellenar el silo de combustible mensualmente y de limpieza y supervisión de la instalación), y también a la posibilidad de que el combustible pueda deteriorarse, consideramos que las mejor de las alternativas es la instalación de un equipo de aerotermia, más acorde a nuestro edificio y que seguiremos proyectando conforme avanza el proyecto.

## 1.9 Características técnicas de los elementos de la instalación.

A continuación se detallan las principales características técnicas de cada uno de los elementos que constituyen la instalación. Estas características han sido obtenidas de los catálogos de los distintos fabricantes. Dichos catálogos se referencias en la Bibliografía.

### 1.9.1. Acumulador del sistema primario.

Utilizaremos un acumulador de 750 l de capacidad con las siguientes características:

- Marca: Thermor.
- Modelo: CORSUN 750 L (Código 650036).
- Altura: 2020 mm (con patas). (HT)
- Diámetro: 790 mm. (ØDN)
- Volumen: 750 l.
- Diámetro agua de red/ACS/recirculación: 1 ½'' (6, 4a y 4b)
- Vaciado: 2'' (5)
- Conexiones serpentín: 1 ¼'' (3)
- Longitud del serpentín: 29 metros. (1)
- Superficie de intercambio: 3.12 m<sup>2</sup> (1)
- Pérdida de carga en serpentín: 122 mbar.



*Figura 1.14 Acumulador Sistema Aerotermia*

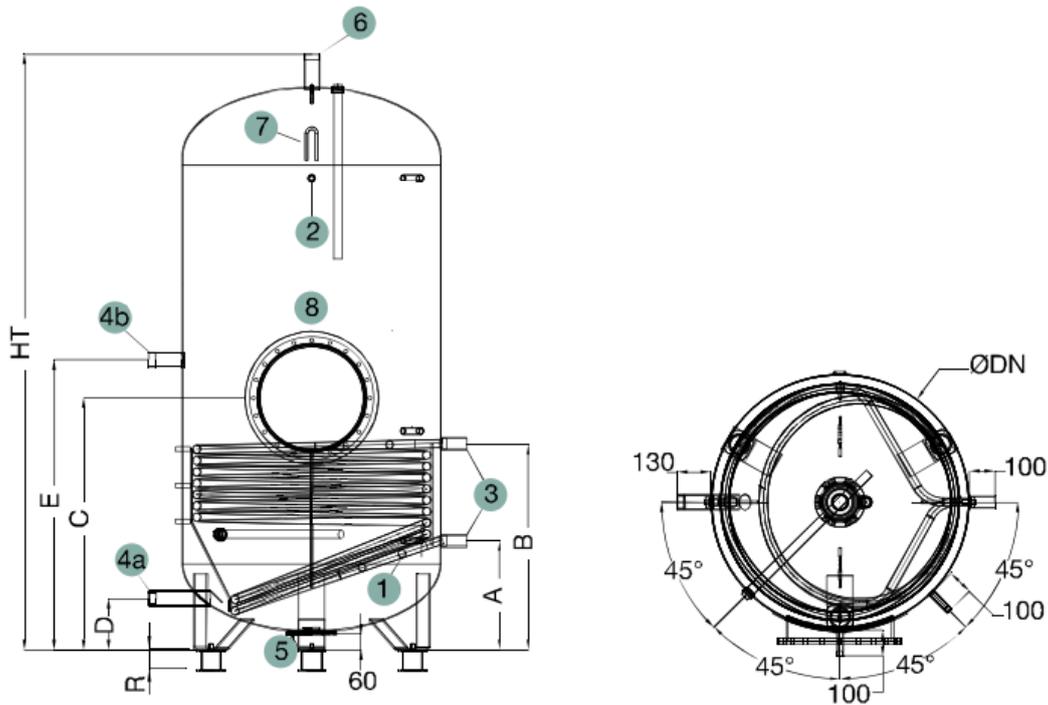


Figura 1.15 Medidas del Acumulador Sistema Aerotermia

El equipo de acumulación diseñado está fabricado con materiales que resisten las condiciones de presión y temperatura de diseño (Condiciones máximas operativas del acumulador:  $T_{\max} = 95\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $P_{\max} = 8\text{ bar}$ ) de la instalación, así como su protección frente a la corrosión mediante cuba de acero al carbono con revestimiento vitrificado, elaborado en base a la Norma DIN 4753.

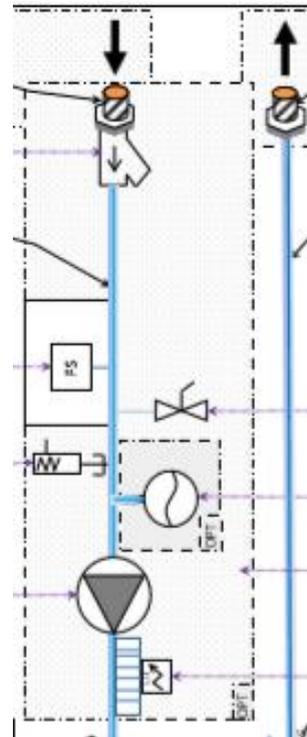
El depósito está equipado con fundas de PVC y aislamiento en poliuretano flexible de 100 mm de grosor. Además cuenta con sonda y termostato para poder controlar las condiciones del agua en el interior del depósito (2).

Al ser la acumulación de 750 litros, dispone de boca de hombre DN 360 mm (8), que permite la inspección adecuada del interior, en cumplimiento con el Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.

### 1.9.2. Equipo bomba de calor Aerotermia.

Utilizaremos una bomba de calor de la marca TOSHIBA, familia ESTÍA, en la que el módulo hidrónico está integrando en la misma carcasa que la bomba de calor (el módulo hidrónico de la bomba de calor incluye bomba, vaso de expansión y filtro, así como una válvula de seguridad), teniendo de esta forma únicamente una unidad exterior con las siguientes características:

- Marca: TOSHIBA
- Modelo: ESTIA MONOBLOCK 17 RUA-CP1701HB
- Potencia nominal: 17.1 KW
- Compresor Twin Rotary Toshiba
- Refrigerante: R410A
- COP nominal: 4.1
- Potencia (T. imp. 60 °C / T. ext. 7 °C): 15.3 KW
- Dimensiones (alto X ancho X profundidad): 1141x584x1576 mm (*Figura 1.17*)
- Peso: 191 kg
- Conexiones hidráulicas al módulo hidrónico (entrada / salida): 1 ¼" / 1"
- Clase de eficiencia energética: A+
- Presión máxima de funcionamiento del lado del agua: 10 bar
- Presión estática máxima disponible en la bomba del módulo hidrónico: 105 kPa
- Volumen del vaso de expansión del módulo hidrónico: 8 litros.
- Alimentación (V-ph-Hz): 360/440-3-50



*Figura 1.16 Toshiba Estia 17 Monoblock con modulo hidronico*

### 1.9.3. Acumulador del sistema auxiliar.

Utilizaremos un acumulador de 750 l de capacidad con las siguientes características (el mismo utilizado para el sistema primario).

- Marca: Thermor.
- Modelo: CORSUN 750 L (Código 650036).

- Altura: 2020 mm (con patas). (HT)
- Diámetro: 790 mm. (ØDN)
- Volumen: 750 l.
- Diámetro agua de red/ACS/recirculación: 1 ½” (6, 4a y 4b)
- Vaciado: 2” (5)
- Conexiones serpentín: 1 ¼” (3)
- Longitud del serpentín: 29 metros. (1)
- Superficie de intercambio: 3.12 m<sup>2</sup> (1)

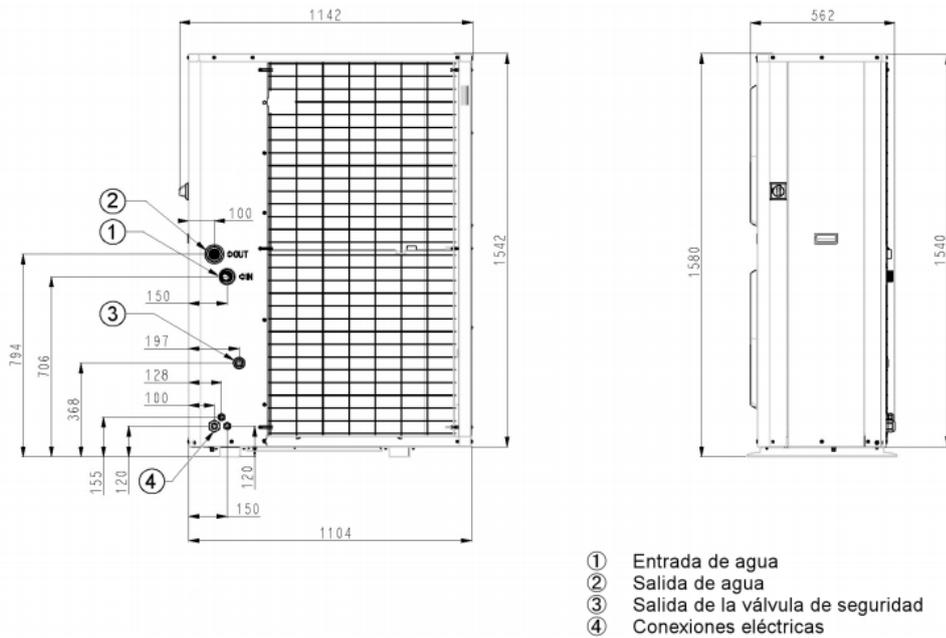


Figura 1.17 Medidas de Toshiba Estia 17 Monoblock



Figura 1.18 Acumulador Sistema Auxiliar

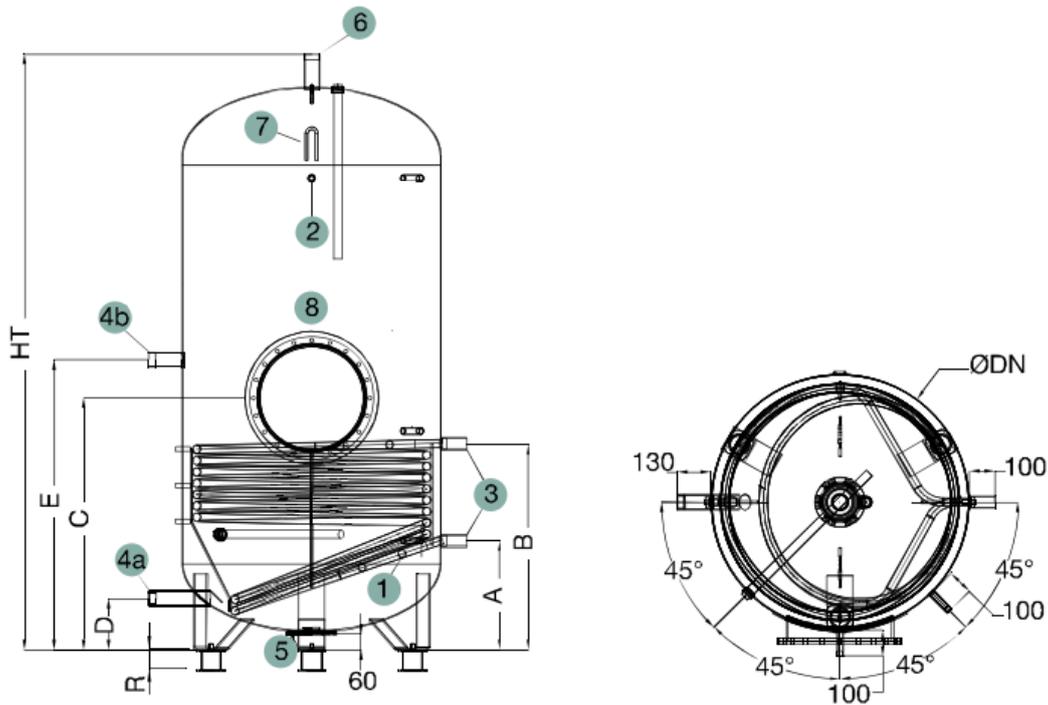


Figura 1.19 Medidas del Acumulador Sistema Auxiliar

El equipo de acumulación diseñado está fabricado con materiales que resisten las condiciones de presión y temperatura de diseño (Condiciones máximas operativas del acumulador:  $T_{\max} = 95 \text{ °C}$  y  $P_{\max} = 8 \text{ bar}$ ) de la instalación, así como su protección frente a la corrosión mediante cuba de acero al carbono con revestimiento vitrificado, elaborado en base a la Norma DIN 4753.

El depósito está equipado con fundas de PVC y aislamiento en poliuretano flexible de 100 mm de grosor. Además, cuenta con sonda y termostato para poder controlar las condiciones del agua en el interior del depósito (2).

Al ser la acumulación de 750 litros, dispone de boca de hombre DN 360 mm (8), que permite la inspección adecuada del interior, en cumplimiento con el Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.

De este acumulador, el acumulador final e la instalación, saldrá la red de distribución de ACS del edificio.

#### 1.9.4. Sistema de energía auxiliar (Caldera de condensación).

El sistema auxiliar de energía, encargado de aumentar la temperatura del agua de  $55 \text{ °C}$  a  $60 \text{ °C}$  será una caldera de condensación alimentada por gas natural. Este sistema además de ser el encargado de lo mencionado anteriormente también deberá ser capaz de

cubrir la demanda diaria de ACS en caso de fallo del sistema primario, así como de elevar la temperatura de toda la instalación para el tratamiento de choque térmico antilegionella.

La caldera de condensación seleccionada (con vaso de expansión y bomba integrados) será la siguiente:

- Marca: SAUNIER DUVAL familia THERMA CONDENS
- Modelo: 25-A
- Combustible: Gas Natural
- Caudal de gas a máxima potencia: 2.698 m<sup>3</sup>/h
- Potencia útil: 25.5 KW
- Máxima presión admisible: 10 bar.
- Máxima temperatura de impulsión: 80 °C.
- Volumen del vaso de expansión integrado: 8 litros
- Consumo eléctrico máximo: 107 W
- DN válvula de seguridad: 13.5 mm
- DN evacuación de gases de condensación: 14 mm
- DN conexión de ACS: ¾"
- Longitud máxima para evacuación de humos horizontal: 10 metros
- Peso: 37.1 kg
- Medidas (ancho X profundidad X altura): 418x344x740 mm
- Eficiencia energética: A



*Figura 1.20 Caldera de condensación Therma Condens*

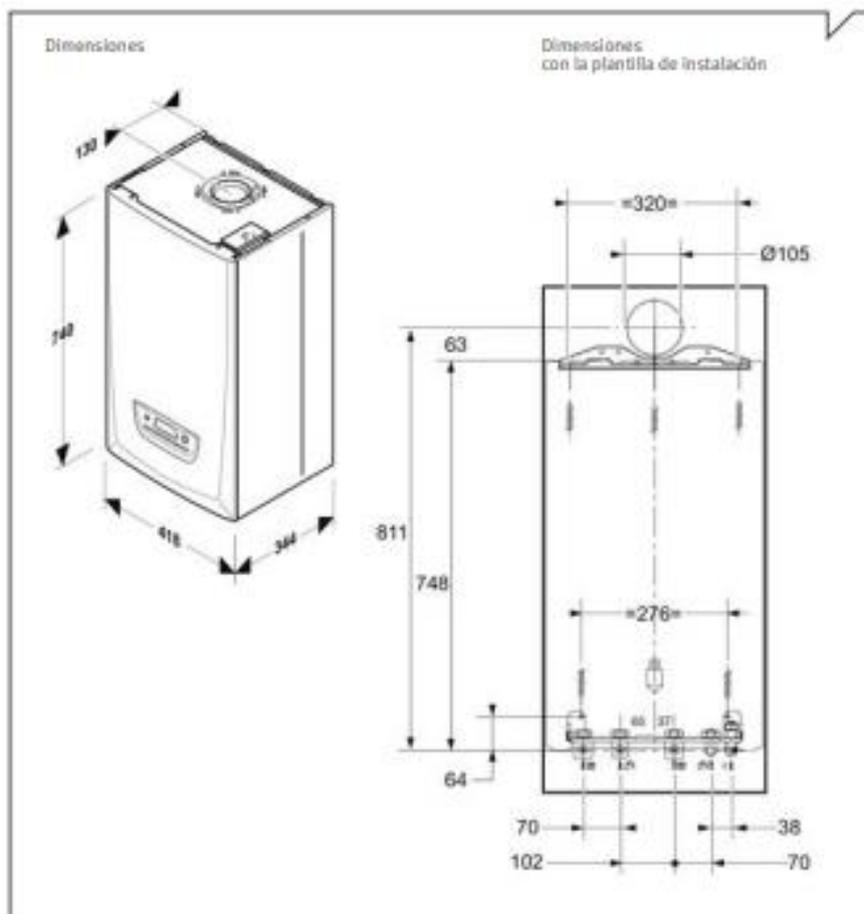


Figura 1.21 Medidas de la caldera de condensación.

### 1.9.5. Vaso de expansión en Acumuladores.

Se instala un vaso de expansión en el sistema de acumuladores, para paliar con la expansión del fluido en los tanques al variar sus condiciones de presión y temperatura. Se selecciona un vaso de expansión de la marca IBAIONDO.

- Marca: IBAIONDO
- Modelo: 150CMR
- Presión máxima: 10 bar
- Capacidad: 150 litros
- Temperatura Mínima/Máxima: -10/+100 °C
- Conexiones: 1 ½"
- Peso: 29 kg
- Dimensiones (DxH): 485x1155 mm



*Figura 1.22 Vaso de expansión IBAIONDO*

### 1.9.6. Valvulería y tuberías.

Se utilizan tuberías de cobre de DN 1'' y DN 1 ¼'', así como tuberías de polietileno reticulado de 2''. Además, se usan válvulas de corte, antirretorno y de seguridad en distintas partes de la instalación.

Utilizaremos válvulas de distintos tipos del comercial PROINCO.



*Figura 1.23 Válvulas de retención, corte y seguridad*

### 1.10. Normativa.

Se procederá a describir e indicar las normas de obligado cumplimiento que hemos seguido para diseñar nuestra instalación solar térmica.

### 1.10.1. Código técnico de la Edificación HE-4.

- HE4-2.2.1 Contribución solar mínima para ACS.

La localidad de Sevilla está situada en una zona climática V en el mapa de irradiación de España por lo tanto, se debe cumplir que la vivienda tenga una demanda cubierta del 60%.

- HE4-2.2.1.6 Alternativa a instalación solar.

En los casos en los que el emplazamiento del edificio no cuente con suficiente acceso al sol por barreras externas al mismo, cuando existan limitaciones no subsanables derivadas de la configuración previa del edificio existente en rehabilitación de edificios o cuando existan limitaciones no subsanables derivadas de la aplicación de la normativa urbanística que imposibiliten de forma evidente la disposición de la superficie de captación necesaria en edificios de nueva planta o rehabilitaciones de edificios, o cuando así lo determine el órgano competente que deba dictaminar en materia de protección histórico-artística, deberá sustituirse parcial o totalmente la contribución solar mínima de manera acorde con lo establecido en los apartados *HE4-2.2.1.4.* y *HE4-2.2.1.5.*

- HE4-2.2.1.4.

La contribución solar mínima para ACS y/o climatización de piscinas cubiertas podrá sustituirse parcial o totalmente mediante una instalación alternativa de otras energías renovables, procesos de cogeneración o fuentes de energía residuales procedentes de la instalación de recuperadores de calor ajenos a la propia instalación térmica del edificio; bien realizada en el propio edificio o bien a través de la conexión a una red de climatización urbana.

- HE4-2.2.1.5.

Para poder realizar la sustitución se justificará documentalmente que las emisiones de dióxido de carbono y el consumo de energía primaria no renovable, debidos a la instalación alternativa y todos sus sistemas auxiliares para cubrir completamente la demanda de ACS, o la demanda total de ACS y calefacción si se considera necesario, son iguales o inferiores a las que se obtendrían mediante la correspondiente instalación solar térmica y el sistema de referencia que se deberá considerar como auxiliar de apoyo para la demanda comparada.

### 1.10.2. Norma UNE

- UNE 100155

Empleada para el dimensionamiento del vaso de expansión.

- UNE 94002

Describe el cálculo de la demanda de energía térmica para instalaciones solares térmicas para producción de ACS tabulando los valores a emplear de consumo de agua caliente, temperatura de referencia y de agua fría de cada provincia.

- UNE 94003

Recoge los datos climáticos para el dimensionado de instalaciones térmicas. Se ha utilizado para los cálculos de temperaturas y radiaciones en la localidad de Sevilla.

### 1.10.3. Reglamento de instalaciones térmicas en la edificación (RITE).

- Aislamiento térmico (IT 1.2.3.2.1).

Para evitar pérdidas de energía, todas las tuberías, accesorios y equipos de la instalación deben estar aislados térmicamente. Esta norma recoge el cálculo del espesor mínimo de aislamiento según un proceso simplificado. En el presente proyecto se seleccionan los espesores de aislamiento cumpliendo dicha instrucción como se detallará en el apartado correspondiente.

- Control automático (IT 2.3.4).

Establece el equipamiento mínimo del control de las instalaciones centralizadas de preparación de agua caliente sanitaria, referido tanto al control de la temperatura de la instalación como al control para los usuarios. También queda recogido que cuando la instalación disponga de un sistema de control, mando y proyecto, su mantenimiento y la actualización de las versiones de los programas deberá ser realizado por personal cualificado o por el mismo suministrador de los programas.

### 1.10.4. Ordenanza de Sevilla.

- Aportación energética de instalación alternativa a captadores solares.

**ORDENANZA PARA LA GESTIÓN DE LA ENERGÍA, EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA SOSTENIBILIDAD DE SEVILLA.** Según la ordenanza de Sevilla, si una instalación de captadores solares es complementada o sustituida por otra instalación de energía renovable, cogeneración o aprovechamiento de calores térmicos residuales, el porcentaje de demanda energética necesaria para la producción de ACS a cubrir por el conjunto de estas deberá ser del 85 %.

También se debe demostrar que la disminución en emisiones de CO<sub>2</sub> es la misma o más de la que se obtendría con la instalación equivalente de captadores solares.

## 1.11. Bibliografía.

- CODIGO TECNICO EN LA EDIFICACION (CTE), sección HE 4.
- IDAE “Reglamento de instalaciones térmicas en edificios” 2013
- AEONOR Norma UNE 100-155 “Diseño y cálculo de sistemas de expansión” 2004.
- AENOR Norma UNE 94002 “Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria” 2005.
- AENOR Norma UNE 94003 “Datos climáticos para el dimensionado de instalaciones térmicas” 2007.
- REGLAMENTO PARA INSTALACIONES TERMICAS EN LA EDIFICACION (RITE) 2013.
- ORDENANZA PARA LA GESTIÓN DE LA ENERGÍA, EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA SOSTENIBILIDAD DE SEVILLA.
- TOSHIBA MONOBLOCK Catalogo General
- SAUNER DUVAL ESTIA Catalogo General
- THERMOR CORSUN Catalogo General
- Bombas HASA Catalogo General
- INDUSTRIAS IBAIONDO S.A. Catalogo General
- <https://www.proinco.es>
- <http://www.ekidom.com>
- <https://www.certificadosenergeticos.com/biomasa-acs-calefaccion-refrigeracion-viviendas>
- <https://cecu.es/campanas/medio%20ambiente/res&rue/htm/dossier/5%20biomasa.htm#2.3%20Calderas%20de%20pellets>
- <http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos>
- <http://www.aeornor.es>
- <https://demanda.ree.es/visiona/peninsula/demanda/acumulada/>
- [https://energia.gob.es/es-ES/Participacion/Documents/Planificacion%20Energetica/PlanificacionEnergeticaIndicativa\\_2020.pdf](https://energia.gob.es/es-ES/Participacion/Documents/Planificacion%20Energetica/PlanificacionEnergeticaIndicativa_2020.pdf)
- <https://www.idae.es/publicaciones/guia-tecnica-agua-caliente-sanitaria-central>

## 2. Memoria de cálculo.

### 2.1. Introducción.

En este apartado se muestran los cálculos realizados para el diseño de la instalación de ACS en el inmueble sevillano de la Calle Santa Clara Nº 23, siguiendo en todo momento las directrices marcadas por la normativa correspondiente.

Como debido a la ubicación de nuestro edificio, no está permitido instalar captadores solares, los cálculos aquí mostrados se corresponderán a las instalaciones alternativas planteadas. Aun así, sí que será necesario utilizar la herramienta CHEQ 4 para calcular el porcentaje de la demanda energética del edificio que se debe cubrir con la instalación. Así, debemos prediseñar una supuesta instalación termosolar que nos dará el valor de la demanda que estamos buscando.

### 2.2. Datos de partida.

#### 2.2.1. Parámetros generales del edificio.

La actividad del edificio está enfocada a su explotación económica como conjunto de apartamentos turísticos para su alquiler.

<b>Provincia</b>	Sevilla
<b>Localidad</b>	Sevilla (Zona Casco Antiguo)
<b>Ubicación</b>	Calle Santa Clara Nº23
<b>Altura sobre el nivel del mar</b>	12 m
<b>Latitud</b>	37° 22
<b>Longitud</b>	-6°
<b>Orientación</b>	Noroeste
<b>Zona Climática</b>	Zona V
<b>Ocupación</b>	50 personas

*Tabla 2.1 Datos del inmueble*

La norma UNE:94003:2007 diferencia hasta 5 tipos de zonas climáticas diferentes a lo largo de todo el país, clasificadas en función de la irradiación solar de la zona. Las zonas que superan el valor de 18 MJ/m<sup>2</sup> en términos de H, pertenecen a la zona climática V, como es el caso de la localidad del inmueble ( $H_{Sev}= 19,03 \text{ MJ/m}^2$ ).

## 2.2.2. Parámetros climáticos.

A continuación, se muestran los valores mensuales medios de irradiación solar y temperatura ambiente y temperatura de la red de agua, obtenidos con el software CHEQ4.

	<b>Rad(MJ/m<sup>2</sup>)</b>	<b>T.Red (°C)</b>	<b>T.Amb (°C)</b>
<b>Enero</b>	9,1	11,0	10,7
<b>Febrero</b>	12,2	11,0	11,9
<b>Marzo</b>	16,0	13,0	14,0
<b>Abril</b>	19,8	14,0	16,0
<b>Mayo</b>	24,1	16,0	19,6
<b>Junio</b>	25,9	19,0	23,4
<b>Julio</b>	27,2	21,0	26,8
<b>Agosto</b>	24,8	21,0	26,8
<b>Septiembre</b>	19,2	20,0	24,4
<b>Octubre</b>	14,3	16,0	19,5
<b>Noviembre</b>	10,2	13,0	14,3
<b>Diciembre</b>	8,3	11,0	11,1
<b>Promedio</b>	<b>17,6</b>	<b>15,5</b>	<b>18,2</b>

*Tabla 2.2. Parámetros climáticos*

## 2.3. Cálculo de la demanda.

### 2.3.1. Calculo de la demanda de ACS.

En el CTE, sección HE-4 encontramos la cantidad de agua caliente sanitaria a 60°C necesaria diariamente para cada persona. Dependiendo de la actividad a la que se dedique el inmueble, la cantidad de agua variara. En la tabla 2.3. encontramos los valores tabulados por el CTE. En nuestro caso, el complejo de apartamentos turísticos puede asemejarse a viviendas. Entonces la demanda de ACS será:

$$\text{Demanda ACS} = 50 [\text{pers}] * 28 \left[ \frac{\text{l}}{\text{día} * \text{pers}} \right] = 1400 \left[ \frac{\text{l}}{\text{día}} \right]$$

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

Tabla 2.3 Demanda de ACS para diferentes inmuebles.

### 2.3.2. Demanda energética.

En este punto calcularemos la demanda energética, es decir, la energía necesaria para calentar el caudal de agua diario desde la temperatura de la red hasta los 60 °C.

Debido al carácter mensual de los datos térmicos obtenidos anteriormente, calcularemos la demanda energética para cada uno de los meses del año (mostrados en la tabla 2.4) utilizando la siguiente fórmula:

$$E_{ACS} = Q_{ACS} * \rho_{Agua} * c_p * (T_{ACS} - T_{red}) * t$$

- $E_{ACS}$ : Demanda energética (J/mes).
- $Q_{ACS}$ : caudal diario de ACS (l/día).
- $\rho_{Agua}$ : Densidad del agua (1 kg/l)
- $c_p$ : Calor específico del agua (4190 J/kg K)
- $T_{ACS}$ : Temperatura del ACS (según el CTE HE-4, 60 °C).
- $T_{red}$ : Temperatura del agua de la red, tabulado mensualmente.
- $t$ : número de días del mes correspondiente.

Mes	Temperatura de la red [°C]	Demanda [MJ/mes]
Enero	11	8910,454
Febrero	11	8048,152
Marzo	13	8546,762
Abril	14	8095,08
Mayo	16	8001,224
Junio	19	7215,18
Julio	21	7091,994
Agosto	21	7091,994
Septiembre	20	7039,2
Octubre	16	8001,224
Noviembre	13	8271,06
Diciembre	11	8910,454
<b>Total Anual (<math>E_{ACSTOT}</math>)</b>		<b>95222.78 MJ/año</b>

Tabla 2.4 Demanda energética mensual.

### 2.3.3. Fracción de demanda anual cubierta por el sol.

La fracción de demanda cubierta anual aportada por la energía solar ( $f$ ) es el parámetro principal que caracteriza la instalación de ACS ya que determina la cantidad de demanda energética que se debe producir utilizando los captadores.

Aunque en nuestra instalación no tenemos captadores, este parámetro será necesario ya que determinara la cantidad de energía que debemos cubrir con nuestra instalación alternativa.

El parámetro  $f$  queda definido por la siguiente expresión:

$$f = \frac{Q_{solar}}{Q_{consumida}}$$

Donde:

- $Q_{solar}$  : Potencia térmica captada a lo largo del año.
- $Q_{consumida}$  : Potencia anual consumida por la instalación de ACS

Este parámetro en Sevilla viene determinado por dos normas:

- CTE DB HE-4
- ORDENANZA PARA LA GESTIÓN DE LA ENERGÍA, EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA SOSTENIBILIDAD DE SEVILLA.

#### a) CTE DB HE-4

Según el CTE sección HE-4, el valor de  $f$  esta tabulado para el consumo diario de agua y la zona climática donde se ubica el edificio, lo cual se muestra en la tabla 2.5.

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

Tabla 2.5 Contribución solar mínima para ACS en %

Debido a que nuestro caudal diario está comprendido entre 5 y 5000 litro y la zona climática a la que pertenece el inmueble está clasificada por la norma UNE:94003:2007 como Zona V, tendremos que cubrir un 60 % de la demanda energética anual de la instalación de ACS con nuestro sistema alternativo al de captadores solares. Para poder realizar la sustitución se justificará documentalmente que las emisiones de dióxido de carbono y el consumo de energía primaria no renovable, debidos a la instalación alternativa y todos sus sistemas auxiliares para cubrir completamente la demanda de ACS, o la demanda total de ACS y calefacción si se considera necesario, son iguales o inferiores a las que se obtendrían mediante la correspondiente instalación solar térmica y el sistema de referencia que se deberá considerar como auxiliar de apoyo para la demanda comparada.

#### **b) ORDENANZA PARA LA GESTIÓN DE LA ENERGÍA, EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA SOSTENIBILIDAD DE SEVILLA.**

Según la ordenanza de Sevilla, si una instalación de captadores solares es complementada o sustituida por otra instalación de energía renovable, cogeneración o aprovechamiento de calores térmicos residuales, el porcentaje de demanda energética necesaria para la producción de ACS a cubrir por el conjunto de estas deberá ser del 85 %.

También se debe demostrar que la disminución en emisiones de CO<sub>2</sub> es la misma o mas de la que se obtendría con la instalación equivalente de captadores solares. Se establece que la contribución solar mínima anual para agua caliente sanitaria será del 60%, siendo del 75% en el caso de que se utilice como energía auxiliar de apoyo el efecto Joule. Por lo tanto, el sistema de aerotermia debe justificar que las emisiones de CO<sub>2</sub> son menores que con un sistema con gas que cubra el 40% de la demanda o un sistema con efecto Joule que cubra el 25% de la demanda.

Con todo lo anterior, se comprende que se ha de dar cumplimiento a la Ordenanza de Sevilla al ser esta más restrictiva que la del CTE. Por tanto:

- Contribución energética mínima del conjunto de instalaciones alternativas será del 85 % de la demanda energética anual para la producción de ACS.
- Las emisiones de CO<sub>2</sub> han de ser menores que las producidas por un sistema de gas que cubra el 40% de la demanda o que las producidas por un equipo de sistema Joule que cubra el 25% de la demanda.

#### **2.3.4. Instalación solar de referencia**

Debemos diseñar una instalación solar de referencia, para obtener la demanda energética que la instalación alternativa debe cubrir. Utilizamos CHEQ4.

Para ello, antes es necesario definir los siguientes valores geométricos y técnicos de los captadores empleados.

- Marca: TERMICOL
- Modelo: T25 US
- Inclinación de los captadores: 30° respecto a la horizontal.
- Acimut: 0° (Orientación Sur)
- Numero de captadores en serie: 1

Numero de Captadores	7	8	9
Área de Captación empleada (m <sup>2</sup> )	16.8	19.2	21.6
Fracción de demanda cubierta (f)	55 %	60 %	64 %

Tabla 2.6 Influencia del número de captadores

Por tanto utilizaremos 8 captadores con un área total de captación de 19.2 m<sup>2</sup>

En este punto ya podemos conocer la demanda energética, así como demás parámetros necesarios para el diseño de la instalación de aerotermia.

### Cálculo del sistema de referencia

De acuerdo al apartado 2.2.1 de la sección HE4, la contribución solar mínima podrá sustituirse parcial o totalmente mediante una instalación alternativa de otras energías renovables, procesos de cogeneración o fuentes de energía residuales procedentes de la instalación de recuperadores de calor ajenos a la propia instalación térmica del edificio.

Para poder realizar la sustitución se justificará documentalmente que las emisiones de dióxido de carbono y el consumo de energía primaria no renovable, debidos a la instalación alternativa y todos sus sistemas auxiliares para cubrir completamente la demanda de ACS, o la demanda total de ACS y calefacción si se considera necesario, son iguales o inferiores a las que se obtendrían mediante la correspondiente instalación solar térmica y el sistema de referencia (se considerará como sistema de referencia para ACS, y como sistema de referencia para calefacción, una caldera de gas con rendimiento medio estacional de 92%).

Demanda ACS total [kWh]	26.388
Demanda ACS de referencia [kWh]	9.511
Demanda calefacción CALENER [kWh]	0
Consumo energía primaria [kWh]	11.062
Emisiones de CO2 [kg CO2]	2.232

Figura 2.1 Instalación de referencia de CHEQ4

La demanda anual energética por tanto serán 26388 kWh (calculada en MJ/año en la Tabla 2.4) de los cuales el equipo de Aerotermia debe cubrir el 85% para así cumplir con la Ordenanza de Sevilla, al ser más restrictiva esta que el CTE, como ya se ha mencionado anteriormente.

$$E_{ACSAER} = 0.85 * 26388 = 22429.8 \text{ kWh/año}$$

- $E_{ACSAER}$ : Demanda anual suministrada por la bomba de calor de la instalación de Aerotermia.

El sistema auxiliar de la instalación cubrirá el 15 % restante de la demanda energética anual, es decir:

$$E_{ACSAUX} = 0.15 * 26388 = 3958.2 \text{ kWh/año}$$

- $E_{ACSAUX}$ : Demanda anual suministrada por la caldera de gas del sistema auxiliar.

## 2.4. Equipo de Aerotermia.

Una vez conocemos la potencia que debemos producir con nuestra instalación de aerotermia ( $E_{ACSAER}$ ) podemos centrarnos en los cálculos pertinentes para los distintos equipos. La instalación de Aerotermia (instalación principal) está compuesta por una bomba de calor, un acumulador y el circuito primario.

El proceso de cálculo desarrollado a continuación aplica el método explicado en la sección 6.4 de la Guía Técnica para Instalaciones de ACS de IDAE, referenciada en la Bibliografía.

### 2.4.1. Acumulador del equipo de Aerotermia.

Necesitamos calcular el volumen necesario de acumulación de nuestra instalación primaria de forma que seamos capaces de satisfacer el pico máximo de demanda (La demanda energética producida por Aerotermia es ya el límite, 85%. Por ello si la temperatura de producción del agua del sistema auxiliar disminuye debemos recalcular el caudal para seguir cubriendo las demandas energéticas de la Ordenanza).

A diferencia de una instalación termosolar, el equipo de aerotermia produce ACS las 24 horas del día, ya que para su principio de funcionamiento no es necesario que luzca el sol. Es por ello, por lo que no necesitamos un acumulador excesivamente grande.

Es necesario resaltar que debido a que la bomba de calor es capaz de producir agua a 55 °C, es necesario recalcular el consumo de agua diario para cumplir los límites de demanda energética establecidos por la ordenanza.

De esta forma:

$$E_{ACS} = Q_{ACS} * \frac{365 \text{ días}}{1 \text{ año}} * c_p * \rho * (T_{PRIM} - T_{redm})$$

Donde:

- $E_{ACS}$ : Demanda energética total ( $95222.78 \cdot 10^6$  J/año).
- $Q_{ACS}$ : caudal diario de ACS del sistema auxiliar (l/día).
- $\rho$ : Densidad del agua (1 kg/l)
- $c_p$ : Calor específico del agua (4190 J/kg K)
- $T_{PRIM}$ : Temperatura del agua del acumulador (55 °C).
- $T_{redm}$ : Temperatura media del agua de la red (12 °C)

Es necesario destacar que el hecho de seleccionar como temperatura de red 12 °C se debe a que es esta temperatura la que el CTE utiliza. en la sección HE4, para el cálculo de la demanda diaria de ACS a 60 °C.

De esta forma tenemos que el caudal diario de ACS en el acumulador del sistema primario será:

- $Q_{ACS} = 1448 \text{ l/dia}$

Una vez conocido el consumo de ACS a 55 °C podremos seleccionar el volumen de acumulación. Para ello nos basaremos en el consumo punta en las condiciones de diseño.

Necesitamos conocer el consumo máximo de ACS que se alcanzaría si todos los aparatos que consumen ACS funcionasen simultáneamente. Según IDAE hipótesis conservadoras, que conllevan sistemas que no presentan problemas de funcionamiento, son tomar como consumo en la hora punta el 50% del consumo medio diario en edificios como viviendas y hoteles.

Por otro lado, el día y hora de diseño, se toma como aquel en el que se da el pico de demanda a la hora a la que la temperatura del agua de la red es menor, según IDAE (Tabla 07 de la guía), 11 °C para Sevilla en el mes de enero con una temperatura del aire exterior de 7 °C.

Seleccionaremos como volumen de acumulación el 100 % de la demanda punta, es decir 750 litros.

Como la bomba de calor eleva la temperatura del agua hasta los 55 °C, ya mencionado anteriormente, necesitamos dos acumuladores de 750 litros conectados, uno acumulando agua a 55 °C y otro acumulando ACS a 60 °C. El volumen de acumulación total será por tanto de 1500 litros.

Utilizaremos acumuladores de la marca THERMOR, modelo CORSUN (código 650036), con capacidad de 750 l y con un serpentín integrado de 29 metros de longitud (superficie de intercambio de  $3.12 \text{ m}^2$ ), descrito en la memoria descriptiva (Sección 1.8.1).

## 2.4.2. Bomba de calor equipo Aerotermia.

Para la elección del equipo de aerotermia tenemos que considerar la carga punta en el día y hora de diseño, para así asegurar que el equipo será capaz de satisfacer las necesidades de ACS en cualquier caso.

El proceso de cálculo desarrollado a continuación aplica el método explicado en la sección 6.4 de la Guía Técnica para Instalaciones de ACS de IDAE.

Conocido el volumen de acumulación a 55 °C, 750 litros podremos calcular la potencia que debe suministrar la bomba de calor para cubrir la demanda punta.

La potencia a instalar resulta:

$$P_{BdCsum} = [Q_{punta} - V_{acumulacion} * F_{uso}] * (T_{ACUM} - T_{red}) * 1.16 / \eta_{ACS}$$

Donde:

- $P_{BdCsum}$ : Potencia suministrada por la bomba de calor en el pico de demanda (W).
- $Q_{punta}$ : Consumo en la hora punta (724 l).
- $V_{acumulacion}$ : Volumen del acumulador a 55 °C (750 l).
- $F_{uso}$ : Factor de uso del volumen acumulado (0.988)  
 $F_{uso} = 0.63 + 0.14 * (H/D)$   
donde H y D son la altura y diámetro del depósito respectivamente (2020 y 790 mm)
- $T_{ACUM}$ : Temperatura del agua en el acumulador (55 °C)
- $T_{red}$ : Temperatura de la red (11 °C) según IDAE.
- $\eta_{ACS}$ : Rendimiento del sistema de producción (pérdidas térmicas y acumulación) estimado en el 75 % según la guía de IDAE.

Resolviendo, obtenemos que la potencia que la bomba tiene que dar en el momento de máxima demanda es:

$$P_{BdCsum} = -1.157 \text{ kW}$$

Se tiene una potencia de la bomba de calor negativa, absurda, lo cual tiene sentido ya que se dispone de un acumulador con un volumen mayor al del volumen de ACS en el momento de demanda punta. Esto quiere decir que la energía acumulada en el acumulador es suficiente para cubrir el pico de demanda.

Según IDAE, en estos casos la potencia del equipo vendrá impuesta por un tiempo de calentamiento/recuperación del depósito de 3 o 4 horas.

Por tanto:

$$P_{BdC} = V_{acumulacion} * (T_{ACUM} - T_{red}) * 1.16 [\text{Wh/l } ^\circ\text{C}] / (\eta_{ACS} * t_{rec})$$

Donde:

- $P_{BdC}$ : Potencia suministrada por la bomba de calor (W).
- $V_{acumulacion}$ : Volumen del acumulador a 55 °C (750 l).
- $T_{ACUM}$ : Temperatura del agua en el acumulador (55 °C)
- $T_{red}$ : Temperatura de la red (11 °C) según IDAE.
- $\eta_{ACS}$ : Rendimiento del sistema de producción, estimado en el 75 % según IDAE.
- $t_{rec}$ : Tiempo de recuperación (3.5 h)

De esta forma, tenemos que la potencia de la bomba de calor será:

$$P_{BdC} = 14.58 \text{ kW}$$

Conocido lo anterior podemos seleccionar un equipo:

- Marca: TOSHIBA
- Modelo: ESTIA MONOBLOCK 17 RUA-CP1701HB
- Potencia (T. imp. 60 °C / T. ext. 7 °C): 15.3 KW
- COP (T. imp. 60 °C / T. ext. 7 °C): 2.7
- Presión estática máxima disponible en la bomba: 105 kPa

El intercambio térmico entre el agua del módulo hidrónico del equipo de aerotermia y el agua de la red se lleva a cabo dentro del acumulador a través de un serpentín de 29 metros de longitud y una superficie de intercambio de 3.12 m<sup>2</sup>.

El fluido en el circuito primario cede al agua en el acumulador 15.312 kW, a una temperatura de impulsión de 60 °C y 55 °C de retorno (fijada por ser esta la temperatura en el acumulador). De esta forma podemos calcular el caudal en el circuito primario.

$$P_{BdC} = Q_{prim} * 4.18 * (T_{imp} - T_{ret})$$

Donde:

- $P_{BdC}$ : Potencia suministrada por la bomba de calor (15.312 kW).
- $Q_{prim}$ : Caudal en el circuito primario de Aerotermia (l/s).
- $T_{imp}$ : Temperatura de impulsión (60 °C)
- $T_{ret}$ : Temperatura de retorno (55 °C)
- 4.18: Calor específico del fluido caloportador (kJ/kg k)

Obteniendo un caudal de diseño en el circuito primario de:

$$Q_{prim} = 0.73 \text{ l/s}$$

El fabricante recomienda un caudal mayor que 0.45 l/s por lo que cumplimos con las condiciones de este.

## 2.5. Equipo auxiliar.

Sera el encargado de aumentar la temperatura del agua de 55 °C a 60 °C en el interior del segundo acumulador, para así cumplir con la normativa.

### 2.5.1. Acumulador del equipo Auxiliar.

El volumen de acumulación de la instalación es de 1500 litros y por eso se dispone de dos acumuladores de 750 litros. En el segundo se calienta en agua desde 55°C a 60 °C, como se detalla en la memoria descriptiva (sección 1.6).

Por tanto, utilizaremos un acumulador de la misma capacidad que el del sistema primario, es decir 750 litros, seleccionamos por ello el mismo modelo, descrito en la memoria descriptiva (Sección 1.9.3).

Este será el acumulador final, del que saldrá la red de distribución de ACS del edificio.

### 2.5.2. Sistema Auxiliar de energía.

El sistema auxiliar de energía se encargará de calentar el agua desde 55 °C a 60 °C ya que la bomba de calor solo puede producir agua a 55 °C y la normativa exige agua a 60 °C. Por ello necesitamos calcular la energía necesaria para dicho proceso:

De igual forma que antes para la bomba de calor, calcularemos la potencia que la caldera de gas (equipo auxiliar de energía) debe dar en el pico de demanda, para la hora y día de diseño

Como se ha mencionado antes, el pico de demanda será el 50 % de la demanda diaria de ACS, es decir 778 litros.

La potencia a instalar resulta:

$$P_{AUXsum} = [Q_{punta} - V_{acumulacion} * F_{uso}] * (T_{ACUM*} - T_{ACUM}) * 1.16 / \eta_{ACS}$$

Donde:

- $P_{AUXsum}$ : Potencia suministrada por la caldera auxiliar en el pico de demanda (W).
- $Q_{punta}$ : Consumo en la hora punta (724 l).
- $V_{acumulacion}$ : Volumen del acumulador a 60 °C (750 l).
- $F_{uso}$ : Factor de uso del volumen acumulado (0.988)

$$F_{uso} = 0.63 + 0.14 * (H/D)$$

donde H y D son la altura y diámetro del depósito respectivamente (2020 y 790 mm)

- $T_{ACUM*}$ : Temperatura del agua en el acumulador de la instalación auxiliar (60 °C)
- $T_{ACUM}$ : Temperatura a la que llega el agua desde el otro acumulador (55 °C)
- $\eta_{ACS}$ : Rendimiento del sistema de producción (pérdidas térmicas y acumulación) estimado en el 75 % según la guía de IDAE.

Resolviendo, obtenemos que la potencia que la caldera tiene que dar en el momento de máxima demanda es:

$$P_{AUXsum} = -0.131 \text{ kW}$$

Se tiene una potencia negativa, absurda, lo cual tiene sentido ya que se dispone de un acumulador con un volumen mayor al del volumen de ACS en el momento de demanda punta. Esto quiere decir que la energía acumulada en el acumulador es suficiente para cubrir el pico de demanda.

Aplicaremos entonces el mismo criterio propuesto por IDAE que utilizamos para la bomba de calor y seleccionaremos un equipo con el cual el tiempo de calentamiento del agua en el acumulador sea aceptable (suponemos 0.25 horas es decir 15 minutos)

Por tanto, la potencia suministrada por el equipo auxiliar será:

$$P_{AUX} = V_{acumulacion} * (T_{ACUM*} - T_{ACUM}) * 1.16 \text{ [Wh/l } ^\circ\text{C]} / (\eta_{ACS} * t_{rec})$$

Donde:

- $P_{AUX}$ : Potencia suministrada por la caldera (W).
- $V_{acumulacion}$ : Volumen del acumulador a 60 °C (750 l).
- $T_{ACUM*}$ : Temperatura del agua en el acumulador (60 °C)
- $T_{ACUM}$ : Temperatura a la que llega el agua desde el otro acumulador (55 °C)
- $\eta_{ACS}$ : Rendimiento del sistema de producción, estimado en el 75 % según IDAE.
- $t_{rec}$ : Tiempo de recuperación (0.3 h)

De donde despejamos la potencia de la caldera:

$$P_{AUX} = 23.2 \text{ kW}$$

Seleccionamos el siguiente equipo para el sistema auxiliar de energía:

- Caldera de condensación.
- Marca: SAUNIER DUVAL familia THERMA CONDENS
- Modelo: 25-A
- Potencia: 25.5 KW
- Temperatura máxima de impulsión: 80 °C

El intercambio térmico entre el agua del módulo hidrónico del equipo auxiliar y el agua proveniente del acumulador primario se lleva a cabo dentro del acumulador final a través de un serpentín de 29 metros de longitud y una superficie de intercambio de 3.12 m<sup>2</sup>.

El fluido en el circuito primario cede al agua en el acumulador 25.5 kW, a una temperatura de impulsión de 80 °C y 60 °C de retorno (fijada por ser esta la temperatura en el acumulador). De esta forma podemos calcular el caudal en el circuito primario.

$$P_{AUX} = Q_{prim} * 4.18 * (T_{imp} - T_{ret})$$

Donde:

- $P_{AUX}$ : Potencia suministrada por la caldera (25.5 kW).
- $Q_{prim}$ : Caudal en el circuito primario Auxiliar (l/s).
- $T_{imp}$ : Temperatura de impulsión (80 °C)
- $T_{ret}$ : Temperatura de retorno (60 °C)
- 4.18: Calor específico del fluido caloportador (kJ/kg k)

Obteniendo un caudal de diseño en el circuito primario al despejar de:

$$Q_{prim} = 0.31 \text{ l/s}$$

## 2.6. Cálculos Hidráulicos.

Realizamos en este punto los cálculos hidráulicos pertinentes para cada uno de los circuitos de la instalación:

- Circuito primario de Aeroterminia.
- Circuito primario del sistema Auxiliar.
- Sistema de conexión entre acumulador primario y final.
- Sistema de distribución de ACS.

### 2.6.1. Circuito primario de Aeroterminia.

#### 2.6.1.1. Fluido del circuito primario.

Como fluido de trabajo se seleccionará agua debido a sus buenas características como fluido caloportador.

### 2.6.1.2. Caudal del circuito primario.

El caudal del circuito primario de la instalación de Aerotermia ha sido calculado anteriormente utilizando las condiciones de diseño (Sección 2.4.3).

$$Q_{prim} = 0.73 \text{ l/s} = 2628 \text{ l/h}$$

### 2.6.1.3. Pérdida de carga en equipos, accesorios y tuberías.

Primero debemos diseñar el Diagrama del Principio (sección 6. Planos), donde estableceremos el número de accesorios y la longitud de las tuberías del sistema.

Para el circuito primario del sistema de Aerotermia (Figura 2.2):

#### 1) Pérdida de carga en el acumulador y equipo:

El serpentín del acumulador lleva asociado una pérdida de carga que debemos calcular, sabiendo la longitud de este (29 m) y el diámetro (1 ¼'') facilitados por el fabricante, así como el caudal de diseño calculado anteriormente (0.73 l/s = 2628 l/h).

Para el cálculo de la pérdida de carga debemos saber que este viene determinado por la siguiente expresión:

$$\Delta P_1 = k * Q_1^2$$

Siendo  $k$  una constante y  $Q_1$  el caudal para el cual se obtiene la pérdida de carga  $\Delta P_1$ . Para el acumulador, es conocida la pérdida de carga que se produce para un caudal de 3 m<sup>3</sup>/h, por lo que para obtener la pérdida de carga que se produce para nuestro caudal solo será necesario igualar las constantes y despejar  $\Delta P_2$ .

Es decir:

$$\Delta P_{cat} = k * Q_{cat}^2$$

$$\Delta P_{serpentin} = k * Q_{serpentin}^2$$

Dividiendo ambas ecuaciones se obtiene que:

$$\Delta P_{serpentin} = \Delta P_{cat} * (Q_{serpentin}/Q_{cat})^2$$

Donde:

- $\Delta P_{serpentin}$ : Pérdida de carga en el serpentín del acumulador (mbar).
- $\Delta P_{cat}$ : Pérdida de carga en el serpentín del acumulador según el catálogo (158 mbar).
- $Q_{serpentin}$ : Caudal en el serpentín (2.628 m<sup>3</sup>/h).
- $Q_{cat}$ : Caudal en el serpentín del acumulador según el catálogo (3 m<sup>3</sup>/h)

Resolviendo se obtiene que la pérdida de carga en el serpentín del acumulador para nuestras condiciones vale:

$$\Delta P_{serpentin} = 121.25 \text{ mbar} = 12.13 \text{ kPa}$$

Ahora debemos calcular la pérdida de carga que se produce en el interior del equipo de aerotermia. En el catálogo del equipo no se menciona la pérdida de carga en el serpentín del módulo hidráulico. Por ello, al ser necesario tener en cuenta dicha pérdida de carga, supondremos que dentro del equipo se produce la misma pérdida de carga que en el interior del serpentín del acumulador.

$$\Delta P_{BdC} = 121.25 \text{ mbar} = 12.13 \text{ kPa}$$

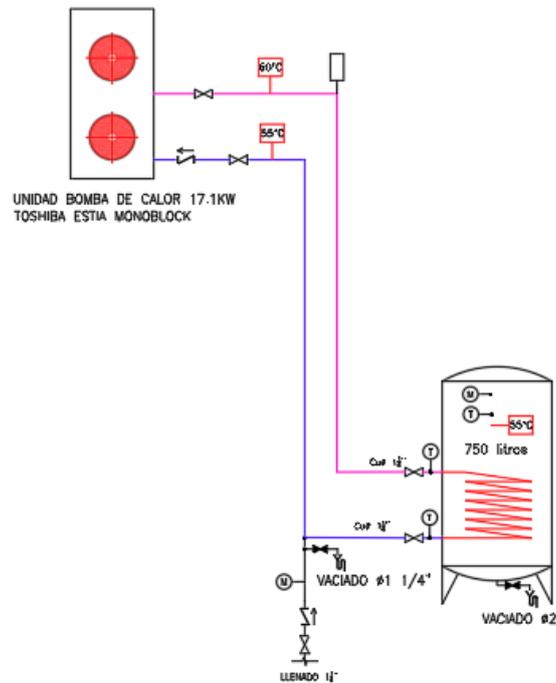


Figura 2.2. Circuito primario Aerotermia.

## 2) Pérdida de carga en la red de tuberías:

El dimensionado de toda la instalación de tuberías se lleva a cabo siguiendo las recomendaciones que aparecen en el pliego de condiciones técnicas facilitadas por el IDAE. Estas pautas son las siguientes:

- La velocidad de circulación del fluido debe ser inferior a 2m/s cuando están situadas en locales habitados, e inferior a 3 m/s cuando se trate de zonas exteriores.

Para esta instalación, por tanto, al estar situada en cubierta de edificio habitable debe restringirse la velocidad del fluido a 3m/s o inferior.

- El dimensionado de tuberías deberá realizarse de modo que las pérdidas de carga por metro lineal no superen los 40 mm.c.a/m cuando se trate de agua.

$$\Delta P_{maxlineal} \leq 40 \text{ mmca/m} = 392 \text{ Pa/m}$$

- El diámetro de las tuberías sea normalizado (DN).

El dimensionado de las tuberías, por tanto, se ha calculado ceñido a los valores límite que recomienda el IDAE. Para ello se ha empleado una ecuación de continuidad que permite relacionar la velocidad de circulación con la sección de paso, seleccionando como velocidad de circulación la máxima admisible en lugares habitados: 2 m/s.

$$v = Q/A = (4*Q)/(\pi*D^2) = 2 \text{ m/s}$$

Donde:

- Q: caudal de circulación de la tubería (0.00073 m<sup>3</sup>/s).
- v: velocidad de circulación del fluido (2 m/s).
- D: diámetro interior.

Despejando tenemos el diámetro interior:

$$D_{int} = 0.0216 \text{ m} = 21.56 \text{ mm}$$

*Seleccionaremos tuberías de DN 1'' (25.4 mm)*

Utilizaremos tuberías de cobre, que recorrerán desde la ubicación del equipo en cubierta a la sala de instalaciones en la entre-planta del edificio (sección 6. Planos).

Aun no conocemos la pérdida de carga que este diámetro conlleva, pero si sabemos que al final  $\Delta P_{maxlineal} \leq 392 \text{ Pa/m}$ . Por tanto, el cálculo de pérdidas de presión en tuberías lo llevaremos a cabo utilizando una hoja de EXCEL (TUBERIAS\_Y\_CONDUCTOS\_V\_18 desarrollada para dicha función por el profesor del departamento Juan Francisco Coronel Toro, y modificaremos el diámetro de la tubería si no se cumpliera la condición de  $\Delta P_{maxlineal}$  impuesta por IDAE.

Tramo	Caudal (l/h)	Longitud (l)	Diámetro (")	$\Delta P_{tub}$ (Pa/m)	$\Delta P_{tub}$ (kPa)
Impulsión	2628	19.5	1	769.2	15
Retorno	2628	19.5	1	781	15.2

*Tabla 2.7 Pérdida de carga en tuberías de Aeroterminia*

Como no se cumple la condición  $\Delta P_{maxlineal} \leq 509.6 Pa/m$ , aumentaremos el diámetro para cumplir con la condición.

*Seleccionaremos tuberías de DN 1-1/4'' (31.75 mm)*

Tramo	Caudal (l/h)	Longitud (m)	Diámetro (")	$\Delta P_{tub}$ (Pa/m)	$\Delta P_{tub}$ (kPa)
Impulsión	2628	19.5	1-1/4	263.2	5.1
Retorno	2628	19.5	1-1/4	267.4	5.2

*Tabla 2.8 Pérdida de carga en tuberías de Aerotermia 2*

Por tanto:

$$\Delta P_{tubtot} = 10346.7 Pa = 10.3 kPa$$

### 3) Pérdida de carga en accesorios:

Para el cálculo de la pérdida de carga en accesorios utilizaremos el método de la longitud equivalente, utilizando para ello la siguiente tabla:

Diámetro nominal (")	Codo 90°	Curva 90°	Curva 45°	Codo doble 180°	Curva doble 180°	T en ramas alineadas	T en rama derivada	Válvula esférica	Válvula de compuerta	Válvula en ángulo	Válvula de retención
1/4	0.07	0.07	0.04	0.07	0.07	0.05	0.17	2.13		0.68	0.33
3/8	0.12	0.12	0.06	0.12	0.12	0.08	0.28	3.53		1.12	0.55
1/2	0.17	0.16	0.09	0.17	0.17	0.11	0.40	5.01	0.17	1.59	0.80
3/4	0.29	0.26	0.15	0.29	0.27	0.17	0.66	8.05	0.27	2.56	1.34
1	0.40	0.36	0.21	0.40	0.37	0.24	0.92	11.11	0.37	3.52	1.93
1-1/4	0.52	0.46	0.27	0.52	0.47	0.31	1.19	14.09	0.46	4.47	2.55
1-1/2	0.64	0.56	0.33	0.64	0.57	0.37	1.45	16.96	0.55	5.38	3.20
2	0.87	0.74	0.46	0.87	0.74	0.49	1.98	22.27	0.70	7.06	4.57
2-1/2	1.10	0.89	0.59	1.10	0.90	0.59	2.48	26.95	0.83	8.56	6.01
3	1.32	1.03	0.72	1.32	1.03	0.68	2.96	31.01	0.91	9.86	7.52
3-1/2	1.53	1.14	0.85	1.53	1.14	0.76	3.40	34.48	0.97	10.99	9.07
4	1.73	1.24	0.97	1.73	1.22	0.83	3.83	37.46	1.00	11.99	10.68
5	2.10	1.38	1.22	2.10	1.35	0.92	4.60	42.32	0.98	13.71	14.00

*Tabla 2.9 Pérdida de carga en Accesorios*

Una vez conocida la longitud equivalente de cada uno de los accesorios y conociendo el caudal y diámetro de la red de tuberías, el cálculo de pérdidas de presión en estos lo llevaremos a cabo utilizando una hoja de EXCEL (TUBERIAS\_Y\_CONDUCTOS\_V\_18 desarrollada para dicha función por el profesor del departamento Juan Francisco Coronel Toro.

Tramo	Accesorios	Longitud Eq. (m)	$\Delta P_{acc}$ (kPa)
Impulsión	9 codos 90° 2 válvula esférica	32.86	8.6
Retorno	9 codos 90° 2 válvula esférica 1 válvula retención	35.41	9.5

Tabla 2.10 Pérdida de carga en Accesorios de Aerotermia

Por tanto, sumando la pérdida de carga total en los accesorios de la impulsión y el retorno tenemos una pérdida de carga de accesorios de:

$$\Delta P_{acc} = 18.1 \text{ kPa}$$

#### 2.6.1.4. Bomba del circuito primario.

Una vez calculada la pérdida de presión en el circuito primario del sistema, podremos comprobar si la bomba integrada en el equipo de Aerotermia es capaz de vencer una pérdida de carga con dicho valor. Para ello:

$$\Delta P_{tot} = \Delta P_{serpentin} + \Delta P_{tubtot} + \Delta P_{acc} + \Delta P_{BdC} = 52.66 \text{ kPa}$$

Según el catálogo del equipo:

- Presión estática máxima disponible con bomba ( $\Delta P_{max}$ ): 105 kPa

Por tanto, no será necesario instalar una bomba auxiliar en el circuito primario del sistema de Aerotermia, ya que la bomba instalada en el módulo hidrónico es capaz de vencer dicha pérdida de carga.:

$$\Delta P_{tot} < \Delta P_{max}$$

### 2.6.2. Circuito primario del sistema Auxiliar.

#### 2.6.2.1. Fluido del circuito primario.

Como fluido de trabajo se seleccionará agua debido a sus buenas características como fluido caloportador.

### 2.6.2.2. Caudal del circuito primario.

El caudal del circuito primario de la instalación de Aerotermia ha sido calculado anteriormente utilizando las condiciones de diseño (Sección 2.4.3).

$$Q_{prim} = 0.31 \text{ l/s} = 1116 \text{ l/h}$$

### 2.6.2.3. Pérdida de carga en equipos, accesorios y tuberías.

Primero debemos diseñar el Diagrama del Principio (sección 6. Planos), donde estableceremos el número de accesorios y la longitud de las tuberías del sistema.

Para el circuito primario del sistema Auxiliar:

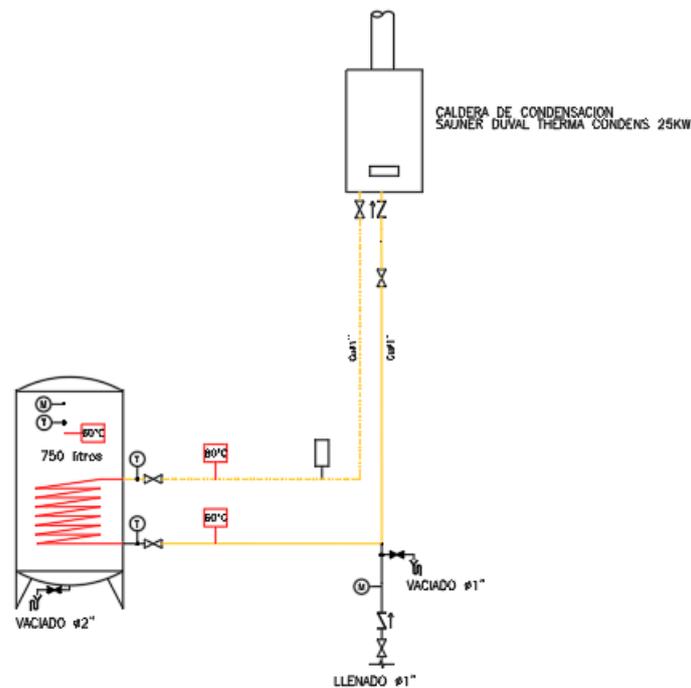


Figura 2.3 Circuito primario Auxiliar

#### 1) Pérdida de carga en el acumulador y equipo:

El serpentín del acumulador lleva asociado una pérdida de carga que debemos calcular, sabiendo la longitud de este (29 m) y el diámetro (1 1/4") facilitados por el fabricante, así como el caudal de diseño calculado anteriormente (0.73 l/s = 2628 l/h).

Para el cálculo de la pérdida de carga debemos saber que este viene determinado por la siguiente expresión:

$$\Delta P_l = k \cdot Q_l^2$$

Siendo  $k$  una constante y  $Q_l$  el caudal para el cual se obtiene la pérdida de carga  $\Delta P_l$ . Para el acumulador, es conocida la pérdida de carga que se produce para un caudal de  $3 \text{ m}^3/\text{h}$ , por lo que para obtener la pérdida de carga que se produce para nuestro caudal solo será necesario igualar las constantes y despejar  $\Delta P_2$ .

Es decir:

$$\Delta P_{cat} = k \cdot Q_{cat}^2$$

$$\Delta P_{serpentin} = k \cdot Q_{serpentin}^2$$

Dividiendo ambas ecuaciones se obtiene que:

$$\Delta P_{serpentin} = \Delta P_{cat} \cdot (Q_{serpentin}/Q_{cat})^2$$

Donde:

- $\Delta P_{serpentin}$ : Pérdida de carga en el serpentín del acumulador (mbar).
- $\Delta P_{cat}$ : Pérdida de carga en el serpentín del acumulador según el catálogo (158 mbar).
- $Q_{serpentin}$ : Caudal en el serpentín ( $1.116 \text{ m}^3/\text{h}$ ).
- $Q_{cat}$ : Caudal en el serpentín del acumulador según el catálogo ( $3 \text{ m}^3/\text{h}$ )

Resolviendo se obtiene que la pérdida de carga en el serpentín del acumulador para nuestras condiciones vale:

$$\Delta P_{serpentin} = 21.86 \text{ mbar} = 2.19 \text{ kPa}$$

Ahora debemos calcular la pérdida de carga que se produce en el interior del equipo de aerotermia. En el catálogo del equipo no se menciona la pérdida de carga en el serpentín del módulo hidrónico. Por ello, al ser necesario tener en cuenta dicha pérdida de carga, supondremos que dentro del equipo se produce la misma pérdida de carga que en el interior del serpentín del acumulador.

$$\Delta P_{BdC} = 21.86 \text{ mbar} = 2.19 \text{ kPa}$$

## 2) Pérdida de carga en la red de tuberías:

El dimensionado de toda la instalación de tuberías se lleva a cabo siguiendo las recomendaciones que aparecen en el pliego de condiciones técnicas facilitadas por el IDAE. Estas pautas son las siguientes:

- La velocidad de circulación del fluido debe ser inferior a 2m/s cuando están situadas en locales habitados, e inferior a 3 m/s cuando se trate de zonas exteriores. Para esta instalación, por tanto, al estar situada en cubierta de edificio habitable debe restringirse la velocidad del fluido a 3m/s o inferior.
- El dimensionado de tuberías deberá realizarse de modo que las pérdidas de carga por metro lineal no superen los 40 mm.c.a/m cuando se trate de agua.

$$\Delta P_{maxlineal} \leq 40 \text{ mmca/m} = 392 \text{ Pa/m}$$

- El diámetro de las tuberías sea normalizado (DN).

El dimensionado de las tuberías, por tanto, se ha calculado ceñido a los valores límite que recomienda el IDAE. Para ello se ha empleado una ecuación de continuidad que permite relacionar la velocidad de circulación con la sección de paso, seleccionando como velocidad de circulación la máxima admisible en lugares habitados: 2 m/s.

$$v = Q/A = (4*Q)/(\pi*D^2) = 2 \text{ m/s}$$

Donde:

- Q: caudal de circulación de la tubería (0.00031 m<sup>3</sup>/s).
- v: velocidad de circulación del fluido (2 m/s).
- D: diámetro interior.

Despejando tenemos el diámetro interior:

$$D_{int} = 0.0141 \text{ m} = 14.06 \text{ mm}$$

*Seleccionaremos tuberías de DN 3/4'' (19.05 mm)*

Utilizaremos tuberías de cobre, que recorrerán desde la ubicación del equipo en cubierta a la sala de instalaciones en la entre-planta del edificio (sección 6. Planos).

Aun no conocemos la pérdida de carga que este diámetro conlleva, pero si sabemos que al final  $\Delta P_{maxlineal} \leq 392 \text{ Pa/m}$ . Por tanto, el cálculo de pérdidas de presión en tuberías lo llevaremos a cabo utilizando una hoja de EXCEL (TUBERIAS\_Y\_CONDUCTOS\_V\_18 desarrollada para dicha función por el profesor del departamento Juan Francisco Coronel Toro, y modificaremos el diámetro de la tubería si no se cumpliese la condición de  $\Delta P_{maxlineal}$  impuesta por IDAE.

Tramo	Caudal (l/h)	Longitud (m)	Diámetro (")	$\Delta P_{tub}$ (Pa/m)	$\Delta P_{tub}$ (kPa)
Impulsión	1116	19	3/4	626.7	11.9

Retorno	1116	19	¾	661.4	12.6
---------	------	----	---	-------	------

Tabla 2.11 Pérdida de carga en tuberías de Auxiliar

Como no se cumple la condición  $\Delta P_{maxlineal} \leq 509.6 Pa/m$ , aumentaremos el diámetro para cumplir con la condición.

Seleccionaremos tuberías de DN 1'' (25.4 mm)

Tramo	Caudal (l/h)	Longitud (m)	Diámetro (")	$\Delta P_{tub}$ (Pa/m)	$\Delta P_{tub}$ (Pa)
Impulsión	1116	19	1	157.7	3
Retorno	1116	19	1	166.9	3.2

Tabla 2.12 Pérdida de carga en tuberías de auxiliar 2

Por tanto:

$$\Delta P_{tubtot} = 10362.5 Pa = 6.2 kPa$$

### 3) Pérdida de carga en accesorios:

Para el cálculo de la pérdida de carga en accesorios utilizaremos el método de la longitud equivalente, utilizando para ello la siguiente tabla:

Diámetro nominal (")	Codo 90°	Curva 90°	Curva 45°	Codo doble 180°	Curva doble 180°	T en ramas alineadas	T en rama derivada	Válvula esférica	Válvula de compuerta	Válvula en ángulo	Válvula de retención
1/4	0.07	0.07	0.04	0.07	0.07	0.05	0.17	2.13		0.68	0.33
3/8	0.12	0.12	0.06	0.12	0.12	0.08	0.28	3.53		1.12	0.55
1/2	0.17	0.16	0.09	0.17	0.17	0.11	0.40	5.01	0.17	1.59	0.80
3/4	0.29	0.26	0.15	0.29	0.27	0.17	0.66	8.05	0.27	2.56	1.34
1	0.40	0.36	0.21	0.40	0.37	0.24	0.92	11.11	0.37	3.52	1.93
1-1/4	0.52	0.46	0.27	0.52	0.47	0.31	1.19	14.09	0.46	4.47	2.55
1-1/2	0.64	0.56	0.33	0.64	0.57	0.37	1.45	16.96	0.55	5.38	3.20
2	0.87	0.74	0.46	0.87	0.74	0.49	1.98	22.27	0.70	7.06	4.57
2-1/2	1.10	0.89	0.59	1.10	0.90	0.59	2.48	26.95	0.83	8.56	6.01
3	1.32	1.03	0.72	1.32	1.03	0.68	2.96	31.01	0.91	9.86	7.52
3-1/2	1.53	1.14	0.85	1.53	1.14	0.76	3.40	34.48	0.97	10.99	9.07
4	1.73	1.24	0.97	1.73	1.22	0.83	3.83	37.46	1.00	11.99	10.68
5	2.10	1.38	1.22	2.10	1.35	0.92	4.60	42.32	0.98	13.71	14.00

Tabla 2.13 Pérdida de carga en Accesorios

Una vez conocida la longitud equivalente de cada uno de los accesorios y conociendo el caudal y diámetro de la red de tuberías, el cálculo de pérdidas de presión en estos lo llevaremos a cabo utilizando una hoja de EXCEL (TUBERIAS\_Y\_CONDUCTOS\_V\_18

desarrollada para dicha función por el profesor del departamento Juan Francisco Coronel Toro.

Tramo	Accesorios	Longitud Eq. (m)	$\Delta P_{acc}$ (kPa)
Impulsión	6 codos 90° 2 válvula esférica	24.62	3.9
Retorno	6 codos 90° 2 válvula esférica 1 válvula retención	26.55	4.4

Tabla 2.14 Pérdida de carga en accesorios de Auxiliar

Por tanto, sumando la pérdida de carga total en los accesorios de la impulsión y el retorno tenemos una pérdida de carga de accesorios de:

$$\Delta P_{acc} = 8.3 \text{ kPa}$$

#### 2.6.2.4. Bomba del circuito primario

Una vez calculada la pérdida de presión en el circuito primario del sistema, podremos comprobar si la bomba integrada en el equipo de Auxiliar es capaz de vencer una pérdida de carga con dicho valor. Para ello:

$$\Delta P_{tot} = \Delta P_{serpentin} + \Delta P_{tubtot} + \Delta P_{acc} + \Delta P_{Cald} = 18.88 \text{ kPa}$$

Según el catálogo del equipo:

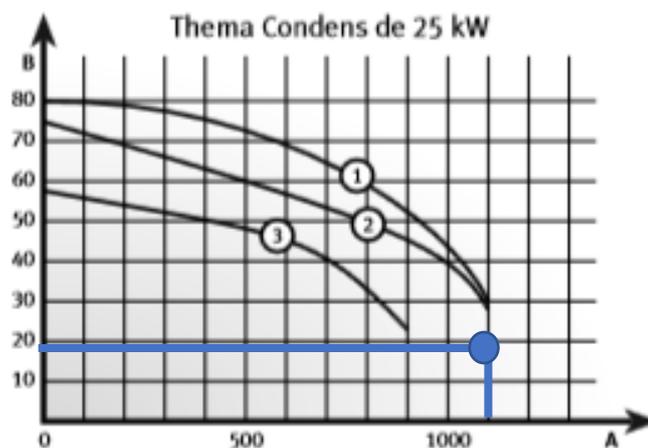


Figura 2.4 Presión vencida por bomba de Auxiliar

Podemos comprobar que la bomba integrada en nuestro equipo auxiliar (curva de funcionamiento 1) es capaz de cumplir con la pérdida de carga del circuito primario auxiliar (punto azul), por lo que no será necesario sustituirla.

## 2.6.2. Sistema de conexión circuito aerotermia y auxiliar.

En este punto se debe diseñar la red de tuberías que conecta los dos acumuladores. Se diseña a través de tuberías de polietileno reticulado de DN 2'', con una longitud de 3.2 metros. El hecho de seleccionar tuberías de PEX (polietileno reticulado), se debe a sus muy buenas características, entre las que destacan las siguientes:

- Resistencia a elevadas temperaturas, que pueden alcanzar hasta los 110 °C.
- Resistencia al impacto y a la tracción, así como al rayado y a la rotura frágil.
- Se mantiene libre de los efectos de la corrosión.
- Superficie interna suave, lo que impide fricciones y facilita el paso del agua.
- Excelente aislamiento. El PEX cuenta con buenas propiedades térmicas, lo que hace que apenas pierda calor.
- Resistencia a los cambios de temperatura bruscos y a la congelación. Se mantiene flexible flexibilidad en condiciones de muy baja temperatura, lo que evita las roturas y avería.
- Larga vida útil, que en circunstancias normales superará los 50 años.
- Resistencia a la abrasión y al efecto de químicos.
- Instalación sencilla debido a su facilidad de instalación. No son necesarios para los cambios de dirección curvas o codos, ni juntas de acoplamiento para tramos largos. Tampoco para las conexiones mecánicas es necesario emplear solventes o soldaduras. Su transporte resulta más cómodo y económico debido a su escaso peso en comparación con el que tienen otros materiales.

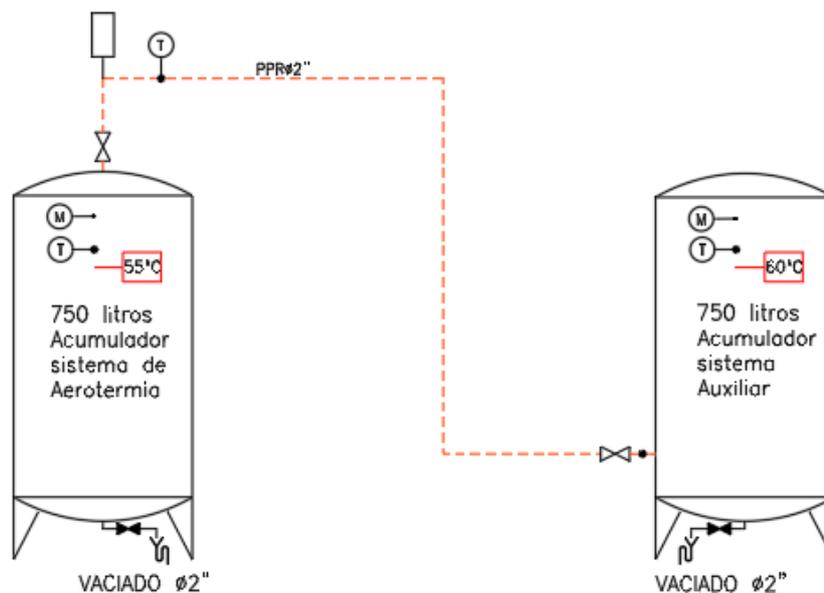


Figura 2.5 Sistema de conexión entre Aerotermia y Auxiliar

Se instala una válvula en cada uno de los extremos de la red, al ser necesario como indica la normativa, la instalación de estos sistemas en cada entrada o salida de un equipo.

### 2.6.3. Sistema de distribución de ACS.

El sistema de distribución y retorno de ACS se aleja de los objetivos del proyecto, pero al exigir la normativa la instalación de válvulas en las salidas y entradas de los equipos, instalaremos válvulas en la salida y entrada del acumulador de 60 °C en su unión con la red de distribución. Para ello, al usar las mismas válvulas que usaremos en la tubería que conecta los acumuladores, se recomienda diseñar la red de distribución con tuberías de las mismas características que las utilizadas en el apartado anterior, es decir tuberías de polietileno reticulado de DN 2''

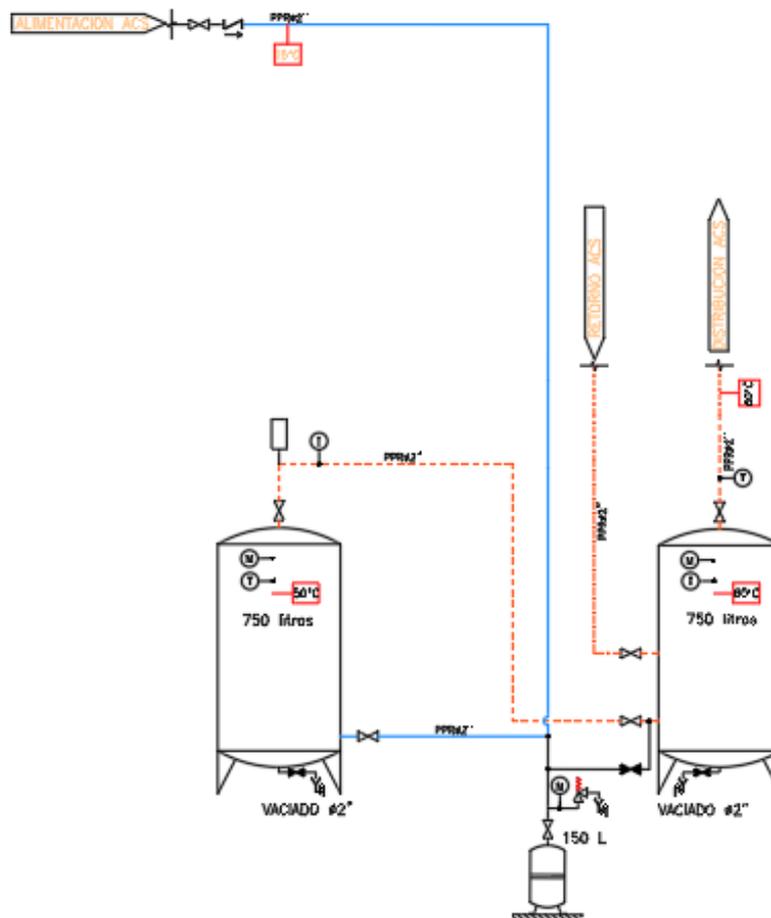


Figura 2.6 Distribución y retorno de ACS

Instalaremos una válvula a la entrada/salida de cada equipo, bypass en la acometida de AFS a los dos acumuladores y sistemas de control térmico y barométrico.

Los cálculos hidráulicos en la red de distribución de ACS así como el dimensionado del grupo de bombeo de esta trascienden más allá del diseño de la instalación del presente proyecto y no serán por lo tanto objeto de estudio como se ha mencionado anteriormente.

## 2.7. Dimensionado del vaso de expansión.

Debemos diseñar los vasos de expansión de cada circuito (Primario Aerotermia; Primario Auxiliar; Conexión Acumuladores), para paliar con la expansión que el fluido sufre debido a cambios de temperatura y presión.

### 2.7.1. Vaso de expansión Aerotermia.

Para el dimensionado de este elemento, la norma UNE 100155 “Diseño y cálculo de sistemas de expansión” propone una serie de pautas a seguir que facilitan dicha tarea. Por tanto, se va a dimensionar el vaso de expansión en base a los siguientes pasos:

- El primer paso consiste en calcular el volumen total de fluido caloportador del circuito primario. Esto se consigue sumando el volumen de los equipos, más el del fluido en las tuberías más un 10% de seguridad:

- $V_{red} = L_{red} * (\pi * D_{int}^2 / 4) = 0.0154 \text{ m}^3 = 15.44 \text{ l}$
- $V_{serpentin} = L_{serpentin} * (\pi * D_{int}^2 / 4) = 0.0267 \text{ m}^3 = 26.7 \text{ l}$

En el catálogo del equipo no se menciona la cantidad de agua contenida en el serpentín del módulo hidrónico. Por ello, al ser necesario tener en cuenta dicho volumen de agua, supondremos que dentro del equipo encontramos un volumen de agua igual al contenido en el interior del serpentín del acumulador.

- $V_{BdC} = 26.7 \text{ l}$

Por tanto el volumen de fluido dentro del circuito primario de Aerotermia:

$$V_{tot} = (26.7 + 26.7 + 15.44) * 1.1 = 75.72 \text{ l}$$

- El segundo paso consiste en determinar el coeficiente de expansión del fluido primario. Para ello se utiliza la siguiente expresión:

$$C_e = (-1.75 + 0.064 * T + 0.0036 * T^2) * 10^{-3}$$

Donde:

- $T$ : temperatura del fluido a su paso por el vaso de expansión. Se estima en torno a 55 °C.
- $C_e$ : Coeficiente de expansión.

De donde obtenemos al resolver que:

$$C_e = 0.013$$

- El tercer paso será determinar el coeficiente de presión. Para el caso de un vaso de expansión cerrado se tiene que:

$$C_P = P_{max} / (P_{max} - P_{min})$$

Sabiendo que:

- $P_{max}$ : Presión máxima de funcionamiento. Viene dada por la presión de tarado de la válvula de seguridad que según el catalogo del equipo es 10 bar.

$$P_{max} = 0.9 * P_{valvseg} + 1 = 10 \text{ bar}$$

- $P_{min}$ : Presión estática resultante entre el punto mas elevado de la instalación y la situación del vaso de expansión. Al estar el vaso de expansión integrado en el equipo de aerotermia este valor sera únicamente la presión atmosférica mas un pequeño margen de seguridad de 0.5 bar.

$$P_{min} = 1 + 0.5 = 1.5 \text{ bar}$$

De esta forma el coeficiente de presión resulta:

$$C_P = 1.176$$

- El cuarto paso será proceder al calculo del volumen del vaso de expansión de la siguiente forma:

$$V_{vaso} = V_{tot} * C_e * C_P = 1.16 \text{ litros}$$

- La norma UNE 100155 establece que dicho valor ha de ser como mínimo igual al 6% del volumen total de la instalación. Por tanto debemos comprobar que:

$$V_{vaso} > 0.06 * 46.35 = 2.78 \text{ l}$$

Vemos que nuestro valor es menor que el valor limite exigido por la norma por lo que como criterio de diseño tendremos que seleccionar un vaso de expansión de al menos 2.78 litros de capacidad.

Según el catálogo del equipo de Aerotermia, el volumen de vaso de expansión integrado en la maquina tiene una capacidad de 8 l, por tanto, no será necesario sustituirlo.

$$V_{vaso} < V_{vasobdc}$$

## 2.7.2. Vaso de expansión Auxiliar.

Para el dimensionado de este elemento, la norma UNE 100155 “Diseño y cálculo de sistemas de expansión” propone una serie de pautas a seguir que facilitan dicha tarea. Por tanto, se va a dimensionar el vaso de expansión en base a los siguientes pasos:

- El primer paso consiste en calcular el volumen total de fluido caloportador del circuito primario. Esto se consigue sumando el volumen de los equipos, más el del fluido en las tuberías más un 10% de seguridad:

- $V_{red} = L_{red} * (\pi * D_{int}^2 / 4) = 0.00963 \text{ m}^3 = 9.63 \text{ l}$
- $V_{serpentin} = L_{serpentin} * (\pi * D_{int}^2 / 4) = 0.0267 \text{ m}^3 = 26.7 \text{ l}$

En el catálogo del equipo no se menciona la cantidad de agua contenida en el serpentín del módulo hidrónico. Por ello, al ser necesario tener en cuenta dicho volumen de agua, supondremos que dentro del equipo encontramos un volumen de agua igual al contenido en el interior del serpentín del acumulador.

- $V_{Cald} = 26.7 \text{ l}$

Por tanto el volumen de fluido dentro del circuito primario de Aeroterminia:

$$V_{tot} = (26.7 + 26.7 + 9.63) * 1.1 = 69.33 \text{ l}$$

- El segundo paso consiste en determinar el coeficiente de expansión del fluido primario. Para ello se utiliza la siguiente expresión:

$$C_e = (- 1.75 + 0.064 * T + 0.0036 * T^2) * 10^{-3}$$

Donde:

- $T$ : temperatura del fluido a su paso por el vaso de expansión. Se estima en torno a 60 °C.
- $C_e$ : Coeficiente de expansión.

De donde obtenemos al resolver que:

$$C_e = 0.015$$

- El tercer paso será determinar el coeficiente de presión. Para el caso de un vaso de expansión cerrado se tiene que:

$$C_P = P_{max} / (P_{max} - P_{min})$$

Sabiendo que:

- $P_{max}$ : Presión máxima de funcionamiento. Viene dada por la presión de tarado de la válvula de seguridad que según el catálogo del equipo es 10 bar.

$$P_{max} = 0.9 * P_{valvseg} + 1 = 10 \text{ bar}$$

- $P_{min}$ : Presión estática resultante entre el punto más elevado de la instalación y la situación del vaso de expansión. Al estar el vaso de expansión integrado en el equipo auxiliar este valor será únicamente la presión atmosférica mas un pequeño margen de seguridad de 0.5 bar.

$$P_{min} = 1 + 0.5 = 1.5 \text{ bar}$$

De esta forma el coeficiente de presión resulta:

$$C_P = 1.176$$

- El cuarto paso será proceder al cálculo del volumen del vaso de expansión de la siguiente forma:

$$V_{vaso} = V_{tot} * C_e * C_P = 1.22 \text{ litros}$$

- La norma UNE 100155 establece que dicho valor ha de ser como mínimo igual al 6% del volumen total de la instalación. Por tanto debemos comprobar que:

$$V_{vaso} > 0.06 * 39.96 = 2.4 \text{ l}$$

Vemos que nuestro valor es menor que el valor limite exigido por la norma por lo que como criterio de diseño tendremos que seleccionar un vaso de expansión de al menos 2.4 litros de capacidad.

Según el catálogo del equipo de Auxiliar, el volumen de vaso de expansión integrado en la maquina tiene una capacidad de 8 l, por tanto, no será necesario sustituirlo.

$$V_{vaso} < V_{vasoaux}$$

### 2.7.3. Vaso de expansión Acumuladores.

Para el dimensionado de este elemento, la norma UNE 100155 “Diseño y cálculo de sistemas de expansión” propone una serie de pautas a seguir que facilitan dicha tarea. Por tanto, se va a dimensionar el vaso de expansión en base a los siguientes pasos:

- El primer paso consiste en calcular el volumen total de fluido caloportador del circuito primario. Esto se consigue sumando el volumen de los acumuladores, más un 10% de seguridad:

$$\circ V_{tot} = 2 * V_{acum} = 1800 \text{ l}$$

Por tanto, el volumen de fluido dentro de los acumuladores:

$$V_{tot} = 1800 * 1.1 = 1980 \text{ l}$$

- El segundo paso consiste en determinar el coeficiente de expansión del fluido primario. Para ello se utiliza la siguiente expresión:

$$C_e = (-1.75 + 0.064*T + 0.0036*T^2)*10^{-3}$$

Donde:

- $T$ : temperatura del fluido a su paso por el vaso de expansión. Se estima en torno a 60 °C.

- $C_e$ : Coeficiente de expansión.

De donde obtenemos al resolver que:

$$C_e = 0.015$$

- El tercer paso será determinar el coeficiente de presión. Para el caso de un vaso de expansión cerrado se tiene que:

$$C_P = P_{max} / (P_{max} - P_{min})$$

Sabiendo que:

- $P_{max}$ : Presión máxima de funcionamiento. Viene dada por la presión de tarado de la válvula de seguridad en este caso 10 bar.

$$P_{max} = 0.9 * P_{valvseg} + 1 = 10 \text{ bar}$$

- $P_{min}$ : Presión estática resultante entre el punto más elevado de la instalación y la situación del vaso de expansión. Al estar el vaso de expansión situado en el cuarto de instalaciones junto a los acumuladores este valor será únicamente la presión atmosférica mas un pequeño margen de seguridad de 0.5 bar.

$$P_{min} = 1 + 0.5 = 1.5 \text{ bar}$$

De esta forma el coeficiente de presión resulta:

$$C_P = 1.176$$

- El cuarto paso será proceder al cálculo del volumen del vaso de expansión de la siguiente forma:

$$V_{vaso} = V_{tot} * C_e * C_P = 34.93 \text{ litros}$$

- La norma UNE 100155 establece que dicho valor ha de ser como mínimo igual al 6% del volumen total. Por tanto:

$$V_{vaso} > 0.06 * 1980 = 118.8 \text{ l}$$

Vemos que nuestro valor es menor que el valor limite exigido por la norma por lo que como criterio de diseño tendremos que seleccionar un vaso de expansión de al menos 118.8 litros de capacidad.

Seleccionaremos un vaso de expansión de la marca IBAIONDO modelo 150CMR, con capacidad de 150 l, temperatura máxima operativa 100 °C y presión máxima operativa 10 bar.

## 2.8. Cálculo de espesores de aislamiento.

Para instalaciones térmicas, como la de este caso, el RITE exige que los componentes de la instalación estén térmicamente aislados, evitando así pérdidas excesivas y por tanto aumento del consumo. En el RITE se establecen los espesores de aislamientos que se han de instalar en componentes que contengan fluidos a una temperatura igual o mayor a 40 °C.

### 2.8.1. Aislamiento de Tuberías.

El grosor del aislamiento se establece en función de la temperatura máxima del fluido, del diámetro interior y de la localización de estas (interior o exterior).

Las siguientes tablas muestran el espesor de aislamiento para un material cuya conductividad térmica equivale a 0,04 W/m·K. Para esta instalación, en la que la temperatura de trabajo de ambos fluidos oscila entre unos valores de 55 y 80 °C, la columna de las tablas que procede es la de temperaturas entre 60 y 100 °C.

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

Tabla 2.15 Espesor de Aislamiento para tuberías interiores.

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

Tabla 2.16 Espesor de aislamiento en tuberías exteriores.

Los espesores de aislamiento de las tuberías de nuestra instalación serán (en mm):

Diametro (mm)	33.4 mm	42.2 mm	60.3 mm
Exterior	35	40	40
Interior	25	30	30

*Tabla 2.17 Espesores de Aislamiento en instalación*

El aislamiento se realizará mediante coquilla elastomérica, recubierta con pintura específica en tramos exteriores. El coeficiente de conductividad térmica del aislamiento proyectado de 0.042 W/m K, mayor que el del material para el cual están tabulados los espesores de las tablas por lo que esta elección es válida.

## 2.8.2. Aislamiento de Acumuladores.

Los acumuladores están equipados de fabrica con fundas de PVC y aislamiento en poliuretano flexible de 100 mm de grosor.

## 2.9. Sistemas de control electrónico y de seguridad.

En la instalación se han incluido los componentes necesarios para el correcto funcionamiento, control operativo y seguridad de la misma:

- Válvulas de corte en acometida de la red de AFS y en bypass al acumulador del sistema auxiliar. (2 válvulas en total).
- Válvulas de corte en todas las entradas/salidas de los diferentes equipos (Equipo de Aerotermia, Equipo Auxiliar, Bomba Auxiliar, Acumuladores y Vaso de expansión: 14 válvulas en total).
- Válvulas de corte en sistemas de llenado y vaciado de los circuitos primarios, acumuladores y acometida de AFS (6 válvulas en total).
- Válvulas antirretornos en entrada a equipos del circuito primario, así como acometida de AFS y sistemas de llenado (5 válvulas en total).
- Válvula de seguridad en vaso de expansión.
- Purgadores de aire en lugares elevados de la instalación donde pueda quedar aire acumulado.
- Manómetros y termómetros en cada uno de los equipos para controlar/supervisar las condiciones operativas de la instalación.

- Sistema de actuación digital sobre equipo de Aerotermia y equipo Auxiliar ubicado en el cuarto de instalaciones. Al ser un sistema por circulación forzada, se ha implantado un sistema de control que gobierne el funcionamiento del sistema. El sistema de control procesa la diferencia de temperaturas medidas en los circuitos primarios y en los acumuladores, y actuará en consecuencia.

### 3. Justificaciones.

En la siguiente sección se justificará que la instalación de aerotermia, que utiliza para la producción de ACS una bomba de calor, es una energía limpia y renovable, apta para sustituir la equivalente instalación de captadores solares.

De acuerdo con el apartado 2.2.1 de la sección HE4 del CTE para poder realizar la sustitución se justificará documentalmente que las emisiones de dióxido de carbono y el consumo de energía primaria no renovable, debidos a la instalación alternativa y todos sus sistemas auxiliares para cubrir completamente la demanda de ACS, o la demanda total de ACS y calefacción si se considera necesario, son iguales o inferiores a las que se obtendrían mediante la correspondiente instalación solar térmica y el sistema de referencia (se considerará como sistema de referencia para ACS, y como sistema de referencia para calefacción, una caldera de gas con rendimiento medio estacional de 92%).

#### 3.1. Justificación de la Aerotermia como energía renovable.

En la sección HE-4 (apartado 2.2.1.4 y 2.2.1.5) del CTE se establece que la energía solar térmica para producción de ACS puede ser sustituida por una instalación alternativa de otras energías renovables, procesos de cogeneración o fuentes de energía residuales procedentes de la instalación de recuperadores de calor ajenos a la propia instalación térmica del edificio.

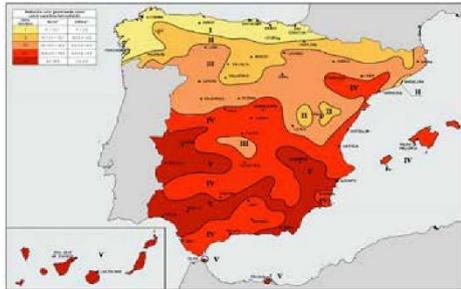
Los equipos de aerotermia optan por cubrir el aporte energético requerido mediante el aprovechamiento de una fuente de energía renovable, proveniente de la temperatura contenida en el aire, de acuerdo con lo previsto en la Sección HE 4 del CTE.

Para la consideración de las bombas de calor como renovables se han tenido en cuenta las directrices elaboradas por la Comisión Europea; la Directiva Europea 2009/28/CE declara que las bombas de calor cuya producción final de energía supere de forma significativa el consumo de energía primaria necesaria para impulsar la bomba de calor podrán considerarse renovables. Concretamente tras la Decisión de la Comisión de 1 de marzo de 2013 (2013/114/UE) se establece que las bombas de calor accionadas eléctricamente deben considerarse como renovables siempre que su SCOP (coeficiente de rendimiento estacional) sea superior a 2,55.

A continuación se muestra el justificación del fabricante del equipo como fuente de energía renovable.

## JUSTIFICACIÓN DE LA BOMBA DE CALOR COMO ENERGÍA RENOVABLE

En el documento HE4 del Código Técnico de la Edificación de 2013 se establece un mínimo de energía renovable que debe ser aportado a los sistemas de ACS mediante, en el método prescrito como referencia, solar térmica. Sin embargo, es posible cambiar esta fuente de energía renovable si se cumplen las siguientes condiciones, también definidas en el mismo documento:



Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona I	Zona II	Zona III	Zona IV	Zona V
50 -5.000	30%	30%	40%	50%	60%

Tabla 1 Contribución solar mínima anual para ACS.

- 1 La contribución solar mínima anual es la fracción entre los valores anuales de la energía solar aportada exigida y la demanda energética anual para ACS o climatización de piscina cubierta, obtenidos a partir de los valores mensuales.
- 2 En la tabla 1 se establece, para cada zona climática y diferentes niveles de demanda de ACS a una temperatura de referencia de 60°C, la contribución solar mínima anual exigida para cubrir las necesidades de ACS.
- 4 La contribución solar mínima para ACS y/o climatización de piscinas cubiertas podrá sustituirse parcial o totalmente mediante una instalación alternativa de otras energías renovables, procesos de cogeneración o fuentes de energía residuales procedentes de la instalación de recuperadores de calor ajenos a la propia instalación térmica del edificio; bien realizada en el propio edificio o bien a través de la conexión a una red de climatización urbana.
- 5 Para poder realizar la sustitución se justificará documentalmente que las emisiones de dióxido de carbono y el consumo de energía primaria no renovable, debidos a la instalación alternativa y todos sus sistemas auxiliares para cubrir completamente la demanda de ACS, o la demanda total de ACS y calefacción si se considera necesario, son iguales o inferiores a las que se obtendrían mediante la correspondiente instalación solar térmica y el sistema de referencia que se deberá considerar como auxiliar de apoyo para la demanda comparada.

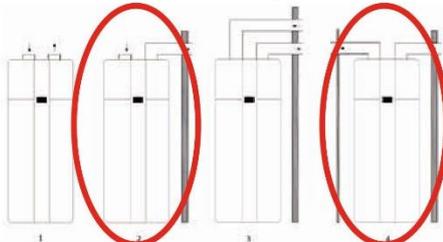
La directiva 2009/28/CE establece los mínimos para que una bomba de calor pueda ser considerada como fuente de energía renovable cuando se dan las siguientes condiciones:

$$SPF > 1,15 \cdot 1/\eta$$

SPF = el factor de rendimiento medio estacional estimativo para dichas bombas de calor. Este valor es el SCOPnet calculado según la norma EN-14825  
 $\eta$  = el cociente entre la producción total bruta de electricidad y el consumo primario de energía para la producción de electricidad, y se calculará como una media de la UE basada en datos de Eurostat. La Decisión de la Comisión de 1 de marzo de 2013 (2013/114/UE) establece el parámetro  $\eta$  con el valor del 45,5%

La directiva de etiquetado energético definida en el LOT2 establece una eficiencia energética referida a la energía primaria que, según la directiva citada anteriormente, debería superar el 115%. De las tres zonas climáticas definidas, a España le corresponde principalmente la zona cálida (W), con algunas áreas definidas como zona climática media (A).

Según el etiquetado energético y la directiva europea, se pueden definir los tanques termodinámicos como fuente de energía renovable, ya que incluso en la zona más fría considerada supera el 115% exigido.



Mediante las configuraciones 2 y 4, definidas en el manual de instalación del tanque termodinámico, éste estaría tomando aire de una zona interior, cuya temperatura mínima podría estar en torno a 20°C. Para estas condiciones, la cobertura solar equivalente de los equipos supera el 60%, que es el máximo definido para aplicaciones con demandas totales inferiores a 5.000 litros.

En estas condiciones, se puede proceder a la sustitución de los paneles solares por los equipos aquí descritos.

Equipo	HWS-G1901CNMR-E	HWS-G2601CNMR-E
Demanda (kWh)	195	
Eficiencia (COP@20°C)	4,13	4,20
Consumo (kWh)	47,2	46,4
Tipo de energía	Electricidad	
Factor de Paso (EPNR)	2,007	
EPNR <sup>2</sup> (kWh)	94,8	93,2
Factor de Paso (Emisiones CO <sub>2</sub> )	0,357	
Emisiones CO <sub>2</sub> (kg)	16,9	16,6
Cobertura solar equivalente <sup>3</sup> (%)	62%	63%
Clase energética (LOT2 C/MW)	A+	A+
	126%/146%/160%	130%/150%/166%

<sup>1</sup> Demanda energética de una familia de cuatro personas con una temperatura de agua de red de 10°C durante 30 días.

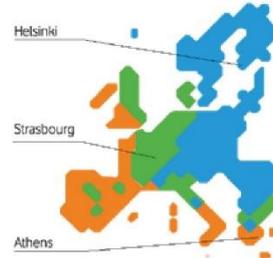
<sup>2</sup> Energía Primaria No Renovables: consumo primario de energía para la producción de electricidad consumida por la bomba de calor.

<sup>3</sup> La cobertura solar equivalente ha sido calculada a partir de las emisiones y energía primaria no renovable con los factores de paso del gas natural a energía primaria no renovable (1,190) y a emisiones de CO<sub>2</sub> (0,252) y la eficiencia definida en la solución prescriptiva (92%).

## JUSTIFICACIÓN DE LA BOMBA DE CALOR COMO ENERGÍA RENOVABLE

En el caso de instalar la máquina en el exterior, la eficiencia estacional tomada para los cálculos es la dada por la etiqueta energética para la zona climática correspondiente. Estas zonas climáticas difieren de las definidas en el código técnico de tal forma que las zonas definidas como cálidas (Warmer, naranja) corresponden a grandes rasgos a las zonas A, B, C y D del código técnico con la zona media (Average, verde) correspondiendo a la zona E. Esto se puede observar en el mapa de la derecha, procedente de las etiquetas energéticas.

Equipo	HWS-G1901CNMR-E		HWS-G2601CNMR-E	
	Cálida (W)	Media (A)	Cálida (W)	Media (A)
Zona climática	Zonas A-D	Zona E	Zonas A-D	Zona E
Demanda (kWh)	195			
Eficiencia	160%	146%	166%	150%
EPNR (kW)	121,9	133,6	117,5	130,0
Vector Energético	Energía primaria			
Factor de paso	0,178			
Emissiones CO <sub>2</sub> (kg)	21,7	23,8	20,9	23,1
Cobertura Solar Equivalente (%)	52%	47%	53%	48%
Exigencia de paneles del 50%	0% (100%)	6% (89%)	0% (100%)	3% (94%)
Exigencia de paneles del 60%	17% (71%)	24% (59%)	14% (76%)	22% (63%)
Exigencia de paneles del 70%	38% (46%)	43% (38%)	36% (49%)	42% (40%)
Bomba de calor tomando el aire del interior de la vivienda				
Exigencia de paneles del 70%	20% (71%)		19% (73%)	



En estas condiciones en las que sólo con la energía aportada por la bomba de calor no se conseguiría cumplir las condiciones determinadas por el código técnico, se puede combinar con los paneles termosolares, reduciendo la superficie de estos a la cantidad indicada en la tabla adjunta lo que conllevaría reducciones entre el 46 y el 100% de la superficie termosolar a instalar en los casos en los que los depósitos toman aire del exterior. En el caso de tomar el aire del interior, la reducción de la superficie de captación superaría el 70%.

### Fórmulas empleadas

$$Dem = Ocupación \times Dem_{Unitaria} (\text{litros}) \times C_{esp} \times (T_{acum} - T_{red})$$

$$Consumo = \frac{Demanda}{Eficiencia}$$

La cobertura solar equivalente se calcula a partir del vector energético (energía primaria no renovable o emisiones de CO<sub>2</sub>) más desfavorable par el tipo de energía empleado. En el caso de la electricidad, la EPNR es el vector energético más desfavorable.

$$Cob. Solar Eq. = 1 - \frac{EPNR}{(Dem / Eficiencia_{caldera}) \times Paso_{EPNR} (Gas)}$$

$$Aporte Solar Necesario = \frac{(Exigencia - Cob. Solar Eq.)}{(1 - Cob. Solar Eq.)}$$

$$Red. Superficie Captación = \frac{Aporte Solar Necesario}{Aporte Solar Exigido}$$



TANQUE TERMODINÁMICO PARA ACS 190l o 260l



**El SCOP a medias temperaturas de la bomba de calor propuesta es 5.98, superior a 2,556 en cualquier caso; pudiéndose, en consecuencia, considerar como renovable.**

## 3.2. Justificación del porcentaje de energía cubierta por la Aerotermia.

El sistema auxiliar de energía se encargará de calentar el agua desde 55 °C a 60 °C. Por ello necesitamos calcular la energía necesaria para dicho proceso:

- Aumentamos diariamente la temperatura de 1400 litros de agua de 55 °C a 60 °C.

$$E_{ACSAUX} = Q_{ACS'} * \frac{365 \text{ dias}}{1 \text{ año}} * c_p * \rho * (T_{ACS} - T_{PRIM})$$

Donde:

- $E_{ACSAUX}$  : Demanda energética auxiliar (J/año).
- $Q_{ACSAUX}$  : caudal diario de ACS (1400 l/día).
- $\rho$ : Densidad del agua (1 kg/l)
- $c_p$ : Calor específico del agua (4190 J/kg K)
- $T_{PRIM}$ : Temperatura del agua del acumulador (55 °C).
- $T_{ACS}$ : Temperatura ACS (60 °C)

De donde obtenemos que la energía anual producida por el sistema auxiliar:

$$E_{ACSAUX} = 10695.2 \text{ MJ} = 2963.4 \text{ KWh}$$

Debemos comprobar que esta cantidad de energía cumple con la Ordenanza de Sevilla.

$$\text{Contribución Sistema Auxiliar} = (E_{ACSAUX} / E_{ACSTOT}) * 100 = 11.23 \% < 15 \%$$

Lo que indica que el Sistema de Aerotermia aporta el 88,77 % de la Demanda de ACS, superior al 85% indicado en la Ordenanza.

## 3.3. Justificación de la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> y el consumo de energía primaria no renovable.

Se debe justificar que el consumo de energía primaria no renovable, así como las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas de la instalación alternativa de ACS son menores que las que generaría una instalación equivalente de captadores solares.

Los equipos utilizados para la instalación alternativa serán, como se ha dicho anteriormente, un equipo de Aerotermia (Bomba de Calor + Módulo hidráulico) y una caldera auxiliar de condensación alimentada con gas natural.

El sistema de referencia será un sistema de captadores solares térmicos con intercambiador de calor y una caldera de condensación alimentada con gas natural como energía de apoyo para la producción de ACS. Nuestro edificio está en la Zona V con un caudal diario menor a 5000 l/día por lo que la instalación de captadores debe cumplir con el 60 % de la demanda energética anual.

### 3.3.1. Cálculo de necesidades de ACS.

La demanda energética anual de nuestro edificio es, según la instalación solar de referencia calculada con CHEQ4, 26388 kWh, por lo tanto:

- Instalación de Captadores solares (obtenido con CHEQ4):

<b>Demanda ACS total [kWh]</b>	<b>26.388</b>
<b>Demanda ACS de referencia [kWh]</b>	<b>9.511</b>
<b>Demanda calefacción CALENER [kWh]</b>	<b>0</b>
<b>Consumo energía primaria [kWh]</b>	<b>11.062</b>
<b>Emisiones de CO<sub>2</sub> [kg CO<sub>2</sub>]</b>	<b>2.232</b>

*Tabla 3.1 Necesidades de ACS según CHEQ4*

- Instalación de Aerotermia:

Equipo Aerotermia (88.77 % de la demanda) 23424.6 kWh/año

Caldera de gas (11.23 % de la demanda) 2963.4 kWh/año

### 3.3.2. Reducción de energía primaria y emisiones de CO<sub>2</sub>.

En cumplimiento del RITE IT 1.2.2 debemos comprobar que las emisiones de CO<sub>2</sub> y reducción de energía primaria son menores o iguales que la de la instalación de captadores solares.

Los coeficientes de paso de la producción de emisiones de dióxido de carbono y de consumo de energía primaria que se utilizan en la elaboración de estas comparativas son

los publicados como documento reconocido, en el registro general de documentos reconocidos del RITE, en la sede electrónica del Ministerio de Industria, Energía y Turismo.

- Electricidad a Energía Primaria No Renovable: 1,954 kWh
- Gas Natural a Energía Primaria No Renovable: 1,190 kWh
- Electricidad a Emisiones de CO<sub>2</sub>: 0,331 kg
- Gas Natural a Emisiones de CO<sub>2</sub>: 0,252 kg

<b>CONSUMO INSTALACION DE CAPTADORES.</b>		<b>Valor</b>
<b>Total consumo de Energía Primaria</b>	<b>kWh</b>	<b>11062</b>
<b>Total CO<sub>2</sub></b>	<b>KG</b>	<b>2232</b>

*Tabla 3.2 Consumo y emisiones de CO<sub>2</sub> en Captadores según CHEQ4*

<b>CONSUMO INSTALACION ALTERNATIVA.</b>		<b>Valor</b>
Demanda energética anual de ACS	kWh	26388
Equipo Aerotermia	kWh	23424.6
SCOP	-	5.98
Consumo final energía eléctrica	kWh	3917.1
Consumo final energía primaria no renovable	kWh	7442.6
Kg CO <sub>2</sub>	kg	1292.6
Caldera de gas	kWh	2963.4
Rendimiento	%	98
Consumo final de gas	kWh	3023.9
Consumo final energía primaria no renovable	kWh	3598.4
Kg CO <sub>2</sub>	kg	731.8

<b>Total consumo de Energía Primaria</b>	<b>kWh</b>	<b>11041</b>
<b>Total CO<sub>2</sub></b>	<b>KG</b>	<b>2024.4</b>

*Tabla 3.3 Consumo y emisiones de CO<sub>2</sub> en Alternativa*

**Consumo de Energía Primaria Aerotermia < Consumo de Energía Primaria Captadores**

**Emisiones de CO<sub>2</sub> Aerotermia < Emisiones de CO<sub>2</sub> Captadores**

### 3.3.3. Conclusión.

El sistema de Aerotermia de la marca TOSHIBA ESTIA MONOBLOCK 17 para la producción de ACS con sistema auxiliar compuesto por caldera de gas a condensación cumple con los requisitos exigidos tanto en lo que se refiere a rendimiento, así como en lo que respecta a un balance favorable en las emisiones de CO<sub>2</sub> y en el consumo de energía primaria no renovable.

Todo ello justifica el hecho de poder sustituir la aportación de energía solar térmica mínima exigida en la sección HE4 del DB HE del CTE por la instalación de dicho equipo.



## 4. Pliego de condiciones.

### 4.1. Objeto.

El presente pliego de condiciones técnicas fija los criterios generales del proyecto de instalación de Aerotermia, alternativa al campo de captadores solares, para la producción de ACS en el inmueble situado en la calle Santa Clara Nº 23, Sevilla, dedicando a su explotación como apartamentos turísticos. Habrán de definirse los equipos y materiales utilizados, montajes de los equipos, además de las pruebas y ensayos parciales a realizar, detallándose también su mantenimiento.

### 4.2. Normativa aplicable.

Todos los materiales y tareas que forman parte de la Instalación deberán cumplir con los requisitos exigidos en los siguientes reglamentos:

Pliego de Especificaciones Técnicas para Instalaciones de Energía Solar Térmica a baja Temperatura.

- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITE). Real Decreto 1027/2007 de 20 de Julio.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) y sus instrucciones Complementarias MI.BT, incluidas las hojas de interpretación.
- Código Técnico de la Edificación -Acciones en la Edificación (CTE-DB-AE).
- Código Técnico de la Edificación – Protección frente al ruido (CTE-DB-HR) .
- Código Técnico de la Edificación – Seguridad en caso de incendio (CTE-DB-SI).
- Norma UNE-EN 12975-1:2006. “Sistemas solares térmicos y componentes. Captadores solares.”
- Igualmente, se cumplirá con toda la normativa de carácter regional y local (Ordenanzas, etc.).
- Aparte de la Normativa de carácter obligatorio antes mencionada, se utilizarán otras normas como las UNE de la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), normas NTE del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo o de las Compañías suministradoras de energía eléctrica, etc. En ocasiones, a falta de normativa Española, podrán utilizarse de organismos internacionales, como CER, ISO, etc. En cualquier caso, se seguirá la edición más reciente de toda la normativa mencionada, con las últimas modificaciones oficialmente aprobadas.

De igual manera, se respetarán cualesquiera otras normativas o reglamentos mencionados en el presente pliego.

## 4.3. Condiciones de materiales y equipos.

En los distintos circuitos cerrados de la instalación podrán utilizarse tuberías de cobre, de acero negro, de acero inoxidable o material plástico compatibles con el fluido que utilizan, que soporten las condiciones extremas de funcionamiento del correspondiente circuito y con la protección necesaria en función de su ubicación.

En los circuitos de agua caliente sanitaria podrán utilizarse cobre y acero inoxidable. Podrán utilizarse materiales plásticos que soporten las condiciones extremas (presión y temperatura) de funcionamiento del circuito, y que estén autorizadas por la normativa vigente.

Las tuberías de cobre serán tubos estirados en frío y sus uniones serán realizadas por accesorios a presión que soporten las condiciones extremas o, mediante soldadura por capilaridad de acuerdo a la norma UNE EN 1057. Se realizará soldadura fuerte cuando la temperatura del circuito pueda superar en algún momento los 125°C. En todos los casos es aconsejable prever la protección catódica del acero según Norma UNE 100050.

Todos los elementos metálicos no galvanizados, 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 a base de resinas sintéticas acrílicas multipigmentadas por minio de plomo, cromado de zinc y óxido de hierro. Las dos manos se darán: la primera fuera de obra y la otra con el tubo instalado.

### 4.3.1. Accesorios.

#### 4.3.1.1. Compensadores de dilatación.

Se utilizarán en los circuitos de agua caliente. 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 37º o 30º y un talón de 1,6 mm cuando el diámetro nominal de la tubería sea de hasta 2" inclusive. Para tuberías de diámetro superior, las conexiones serán por medio de bridas en acero al carbono s/normas DIN 2502 o 2503, según las presiones sean de 6 y 10 o 16 Kg/cm<sup>2</sup>. 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.

#### **4.3.1.2. Juntas.**

No se utilizará amianto. La presión nominal mínima será PN-10, y soportarán temperaturas de hasta 200°C.

#### **4.3.1.3. Lubricante de roscas.**

General: no endurecedor, no venenoso.

#### **4.3.1.4. Acoplamientos dieléctricos o latiguillos.**

Se incluirán acoplamientos dieléctricos o latiguillos en las uniones entre cobre y acero o fundición, tanto en la conducción de impulsión, como en el retorno.

#### **4.3.1.5. Derivaciones.**

Para las derivaciones se pueden usar empalmes soldados. Todas las aberturas realizadas a las tuberías se harán con precisión para lograr intersecciones perfectamente acabadas.

#### **4.3.1.6. Codos en bombas.**

Se suministrarán codos de radio largo en la succión y descarga de las bombas.

#### **4.3.1.7. Sombreretes.**

Se incluirá la protección adecuada para cada una de las tuberías que pasen a través del tejado de acuerdo a las instrucciones de la Dirección Facultativa.

#### **4.3.1.8. Guías.**

Se suministrarán guías, donde se indique y donde sea necesario como en liras, juntas de expansión, instaladas de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

#### **4.3.1.9. Termómetros.**

Los termómetros serán de mercurio en vidrio, con una escala adecuada para el servicio (divisiones de 1/2 grado) dentro de una caja metálica protectora con ventana de vidrio, instalados de modo que su lectura sea sencilla.

#### **4.3.1.10. Manómetros.**

Los manómetros serán con válvula de aguja de aislamiento en acero inoxidable, e inmersos en glicerina. Los rangos de los manómetros serán tales que la aguja, durante el funcionamiento normal, esté en el medio del dial. La precisión será de al menos el 1%. Puntos de toma de presión: Se incluirán los puntos de toma con válvula necesarios y/o indicados en planos o especificaciones.

#### **4.3.1.11. Válvulas de seguridad.**

Se incluirán todas las válvulas de seguridad indicadas, o necesarias (de tarado adecuado) para un funcionamiento completamente seguro y correcto de los sistemas. Durante el periodo de pruebas de la instalación se procederá al timbrado de las mismas. Las válvulas de seguridad de alivio serán de paso angular y carga por resorte. Serán adecuadas para condiciones de trabajo de 0 a 120°C y hasta 25 kg/cm<sup>2</sup>. Los materiales de

fabricación serán bronce RG-5 para el cuerpo, vástago, tornillo de fijación, tuerca deflectora y la tobera, latón para el cabezal y obturador, acero cadmiado para el resorte y PTFE para la junta.

#### **4.3.1.12. Purgadores de aire.**

Cuando sea necesario, y con el fin de disponer de una instalación silenciosa y evitar formación de cámaras de aire se dispondrá la tubería con pendiente ascendente hacia la dirección de flujo. Las derivaciones se harán de tal modo que se eviten retenciones de aire y se permita el paso libre del mismo. Se incluirán purgadores de aire, manuales o automáticos, en todos los puntos altos, particularmente en los puntos más elevados de los montantes principales, así como en todos los puntos necesarios, teniéndose especial cuidado en los retornos (ascensos, codos ascendentes). En el caso de que, una vez que las redes estén en funcionamiento, se den anomalías por presencia de aire en la instalación, se instalaran nuevos empalmes, purgadores, válvulas según se considere necesario y sin costes extra. Si se deben realizar trabajos que requieran rotura, y reposición de acabados, el contratista se hará cargo de los gastos generados. Se preferirán por norma general los purgadores manuales, salvo en puntos ocultos o de difícil acceso, que hagan recomendable la instalación de purgadores automáticos.

#### **4.3.1.13. Vaciados.**

Los vaciados, purgadores, válvulas de seguridad, reboses, se dirigirán al sumidero o desagüe más cercano. En cualquier caso, se adoptarán las medidas oportunas para evitar que una descarga accidental produzca daños o desperfectos. Se suministrarán las válvulas de vaciado que sean necesarias para el vaciado completo de todas las tuberías y equipos.

#### **4.3.1.14. Conexiones a equipos.**

Se dispondrán elementos de unión que permitan una fácil conexión y desconexión de los diferentes equipos y elementos de la red de tuberías, tales como latiguillos, bridas, etc., dispuestas de tal modo que los equipos puedan ser mantenidos o que puedan retirarse sin tener que desmontar la tubería. La instalación se realizará de tal modo que no se transmitan esfuerzos de las redes de tuberías a los equipos.

### **4.3.2. Válvulas.**

#### **4.3.2.1. Generalidades.**

Las válvulas llevaran impreso de forma indeleble el diámetro nominal, la presión nominal y, si procede, la presión de ajuste.

La elección de las válvulas se realizará, de acuerdo con la función que desempeñan y las condiciones extremas de funcionamiento (presión y temperatura) siguiendo los siguientes criterios:

- Para aislamiento: válvulas de esfera.
- Para equilibrado de circuitos: válvulas de asiento.
- Para vaciado: válvulas de esfera o de macho.
- Para llenado: válvulas de esfera.

- Para purga de aire: válvulas de esfera o de macho.
- Para seguridad: válvula de resorte.
- Para retención: válvulas de disco, de capeta o de muelle (disco partido).

Las válvulas de seguridad, por su importante función, deberían 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.

Los purgadores automáticos resistirán las presiones y temperaturas máximas alcanzables en el circuito correspondiente. Los del circuito primario se recomienda que resistan, al menos, temperaturas de 150°C.

#### **4.3.2.2. Materiales.**

Los componentes fundamentales de las válvulas deberían estar constituidos por los materiales que se indican a continuación:

a) Válvulas a esfera.

- Cuerpo de fundición de hierro o acero.
- Esfera y eje de acero duro cromado o acero inoxidable.
- Asientos, estopada y juntas de teflón. Podrán ser de latón estampado para diámetros inferiores a 1 1/2 con esfera de latón duro cromado.

b) Válvulas de asiento.

- 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 el cuerpo de la válvula.
- Prensa-estopas del mismo material que cuerpo y tapa.

c) Válvulas de seguridad de resorte.

- Cuerpo de hierro fundido o acero al carbono con escape conducido.
- Obturador y vástago de acero inoxidable.
- Prensa-estopas de latón. Resorte en acero especial para muelle.

d) Válvulas de esfera o de macho.

- Tapa de bronce o latón.
- Asiento y capeta de bronce.
- Conexiones rosca hembra.

e) Válvulas de retención de muelle.

- Cuerpo y tapa de bronce o latón.
- Asiento y capeta de bronce.
- Conexiones rosca hembra.
- Resorte en acero especial para muelle.

f) Purgadores automáticos de aire.

- Cuerpo y tapa de fundición de hierro o latón.
- Mecanismo de acero inoxidable.
- Flotador y asiento de acero inoxidable o de plástico.
- Obturador de goma sintética.

### 4.3.3. Aislamiento.

El material usado como aislamiento debería cumplir con la norma UNE 100171.

El material aislante situado a la intemperie debería protegerse adecuadamente frente a los agentes atmosféricos de forma que se evite su deterioro.

Como protección del material aislante se podrá utilizar una cubierta o revestimiento de escayola protegido con pinturas asfálticas, poliésteres reforzados con fibra de vidrio o chapa de aluminio.

En el caso de que el aislamiento esté basado en espuma elastómera se podrá usar pinturas plásticas impermeables cuya exposición prolongada al sol no afecte a sus propiedades fundamentales.

En el caso de acumuladores e intercambiadores de calor situados a la intemperie podrán usarse forros de telas plásticas como protección del material aislante.

### 4.3.4. Vasos de expansión.

Los vasos de expansión serán siempre cerrados. El vaso de expansión llevara una placa de identificación situada en lugar claramente visible y escrito con caracteres indelebles en las que aparecerán los siguientes datos:

- Fabricante.
- Marca.
- Modelo.

Se recomienda que los vasos de expansión utilizados en los circuitos primarios tengan una temperatura máxima de funcionamiento superior a 100°C pero, en cualquier caso, se adoptarán las medidas necesarias (vaso tampón, tubería de enfriamiento, etc.). Para que no llegue al vaso fluido a temperatura superior a la que el mismo pueda soportar.

En casos de fugas, los vasos de expansión deberían presurizarse con nitrógeno puro. El uso de aire no es aconsejable porque puede reducir la vida útil.

El cuerpo exterior del depósito será de acero, timbrado y estará construido de forma que sea accesible la membrana interior de expansión. El interior tendrá un tratamiento

anticorrosivo y exteriormente un doble tratamiento antioxidante con acabado pintado al duco o esmaltado al horno.

El depósito estará dividido en dos cámaras herméticas entre sí, por la membrana de dilatación, construida en caucho butílico o polipropileno, con elasticidades recuperables a temperaturas inferiores a 60°C, sin degradación del material. La cámara de expansión de gas estará rellena con nitrógeno u otro gas inerte disponiendo de acometida para reposición de gas y manómetro. En la acometida del agua se incluirá manómetro, termómetro, válvula de alimentación, purga de agua y seguridad. Asimismo, esta acometida dispondrá de sifón en cuya parte superior se dispondrá de botellón de recogida de aire con purgador manual y automático.

### 4.3.5. Bombas

La bomba de circulación llevara una placa de identificación situada en lugar claramente visible y escrito con caracteres indelebles en las que aparecerán los siguientes datos:

- Fabricante.
- Marca.
- Modelo.
- Características eléctricas.

Los grupos bombas deberán reunir las siguientes características en cuanto a materiales y prestaciones:

- Cuerpo en fundición o bronce. Partidos, o no, según planos. Se incluirán conexiones para cebado, venteo, drenaje y manómetros en impulsión y descarga.
- Rodete de fundición/polysulfone o bronce.
- Eje en acero inoxidable AISI 316.
- Tubo de estanqueidad en acero inoxidable.
- Cojinetes a bolas de carbono, a prueba de polvo y humedad.
- Cierres Mecánicos: todas las bombas deberán de estar provistas con cierres mecánicos y separadores de sedimentos.
- Juntas torcas de EPDM.
- Acoplamiento flexible del tipo todo acero con protector de acoplamiento. Se incluirá espaciador en el acoplamiento para facilitar el mantenimiento del grupo.
- Rotor húmedo o seco, según documentos de proyecto.
- Motor de 2 o 4 polos, 2900 o 1450 rpm, 220V/1~ o 220/380V/ 3~, 50 Hz, IP.44 clase F.
- Presión de aspiración 2 maca. para 82°C.
- Caudal, altura manométrica, potencia del motor, numero de velocidades y presión sonora según lo establecido en el presupuesto o especificaciones técnicas.

- 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.

#### 4.3.6. Sistema eléctrico y de control.

La instalación eléctrica cumplirá con el vigente Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.

Se construirá un cuadro eléctrico específico para la instalación solar. El sistema de control consistirá en un controlador digital programable e incorporará una adquisición de datos de la instalación en tiempo real, telegestionable a distancia a través de un módem ya incorporado. Los datos a chequear serán: caudales, temperaturas en captadores, acumuladores, potencia y energía inyectadas en cada servicio y número de horas de funcionamiento de las bombas.

Las funciones de regulación y control que han de realizarse son las siguientes:

- Activar la bomba de circulación en función del salto de temperatura entre la salida de la batería de captadores y la parte baja del acumulador.
- La ubicación de las sondas ha de realizarse de forma que detecten exactamente las temperaturas que se desean, instalándose los sensores en el interior de vainas y evitándose las tuberías separadas de la salida de los colectores y las zonas de estancamiento (en el caso la piscina).
- La precisión de los sistemas de control y la regulación de los puntos de consigna asegurará que en ningún caso las bombas estén en marcha con diferencias de temperaturas menores de 3°C ni paradas con diferencias superiores a 7°C.
- La diferencia de temperatura entre el punto de arranque y parada del termostato diferencial no será inferior a 3°C.
- El sistema de control incluirá señalizaciones luminosas de alimentación del sistema de funcionamiento de las bombas.

#### 4.3.7. Aparatos de medida.

Los sistemas de medida de temperatura, caudales y energía proporcionan información del estado de funcionamiento de la instalación y permiten realizar la evaluación de las prestaciones energéticas de la instalación.

##### **4.3.7.1. Medida de temperatura.**

Las medidas de temperatura se realizarán mediante sondas, termopares, termómetros de resistencia o termistores.

La diferencia de temperatura del fluido de trabajo se realizará mediante termopilas, termómetros de resistencia (conectados en dos brazos de un circuito en puente) o termopares emparejados, de forma que la señal de salida sea única en todos los casos.

Las sondas de temperatura deben ser, preferentemente, de inmersión y deben estar bañadas por el fluido cuya temperatura se pretende medir o situadas, como máximo, a una distancia de 5 cm del fluido.

#### **4.3.7.2. Medida de caudal.**

Los contadores de caudal de agua estarán constituidos por un cuerpo resistente a la acción del agua conteniendo la cámara de medida, un elemento con movimiento proporcional al caudal de agua que fluye y un mecanismo de relojería para transmitir este movimiento a las esferas de lectura por medio de un acoplamiento magnético. La esfera de lectura, herméticamente sellada, será de alta resolución.

Cuando exista un sistema de regulación exterior, este estará precintado y protegido contra intervenciones fraudulentas. Se suministrarán los siguientes datos, que deberán ser facilitados por el fabricante:

- Calibre del contador.
- Temperatura máxima del fluido.
- Caudales:
  - en servicio continuo.
  - máximo (durante algunos minutos).
  - mínimo (con precisión mínima del 5%).
  - de arranque.
- Indicación mínima de la esfera.
- Capacidad máxima de totalización.
- Presión máxima de trabajo.
- Dimensiones.
- Diámetro y tipo de las conexiones.
- Pérdida de carga en función del caudal.

La medida de caudales de líquidos se realizará mediante turbinas, medidores de flujo magnético, medidores de flujo de desplazamiento positivo o procedimientos gravimétricos, de forma que la exactitud sea igual o superior a  $\pm 3\%$  en todos los casos.

#### **4.3.7.3. Medida de energía térmica.**

Los contadores de energía térmica estarán constituidos por los siguientes elementos:

- Contador de agua, descrito anteriormente.
- Dos sondas de temperatura.
- Microprocesador electrónico, montado en la parte superior del contador o separado.

La posición del contador y de las sondas define la energía térmica que se medirá.

El microprocesador podrá estar alimentado por la red eléctrica o mediante pilas con una duración de servicio mínima de 3 años.

El microprocesador multiplicará la diferencia de ambas temperaturas por el caudal instantáneo de agua y su peso específico. La integración en el tiempo de estas cantidades proporcionará la cantidad de energía.

#### 4.3.8. Acumuladores.

El acumulador seleccionado deberá especificar el tipo y las siguientes características técnicas:

- Volumen cubicado real.
- Principales dimensiones.
- Presión de máximo trabajo.
- Situación y diámetro 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 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.

El acumulador llevará una placa de identificación situada en lugar claramente visible y escrito con caracteres indelebles en las que aparecerán los siguientes datos:

- Nombre del fabricante y razón social.
- Contraseña y fecha de registro de tipo.
- Numero de fabricación.
- Volumen neto de almacenamiento en litros.
- Presión máxima de servicio.

Los depósitos vendrán equipados de fábrica con las bocas necesarias soldadas antes de efectuar el tratamiento de protección interior.

Al objeto de este pliego de condiciones 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 con tratamiento epoxídico.
- Depósitos de acero inoxidable de cualquier tamaño.
- Depósitos de cobre de cualquier tamaño.
- Acumuladores no metálicos que, además de soportar las condiciones extremas del circuito, resistan la acción combinada de presión y temperatura más desfavorable y este autorizada su utilización por la Administración Competente.

Cuando el intercambiador está incorporado al acumulador solar, éste estará situado en la parte inferior de este último y podrá ser de tipo sumergido o de doble envolvente. El intercambiador sumergido podrá ser de serpiente o de haz tubular.

#### 4.3.9. Intercambiadores de calor

Los intercambiadores de calor serán de acero inoxidable AISI 316 L. El intercambiador seleccionado resistirá la presión máxima de la instalación. Los materiales soportarán temperaturas de 110°C y serán compatibles con el fluido de trabajo.

##### 4.3.9.1. Intercambiadores externos.

El intercambiador llevara una placa de identificación situada en lugar claramente visible y escrita con caracteres indelebles en las que aparecerán los siguientes datos:

- Fabricante.
- Marca.
- Modelo.
- Número de placas.
- Temperatura máxima.
- Presión nominal.
- Potencia nominal.
- Caudal nominal en primario y secundario.
- Salto de temperatura nominal en primario y secundario. Se podrán utilizar intercambiadores de placas desmontables o electrosoldadas. El material de las placas será acero inoxidable o cobre.

#### 4.4. Provisión del material.

Los componentes instalados deberán ser de marcas acreditadas y en su caso homologados, para que ofrezcan las máximas garantías posibles.

Se dispondrá de un lugar adecuado y seguro para almacenar los materiales y elementos de la instalación hasta el momento en que estos vayan a ser puestos en obra.

Los captadores, por su especial fragilidad, deberán ser suministrados apilados sobre una base de madera adecuada para su traslado mediante carretilla elevadora.

En el supuesto de que los captadores una vez desembalados deban quedarse temporalmente a la intemperie, se colocaran con un Angulo mínimo de 20° y máximo de 80°.

## 4.5. Condiciones de montaje.

Las condiciones de montajes serán las indicadas por los fabricantes de los diferentes materiales, aparatos o equipos. La instalación de las distintas partes de la obra se realizará teniendo en cuenta la práctica normal conducente a obtener un buen funcionamiento durante el periodo de vida que se le puede atribuir.

## 4.6. Pruebas, puesta en marcha y recepción.

### 4.6.1. General.

La ejecución de la instalación termina con la entrega de la instalación al promotor o usuario para iniciar el periodo de uso así como el de mantenimiento. Para realizar la recepción de la instalación debería estar realizado, además del montaje completo, las pruebas y ajustes especificados, así como la puesta en marcha.

El instalador se responsabilizará de la ejecución de las pruebas funcionales, del buen funcionamiento de la instalación y del estado de la misma hasta su entrega a la propiedad.

La memoria de diseño contemplará la relación de las pruebas a realizar. En el documento de Control de Ejecución se recogerán las pruebas parciales, finales y funcionales realizadas, la fecha en la que tuvieron lugar, los resultados obtenidos y el grado de cumplimiento de las expectativas. Al objeto de la recepción de la instalación se entenderá que el funcionamiento de la misma es correcto, cuando la instalación satisfaga como mínimo las pruebas parciales incluidas en el presente capítulo.

### 4.6.2. Pruebas parciales.

Todas las pruebas estarán precedidas de una comprobación de los materiales al momento de su recepción a obra.

Durante la ejecución de obra, todos los tramos de tubería, uniones o elementos que vayan a quedar ocultos, deberían ser expuestos para su inspección y debería quedar expresamente aprobado su montaje antes de quedar ocultos.

Adicionalmente, se inspeccionarán los soportes de tubería utilizados, los diámetros, trazados y pendientes de tuberías, la continuidad de los aislamientos, etc.

#### 4.6.2.1. Pruebas de equipos.

Los materiales y componentes deberían llegar a obra con Certificación de Origen Industrial, que acredite el cumplimiento de la normativa en vigor. Su recepción se realizará comprobando el cumplimiento de las especificaciones de proyecto y sus características aparentes.

#### **4.6.2.2. Pruebas de estanqueidad de redes hidráulicas.**

Todas las redes de circulación de fluidos portadores deberían ser probadas hidrostáticamente, a fin de asegurar su estanqueidad, antes de quedar ocultas por obras de albañilería, material de relleno o por el material aislante. Son aceptables las pruebas realizadas de acuerdo a UNE-EN 14336:2005, en función del tipo de fluido transportado.

#### **4.6.2.3. Pruebas de libre dilatación.**

Una vez que las pruebas anteriores de las redes de tuberías hayan resultado satisfactorias y se haya comprobado hidrostáticamente el ajuste de los elementos de seguridad, las instalaciones equipadas con captadores solares se llevaran hasta la temperatura de estancamiento 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 hayan tenido lugar deformaciones apreciables en ningún elemento o tramo de tubería y que el sistema de expansión haya funcionado correctamente.

#### **4.6.3. Pruebas finales.**

Las pruebas finales permitirán garantizar que la instalación reúne las condiciones de calidad, fiabilidad y seguridad exigidas en proyecto.

Son aceptables, las pruebas finales que se realicen siguiendo las instrucciones indicadas en la norma UNE-EN 12599.

Las pruebas de libre dilatación y las pruebas finales de la instalación solar se realizarán en un día soleado y sin demanda.

En la instalación solar se llevará a cabo una prueba de seguridad en condiciones de estancamiento del circuito primario, a realizar con este lleno y la bomba de circulación parada, cuando el nivel de radiación sobre la apertura del captador sea superior al 80% del valor de irradiación que defina como máxima el proyectista, durante al menos una hora.

#### **4.6.4. Ajustes y equilibrado.**

La instalación solar debería ser ajustada a los valores de proyecto dentro de los márgenes admisibles de tolerancia. Se realizarán de acuerdo con lo establecido en la Norma UNE 100.010 (partes 1, 2 y 3), "Climatización. Pruebas de ajuste y equilibrado", que habrá que particularizar para las características específicas de cada sistema o instalación.

##### **4.6.4.1. Sistemas de distribución de agua.**

Se comprobará que el fluido anticongelante contenido en los circuitos expuestos a heladas cumple con los requisitos especificados en el proyecto.

Cada bomba, de la que se debería conocer la curva característica, debería ser ajustada al caudal de diseño, como paso previo al ajuste de los caudales en circuitos.

De cada circuito hidráulico se deberían conocer el caudal nominal y la presión, así como los caudales nominales cada uno de los ramales.

Los distintos ramales, o los dispositivos de equilibrado de los mismos, serán equilibrados al caudal de diseño. Se debería comprobar el correcto equilibrado hidráulico de los diferentes ramales mediante el procedimiento previsto en el proyecto.

De cada intercambiador de calor se deberían conocer la potencia, temperatura y caudales de diseño, debiéndose ajustar los caudales de diseño que lo atraviesan.

Cuando exista más de un grupo de captadores solares en el circuito primario del subsistema de energía solar, se debería probar el correcto equilibrado hidráulico de los diferentes ramales de la instalación mediante el procedimiento previsto en el proyecto.

Se comprobará el mecanismo del subsistema de energía solar en condiciones de estancamiento, así como el retorno a las condiciones de operación nominal sin intervención del usuario con los requisitos especificados en el proyecto.

#### **4.6.4.2. Control automático.**

Se ajustarán todos los parámetros del sistema de control automático a los valores de diseño especificados en el proyecto y se comprobará el funcionamiento de todos los componentes que configuran el sistema de control.

### **4.6.5. Recepción.**

#### **4.6.5.1. Recepción provisional.**

El objeto de la recepción es comprobar que la instalación está de acuerdo con los servicios contratados y que se ajusta, por separado cada uno de sus elementos y globalmente, a lo especificado en el proyecto.

Una vez realizadas las pruebas funcionales con resultados satisfactorios, se procederá al acto de Recepción Provisional de la instalación por parte de la propiedad, con lo que se da por finalizado el montaje de la instalación.

El acto de recepción provisional quedara formalizado por un acta donde figuren todos los intervinientes y en la que se formalice la entrega conforme de la documentación referida. La documentación disponible y entregada debería ser, al menos, la siguiente:

- Una memoria descriptiva de la instalación, en la que se incluyen las bases de proyecto y los criterios adoptados para su desarrollo.
- Una copia reproducible de los planos definitivos, comprendiendo, como mínimo, los esquemas de principio de todas las instalaciones, los planos de sala de máquinas y los planos de plantas donde se debería indicar el recorrido de las conducciones y la situación de las unidades terminales.

- Una relación de todos los materiales y equipos empleados, indicando fabricante, marca, modelo y características de funcionamiento.
- Las hojas desopilativas de los resultados de las pruebas parciales y finales.
- Un manual de instrucciones de funcionamiento de los equipos principales de la instalación.

#### **4.6.5.2. Recepción definitiva.**

Desde el acta de recepción provisional, la propiedad podrá y deberá notificar cualquier incidencia en el funcionamiento de la instalación.

Transcurrido el plazo estipulado desde el acta de recepción, la Recepción Provisional se transformará en Recepción Definitiva. A partir de la Recepción Definitiva entrara en vigor la garantía.

### **4.7. Mantenimiento.**

Se definen tres escalones de actuación para englobar todas las operaciones necesarias durante la vida útil de la instalación para asegurar el funcionamiento, aumentar la fiabilidad y prolongar la duración de la misma:

- Vigilancia.
- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento correctivo.

#### **4.7.1. Vigilancia.**

El plan de vigilancia se refiere básicamente a las operaciones que permiten asegurar que los valores operacionales de la instalación sean correctos.

Es un plan de observación simple de los parámetros funcionales principales, para verificar el correcto funcionamiento de la instalación.

Puede ser llevado a cabo por el usuario.

#### **4.7.2. Mantenimiento preventivo.**

El plan de mantenimiento ha de incluir todas las operaciones de mantenimiento necesarias para que el sistema funcione correctamente durante su vida útil.

El mantenimiento preventivo implicará operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otros, que aplicados a la instalación deberían permitir mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la instalación.

El mantenimiento preventivo implicará, como mínimo, una revisión anual de la instalación para instalaciones con área de apertura de captación inferior a 20 m<sup>2</sup> y una revisión cada seis meses para instalaciones superiores a 20 m<sup>2</sup>.

En la siguiente hoja se definen las operaciones de mantenimiento preventivo que deben realizarse, la periodicidad mínima establecida (en meses) y observaciones en relación con las prevenciones a observar.

#### 4.7.3. Mantenimiento correctivo.

Las actividades de mantenimiento correctivo no pueden estar sometidas a un plan, dado el carácter impredecible de estas acciones. Como su propio nombre indica, las acciones de mantenimiento correctivo se realizarán para corregir anomalías observadas durante el funcionamiento normal de la instalación.

No obstante, si es posible llevar un control de las acciones de mantenimiento correctivo realizado, mediante el uso de un parte de mantenimiento correctivo. En este parte aparecerá recogido el componente afectado, la causa aparente del problema, la acción correctiva realizada, además de la fecha y la firma del responsable de dicha acción.

## 5. Presupuesto.

### 5.1. Equipos

Nº Ord	Concepto	Cantidad	Precio/Ud €	Total €
5.1	<p><b>Bomba de Calor TOSHIBA MONOBLOCK ESTIA 17 RUA-CP1701HB o similar.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Potencia nominal: 17.1 KW</li> <li>- Compresor Twin Rotary Toshiba</li> <li>- Refrigerante: R410A</li> <li>- COP nominal: 4.1</li> <li>- Potencia (T. imp. 60 °C / T. ext. 7 °C): 15.3 KW</li> <li>- Dimensiones (alto X ancho X profundidad): 1141x584x1576 mm</li> <li>- Peso: 191 kg</li> <li>- Conexiones hidráulicas al módulo hidrónico (entrada / salida): 1 ¼" / 1"</li> <li>- Clase de eficiencia energética: A+</li> <li>- Presión máxima de funcionamiento del lado del agua: 10 bar</li> <li>- Presión estática máxima disponible en la bomba: 105 kPa</li> <li>- Alimentación (V-ph-Hz): 360/440-3-50</li> </ul>	1	6214,99	6214,99
5.2	<p><b>Acumulador THERMOR CORSUN 900 L (Código 650037) o similar.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Altura: 2300 mm (con patas). (HT)</li> <li>- Diámetro: 790 mm. (ØDN)</li> <li>- Volumen: 900 l.</li> <li>- Diámetro agua de red/ACS/recirculación: 1 ½"</li> <li>- Vaciado: 2"</li> <li>- Conexiones serpentín: 1 ¼"</li> <li>- Longitud del serpentín: 29 metros.</li> <li>- Superficie de intercambio: 3.12 m<sup>2</sup></li> </ul>	2	2513,21	5026,42
5.3	<p><b>Caldera de Condensacion SAUNER DUVALS THERMA CONDENS 25A, GAS NATURAL o similar.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Caudal de gas a máxima potencia: 2.698 m<sup>3</sup>/h</li> <li>- Potencia útil: 25.5 KW</li> <li>- Máxima presión admisible: 10 bar.</li> <li>- Máxima temperatura de impulsión: 80 °C.</li> <li>- Consumo eléctrico máximo: 107 W</li> <li>- DN válvula de seguridad: 13.5 mm</li> </ul>	1	2100	2100

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- DN evacuación de gases de condensación: 14 mm</li> <li>- DN conexión de ACS: ¾’’</li> <li>- Longitud máxima para evacuación de humos horizontal: 10 metros</li> <li>- Peso: 37.1 kg</li> <li>- Medidas (ancho X profundidad X altura): 418x344x740 mm</li> <li>- Eficiencia energética: A</li> </ul>			
--	---	--	--	--

Tabla 5.1 Coste de los equipos.

## 5.2. Sistema hidráulico.

Nº Ord	Concepto	Cantidad	Precio/Ud €	Total €
5.4	<b>Vaso de expansión IBAIONDO 150CMR o similar</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Presión máxima: 10 bar</li> <li>- Capacidad: 150 litros</li> <li>- Temperatura Mínima/Máxima: -10/+100 °C</li> <li>- Conexiones: 1 ½’’</li> <li>- Peso: 29 kg</li> <li>- Dimensiones (DxH): 485x1155 mm</li> </ul>	1	551,81	551,81
5.5	m. Tubería de cobre 33 mm (circuito primario Auxiliar)	39	7,54	294,06
5.6	m. Tubería de cobre 42 mm (circuito primario Aerotermia)	38	9,01	342,38
5.7	m. Tubería de PEX 60,3 mm (circuito de conexión entre acumuladores)	5,2	22,77	118,404
5.8	Ud. Codo cobre 90° HH SERIE 5000 comercial PROINCO Ø33 mm (circuito primario Auxiliar)	12	3,46	41,52
5.9	Ud. Codo cobre 90° HH SERIE 5000 comercial PROINCO Ø42 mm (circuito primario Aerotermia)	18	6,23	112,14
5.10	Ud. Codo FITTINGS LATÓN de Válvulas ARCO comercial PROINCO Ø63 mm (circuito de conexión entre acumuladores)	2	34,71	69,42
5.11	Ud. Te de cobre HHH SERIE 5000 - Conex Bänninger comercial PROINCO 35x35x35 mm (circuito primario Auxiliar)	2	5,8	11,6
5.12	Ud. Te de cobre HHH SERIE 5000 - Conex Bänninger comercial PROINCO 42x42x42 mm (circuito primario Aerotermia)	2	14,58	29,16
5.13	Ud. Te PPSU Q&E - UPONOR comercial PROINCO 63x63x63 mm	2	94,3	188,6

	(circuito de conexión entre acumuladores)			
5.14	Ud. Válvula de esfera con palanca inoxidable TAJO 2000 - ARCO comercial PROINCO 1" (circuito primario Auxiliar)	6	17,62	105,72
5.15	Ud. Válvula de esfera con palanca inoxidable TAJO 2000 - ARCO comercial PROINCO 1 1/4" (circuito primario Aerotermia)	6	29,98	179,88
5.16	Ud. Válvula de esfera con palanca inoxidable TAJO 2000 - ARCO comercial PROINCO 2" (circuito de conexión entre acumuladores)	10	61,73	617,3
5.17	Ud. Válvula de retención kent roscar H-H NY - STANDARD HIDRÁULICA comercial PROINCO 1" (circuito primario Auxiliar)	2	7,44	14,88
5.18	Ud. Válvula de retención kent roscar H-H NY - STANDARD HIDRÁULICA comercial PROINCO 1 1/4" (circuito primario Aerotermia)	2	11,14	22,28
5.19	Ud. Válvula de retención kent roscar H-H NY - STANDARD HIDRÁULICA comercial PROINCO 2" (circuito de conexión entre acumuladores)	1	26,04	26,04
5.20	Ud. Válvula de seguridad de membrana ordinaria SV - WATTS comercial PROINCO (circuito de conexión entre acumuladores)	1	48,59	48,59
5.21	Ud. Contrarosca reducida M-M - INYECTOMETAL comercial PROINCO 1"x3/4" (circuito primario Auxiliar)	2	1,32	2,64
5.22	Ud. Contrarosca reducida M-M - INYECTOMETAL comercial PROINCO 1"x1 1/4" (circuito primario Aerotermia)	3	3,15	9,45
5.23	Ud. Contrarosca reducida M-M - INYECTOMETAL comercial PROINCO 2"x1 1/2" (2 a circuito de conexión entre acumuladores y 3 a acumuladores a red de distribución de ACS)	5	6,68	33,4
5.24	m. Coquilla preaislada para energía solar ARMAFLEX ACE S - ARMACELL comercial PROINCO 35 mm	59,2	7,27	430,384
5.25	m. Coquilla preaislada para energía solar ARMAFLEX ACE S - ARMACELL comercial PROINCO 42 mm	23	7,88	181,24

Tabla 5.2 Coste del sistema hidráulico.

### 5.3. Sistema de Control.

Nº Ord	Concepto	Cantidad	Precio/Ud €	Total €
5.26	Ud. Termómetro bimetálico vertical - HECAPO 100- 120 °C comercial PROINCO	6	16,86	101,16
5.27	Ud. Manómetro - Cl. 1,6 - HECAPO 12 Bar comercial PROINCO	4	3,64	14,56

5.28	Centralita de control PROTERMIC ST2R (sistema multifunción modular) o similar	1	122,78	122,78
------	---	---	--------	--------

Tabla 5.3 Coste del sistema de control

## 5.4. Coste de la instalación.

<b>Total Equipo de Aeroterminia</b>	<b>6214,99 €</b>
<b>Total Equipo de Acumulación</b>	<b>5026,42 €</b>
<b>Total Equipo Auxiliar</b>	<b>2100 €</b>
<b>Total Sistema Hidráulico</b>	<b>3430,9 €</b>
<b>Total Sistema de Control</b>	<b>238,5 €</b>
<b>Coste Total de la Instalación</b>	<b>13699,24 €</b>
<b>IVA (21 %)</b>	<b>3572,27 €</b>
<b>Coste Total (IVA incluido)</b>	<b>17010,81 €</b>

**PRESUPUESTO TOTAL: 17340,81 €**

**DIECISIETE MIL, DIEZ EUROS CON OCHENTA Y UN CENTIMOS.**

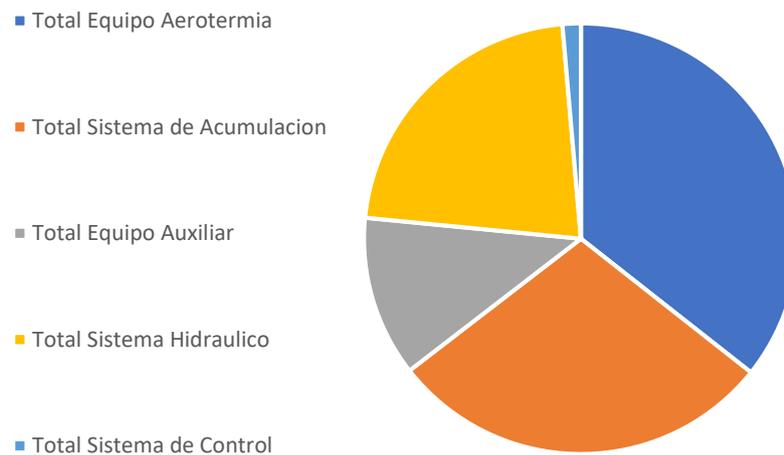
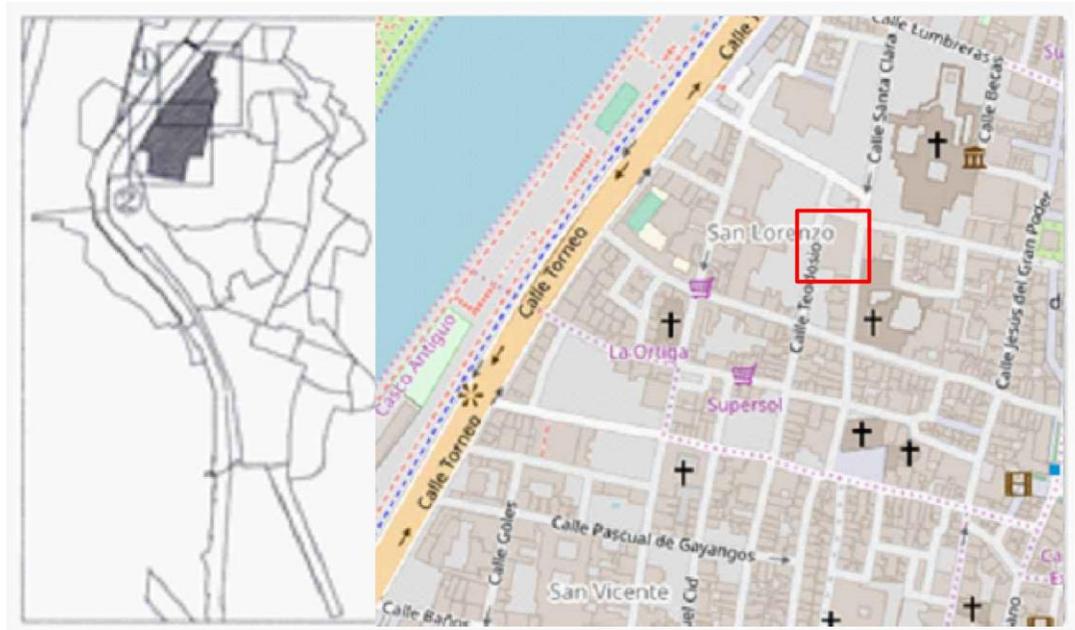
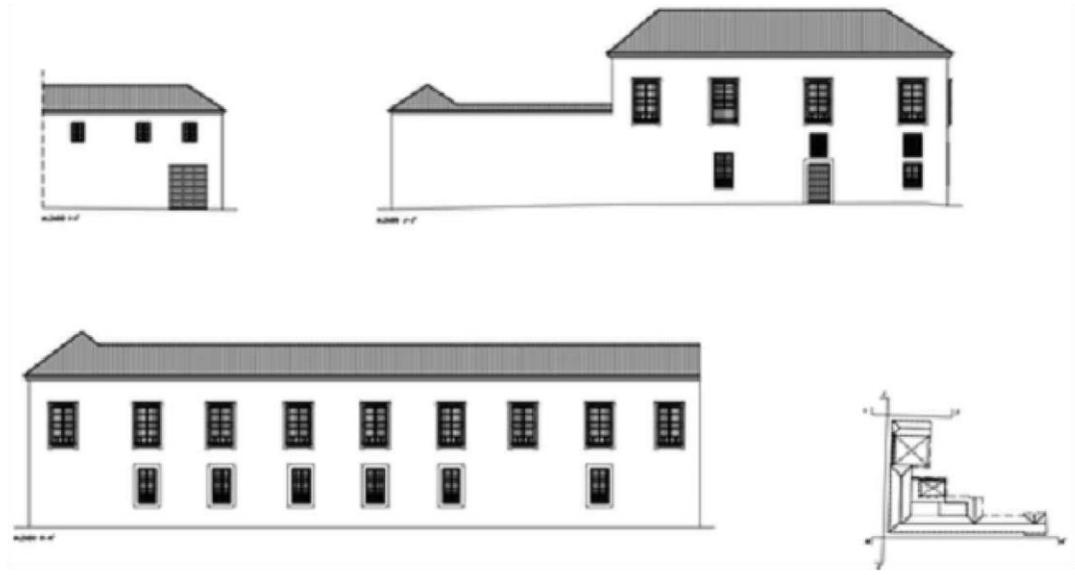


Figura 5.1 Desglose de Presupuesto de instalación

## 6. Planos.



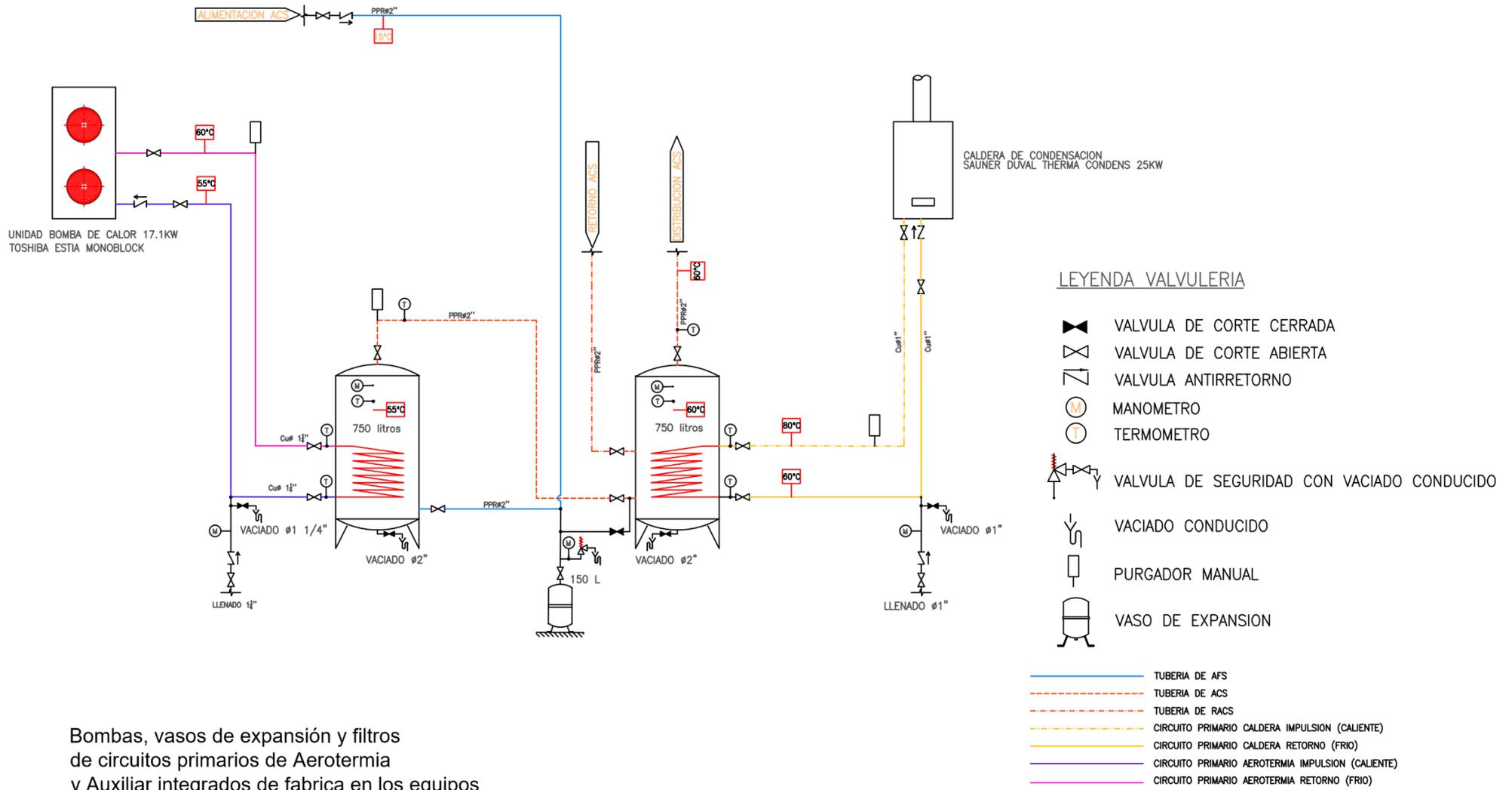


 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA	INSTALACION PARA LA PRODUCCION DE AGUA CALIENTE SANITARIA EN APARTAMENTOS TURISTICOS		
	Vicente de Bethencourt Gil-Delgado	Fecha JUNIO 2019	Escala S/E
Firma	PLANO DE SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO		1





ESQUEMA DE PRINCIPIO

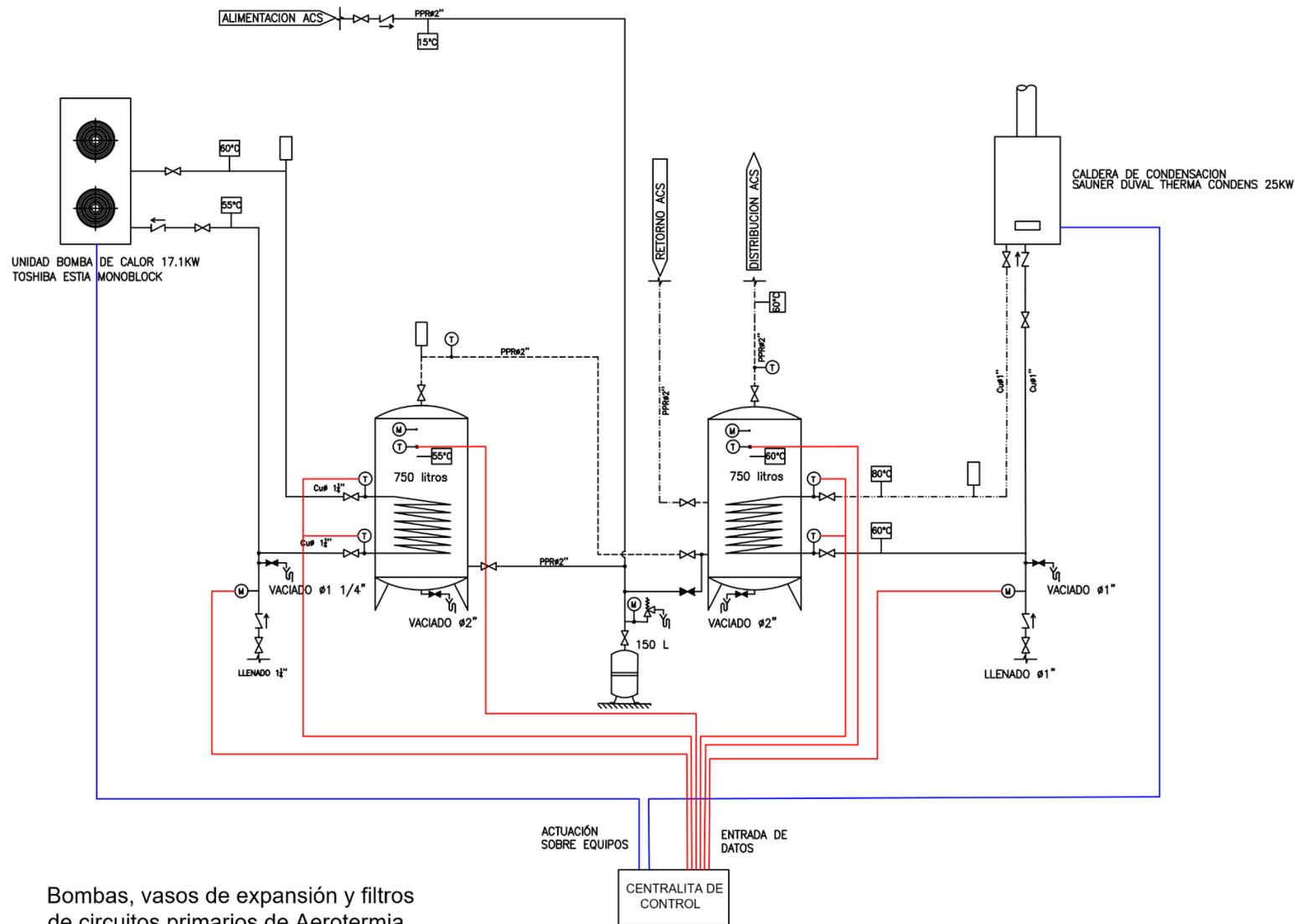


Bombas, vasos de expansión y filtros de circuitos primarios de Aerotermia y Auxiliar integrados de fabrica en los equipos

 <p>ESCUOLA TECNICA SUPERIOR DE INGENIERIA</p>	INSTALACION PARA LA PRODUCCION DE AGUA CALIENTE SANITARIA EN APARTAMENTOS TURISTICOS		
	Vicente de Bethencourt Gil-Delgado	Fecha JUNIO 2019	Escala S/E
Firma	ESQUEMA DE PRINCIPIO DE LA INSTALACION		2



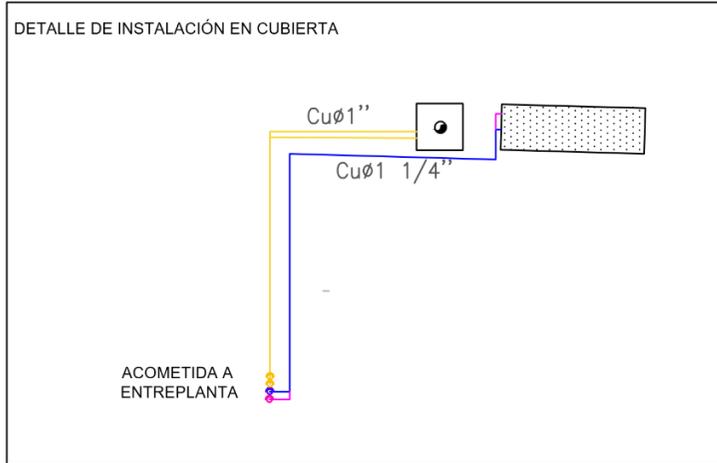
DIAGRAMA DE CONTROL



Bombas, vasos de expansión y filtros de circuitos primarios de Aerotermia y Auxiliar integrados de fabrica en los equipos

	INSTALACION PARA LA PRODUCCION DE AGUA CALIENTE SANITARIA EN APARTAMENTOS TURISTICOS		
	Vicente de Bethencourt Gil-Delgado	Fecha JUNIO 2019	Escala S/E
Firma	ESQUEMA DE CONTROL DE LA INSTALACION		3





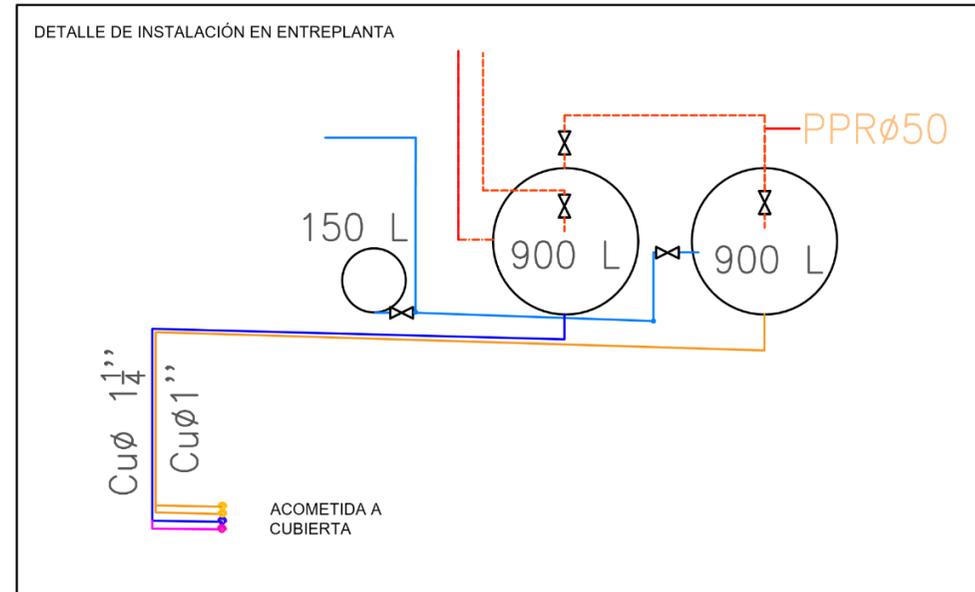
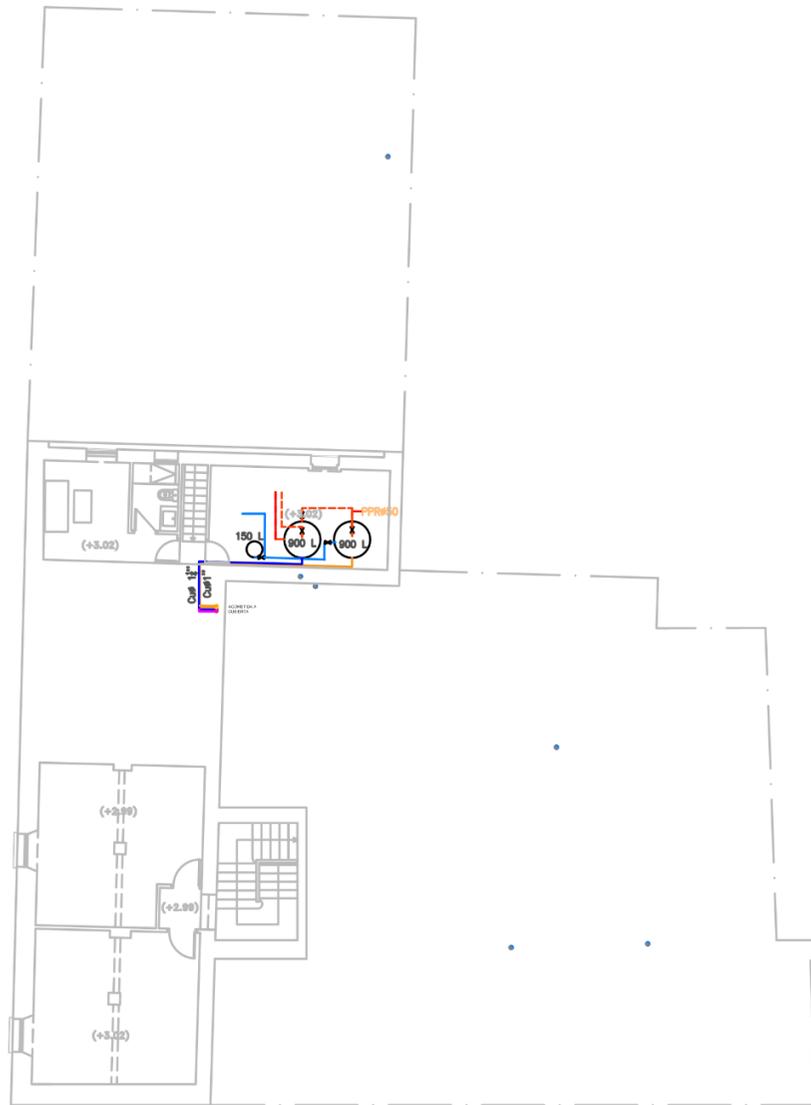
- TUBERIA DE AFS
- - - TUBERIA DE ACS
- - - TUBERIA DE RACS
- - - CIRCUITO PRIMARIO CALDERA IMPULSION (CALIENTE)
- CIRCUITO PRIMARIO CALDERA RETORNO (FRIO)
- CIRCUITO PRIMARIO AEROTERMIA IMPULSION (CALIENTE)
- CIRCUITO PRIMARIO AEROTERMIA RETORNO (FRIO)

SUPERFICIE CONSTRUIDA PLANTA BAJA .....	483,55m <sup>2</sup>
SUPERFICIE CONSTRUIDA ENTREPLANTA .....	155,55m <sup>2</sup>
SUPERFICIE CONSTRUIDA PLANTA PRIMERA .....	592,39m <sup>2</sup>
SUPERFICIE CONSTRUIDA PLANTA ÁTICO .....	33,38m <sup>2</sup>
<b>SUPERFICIE CONSTRUIDA TOTAL .....</b>	<b>1264,87m<sup>2</sup></b>

TERRAZA Estudio. 4	15,81m <sup>2</sup>
TERRAZA Apartamento. 5	15,30m <sup>2</sup>
TERRAZA Estudio. 7	26,32m <sup>2</sup>
TERRAZA Estudio. 8	18,75m <sup>2</sup>

 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA	INSTALACION PARA LA PRODUCCION DE AGUA CALIENTE SANITARIA EN APARTAMENTOS TURISTICOS		
	Vicente de Bethencourt Gil-Delgado	Fecha JUNIO 2019	Escala 1/200
Firma	EQUIPOS Y CIRCUITOS PRIMARIOS EN CUBIERTA		4





- TUBERIA DE AFS
- TUBERIA DE ACS
- TUBERIA DE RACS
- CIRCUITO PRIMARIO CALDERA IMPULSION (CALIENTE)
- CIRCUITO PRIMARIO CALDERA RETORNO (FRIO)
- CIRCUITO PRIMARIO AEROTERMIA IMPULSION (CALIENTE)
- CIRCUITO PRIMARIO AEROTERMIA RETORNO (FRIO)

SUPERFICIE CONSTRUIDA PLANTA BAJA .....	483.55m <sup>2</sup>
SUPERFICIE CONSTRUIDA ENTREPLANTA .....	155.55m <sup>2</sup>
SUPERFICIE CONSTRUIDA PLANTA PRIMERA .....	592.39m <sup>2</sup>
SUPERFICIE CONSTRUIDA PLANTA ÁTICO .....	33.38m <sup>2</sup>
<b>SUPERFICIE CONSTRUIDA TOTAL .....</b>	<b>1264.87m<sup>2</sup></b>

TERRAZA Estudio. 4	15,81m <sup>2</sup>
TERRAZA Apartamento. 5	15,50m <sup>2</sup>
TERRAZA Estudio. 7	26,32m <sup>2</sup>
TERRAZA Estudio. 8	18,75m <sup>2</sup>

 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA	INSTALACION PARA LA PRODUCCION DE AGUA CALIENTE SANITARIA EN APARTAMENTOS TURISTICOS		
	Vicente de Bethencourt Gil-Delgado	Fecha JUNIO 2019	Escala 1/200
Firma	EQUIPOS Y CIRCUITOS PRIMARIOS EN ENTREPLANTA		5

