



**Universidad**  
Zaragoza

## Trabajo Fin de Grado

Proyecto de climatización:  
Centro de Salud en Zaragoza

Autor/es

José Ignacio Aragón Puig

Director/es

Belén Zalba Nonay

Escuela de Ingeniería y Arquitectura  
2016

# PROYECTO DE CLIMATIZACIÓN: CENTRO DE SALUD EN ZARAGOZA

## RESUMEN

El presente Trabajo de Fin de Grado comprende la realización de un proyecto de climatización de un centro de salud sito en Zaragoza, la justificación de los cálculos y las opciones escogidas.

Se ha obtenido la caracterización de los cerramientos de la envolvente térmica del edificio, la estimación de la demanda térmica para calefacción y refrigeración.

Se han estudiado diversas alternativas para el lazo primario, escogiendo una caldera de biomasa para calefacción y una enfriadora por compresión para refrigeración.

En cuanto al lazo secundario, el aire se distribuye por las habitaciones del edificio des de las cinco unidades de tratamiento de aire instaladas por conductos de chapa galvanizada.

Se ha realizado el cálculo de caída de presión en tuberías y conductos para su posterior equilibrado.

Se han obtenido los espesores de los aislantes de tuberías y conductos según normativa vigente.

Finalmente se mencionan medidas de ahorro energético del presente proyecto.

# INTRODUCCIÓN

El objeto del presente Trabajo Fin de Grado de Ingeniería Mecánica es la climatización de un centro de salud sito en Zaragoza, cumpliendo la legislación vigente. Se realizará un estudio cuantitativo y cualitativo de las diferentes alternativas existentes, tanto para los elementos del circuito primario (Producción), como para los del circuito secundario (Distribución). Se procederá así mismo a la realización del diseño de la instalación y se especificarán las medidas de ahorro energético tomadas. Todos los cálculos realizados para llegar las distintas soluciones serán debidamente justificados.

La metodología llevada a cabo para la realización del proyecto de climatización es la siguiente:

- Se realizará un estudio de la normativa actual de climatización (RITE y CTE) y se aprenderá a manejar los datos extraídos de esas normativas.
- Se aplicarán todos los conocimientos adquiridos durante la realización del Grado de Ingeniería Mecánica que puedan servir para la realización del presente proyecto. Estos campos son los siguientes: Transferencia de Calor (Cálculo de cargas térmicas), Termodinámica (Psicrometría), Mecánica de Fluidos( Todas las redes de distribución tanto de aire, como de agua ) y por último todo lo relacionado con la elaboración de un proyecto tradicional de ingeniería ( Planos, presupuestos y mediciones, pliegos de condiciones...)
- La redacción del TFG ha sido simultánea a la obtención y justificación de los cálculos y de los resultados obtenidos.

Las secciones que componen la memoria son las siguientes:

1. Descripción del edificio: Se describe el edificio objeto a climatizar, ubicación, dimensiones y uso del mismo.
2. Limitación de la demanda energética: Cálculos relativos a la caracterización de los cerramientos de la envolvente térmica.
3. Cargas Térmicas: Obtención de la estimación de demanda térmica en calefacción y refrigeración
4. Recuperación de calor
5. Estudio de alternativas en el primario. Análisis cuantitativo y cualitativo de las diferentes opciones.
6. Esquema de principio de calefacción y refrigeración.
7. Dimensionamiento de las unidades de tratamiento de aire.
8. Dimensionamiento de conductos de impulsión y retorno, así como de rejillas y difusores. Cálculo de la perdida de presión en conductos y equilibrado.
9. Cálculo y dimensionamiento de tuberías. Equilibrado de las mismas
10. Aislamientos de conductos y tuberías según normativa vigente.
11. Medidas de ahorro energético

En cuanto a los anexos realizados se tratan de los documentos que componen el proyecto de climatización del edificio, así como de los anexos de cálculos realizados que sirven para justificar los resultados obtenidos

Documento 1: Memoria. Se trata de la memoria del proyecto. Documento similar al presente pero de mayor extensión.

Documento 2: Planos. Planos que definen en su totalidad el proyecto.

Documento 3: Pliego de condiciones. Pliegos de condiciones generales y particulares del proyecto.

Documento 4: Mediciones y presupuestos. Mediciones de todos los elementos del proyecto tanto en producción como en distribución. Presupuesto del mismo.

Se adjuntan así mismo tres anexos de cálculos

Anexo A: Hojas de cargas en calefacción.

Anexo B: Hojas de cargas en refrigeración.

Anexo C: Cálculo de conductos.

Por último se añadirá la bibliografía y referencias bibliográfica consultadas para la redacción del presente Trabajo de Fin de Grado.



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD

[Este documento debe acompañar al Trabajo de Grado (TFG) o Trabajo de Máster (TFM) cuando sea depositado para su evaluación.]

D./Dra. José Ignacio Aragón Puig

con nº de DNI 73004215F en aplicación de lo dispuesto en el art.

14 (Derechos de autor) del Acuerdo de 11 de septiembre de 2014, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Reglamento de los TFG y TFM de la Universidad de Zaragoza,

Declaro que el presente Trabajo de Fin de (Grado/Máster) Grado, (Título del Trabajo)

Proyecto de Climatización: Centro de salud en Zaragoza

es de mi autoría y es original, no habiéndose utilizado fuente sin ser citada debidamente.

Zaragoza, 05/02/2016

Fdo: José Ignacio Aragón Puig

## TABLA DE CONTENIDOS

1.	DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO .....	8
1.1	Definición del edificio a climatizar .....	8
1.2	Plantas.....	8
1.3	Zonificación .....	8
1.4	Ventilación .....	8
2.	HE1. LIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA .....	8
3.	CARGAS TÉRMICAS .....	8
3.1	Condiciones de proyecto .....	9
3.1.1.	Humedad relativa media en refrigeración.....	9
3.1.2	Humedad relativa media en calefacción.....	10
3.2	Estimación de demanda térmica en calefacción.....	12
3.3	Resultados en refrigeración .....	12
4.	RECUPERACIÓN DE CALOR.....	13
5.	ESTUDIO DE ALTERNATIVAS .....	13
5.1	Estudio cualitativo en calefacción.....	13
5.1.1.	Bomba de calor .....	14
5.1.2	Caldera .....	15
5.2	Estudio cualitativo en refrigeración .....	16
5.2.1.	Bomba de calor .....	16
5.2.2.	Enfriadora por compresión.....	16
5.2.3	Enfriadora por absorción. ....	17
5.3	Estudio cuantitativo .....	18
5.3.1	Calefacción.....	18
5.3.2	Refrigeración.....	18
5.3.3	Selección .....	18
6.	ESQUEMA DE PRINCIPIO.....	19
6.1	Ciclo de calefacción.....	19
6.2	Ciclo de refrigeración .....	19
6.3	Elementos de los circuitos .....	19
7.	SELECCIÓN DE UTAs.....	20
7.1	Refrigeración .....	20
7.2	Calefacción .....	20
8.	CÁLCULO DE CONDUCTOS .....	20
8.1	Elementos de impulsión.....	20
8.2	Elementos de retorno .....	21
8.3	Dimensionado y equilibrado de conductos .....	21
9.	CÁLCULO DE TUBERÍAS .....	23

9.1	Tuberías de calefacción.....	24
9.2	Tuberías de refrigeración .....	25
10.	AISLAMIENTOS .....	25
10.1	Conductos .....	25
10.2	Tuberías .....	25
11.	MEDIDAS DE AHORRO ENERGÉTICO .....	26
11.1	Instalación de Recuperador de Calor .....	26
11.2	Utilización de IDA 2 .....	26

## ANEXOS

Documento1. MEMORIA

Documento2. PLANOS

Documento3. PLIEGO DE CONDICIONES

Documento4. MEDICIONES Y PRESUPUESTOS

Anexo A: Hojas de cargas en calefacción.

Anexo B: Hojas de cargas en refrigeración.

Anexo C: Cálculo de conductos.

## 1. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

### 1.1 Definición del edificio a climatizar

El edificio a climatizar se trata de un centro de salud, con uso principal dedicado a la atención primaria de pacientes. Cuenta además con una zona dedicada a administración y otra dedicada a uso docente ya que sirve también como centro de prácticas de la Universidad de Zaragoza.

### 1.2 Plantas

El edificio cuenta con cuatro plantas. Una planta sótano, bajo suelo, de 257,6 m<sup>2</sup> climatizables, una planta baja, a nivel de suelo, de 489,6 m<sup>2</sup> climatizables, una primera planta con 541,2 m<sup>2</sup> climatizables y una segunda planta con 540,5 m<sup>2</sup> climatizables, haciendo en total una superficie de 1829,8 m<sup>2</sup> climatizables.

	m <sup>2</sup> climatizables
Planta Sotano	257,6
Planta Baja	489,6
Planta 1	541,2
Planta 2	540,5
<b>TOTAL</b>	<b>1828,9</b>

### 1.3 Zonificación

**Tabla 1.1**

Las distintas habitaciones que componen el edificio se dividen en 5 zonas diferentes, elegidas según el uso que van a tener las mismas.

- Sanitaria: Aquellas habitaciones cuyo uso dentro del centro de salud está relacionado con un uso hospitalario o sanitario, como pueden ser las salas de consulta médica
- Aseos: Los aseos del edificio.
- Pasillo: Zonas de paso y espera.
- Oficinas: Aquellos espacios dedicados a uso administrativo o despachos de dirección.
- Docente: Habitaciones dedicadas al uso docente y al estudio.

### 1.4 Ventilación

El edificio, como se ha mencionado anteriormente, consiste en un centro de salud, con un uso principal de atención primaria a pacientes, por lo que aunque para hospitales y clínicas la calidad del aire ha de ser IDA 1, se puede pensar que su uso se parece más al de una residencia, IDA 2. La zona docente, está formada por salones de actos y bibliotecas por lo que se considerará un IDA 3 para esa zona. Para pasillos, Oficinas, Sanitaria, Aseos se utilizará un IDA 2.

## 2. HE1. LIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA

El cálculo de si cumple la HE1 queda fuera del alcance del proyecto. Consideramos que el edificio efectivamente cumple con la normativa de limitación de la demanda energética.

Los valores y cálculos realizados para obtener los cerramientos que componen la envolvente térmica se encuentran detallados en el apartado 2 del Anexo C “Anexo de Memoria”.

## 3. CARGAS TÉRMICAS

Para el cálculo de las condiciones exteriores e interiores de proyecto se ha seguido el procedimiento descrito en el manual “Fundamentos de Climatización” de Atecyr. El procedimiento seguido se encuentra detallado en el Anexo C “Anexo de Memoria” y las hojas de cargas térmicas, tanto de calefacción como

de refrigeración, de cada una de las habitaciones conformantes del edificio se encuentran en el Anexo A y Anexo B.

### 3.1 Condiciones de proyecto

Las condiciones exteriores del proyecto en Zaragoza para calefacción (Enero, día nublado) y para refrigeración (Julio, 15:00 h) ya corregidas los valores de temperatura exterior son las siguientes:

	Calefacción	Refrigeración
$T_{s, \text{proyecto}}(^{\circ}\text{C})$	-1	38,2
$T_{h, \text{proyecto}}(^{\circ}\text{C})$	-1,608	21,8
$P$ (Pa)	98945	98945
$W$ (kg/kg)	0,003164	0,01001
$\Phi$ (%)	89	23,37
$T_r$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	-2,397	13,69
$h$ (kJ/kg)	6,901	64,19
$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	1,26	1,09
$Ve$ (m <sup>3</sup> /kg)	0,7997	0,9138

Tabla 3.1

Las condiciones interiores escogidas son 26 ° en verano y 21 ° en invierno. La humedad relativa no se puede controlar en unos valores fijos como la temperatura, ya que depende de las cargas sensible y latente del edificio y de las condiciones de impulsión.

Sin embargo se asegurara que la humedad relativa esté entre 30 y 70 % según lo marcado por el RITE

A una presión de 98945 Pa, presión atmosférica en la ciudad de Zaragoza, con ayuda del EES y a partir de las temperaturas y humedades relativas mencionadas anteriormente, se obtienen

	Calefacción	Refrigeración
$T_s$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	21	26
$T_h$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	14,55	18,66
$\Phi$ (%)	(30-70 %)	(30-70 %)

Tabla 3.2

#### 3.1.1. Humedad relativa media en refrigeración

Para asegurar que el valor de humedad relativa esté entre lo marcado por el RITE se procede a fijar las condiciones de impulsión al local.

Para ello se calculará la estimación de la demanda térmica con unas condiciones interiores de humedad relativa del 50 % y obtendremos el factor de calor sensible FCS del local.

$$FCS = \frac{Q_{\text{sen}}}{Q_{\text{sen}} + Q_{\text{lat}}}$$

Para la estimación del FCS del local no se tendrán en cuenta las cargas sensibles y latentes asociadas a la ventilación ya que la ventilación es una carga en el sistema no en la zona.

Se fijan unas condiciones a la salida de la batería de frío de 12,3 °C y humedad relativa del 93 %. Se sabe que la humedad absoluta de este punto es menor que la humedad específica en las condiciones exteriores, así como que a la salida de la batería el aire estará cerca de las condiciones de saturación. Con ayuda el diagrama psicrométrico se estiman esos 15 °C comentados.

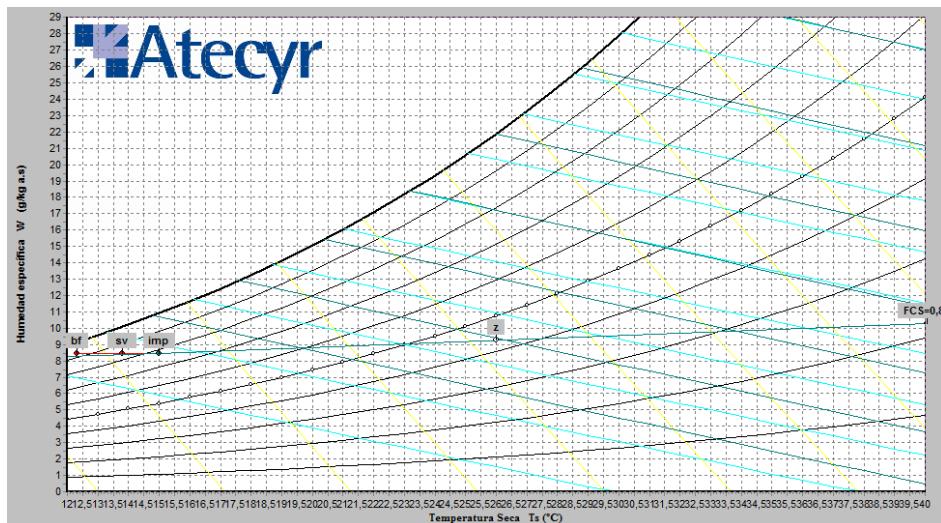
Se estiman unos aumentos de 1,5 °C y 1,2 °C en el ventilador y el conducto de impulsión respectivamente. Con estas estimaciones se obtiene la temperatura de impulsión.

En el diagrama psicrométrico se traza por el punto de impulsión la recta de operación del local que sabiendo el FCS de local:

REFRIGERACION	
$Q_{sen}$ (kW)	89,18
$Q_{lat}$ (kW)	16,25
FCS	85

Tabla 3.3

Se puede observar que corta con la recta de 26 °C en una humedad relativa del 43,8 % que está entre los límites marcados por el RITE.



### 3.1.2 Humedad relativa media en calefacción.

Se resuelve el ciclo de calefacción sin control de humedad con los datos de estimación de demanda térmica para calefacción y partir de las condiciones de salida medias tras la recuperación de calor:

Se considerará un incremento en el ventilador de 1,5 °C y un descenso de temperatura en conductos de impulsión y retorno de 1 °C y 0,5 °C respectivamente.

- **Determinar cargas punta.**

Se han de determinar las cargas puntuas sensibles de calefacción y refrigeración y la carga punta sensible en refrigeración. No debe incluir ningún término asociado a ventilación.

- **Cálculo de las condiciones de impulsión:**

El caudal de impulsión viene determinado por la mayor carga sensible estimada (refrigeración)

$$m_{as\ imp} = \frac{Q_{sen,ref}}{C_p \cdot \Delta T_{s,ref}}$$

Se utiliza una temperatura de impulsión de 18 °C, es decir un diferencial de 8 °C respecto a las condiciones interiores de refrigeración.

-Se comprueba que el caudal calculado es mayor que el de ventilación.

-Se comprueba que el número de recirculaciones está entre 4 y 10.

La potencia de la batería de calentamiento será:

$$Q_{bc} = m_{as\ imp} (h_{bc} - h_{mezcla})$$

En el punto de mezcla se tiene:

$$m_{as\ mez} W_{mez} = m_{as\ ext} W_{ext} + m_{as\ ret} W_{ret}$$

En la zona el caudal impulsado experimenta una ganancia latente

$$m_{as\ imp} W_{imp} + g_v = m_{as\ rec} W_{rec}$$

Resolviendo las ecuaciones sabiendo que:

$$m_{as\ imp} = m_{as\ rec} = m_{as\ mez} = m_{as\ ext} + m_{as\ ret}$$

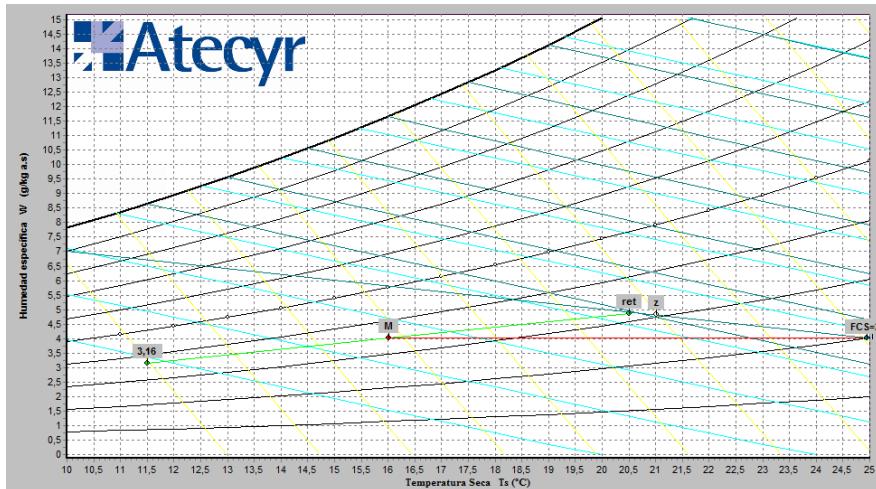
$$m_{as\ exp} = m_{as\ ext}$$

$$W_z = W_{rec} = W_{ret} = W_{exp}$$

$$W_{imp} = W_{bc} = W_{mez}$$

CALEFACCIÓN	
Q <sub>sen</sub> (kW)	31,34
Q <sub>lat</sub> (kW)	16,25
FCS	2
m <sub>imp</sub> (kg/s)	8
m <sub>vent</sub> (kg/s)	4
T <sub>imp</sub> (°C)	24,8
T <sub>rec</sub> (°C)	11,5
W <sub>rec</sub> (g <sub>v</sub> /kg <sub>as</sub> )	3,2

Tabla 3.4

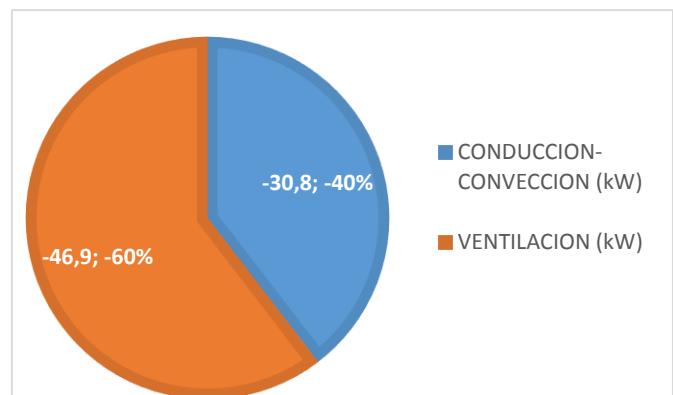


### 3.2 Estimación de demanda térmica en calefacción

Los cálculos realizados para obtener la estimación de demanda para régimen de calefacción están detallados en el “ANEXO A. HOJAS DE CARGAS EN CALEFACCIÓN”. Los valores empleados de transmitancias térmicas de cerramientos se pueden ver en el documento “ANEXO MEMORIA”. Los resultados obtenidos son los siguientes:

	TOTAL
CONDUCCION-CONVECCION (kW)	-30,8
VENTILACION (kW)	-46,9
TOTAL (kW)	-77,7
SUPERFICIE (m <sup>2</sup> )	1832,8
RATIO (W/m <sup>2</sup> )	-42,4

Tabla 3.5

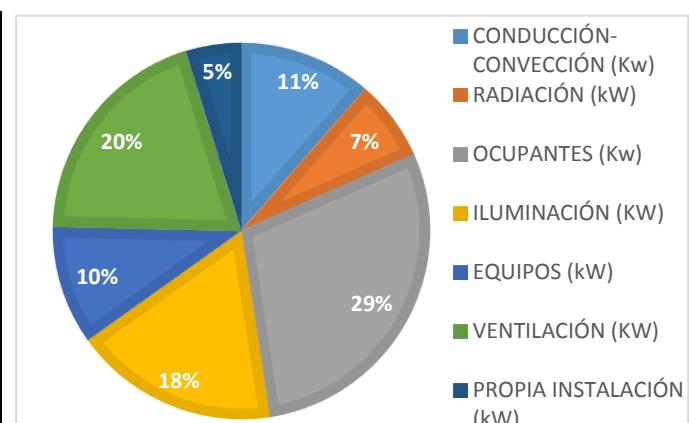


### 3.3 Resultados en refrigeración

Los detalles de los cálculos efectuados para obtener la estimación de la demanda en verano se encuentran detallados en el documento “ANEXO B. HOJAS DE CARGAS EN REFRIGERACIÓN”. Igualmente los valores de cerramientos se encuentran el documento “ANEXO MEMORIA”.

CONDUCCIÓN-CONVECCIÓN (kW)	14,91
RADIACIÓN (kW)	9,12
OCUPANTES (kW)	38,27
ILUMINACIÓN (kW)	23,00
EQUIPOS (kW)	13,39
VENTILACIÓN (kW)	26,02
PROPIA INSTALACIÓN (kW)	6,23
TOTAL (kW)	130,94
SUPERFICIE (m <sup>2</sup> )	1828,90
RATIO (W/m <sup>2</sup> )	71,60

Tabla 3.6



#### 4. RECUPERACIÓN DE CALOR

El RITE establece que en sistemas de climatización de edificios en el que existan caudales de ventilación expulsados por medios mecánicos mayores a  $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$  se recuperará el calor expulsado, condición que efectivamente se cumple para el presente proyecto de climatización:

Se procederá a instalar un recuperador sensible de placas de flujo cruzado en cada una de las UTAs. Cada uno de ellos cumple con las exigencias de pérdidas de presión y eficiencia marcadas en el RITE. Los recuperadores de calor contarán con filtros F6/F6+F8 para garantizar la calidad de aire IDA 2 que se quiere garantizar en este proyecto.

	Caudal $\text{m}^3/\text{h}$	Caudal max. $(\text{m}^3/\text{h})$	Efic termica (%)	Perdidas de presión (Pa)	Efic termica (%) (RITE)	Perdidas de presión (Pa)(RITE)
ASEOS	1440	1500	55	50	44	140
PASILLO	6120	8000	51,3	30	47	160
OFICINAS	1035	1500	55	70	44	140
HOSPITAL	3240	4000	55	65	44	140
DOCENTE	864	1000	57	140	44	140

Tabla 4.1

Al tratarse de recuperadores sensibles, éstos no intercambian calor latente, luego la humedad específica a la salida de los mismos será la del exterior. Las temperaturas a la salida de cada uno de los recuperadores se muestran en la siguiente tabla:

	CALEFACCIÓN	REFRIGERACIÓN
$T_e$	-1	38,2
$T_l$	21	26
$T_s$ (ASEOS)	11,1	31,5
$T_s$ (PASILLO)	10,3	31,9
$T_s$ (OFICINAS)	11,1	31,5
$T_s$ (HOSPITAL)	11,1	31,5
$T_s$ (DOCENTE)	11,5	31,2

$T_e$  es la temperatura en el exterior ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_l$  es la temperatura del local ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_s$  es la temperatura a la salida del recuperador ( $^{\circ}\text{C}$ )

Tabla 4.2

El ahorro energético conseguido por los recuperadores es el siguiente:

CALEFACCIÓN	kW
SIN RECUPERADOR	93,3
CON RECUPERADOR	77,7
AHORRO	15,6

Tabla 4.3

REFRIGERACIÓN	kW
SIN RECUPERADOR	162,6
CON RECUPERADOR	130,9
AHORRO	31,6

Tabla 4.4

#### 5. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

En el siguiente apartado se realizará un estudio de las alternativas consideradas para las estimaciones de cargas máximas durante el régimen de calefacción (77,7 kW) y de refrigeración (130,94 kW), siguiendo unos criterios de eficiencia térmica y respeto al medio ambiente (emisiones).

##### 5.1 Estudio cualitativo en calefacción

Para la demanda máxima durante el invierno (77,7 kW), se estudian las siguientes alternativas:

- Bomba de calor
- Caldera

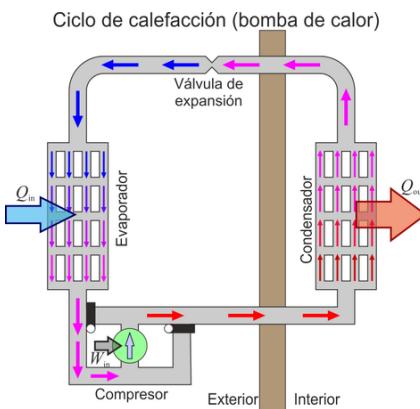
### 5.1.1. Bomba de calor

Las bombas de calor son equipos que transfieren energía en forma de calor desde un foco frío a un foco caliente. La bomba de calor se denomina mediante dos palabras, la primera hacer referencia al medio del que absorbe el calor (foco frío) y la segunda al medio receptor (foco caliente).

Según medio de origen y destino de la energía	Medio del que extrae la energía (FOCO FRÍO)	Medio al que se cede energía (FOCO CALIENTE)
	AIRE	AIRE
	AIRE	AGUA
	AGUA	AIRE
	AGUA	AGUA
	TIERRA	AIRE
	TIERRA	AGUA

Tabla 5.1

La bomba de calor operando en régimen de calefacción (invierno) transfiere calor del exterior (foco frío) al interior (foco caliente).



- Foco frío

Para la selección del tipo de foco frío hay que tener en cuenta que el ideal es aquel que:

- Tiene una temperatura estable a lo largo de la estación en la que es necesario calefactar.
- Está disponible en abundancia, no es corrosivo ni contaminante.
- No requiere costes elevados de inversión ni mantenimiento.

Fuente de calor o foco frío	Rango de temperaturas (°C)
Aire ambiente	-10/15
Aire de extracción	15/25
Agua subterránea	4/10
Agua de lagos o ríos	0/10
Agua de mar	3/8
Suelos	0/5
Subsuelo	0/16
Aguas residuales y de procesos	>10

Tabla 5.2

Los que cumplen las anteriores características y temperaturas en la ciudad de Zaragoza en Invierno son las bombas de calor que utilizan como foco frío el agua existente a nivel freático en determinadas zonas de la ciudad, como en el Áctur, lugar donde está situada en edificio a climatizar.

El agua a nivel freático se encuentra en Zaragoza a una temperatura media anual de 13,7 °C. Esto provoca que el COP no varíe, al contrario que las bombas de calor aire-agua, en las que variaciones entre el foco frío y caliente produce cambios y empeoramientos del rendimiento de las bombas. Hay que señalar que las bombas de calor aire-agua pueden presentar problemas de formación de escarcha que se resuelve invirtiendo el ciclo durante pequeños períodos, lo que supone un gasto adicional de energía, mientras que utilizando agua no.

Las bombas de calor aire-agua son una buena opción para climas en los que las temperaturas sean más suaves y estables a lo largo del año, no así en climas como el de Zaragoza.

- Foco caliente

Se distingue aquellos que utilizan Aire y Agua.

-Aire: El calor obtenido del foco frío se cede al aire. Pasa al recinto por una unidad interior o por conductos. Presentan el inconveniente de que el refrigerante puede pasar al aire.

-Agua: A través de un sistema de tuberías se distribuye a radiadores, sistemas de suelo radiante o fan-coils., donde existe un intercambio posterior de calor al aire.

Se elegirá agua como foco caliente.

La alternativa que se tendrá en cuenta para realizar un estudio cuantitativo será la **Bomba de calor Agua-Agua.**

#### 5.1.2 Caldera

La clasificación de las calderas puede atender a varios criterios entre los que destacan:

##### -Clasificación según el tipo de combustible usado

La primera forma de clasificación de las calderas es por el tipo de combustible que utilizan, el cual determina las condiciones de instalación.

- Sólidos (biomasa): el uso de biomasa se puede considerar neutro en lo que se refiere a emisiones de CO<sub>2</sub>. El CO<sub>2</sub> que las plantas absorben durante su crecimiento es prácticamente el mismo al que emiten durante su combustión. Por tanto, todo el CO<sub>2</sub> emitido en el uso energético de la biomasa no contribuye al incremento de su porcentaje en la atmósfera. Además existen plantas de producción de biomasa en Aragón en las localidades de Ansó y Grañén, con lo que hay disponibilidad de suministro.
- Líquidos (gasóleo): el uso de gasóleo como combustible se va reduciendo debido a que es más caro y más contaminante que el Gas Natural.
- Gaseosos (gas natural y gas propano). El Gas Natural es menos contaminante, más barato y más estable su suministro. Existe además acometida de gas natural en el edificio, lo que permite su uso como combustible.

##### -Clasificación por la limitación de la temperatura de retorno (Directiva 92/42/CEE).

Únicamente se aplica a calderas de combustibles líquidos o gaseosos:

- Caldera estándar. Trabaja con temperaturas de retorno de la instalación superiores al punto de rocío de los humos..

- Caldera de baja temperatura. Los fabricantes han desarrollado calderas con diseños especiales que permiten trabajar con temperaturas de retorno del agua inferiores a la de rocío de los humos sin que se produzcan condensaciones.
- Calderas de condensación. Se fabrican con materiales que soportan las condensaciones, siendo este el efecto buscado, trabajando con temperaturas de retorno lo más bajas posible para aprovechar el calor latente de condensación de los humos. Pueden de este modo extraer el Poder Calorífico superior de los combustibles, alcanzando rendimientos superiores al 100 %.

Las alternativas escogidas para realizar un estudio cuantitativo son caldera de biomasa y caldera de condensación de gas natural.

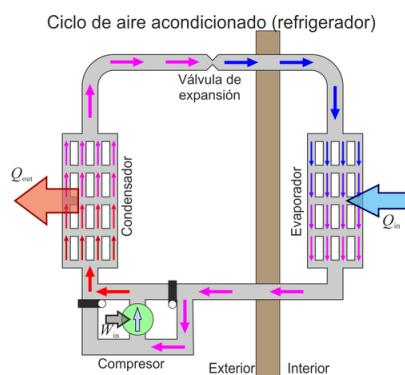
## 5.2 Estudio cualitativo en refrigeración

Se realizará un estudio de las siguientes alternativas, considerando una estimación de la demanda para verano de 130,94 kW.

- Bomba de calor (Operando como enfriadora )
- Enfriadora por compresión
- Enfriadora por absorción

### 5.2.1. Bomba de calor

La bomba de calor operando en régimen de refrigeración (verano) transfiere calor del interior (foco frío) al exterior (foco caliente).



Se realizará el estudio cuantitativo para la **bomba de calor agua-agua**. Será la misma opción seleccionada en el régimen de calefacción pero ahora invertida, operando en ciclo de refrigeración.

### 5.2.2. Enfriadora por compresión.

Se trata de una enfriadora agua-agua, con el mismo principio de funcionamiento que la bomba de calor pero sin poder operar en régimen de calefacción.

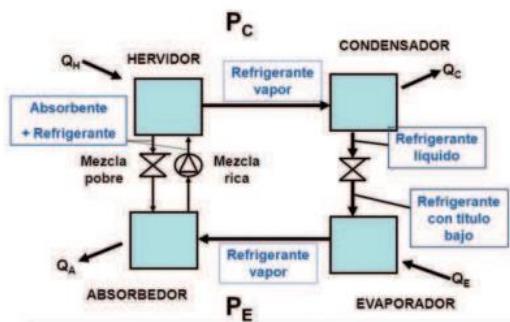
Presenta la ventaja de, generalmente, poder estar mejor dimensionada que la bomba de calor operando en modo refrigeración, ya que ésta se dimensiona para la mayor estimación de demanda, que ocurre precisamente durante en invierno.

### 5.2.3 Enfriadora por absorción.

Se estudiará en este caso, la posibilidad de instalar un sistema de refrigeración por absorción con apoyo de captadores térmicos solares y caldera.

Mientras que en el caso de la enfriadora por compresión, se produce una compresión del vapor del refrigerante aspirado del evaporador, en este caso se produce una compresión térmica en el que primero se absorbe y disuelve mediante un líquido apropiado como medio de absorción.

A continuación se muestra un esquema de un ciclo de absorción elemental:



Los equipos de refrigeración por absorción se pueden clasificar:

- Según su ciclo de absorción:

-Simple efecto: una sola etapa de generación. EER en torno a 0,7.

-Doble efecto: dos etapas de generación. Alcanza un EER sobre 1,35.

- Según el par refrigerante-absorbente:

-Amoniaco/Agua: El refrigerante en este caso es el amoniaco y el absorbente el agua. Debido a la toxicidad del amoniaco se restringe su uso al de locales no habitados.

-Agua/Bromuro de Litio: Se utiliza agua como refrigerante y Bromuro de Litio como absorbente. Combinación de elevada seguridad, bajo precio y gran estabilidad y afinidad.

El sistema de refrigeración por absorción presenta como ventajas que es silencioso y sin vibraciones, buena opción para la climatización de un espacio sanitario.

Como desventajas, este sistema requiere de un gran volumen de espacio y superficie para la instalación, aunque se dispone en la terraza de 240 m<sup>2</sup> útiles para la instalación de colectores solares.

Sin embargo esta opción queda descartada ya que demanda de la instalación de una torre de refrigeración. Este aspecto es problemático ya que las torres de refrigeración son el lugar dónde más riesgo hay de que aparezca legionelosis, con lo que la instalación en un hospital o centro de salud presenta problemas y requerirá de un mantenimiento sanitario riguroso para no suponer un riesgo para la salud de los ocupantes, por lo que se barajarán otras opciones.

Se realizará un estudio cuantitativo de las siguientes opciones:

**-Bomba de calor agua-agua.**

**-Enfriadora por compresión agua-agua.**

### 5.3 Estudio cuantitativo

Se realizará un estudio cuantitativo de las opciones anteriormente escogidas. Se calculará el consumo para una hora de máxima demanda térmica estimada y las emisiones de CO<sub>2</sub>. Utilizando los factores de emisiones del año 2014 elaborados por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo.

#### 5.3.1 Calefacción

- Para realizar el estudio se escoge una **bomba de calor agua-agua** de potencia nominal 86,51 kW y COP 3,67.
- Se escoge una **caldera de biomasa** con un rendimiento de 94 % y potencia nominal 80 kW.
- Se escoge para realizar el análisis de emisiones una **caldera de condensación** de potencia nominal 80 kW. El rendimiento de esta caldera para una temperatura de salida de agua entre 40 °C y 60 °C es de 100,5 %.

#### 5.3.2 Refrigeración

- La **bomba de calor** operando como enfriadora presenta una potencia frigorífica nominal de 139,87 kW y un EER de 4,45. El EER al estar el agua de subsuelo a temperatura prácticamente constante no varía demasiado
- Se selecciona una **enfriadora agua-agua** de potencia frigorífica nominal 139,87 kW y EER 4,45.

#### 5.3.3 Selección

Tras el estudio realizado, tanto para calefacción como para refrigeración, se selecciona la opción más adecuada.

CALEFACCIÓN	BOMBA DE CALOR	CALDERA DE BIOMASA	CALDERA DE CONDENSACIÓN DE G.N.
Consumo 1 hora estimación máxima demanda (kWh)	21,17	82,66	77,31
Emisiones (kg CO <sub>2</sub> )	8,45	1,49	19,48

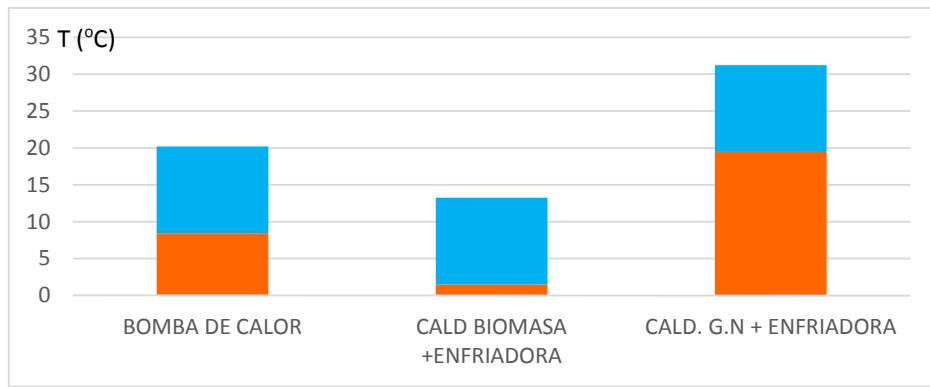
Tabla 5.3

REFRIGERACIÓN	BOMBA DE CALOR	ENFRIADORA POR COMPRESIÓN
Consumo 1 hora estimación máxima demanda (kWh)	29,4	29,4
Emisiones (kg CO <sub>2</sub> )	11,75	11,75

Tabla 5.4

CALEFACCIÓN +REFRIGERACIÓN	BOMBA DE CALOR	CALD BIOMASA +ENFRIADORA	CALD. G.N + ENFRIADORA
Emisiones (kg CO <sub>2</sub> )	20,2	13,24	31,23

Tabla 5.5



Se selecciona la opción **caldera de biomasa** para calefacción y **enfriadora por compresión** por refrigeración ya que son las opciones que menos CO<sub>2</sub> emiten.

## 6. ESQUEMA DE PRINCIPIO

### 6.1 Ciclo de calefacción

El ciclo parte de la caldera de biomasa situada en la sala de calderas de la planta sótano del edificio.

Se intercambia el calor a través de un intercambiador de placas entre el circuito primario y el secundario.

Un colector de impulsión recoge el agua y la transmite a las baterías de calor de las UTAS localizadas en la azotea del edificio.

El colector de retorno recoge el agua y la vuelve a enviar al intercambiador entre el circuito primario y secundario para volver a repetir el proceso.

El esquema de principio de calefacción puede consultarse en el documento anexo número 2 “PLANOS”.

### 6.2 Ciclo de refrigeración

El ciclo comienza con la extracción de agua del subsuelo mediante una bomba de extracción y su posterior acumulación en un depósito de inercia.

En el condensador de la enfriadora, situada ésta en la planta sótano, se produce un intercambio de calor. El evaporador de la enfriadora realiza un intercambio de calor con el lazo secundario.

El agua se reparte desde el colector de impulsión a cada una de las UTAs de la azotea.

El colector de retorno recoge el agua, una vez intercambiado el calor en las baterías de frío de las UTAs y la vuelve a llevar al intercambiador del evaporador, donde se vuelve a repetir el proceso.

Se puede consultar el esquema de principio correspondiente a refrigeración en el documento anexo número 2 “PLANOS”.

### 6.3 Elementos de los circuitos

Todos los circuitos están equipados con:

- Filtro
- Purgadores de aire en los puntos más elevados
- Válvulas de corte a la entrada y al a salida, una de ellas de equilibrado.
- Vasos de expansión, para poder absorber el aumento de volumen producido al calentar fluidos.

- Bombas dobles, conectadas en paralelo para garantizar el funcionamiento de la instalación en caso de que se averíe una de ellas.
- Depósito de inercia a la salida de la caldera para poder almacenar la energía y reducir la intermitencia de las paradas y los arranques de la instalación.

## 7. SELECCIÓN DE UTAs

En el siguiente apartado se procederá a calcular las condiciones de impulsión (Temperatura, humedad específica y caudal mísico y volumétrico de impulsión) de cada una de las UTAs del proyecto. Así mismo se calcularán las potencias de las baterías de calor en régimen de calefacción y frío en refrigeración instaladas en cada una de ellas.

Se realizarán los mismos procedimientos por zona (DOCENTE, PASILLO, HOSPITAL, OFICINAS Y ASEOS) que los empleados en el apartado 3.1.1 y 3.1.2 del presente documento. Las condiciones del aire en cada uno de los tramos de la UTA y los detalles de las transformaciones psicrométricas experimentadas por el aire tratado se pueden ver en el documento “ANEXO MEMORIA”.

### 7.1 Refrigeración

	masa vent (kg/s)	$m_{imp}$ (kg/s)	$W_z$ (g <sub>v</sub> /kg <sub>gas</sub> )	$Q_{bf,sen}$ (kW)	$Q_{bf,lat}$ (kW)
DOCENTE	0,3	0,6	9,46 ( $\phi=44,07\%$ )	-10,33	-1,79
ASEOS	0,5	0,5	9,99( $\phi=49,47\%$ )	-9,80	-1,91
OFICINA	0,3	0,9	8,87( $\phi=41,43\%$ )	-14,88	-2,72
PASILLO	2,0	2,5	9,75( $\phi=45,42\%$ )	-43,06	-7,57
HOSPITAL	1,1	3,4	8,87( $\phi=41,43\%$ )	-61,97	-10,20

### 7.2 Calefacción

Tabla 7.1

	masa vent (kg/s)	$m_{imp}$ (kg/s)	$W_z$ (g <sub>v</sub> /kg <sub>gas</sub> )	$Q_{bc}$ (kW)
DOCENTE	0,3	0,6	5,26( $\phi=33,4\%$ )	4,50
ASEOS	0,5	0,5	5,24( $\phi=33,24\%$ )	7,25
OFICINA	0,3	0,9	5,09( $\phi=32,22\%$ )	6,43
PASILLO	2,0	2,5	4,75( $\phi=30,22\%$ )	29,36
HOSPITAL	1,1	3,4	4,76 ( $\phi=30,24\%$ )	31,44

Tabla 7.2

Se observa que las humedades relativa en cada una de las zonas para los regímenes de refrigeración y calefacción se encuentran entre los niveles de humedad relativa señalados por el RITE (30%-70%)

## 8. CÁLCULO DE CONDUCTOS

### 8.1 Elementos de impulsión

Se opta por una velocidad del aire primario de impulsión entre 2,5 y 4 m/s según lo señalado por el manual “Fundamentos de climatización” de ATECYR para un uso de Residencias y Oficinas particulares que son los usos que más se asemejan al Centro de Salud objeto a climatizar.

Se tiene en cuenta además que el alcance sea al menos del 75% de la dimensión del local perpendicular al elemento de difusión.

Se eligen elementos que aseguren un bajo nivel de ruido, estando la mayoría de éstos elementos por debajo de 20-25 Db.

Se optan por los siguientes elementos de difusión para cada una de las zonas:

- DOCENTE y HOSPITAL-> Rejilla de impulsión de doble deflexión.
- ASEOS-> Difusores cuadrados.
- OFICINAS Y PASILLO-> Difusores circulares.

Los cálculos y datos de pérdidas de presión, velocidad, y nivel de ruido de cada una de las habitaciones se pueden comprobar en el documento “ANEXO C. CALCULO DE CONDUCTOS”. La ubicación de los mismos en el edificio puede consultarse en el documento “PLANOS”.

## 8.2 Elementos de retorno

Se decide elegir una velocidad de retorno del aire que esté entre 1,5 y 3 m/s para garantizar una buena difusión del mismo.

Se opta por la instalación de rejillas simples de aluminio para el retorno del aire en todas las zonas a climatizar.

Los cálculos y la ubicación de las rejillas de retorno se encuentran respectivamente en los documentos documento “ANEXO C. CALCULO DE CONDUCTOS”y “PLANOS”.

## 8.3 Dimensionado y equilibrado de conductos

Las dimensiones de los conductos de impulsión y retorno se encuentran en el documento anexo “CÁLCULOS”. LA ubicación de los conductos en las distintas plantas se puede consultar el documento “PLANOS”.

Se ha seguido con el método de la longitud equivalente para proceder al dimensionado de los conductos. Este método consiste en:

- Se traza en el plano el lugar por dónde van situados los conductos, obteniendo las dimensiones de éstos.
- Fijando una pérdida de presión lineal de 1 Pa/m para todos los tramos y conociendo los caudales de aire que circulan por cada uno de ellos se obtiene el valor del diámetro hidráulico necesario de cada tramo de conducto.

$$D_i = \left[ \frac{\alpha \cdot 21,89 \cdot 10^{-3} Q_i^{1,82}}{P_a - P_b} \right]^{\frac{1}{4,86}}$$

Dónde:

$D_i$ : es el diámetro hidráulico para cada tramo del conducto (m)

$Q_i$ : es el caudal que circula por cada tramo del conducto ( $m^3/s$ )

$(P_a - P_b)/L$  es la perdida de presión lineal. Se establece en 1 Pa/m

$\alpha$ : es un valor adimensional dependiente del material del conducto. Tomaremos 0,03 por ser conductos de chapa galvanizada.

- Tomando el valor de diámetro hidráulico como referencia, se calculan las dimensiones que tendrá que tener el conducto de sección rectangular que emplearemos. Con los valores de ancho y de alto del conducto obtenemos los valores de diámetro hidráulico que tendrá cada tramo, dado por la siguiente expresión:

$$D_i = \frac{(a_i b_i)^{0,6255}}{(a_i + b_i)^{0,251}}$$

- Se asegura que la velocidad del aire circulante sea inferior a 6 m/s para evitar ruidos.

$$v_i = \frac{Q_i}{a_i b_i}$$

- Una vez dimensionado todos los tramos para velocidades menores que la mencionada, se calcula la pérdida de presión lineal real en cada uno de los tramos:

$$\frac{P_a - P_b}{L} = \alpha \frac{14,1 \cdot 10^{-3} v^{1,82}}{D^{1,22}}$$

$(P_a - P_b)/L$  es la perdida de presión lineal (Pa/m)

$\alpha$ : es un valor adimensional dependiente del material del conducto.

$v$ : es la velocidad del aire por el tramo del conducto (m/s)

$D$ : es el diámetro del conducto (m)

- Las pérdidas de carga en singularidades se calculan a partir del coeficiente  $C$  en cada uno de los tramos. A partir del sumatorio de los coeficiente  $C$  existentes en cada tramo se obtiene la longitud equivalente de dicho tramo:

$$L_{equivalente} = 60 \cdot \sum C \cdot D^{1,22}$$

Esta longitud se sumará a la longitud de cada tramo para multiplicado por la presión lineal en cada tramo obtener la caída de presión existente.

Tras dimensionarse los conductos de impulsión se ha de equilibrar la red. Para ello la presión del ventilador ha de ser mayor o igual que la mayor caída de presión que se produce entre todas las ramas de impulsión. Se sumará a esta caída de presión en los conductos, la caída de presión en los elementos de las UTAs así como en los elementos difusores de impulsión.

Con estos datos, junto al caudal necesario de aire en cada uno de las zonas, se tienen los parámetros para la selección de los ventiladores de impulsión y de retorno.

## IMPULSIÓN

	$\Delta P$ CONDUCTOS (Pa)	$\Delta P$ UTA (Pa)	$\Delta P$ DIFUSOR (Pa)	$\Delta P$ TOTAL(Pa)	Caudal (m <sup>3</sup> /h)
ASEO	80,41	320	4,7	405,1	1540

	$\Delta P$ CONDUCTOS (Pa)	$\Delta P$ UTA (Pa)	$\Delta P$ DIFUSOR (Pa)	$\Delta P$ TOTAL(Pa)	Caudal (m <sup>3</sup> /h)
HOSPITAL	82,23	320	5,5	407,7	10895
PASILLO	155,51	320	3,1	478,6	7217
DOCENCIA	63,98	320	4,2	388,2	1836
OFICINA	79,29	320	3,1	402,4	2550

Tabla 8.1

#### RETORNO

	$\Delta P$ CONDUCTOS (Pa)	$\Delta P$ UTA (Pa)	$\Delta P$ DIFUSOR (Pa)	$\Delta P$ TOTAL(Pa)	Caudal (m <sup>3</sup> /h)
ASEO	141,84	170	4,7	316,5	1463
HOSPITAL	100,48	170	2,6	273,1	10350
PASILLO	159,34	170	4,9	334,2	6856
DOCENCIA	43,50	170	6,8	220,3	1744
OFICINA	86,89	170	4,4	261,3	2423

Tabla 8.2

#### 9. CÁLCULO DE TUBERÍAS

Para el dimensionado de las tuberías y su posterior equilibrado se ha seguido el procedimiento descrito en la DTIE 4.01 “

- Se calculan los caudales de agua necesarios para los equipos de producción (caldera de biomasa y enfriadora) y el caudal de agua que va a intercambiar calor en las baterías de las distintas unidades de tratamiento de aire. Se utiliza la siguiente formula:

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

Se establecen unos saltos térmicos de 5 °C en la enfriadora y de 20 °C en la caldera de biomasa. El salto térmico en las baterías de las UTAs también es de 5 °C.

- Se dimensionan las tuberías para que la velocidad del agua en cada uno de los tramos sea inferior a 1,2 m/s. Esta velocidad es el límite en el que para tuberías de diámetro igual o inferior a 50 mm se producen ruidos.

$$v_i = \frac{Q_i}{A_i}$$

- Tomando el diámetro obtenido como referencia, seleccionamos un tamaño de tubería normalizado inmediatamente superior al obtenido. Se seleccionan tuberías de acero negro.
- Con el diámetro de tubería escogido, obtenemos la caída de presión lineal en cada tramo. Al haber escogido tuberías de diámetro mayor que el obtenido para la velocidad límite de 1,2 m/s, se asegura que la velocidad en cada tramo es inferior a esta velocidad límite y que la caída de presión lineal sea menor que 250 Pa/m para evitar que aparezcan problemas de ruido.

Para régimen turbulento la caída de presión viene dada por la siguiente expresión:

$$\frac{\Delta P}{L} = f \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2D}$$

Dónde el término  $f$  para régimen turbulento es igual a:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log\left(\frac{\frac{\varepsilon}{D}}{3,71}\right)$$

La rugosidad de las tuberías de acero negro se obtiene de la DTIE 4.01 y es igual a 0,03.

- A las pérdidas de presión en cada tramo se habrán de sumar las pérdidas singulares por los accesorios instalados en cada rama:

$$\Delta P_s = \zeta \cdot \frac{\rho v^2}{2}$$

El coeficiente  $\zeta$  viene dado según el tipo de singularidad y se obtiene de la DTIE 4.01.

## 9.1 Tuberías de calefacción

	TRAMO	CAUDAL (kg/s)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (mm)	Diametro exterior (mm)	Diametro interior (mm)	v (m/s)	f	ΔP (Pa/m)	L	Σζ	ΔP <sub>sing</sub> (Pa)	ΔP <sub>TOTAL</sub> (Pa)
IMP	Cald-Int	0,93	0,00	37,70	48,30	40,20	0,73	0,02	122,30	0,80	0,60	161,23	259,07
	Int-Colector	3,78	0,00	76,02	88,90	79,20	0,77	0,02	58,39	34,00	3,40	1001,83	2987,23
	Colect-ASEOS	0,35	0,00	23,03	33,70	25,60	0,67	0,02	181,17	7,25	2,10	477,39	1790,90
	Colect-PASILLO	1,50	0,00	47,95	60,30	51,30	0,73	0,02	89,36	8,80	2,10	556,74	1343,12
	Colect-OFICINAS	1,40	0,00	46,34	60,30	51,30	0,68	0,02	77,93	10,50	2,10	485,51	1303,76
	Colect-HOSP	0,22	0,00	18,14	26,90	20,40	0,66	0,02	229,99	14,50	2,10	456,10	3790,99
	Colect-DOCENTE	0,31	0,00	21,69	33,70	25,60	0,60	0,02	142,51	16,80	2,10	375,51	2769,66
	Int-Cald	0,93	0,00	37,70	48,30	40,20	0,73	0,02	122,30	0,80	0,30	80,61	178,46
	Colector-Int	3,78	0,00	76,02	88,90	79,20	0,77	0,02	58,39	34,00	2,90	854,50	2839,90
	ASEOS-Colect	0,35	0,00	23,03	33,70	25,60	0,67	0,02	181,17	7,25	2,00	454,66	1768,17
IMP	PASILLO-Colect	1,50	0,00	47,95	60,30	51,30	0,73	0,02	89,36	8,80	2,00	530,23	1316,61
	OFICINAS-Colect	1,40	0,00	46,34	60,30	51,30	0,68	0,02	77,93	10,50	2,00	462,39	1280,64
	HOSPITAL-Colect	0,22	0,00	18,14	26,90	20,40	0,66	0,02	229,99	14,50	2,00	434,38	3769,27
	DOCENTE-Colect	0,31	0,00	21,69	33,70	25,60	0,60	0,02	142,51	16,80	2,00	357,63	2751,78

Tabla 9.1

## 9.2 Tuberías de refrigeración

	TRAMO	CAUDAL (kg/s)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (mm)	Diametro exterior (mm)	Diametro interior (mm)	v (m/s)	f	ΔP (Pa/m)	L	Σζ	ΔP <sub>sing</sub> (Pa)	ΔP <sub>TOTAL</sub> (Pa)
IMP	Cald-Int	6,27	0,01	97,90	114,30	103,50	0,75	0,01	39,80	6,50	1,30	361,37	620,08
	Int-Colector	7,86	0,01	109,60	139,70	128,90	0,60	0,01	19,93	24,00	3,40	617,04	1095,35
	Colect-ASEOS	0,56	0,00	29,27	42,40	34,30	0,61	0,02	101,93	7,25	2,10	386,45	1125,43
	Colect-PASILLO	2,42	0,00	60,85	76,10	67,10	0,69	0,02	56,98	8,80	2,10	493,27	994,71
	Colect-OFICINAS	0,84	0,00	35,88	48,30	40,20	0,66	0,02	100,28	10,50	2,10	462,68	1515,58
	Colect-HOSP	3,45	0,00	72,65	88,90	79,20	0,70	0,02	48,73	14,50	2,10	516,38	1222,98
	Colect-DOCENTE	0,58	0,00	29,77	42,40	34,30	0,63	0,02	109,19	16,80	2,10	413,99	2248,39
RET	Int-Cald	6,27	0,01	97,90	114,30	103,50	0,75	0,01	39,80	6,50	1,00	277,97	536,69
	Colector-Int	7,86	0,01	109,60	139,70	128,90	0,60	0,01	19,93	24,00	2,90	526,30	1004,61
	ASEOS-Colect	0,56	0,00	29,27	42,40	34,30	0,61	0,02	101,93	7,25	2,00	368,05	1107,03
	PASILLO-Colect	2,42	0,00	60,85	76,10	67,10	0,69	0,02	56,98	8,80	2,00	469,78	971,22
	OFICINAS-Colect	0,84	0,00	35,88	48,30	40,20	0,66	0,02	100,28	10,50	2,00	440,65	1493,54
	HOSPITAL-Colect	3,45	0,00	72,65	88,90	79,20	0,70	0,02	48,73	14,50	2,00	491,79	1198,39
	DOCENTE-Colect	0,58	0,00	29,77	42,40	34,30	0,63	0,02	109,19	16,80	2,00	394,27	2228,68

Tabla 9.2

El sistema estará equilibrado cuando las pérdidas de carga en los distintos tramos sean iguales, para ello se selecciona las bombas para el tramo IMP-RET con mayor pérdida de carga.

## 10. AISLAMIENTOS

Siguiendo la instrucción técnica del RITE 1.2.4.2 se procede al aislamiento de los conductos de aire y de las tuberías.

### 10.1 Conductos

Se selecciona como aislante fibra de vidrio, material con una conductividad térmica de 0,04 W/mK, colocado en el exterior del conducto. Se escoge como espesor el correspondiente al transporte de aire frío, por ser de mayor espesor que el espesor necesario para transporte de aire caliente, ya que por los conductos circulan ambos tipos de aire.

Se toma un espesor de 30 mm para todos los conductos del presente proyecto, salvo para el tramo que circula por la cubierta que será de espesor 50 mm.

Los tramos de conductos que discurren por el exterior tendrán recubrimiento de aluminio para prevenir la corrosión.

### 10.2 Tuberías

El espesor de aislantes será el siguiente (tanto para impulsión como para retorno)

TRAMO	CALEFACCIÓN		REFRIGERACIÓN	
	Diametro exterior (mm)	espesor (mm)	Diametro exterior (mm)	espesor (mm)
Cald-Int	48,30	30,00	114,30	40,00
Int-Colector	88,90	40,00	139,70	60,00
Colect-ASEOS	33,70	35,00	42,40	50,00
Colect-PASILLO	60,30	40,00	76,10	50,00
Colect-OFICINAS	60,30	40,00	48,30	50,00
Colect-HOSP	26,90	35,00	88,90	50,00
Colect-DOCENTE	33,70	35,00	42,40	50,00

Tabla 10.1

Las tuberías, en aquellos tramos que transcurran por el exterior del edificio irán con un recubrimiento de aluminio para evitar el desgaste producido por la corrosión.

## 11. MEDIDAS DE AHORRO ENERGÉTICO

Se han adoptado las siguientes medidas para obtener un ahorro energético en el presente proyecto:

- Instalación de Recuperador de Calor
- Utilización de IDA 2 en vez de IDA 1 en las habitaciones zonificadas como HOSPITAL.

### 11.1 Instalación de Recuperador de Calor

El ahorro energético conseguido por los recuperadores es el siguiente:

CALEFACCIÓN	kW
SIN RECUPERADOR	93,3
CON RECUPERADOR	77,7
AHORRO	15,6

Tabla 11.1

REFRIGERACIÓN	kW
SIN RECUPERADOR	162,6
CON RECUPERADOR	130,9
AHORRO	31,6

Tabla 11.2

### 11.2 Utilización de IDA 2

Se empleará como calidad e aire un IDA 2 por asimilarse más el uso del edificio a uno de oficinas que a un hospital con quirófanos u otras salas de uso específico que si sería necesario un IDA 1.

CALEFACCIÓN	kW
IDA1	17,58
IDA2	10,99
AHORRO	6,59

Tabla 11.3

REFRIGERACION	kW
IDA1	9,77
IDA2	6,1
AHORRO	3,67

Tabla 11.4

## CONCLUSIONES

Se escogió la realización de un proyecto de climatización para la realización de un proyecto de climatización como Trabajo de Fin de Grado con el objeto de ampliar los conocimientos sobre este campo, poder tener oportunidades en este ámbito y poder ganar conocimientos sobre climatización que pueda ayudarme en mi actual profesión, trabajo en una empresa de servicios para Administración pública y es bueno tener conocimientos sobre este campo cuando sale una licitación sobre mantenimiento u obras de climatización.

En cuanto al tiempo empleado ha sido más largo del inicialmente esperado, debido a compaginar mi actividad profesional con la realización del presente proyecto, siendo esto motivo de que no haya podido presentar más alternativas, sobre todo en la parte de distribución de las que me hubiese gustado en un principio (Fan-coils o suelo radiante) debido a un problema de tiempo.

## BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

### Bibliografía

1. Fundamentos de Climatización. ATECYR
2. Manual de aire acondicionado. CARRIER
3. DTIE 3.0.1. Psicrometría. ATECYR
4. DTIE 4.0.1. Criterio de cálculo y diseño de tuberías en la edificación. ATECYR
5. DTIE 5.0.1 Cálculo de conductos. ATECYR
6. DTIE 8.0.1 Recuperación de energía en sistemas de climatización. ATECYR
7. Guía básica de calderas de condensación. Consejería de Economía y Hacienda de la Comunidad de Madrid.
8. Biomasa: Climatización. IDAE
9. Guía técnica de instalación de biomasa en edificios. IDAE
10. Manual de conductos de aire acondicionado CLIMAVER. ISOVER.

### Referencias

1. RITE. Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios.
2. CTE. Código técnico de la edificación
3. DB-HE. Documento básico de ahorro de energía.
4. Fundamentos de Climatización. ATECYR
5. DTIE 4.0.1. Criterio de cálculo y diseño de tuberías en la edificación. ATECYR
6. DTIE 5.0.1 Cálculo de conductos. ATECYR